



**DANIDA**  
TỔ CHỨC HỖ TRỢ  
THƯƠNG QUỐC  
CỘNG HÒA ĐÀ NẴNG

**SDC**  
CƠ QUAN HỢP TÁC  
PHÁT TRIỂN  
THUY SỸ



TRỊNH XUÂN LAI

# CẤP NƯỚC

TẬP 2

XỬ LÝ  
NƯỚC THIÊN NHIÊN  
ÁP CHO SINH HOẠT  
VĨ ĐÔNG NGHIỆP



NHA XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. TRỊNH XUÂN LAI

# CẤP NƯỚC

TẬP 2

XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN  
CẤP CHO SINH HOẠT VÀ CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI - 2002

Chính sách đổi mới, mở cửa của Đảng và Chính phủ đã mang lại những kết quả to lớn trong công cuộc xây dựng đất nước giàu mạnh. Song song với các ngành kinh tế trọng điểm đã được Chính phủ ưu tiên phát triển là các chương trình nâng cấp cải tạo các cơ sở hạ tầng cho các khu vực đô thị và nông thôn trong toàn quốc như giao thông, điện và cấp thoát nước nhằm nâng cao điều kiện sống của nhân dân và cuốn hút đầu tư nước ngoài vào Việt Nam. Đi đôi với các chương trình đó, là các nỗ lực của các cơ quan Chính phủ và các nhà tài trợ trong lĩnh vực nâng cao kỹ năng kỹ thuật, các phương pháp tiếp cận mới cũng như năng lực quản lý vận hành các hệ thống, công trình trước, trong và sau đầu tư.

Cuốn sách này là một trong những sản phẩm của những nỗ lực đó. Trước hết phải nói đến sự hợp tác rất chặt chẽ của Hội Cấp thoát nước Việt Nam với các thành viên của Hội, các trường Đại học Xây dựng, Đại học Kiến trúc, Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh và các trường đại học khác trong cả nước, các công ty cấp thoát nước, công ty tư vấn đã dành nhiều thời gian thảo luận để đưa ra mô hình đào tạo kỹ sư ngành nước, những thay đổi cần thiết trong chương trình đào tạo và chương trình các môn học chuyên môn với phương châm tiếp cận, đáp ứng theo nhu cầu. Sau phải kể đến những nỗ lực của các giáo sư, tiến sĩ đầu ngành đã dành thời gian và trí tuệ để biên soạn, sửa đổi, hiệu đính từng câu chữ, ví dụ minh họa, đúc kết kinh nghiệm và tiếp thu thành tựu mới để có thông tin kiến thức cập nhật trong cuốn sách.

Chúng ta cũng không thể không nhắc tới những nhà tài trợ cho dự án "Nâng cao năng lực ngành Cấp thoát nước Việt Nam", cũng là những nhà tài trợ cho việc biên soạn, in ấn cuốn sách này. Đó là Cơ quan Hợp tác phát triển Thụy Sĩ - SDC, Tổ chức hỗ trợ phát triển Quốc tế Đan Mạch - DANIDA và Chương trình Nước và Vệ sinh, Ngân hàng Thế giới - nhóm Đông Á - Thái Bình Dương - WSP - EAP, tất cả đều đã rất cố gắng đóng góp nguồn lực, trí tuệ cho thực thi dự án đạt kết quả cao nhất. Mong rằng cuốn sách sẽ được sử dụng làm tài liệu giảng dạy tại các trường Đại học đào tạo chuyên ngành Cấp thoát nước, Môi trường nước, đồng thời nó cũng sẽ được sử dụng làm tài liệu tham khảo, tra cứu cho các cán bộ, kỹ sư làm việc trong các cơ quan tư vấn, thiết kế cũng như cơ quan quản lý vận hành các công trình cấp thoát nước đô thị và nông thôn.

Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp cho nội dung cũng như trình bày của cuốn sách để lần xuất bản sau được hoàn chỉnh hơn.

**Nguyễn Công Thành**

ĐIỀU PHỐI VIÊN CHƯƠNG TRÌNH  
CẤP NƯỚC VÀ VỆ SINH UNDP/WB

**Vũ Kim Quyến**

PHÓ CHỦ TỊCH KIỂM TỐNG THỦ KÝ  
HỘI CẤP THOÁT NƯỚC VIỆT NAM

Cuốn sách **CẤP NƯỚC tập 2 - Xử lý nước thiên nhiên cấp cho sinh hoạt và công nghiệp** là một cuốn sách trong bộ sách gồm sáu cuốn do Hội cấp thoát nước Việt Nam tổ chức biên soạn nhằm phục vụ cho việc:

- Làm tài liệu học tập cho sinh viên chuyên ngành cấp thoát nước.
- Làm tài liệu tham khảo, tra cứu cho các kỹ sư thiết kế, nghiên cứu và quản lý vận hành các nhà máy nước.

Nội dung cuốn sách gồm năm phần - 18 chương:

**Phần I:** Gồm chương 1, chương 2, trình bày khái niệm về phân loại nguồn nước, các chỉ tiêu đánh giá chất lượng nguồn nước, các quá trình và dây chuyền công nghệ xử lý nước.

**Phần II:** Gồm chương 3, chương 4, trình bày lý thuyết các quá trình keo tụ làm sạch nước, các hóa chất sử dụng trong công nghệ xử lý nước, cách pha chế và định lượng.

**Phần III:** Từ chương 5 đến chương 8, trình bày lý thuyết cơ bản, các quy trình và công trình xử lý nước truyền thống.

**Phần IV:** Từ chương 9 đến chương 15, trình bày các quy trình xử lý nước đặc biệt: khử khí và trao đổi khí, khử sắt, mangan, xử lý nước chua phèn, làm mềm, khử muối, xử lý nước nổi hơi và nước làm nguội, xử lý ổn định nước.

**Phần V:** Từ chương 16 đến chương 18, trình bày các yêu cầu lựa chọn thiết bị, xử lý nước thải, quy hoạch và bố trí mặt bằng nhà máy xử lý nước.

Bản thảo của cuốn sách đã được PGS, TS. Trần Đình Khai hiệu đính.

Chúng tôi chân thành cảm ơn KS. Nguyễn Công Thành, TS. Phạm Ngọc Thái, ThS. Nguyễn Thị Hồng đã góp nhiều ý kiến trong quá trình biên soạn cuốn sách.

Tuy đã rất cố gắng, song không thể tránh khỏi thiếu sót, tác giả mong nhận được các ý kiến đóng góp và phê bình của bạn đọc.

**Tác giả**

## **Phần I**

---

- KHÁI NIỆM VỀ PHÂN LOẠI NGUỒN NƯỚC
  - CÁC CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NGUỒN NƯỚC
  - CÁC QUÁ TRÌNH VÀ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC
-

# 1

## CHẤT LƯỢNG NƯỚC THIÊN NHIÊN (NGUỒN NƯỚC) DÙNG ĐỂ CẤP NƯỚC

---

### 1.1. CÁC LOẠI NGUỒN NƯỚC DÙNG ĐỂ CẤP NƯỚC

Để cung cấp nước sạch, có thể khai thác các nguồn nước thiên nhiên (thường gọi là nước thô) từ *nước mặt*, *nước ngầm*, *nước biển*.

Theo tính chất của nước có thể phân ra: *nước ngọt*, *nước mặn*, *nước lợ*, *nước chua phèn*, *nước khoáng* và *nước mưa*.

■ **Nước mặt:** bao gồm các nguồn nước trong các ao, đầm, hồ chứa, sông suối. Do kết hợp từ các dòng chảy trên bề mặt và thường xuyên tiếp xúc với không khí nên các đặc trưng của nước mặt là:

- Chứa khí hòa tan đặc biệt là oxy.
- Chứa nhiều chất rắn lơ lửng, riêng trường hợp nước chứa trong các ao đầm, hồ do xảy ra quá trình lắng cặn nên chất rắn lơ lửng còn lại trong nước có nồng độ tương đối thấp và chủ yếu ở dạng keo.
- Có hàm lượng chất hữu cơ cao.
- Có sự hiện diện của nhiều loại tảo.
- Chứa nhiều vi sinh vật

■ **Nước ngầm:** được khai thác từ các tầng chứa nước dưới đất, chất lượng nước ngầm phụ thuộc vào thành phần khoáng hóa và cấu trúc địa tầng mà nước thấm qua. Do vậy nước chảy qua các địa tầng chứa cát và granit thường có tính axit và chứa ít chất khoáng. Khi nước ngầm chảy qua địa tầng chứa đá vôi thì nước thường có độ cứng và độ kiềm hydrocacbonat khá cao. Ngoài ra đặc trưng chung của nước ngầm là:

- Độ đục thấp.
- Nhiệt độ và thành phần hóa học tương đối ổn định.
- Không có oxy nhưng có thể chứa nhiều khí như:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ...

- Chứa nhiều khoáng chất hòa tan chủ yếu là sắt, mangan, canxi, magie, flo.
  - Không có hiện diện của vi sinh vật.
- **Nước biển:** Nước biển thường có độ mặn rất cao (độ mặn ở Thái Bình Dương là 32 - 35 g/l). Hàm lượng muối trong nước biển thay đổi tùy theo vị trí địa lý như: cửa sông, gần hay xa bờ, ngoài ra trong nước biển thường có nhiều chất lơ lửng, càng gần bờ nồng độ càng tăng, chủ yếu là các phiêu sinh động thực vật.
- **Nước lợ:** ở cửa sông và các vùng ven bờ biển, nơi gặp nhau của các dòng nước ngọt chảy từ sông ra, các dòng thấm từ đất liền chảy ra hòa trộn với nước biển. Do ảnh hưởng của thủy triều, mực nước tại chỗ gặp nhau lúc ở mức cao, lúc ở mức thấp và do sự hòa trộn giữa nước ngọt và nước biển làm cho độ muối và hàm lượng huyền phù trong nước ở khu vực này luôn thay đổi và có trị số cao hơn tiêu chuẩn nước cấp cho sinh hoạt và thấp hơn nhiều so với nước biển thường gọi là nước lợ.
- **Nước khoáng:** khai thác từ tầng sâu dưới đất hay từ các suối do phun trào từ lòng đất ra, nước có chứa một vài nguyên tố ở nồng độ cao hơn nồng độ cho phép đối với nước uống và đặc biệt có tác dụng chữa bệnh. Nước khoáng sau khi qua khâu xử lý thông thường như làm trong, loại bỏ hoặc nạp lại khí CO<sub>2</sub> nguyên chất được đóng vào chai để cấp cho người dùng.
- **Nước chua phèn:** những nơi gần biển, ví dụ như đồng bằng sông Cửu Long ở nước ta thường có nước chua phèn. Nước bị nhiễm phèn là do tiếp xúc với đất phèn, loại đất này giàu nguyên tố lưu huỳnh ở dạng sunfua hay ở dạng sunfat và một vài nguyên tố kim loại như nhôm, sắt. Đất phèn được hình thành do quá trình kiến tạo địa chất. Trước đây ở những vùng này bị ngập nước và có nhiều loại thực vật và động vật tầng đáy phát triển. Do quá trình bồi tụ, thảm thực vật và lớp sinh vật đáy bị vùi lấp và bị phân hủy yếm khí, tạo ra các axit mùn hữu cơ làm cho nước có vị chua, đồng thời có chứa nhiều nguyên tố kim loại có hàm lượng cao như nhôm, sắt và ion sunfat.
- **Nước mưa:** nước mưa có thể xem như nước cất tự nhiên nhưng không hoàn toàn tinh khiết bởi vì nước mưa có thể bị ô nhiễm bởi khí, bụi, và thậm chí cả vi khuẩn có trong không khí. Khi rơi xuống, nước mưa tiếp tục bị ô nhiễm do tiếp xúc với các vật thể khác nhau. Hơi nước gặp không khí chứa nhiều khí oxyt nitơ hay oxyt lưu huỳnh sẽ tạo nên các trận mưa axit.

Hệ thống thu gom nước mưa dùng cho mục đích sinh hoạt gồm hệ thống mái, máng thu gom dẫn về bể chứa. Nước mưa có thể dự trữ trong các bể chứa có mái che để dùng quanh năm.

## 1.2. TÍNH CHẤT VÀ CÁC CHỈ TIÊU VỀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Chất lượng nước thiên nhiên có thể được phân loại và đánh giá theo các chỉ tiêu sau đây: các *chỉ tiêu lý học*, các *chỉ tiêu hóa học*, các *chỉ tiêu vi sinh*.

Để thu được các chỉ tiêu chất lượng nước về lý hóa khi phân tích phản ánh đúng chất lượng của nguồn cấp nước, điều quan trọng là phải tuân theo các quy tắc lấy mẫu nước, bảo quản và vận chuyển.

- a. *Đối với nguồn nước mặt*: Mẫu nước phải lấy ở chiều sâu đặt miệng thu nước và không ít hơn 4 mẫu theo các mùa trong năm đặc biệt trong thời kỳ lũ (mức nước trong sông, hồ lên cao nhất) và thời kỳ mức nước trong sông hồ xuống mức thấp nhất.
- b. *Đối với các hồ chứa nước lớn*: Ngoài các điểm quy định trong mục a, còn phải lấy mẫu ngay sau thời kỳ mưa gió gây ra sóng lớn và kéo dài trong hồ chứa. Đối với các cửa sông, phải lấy mẫu trong các đợt thủy triều dâng.
- c. *Đối với nước ngầm không có áp lực*: Số mẫu phân tích theo mùa không ít hơn 4, và đặc biệt là mẫu phân tích ngay sau những đợt mưa lớn và kéo dài.
- d. *Đối với nước ngầm áp lực (các giếng sâu)*: Số mẫu cần thiết không ít hơn 2, thời gian lấy mẫu cách nhau 24 giờ trở lên. Trước khi lấy mẫu phải bơm nước liên tục 12 giờ với lưu lượng lớn hơn hoặc bằng 30% lưu lượng dự định khai thác sau này.

Khi đưa mẫu nước về phòng thí nghiệm để phân tích phải kèm theo tờ ghi: địa điểm, ngày giờ lấy mẫu, nhiệt độ nước nguồn, và điều kiện khí hậu trong vòng 10 ngày trước khi lấy mẫu. Để phân tích toàn phần nước, phải lấy mẫu với thể tích 5 lít. Hàm lượng trong nước của khí  $\text{CO}_2$ , ion sắt hóa trị II, hóa trị III, pH,  $\text{O}_2$  và  $\text{H}_2\text{S}$  tốt nhất là xác định ngay tại chỗ sau khi lấy mẫu, các chỉ tiêu còn lại có thể xác định trong phòng thí nghiệm tốt nhất là ngay trong ngày lấy mẫu, nếu không thực hiện được thì phải giữ mẫu trong tủ lạnh nhưng không quá 72 giờ đối với nguồn nước sạch và 48 giờ đối với nguồn nước bị nhiễm bẩn.



## 1.3. CÁC CHỈ TIÊU LÝ HỌC

### 1. Nhiệt độ

Nhiệt độ nước là một đại lượng phụ thuộc vào điều kiện môi trường và khí hậu. Nhiệt độ có ảnh hưởng không nhỏ đến các quá trình xử lý nước và nhu cầu tiêu thụ. Nước mặt thường có nhiệt độ thay đổi theo nhiệt độ môi trường. Ví dụ: ở miền Bắc Việt Nam nhiệt độ nước thường dao động từ 13 đến 34°C, trong khi đó nhiệt độ trong các nguồn nước mặt ở miền Nam tương đối ổn định hơn (26 - 29°C).

### 2. Độ màu

Độ màu thường do các chất bẩn trong nước tạo nên: Các hợp chất sắt, mangan không hòa tan làm nước có màu nâu đỏ; các chất mùn humic gây ra màu vàng; còn các loại thủy sinh tạo cho nước màu xanh lá cây. Nước bị nhiễm bẩn bởi nước thải sinh hoạt hay công nghiệp thường có màu xanh hoặc đen.

Đơn vị đo độ màu thường dùng là độ theo thang màu platin - coban. Nước thiên nhiên thường có độ màu thấp hơn 200 độ (PtCo). Độ màu biểu kiến trong nước thường do các chất lơ lửng trong nước tạo ra và dễ dàng loại bỏ bằng phương pháp lọc. Trong khi đó, để loại bỏ màu thực của nước (do các chất hòa tan tạo nên) phải dùng các biện pháp hóa lý kết hợp.

### 3. Độ đục

Nước là một môi trường truyền ánh sáng tốt, khi trong nước có các vật lạ như các chất huyền phù, các hạt cặn đất cát, các vi sinh vật... thì khả năng truyền ánh sáng bị giảm đi. Nước có độ đục lớn chứng tỏ có chứa nhiều cặn bẩn. Đơn vị đo độ đục thường là mg SiO<sub>2</sub>/l, NTU, FTU; trong đó đơn vị NTU và FTU là tương đương nhau. Nước mặt thường có độ đục 20 - 100 NTU, mùa lũ có khi cao đến 500 - 600 NTU. Nước dùng để ăn uống thường có độ đục không vượt quá 5 NTU.

Hàm lượng chất rắn lơ lửng cũng là một đại lượng tương quan đến độ đục của nước.

### 4. Mùi vị

Mùi trong nước thường do các hợp chất hóa học, chủ yếu là các hợp chất hữu cơ hay các sản phẩm từ các quá trình phân hủy vật chất gây nên. Nước thiên

nhiên có thể có mùi đất, mùi tanh, mùi thối. Nước sau khi khử trùng với các hợp chất clo có thể bị nhiễm mùi clo hay clophenol.

Tùy theo thành phần và hàm lượng các muối khoáng hòa tan nước có thể có các vị mặn, ngọt, chát, đắng...

## 5. Độ nhớt

Độ nhớt là đại lượng biểu thị lực ma sát nội, sinh ra trong quá trình dịch chuyển giữa các lớp chất lỏng với nhau. Đây là yếu tố chính gây nên tổn thất áp lực và do vậy nó đóng vai trò quan trọng trong quá trình xử lý nước. Độ nhớt tăng khi hàm lượng các muối hòa tan trong nước tăng, và giảm khi nhiệt độ tăng.

## 6. Độ dẫn điện

Nước có tính dẫn điện kém. Nước tinh khiết ở 20°C có độ dẫn điện là 4,2  $\mu\text{S}/\text{m}$  (tương ứng điện trở 23,8  $\text{M}\Omega/\text{cm}$ ). Độ dẫn điện của nước tăng theo hàm lượng các chất khoáng hòa tan trong nước, và dao động theo nhiệt độ.

Thông số này thường được dùng để đánh giá tổng hàm lượng chất khoáng hòa tan trong nước.

## 7. Tính phóng xạ

Tính phóng xạ của nước là do sự phân hủy các chất phóng xạ có trong nước tạo nên. Nước ngầm thường nhiễm các chất phóng xạ tự nhiên, các chất này có thời gian bán phân hủy rất ngắn nên nước thường vô hại. Tuy nhiên khi bị nhiễm bản phóng xạ từ nước thải và không khí thì tính phóng xạ của nước có thể vượt quá giới hạn cho phép.

Hai thông số tổng hoạt độ phóng xạ  $\alpha$  và  $\beta$  thường được dùng để xác định tính phóng xạ của nước. Trong đó các hạt  $\alpha$  bao gồm 2 proton và 2 neutron có năng lượng xuyên thấu nhỏ, nhưng có thể xuyên vào cơ thể sống qua đường hô hấp hoặc tiêu hóa, gây tác hại cho cơ thể do tính ion hóa mạnh. Các hạt  $\beta$  có khả năng xuyên thấu mạnh hơn, nhưng dễ bị ngăn lại bởi các lớp nước và cũng gây tác hại cho cơ thể.

## 1.4. CÁC CHỈ TIÊU HÓA HỌC

### 1. Thành phần ion của nước thiên nhiên

Trong nước thiên nhiên thường chứa các cation và anion như ở bảng (1.2).

Bảng 1.1. Các ion chủ yếu có trong nước thiên nhiên

Cation		Anion	
Tên gọi	Ký hiệu	Tên gọi	Ký hiệu
Hydro	H <sup>+</sup>	Hydroxyl	OH <sup>-</sup>
Natri	Na <sup>+</sup>	Hydrocacbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Kali	K <sup>+</sup>	Clo	Cl <sup>-</sup>
Amoni	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Hydrosulfua	HS <sup>-</sup>
Canxi	Ca <sup>2+</sup>	Nitrit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Magie	Mg <sup>2+</sup>	Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Sắt (hóa trị II)	Fe <sup>2+</sup>	Flo	F <sup>-</sup>
Sắt (hóa trị III)	Fe <sup>3+</sup>	Sunfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Bari	Ba <sup>2+</sup>	Silicat	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nhôm	Al <sup>3+</sup>	Octophotphat	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>

Trong đại đa số các trường hợp thành phần ion của nước thiên nhiên được xác định bởi các ion: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Các ion còn lại chiếm số lượng rất bé, tuy đôi khi chúng có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng nước.

Nước là chất điện phân trung hòa về điện nghĩa là tổng hàm lượng cation biểu thị bằng mdg/l phải bằng tổng hàm lượng anion. Quy luật này được sử dụng để kiểm tra sự đúng đắn của bảng phân tích nước. Do trong nước chứa chủ yếu là 7 ion kể trên nên hàm lượng của ion natri và kali được tính theo công thức:

$$(Na^+ + K^+) = (HCO_3^- + SO_4^{2-} + Cl^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Tổng hàm lượng của các chất hòa tan trong nước thường được đánh giá gần đúng bằng lượng cặn sấy khô và lượng cặn nung chảy.

## 2. Cặn sấy khô

Xác định bằng cách cho bốc hơi 1 thể tích nước đã lọc qua giấy lọc, cặn còn lại sấy ở nhiệt độ 105 - 120°C đến trọng lượng không đổi. Cặn sấy khô biểu thị hàm lượng cặn hòa tan không bay hơi ở trong nước, song thực tế một vài hợp chất ở nhiệt độ 105 - 120°C vẫn còn giữ một lượng nước kết tinh chưa bay hơi

trong cấu trúc của nó và cũng ở nhiệt độ này một vài chất hữu cơ đã bị oxy hóa và bay hơi do đó lượng cặn sấy khô chỉ gần đúng biểu thị hàm lượng cặn hòa tan trong nước.

### 3. Cặn nung cháy

Xác định bằng cách nung tiếp cặn sấy khô đến nhiệt độ 800°C. Đầu tiên xảy ra quá trình cacbon hóa, sau đó là sự cháy cacbon của các chất hữu cơ và sự bay hơi của hơi ẩm còn lại trong cặn sấy khô, đồng thời xảy ra sự phân hủy một phần cacbonat và khử CO<sub>2</sub>. Vì thế lượng cặn nung cháy không thể biểu thị chính xác tổng hàm lượng muối trong nước.

Tổng hàm lượng muối trong nước được xác định chính xác bằng cách cộng các hàm lượng thành phần của cation và anion khi phân tích nước

### 4. Độ oxy hóa của nước

Độ oxy hóa của nước do các hợp chất hữu cơ và một vài chất vô cơ dễ bị oxy hóa như (H<sub>2</sub>S, Fe<sup>2+</sup> tạo nên.) Độ oxy hóa của nước thiên nhiên dao động trong giới hạn lớn từ một vài mg/l O<sub>2</sub> trong nước ngầm đến 60 mg/l O<sub>2</sub> trong nước sông. Nước của các đầm lầy có khi độ oxy hóa đạt đến hàng trăm mg/l O<sub>2</sub>. Trong thực tế phân tích hóa nước độ oxy hóa biểu thị bằng mg KMnO<sub>4</sub> (pecmanganat kali) cần để oxy hóa chất hữu cơ và một vài chất vô cơ dễ bị oxy hóa trong 1 lít nước hoặc biểu thị bằng số miligam oxy.

Độ oxy hóa 1 mg/O<sub>2</sub> tương ứng với 0.253 mg/l KMnO<sub>4</sub>.

### 5. Ion sunfat và clorua

Có trong tất cả các loại nước thiên nhiên dưới dạng muối của canxi, natri (CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaCl, KCl). Nếu trong nước đồng thời có SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > 250 mg/l và Cl<sup>-</sup> từ 50 - 3000 mg/l thì nước có tính xâm thực đối với bê tông và xi măng pooclang. Khi nghiên cứu các quá trình công nghệ xử lý nước cần phải tính đến ảnh hưởng của nồng độ Cl<sup>-</sup> và SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, đến sự nâng cao độ hòa tan của một số hợp chất trong nước (CaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>), do tăng lực ion của dung dịch và giảm độ hoạt tính của ion.

### 6. Các hợp chất của axit silixic

Các hợp chất của axit silixic rất phổ biến trong nước thiên nhiên và dao động trong giới hạn từ vài phần mười đến hàng chục mg/l.

Phụ thuộc vào pH của nước, các hợp chất của axit silixic có thể tồn tại ở dạng keo hay dạng ion hòa tan. Sự có mặt hợp chất axit silixic trong nước cấp cho

các nổi hơi áp lực cao gây ra nguy hiểm do tạo nên lắng đọng silicat trên thành nổi hơi và cánh quạt của tuabin.

## 7. Các hợp chất chứa nitơ

Ion  $\text{NH}_4^+$ , nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dùng làm chỉ tiêu đánh giá độ nhiễm bẩn của nước do nước thải sinh hoạt gây ra. Sự tồn tại trong nước của các hợp chất amoni ( $\text{NH}_4^+$ ) và nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) chứng tỏ nguồn nước vừa bị nhiễm bẩn bởi nước thải. Sau một thời gian  $\text{NO}_2^-$  và  $\text{NH}_4^+$  bị oxy hóa đến nitrat  $\text{NO}_3^-$ , vì thế khi phát hiện thấy  $\text{NO}_3^-$  trong nước, có thể kết luận nguồn nước trước đây đã bị nhiễm bẩn bởi nước thải sinh hoạt.

## 8. Ion iod và ion flo

Nước ngầm từ giếng sâu hoặc từ suối phun ở vùng đất chứa quặng apatit thường chứa ion flo với hàm lượng cao (giếng Dụn Lao Cai hàm lượng ion flo đạt tới 2 - 2,5 mg/l). Tuy florua canxi ( $\text{CaF}_2$ ) và florua magie ( $\text{MgF}_2$ ) là các hợp chất ít hòa tan nhưng chúng không lắng đọng trong quá trình xử lý nước vì hàm lượng của flo trong nước thiên nhiên thường rất bé. Trong sông ngòi không xảy ra quá trình tự làm sạch ion flo.

Về phương diện dịch tễ học thì hàm lượng tốt nhất của ion flo trong nước ăn uống là từ 0,7 - 1 mg/l. Nếu hàm lượng cao quá 1 - 1,5 mg/l hoặc hoàn toàn thiếu ion flo trong nước thì khi sử dụng thường xuyên, sẽ gây ra bệnh hoại men răng. Ở các nước tiên tiến thường đảm bảo lượng flo tiêu chuẩn trong nước (0,7 - 1 mg/l) bằng cách cho thêm muối flo vào nước ở vùng thiếu và khử flo ở những vùng nước chứa lượng flo lớn hơn 1 - 1,5 mg/l.

Ion iod có trong đại bộ phận các nguồn nước thiên nhiên với hàm lượng rất bé. Ở vùng nước thiếu hoàn toàn iod thường xuất hiện bệnh bướu cổ. Lượng iod thích hợp nhất cho một người trong một ngày là 0,05 - 0,1 mg do nước uống và thức ăn cung cấp. Ở những vùng trong nước thiên nhiên không có đủ lượng iod thì những sản phẩm nông nghiệp trong vùng cũng chứa iod với hàm lượng rất thấp. Việc tăng hàm lượng iod trong nước ăn uống để phòng bệnh bướu cổ chưa được áp dụng vì hàm lượng cao của iod cũng gây tác dụng có hại. Phương pháp tốt nhất để phòng bệnh trong vùng thiếu iod là tăng lượng iod trong muối ăn.

## 9. Hoạt độ và độ hòa tan của các chất trong dung dịch nước

Trong các quá trình công nghệ xử lý nước, khi tính toán độ hòa tan và trạng thái cân bằng của các chất trong dung dịch nước, chúng ta sử dụng các công thức rút ra từ định luật tác dụng khối lượng. Trong các công thức này nồng độ

của các ion phải là nồng độ hoạt hóa chứ không phải là nồng độ thực của chúng trong dung dịch.

Liên hệ giữa nồng độ hoạt hóa và nồng độ thực của ion được mô tả theo phương trình:

$$a_i = f_i [C_i], \quad (1.1)$$

trong đó:  $a_i$  – nồng độ hoạt hóa của ion thứ  $i$  trong dung dịch (iong/l);

$f_i$  – hệ số hoạt hóa của ion thứ  $i$ ;

$[C_i]$  – nồng độ thực của ion thứ  $i$  trong dung dịch (iong/l).

Trị số của hệ số hoạt hóa phụ thuộc vào lực ion của dung dịch  $\mu$ , xác định theo công thức:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_n Z_n^2), \quad (1.2)$$

trong đó:  $C_1, C_2, C_n$  – nồng độ thực của các ion trong nước (iong/l);

$Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  – hóa trị của các ion tương ứng.

Đối với nước có tổng hàm lượng muối dưới 1000 mg/l, lực ion  $\mu$  có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$\mu = \frac{P}{40} \cdot 10^{-3} = 0,000022P, \quad (1.3)$$

trong đó:  $P$  – tổng hàm lượng muối của nước (mg/l).

Khi biết lực ion của dung dịch  $\mu$ , hệ số hoạt hóa của ion được tính theo công thức:

$$f_i = \frac{AZ_i^2 \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}}, \quad (1.4)$$

trong đó:  $A$  – hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ và có các giá trị sau:

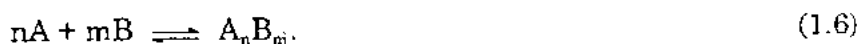
t (°K)	273	288	298	303	313	323
A	0,488	0,500	0,509	0,514	0,524	0,535

Đối với dung dịch loãng lực ion của dung dịch  $\mu \leq 0,01$ , có thể dùng công thức đơn giản để xác định hệ số hoạt hóa:

$$\lg f_i = -0,5 Z_i^2 \sqrt{\mu}. \quad (1.5)$$

Trong các quy trình công nghệ xử lý nước để khử một chất nào đó ra khỏi nước thường áp dụng các biện pháp hóa học để biến nó thành hợp chất khó tan và tạo thành cặn dễ lắng và lọc.

Nếu do kết quả của phản ứng hóa học giữa các ion A và B tạo ra hợp chất khó tan  $A_nB_m$ :



thì theo định luật tác dụng khối lượng liên hệ giữa nồng độ còn lại của các ion A, B trong dung dịch ở trạng thái cân bằng với nồng độ của hợp chất khó tan  $A_nB_m$  mới được tạo thành, có thể biểu diễn bằng phương trình:

$$\frac{(A)^n (B)^m}{[A_nB_m]} = \frac{f_A^n [A]^n f_B^m [B]^m}{[A_nB_m]} = K$$

$$\text{hay:} \quad (A)^n (B)^m = f_A^n [A]^n f_B [B]^m = K[A_nB_m] = S_{A_nB_m} \quad (1.7)$$

*Quy ước:* nồng độ thực của ion biểu diễn trong móc vuông  $[Ca^{2+}]$  còn nồng độ hoạt tính biểu diễn bằng móc tròn  $(Ca^{2+})$  hoặc bằng chữ  $a_i(a_{Ca^{2+}})$ .

Ở mỗi nhiệt độ nhất định nồng độ của hợp chất khó tan  $A_nB_m$  trong dung dịch thực tế không thay đổi và tích số  $K[A_nB_m] = S_{A_nB_m}$  gọi là tích số hòa tan của hợp chất  $A_nB_m$ . Như vậy  $S_{A_nB_m}$  là một hằng số nhiệt động và chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của dung dịch.

Khi biết giá trị bằng số của tích số hòa tan của một hợp chất có thể tính độ hòa tan của chất đó trong nước khi biết lực ion và hệ số hoạt hóa của các ion trong dung dịch.

Nếu hợp chất gồm một cation A và một anion B (Ví dụ:  $AgCl$ ,  $MgSO_4$ ,  $CaCO_3$ ) thì độ hòa tan M tính theo công thức:

$$a_A a_B = f_A [C_A] \cdot f_B [C_B] = f^2 [C_A] [C_B] = S_{AB}$$

$$M = [C_A] = [C_B] = \frac{1}{f} \sqrt{S_{AB}}, \quad (\text{iong/l}). \quad (1.8)$$

Trường hợp hợp chất gồm hai ion A và một ion B

$$S_{A_2B} = C_A^2 C_B f_1^2 f_2 \quad (1.9)$$

trong đó:  $f_2$  - hệ số hoạt hóa của ion hai điện tích (B);

$f_1$  - hệ số hoạt hóa của ion một điện tích (A).

Độ hòa tan của hợp chất này bằng nồng độ thực của ion B.

$$M_2 = [C_B] : [C_A] = 2[C_B] = 2M_2,$$

$$\text{do đó:} \quad S_{A_2B} = (2M_2)^2 M_2 f_1^2 f_2 \quad (1.9a)$$

$$\text{hay:} \quad M_2 = [C_B] = \sqrt[3]{\frac{S_{A_2B}}{4f_1^2 f_2}} \quad (1.10)$$

Công thức này cũng đúng với hợp chất loại  $AB_2$ .

Đối với hợp chất loại  $A_3B$  có thể viết:

$$[C_A] = 3[C_B] = 3M_3 ;$$

$$S_{A_3B} = (3M_3)^3 f_1^3 f_3 \quad (1.9b)$$

hay: 
$$M_3 = [C_B] = \sqrt[3]{\frac{S_{A_3B}}{27f_1^3 f_3}} \quad (1.11)$$

Đối với hợp chất loại  $A_nB_m$

$$a_A^n a_B^m = f_A^n [C_A]^n f_B^m [C_B]^m = S_{A_nB_m} .$$

Trong trường hợp này:

$$M_n = \frac{[C_A]}{n} = \frac{[C_B]}{m} \text{ và } [C_A] = \frac{n}{m}[C_B]; [C_B] = \frac{m}{n}[C_A]$$

ta nhận được:

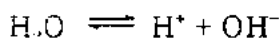
$$M_n = \sqrt[n+m]{\frac{S_{A_nB_m}}{f_A^n f_B^m m^n n^m}} ; \quad (1.12)$$

$$[C_A] = \sqrt[n+m]{\frac{S_{A_nB_m} \cdot n^m}{f_A^n f_B^m m^n}} ; \quad (1.13)$$

$$[C_B] = \sqrt[n+m]{\frac{S_{A_nB_m} \cdot m^n}{f_A^n f_B^m n^m}} ; \quad (1.14)$$

## 10. Chỉ tiêu nồng độ ion hydro và trị số pH của nước

Một phần các phân tử nước phân ly thành ion theo phương trình:



theo định luật tác dụng khối lượng thì:

$$\frac{[H^+][OH^-]}{H_2O} = K .$$

Bởi vì chỉ có một phần rất nhỏ (xấp xỉ 1 phần 10 triệu) các phân tử nước phân ly nên nồng độ các phân tử nước không phân ly trong 1 lít có thể coi là một trị số không đổi nên:

$$f_{H_2O} \cdot [H^+] f_{OH^-} [OH^-] = K[H_2O] = K_w . \quad (1.15)$$



Hằng số  $K_w$  được gọi là tích số ion của nước, giá trị bằng số của nó cho trong bảng (1.2). Trong bảng cũng ghi cả giá trị  $pK_w$ .

$$pK_w = -\lg(K_w),$$

ở đây: p – ký hiệu âm logarit.

Trong nước sạch, về hóa học 1 phân tử nước phân ly thành 1 ion  $H^+$  và 1 ion  $OH^-$ , bởi vì cả 2 ion hóa trị 1 nên  $f_{H^+} = f_{OH^-}$  và  $f_{H^+} [H^+] = f_{OH^-} [OH^-]$  từ đó  $[f_{H^+} [H^+]]^2 = K_w$ .

ở nhiệt độ  $25^\circ C$ ,  $K_w = 10^{-14}$ , nồng độ hoạt hóa của ion  $H^+$  bằng

$$[H^+] = f_{H^+} [H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

$$-\lg(H^+) = pH = 7.$$

Đối với nước sạch về hóa học ở nhiệt độ  $25^\circ C$ ,  $pH = 7$ .

Từ phương trình (1.15) ta có:

$$\lg\{f_{H^+} [H^+]\} + \lg\{f_{OH^-} [OH^-]\} = \lg K_w;$$

$$pH + pOH = pK_w. \quad (1.16)$$

Theo công thức (1.16) biết giá trị pH của nước, sử dụng bảng (1.2) có thể tính nồng độ của ion  $OH^-$ .

**Bảng 1.2.** Các giá trị tích số ion của nước

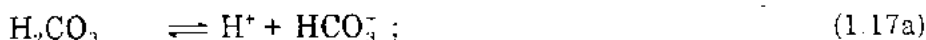
Nhiệt độ ( $^\circ C$ )	$K_w \cdot 10^{14}$	$pK_w$	Nhiệt độ ( $^\circ C$ )	$K_w \cdot 10^{14}$	$pK_w$
0	0,11	14,96	60	9,55	13,02
10	0,30	14,53	70	15,80	12,80
20	0,69	14,16	80	25,10	12,60
25	1,00	14,00	90	38,00	12,42
30	1,48	13,83	100	55,00	12,26
40	2,95	13,53	150	234,00	11,63
50	5,50	13,26	200	550,00	11,26

Trong dung dịch nước, axit phân ly thành ion  $H^+$  (ví dụ:  $HCl \rightleftharpoons Cl^- + H^+$ ) còn kiềm phân ly thành ion  $OH^-$  (ví dụ:  $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$ ), vì thế nồng độ

axit trong dung dịch càng lớn thì nồng độ ion  $H^+$  càng lớn và pH của dung dịch càng bé; ngược lại nồng độ của chất kiềm trong dung dịch càng lớn, nồng độ ion  $O H^-$  càng lớn và nồng độ ion  $H^+$  càng bé thì pH càng lớn. Do đó pH là chỉ tiêu để đo độ axit của dung dịch, đồng thời pH là một chỉ tiêu quan trọng dùng để kiểm tra các quá trình làm mềm, khử muối, khử sắt và nhiều quy trình công nghệ xử lý khác.

### 11. Các hợp chất của axit cacbonic

Các hợp chất của axit cacbonic trong nước ảnh hưởng rất lớn đến các quá trình công nghệ xử lý nước, chúng có thể tồn tại dưới dạng phân tử không phân ly của axit cacbonic  $H_2CO_3$  (tuy chỉ gần 0,2%), dưới dạng phân tử khí cacbonic hòa tan  $CO_2$ , phân ly thành ion hydrocacbonat  $HCO_3^-$  và cả dưới dạng ion cacbonat  $CO_3^{2-}$  khi  $pH \geq 8,4$ . Axit cacbonic là axit 2 gốc và có 2 bậc phân ly:



Phản ứng (1.17) chuyển dịch rất mạnh về phía trái. Trong tổng hàm lượng axit cacbonic  $H_2CO_3$  hòa tan trong nước, chỉ gần 0,2% tồn tại ở dạng  $H_2CO_3$ , còn 99,8% tồn tại ở dạng  $CO_2$ , vì vậy sẽ không gây ra sai số đáng kể khi coi nồng độ  $CO_2$  hòa tan trong nước là nồng độ của cả  $CO_2 + H_2CO_3$ .

Theo định luật tác dụng khối lượng, trạng thái cân bằng của các phản ứng phân ly được đặc trưng bằng các hằng số phân ly:

$$K_1 = \frac{f_{H^+} [H^+] f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]}{[CO_2]} ; \tag{1.18}$$

$$K_2 = \frac{f_{H^+} [H^+] f_{CO_3^{2-}} [CO_3^{2-}]}{f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]} . \tag{1.19}$$

Giá trị bằng số của các hằng số  $K_1$  và  $K_2$  cho trong bảng (1.3).

Chú ý rằng:  $f_{H^+} = f_{HCO_3^-} = f_1$  và  $f_{CO_3^{2-}} = f_2$ .

Từ phương trình (1.18) rút ra:

$$[HCO_3^-] = \frac{K_1}{[H^+] f_1^2} [CO_2] \tag{1.20}$$

và từ (1.19) và (1.20) ta có:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_2}{[\text{H}^+]} [\text{HCO}_3^-] = \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2 f_1^2 f_2} [\text{CO}_2] \quad (1.21)$$

**Bảng 1.3.** Giá trị của hằng số phân ly bậc một  $K_1$ , và bậc hai  $K_2$ , của axit cacbonic

Nhiệt độ của nước (°C)	$K_1 \cdot 10^7$	$pK_1$	$K_2 \cdot 10^{11}$	$pK_2$
5	3,04	6,517	2,77	10,577
10	3,43	6,464	3,24	10,490
15	3,80	6,419	3,71	10,430
20	4,15	6,381	4,20	10,377
25	4,45	6,352	4,69	10,329
30	4,71	6,327	5,13	10,290
40	5,06	6,298	6,03	10,220
50	5,16	6,287	6,73	10,172
60	5,02	6,299	7,20	10,143
70	4,69	6,329	7,52	10,124
80	4,21	6,376	7,55	10,122

Tổng hàm lượng của các hợp chất cacbonic xác định bằng tổng

$$q_{\text{CO}_2} = [\text{CO}_2] \left( 1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]} f_1^2 + \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2 f_1^2 f_2} \right) = \varphi [\text{CO}_2], \quad (1.23)$$

trong đó: 
$$\varphi = \left( 1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]} f_1^2 + \frac{K_1 K_2}{[\text{H}^+]^2 f_1^2 f_2} \right) \quad (1.24)$$

Từ phương trình (1.23) rút ra:

$$[\text{CO}_2] = \frac{q_{\text{CO}_2}}{\varphi} \quad (1.25)$$

Thay (1.25) vào phương trình (1.20) và (1.21) ta có:

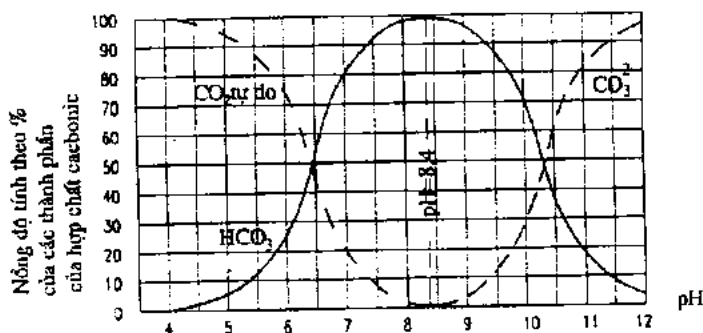
$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_1 q_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+] f_1^2 \varphi}; [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_1 K_2 q_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]^2 f_1^2 f_2 \varphi} \quad (1.26)$$

Công thức (1.25) và (1.26) cho phép xác định số lượng bằng phần trăm của mỗi dạng hợp chất cacbonic so với tổng hàm lượng của chúng ở trong nước theo các trị số pH và nhiệt độ của nước.

**Bảng 1.4.** Ghi các giá trị hàm lượng tương đối của mỗi ion thay đổi theo các trị số pH của nước ở nhiệt độ 25°C

pH	$\Sigma = ([H_2CO_3] + [CO_2])\%$	$[HCO_3^-]\%$	$[CO_3^{2-}]\%$
4	99,6	0,4	
5	95,7	4,3	
6	69,0	31,0	0,0015
7	18,2	81,8	0,0394
8	2,16	97,37	0,466
9	0,21	95,23	4,56
10	0,015	67,56	32,42
11	0,0038	17,20	82,80
12	-	2,04	97,96

Từ số liệu ghi trong bảng (1.4) vẽ được biểu đồ các thành phần hợp chất cacbonic trong nước (hình 1.1).

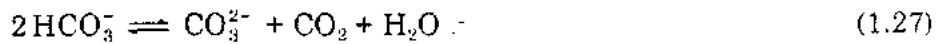


**Hình 1.1.** Biểu đồ thành phần  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  phụ thuộc vào pH của nước ở nhiệt độ 25°C

Từ bảng (1.4) và biểu đồ (1.1) thấy rõ rằng khi  $pH \leq 4$  trong nước chỉ tồn tại duy nhất có  $CO_2$ , khi  $pH \leq 8,4$  trong nước có  $CO_2$  và  $HCO_3^-$ , khi  $pH > 8,4$  lượng  $CO_2$  biến đi và trong nước song song tồn tại ion  $HCO_3^-$  và  $CO_3^{2-}$ , khi  $pH > 12$  trong nước duy nhất chỉ có ion  $CO_3^{2-}$ .

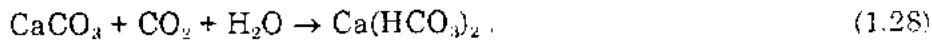
*tr. Phant*

Trong dung dịch nước luôn tồn tại trạng thái cân bằng giữa các dạng hợp chất của axit cacbonic theo phương trình:

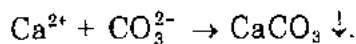


Từ phương trình (1.27) có thể rút ra kết luận: Để đảm bảo trong nước chứa một lượng ion hydrocacbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) cần thiết nào đó, phải có một lượng  $\text{CO}_2$  tương ứng với nó cùng tồn tại trong nước. Lượng cacbonic ( $\text{CO}_2$ ) tự do hòa tan trong nước cần thiết để giữ cân bằng với lượng ion hydrocacbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) theo phương trình (1.27) gọi là lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng.

Nếu lượng  $\text{CO}_2$  có trong nước vượt quá lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng, phương trình (1.27) chuyển dịch về phía trái và khi tiếp xúc với vật cứng có chứa muối cacbonat (Ví dụ:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ...) sẽ hòa tan nó theo phản ứng:



Nước có hàm lượng  $\text{CO}_2$  tự do vượt quá lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng gọi là nước xâm thực. Ngược lại nếu hàm lượng  $\text{CO}_2$  của nước thấp hơn lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng thì phương trình (1.27) chuyển dịch về phía phải. Một lượng ion  $\text{HCO}_3^-$  sẽ bị phân hủy để tạo thành  $\text{CO}_2$  và  $\text{CO}_3^{2-}$ . Tăng nồng độ của ion  $\text{CO}_3^{2-}$  vượt quá nồng độ cân bằng của chúng đối với ion canxi  $\text{Ca}^{2+}$  hòa tan trong nước sẽ xảy ra phản ứng:



Cacbonat canxi là hợp chất khó tan và sẽ bị lắng đọng khi vận chuyển nước theo đường ống, khi chứa trong bể chứa, hay trên bề mặt các bể lọc...

Nước có hàm lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng gọi là nước ổn định.

Để rút ra công thức tính toán lượng  $\text{CO}_2$  cân bằng trong nước ta giải phối hợp phương trình (1.18), (1.19) và phương trình cân bằng của phản ứng (1.27)

$$\frac{f_{\text{HCO}_3^-}^2 [\text{HCO}_3^-]^2}{f_{\text{CO}_3^{2-}} [\text{CO}_3^{2-}] [\text{CO}_2]} = K_a \quad (1.29)$$

trong đó:  $f_{\text{HCO}_3^-}$ ,  $f_{\text{CO}_3^{2-}}$  - hệ số hoạt hóa của các ion tương ứng;

$K_a$  - hằng số cân bằng.

Chia phương trình (1.18) cho phương trình (1.19) ta có:

$$\frac{f_{\text{HCO}_3^-}^2 [\text{HCO}_3^-]^2}{f_{\text{CO}_3^{2-}} [\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{CO}_2]} = \frac{K_1}{K_2} \quad (1.30)$$

Từ phương trình (1.29) và (1.30) rút ra:

$$K_n = \frac{K_1}{K_2} \quad (1.31)$$

Vấn đề chúng ta đề cập đến ở đây là trạng thái cân bằng của các hợp chất cacbonic, nên nồng độ của ion canxi ( $Ca^{2+}$ ) và ion cacbonat ( $CO_3^{2-}$ ) hòa tan trong nước sẽ tương ứng với tích số hòa tan của  $CaCO_3$  theo phương trình:

$$f_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}] f_{CO_3^{2-}} [CO_3^{2-}] = S_{CaCO_3} \quad (1.32)$$

hay

$$f_{CO_3^{2-}} [CO_3^{2-}] = \frac{S_{CaCO_3}}{f_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}]} \quad (1.33)$$

Thay thế trị số  $[CO_3^{2-}]$  trong phương trình (1.30) bằng trị số của nó theo phương trình (1.33) ta có:

$$\frac{f_{HCO_3^-}^2 [HCO_3^-]^2}{S_{CaCO_3} [CO_2]_{cb} f_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}]} = \frac{K_1}{K_2} \quad (1.34)$$

Giải phương trình (1.34) đối với  $CO_2$  ta tìm được nồng độ  $CO_2$  cân bằng trong nước:

$$[CO_2]_{cb} = \frac{K_2}{K_1 S_{CaCO_3}} f_{HCO_3^-}^2 f_{Ca^{2+}} [HCO_3^-]^2 [Ca^{2+}] \quad (1.35)$$

Lấy logarit phương trình (1.35) và thay vào nó giá trị của hệ số hoạt hóa theo công thức (1.5) ta có:

$$\lg[CO_2]_{cb} = pK_1 - pK_2 + pS_{CaCO_3} + 2\lg(HCO_3^-) + \lg(Ca^{2+}) - 3\sqrt{\mu} - 5.96 \quad (1.37)$$

trong đó:  $pK_1 = -\lg K_1$ ,  $pK_2 = -\lg K_2$  ;  $pS_{CaCO_3} = -\lg S_{CaCO_3}$ .

Từ công thức (1.37) ta thấy:

Nồng độ cân bằng của  $CO_2$  trong nước phụ thuộc các yếu tố sau:

- Nhiệt độ của nước*, bởi vì các hằng số  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $S_{CaCO_3}$  chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Giá trị hằng số cho trong bảng (1.5) và (1.3).
- Nồng độ ion  $HCO_3^-$* , tức là độ kiềm toàn phần của nước khi  $pH < 8.4$ .
- Nồng độ ion  $Ca^{2+}$  trong nước*.
- Tổng hàm lượng muối của nước*, vì lực ion  $\mu$  của dung dịch phụ thuộc vào tổng hàm lượng muối.

Bảng 1.5. Giá trị của tích số hòa tan  $S_{CaCO_3}$ 

Nhiệt độ nước (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$S_{CaCO_3} \cdot 10^9$	9,51	7,05	5,22	3,93	3,03	2,37	1,83	1,35	1,002
$pS_{CaCO_3}$	8,022	8,152	8,282	8,406	8,518	8,625	8,738	8,870	8,992

Từ bảng (1.4) và biểu đồ (1.1) ta thấy rằng khi  $pH \leq 8,4$  tổng độ kiềm của nước bằng nồng độ ion  $HCO_3^-$  và trong nước chỉ tồn tại  $CO_2$  và  $HCO_3^-$ . Do đó giải phương trình phân ly bậc 1 của axit cacbonic (1.18) ta có thể tìm được tổng hàm lượng  $CO_2$  tự do hòa tan trong nước. Từ (1.18) ta có:

$$[CO_2] = \frac{f_{H^+} [H^+] f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]}{K_1} \quad (1.38)$$

Chú ý rằng:

$$\begin{aligned} f_{HCO_3^-} &= f_1; \\ \lg f_1 &= -0,5\sqrt{\mu}; \\ f_1 &= 10^{-0,5\sqrt{\mu}}; \\ -\lg f_{H^+} [H^+] &= pH; \\ f_{H^+} [H^+] &= 10^{-pH}. \end{aligned}$$

$[HCO_3^-] = K_1$  - độ kiềm của nước tính bằng (mdlg/l);

$CO_2$  - hàm lượng  $CO_2$  tự do có trong nước tính bằng (mg/l);

$\mu$  - lực ion của dung dịch tính theo công thức (1.2) hay (1.3).

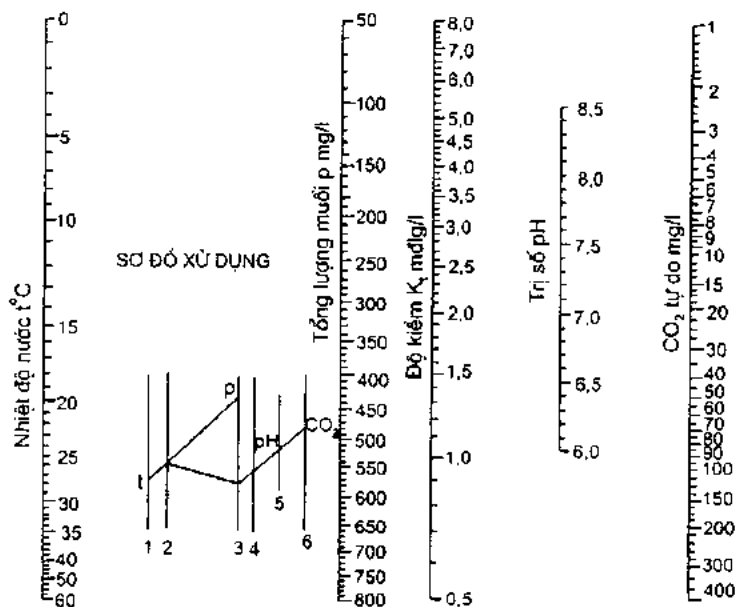
Từ (1.38) ta có:

$$CO_2 = \frac{44K_1}{K_1 \cdot 10^{pH+0,5\sqrt{\mu}}} \quad (1.39)$$

Khi tính toán không đòi hỏi độ chính xác cao, để đơn giản quá trình tính toán có thể xác định lượng  $CO_2$  tự do theo biểu đồ hình (1.2) được thành lập theo công thức (1.39).

Để đánh giá độ ổn định của nước nguồn ta so sánh hàm lượng  $CO_2$  tự do thực tế có trong nước tính theo công thức (1.39) với lượng  $CO_2$  cân bằng tính theo công thức (1.37).

Trong thực tế thường dùng phương pháp do Langelier đề nghị. Dựa vào tài liệu phân tích hóa học tính ra trị số pH của nước tương ứng với trạng thái cân bằng của các hợp chất cacbonic, được gọi là pH bão hòa cân bằng cacbonat canxi, ký hiệu là  $pH_s$ .



Hình 1.2. Biểu đồ để xác định hàm lượng  $CO_2$  tự do trong nước

Khi nước ổn định  $pH = pH_s$  và lượng  $CO_2$  tự do đúng bằng lượng  $CO_2$  cân bằng  $(CO_2)_{tb} = (CO_2)_{td}$ . Từ công thức (1.35) và (1.38) ta có:

$$\frac{K_2}{K_1 S_{CaCO_3}} f_{HCO_3}^2 f_{Ca^{2+}} [HCO_3^-]^2 [Ca^{2+}] = \frac{f_{HCO_3} f_{H^+} [H^+]}{K_1} [HCO_3^-]; \quad (1.40)$$

$$\frac{K_2}{S_{CaCO_3}} f_{HCO_3} f_{Ca^{2+}} [HCO_3^-] [Ca^{2+}] = f_{H^+} [H^+]. \quad (1.40a)$$

Lấy logarit phương trình (1.40a) ta nhận được:

$$-\lg(f_{H^+} [H^+]) = -\lg K_2 + \lg S_{CaCO_3} - \lg[HCO_3^-] - \lg[Ca^{2+}] - \lg f_{HCO_3} - \lg f_{Ca^{2+}}$$

vi  $-\lg f_{HCO_3} = 0.5\sqrt{\mu}; -\lg_{Ca^{2+}} = 2\sqrt{\mu}; -\lg[HCO_3^-] = -\lg(K_1);$

$$-\lg K_2 = pK_2; -\lg S_{CaCO_3} = pS_{CaCO_3}; -\lg(f_{H^+} [H^+]) = pH_s,$$

ta có:  $pH_s = pK_2 - pS_{CaCO_3} - \lg[Ca^{2+}] - \lg(K_1) + 2.5\sqrt{\mu}$ . (1.41)

Nếu hàm lượng ion  $Ca^{2+}$  tính bằng mg/l, độ kiềm K<sub>1</sub> tính bằng mdg/l, thì công thức (1.41) có dạng:



$$pH_s = pK_2 - pS_{CaCO_3} - \lg[Ca^{2+}] - \lg(K_1) + 2,5\sqrt{\mu} + 7,6. \quad (1.42)$$

Công thức (1.42) được dùng để tính trị số  $pH_s$  của nước có tổng hàm lượng muối nhỏ hơn hoặc bằng 1000 mg/l (vì khi rút ra công thức tính  $pH_s$  đã áp dụng công thức tính hệ số hoạt hóa (1.5) ứng với hàm lượng muối < 1000mg/l) và khi nước có trị số pH nhỏ hơn 10 (vì dùng phương trình phân ly bậc 1 và coi tổng độ kiềm là hàm lượng ion  $HCO_3^-$ ). Khi tổng hàm lượng muối lớn hơn 1000 mg/l tốt nhất là dùng công thức (1.4) để rút ra hệ số hoạt hóa của các ion rồi từ đó tính tiếp để tìm ra công thức tính  $pH_s$  của nước.

Công thức (1.42) có thể viết dưới dạng ký hiệu:

$$pH_s = f_1(t^\circ) \cdot f_2(Ca^{2+}) \cdot f_3(K_1) + f_4(P). \quad (1.43)$$

trong đó:  $f_1(t^\circ)$  – hàm số nhiệt độ của nước:

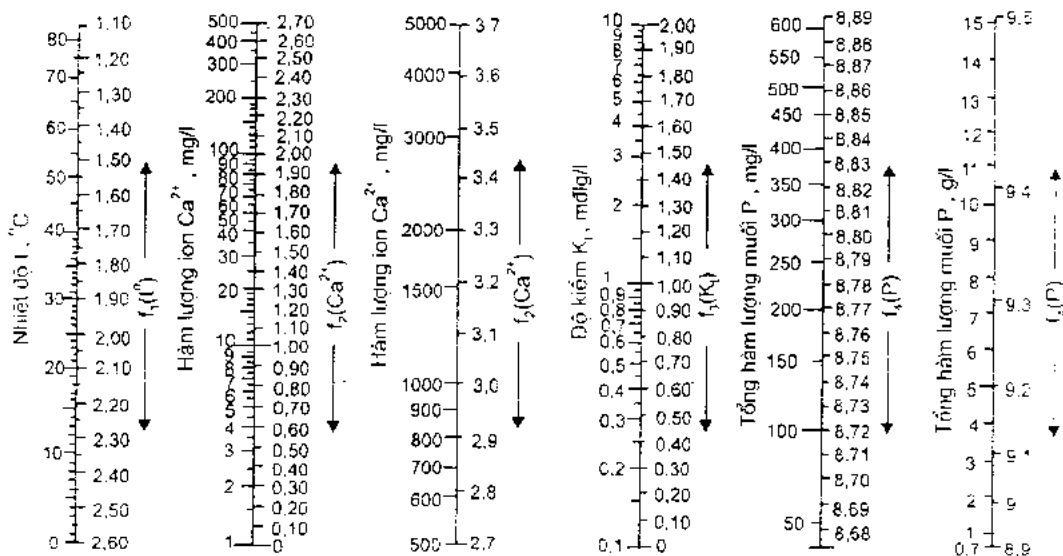
$$f_1(t^\circ) = pK_2 - pS_{CaCO_3};$$

$f_2(Ca^{2+})$  – hàm số hàm lượng của ion  $Ca^{2+}$  trong nước;

$f_3(K_1)$  – hàm số độ kiềm của nước;

$f_4(P)$  – hàm số tổng hàm lượng muối của nước.

Để thuận tiện cho tính toán người ta lập biểu đồ như trên hình (1.3).



Hình 1.3. Biểu đồ để tính trị số  $pH_s$

Khi tính trị số  $pH_s$  ta cộng đại số các giá trị hàm số tìm được trên biểu đồ theo công thức (1.43).

Sau khi tính được trị số  $pH_s$  theo công thức (1.42) hoặc (1.43) ta đem so sánh với giá trị thực của pH đo được để đánh giá độ ổn định của nước.

Nếu pH nhỏ hơn  $pH_s$ , trong nước có hàm lượng  $CO_2$  lớn hơn giá trị cân bằng, nó sẽ hòa tan  $CaCO_3$  trong các vật cứng khi tiếp xúc với nước (Ví dụ các móng tường bể làm bằng bê tông, ống dẫn nước bê tông cốt thép, kè đập...). Nước có độ pH <  $pH_s$  không có khả năng tạo trên thành ống thép, gang màng bảo vệ cacbonat, do đó khi nước tiếp xúc trực tiếp với kim loại, oxy hòa tan trong nước sẽ làm gỉ ống. Ngược lại, nếu pH lớn  $pH_s$ , hàm lượng  $CO_2$  tự do trong nước không đủ để cân bằng và nếu nước có độ cứng lớn sẽ xảy ra sự lắng đọng cận  $CaCO_3$  trên thành ống. Cần chú ý rằng, quan hệ giữa pH và  $pH_s$  không phải đã xác định hoàn toàn tính ăn mòn của nước đối với bê tông và kim loại mà chỉ xác định tính chất xâm thực của nước do  $CO_2$  gây ra mà thôi.

Langelier đề nghị biểu thị tính chất ổn định của nước bằng chỉ số bão hòa, thường được gọi là *chỉ số Langelier*. Giá trị bằng số tính theo công thức:

$$I = pH - pH_s \quad (1.44)$$

Nếu  $pH > pH_s$ ,  $I > 0$ : nước không có tính xâm thực;

$pH < pH_s$ ,  $I < 0$ : nước xâm thực;

$pH = pH_s$ ,  $I = 0$ : nước ổn định.

Để xác định chỉ số ổn định có thể dùng phương pháp thực nghiệm trực tiếp (trình bày trong chương xử lý ổn định nước).

## 12. Độ kiềm của nước

Tổng hàm lượng của các ion hydrocacbonat ( $HCO_3^-$ ), cacbonat ( $CO_3^{2-}$ ), hydroxyl ( $OH^-$ ) và ion muối của các axit yếu khác (photphat, silicat, và các axit muối hữu cơ) là độ kiềm toàn phần của nước (ký hiệu bằng  $K_t$ ).

Độ kiềm của nước thiên nhiên có độ pH < 8.4 chính là lượng ion hydrocacbonat  $HCO_3^-$ , đôi khi cả hợp chất của các axit hữu cơ. Độ kiềm của nước khi làm mềm bằng phương pháp trao đổi ion trên các bể Na-cationit cũng được xác định bằng lượng ion  $HCO_3^-$  đôi khi cả hợp chất của axit hữu cơ nếu nó tồn tại trong nước nguồn.

Độ kiềm của nước làm mềm bằng vôi, soda ( $Na_2CO_3$ ) được xác định bằng lượng ion hydroxyl ( $OH^-$ ), cacbonat ( $CO_3^{2-}$ ) và muối của các axit hữu cơ, đôi khi bằng lượng cacbonat và hydrocacbonat.

Độ kiềm là một chỉ tiêu quan trọng trong công nghệ xử lý nước. Để xác định độ kiềm thường dùng phương pháp chuẩn độ mẫu nước thử bằng axit

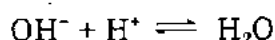
clohydric (HCl) hay axit sulfuric ( $H_2SO_4$ ) và theo dõi theo chất chỉ thị màu, đầu tiên là phenolphtalein sau đó là metyloran.

Phenolphtalein khi chuẩn độ chuyển từ màu hồng sang không màu ứng với trị số pH của dung dịch từ 8.2 - 8.4. (pH > 8,4 màu hồng; pH < 8.4 không màu). Khi chuẩn độ với phenolphtalein phải rỏ từ từ vào mẫu nước từng giọt HCl hay  $H_2SO_4$  và ngừng lại tại thời điểm khi mẫu nước chuyển từ màu hồng sang không màu. Lượng axit tiêu thụ tính ra mg/l chính là độ kiềm theo phenolphtalein.

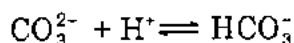
Sau đó rỏ vào mẫu nước chất chỉ thị metyloran, khi pH < 3,7 - 4 chuyển sang màu hồng. Nếu so sánh các tính chất của các chất chỉ thị màu với biểu đồ hình (1.1) thì có thể khẳng định rằng: sự chuyển màu của phenolphtalein khi chuẩn độ bằng axit tương ứng với thời điểm trong nước biến mất hoàn toàn ion  $CO_3^{2-}$  và các hợp chất của axit cacbonic được xác định bằng tổng hàm lượng của  $HCO_3^-$  và  $CO_2$ . Còn metyloran đổi màu ứng với thời điểm biến mất  $HCO_3^-$  và trong nước còn lại duy nhất chỉ có  $CO_2$ .

Khi chuẩn độ với phenolphtalein diễn ra các phản ứng sau:

a. Phản ứng của axit với ion hydroxyl (độ kiềm hydrat)



b. Phản ứng của axit với ion cacbonat (độ kiềm cacbonat)



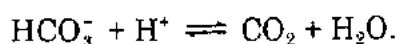
Các phản ứng này chỉ ra rằng lượng axit tiêu thụ khi chuẩn độ với phenolphtalein tương ứng với độ kiềm hydrat (ion hydroxyl) và một nửa độ kiềm cacbonat (bởi vì 1 ion gam  $H^+$  kết hợp với 1 ion gam  $CO_3^{2-}$  để tạo ra 1 ion gam  $HCO_3^-$  mà số ion gam  $CO_3^{2-}$  có trong nước tính theo biểu thức

$$\left[ \frac{P_{mg/l}(CO_3^{2-})}{60} \right] \text{ chỉ bằng nửa số đương lượng gam của nó là: } \left[ \frac{P_{mg/l}(CO_3^{2-})}{30} \right]$$

Ta có: 
$$F = [OH^-] + 0,5 [CO_3^{2-}]. \quad (1.45)$$

trong đó: F - độ kiềm của nước theo phenolphtalein tính bằng mg/l;  
 $[OH^-]$  và  $[CO_3^{2-}]$  - nồng độ ion, tính bằng mg/l.

Khi tiếp tục chuẩn độ bằng axit với metyloran diễn ra phản ứng:



Như vậy lượng axit tiêu thụ tính từ dầu khi chuẩn độ với phenolphtalein đến khi kết thúc với metylloran chính là độ kiềm toàn phần của nước:

$$K_t = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \quad (\text{mdl/g/l}). \quad (1.46)$$

Việc xác định tách biệt độ kiềm theo phenolphtalein và độ kiềm theo metylloran cho phép ta tính toán được các độ kiềm thành phần trong độ kiềm toàn phần theo bảng (1.6).

**Bảng 1.6.** Độ kiềm thành phần trong độ kiềm chung

Tương quan giữa F và K <sub>t</sub>	Nước có chứa	Các thành phần của độ kiềm toàn phần		
		hydrocacbonat	cacbonat	hydrat
F = 0	hydrocacbonat	K <sub>t</sub>	0	0
2F < K <sub>t</sub>	hydrocacbonat và cacbonat	K <sub>t</sub> - 2F	2F	0
2F = K <sub>t</sub>	cacbonat	0	2F	0
2F > K <sub>t</sub>	cacbonat và hydrat	0	2(K <sub>t</sub> - F)	2F - K <sub>t</sub>
F = K <sub>t</sub>	hydrat	0	0	K <sub>t</sub>

Khi thành lập bảng dựa trên giả thiết rằng: trong nước thiên nhiên đồng thời tồn tại hoặc HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> và CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> hoặc CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> và OH<sup>-</sup>. Song khi pH = 8,3 ÷ 8,4 có thể song song tồn tại cả 3 ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> và OH<sup>-</sup>, tuy nhiên CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> và OH<sup>-</sup> chiếm một lượng không đáng kể, vì thế các công thức ghi trong bảng (1.6) có độ chính xác cao chỉ khi F = 0 và khi 2F < K<sub>t</sub> nếu pH < 9,5.

Dựa vào độ kiềm toàn phần xác định bằng chuẩn độ, trị số pH đo được, nhiệt độ và tổng hàm lượng muối của nước, có thể tính toán chính xác các thành phần của độ kiềm toàn phần theo các công thức sau:

Nồng độ ion hydroxyl xác định từ phương trình tích số ion của nước.

$$f_{\text{OH}^-} [\text{OH}^-] \cdot f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = K_w,$$

để ý rằng:  $-\lg f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = \text{pH} \iff f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}};$

$$\lg f_{\text{OH}^-} = -0,5\sqrt{\mu} \rightarrow f_{\text{OH}^-} = 10^{-0,5\sqrt{\mu}};$$

ta có:  $\text{OH}^- = 1000K_w \cdot 10^{\text{pH} - 0,5\sqrt{\mu}}, \quad (1.47)$

trong đó: OH<sup>-</sup> – độ kiềm hydrat của nước (mdl/g/l) (nồng độ ion hydroxyl).

Tổng nồng độ của ion cacbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) và hydrocacbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ).

$N$  là hiệu số của độ kiềm toàn phần  $K_t$  và nồng độ ion  $\text{OH}^-$

$$N = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = K_t - [\text{OH}^-]. \quad (1.48)$$

Từ phương trình phân ly bậc 2 của axit cacbonic (1.19) ta có:

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{K_2 f_{\text{HCO}_3}}{(\text{H}^+) f_{\text{CO}_3^{2-}}}. \quad (1.49)$$

Nếu trong (1.49) nồng độ ion  $\text{CO}_3^{2-}$  và  $\text{HCO}_3^-$  tính bằng mdlg/l còn giá trị của các hệ số hoạt độ  $f_{\text{HCO}_3}$  và  $f_{\text{CO}_3^{2-}}$  và tính theo (1.5) thì ta nhận được:

$$S = \frac{(\text{CO}_3^{2-})}{(\text{HCO}_3^-)} = 2K_2 \cdot 10^{\text{pH}-1,5\sqrt{\mu}}. \quad (1.50)$$

Biết các giá trị bằng số của  $N$  và  $S$  có thể tính nồng độ ion cacbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) và ion hydrocacbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) theo công thức sau:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{NS}{1+S}; \quad (1.51)$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{N}{1+S}. \quad (1.52)$$

Nồng độ  $[\text{CO}_3^{2-}]$ ,  $[\text{HCO}_3^-]$  và  $N$  tính bằng mdlg/l.

Khi nước thiên nhiên có độ màu lớn hơn 40°, nếu đòi hỏi xác định chính xác các thành phần của độ kiềm toàn phần ta cần xác định thêm độ kiềm do muối của các axit hữu cơ gây ra. Phương pháp xác định nêu trong các tài liệu hướng dẫn phân tích nước.

### 13. Độ cứng của nước

Độ cứng toàn phần của nước bằng tổng hàm lượng của ion canxi và magie có trong nước. Người ta chia độ cứng toàn phần ra: độ cứng cacbonat (trước gọi là độ cứng tạm thời) tính bằng tổng hàm lượng ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  trong các muối cacbonat và hydrocacbonat canxi, hydrocacbonat magie. Độ cứng không cacbonat (quen gọi là độ cứng vĩnh cửu) tính bằng tổng hàm lượng ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  trong các muối axit mạnh của canxi và magie.

Nếu như trong nước hàm lượng của ion  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (mdlg/l) thì trị số độ cứng cacbonat bằng tổng hàm lượng của ion canxi và magie. Lượng dư  $\text{HCO}_3^-$  là cacbonat natri ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) và cacbonat kali ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ).

Nếu trong nước hàm lượng của ion  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (mdlg/l) thì trị số độ cứng cacbonat bằng nồng độ ion  $\text{HCO}_3^-$ .

Nếu biểu thị nồng độ ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  và  $\text{HCO}_3^-$  bằng mg/l, thì độ cứng tổng và các độ cứng thành phần được tính theo các công thức sau (tính bằng mili đương lượng gam trong 1 lít nước, mdlg/l)

Độ cứng toàn phần:

$$C_o = \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} \quad (1.53)$$

Độ cứng cacbonat:

Khi  $\frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} > \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02}$

$$C_K = \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02} \quad (1.54)$$

Khi  $\frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} < \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02}$

$$C_K = C_o = \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} \quad (1.55)$$

Độ cứng phi cacbonat (độ cứng vĩnh cửu)

$$C_v = C_o - C_K \quad (1.56)$$

Độ cứng canxi  $C_{Ca} = \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} \quad (1.57)$

Độ cứng magie  $C_{Mg} = \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,06} \quad (1.58)$

Giới hạn cho phép của độ cứng trong nước ăn uống, sinh hoạt theo quy phạm không được vượt quá 7 mdlg/l. Trong trường hợp rất đặc biệt cho phép không quá 14 mdlg/l.

Trong sinh hoạt, nước có độ cứng cao tiêu tốn xà phòng vì khi giặt, rửa tạo ra hợp chất khó tan của canxi và magie với các axit béo. Trong công nghiệp tùy theo chức năng của các thiết bị dùng nước, độ cứng được quy định cụ thể và nghiêm ngặt theo yêu cầu đảm bảo hoạt động tốt và bền vững của chúng.

Các đơn vị đo độ cứng: Hiện nay chưa có đơn vị quốc tế thống nhất để đo độ cứng, các nước khác nhau quy ước dùng riêng đơn vị đo của mình, cụ thể:

Độ Đúc:  $^{\circ}\text{dH} = 10 \text{ mg CaO}$  hoặc  $7,14\text{mg MgO}$  hòa tan trong 1lít nước.

Độ Pháp:  $^{\circ}\text{f} = 10 \text{ mg CaO}$  hòa tan trong 1lít nước.

Độ Anh:  $^{\circ}\text{e} = 10 \text{ mg CaO}$  hòa tan trong 0,7lít nước.

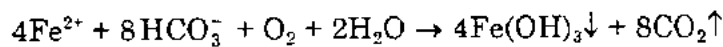
Việt Nam dùng đơn vị đo độ cứng là mili đương lượng trong 1 lít (mdlg/l) khi đo độ cứng bé hơn 0,001 mdlg/l dùng micro đương lượng gam trong lít (mcrdlg/l),  $1\text{mdlg/l}=2,8^{\circ}\text{dH}$ .

## 14. Các hợp chất của sắt và mangan trong nước

### a. Các hợp chất sắt

Trong nước ngầm sắt thường tồn tại dưới dạng hòa tan hydrocacbonat sắt hóa trị hai  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . Khi vừa bơm ra khỏi giếng, nước thường trong và không màu, nhưng sau một thời gian để lắng trong chậu và cho tiếp xúc trực tiếp với không khí, nước trở nên đục dần và ở đáy chậu xuất hiện cặn lắng màu đỏ hung của hydroxit sắt hóa trị ba  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Trong các nguồn nước mặt sắt thường tồn tại trong thành phần của các hợp chất hữu cơ. Nước ngầm trong các giếng sâu có thể chứa sắt ở dạng hóa trị II của các hợp chất sunfat và clorua. Nếu trong nước tồn tại đồng thời dihydrosunfua ( $\text{H}_2\text{S}$ ) và sắt thì sẽ tạo ra cặn hòa tan sunfua sắt  $\text{FeS}$ . Khi làm thoáng khử khí  $\text{CO}_2$  hydrocacbonat sắt hóa trị II sẽ dễ dàng bị thủy phân và bị oxy hóa để tạo thành hydroxit sắt hóa trị III.



Trong quy trình công nghệ khử sắt của nước ngầm điều quan trọng là biết được điều kiện chuyển sắt hóa trị II thành sắt hóa trị III và hydroxit sắt (II) và hydroxit sắt (III) được tạo thành từ trạng thái hòa tan sang cặn lắng.

Trạng thái cân bằng bão hòa trong nước bằng hydroxit sắt (II) bắt đầu khi nồng độ ion  $\text{OH}^-$  và ion  $\text{Fe}^{2+}$  tương ứng với tích số hòa tan của  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .

$$f_{\text{Fe}^{2+}} [\text{Fe}^{2+}] f_{\text{OH}^-}^2 [\text{OH}^-]^2 = S_{\text{Fe}(\text{OH})_2}, \quad (1.59)$$

$S_{\text{Fe}(\text{OH})_2}$  - tích số hòa tan của  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  ;

$f_{\text{Fe}^{2+}}, f_{\text{OH}^-}$  - hệ số hoạt hóa của ion  $\text{Fe}^{2+}$  và  $\text{OH}^-$  trong dung dịch.

Từ phương trình tích số ion của nước rút ra:

$$f_{\text{OH}^-} [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{f_{\text{H}^+} [\text{H}^+]}. \quad (1.60)$$

Thay giá trị từ (1.60) và (1.59) ta có:

$$f_{\text{Fe}^{2+}} [\text{Fe}^{2+}] \frac{K_w^2}{f_{\text{H}^+}^2 [\text{H}^+]^2} = S_{\text{Fe}(\text{OH})_2} \quad (1.61)$$

Lấy logarit phương trình (1.61) ta nhận được:

$$2 \lg f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = 2 \lg K_w - \lg S_{\text{Fe}(\text{OH})_2} + \lg \text{Fe}^{2+} + \lg f_{\text{Fe}^{2+}} \quad (1.62)$$

Vì đang nghiên cứu trạng thái bão hòa của  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  nên ta gọi

$$-\lg f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = \text{pH}_s' \quad \text{là trị số pH bão hòa của nước bởi } \text{Fe}(\text{OH})_2.$$

Để ý rằng  $\lg f_{\text{Fe}^{2+}} = -2\sqrt{\mu}$ , ta nhận được:

$$\text{pH}_s' = \text{pK}_w - \frac{1}{2} \text{pS}_{\text{Fe}(\text{OH})_2} - \frac{1}{2} \lg \text{Fe}^{2+} + \sqrt{\mu} + 2,37. \quad (1.63)$$

Trong công thức (1.63) nồng độ ion  $\text{Fe}^{2+}$  tính bằng mg/l.

Giá trị  $\text{pK}_w$  cho trong bảng (1.2), trị số  $\text{pS}_{\text{Fe}(\text{OH})_2}$  ở nhiệt độ  $25^\circ\text{C}$  theo

Latimer bằng 14,75. Theo công thức (1.63) có thể xác định trị số pH của nước để giữ 1 lượng nhất định ion  $\text{Fe}^{2+}$  trong nước. Muốn giữ hàm lượng ion  $\text{Fe}^{2+}$  hòa tan trong nước càng ít,  $\text{pH}_s'$  đòi hỏi càng cao. Ví dụ: để trong nước hòa tan lượng sắt hóa trị II không lớn hơn 0,1 mg/l đòi hỏi phải nâng trị số pH của nước lên tới 9,2.

Tương tự như vậy có thể rút ra công thức để tính trị số bão hòa của nước bằng hydroxit sắt hóa trị III ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ):

$$\text{pH}_s' = \text{pK}_w - \frac{1}{3} \text{pS}_{\text{Fe}(\text{OH})_3} - \frac{1}{3} \lg \text{Fe}^{3+} + 1,5\sqrt{\mu} + 1,58, \quad (1.64)$$

$S_{\text{Fe}(\text{OH})_3}$  - tích số hòa tan của  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (khi nhiệt độ nước  $25^\circ\text{C}$  theo Latimer):

$$\text{pS}_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 37,2.$$

Theo công thức (1.64) có thể xác định được rằng: Để giữ trong nước 1 lượng ion  $\text{Fe}^{3+}$  bằng 0,1 mg/l, pH của nước phải giữ ở trị số không lớn hơn 3,5. Tăng lượng  $\text{Fe}^{3+}$  hòa tan đòi hỏi phải giảm pH của dung môi. Do vậy trong tất cả các nguồn nước thiên nhiên có trị số pH lớn hơn 4 + 5 sẽ không có ion sắt hóa trị III tồn tại ở dạng hòa tan. Nếu phát hiện bằng phân tích hóa học trong nước thiên nhiên có ion  $\text{Fe}^{3+}$  ở dạng hòa tan thì lượng sắt hóa trị III này chỉ tồn tại dạng keo hay cặn lơ lửng.



### b. Các hợp chất mangan

Trong các nguồn nước thiên nhiên mangan tồn tại dưới dạng hòa tan của các hợp chất hydrocacbonat hóa trị II  $Mn(HCO_3)_2$  nhưng với hàm lượng ít hơn và hiếm hơn sắt. Khi nước ngầm tiếp xúc với không khí trong nước xuất hiện cặn hydroxit sắt sớm hơn vì sắt dễ bị oxy hóa hơn mangan và phản ứng oxy hóa sắt bằng oxy hòa tan trong nước xảy ra ở trị số pH thấp hơn so với mangan. Để oxy hóa mangan trị số pH cần thiết  $> 9.5$ . Cặn mangan hóa trị cao là chất xúc tác rất tốt trong quá trình oxy hóa khử mangan cũng như khử sắt. Trong các nguồn nước mặt đặc biệt là nước có màu thì mangan tồn tại trong các hợp chất hữu cơ hay chất keo.

Cặn hydroxit mangan hóa trị IV  $Mn(OH)_4$  có màu hung đen.

Trong thực tế cặn và chất lắng đọng trong đường ống, trên các công trình là do hợp chất sắt và mangan tạo nên, vì vậy tùy thuộc vào tỷ số của chúng, cặn có thể có màu từ hung đỏ đến màu đen.

Cặn màu đen trong ống và trong công trình còn do sunfit sắt gây ra. Trong nước ăn uống theo quy phạm hàm lượng sắt  $\leq 0,3$  mg/l. Một số ngành công nghiệp có yêu cầu nghiêm ngặt đối với hàm lượng sắt như dệt, giấy, sản xuất phim ảnh,...

Nước bổ sung cho các hệ thống cấp nước tuần hoàn hàm lượng sắt không được vượt quá 0,5 mg/l, bởi vì trên dàn làm nguội, trong các bể chứa, sắt hóa trị II bị oxy hóa thành sắt hóa trị III, tạo thành bông cặn, gây lắng đọng trong ống và thiết bị.

Nước có chứa ion sắt, khi trị số pH  $< 7,5$  là điều kiện thuận lợi để vi khuẩn sắt phát triển trong các đường ống dẫn, tạo ra cặn lắng gồ ghề bám vào thành ống làm giảm khả năng vận chuyển và tăng sức cản thủy lực của ống.

## 15. Khí hòa tan

Độ hòa tan của khí trong nước phụ thuộc vào bản chất và áp suất riêng phần của khí và nhiệt độ của nước.

Độ hòa tan của khí trong nước được xác định bằng định luật Henry theo công thức:

$$C = KP \quad (1.65)$$

trong đó: C – độ hòa tan của khí (mg/l);

K – hệ số tỷ lệ, bằng độ hòa tan của khí ở nhiệt độ đã cho với áp suất riêng phần bằng 1at;

P – áp suất riêng phần của khí (at).

Các giá trị của độ hòa tan khí CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S cho trong bảng (1.8).

**Bảng 1.8. Độ hòa tan của khí trong nước khi áp suất riêng phần bằng 1at (tính bằng mg/l)**

Khí	Nhiệt độ của nước							
	0	10	20	30	40	60	80	100
CO <sub>2</sub>	3371	2360	1723	1324	1055	719	552	-
O <sub>2</sub>	69,8	54,3	44,3	37,2	32,9	27,8	25,1	24,2
H <sub>2</sub> S	7100	5160	3925	3090	2520	1810	1394	1230

Nồng độ của một chất khí bất kỳ hòa tan trong nước luôn luôn có khuynh hướng cân bằng với áp suất riêng phần của khí đó trên mặt nước. Nếu nồng độ của khí trong nước lớn hơn nồng độ tương ứng với áp suất riêng phần của nó trên mặt nước thì dần dần khí đó tự tách ra khỏi nước (quá trình khử khí) và ngược lại.

Quá trình hấp phụ và tách khí ra khỏi nước diễn ra với tốc độ rất chậm bởi vì nó phụ thuộc vào tốc độ khuếch tán của khí lên khỏi các lớp sâu của nước (khí tách khí) hoặc đi vào các lớp sâu của nước. Tốc độ hấp thụ và tách khí tăng lên nhanh khi khuấy trộn nước và tăng bề mặt tiếp xúc của nước với khí.

## 16. Oxy hòa tan

Nguồn bão hòa nước thiên nhiên bằng oxy là sự tiếp xúc của nước với không khí vì trong không khí luôn chứa 21% oxy theo thể tích.

Để tính độ hòa tan cân bằng của oxy trong nước khi tiếp xúc với không khí phải chú ý rằng: áp lực khí quyển trên mặt nước gồm áp lực không khí và áp lực hơi nước bão hòa ở nhiệt độ đó. Ta có công thức để tính độ hòa tan của oxy trong nước:

$$C_{O_2} = K(P_o - P_h)\alpha, \tag{1.66}$$

trong đó: C<sub>O<sub>2</sub></sub> – độ hòa tan của oxy trong nước ở nhiệt độ đã cho và ứng với áp suất khí quyển P<sub>o</sub> (at) trên mặt nước;

$P_b$  – áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ đã cho;

$\alpha$  – áp suất riêng phần của oxy trong không khí thường lấy bằng 0,21. Trong bảng (1.9) cho áp suất hơi nước bão hòa ở các nhiệt độ khác nhau.

**Bảng 1.9.** Áp suất hơi nước bão hòa (at)

Nhiệt độ (°C)	5	10	15	20	25	30	40	50	50	80	100
Áp suất hơi nước bão hòa (at)	0,006	0,012	0,0168	0,0231	0,0313	0,0419	0,0723	0,1217	0,1985	0,4675	1

Số liệu về độ hòa tan của oxy trong nước khi áp suất khí quyển (tổng áp suất không khí và hơi nước) bằng 1 at ghi trong bảng (1.10).

**Bảng 1.10.** Độ hòa tan của oxy khi nước tiếp xúc với không khí có áp suất toàn phần là 1at

Nhiệt độ (°C)	Độ hòa tan $C_{O_2}$ (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Độ hòa tan $C_{O_2}$ (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Độ hòa tan $C_{O_2}$ (mg/l)
0	14,2	25	8,1	60	4,8
5	12,4	30	7,5	70	3,9
10	10,9	35	7	80	2,9
15	9,8	40	6,6	90	1,7
20	8,8	50	5,6	100	0

Các lớp nước nằm phía trên trong các nguồn nước mặt thường chứa lượng oxy gần bằng nồng độ hòa tan của chúng. Trong các lớp nước nằm dưới sâu, đặc biệt trong hồ ao do thiếu tác động khuấy trộn, hàm lượng oxy thường thấp hơn nồng độ bão hòa.

Trong các hồ chứa oxy hòa tan bị tiêu thụ trong quá trình oxy hóa để phân hủy chất hữu cơ đồng thời tạo ra  $CO_2$ , ngược lại do hoạt động sống của vi sinh vật rong, rêu, tảo có trong nước và do quá trình quang hợp hấp thụ  $CO_2$  hòa tan trong nước quá trình này sản sinh ra oxy. Bởi vì quá trình quang hợp phụ thuộc vào cường độ được chiếu sáng của nước, do đó trong các nguồn nước mặt hàm lượng oxy hòa tan thường giảm theo chiều sâu, lượng oxy hòa tan cũng thay đổi theo ngày và đêm. Khi nghiên cứu các quá trình ăn mòn kim loại cần phải tính toán chính xác lượng oxy hòa tan trong nước.

## 17. Khí dihydrosulfua ( $H_2S$ ) và metan ( $CH_4$ )

Thường xuất hiện trong các nguồn nước mặt khi bị nhiễm bẩn bởi nước thải.  $H_2S$  hòa tan trong nước gây ra mùi khó chịu và làm cho nước có tính ăn mòn

mạnh khi tiếp xúc với ống dẫn và thiết bị bằng kim loại. Hợp chất  $H_2S$  trong nước thiên nhiên thường ở dạng khí  $H_2S$  hòa tan, và ion hydrosulfua  $HS^-$ , khi  $pH > 10$  trong nước có thể tồn tại cả ion sunfua ( $S^{2-}$ ).

Trong bảng (1.11) ghi tỷ lệ giữa các thành phần  $H_2S$ ,  $HS^-$ ,  $S^{2-}$  phụ thuộc vào  $pH$  của nước, và ở  $25^\circ C$  khi hằng số phân ly bậc 1 của  $H_2S$  -  $K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$ , hằng số phân ly bậc 2 -  $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-13}$ .

**Bảng 1.11.** Hàm lượng  $H_2S$ ,  $HS^-$ ,  $S^{2-}$  phụ thuộc vào  $pH$  của nước ở nhiệt độ  $t = 25^\circ C$  (tính theo % từ tổng hàm lượng muối của chúng)

Hợp chất	Giá trị $pH$ của nước								
	4	5	6	7	7,5	8	8,5	9	10
$H_2S$	99.9	98.9	91.8	52.9	26	10.1	3.4	1.1	0.1
$HS^-$	0.1	1.1	8.2	47.1	74	89.9	96.6	98.89	99.9
$S^{2-}$	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.1

Ghi chú: Nồng độ của tất cả các hợp chất dihydrosulfua tính quy ra  $H_2S$ .

Khi trong nước đồng thời tồn tại cả sắt và  $H_2S$ , chúng sẽ kết hợp với nhau, tạo thành cặn màu đen sunfua sắt. Đôi khi sunfua sắt tạo ra trong các đoạn ống cắt của mạng lưới do quá trình khử sunfat bằng vi khuẩn.

$H_2S$  là khí độc, vì thế trong các công trình khử  $H_2S$  bằng phương pháp bốc hơi phải được thông gió tốt.

Khí metan thường xuất hiện trong nước ao tù, đầm lầy do các quá trình thối rữa chất hữu cơ và thảo mộc. Trong bảng (1.12) ghi độ hòa tan của metan; 1 lít metan ở  $0^\circ C$  áp lực 760 mmHg nặng 0,716 g.

**Bảng 1.12.** Độ hòa tan của  $CH_4$  trong nước khi áp lực riêng phần là 1 at

Nhiệt độ của nước ( $^\circ C$ )	0	10	20	30	40	60	80	100
Độ hòa tan của $CH_4$ (mg/l)	39,8	29,9	23,6	19,7	16,9	14	12,7	12,2

Khí metan không làm giảm chất lượng nước ăn uống, tuy vậy nếu nồng độ khí metan cao trong các công trình kín như bể chứa, bể lắng..., có thể gây nổ nguy hiểm. Khí metan được khử bằng cách làm thoáng nước.

## 1.5. CÁC CHỈ TIÊU VI SINH

### 1. Vi khuẩn

Vi khuẩn thường ở dạng đơn bào. Tế bào có cấu tạo đơn giản so với các sinh vật khác. Vi khuẩn trong nước uống có thể gây nên các bệnh lý, viêm đường ruột và các bệnh tiêu chảy khác.

### 2. Virut

Virut không có hệ thống trao đổi chất (không có khả năng chuyển hóa thức ăn thành các thành phần cần thiết cho cơ thể mình) nên không sống độc lập được. Chúng thường chui vào tế bào của các loại cơ thể khác rồi lái sự tổng hợp các chất của tế bào chủ theo hướng cần thiết cho sự phát triển của virut. Virut trong nước có thể gây bệnh viêm gan và viêm đường ruột.

### 3. Nguyên sinh động vật

Nguyên sinh động vật là những cơ thể đơn bào chuyển động được trong nước. Chúng gồm các nhóm amoebas, flagellated protozoans, ciliates và sporozoans. Nguyên sinh động vật gây bệnh ở người là *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium* và *Naegleria fowler*. Trong số này đáng chú ý nhất *Giardia lamblia* chúng gây bệnh giardiase.

### 4. Tảo

Tảo đơn bào thuộc loại quang tự dưỡng. Chúng tổng hợp được các chất cần cho cơ thể từ chất vô cơ đơn giản ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) nhờ ánh sáng mặt trời. Tảo không trực tiếp gây bệnh cho người và động vật nhưng có thể sản sinh ra các độc tố.

#### *Đánh giá tính chất sinh học của nước*

Mặc dầu có nhiều loại vi sinh tồn tại trong nước có thể gây bệnh nhưng khi đánh giá chất lượng nước, người ta không phân tích chi tiết mà chỉ chú ý đến những dạng chỉ thị. Đó là các dạng coli tổng số và coli phân. Coli phân thường sống trong đường ruột người và động vật và thích nghi với nhiệt độ cao hơn vi khuẩn khác. Nước có coli phân chứng tỏ đã bị ô nhiễm bởi phân. Để định lượng các dạng này pha loãng nước cần thử với nước cất rồi lấy 1 ml cho lên đĩa thủy tinh chứa thạch (agar) lẫn với chất dinh dưỡng cần cho vi sinh. Sau khi để một thời gian ở nhiệt độ thích hợp trên đĩa thạch xuất hiện các khuẩn lạc, đó là những vết vi sinh được hình thành do sự sinh sôi của một tế bào trong quá trình ủ. Số khuẩn lạc trên đĩa thủy tinh nói lên số tế bào dạng coli có trong nước.

## 1.6. YÊU CẦU ĐỐI VỚI CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Theo yêu cầu đối với chất lượng nước của các đối tượng sử dụng nước khác nhau có thể phân loại nước theo mục đích sử dụng như sau:

1. Nước ăn uống và nước cấp cho công nghiệp thực phẩm, lên men...
2. Nước làm lạnh (làm lạnh các thiết bị, máy móc, làm lạnh các sản phẩm rắn, lỏng, khí...)
3. Nước cung cấp cho các nồi hơi cao áp và thấp áp.
4. Nước cấp cho các nhu cầu sản xuất công nghệ ví dụ: giấy, dệt, thuộc da...
5. Nước dùng để tưới đường, tưới cây.

Chất lượng nước ăn uống phải đáp ứng yêu cầu do tiêu chuẩn Nhà nước quy định.

Ngoài nồng độ cho phép của các chất độc ghi trong bảng tiêu chuẩn, nếu phát hiện thấy nguồn nước bị nhiễm bẩn bởi nước thải sản xuất thì phải báo với cơ quan vệ sinh dịch tễ để cùng xác định toàn bộ hàm lượng các chất độc có thể có trong nước, rồi có biện pháp ngăn ngừa tránh cho nguồn nước cấp không bị nhiễm bẩn tiếp tục. Nếu biện pháp đó không thực hiện được thì phải xử lý để đạt được nồng độ quy định rồi mới cấp cho người dùng.

- Khi dùng ion bạc để bảo quản và đóng hộp nước, hàm lượng ion bạc  $Ag^+$  không được vượt quá 0,05 mg/l.
- Giá trị hướng dẫn thể hiện nồng độ của một chất trong nước mà khi sử dụng lâu dài, người tiêu thụ không bị bất kỳ một ảnh hưởng nào đáng kể.
- Khi phát hiện trong nước tồn tại đồng thời một vài hóa chất (trừ flo, nitrat, và các chất phóng xạ) thì tổng hàm lượng tương đối của chúng so với tiêu chuẩn cho phép không được vượt quá đơn vị.

$$\frac{a_1}{C_1} + \frac{a_2}{C_2} + \dots + \frac{a_i}{C_i} + \dots + \frac{a_n}{C_n} \leq 1,$$

trong đó:  $a_1, a_2, \dots, a_n$  - nồng độ đo được bằng kiểm nghiệm trực tiếp (mg/l):

$C_1, C_2, \dots, C_n$  - nồng độ cho phép theo tiêu chuẩn quy phạm (mg/l):

Đối với nước công nghiệp phụ thuộc vào các quá trình công nghệ sản xuất có tiêu chuẩn riêng. Các tiêu chuẩn này thường thay đổi tùy theo phương pháp sản xuất, trình độ trang thiết bị, nhiên liệu và nguyên liệu. Vì vậy, đối với mỗi nhà máy và mỗi công đoạn sản xuất cụ thể người kỹ sư cấp nước cần lựa chọn biện pháp xử lý nước để thỏa mãn yêu cầu và chất lượng do các kỹ sư công nghệ của các quá trình sản xuất đề ra.

Chất lượng nước tưới tùy thuộc vào điều kiện vệ sinh, khí hậu, sinh hoạt của các địa phương do các cơ quan vệ sinh dịch tễ địa phương quyết định.

### 1.7. TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT DÙNG LÀM NGUỒN CẤP NƯỚC

Khi khảo sát chọn nguồn để cung cấp nước phải căn cứ vào tiêu chuẩn chất lượng của nước nguồn. Ở nước ta hiện chưa ban hành tiêu chuẩn này, có thể tham khảo tiêu chuẩn của Mỹ (bảng 1.12b).

Bảng 1.12b

STT	Chỉ tiêu	Tiêu chuẩn cho phép
1.	Tính chất lý học	
	- Độ màu (độ PtCo)	75
	- Mùi	-
	- Nhiệt độ	-
2.	Tính chất vi sinh	
	- Coliform	10000/100 ml
	- Faecal Coliform	200/100 ml
3.	Tính chất hóa học	
	- Độ kiềm	-
	- Amoniac	0,5 mg/l (tính theo N)
	- Asen	0,05 mg/l
	- Bari	1,0 mg/l
	- Cadimi	0,01 mg/l
	- Clorua	250 mg/l
	- Crom Cr <sup>6+</sup>	0,05 mg/l
	- Đồng	1,0 mg/l
	- Oxy hòa tan	≥ 4 mgO <sub>2</sub> /l
	- Flo	-
	- Độ cứng	-
	- Chi	0,05 mg/l
	- Mangan qua lọc	0,05 mg/l
	- Nitrat + Nitrit	10 mg/l (tính theo N)
	- pH	6,0 - 8,5
	- Photpho	-
	- Selen	0,01 mg/l
	- Bạc	0,05 mg/l
	- Sunfat	400 mg/l
	- Tổng chất rắn hòa tan	500 mg/l
	- Kẽm	5 mg/l
	- Chất tạo bọt	0,5 mg/l
	- Dầu mỡ	không
	- Thuốc trừ sâu	
	- Eldrin	0,0002 mg/l
	- Lindan	0,04 mg/l
- Metoxyclo	0,1 mg/l	
- Toxaphen	0,005 mg/l	
- Thuốc diệt cỏ		
- 2,4-D	0,1	
- Chất phóng xạ	15 pc/l	
- Tổng hoạt độ α	50pc/l	
- Tổng hoạt độ β		

## 1.8. TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG NƯỚC CẤP CHO ĂN UỐNG VÀ SINH HOẠT

Nước cấp cho sinh hoạt và ăn uống phải *không màu, không mùi vị, không chứa các chất độc hại, các vi trùng và tác nhân gây bệnh*. Hàm lượng các chất hòa tan không được vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Theo tiêu chuẩn chất lượng nước cấp cho sinh hoạt phải có các chỉ tiêu chất lượng về lý hóa như trong bảng (1.13) và về vi khuẩn và sinh vật như trong bảng (1.13b).

**Bảng 1.13.** Tiêu chuẩn vệ sinh đối với chất lượng nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt  
(Tiêu chuẩn tạm thời ban hành kèm theo QĐ số 505 BYT/QĐ ngày 13.4.1992)

STT	Yếu tố (đơn vị)	Đơn vị	Đối với đô thị	Đối với trạm lẻ và nông thôn
1	Độ trong Sneller	cm	>30	>25
2	Độ màu, thang màu cobalt	độ	<10	< 10
3	Mùi vị (đậy kín sau khi đun 50-60°C)	điểm	0	0
4	Hàm lượng cặn không tan	mg/l	5	20
5	Hàm lượng cặn sảy khô	mg/l	500	1000
6	Độ pH	mg/l	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
7	Độ cứng (tính theo CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500	500
8	Muối mặn (Cl <sup>-</sup> )			
	- Vùng ven biển	mg/l	400	500
	- Vùng nội địa	mg/l	250	250
9	Độ oxy hóa (chất hữu cơ)	mg/l	0,5-2,0	2,0-4,0
10	Amoni			
	- Nước bề mặt	mg/l	0	0
	- Nước ngầm	mg/l	3,0	3,0
11	Nitrit	mg/l	0	0
12	Nitrat (N)	mg/l	10,0	10,0
13	Nhôm	mg/l	0,2	0,2
14	Đồng	mg/l	1,0	1,0
15	Sắt	mg/l	0,3	0,5
16	Mangan	mg/l	0,1	0,1
17	Natri	mg/l	200	200
18	Sunfat	mg/l	400	400
19	Kẽm	mg/l	5,0	5,0
20	Hydrosunfua		0	
21	Clorobenzen và Clorophenol	mg	0	0
22	Detergents (chất tẩy rửa)	mg/l	0	0



STT	Yếu tố (đơn vị)	Đơn vị	Đối với đô thị	Đối với trạm lè và nông thôn
23	Asen As	mg/l	0,05	0,05
24	Cadimi Cd	mg/l	0,005	0,005
25	Crom Cr	mg/l	0,05	0,05
26	Xyanua CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1	0,1
27	Florua F <sup>-</sup>	mg/l	1,5	1,5
28	Chi Pb	mg/l	0,05	0,05
29	Thủy ngân Hg	mg/l	0,001	0,001
30	Selen Se	mg/l	0,001	0,001
31	Aldrin và dieldrin	µg/l*	0,03	0,03
32	Benzen	µg/l	10	10
33	Benzo (a) pyren	µg/l	0,01	0,01
34	Cacbonetraclorua	µg/l	3,0	3,0
35	Clođan	µg/l	0,3	0,3
36	Clorofom	µg/l	30	30
37	2,4D	µg/l	100	100
38	DDT	µg/l	1,0	1,0
39	1,2 – Dicloroetan	µg/l	10	10
40	1,1 – Dicloroetan	µg/l	0,3	0,3
41	Heptaclo và heptacloepoxit	µg/l	0,1	0,1
42	Lindan (γ - hexaclociclohexan, 666; C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> )	µg/l	3,0	3,0
43	Hexaclorobenzen	µg/l	0,01	0,01
44	Metoxyclo	µg/l	30	30
45	Pentaclophenol	µg/l	10	10
46	Tetracloeten	µg/l	10	10
47	Tricloroeten	µg/l	30	30
48	2,4,6 – Triclorophenol	µg/l	10	10
49	Trihalomethenes	µg/l	30	30
50	Tổng hoạt độ alpha (α) (Total Activitive α degree)	Bq/l**	0,1	0,1
	Tổng hoạt độ alpha (β) (Total Activitive β degree)	Bq/l	1,0	1,0

Ghi chú: \* µg : Microgam

\*\* Bq/l : Đơn vị đo phóng xạ, nó tương đương với sự phân rã trong 1 giây

**Bảng 1.13b. Tiêu chuẩn vệ sinh ăn uống và sinh hoạt về mặt vi khuẩn và sinh vật**

STT	Chỉ số	Đơn vị	Tiêu chuẩn	Ghi chú
I	Tiêu chuẩn vi khuẩn			
	A. Cung cấp nước bằng đường ống			
	A.1. Nước đã được làm sạch tại hệ thống phân phối.			Độ đục 1NTU
	- Faecal Coliforms(Coli phân)	SL/100ml	0	Tiết khuẩn bằng clo, pH: 8,0
	- Coliform organisms(dạng Coli)	SL/100ml	0	Tiếp xúc sau 30' clo thừa 0,2-0,5mg/l
	A.2. Nước chưa được làm sạch tại hệ thống phân phối.			
	- Faecal Coliforms(Coli phân)	SL/100ml	0	Đảm bảo 98% số mẫu trong năm đạt tiêu chuẩn
	- Coliform organisms(dạng Coli)	SL/100ml	≤ 3	Đôi khi có nhưng không thường xuyên
	A.3 nước trong đường ống phân phối			
	- Faecal Coliforms(Coli phân)	SL/100ml	0	Đảm bảo 98% số mẫu trong năm đạt tiêu chuẩn
	- Coliform organisms(dạng Coli)	SL/100ml	≤ 3	Đôi khi có nhưng không thường xuyên
	B. Cung cấp nước không bằng đường ống			
- Faecal Coliforms(Coli phân)	SL/100ml	0	Không thường xuyên	
- Coliform organisms(dạng Coli)	SL/100ml	10	Nếu thường xuyên thì cần kiểm tra VS, bảo vệ nguồn nước	
C. Nước đóng chai				
- Faecal Coliforms(Coli phân)	SL/100ml	0		
- Coliform organisms(dạng Coli)	SL/100ml	0		
D. Dạng nước khẩn cấp				
- Faecal Coliforms(Coli phân)	SL/100ml	0	Trong trường hợp khẩn cấp cần được đun sôi	
- Coliform organisms(dạng Coli)	SL/100ml	0		
II	Tiêu chuẩn sinh vật			
- Protozoa (nguyên sinh vật gây bệnh)			0	
- Helminths (ký sinh vật gây bệnh)			0	
- Sinh vật sống tự do (rêu, tảo, loại khác)			0	

## 1.9. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

**Ví dụ 1.** Xác định nồng độ hòa tan của oxy ( $O_2$ ) và cacbonic ( $CO_2$ ) trong nước khi tiếp xúc trực tiếp với không khí ở nhiệt độ  $20^\circ C$ , áp suất khí quyển  $P = 1 \text{at}$ , độ ẩm tương đối 80%

*Giải:*

Từ bảng (1.9), áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ  $t = 20^\circ C$  và độ ẩm 100%:

$$P_h = 0,0231. \text{ Khi độ ẩm bằng } 80\%.$$

$$P_h = 0,0231 \times 0,8 = 0,01848 \text{ at.}$$

a) Tính hàm lượng oxy hòa tan: áp dụng công thức (1.66)

$$C_{O_2} = K (P_o - P_h) \alpha \text{ mg/l.}$$

$K$ : Hệ số tỷ lệ lấy theo bảng (1.8) đối với oxy ở  $20^\circ C$  ta có  $K = 44,3$ .

$\alpha$ : áp suất riêng phần của oxy trong không khí.

$\alpha = 0,21$ . Thay số vào (1.66) ta có:

$$C_{O_2} = 44,3 \times (1 - 0,01848) \times 0,21 = 8,85 \text{ mg/l.}$$

b) Tính hàm lượng  $CO_2$  hòa tan ở  $20^\circ C$  theo bảng (1.8)  $K = 1723$ .

$\alpha$ : Lượng  $CO_2$  có trong không khí theo áp suất riêng phần  $\alpha = 0,03\%$

$$C_{CO_2} = 1723 \times (1 - 0,01848) \times 3 \cdot 10^{-4} = 0,47 \text{ mg/l.}$$

Kết quả nhận được cho ta thấy rằng: nồng độ  $CO_2$  trong nước thiên nhiên lớn hơn rất nhiều so với nồng độ hòa tan cân bằng của nó khi tiếp xúc với không khí.

**Ví dụ 2.** Xác định gần đúng nồng độ cacbonat natri  $Na_2CO_3$  hòa tan trong nước ở nhiệt độ  $25^\circ C$  và có trị số  $pH = 10,7$  giả thiết hệ số hoạt hóa của các ion bằng đơn vị (nồng độ thực của ion trong nước bằng nồng độ hoạt tính của chúng).

*Giải:*

Theo biểu đồ hình (1.1) ta tìm được tỷ số của ion  $CO_3^{2-}/HCO_3^-$  ở  $25^\circ C$  và  $pH = 10,7$  bằng 2,1/1, và trong dung dịch không tồn tại dạng khác của hợp chất cacbonic

Cacbonat natri phân ly trong nước theo phương trình sau:



Như vậy cứ mỗi ion hydrocacbonat tạo ra kèm theo sự xuất hiện một ion hydroxyl  $OH^-$ . Ta có:

$$[HCO_3^-] = [OH^-]$$

Nhưng: 
$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

Từ bảng (1.2) ta có  $K_w = 10^{-14}$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-10,7}} = 10^{-(14-10,7)} = 10^{-3,3}$$

Do đó  $[\text{HCO}_3^-] = 10^{-3,3}$  gion/l

và  $[\text{CO}_3^{2-}] = 2 \times 10^{-3,3} = 2 \times 10^{-3,3}$  iong/l

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = 10^{-3,3} + 2 \cdot 10^{-3,3} = 3 \cdot 10^{-3,3} \text{ iong/l}$$

Như vậy, nồng độ cacbonat natri hòa tan trong nước ở  $t = 25^\circ\text{C}$  và  $\text{pH} = 10,7$  sẽ là  $[\text{Na}_2\text{CO}_3] = 3 \cdot 10^{-3,3}$  phân tử gam/lít

hay  $C = 3 \cdot 10^{-3,3} \times 106 = 112 \text{ mg/l Na}_2\text{CO}_3$ .

**Ví dụ 3.** Tính độ hòa tan của cacbonat canxi ở nhiệt độ  $50^\circ\text{C}$  trong dung dịch nước có chứa 50 mg/l cacbonat natri và 100 mg/l xút (hydroxit natri).

a) Tính độ hòa tan  $\text{CaCO}_3$  khi hệ số hoạt hóa của các ion bằng đơn vị.

b) Tính độ hòa tan của  $\text{CaCO}_3$  khi hệ số hoạt hóa xác định theo (1.5)

**Giải:**

a) Trước tiên ta tính nồng độ ion cacbonat trong dung dịch sau đó dựa vào tích số hòa tan để tính độ hòa tan của  $\text{CaCO}_3$ :

Ta thừa nhận rằng trong dung dịch toàn bộ canxi và natri hòa tan dưới dạng ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Na}^+$  còn cacbonat ở dưới dạng  $\text{CO}_3^{2-}$  và  $\text{HCO}_3^-$  nồng độ khí  $\text{CO}_2$  hòa tan rất bé có thể bỏ qua.

Theo phương trình (1.19) khi hệ số hoạt hóa  $f_i = 1$  ta có:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = K_2 = 10^{10,172} \quad (\text{a})$$

$K_2$  lấy theo bảng (1.3).

Số lượng cacbonat hòa tan (nồng độ ion tính theo iong/l)

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = \frac{50}{106 \cdot 10^3} = 0,472 \cdot 10^{-3}$$

Viết phương trình cân bằng cation và anion trong dung dịch:

$$\text{Ta có: } 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] + [\text{Na}^+] \quad (\text{b})$$

Trong phương trình cân bằng viết  $2[\text{CO}_3^{2-}]$  vì nồng độ trong dung dịch tính theo đương lượng gam bằng hai lần nồng độ tính theo ion gam, ở đây  $[\text{CO}_3^{2-}]$  tính theo ion gam/l còn phương trình cân bằng theo đương lượng gam.

Bỏ qua nồng độ ion  $[\text{H}^+]$  vì quá bé, ta thu được:

$$[\text{Na}^+] = \frac{50}{53 \cdot 10^{-3}} + \frac{100}{40 \cdot 10^3} = 3,445 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Như vậy ta có: } 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] = 3,445 \cdot 10^{-3} \quad (\text{c})$$

Tính số ion của nước theo bảng (1.2) bằng  $K_w = 10^{-13,262}$

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14,202} \quad (d)$$

Giải phối hợp các phương trình từ (a) đến (d) ta nhận được:

$$2[CO_3^{2-}] = 0,317 \cdot 10^{-3}$$

$$[HCO_3^-] = 0,155 \cdot 10^{-3}$$

Từ bảng (1.5) ta có  $pS_{CaCO_3} = 8,525$ , từ (1.32) ta có

$$[Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] = 10^{-8,025}$$

Thay giá trị bằng số của  $2[CO_3^{2-}] = 0,317 \cdot 10^{-3}$  vào phương trình trên ta thu được  $[Ca^{2+}] = 7,5 \cdot 10^{-6}$  iong/l và độ hòa tan của  $[CaCO_3] = 7,5 \cdot 10^{-6}$  phân tử gam/l =  $7,5 \times 10^{-6} \times 100 = 7,5 \cdot 10^{-4}$  g/l;  $C_{CaCO_3} = 0,75$  mg/l.

- b) Tính độ hòa tan của  $CaCO_3$  theo hệ số hoạt hóa của ion. Trước hết cần tính lực ion của dung dịch. Lực ion phụ thuộc vào nồng độ và dạng tồn tại của mỗi ion trong dung dịch, vì vậy chỉ có thể xác định độ hòa tan của  $CaCO_3$  theo cách tính gần đúng dần. Đầu tiên tính theo mục a rồi sử dụng nồng độ ion  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $OH^-$  thu được để tính lực ion, sau khi có nồng độ mới của  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $OH^-$  ta lại cùng nó tính tiếp lực ion trong dung dịch để xác định hòa tan của  $CaCO_3$ . Các phép tính được thực hiện cho đến khi sai số không vượt quá 5% (thường qua 3 lần tính là đạt được kết quả mong muốn).

Trị số lực ion của dung dịch theo (1.2) (bỏ qua nồng độ  $Ca^{2+}$  và  $H^+$ ):

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{50}{53 \cdot 10^{-3}} 1^2 + \frac{50}{106 \cdot 10^3} 2^2 + \frac{100}{40 \cdot 10^3} 1^2 + \frac{100}{40 \cdot 10^3} 1^2 \right) = 3,92 \cdot 10^{-3}$$

Từ (1.5) ta có:

$$-\lg f_1 = -0,5 \sqrt{\mu} \rightarrow f_1 = 10^{-0,5(3,92 \cdot 10^{-3})^{1/2}} = 10^{-0,031}$$

$$-\lg f_2 = -2^2 \sqrt{\mu} \rightarrow f_2 = 10^{-4(3,92 \cdot 10^{-3})^{1/2}} = 10^{-0,124}$$

Áp dụng phương trình (1.19) ta có:

$$\frac{f_{H^+} [H^+] f_{CO_3^{2-}} [CO_3^{2-}]}{f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]} = 10^{-10,172}$$

$$\text{Hay: } \frac{[H^+] [CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = \frac{f_1}{f_1 f_2} \cdot 10^{-10,172} = \frac{1}{10^{-0,124}} \cdot 10^{-10,172} = 10^{-10,048}$$

Tổng nồng độ ion cacbonat hòa tan:

$$[HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] = \frac{50}{106 \cdot 10^3} = 0,472 \cdot 10^{-3}$$

Phương trình cân bằng ion trong dung dịch

$$2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] = [H^+] + [Na^+]$$

Bỏ qua nồng độ ion  $[H^+]$  ta có:

$$2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] = [Na^+] = 3,445 \cdot 10^{-3} \quad (h)$$

$$\text{Tích số ion của nước } [\text{OH}^-] [\text{H}^+] = \frac{K_w}{f_1^2} = 10^{-13,20} \quad (i)$$

Phối hợp giải các phương trình từ (e) đến (i) ta thu được

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 0,330 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 0,142 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,643 \cdot 10^{-3}$$

Tính toán lại lực ion  $\mu$  với nồng độ các ion thành phần vừa thu được ta có:

$$-\lg f_1 = 0,026 \text{ và } -\lg f_2 = 0,104.$$

Tiến hành các phép tính tương tự như trên ta thu được kết quả tính lần thứ 3:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 0,329 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 0,144 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,645 \cdot 10^{-3}$$

Từ đó độ hòa tan của  $\text{CaCO}_3$  được tính như sau:

$$f_2 [\text{Ca}^{2+}] f_2 [\text{CO}_3^{2-}] = 10^{-8,625}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{10^{-8,625}}{f_2^2} = \frac{10^{-8,625}}{10^{-0,208}} = 10^{-8,417}$$

Thay trị số nồng độ  $[\text{CO}_3^{2-}]$  tìm được vào phương trình trên ta có:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 10^{-8,417} / 0,329 \cdot 10^{-3} = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ ion/l.}$$

Độ hòa tan của  $[\text{CaCO}_3] = 1,16 \cdot 10^{-5}$  phân tử gam/l.

$$C_{\text{CaCO}_3} = 1,16 \times 10^{-5} \times 100 = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ g/l} = 1,16 \text{ mg/l.}$$

Trị số độ hòa tan vừa nhận được lớn hơn rõ rệt so với trị số của độ hòa tan khi không tính đến hệ số hoạt hóa của các ion trong dung dịch. Tuy vậy giá trị gần đúng của độ hòa tan  $C_{\text{CaCO}_3} = 0,75 \text{ mg/l}$  đôi khi thỏa mãn hoàn toàn đối với yêu cầu thực tế khi muốn hòa tan  $\text{CaCO}_3$ , còn khi đánh giá hiệu quả quá trình khử  $\text{CaCO}_3$  thì phải tính với hệ số hoạt hóa của ion.

# 2

## CÁC QUÁ TRÌNH VÀ SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN

---

### 2.1. MỤC ĐÍCH CỦA CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

Mục đích của các quá trình xử lý nước là:

1. Cung cấp số lượng nước đầy đủ và an toàn về mặt hóa học, vi trùng học để thỏa mãn các nhu cầu về ăn uống sinh hoạt, dịch vụ, sản xuất công nghiệp và phục vụ sinh hoạt công cộng của các đối tượng dùng nước.
2. Cung cấp nước có chất lượng tốt, ngon, không chứa các chất gây ô nhiễm, gây ra màu, mùi, vị của nước.
3. Cung cấp nước có đủ thành phần khoáng chất cần thiết cho việc bảo vệ sức khỏe của người tiêu dùng.
4. Để thỏa mãn các yêu cầu nêu trong các điểm 1, 2, 3 thì nước sau xử lý phải có các chỉ tiêu chất lượng thỏa mãn "Tiêu chuẩn vệ sinh đối với chất lượng nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt" nêu ở bảng (1.13).

### 2.2. CHẤT LƯỢNG NƯỚC THÔ THÍCH HỢP VỚI CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

Phần lớn các nguồn nước thiên nhiên dùng làm nguồn cấp nước ở Việt Nam có chỉ tiêu chất lượng không thỏa mãn tiêu chuẩn vệ sinh nêu trong bảng (1.13). Do đó phải xử lý nước thô trước khi cấp cho các đối tượng tiêu thụ. Nhà nước đã ban hành tiêu chuẩn nước mặt dùng làm nguồn nước TCVN 5942-1995.

Tiêu chuẩn đã chia nguồn nước mặt và nước ngầm dùng làm nguồn cấp nước thành ba loại theo các chỉ tiêu chất lượng của nước thô như sau:

1. *Nước thô có các chỉ tiêu chất lượng loại A:* được áp dụng các quy trình xử lý đơn giản; lọc trực tiếp, sát trùng rồi cấp cho người tiêu thụ.
2. *Nước thô có các chỉ tiêu chất lượng loại B:* được áp dụng các quy trình xử lý truyền thống: pha phèn, khuấy trộn, keo tụ, lắng, lọc, sát trùng rồi cấp cho người tiêu thụ.

3. *Nước thô có các chỉ tiêu chất lượng loại C*: phải áp dụng các quy trình xử lý đặc biệt, như khử  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  khử  $\text{H}_2\text{S}$ , khử mangan, làm mềm, khử màu, khử mùi ...

Nước thô có các chỉ tiêu hóa học, sinh học vượt các giá trị ghi trong tiêu chuẩn loại C không được dùng làm nguồn cấp nước vì có chứa những chất không có khả năng xử lý hoặc nếu xử lý thì quá đắt.

## 2.3. CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

### 2.3.1. Hồ chứa và lắng sơ bộ

Chức năng của hồ chứa và lắng sơ bộ nước thô (nước mặt) là: tạo điều kiện thuận lợi cho các quá trình tự làm sạch như: lắng bớt cặn lơ lửng, giảm lượng vi trùng do tác động của các điều kiện môi trường, thực hiện các phản ứng oxy hóa do tác dụng của oxy hòa tan trong nước, và làm nhiệm vụ điều hòa lưu lượng giữa dòng chảy từ nguồn vào và lưu lượng tiêu thụ do trạm bơm nước thô bơm cấp cho nhà máy xử lý nước.

### 2.3.2. Song chắn và lưới chắn

Song chắn và lưới chắn đặt ở cửa dẫn nước vào công trình thu làm nhiệm vụ loại trừ vật nổi, vật trôi lơ lửng trong dòng nước để bảo vệ các thiết bị và nâng cao hiệu quả làm sạch của các công trình xử lý. Vật nổi và vật lơ lửng trong nước có thể có kích thước như các que tăm nổi, hoặc nhánh cây con khi đi qua máy bơm, vào các công trình xử lý có thể bị tán nhỏ hoặc thổi rửa làm tăng hàm lượng cặn và độ màu của nước. Tính toán, cấu tạo và thiết kế các loại song chắn, lưới chắn rác xem các tài liệu viết về công trình thu nước.

### 2.3.3. Bể lắng cát

Ở các nguồn nước mặt có độ đục lớn hơn hoặc bằng 250 mg/l sau lưới chắn, các hạt cặn lơ lửng vô cơ, có kích thước nhỏ, tỷ trọng lớn hơn nước, cứng, có khả năng lắng nhanh được giữ lại ở bể lắng cát.

Nhiệm vụ của bể lắng cát là tạo điều kiện tốt để lắng các hạt cát có kích thước lớn hơn hoặc bằng 0,2 mm và tỷ trọng lớn hơn hoặc bằng 2,6, để loại trừ hiện tượng bào mòn các cơ cấu chuyển động cơ khí và giảm lượng cặn nặng tụ lại trong bể tạo bông và bể lắng. Tính toán thiết kế và cấu tạo bể lắng cát xem tài liệu công trình thu, trạm bơm nước thô.



### 2.3.4. Xử lý nước tại nguồn bằng hóa chất

Xử lý nước tại nguồn bằng hóa chất (thường là nước trong hồ chứa, trong kênh dẫn nội đồng và ở khu vực quanh công trình thu nước sông có vận tốc dòng chảy rất nhỏ trong một thời gian dài của năm) để hạn chế sự phát triển của rong, rêu, tảo và vi sinh vật nước, để loại trừ màu, mùi, vị do xác vi sinh vật chết gây ra. Hóa chất thường dùng là sunfat đồng  $\text{CuSO}_4$ , liều lượng thường dùng mỗi đợt xử lý có thể từ 0,12 đến 0,3 mg/l. Liều lượng và quãng thời gian giữa hai lần xử lý phụ thuộc vào thành phần của nước thô như nồng độ, loại vi sinh và rêu tảo, nhiệt độ, độ kiềm và hàm lượng  $\text{CO}_2$  trong nước. Chi tiết của quá trình xử lý xem phần xử lý đặc biệt của quyển sách này.

### 2.3.5. Làm thoáng

Nhiệm vụ của công trình làm thoáng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước là:

- 1) Hòa tan oxy từ không khí vào nước để oxy hóa sắt hóa trị II, mangan hóa trị II thành sắt hóa trị III, mangan hóa trị IV tạo thành các hợp chất hydroxit sắt hóa trị III  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  và hydroxit mangan hóa trị IV  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ , kết tủa dễ lắng đọng để khử ra khỏi nước bằng lắng và lọc.
- 2) Khử khí  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  có trong nước, làm tăng pH của nước, tạo điều kiện thuận lợi và đẩy nhanh quá trình oxy hóa và thủy phân sắt và mangan, nâng cao năng suất của các công trình lắng và lọc trong quy trình khử sắt và mangan.
- 3) Quá trình làm thoáng tăng hàm lượng oxy hòa tan trong nước, nâng cao thế oxy hóa khử của nước để thực hiện dễ dàng các quá trình oxy hóa các chất hữu cơ trong quá trình khử mùi và màu của nước.

Có hai phương pháp làm thoáng:

- 1- *Đưa nước vào trong không khí*: cho nước phun thành tia hay thành màng mỏng chảy trong không khí ở các dàn làm thoáng tự nhiên, hay cho nước phun thành tia và màng mỏng trong các thùng kín rồi thổi không khí vào thùng như ở các dàn làm thoáng cưỡng bức.
- 2- *Đưa không khí vào nước*: dẫn và phân phối không khí nén thành các bọt nhỏ theo dàn phân phối đặt ở đáy bể chứa nước, các bọt khí nổi lên, nước được làm thoáng (thường áp dụng trong xử lý nước thải).

Trong kỹ thuật xử lý nước cấp, áp dụng các dàn làm thoáng theo phương pháp 1 và các thiết bị làm thoáng hỗn hợp giữa hai phương pháp trên: *làm thoáng bằng máng tràn nhiều bậc và phun trên mặt nước*. Đầu tiên tia nước tiếp xúc với không khí, sau khi chạm mặt nước, tia nước kéo theo các bọt khí đi sâu vào khối nước trong bể tạo thành các bọt nhỏ nổi lên.

Hiệu quả của quá trình làm thoáng phụ thuộc vào:

- 1- Chênh lệch nồng độ (hay còn biểu thị bằng chênh lệch áp suất riêng phần) của khí cần trao đổi trong hai pha khí và nước, độ chênh nồng độ biểu thị thực tế bằng cường độ tưới nếu dùng dàn làm thoáng tự nhiên, hoặc bằng tỷ lệ *gió/nước* nếu dùng dàn làm thoáng cưỡng bức.
- 2- Diện tích tiếp xúc giữa hai pha khí và nước, diện tích tiếp xúc càng lớn quá trình trao đổi khí diễn ra càng nhanh.
- 3- Thời gian tiếp xúc giữa hai pha khí nước trong công trình, thời gian tiếp xúc càng lớn, mức độ trao đổi càng triệt để.
- 4- Nhiệt độ của môi trường, nhiệt độ tăng lợi cho quá trình khử khí ra khỏi nước và bất lợi cho quá trình hấp thụ và hòa tan khí vào nước và ngược lại.
- 5- Bản chất của khí được trao đổi.

### 2.3.6. Clo hóa trước hay còn gọi là clo hóa sơ bộ

Clo hóa sơ bộ là quá trình cho clo vào nước trước bể lắng và bể lọc, mục đích của clo hóa sơ bộ là:

1. Kéo dài thời gian tiếp xúc để diệt trùng khi nguồn nước bị nhiễm bẩn nặng.
2. Oxy hóa sắt hòa tan ở dạng hợp chất hữu cơ, oxy hóa mangan hòa tan để tạo thành các kết tủa tương ứng.
3. Oxy hóa các chất hữu cơ để khử màu.
4. Trung hòa amoniac thành cloramin có tính chất diệt trùng kéo dài.

Clo hóa sơ bộ còn có tác dụng ngăn chặn sự phát triển của rong, rêu trong bể phản ứng tạo bông cặn và bể lắng, phá hủy tế bào của các vi sinh sản ra chất nhầy nhớt trên mặt bể lọc, làm tăng thời gian của chu kỳ lọc. Tuy vậy clo hóa sơ bộ có các nhược điểm sau:

- Tiêu tốn lượng clo thường gấp 3 đến 5 lần lượng clo dùng để khử trùng nước sau bể lọc, làm tăng giá thành nước xử lý

- Gần đây các nhà dịch tễ học phát hiện ra phản ứng của clo với các chất hữu cơ hòa tan trong nước tạo ra hợp chất trihalomethene là chất gây ra bệnh ung thư cho người sử dụng nước, vì vậy không nên áp dụng quy trình clo hóa sơ bộ cho các nguồn nước mặt chứa nhiều chất hữu cơ.

### 2.3.7. Quá trình khuấy trộn hóa chất

Mục đích cơ bản của quá trình khuấy trộn hóa chất là tạo ra điều kiện phân tán nhanh và đều hóa chất vào toàn bộ khối lượng nước cần xử lý. Quá trình trộn phèn đòi hỏi phải trộn nhanh và đều phèn vào nước xử lý vì phản ứng thủy phân tạo nhân keo tụ diễn ra rất nhanh thường nhỏ hơn một phần mười giây, nếu không trộn đều và trộn kéo dài sẽ không tạo ra được các nhân keo tụ đủ, chắc và đều trong thể tích nước, hiệu quả lắng sẽ kém và tốn phèn, các loại hóa chất khác đòi hỏi trộn đều còn thời gian trộn đòi hỏi ít nghiêm ngặt hơn trộn phèn. Việc lựa chọn điểm cho hóa chất vào để trộn đều với nước xử lý căn cứ vào tính chất và phản ứng hóa học tương hỗ giữa các hóa chất với nhau, giữa hóa chất với các chất có trong nước xử lý theo quy trình công nghệ được chọn để quyết định.

### 2.3.8. Quá trình keo tụ và phản ứng tạo bông cặn

Mục đích của quá trình keo tụ và tạo bông cặn là tạo ra tác nhân có khả năng dính kết các chất làm bẩn nước ở dạng hòa tan lơ lửng thành các bông cặn có khả năng lắng trong các bể lắng và dính kết trên bề mặt hạt của lớp vật liệu lọc với tốc độ nhanh và kinh tế nhất.

Khi trộn đều phèn với nước xử lý lập tức xảy ra các phản ứng hóa học và lý hóa tạo thành hệ keo dương phân tán đều trong nước, khi được trung hòa, hệ keo dương này là các hạt nhân có khả năng dính kết với các keo âm phân tán trong nước và dính kết với nhau để tạo thành các bông cặn, do đó quá trình tạo nhân dính kết gọi là quá trình keo tụ, quá trình dính kết cặn bẩn và nhân keo tụ gọi là quá trình phản ứng tạo bông cặn.

Trong kỹ thuật xử lý nước thường dùng phèn nhôm  $Al_2(SO_4)_3$ , phèn sắt  $FeCl_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$  và  $FeSO_4$  để keo tụ nước. Ở Việt Nam thường chỉ dùng phèn nhôm vì sản xuất vận chuyển, pha chế định lượng đơn giản, hiện đã có hai nhà máy sản xuất phèn nhôm, một ở khu công nghiệp Việt Trì, một ở Tân Bình thành phố Hồ Chí Minh. Các loại phèn sắt tuy có hiệu quả keo tụ cao, nhưng sản xuất, vận chuyển và định lượng phức tạp nên chưa được dùng ở Việt Nam. Hiệu quả của quá trình keo tụ phụ thuộc vào điều kiện khuấy trộn (càng

nhANH cÀNG ĐỀU cÀNG TỐT), phụ thuộc vào nhiệt độ nước (nhiệt độ càng cao càng tốt), phụ thuộc vào pH của nước (pH để keo tụ bằng phen nhôm nằm trong khoảng từ 5,7 đến 6,8) phụ thuộc vào độ kiềm của nước (độ kiềm của nước sau khi pha phèn còn lại  $\geq 1$  mđlg/l).

Hiệu quả của quá trình tạo bông cặn phụ thuộc vào: cường độ và thời gian khuấy trộn để các nhân keo tụ và cặn bản va chạm và dính kết vào nhau nếu là keo tụ trong môi trường thể tích, phụ thuộc vào độ đục của nước thô và nồng độ cặn đã được dính kết từ trước nếu là keo tụ trong lớp vật liệu lọc.

Để tăng cường quá trình tạo bông cặn thường cho vào bể phản ứng tạo bông cặn chất trợ keo tụ polyme. khi hòa tan vào nước polyme sẽ tạo ra liên kết lưới loại anion nếu trong nước nguồn thiếu ion đối (ion âm như  $\text{SO}_4^{2-}$  ...) hoặc loại trung tính nếu thành phần ion và độ kiềm của nước nguồn thỏa mãn điều kiện keo tụ. Các chất trợ keo tụ hiện nay phải nhập ngoại nên các công ty nước ở Việt Nam chưa áp dụng. Gần đây Trung tâm khoa học tự nhiên quốc gia có sản xuất chất keo tụ PAC vừa làm nhiệm vụ keo tụ vừa làm nhiệm vụ trợ keo tụ tạo bông cặn, đã áp dụng có kết quả tại nhà máy nước Hải Dương, Nghệ An, Nam Định nhưng không có kết quả ở Long Xuyên, Đông Nai, Thủ Đức vì nguồn nước phía Nam có độ kiềm và thành phần ion thấp. Việc tạo ra loại phèn và chất trợ keo tụ có hiệu quả cao thích hợp với điều kiện Việt Nam là hướng nghiên cứu trong những năm tới của ngành xử lý nước Việt Nam.

### 2.3.9. Quá trình lắng

Lắng là quá trình làm giảm hàm lượng cặn lơ lửng trong nước nguồn bằng các biện pháp sau:

1. Lắng trọng lực trong các bể lắng, khi đó các hạt cặn có tỷ trọng lớn hơn nước ở chế độ thủy lực thích hợp, sẽ lắng xuống đáy bể.
2. Bằng lực li tâm tác dụng vào hạt cặn, trong các bể lắng li tâm và xyclon thủy lực.
3. Bằng lực đẩy nổi do các bọt khí dính bám vào hạt cặn ở các bể tuyển nổi. Cùng với việc lắng cặn quá trình lắng còn làm giảm được 90-95% vi trùng có trong nước do vi trùng luôn bị hấp phụ và dính bám vào các hạt bông cặn trong quá trình lắng.

Có ba loại cặn cơ bản thường gắn liền với quá trình lắng trong xử lý nước như sau:

- 1- Lắng các hạt cặn phân tán riêng rẽ, trong quy trình lắng hạt cặn không thay đổi hình dáng, độ lớn, tỷ trọng, trong xử lý nước thiên nhiên thường là cặn không pha phèn và công trình lắng thường gọi là lắng sơ bộ để giảm độ đục của nước nguồn.
- 2- Lắng các hạt cặn dạng keo phân tán, trong xử lý nước thiên nhiên gọi là lắng cặn đã được pha phèn. Trong quá trình lắng các hạt cặn có khả năng dính kết với nhau thành các bông cặn lớn, và ngược lại các bông cặn lớn có thể bị vỡ ra thành các mảnh nhỏ hơn nên trong khi lắng các bông cặn thường bị thay đổi kích thước, hình dạng và tỷ trọng.
- 3- Lắng các hạt cặn đã đánh phèn có khả năng dính kết với nhau như loại cặn nêu trong điểm 2 nhưng với nồng độ lớn, thường lớn hơn 1000 mg/l, với nồng độ cặn lớn do tuần hoàn lại cặn, do tạo ra lớp cặn lơ lửng trong bể lắng, các bông cặn này tạo thành đám mây cặn liên kết với nhau và dính kết để giữ lại các hạt cặn bé phân tán trong nước.

Trong thực tế xử lý nước thường phải lắng cặn loại 2 và loại 3. Các yếu tố ảnh hưởng đến quy trình lắng cặn keo tụ là:

- Kích thước, hình dáng và tỷ trọng của bông cặn.
- Độ nhớt và nhiệt độ của nước.
- Thời gian lưu nước trong bể lắng.
- Chiều cao lắng cặn (chiều cao lớp nước trong bể lắng).
- Diện tích bề mặt của bể lắng.
- Tải trọng bề mặt của bể lắng hay tốc độ rơi của hạt cặn.
- Vận tốc dòng nước chảy trong bể lắng.
- Hệ thống phân phối nước vào bể và hệ máng thu đều nước ra khỏi bể lắng.

Hiệu quả lắng phụ thuộc rất nhiều vào kết quả làm việc của bể tạo bông cặn, bể tạo bông cặn tạo ra các hạt cặn to, bền, chắc và càng nặng thì hiệu quả lắng càng cao.

Nhiệt độ nước càng cao, độ nhớt càng nhỏ, sức cản của nước đối với hạt cặn càng giảm làm tăng hiệu quả quá trình lắng.

Hiệu quả lắng tăng lên 2 - 3 lần khi tăng nhiệt độ nước 10°C.

- Thời gian lưu nước trong bể lắng là chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả của bể lắng. Để đảm bảo lắng tốt, thời gian lưu nước trung

bình của các phân tử nước trong bể lắng phải đạt từ 70-80% thời gian lưu nước trong bể theo tính toán, nếu để cho bể lắng có vùng nước chết, vùng chảy quá nhanh hiệu quả lắng sẽ bị giảm đi rất nhiều.

- Vận tốc dòng nước trong bể lắng không được lớn hơn trị số vận tốc xói và tải cận đã lắng lơ lửng trở lại dòng nước.

Tính toán thiết kế, cấu tạo và vận hành bể lắng xem chương 6.

### 2.3.10. Quá trình lọc

Lọc là quá trình không chỉ giữ lại các hạt cặn lơ lửng trong nước có kích thước lớn hơn kích thước các lỗ rỗng tạo ra giữa các hạt lọc mà còn giữ lại các hạt keo sắt, keo hữu cơ gây ra độ đục và độ màu, có kích thước bé hơn nhiều lần kích thước các lỗ rỗng nhưng có khả năng dính kết và hấp thụ lên bề mặt hạt lớp vật liệu lọc. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lọc nước qua bể lọc hạt là:

1. Kích thước hạt lọc và sự phân bố các cỡ hạt trong lớp vật liệu lọc.
2. Kích thước, hình dạng, trọng lượng riêng, nồng độ và khả năng dính kết của cặn bản lơ lửng trong nước xử lý.
3. Tốc độ lọc, chiều cao lớp lọc, thành phần của lớp vật liệu lọc và độ chênh áp lực dành cho tổn thất của một chu kỳ lọc.
4. Nhiệt độ và độ nhớt của nước.

Vật liệu lọc là yếu tố quyết định của quá trình lọc do đó phải chú ý đặc biệt đến việc sản xuất và chọn lớp vật liệu lọc.

- Hiệu quả của quá trình lọc phụ thuộc rất nhiều vào cỡ hạt của lớp vật liệu lọc. Đường kính hạt của lớp vật liệu lọc, trong các tài liệu của Liên Xô cũ và trong tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam TCXD 33-1985 được tính theo đường kính tương đương, còn trong các tài liệu tính toán của các nước phương Tây và khu vực Đông Nam Á được tính theo đường kính "hiệu quả"  $d_{10}$ .

Đường kính "hiệu quả"  $d_{10}$  là kích thước của mắt sàng, khi sàng để lọt 10% trọng lượng của mẫu hạt, còn 90% trọng lượng của mẫu hạt nằm trên sàng.

- Hiệu quả lọc còn phụ thuộc vào độ đồng nhất về kích thước của các hạt vật liệu lọc biểu thị bằng hệ số đồng nhất của lớp vật liệu. Trong các tài

liệu của Liên Xô và trong tiêu chuẩn thiết kế TCVN 33-1985 của Việt Nam hệ số đồng nhất  $K = d_{60}/d_{10}$ . Trong các tài liệu của các nước phương Tây và các nước trong khu vực hệ số đồng nhất  $K = d_{60}/d_{10}$ ,  $d_{80}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{10}$  là kích thước mắt sàng cho lọt qua 80%, 60% và 10% số hạt trong mẫu đem sàng tính theo trọng lượng mẫu.

Chiều cao của lớp vật liệu lọc hạt chọn phụ thuộc vào kích thước hạt và vận tốc lọc. Kích thước hạt càng lớn, vận tốc càng cao thì lớp lọc phải càng dày, ngược lại cỡ hạt lọc bé, vận tốc lọc thấp có thể chọn chiều dày lớp lọc mỏng hơn nhưng không được nhỏ hơn 0,6m. Lớp vật liệu lọc có thể chỉ là một loại hạt đồng nhất (cát lọc) hoặc có thể gồm hai lớp vật liệu lọc có kích thước và tỷ trọng hạt khác nhau (than antraxit có hạt lớn, tỷ trọng nhẹ nằm trên, cát có hạt bé, tỷ trọng nặng nằm dưới). Ở Việt Nam cho đến nay chủ yếu dùng bể lọc một lớp vật liệu lọc.

Về cơ bản có thể phân bể lọc làm ba loại chính: lọc chậm, lọc nhanh trọng lực gồm bể lọc hở và bể lọc áp lực, hai loại bể lọc này có chiều dòng nước đi từ trên xuống dưới, loại thứ 3 là lọc ngược hay lọc tiếp xúc có chiều dòng nước đi từ dưới lên trên.

- Bể lọc chậm có tốc độ lọc từ 0,1 m/h đến 0,5 m/h dùng để lọc nước có độ đục thấp  $\leq 30$  mg/l và không phải pha phèn.
- Bể lọc nhanh trọng lực (hở và áp lực) và bể lọc tiếp xúc, dùng để lọc nước đã pha phèn lắng hoặc có thể lọc trực tiếp không qua quá trình lắng.
- Ưu điểm của bể lọc chậm so với bể lọc nhanh trọng lực là:
  - 1- Không phải pha phèn.
  - 2- Thiết bị đơn giản dễ dàng trong vận hành và quản lý.
  - 3- Cát lọc có cỡ hạt bé rất dễ dàng tìm kiếm, cung cấp tại địa phương.
  - 4- Chất lượng nước lọc luôn đảm bảo và ổn định.
  - 5- Loại trừ được hầu hết vi trùng và vi khuẩn.
- Nhược điểm của bể lọc chậm:
  - 1- Cần diện tích mặt bằng lớn.
  - 2- Không áp dụng được cho nước nguồn có độ đục lớn hơn 30 mg/l.
  - 3- Không có tác dụng khử màu và chóng bị tắc trít khi nước nguồn có hàm lượng rong, rêu, tảo cao.

Bể lọc nhanh trọng lực và bể lọc tiếp xúc dùng để lọc trực tiếp nước nguồn sau khi pha phèn trong các trường hợp:

Độ đục của nước ngầm thấp hơn 10 NTU tương đương khoảng 19 mg/l, nồng độ sắt và mangan nhỏ hơn 0,3 mg/l và 0,1 mg/l, nước nguồn có độ màu thấp và hàm lượng rêu, tảo thấp.

- Ưu điểm của quá trình lọc trực tiếp.
  - 1- Vốn đầu tư xây dựng nhà máy xử lý nước thấp.
  - 2- Tốn ít hóa chất (phèn và chất kiềm hóa).
  - 3- Giảm được chi phí vận hành và quản lý.
- Nhược điểm:
  - 1- Chu kỳ lọc ngắn.
  - 2- Tốn lượng nước sạch để rửa lọc hơn bể lọc nhanh thường.
  - 3- Cần có công nhân lành nghề thường xuyên giám sát và điều chỉnh để đảm bảo chất lượng và công suất lọc.

Lý thuyết cơ bản của quá trình lọc và cấu tạo các loại bể lọc xem chương 7.

### 2.3.11. Dùng than hoạt tính để hấp thụ chất gây mùi, màu của nước

Các hạt bột than hoạt tính có bề mặt hoạt tính rất lớn, có khả năng hấp phụ các phân tử khí và phân tử các chất ở dạng lỏng hòa tan trong nước làm cho nước có mùi vị và màu, lên bề mặt của hạt than, sau khi loại các hạt than này ra khỏi nước, nước được khử mùi vị và màu. Để khử mùi vị, màu của nước bằng than hoạt tính có thể dùng hai phương pháp:

1. Đưa nước sau xử lý theo dây chuyền công nghệ truyền thống vào lọc trực tiếp qua bể lọc than hoạt tính.
2. Pha bột than hoạt tính đã tán nhỏ đến kích thước vài chục micro mét ( $\mu\text{m}$ ) vào bể trộn nước nguồn cùng với phèn với liều lượng từ 3-15 mg/l để hấp thụ các chất hữu cơ gây ra mùi vị, màu của nước. Phương pháp này làm tăng hiệu quả quá trình keo tụ, lắng, lọc và cặn lắng ở bể lắng để xử lý hơn.

Quy trình dùng than hoạt tính để xử lý nước đất, nguồn nước ở Việt Nam hiện tại chưa đến mức quá xấu nên quy trình này cho đến nay chưa được áp dụng ở nước ta.

### 2.3.12. Flo hóa nước để tăng hàm lượng flo trong nước uống

Ở Việt Nam trừ một vài nguồn nước có lưu lượng nhỏ như ở giếng Đùn thị xã Lào Cai, một vài giếng nước ngầm mạch nông ở Khánh Hòa, Phú Yên có hàm



lượng flo cao hơn tiêu chuẩn cần phải xử lý, còn lại đa số các nguồn nước mặt đều có hàm lượng flo dưới tiêu chuẩn nước dùng cho ăn uống cần phải pha thêm flo vào nước. Hiện nay chỉ mới có nhà máy nước Thủ Đức công suất 700000 m<sup>3</sup>/ngày và nhà máy nước Biên Hòa công suất 40000m<sup>3</sup>/ngày thực hiện quá trình flo hóa nước.

### 2.3.13. Khử trùng nước

Để đảm bảo an toàn về mặt vi trùng học, nước trước khi cấp cho người tiêu thụ phải được khử trùng. Để khử trùng thường dùng các biện pháp tiêu diệt vi khuẩn và vi trùng có trong nước như:

- Đun sôi nước.
- Dùng tia tử ngoại.
- Dùng siêu âm.
- Dùng các hóa chất có tác dụng diệt trùng cao như: ozon, clo và các hợp chất của clo, iod, pecmanganat kali KMnO<sub>4</sub> ...

Trong kỹ thuật xử lý nước chất diệt trùng được dùng phổ biến nhất là clo và các hợp chất của clo vì rẻ, dễ kiểm và quản lý vận hành đơn giản. Quá trình khử trùng bằng clo phụ thuộc vào:

- Tính chất của nước xử lý như: số lượng vi khuẩn, hàm lượng chất hữu cơ và các chất khử có trong nước.
- Nhiệt độ nước.
- Liều lượng clo.

Thời gian khuấy trộn và tiếp xúc của clo tự do với nước.

- Thời gian tiếp xúc của clo với nước theo quy định của tiêu chuẩn Việt Nam phải lấy trên 30 phút.
- Liều lượng clo dùng để khử trùng phải được xác định sao cho sau thời gian tiếp xúc 30 phút lượng clo tự do còn lại trong nước là 0,3 mg/l.

### 2.3.14. Ổn định nước

Xử lý ổn định nước là quá trình khử tính xâm thực của nước đồng thời cấy lên mặt trong thành ống lớp màng bảo vệ để cách ly không cho nước tiếp xúc trực tiếp với vật liệu làm ống. Tác dụng của màng bảo vệ là:

- Chống gỉ cho ống thép và các phụ tùng trên đường ống.

- Không cho nước hòa tan vôi trong thành phần xi măng của lớp tráng mặt trong ống gang và ống gang dẻo, mặt thành trong của các ống bê tông.

Hóa chất thường dùng để xử lý ổn định nước là: hexametaphotphat, silicat natri, soda, vôi.

### 2.3.15. Làm mềm, khử muối, xử lý nước nổi hơi và nước làm lạnh

Là các quá trình xử lý đặc biệt dùng trong các dây chuyền xử lý nước công nghiệp được đề cập đến trong phần IV của cuốn sách này.

#### Tóm tắt nội dung của quá trình xử lý

Các quy trình xử lý nước đã mô tả từ mục 2.3.1 đến 2.3.15 và mục đích cần đạt của mỗi quá trình được tóm tắt trong bảng (2.1) dưới đây.

Bảng 2.1. Các quá trình xử lý nước

Quá trình	Mục đích
- Hồ điều hòa và sơ lắng (hồ chứa và lắng sơ bộ)	- Điều hòa sự dao động lưu lượng giữa nguồn và trạm bơm nước thô.
- Song chắn rác	- Loại trừ các vật nổi, trôi theo dòng nước
- Lưới chắn rác	- Loại trừ rác, các mảnh vỡ kích thước nhỏ, và một phần rong rêu trôi theo dòng nước.
- Bể lắng cát	- Loại ra khỏi nước các hạt cát có tỷ trọng $\geq 2,6$ và kích thước $\geq 0,2$ mm để bảo vệ cho máy móc không bị bào mòn, giảm lượng cặn trở trong các bể tạo bóng cặn và bể lắng.
- Xử lý nước tại nguồn bằng hóa chất	- Loại trừ khả năng phát triển của vi sinh vật và thực vật gây ra mùi, vị, màu của nước
- Làm thoáng	- Lấy oxy từ không khí để oxy hóa sắt và mangan hóa trị II hòa tan trong nước. - Khử khí $CO_2$ nâng cao pH của nước để đẩy nhanh quá trình oxy hóa và thủy phân sắt và mangan trong dây chuyền công nghệ khử sắt và mangan. - Làm giàu oxy để tăng thế oxy hóa khử của nước, khử các chất bẩn ở dạng khí hòa tan trong nước.
- Clo hóa sơ bộ	- Giảm lượng vi trùng ở các nguồn nước thô bị nhiễm bẩn nặng - Oxy hóa sắt và mangan hòa tan ở dạng các phức chất hữu cơ. - Loại trừ rong, rêu, tảo phát triển trên thành các bể trộn, tạo bóng cặn và bể lắng, bể lọc. - Trung hòa lượng amoniac dư, diệt các vi khuẩn tiết ra chất nhầy trên mặt lớp cát lọc.

**Bảng 2.1 (tiếp theo)**

Quá trình	Mục đích
- Quá trình khuấy trộn hòa chất	- Phân tán nhanh và đều phen và các hóa chất khác vào nước cần xử lý
- Quá trình keo tụ và phản ứng tạo bông cặn	- Tạo điều kiện và thực hiện quá trình dính kết các hạt cặn keo phân tán thành bông cặn có khả năng lắng và lọc với tốc độ kinh tế cho phép.
- Quá trình lắng	- Loại trừ ra khỏi nước các hạt cặn và bông cặn có khả năng lắng với tốc độ kinh tế cho phép, làm giảm lượng vi trùng và vi khuẩn
- Quá trình lọc	- Loại trừ các hạt cặn nhỏ không lắng được trong bể lắng, nhưng có khả năng dính kết lên bề mặt hạt lọc.
- Hấp thụ và hấp phụ bằng than hoạt tính	- Khử mùi, vị, màu của nước sau khi dùng phương pháp xử lý truyền thống không đạt yêu cầu
- Flo hóa nước	- Nâng cao hàm lượng flo trong nước đến 0,6 - 0,9 mg/l để bảo vệ men răng và xương cho người dùng nước.
- Khử trùng nước	- Tiêu diệt vi khuẩn và vi trùng còn lại trong nước sau bể lọc.
- Ổn định nước	- Khử tính xâm thực và tạo ra màng bảo vệ cách ly không cho nước tiếp xúc trực tiếp với vật liệu mặt trong thành ống dẫn để bảo vệ ống và phụ tùng trên ống.
- Làm mềm nước	- Khử ra khỏi nước ion $Ca^{2+}$ và $Mg^{2+}$ đến nồng độ yêu cầu.
- Khử muối	- Khử ra khỏi nước các cation và anion của các muối hòa tan đến nồng độ yêu cầu.

## 2.4. CÁC SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC

### 2.4.1. Các yêu cầu

Khi lựa chọn sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước phải dựa vào tài liệu kiểm nghiệm các chỉ tiêu lý học, hóa học, sinh học của nước thô ở các thời kỳ đặc trưng trong năm và là tài liệu thu thập nhiều năm, đồng thời phải có các tài liệu dự báo sự thay đổi và biến động về chất lượng của nước thô do quá trình sản xuất và bảo vệ hệ sinh thái trong khu vực nguồn nước gây ra ở những năm tiếp sau.

So sánh các chỉ tiêu chất lượng nước nguồn với các chỉ tiêu ghi trong bảng (1.13) để xác định các yêu cầu cần xử lý.

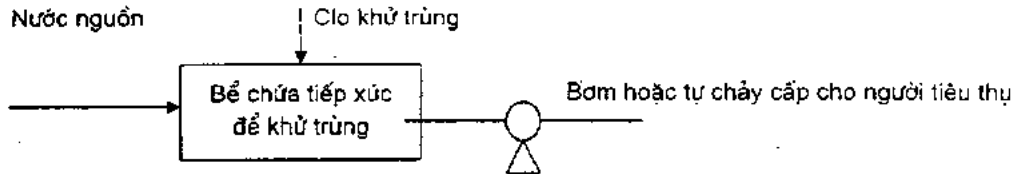
- Để chọn đúng dây chuyền công nghệ xử lý nước thường phải thí nghiệm xử lý thử trước trong phòng thí nghiệm.
- Để xác định các chỉ tiêu thiết kế các công trình trong dây chuyền xử lý phải thử trên mô hình thí nghiệm hoặc tham khảo so sánh với các chỉ

tiêu của các công trình có sẵn đang làm việc với nguồn nước có chất lượng tương tự.

## 2.4.2. Các sơ đồ dây chuyền xử lý nước thường gặp

### 1. Sơ đồ hình 2.1

Áp dụng khi nước nguồn đạt tiêu chuẩn nước cấp cho ăn uống sinh hoạt ghi trong bảng (1.13). Chỉ cần khử trùng rồi cấp cho người tiêu thụ.

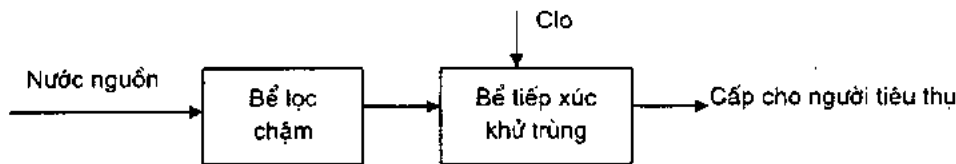


Hình 2.1. Sơ đồ cấp nước trực tiếp sau khi khử trùng

### 2. Sơ đồ hình 2.2

Áp dụng cho nước nguồn có chất lượng loại A ghi trong tiêu chuẩn nguồn nước TCXD 233 - 1999.

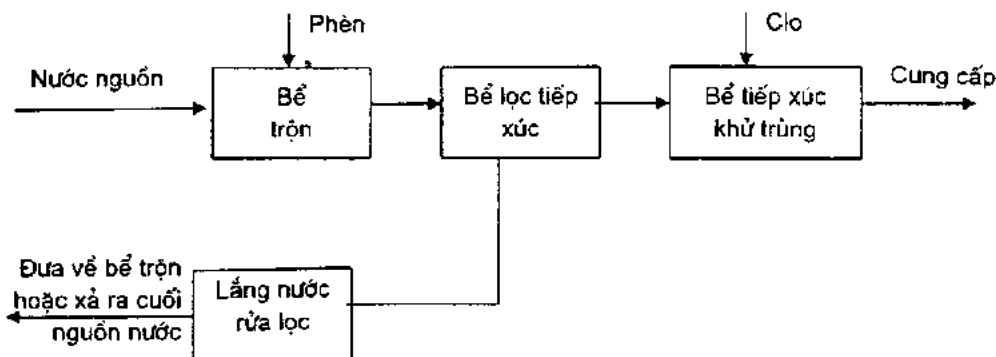
Nước nguồn có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 30 mg/l tương đương với 15 NTU, hàm lượng rong, rêu, tảo và độ màu thấp.



Hình 2.2. Sơ đồ xử lý nước bằng lọc chậm

### 3. Sơ đồ hình 2.3

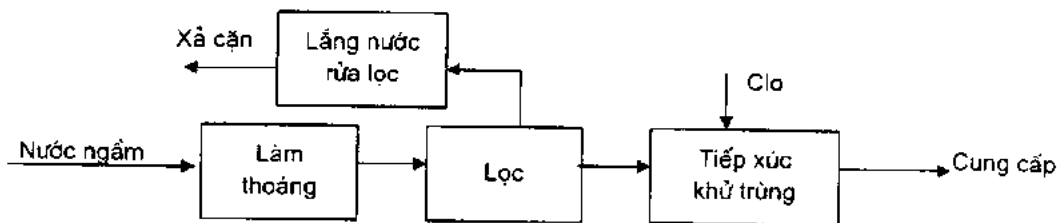
Áp dụng khi nước nguồn có chất lượng loại A theo tiêu chuẩn nguồn nước cấp nước nguồn có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 10 NTU tương đương khoảng 20 mg/l.



Hình 2.3. Sơ đồ lọc trực tiếp

#### 4. Sơ đồ hình 2.4

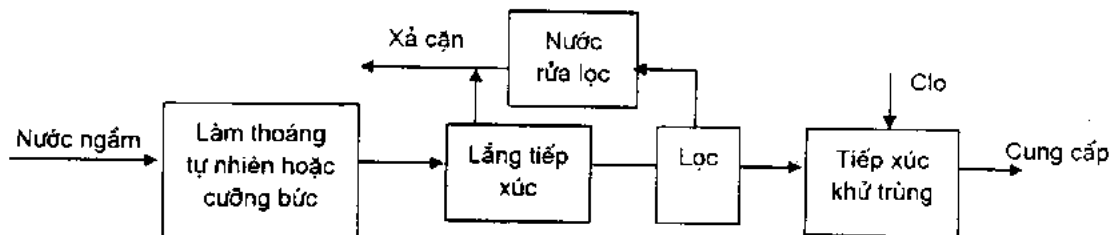
Là sơ đồ xử lý nước ngầm có chất lượng nước nguồn loại A theo tiêu chuẩn TCXD 233 - 1999.



Hình 2.4. Sơ đồ xử lý nước ngầm bằng làm thoáng đơn giản và lọc

#### 5. Sơ đồ hình 2.5

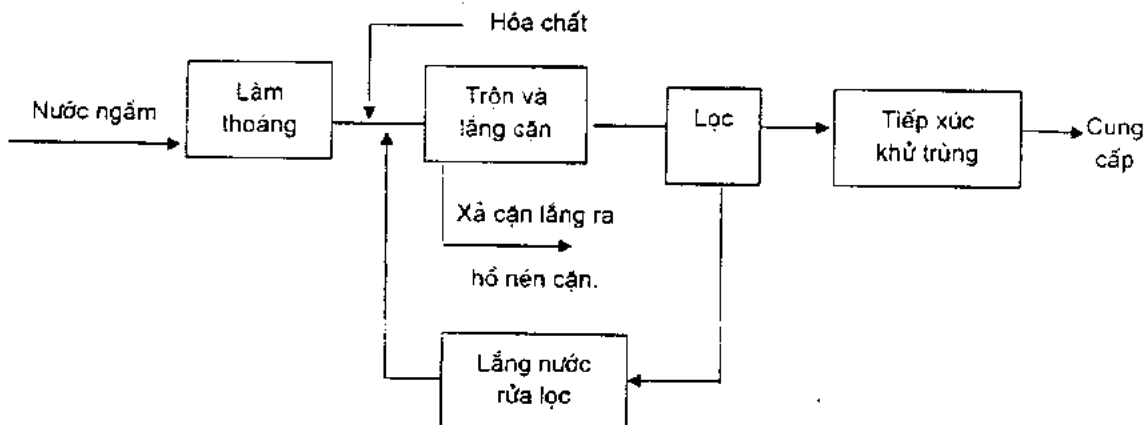
Dùng để xử lý nước ngầm có chất lượng loại B.



Hình 2.5. Sơ đồ khử sắt nước ngầm bằng làm thoáng, lắng tiếp xúc và lọc

#### 6. Sơ đồ hình 2.6

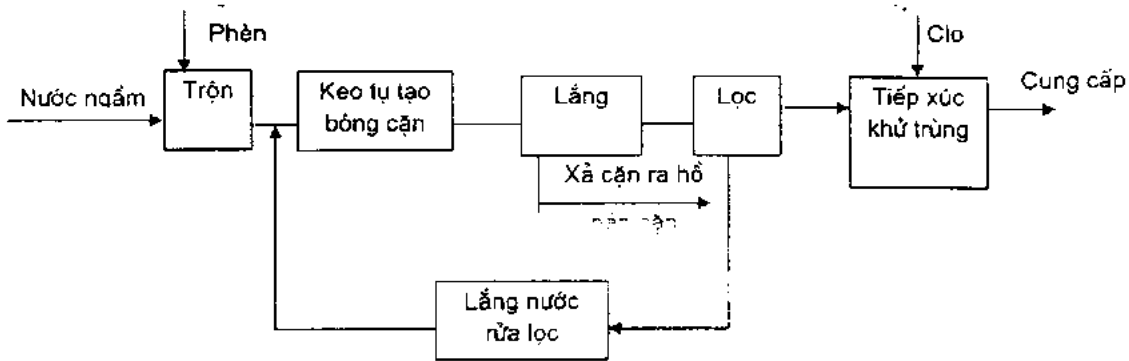
Dùng để xử lý nước ngầm có hàm lượng sắt cao, sắt ở dạng hòa tan trong các phức chất hữu cơ, kết hợp khử mangan, tiêu chuẩn nguồn loại C.



Hình 2.6. Sơ đồ dùng hóa chất để khử sắt và mangan trong nước ngầm

## 7. Sơ đồ hình 2.7

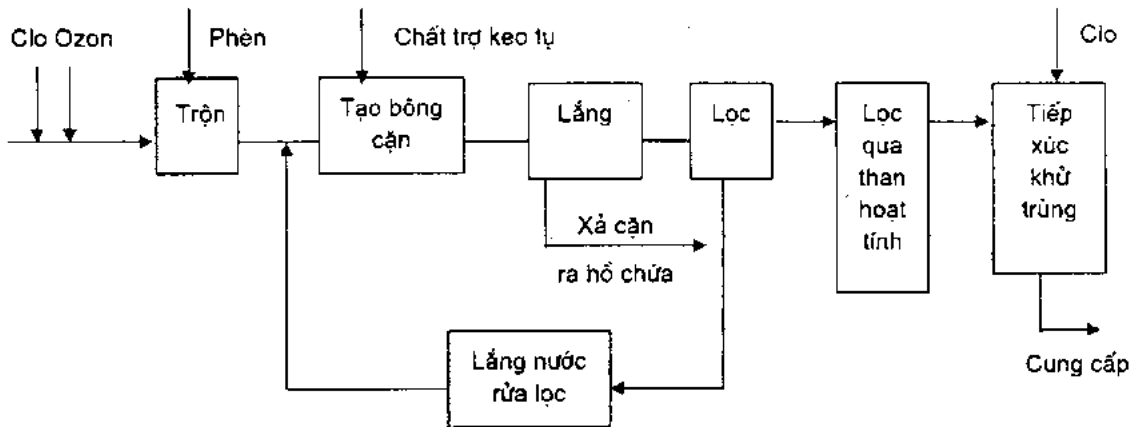
Dùng để xử lý nước nguồn có chỉ tiêu chất lượng nước loại B và tốt hơn.



Hình 2.7. Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước truyền thống

## 8. Sơ đồ hình 2.8

Áp dụng khi nguồn nước có chất lượng loại C



Hình 2.8. Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước có màu, mùi, vị

## **Phần II**

---

- **CÁC QUÁ TRÌNH KEO TỤ LÀM SẠCH NƯỚC**
  - **CÁC HÓA CHẤT SỬ DỤNG TRONG XỬ LÝ NƯỚC**
  - **CÁCH PHA CHẾ VÀ ĐỊNH LƯỢNG**
-

# 3

## KEO TỤ CHẤT BẨN TRONG NƯỚC BẰNG PHÈN

---

### 3.1. BẢN CHẤT LÝ HÓA CỦA QUÁ TRÌNH KEO TỤ

Cặn làm bẩn nước thiên nhiên thường là các hạt sét, cát, bùn, sinh vật phù du, sản phẩm phân hủy các chất hữu cơ... Vì có kích thước rất bé nên chúng tham gia vào chuyển động nhiệt cùng với các phân tử nước, tạo thành một hệ keo phân tán trong toàn bộ thể tích nước, độ bền của các hạt cặn lơ lửng trong nước bé hơn nhiều so với độ bền của hệ phân tán phân tử nên chúng dễ bị phá hủy (lắng đọng) dưới tác dụng của các nhân tố bên ngoài như đun nóng, làm lạnh, pha vào nước chất điện phân....

Lợi dụng tính chất này trong công nghệ xử lý nước, thường cho phèn vào nước để làm mất tính ổn định của hệ keo thiên nhiên đồng thời tạo ra hệ keo mới có khả năng kết hợp thành những bông cặn lớn, lắng nhanh, có hoạt tính bề mặt cao, khi lắng hấp phụ và kéo theo cặn làm bẩn nước, cũng như các chất hữu cơ gây mùi, vị của nước. Trong các quá trình xử lý nước gặp hai loại keo: *keo kỵ nước* và *keo háo nước*.

- **Keo kỵ nước:** hạt keo không kết hợp với các phân tử nước của môi trường để tạo ra vỏ bọc hydrat, các hạt keo riêng biệt mang điện tích lớn, và khi điện tích này được trung hòa thì độ bền của hạt keo bị phá vỡ.

Quá trình keo tụ hệ keo kỵ nước thường là không thuận nghịch, quá trình diễn ra tới khi keo tụ hoàn toàn các hạt keo tụ.

- **Keo háo nước:** có khả năng kết hợp với các phân tử nước tạo thành vỏ bọc hydrat, các hạt keo riêng biệt mang điện tích bé và dưới tác dụng của các chất điện phân không bị keo tụ.

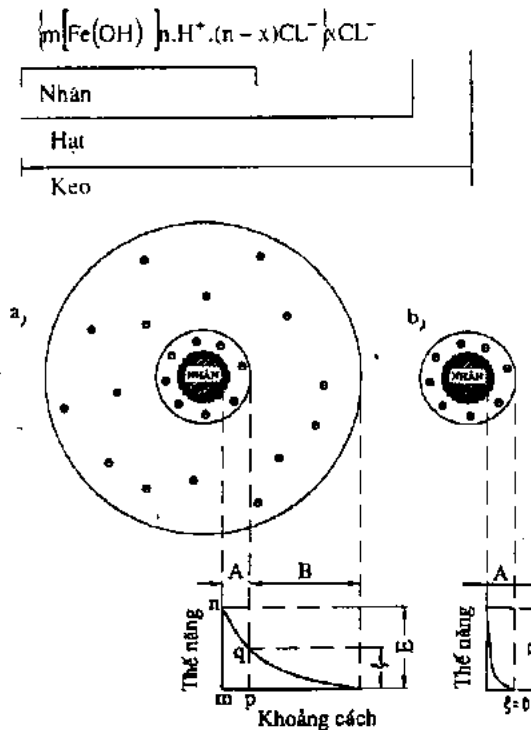
Các hạt cặn làm bẩn nước thiên nhiên chủ yếu tạo ra hệ keo kỵ nước gồm các hạt mang điện tích âm còn các hạt keo kỵ nước tạo ra do sản phẩm thủy phân phèn nhôm, phèn sắt, mang điện tích dương. Do trong quá trình xử lý nước bằng phèn, keo kỵ nước đóng vai trò chủ yếu nên ở đây ta chỉ nghiên cứu cấu tạo, tính chất và các phương pháp keo tụ keo kỵ nước.



- **Cấu tạo:** Hạt keo là một tổ hợp các phân tử của một chất hòa tan trong nước.

Do diện tích bề mặt rất lớn của các tổ hợp phân tử, nên chúng có khả năng hấp thụ ưu tiên một loại ion cùng dấu, hoặc có trong thành phần của các ion trong tổ hợp hoặc gần giống một trong các ion của tổ hợp về tính chất và kích thước (Ví dụ hấp thụ ion  $\text{NH}^+$  tạo thành:  $(m[\text{Fe}(\text{OH})_3]n\text{H}^+)$ ).

Tổ hợp các phân tử và lớp ion hấp thụ (gắn chặt) trên bề mặt nó tạo thành nhân của hạt keo. Đến lượt mình, nhân của hạt do có lớp ion bề mặt  $\text{NH}^+$  nên nó có khả năng hấp thụ (hút) một số ion trái dấu nằm trong dung dịch (ví dụ  $(n-x)\text{Cl}^-$ ) để bù lại một phần điện tích. Lớp ion đối bị hấp thụ trên bề mặt nhân và lớp ion bề mặt của nhân gọi là lớp điện tích kép của hạt keo. Nhân cùng với lớp điện tích kép tạo thành hạt. Ví dụ:  $[m[\text{Fe}(\text{OH})_3]n\text{H}^+.(n-x)\text{Cl}^-]$ . Lớp ion đối trong lớp điện tích kép không đủ để bù lại điện tích của lớp ion bề mặt  $n > (n-x)$  nên hạt mang điện tích nhất định. Để bù lại điện tích này chung quanh hạt tạo thành một lớp ion khuếch tán  $x\text{Cl}^-$ . Toàn bộ hạt và lớp ion khuếch tán gọi là keo.



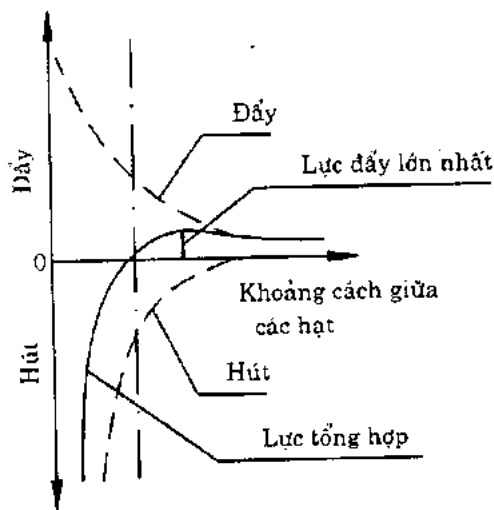
**Hình 3.1. Cấu tạo của hạt keo**

a)  $\xi > 0$ ; b) Tình trạng cân bằng điện tích khi  $\xi = 0$ ;

A: lớp điện tích kép; B: lớp khuếch tán; E: thế năng nhiệt động;  $\xi$ : thế năng điện động.

Nếu keo nằm trong tình trạng tĩnh thì diện tích của hạt được bù bởi diện tích của lớp khuếch tán, nhưng do chuyển động Brao (Brow), nên nhân và lớp điện tích kép (hạt) không di chuyển cùng với lớp khuếch tán (vì nó nằm quá xa nhân và có kết cấu không chặt) do đó hạt keo trong nước luôn luôn là hạt mang điện tích.

- Điện thế  $E$  (hình 3.1) trên bề mặt của nhân gọi là thế nhiệt động, bằng điện tích của tất cả các ion của lớp bề mặt nhân.
- Điện thế  $\xi$  (hình 3.1) trên bề mặt của lớp điện tích kép gọi là thế điện động, còn gọi là thế năng Zeta, bằng điện tích của lớp ion bề mặt và lớp ion đối được hấp thụ. Điện thế  $\xi$  nhỏ hơn điện thế  $E$  một trị số bằng tổng điện tích của các ion đối nằm trong lớp điện tích kép (hạt).
- **Tính chất của hệ keo kị nước:** Các hạt keo trong nước dưới tác dụng của lực khuếch tán do chuyển động Brao có khuynh hướng phân bố đều trong toàn bộ thể tích, và khi kích thước của hạt keo bé, lực khuếch tán lớn hơn trọng lực của chúng, hạt luôn nằm trong tình trạng lơ lửng. Các hạt keo ở trong nước khi va chạm nhau trong quá trình khuấy trộn và chuyển động nhiệt chịu tác dụng đồng thời của hai lực ngược nhau:
  - Lực hút phân tử Vandecvan (Van der Waals) giữa các hạt có khuynh hướng kết hợp các hạt lại với nhau, và tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa chúng.



Hình 3.2. Biểu đồ lực tương tác giữa các hạt keo

- Lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt keo tích điện cùng dấu có khuynh hướng ngăn cản sự kết hợp giữa các hạt và biến thiên theo khoảng

cách giữa chúng theo quy luật hàm số mũ. Khi hai hạt keo gần nhau thì ban đầu lực đẩy tĩnh điện lớn hơn, lực đẩy đạt cực đại tại điểm cách xa giới hạn của hạt một khoảng nhất định (hình 3.2). Nếu các hạt keo dưới tác dụng của năng lượng động học khắc phục được lực cản này thì chúng sẽ xích lại gần nhau, lực hút phân tử giữa chúng sẽ tăng rất nhanh và các hạt dính kết được với nhau.

Trong thực tế, việc tăng năng lượng động học của mỗi hạt keo nhằm khắc phục lực cản xuất hiện giữa chúng trong quá trình keo tụ rất khó khăn nên thường áp dụng phương pháp giảm lực cản bằng cách giảm lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt keo, tức là giảm điện thế Zeta  $\xi$  của hạt keo. Thực nghiệm xác định được rằng, điện thế Zeta  $\xi$  của keo kỹ nước dao động trong giới hạn 0,05 - 0,1 V. Để lực hút phân tử thắng được lực đẩy tĩnh điện thì thế năng Zeta  $\xi$  của hạt keo phải bé hơn 0,03 V, và quá trình keo tụ đạt vận tốc cực đại khi thế năng  $\xi$  bằng không.

Trạng thái của hệ keo khi  $\xi = 0$  gọi là trạng thái đẳng điện, còn trị số pH tương ứng với trạng thái đẳng điện gọi là điểm đẳng điện của hệ. Theo lý thuyết keo tụ của Đêriaghin, lực đẩy xuất hiện giữa hai hạt keo tích điện cùng dấu phụ thuộc vào trị số điện tích của hạt tích điện bé hơn, các hạt mang điện tích bé và đẳng điện tích không những có khả năng kết hợp với nhau mà còn có khả năng kết hợp với hạt mang điện của chất khác. Như vậy việc trung hòa điện tích của tất cả các hạt keo tồn tại trong nước là không cần thiết. Muốn keo tụ các hạt keo tích điện âm làm bản nước chỉ cần trung hòa điện tích các hạt keo tạo ra do thủy phân phen, các hạt keo này dính kết lẫn nhau và dính kết với keo làm bản nước tạo thành những bông cặn lớn dễ dàng lắng và lọc.

### ■ Các phương pháp keo tụ

Một trong các phương pháp keo tụ hệ keo là làm giảm thế năng Zeta của hạt bằng cách tăng nồng độ của chất điện phân trong nước.

Khi nồng độ của ion đối tăng lên, càng nhiều ion chuyển từ lớp khuếch tán vào lớp điện tích kép, kết quả là làm giảm điện thế  $\xi$  của lớp điện tích kép (hình 3.1) và chiều dày của lớp khuếch tán giảm. Khả năng làm giảm điện thế  $\xi$  của các hạt keo bằng các ion đối tăng nhanh khi tăng hóa trị của các ion này. Bảng (3.1) ghi khả năng keo tụ tương đối của các cation và anion có hóa trị khác nhau. Từ bảng (3.1) ta thấy rằng khả năng gây ra keo tụ của ion hóa trị một: hóa trị hai: hóa trị ba gần đúng theo tỷ số 1: 30: 1000.

Bảng 3.1. Khả năng keo tụ tương đối của các chất điện phân

Chất điện phân	Khả năng keo tụ tương đối của chất điện phân với keo tích điện	
	Keo dương	Keo âm
NaCl	1	1
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	1
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1000	1
BaCl <sub>2</sub>	1	30
MgSO <sub>4</sub>	30	30
AlCl <sub>3</sub>	1	1000
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	1000
FeCl <sub>3</sub>	1	1000
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	1000

Khi keo tụ hệ keo bằng cách cho vào nước chất điện phân, điện thế  $\xi$  của các hạt keo giảm dần có khi đến không. Nhưng nếu tăng nồng độ của chất điện phân trong dung dịch quá mức cần thiết có thể gây ra quá trình tích điện lại đối với hạt keo, khi đó điện tích của hạt keo đổi dấu và thế năng  $\xi$  của hạt lại tăng lên. Từ đó ta thấy rằng nếu cho phen vào nước nhiều hơn liều lượng cần thiết sẽ làm cản trở quá trình keo tụ.

- Có thể keo tụ hệ keo bằng cách đưa vào dung dịch một hệ keo mới, tích điện ngược dấu với hệ keo muốn keo tụ, lúc đó trong dung dịch xảy ra sự trung hòa lẫn nhau của các hạt keo tích điện trái dấu.

Khi thực hiện quá trình keo tụ theo phương pháp này phải đảm bảo chính xác sự cân bằng tổng điện tích của hệ keo mới đưa vào dung dịch, và tổng điện tích của hệ keo muốn keo tụ.

- Do trong quá trình keo tụ một hỗn hợp các hệ keo khác nhau, ví dụ hỗn hợp keo thiên nhiên làm bẩn nước và keo tạo ra do thủy phân phen. điều kiện keo tụ của hệ keo tạo ra do thủy phân phen không trùng với điều kiện keo tụ của các keo thiên nhiên, cho nên lúc đầu chỉ một số cặn bông được tạo ra do sự kết hợp lẫn nhau của keo tự nhiên tích điện...

và keo thủy phân tích điện dương, còn về sau bông cặn tạo ra là do keo tụ hệ keo do phen thủy phân, các bông cặn này có bề mặt hoạt tính phát triển nên chúng hấp phụ các keo tự nhiên làm bẩn nước, các chất hữu cơ hòa tan gây ra mùi vị của nước, và trong quá trình lắng, chúng thu hút các cặn kích thước bé lơ lửng trong nước.

Trong thực tế phương pháp này được áp dụng rộng rãi để keo tụ cặn bẩn trong nước.

Phèn thường dùng để lắng trong nước là phèn nhôm và phèn sắt trong đó chủ yếu là sunfat nhôm  $Al_2(SO_4)_3$ , clorua sắt  $FeCl_3$  đôi khi dùng sunfat sắt (III):  $Fe_2(SO_4)_3$  và sunfat sắt (II):  $FeSO_4$ . Ưu điểm của loại phèn kể trên là chúng có khả năng tạo ra hệ keo kị nước và khi keo tụ thì tạo ra bông cặn có bề mặt hoạt tính phát triển cao, có khả năng hấp thụ, thu hút, dính kết các tạp chất và keo làm bẩn nước.

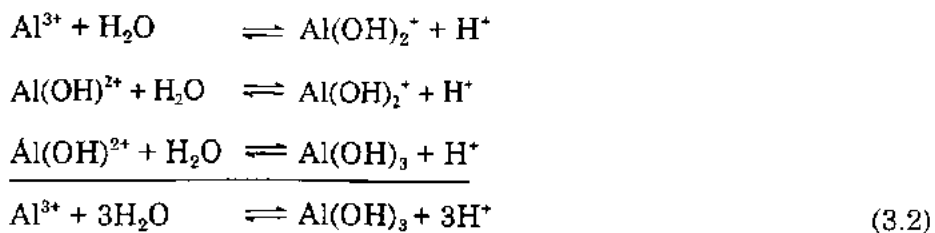
Khi cho phèn sunfat nhôm vào nước nó phân ly theo phương trình:



và ion nhôm tham gia vào quá trình trao đổi với các cation nằm trong lớp điện tích kép của hạt keo âm, làm giảm điện thế  $\zeta$  của hạt bằng việc thay cation hóa trị II trong hạt keo sét bằng ion nhôm hóa trị III, và nén lớp khuếch tán của keo dẫn đến keo tụ hạt sét. Quá trình trao đổi ion của hạt sét diễn ra nhanh và kết thúc khi dung tích trao đổi của hạt keo sét bị sử dụng kiệt, khi đó trạng thái cân bằng của các cation trong lớp điện tích kép của hạt keo sét và cation nằm trong dung dịch lại được thiết lập lại. Nhưng quá trình keo tụ hệ keo tự nhiên làm bẩn nước chủ yếu lại là sự thủy phân phèn để tạo ra keo mới, và keo tụ hệ keo mới này bằng các anion có trong nước để tạo ra bông cặn có bề mặt hoạt tính phát triển cao có khả năng hấp thụ các cặn bẩn trong nước.

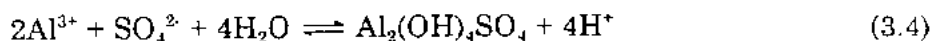
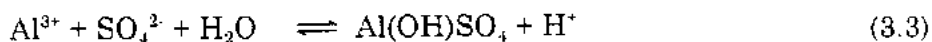
### ■ Sự thủy phân của phèn

Khi cho phèn nhôm vào nước, sau khi phân ly thành ion sẽ xảy ra quá trình thủy phân theo các giai đoạn:

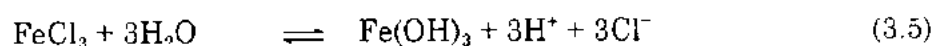
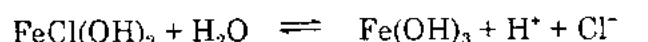
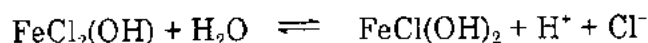
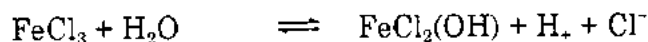


Mức thủy phân tăng lên khi pha loãng dung dịch, khi tăng nhiệt độ và pH của dung dịch.

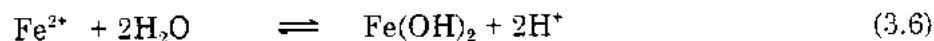
Tùy thuộc vào điều kiện thủy phân cùng với hydroxit nhôm  $Al(OH)_3$  có thể tạo ra cả muối kiềm của nhôm là những hợp chất khó tan như:



- Khi cho phèn sắt hóa trị III (clorua sắt) vào nước diễn ra các phản ứng thủy phân sau:



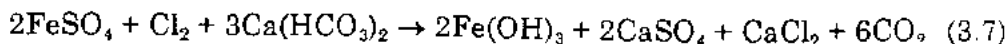
- Khi dùng phèn sunfat sắt hóa trị II  $FeSO_4$  diễn ra phản ứng thủy phân sau:



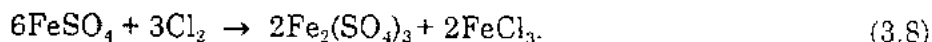
Hydroxit sắt (II)  $Fe(OH)_2$  chỉ keo tụ khi pH > 9 - 9,5, trong khi đó  $Fe(OH)_3$  keo tụ ở trị số pH > 3,5, vì thế sau khi pha phèn phải tiếp tục oxy hóa sắt hóa trị II thành hóa trị III. Nếu trị số pH thấp và lượng oxy hòa tan trong nước không đủ để oxy hóa, sắt hóa trị II còn lại trong nước sẽ không bị khử trên các công trình lắng lọc. Ở điều kiện bình thường khi tiếp xúc với không khí, trong nước hòa tan 8,0 mg/l oxy, đủ để oxy hóa 35 mg/l sắt hóa trị II thành sắt hóa trị III tương ứng với lượng  $FeSO_4$  (theo sản phẩm không ngậm nước) bằng 100 mg/l.

Phèn sunfat sắt hóa trị II ( $FeSO_4$ ) gây khó khăn và tốn kém trong quản lý vì phải kiềm hóa nước để đưa pH > 8 đảm bảo điều kiện oxy hóa sắt hóa trị II thành hóa trị III bằng oxy của không khí. Nếu gần nhà máy nước có phế phẩm thừa của nhà máy luyện kim, nhà máy cơ khí lớn, do tẩy rửa kim loại bằng  $FeSO_4$ , thì có thể dùng nó làm phèn để keo tụ nước cùng với biện pháp oxy hóa bằng clo. Lượng clo tiêu tốn là 0,24 mg để oxy hóa 1 mg  $FeSO_4$ .

Sunfat sắt (II) và clo có thể định lượng riêng, phản ứng tạo ra hydroxit sắt (III) theo phương trình:



Cũng có thể xử lý trước  $\text{FeSO}_4$  bằng clo để tạo ra phen clorua và sunfat sắt hóa trị III



Khi dùng phen sắt hóa trị III, nếu pH của nước sau khi pha phen không thấp hơn 6 thì không phải kiềm hóa.

Ion  $\text{H}^+$  tách ra trong các phản ứng (3.2) - (3.6) ngăn cản quá trình thủy phân của phen, đồng thời giảm pH của nước, đẩy hệ keo hydroxit nhôm, sắt và muối của chúng lệch khỏi điểm đẳng điện và làm giảm hiệu quả keo tụ. Vì vậy, cần phải khử ion  $\text{H}^+$  ra khỏi phạm vi của phản ứng thủy phân. Ion  $\text{H}^+$  thường được khử bằng độ kiềm tự nhiên của nước theo phản ứng:



Nếu độ kiềm có trong nước thiên nhiên không đủ để khử ion  $\text{H}^+$  thì phải kiềm hóa nước bằng cách pha vôi hay soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Khi kiềm hóa bằng soda:



Khi kiềm hóa bằng vôi:



Từ các phản ứng trung hòa axit (3.9) - (3.11) ta thấy rằng: Khi cho phen vào nước, pH của nước sẽ giảm xuống thấp nhất nếu như ion  $\text{H}^+$  tạo ra do thủy phân phen được trung hòa bằng độ kiềm tự nhiên  $\text{HCO}_3^-$  vì lúc đó lượng  $\text{CO}_2$  tạo ra lớn nhất [(một ion  $\text{H}^+$  tạo ra một phân tử khí  $\text{CO}_2$ ) trong phản ứng (3.9)].

Khi trung hòa bằng soda, lượng  $\text{CO}_2$  tách ra chỉ bằng một nửa, do đó pH của nước sẽ cao hơn. Trị số pH cao nhất nếu trung hòa bằng vôi (không tạo ra  $\text{CO}_2$ ). Các trường hợp nêu trên cần được tính toán kỹ khi chọn hóa chất để kiềm hóa nước với mục đích tạo ra trị số pH thích hợp đảm bảo quá trình keo tụ xảy ra thuận lợi. Nhiều trường hợp có thể tăng hiệu quả keo tụ và hiệu quả làm sạch nước bằng cách thổi không khí vào bể trộn và bể cấu tạo bông cặn để khử bớt khí  $\text{CO}_2$  tạo ra theo phản ứng (3.9) và nâng cao pH của nước.

Liều lượng hợp chất cần thiết để kiềm hóa tính theo công thức:

$$M = e_1 \left( \frac{a}{e_2} - K_t + 1 \right) \frac{100}{C}, \quad (3.12)$$

trong đó: M - lượng hợp chất (theo sản phẩm kỹ thuật) để kiềm hóa (mg/l);

a - liều lượng phèn tính theo sản phẩm tinh khiết không ngâm nước (mg/l);

$e_1, e_2$  - trọng lượng đương lượng của hợp chất dùng để kiềm hóa và của phèn (theo bảng 3.2);

$K_t$  - độ kiềm của nước (mdlg/l);

C - hàm lượng hoạt tính (trong sản phẩm kỹ thuật) của hợp chất dùng để kiềm hóa nước (%);

I - độ kiềm dự trữ, tức độ kiềm dư sau khi xử lý nước bằng phèn (mdlg/l).

**Bảng 3.2**

Hóa chất để kiềm hóa	Trọng lượng đương lượng (mg/mdlg)	Phèn	Trọng lượng đương lượng (mg/mdlg)
CaO	28	$Al_2(SO_4)_3$	57
$Na_2CO_3$	53	$FeCl_3$	54,1
NaOH	40	$FeSO_4$	76
		$Fe_2(SO_4)_3$	66,7

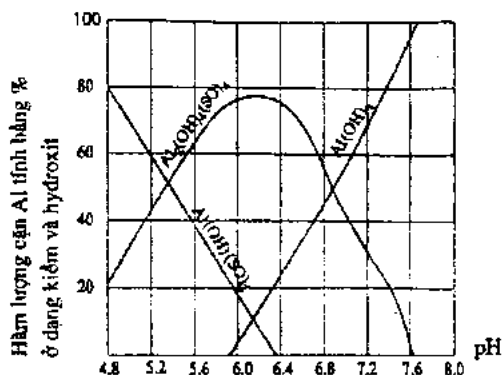
Nếu trị số M tính theo công thức (3.12) có giá trị âm, điều đó có nghĩa là độ kiềm tự nhiên của nước đủ để đảm bảo sau khi pha phèn còn dư 1 mdlg/l. Tuy vậy, có những trường hợp độ kiềm đủ nhưng vẫn phải kiềm hóa để nâng trị số pH của nước đến trị số tối ưu khi keo tụ, và ngược lại có những trường hợp để đảm bảo trị số pH tối ưu khi keo tụ ta phải axit hóa nước hoặc tăng liều lượng phèn (ví dụ khử màu).

■ **Keo tụ hệ keo do phèn tạo ra**

Khi xử lý nước bằng phèn sunfat nhôm, nếu trị số pH < 7,5 thì ngoài keo của hydroxit nhôm  $Al(OH)_3$  trong thành phần bông cặn được tạo ra còn có keo của muối kiềm của nhôm  $Al(OH)SO_4$  và  $Al_2(OH)_4SO_4$ . Tỷ số của các hợp chất này trong cặn lắng phụ thuộc vào pH của nước thể hiện trên biểu đồ hình (3.3), xây dựng theo tài liệu nghiên cứu của Martúnôva.



Trong môi trường trung hòa và axit yếu các hạt keo của hydroxit và muối kiềm của nhôm hấp thụ (lớp ion bề mặt nhân) ion  $H^+$  và ion  $Al^{3+}$  nên có điện tích dương, và quá trình keo tụ hệ keo này tăng nhanh khi tăng nồng độ trong nước của ion âm đa hóa trị, ví dụ  $SO_4^{2-}$ . Sự nâng cao nồng độ của ion âm 1 hóa trị như  $Cl^-$  có tác dụng kích thích rất ít đến quá trình keo tụ. Khi  $pH > 7,5 - 8$  hạt keo hydroxit nhôm tích điện âm do hấp thụ ion aluminat  $AlO_2^-$  và trong



Hình 3.3. Các hợp chất của nhôm trong cặn lắng phụ thuộc vào pH

trường hợp này ion gây keo tụ là ion dương đa hóa trị. Từ đó cho thấy rằng pH và thành phần muối của nước ảnh hưởng rất lớn đến quá trình keo tụ. Khi  $pH > 8 - 8,5$  trong nước tạo ra aluminat hòa tan, còn khi  $pH < 4,5$  phản ứng thủy phân sunfat nhôm không xảy ra, và phen nhôm tồn tại ở trạng thái hòa tan trong nước. Trong môi trường axit, ion  $Al^{3+}$  phản ứng trực tiếp với các chất hữu cơ, cụ thể với anion của axit mùn hữu cơ, tạo ra các hợp chất không tan, lắng đọng thành cặn.

Nhiệt độ của nước có ảnh hưởng lớn đến quá trình keo tụ. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng khi nhiệt độ của nước tăng lên thì liều lượng phen cần thiết để keo tụ giảm xuống, thời gian và cường độ khuấy trộn cũng giảm xuống theo. Điều này dễ nhận thấy vì ở nhiệt độ cao chuyển động nhiệt của các hạt keo tăng lên, tăng số va chạm giữa các hạt, độ nhớt của nước giảm, chiều dày của lớp nước bọc quanh hạt keo giảm xuống, do đó hiệu quả dính kết do va chạm giữa các hạt keo tăng lên. Hàm lượng và tính chất của cặn cũng có ảnh hưởng đến quá trình keo tụ vì số va chạm giữa các hạt phụ thuộc vào nồng độ, còn hiệu quả va chạm phụ thuộc vào tính chất phân tán, hoạt tính bề mặt của cặn và phen. Khi hàm lượng cặn trong nước tăng lên, liều lượng phen cần thiết để keo tụ cũng tăng lên, nhưng như đã nêu, hiệu quả keo tụ phụ thuộc rất mạnh vào tính chất của cặn cũng như mức độ phân tán và điện tích của nó.... Đồng thời phụ thuộc vào điều kiện nhiệt độ, cường độ và thời gian khuấy trộn, pH và độ kiềm của nước. Do những lý do trên, việc tìm một công thức để xác định liều

lượng phèn chung cho tất cả các trường hợp trong thời gian hiện nay còn chưa thực hiện được. Trên thực tế thường xác định liều lượng phèn cần thiết bằng thực nghiệm như sau:

Rót nước cần nghiên cứu vào 9 hoặc 10 ống nghiệm hình trụ bằng thủy tinh (dung tích 1 lít), mỗi ống nghiệm cho vào một lượng khác nhau dung dịch phèn (cả hợp chất để kiểm hóa nếu cần), lập tức khuấy mạnh phèn và nước trong 20-30 giây, sau đó khuấy trộn từ từ đều đặn trong 15 phút tiếp theo. Để lắng 30 - 60 phút, dùng mắt thường quan sát bông cặn tạo ra trong các ống nghiệm và theo dõi quá trình lắng của chúng. Liều lượng nhỏ nhất của phèn (hay phèn và lượng hợp chất kiểm hóa) sau 15 phút khuấy trộn tạo ra các bông cặn lớn, đều và lắng hoàn toàn sau 30 - 60 phút được chọn làm liều lượng phèn tối ưu. Việc xác định liều lượng phèn như trên tuy khá chính xác nhưng vẫn mang tính chất gần đúng vì điều kiện khuấy trộn và hình dạng ống nghiệm khác hoàn toàn với điều kiện cấu tạo và quản lý các bể trộn và bể phản ứng tại các nhà máy nước. Để tính toán sơ bộ trong khi làm nhiệm vụ thiết kế hay thiết kế sơ bộ các công trình, liều lượng phèn có thể chọn theo chỉ dẫn kinh nghiệm ghi trong quy phạm cấp nước. Khi xử lý nước có màu, liều lượng phèn nhôm sunfat có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$a = 4\sqrt{M}, \quad (3.13)$$

trong đó: a - liều lượng phèn tính theo  $Al_2(SO_4)_3$  (mg/l);

M- độ màu của nước tính bằng độ theo thang mẫu platin-coban.

Khi xử lý nước bằng phèn để giảm cả độ đục, cả độ màu của nước, liều lượng phèn phải chọn số lớn hơn trong hai số tìm được do yêu cầu giảm độ đục và giảm độ màu.

## 3.2. ĐỘNG HỌC CỦA QUÁ TRÌNH KEO TỤ

### 3.2.1. Các giai đoạn keo tụ

Khi xử lý nước bằng phèn nhôm  $Al^{3+}$  hay phèn sắt  $Fe^{3+}$  quá trình keo tụ diễn ra qua các giai đoạn sau:

- Khuấy trộn phèn với nước.
- Thủy phân của phèn.
- Phá hủy độ bền của keo (làm mất ổn định hệ keo).
- Dính kết hấp thụ và keo tụ do chuyển động nhiệt và do khuấy trộn.

Sự khác nhau có tính chất đặc trưng giữa các quá trình keo tụ chủ yếu là do giai đoạn thủy phân và phá hủy độ bền của keo gây ra, bởi vì khi nghiên cứu quá trình thủy phân của phèn nhận thấy rằng: Trong điều kiện xử lý nước, quá trình thủy phân, hấp thụ và trao đổi ion của lớp điện tích kép diễn ra rất nhanh chóng (tức thời), tốc độ hấp thụ và trao đổi các hợp chất trung gian của quá trình thủy phân làm phá vỡ độ bền của keo dẫn đến sự dính kết giữa chúng phụ thuộc vào các thông số vật lý: pH, độ pha loãng, nồng độ cặn, tình trạng bề mặt của hệ, nhiệt độ, v.v... Dưới tác dụng của các yếu tố này diễn ra một cách tức thời các phản ứng phá hủy độ bền của keo. Nghĩa là mức độ phá hủy độ bền, hiệu quả của các va chạm giữa các hạt keo phụ thuộc vào điều kiện thủy phân và loại các hợp chất được hấp thụ trong lớp điện tích kép. Còn quá trình dính kết đối với tất cả các quá trình keo tụ diễn ra giống nhau vì đều phụ thuộc vào số các va chạm và hiệu quả va chạm của các hạt keo, và là giai đoạn chậm nhất của quá trình keo tụ.

Theo tài liệu nghiên cứu và thực nghiệm thì hằng số tốc độ thủy phân của anion và cation khoảng  $10^{-10} \text{ s}^{-1}$ , hằng số trùng hợp sản phẩm thủy phân  $1.10^2 - 1.10^3 \text{ s}^{-1}$ . Đối với phản ứng thủy phân và trùng hợp của muối nhôm và sắt, người ta rút ra kết luận:

Thời gian cần thiết để tạo ra hợp chất dạng  $\text{AlOH}^{2+}$  và  $\text{FeOH}^{2+}$  dễ dàng bị hấp thụ trên bề mặt hạt keo là  $10^{-10} \text{ s}$ . Việc tạo ra các trùng hợp xảy ra chậm hơn, mất khoảng  $10^2 - 1 \text{ s}$ , còn thời gian hấp thụ các hợp chất này trên bề mặt keo khoảng  $10^{-4} \text{ sec}$ . Do đó khi đã đạt được các thông số lý hóa tối ưu cho quá trình thủy phân và phá hủy độ bền của keo ta phải đưa quá trình keo tụ vào chế độ tối ưu bằng cách tạo điều kiện để giai đoạn dính kết giữa các hạt diễn ra có hiệu quả nhất. Hiệu quả của giai đoạn này chủ yếu phụ thuộc vào số lượng các va chạm giữa các hạt của hệ keo. Kích thước hạt do dính kết lớn dần lên và điều đó ngăn cản hạt tham gia trực tiếp vào chuyển động nhiệt. Lúc đó muốn đạt được số va chạm cần thiết trong hệ phải khuấy trộn với cường độ nhất định, do đó giai đoạn dính kết, phụ thuộc chủ yếu vào các thông số thủy động lực học của dòng chảy. Trong các công trình xử lý nước, các quá trình keo tụ diễn ra trong dòng chảy rối, liên tục. Sự hiểu biết quy luật keo tụ trong dòng chảy rối cho phép trả lời được các câu hỏi:

- Cần phải khuấy trộn nước với dung dịch phèn trong bao lâu và với cường độ nào để đạt được hiệu quả làm sạch cao nhất.
- Những yêu cầu gì được đặt ra khi thiết kế kết cấu các bể trộn, bể cấu tạo bông và bể lắng.

### 3.2.2. Keo tụ do chuyển động nhiệt

Các hạt keo bị mất độ bền và có khả năng dính kết tham gia vào các chuyển động nhiệt (chuyển động Brao) và chạm với nhau tạo thành bông cặn. Theo lý thuyết của Smolukhốpki tốc độ keo tụ do chuyển động nhiệt phụ thuộc vào nồng độ ban đầu của hạt  $n_0$ , cường độ chuyển động Brao, hệ số khuếch tán của môi trường  $D$ . Bán kính tác dụng của lực hút Vandecvan  $R$ , và tốc độ tăng các tổ hợp hạt  $n_x$  tương ứng với phản ứng bậc hai:

$$\frac{dn_x}{dt} = 4\alpha\pi DR(n_0 - n_x)^2. \quad (3.14)$$

Ký hiệu  $(n_0 - n_x) = n_t$ : số lượng hạt trong một đơn vị thể tích tại thời điểm  $t$ , ta có:

$$-\frac{dn_x}{dt} = 4\alpha\pi DRn_t^2. \quad (3.15)$$

Sau khi tích phân trong giới hạn từ  $n_0$  đến  $n_t$  và từ 0 đến  $t$ , ta nhận được:

$$n_t = \frac{n_0}{1 + 4\alpha\pi DRn_0 t}, \quad (3.16)$$

trong đó:  $D$  - hệ số khuếch tán của các hạt đơn;

$R$  - bán kính tác dụng của lực hút Vandecvan;

$\alpha$  - hệ số hiệu quả va chạm.

Công thức của Smolukhốpki dựa trên sự va chạm chỉ của hai hạt, không tính đến khả năng va chạm đồng thời một nhóm hạt do tăng nồng độ ban đầu của các hạt và tăng thể tích của tổ hợp tạo thành.

### 3.2.3. Keo tụ do khuấy trộn

Nếu ngay từ lúc ban đầu, kích thước của hạt keo lớn hơn rất nhiều so với kích thước phân tử của môi trường phân tán hoặc do kết quả dính kết khi chuyển động nhiệt, kích thước hạt đạt tới  $1 \mu\text{m}$ , thì sự va chạm giữa các hạt chỉ có thể xảy ra do khuấy trộn bởi vì kích thước lớn của hạt không cho phép nó tham gia vào chuyển động nhiệt và chuyển động tương đối giữa các hạt với nhau là chuyển động có hướng do dòng chảy tầng và dòng chảy rối của môi trường phân tán gây ra. Tốc độ dính kết do khuấy trộn tương ứng với phản ứng bậc nhất. Đối với các hạt riêng biệt điểm chuyển từ keo tụ do chuyển động nhiệt sang keo tụ do khuấy trộn là điểm keo tụ tạm thời, tại điểm đó hạt chuyển từ tình trạng phân tán của hệ keo sang tình trạng phân tán của các hạt có kích thước tương đối bé. Từ thời điểm đó trở đi cường độ khuấy trộn là một trong

những yếu tố có tác dụng quyết định đến quá trình keo tụ, điều đó có nghĩa là các hạt bông cặn phải có một tốc độ di chuyển tương đối để đảm bảo đạt được số va chạm tối đa nhưng không gây ra phá hoại các hạt bông đã tạo ra.

### ■ Keo tụ trong dòng chảy tầng

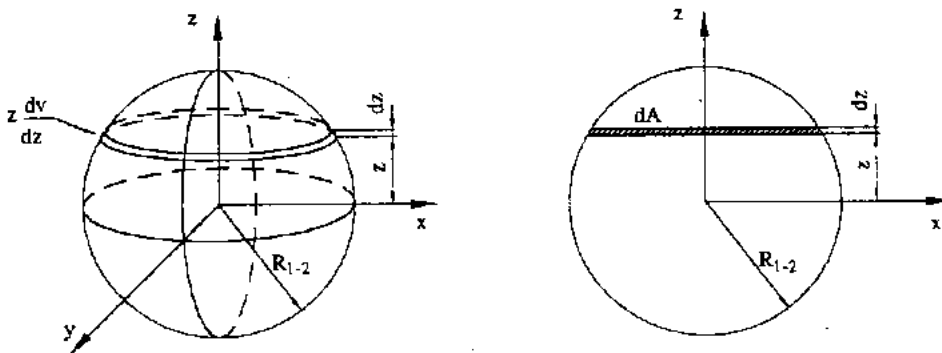
Chúng ta xét hai hạt (1) và (2) chuyển động trong dòng chất lỏng chảy tầng dọc tường phẳng theo hướng trục x. Tốc độ của hạt (2) bằng v. Theo hướng của trục z, tốc độ dòng lớn dần theo gradien tốc độ  $\frac{dv}{dz}$ ; hạt (1) nằm cách

hạt (2) một khoảng cách z theo hướng trục z. Lúc đó tốc độ của hạt (1) so với mặt phẳng bằng  $v + z \frac{dv}{dz}$ , còn tốc độ chuyển động tương đối của hạt (1)

đối với hạt (2) bằng:

$$v_{td} = z \frac{dv}{dz} \quad (3.17)$$

Giả thiết hạt (2) nằm ở gốc tọa độ. Theo Smolukhốpki lực tác dụng tương hỗ giữa hạt (1) và hạt (2) xảy ra nếu khoảng cách giữa hai hạt giảm đến trị số bằng bán kính tác dụng của lực hút (hình 3.5).



Hình 3.4. Mô hình về sự tác dụng lẫn nhau của các hạt trong dòng chảy tầng

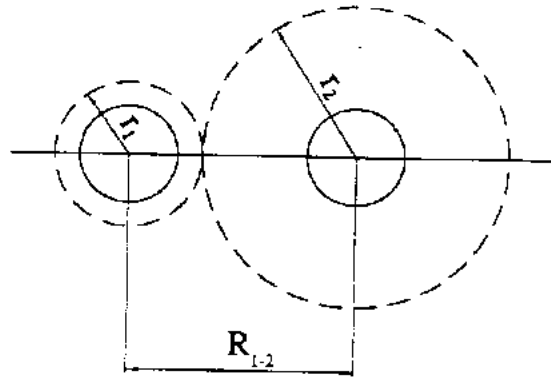
Số lượng hạt (1) trong một đơn vị thời gian đi vào trong bề mặt của hình cầu bán kính  $R_{12}$  bằng tích số của lưu lượng q đi qua hình cầu và số hạt (1) nằm trong một đơn vị thể tích ( $n_1$ ), từ hình (3.4) ta có:

$$dq = v_{td} \times dA \quad (3.18)$$

$$dq = z \frac{dv}{dz} 2 \left( \sqrt{R_{12}^2 - z^2} \right) dz. \quad (3.19)$$

Số hạt (1) có tác dụng tương hỗ với hạt (2) nằm ở tâm sau một đơn vị thời gian trong một đơn vị thể tích bằng:

$$N_1 = 4n_1 \int_0^{R_{12}} z \frac{dv}{dz} (R_{12}^2 - z^2)^{1/2} dz \quad (3.20)$$



Hình 3.5. Mô hình bán kính tác dụng tương hỗ giữa hai hạt

Sau khi thay giá trị gradien tốc độ bằng giá trị trung bình của nó theo thời gian và ký hiệu  $\frac{dv}{dz} = G$ , lấy tích phân (3.20) thu được:

$$N_1 = \frac{4}{3} n_1 G R_{12}^3. \quad (3.21)$$

Đối với  $n_2$  hạt (2) ta có  $n_2$  tâm keo tụ, sau khi thay vào (3.21)  $R_{12} = r_1 + r_2$  để ý đến hiệu quả va chạm  $\alpha_o$  ta có:

$$-\frac{dN_1}{dt} = N_{12} = \frac{4}{3} \alpha_o n_1 n_2 (r_1 + r_2)^3 G. \quad (3.22)$$

Đối với hệ keo có các hạt giống nhau ta có:

$$-\frac{dN_1}{dt} = N_{12} = \frac{4}{3} \alpha_o n_1^2 R_{12}^3 G \quad (3.23)$$

công thức (3.22) biểu diễn tốc độ keo tụ của hệ đa phân tán trong dòng chảy tầng.

■ **Keo tụ trong dòng chảy rối**

Điều kiện cân bằng giữa áp lực P và lực ma sát f tác dụng vào một thể tích nguyên tố của chất lỏng (hình 3.6) được viết theo biểu thức sau:

$$P \Delta z \Delta y + \left[ f + \left( \frac{df}{dz} \right) \Delta z \right] \Delta z \Delta y = f \Delta x \Delta y + \left[ P + \frac{dP}{dx} \Delta x \right] \Delta y \Delta x. \quad (3.24)$$

Để cho lớp trên và lớp dưới của chất lỏng trong thể tích nguyên tố chuyển động tương đối với nhau với tốc độ  $v_{td} = dv/dz$  (hay để thể tích nguyên tố chất lỏng quay với tốc độ góc  $dv/dz$ ) phải tiêu tốn một năng lượng bằng tích số của momen quay  $(f\Delta x\Delta y)\Delta z$  với vận tốc góc  $dv/dz$ . Do đó năng lượng tiêu tốn cho một đơn vị thể tích chất lỏng trong một đơn vị thời gian là:

$$W = \frac{(f\Delta x\Delta y)\Delta z \frac{dv}{dz}}{\Delta x\Delta y\Delta z} = f \frac{dv}{dz} \quad (3.25)$$

trong đó:  $f\Delta x \cdot \Delta y$  - lực ma sát tác dụng trên mặt dưới của thể tích nguyên tố chất lỏng;

$\Delta z$  - cánh tay đòn;

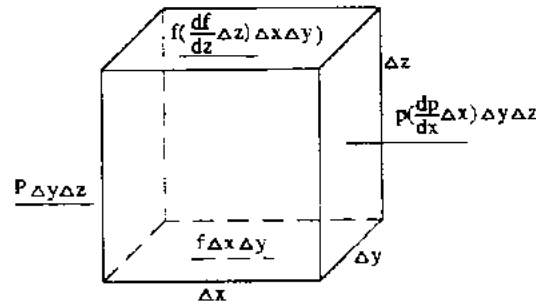
$dv/dz$  - tốc độ góc của thể tích ( $dv/dz = G$ ) hay gradient tốc độ;

$\Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z = \Delta V$  - thể tích nguyên tố của chất lỏng được tách ra;

$f$  - lực ma sát theo định luật Newton.

$$f = \mu \frac{dv}{dz} \quad ; \quad (3.26)$$

$\mu$  - độ nhớt động lực học của chất lỏng.



Hình 3.6. Sơ đồ quan hệ cân bằng lực đối với thể tích nguyên tố chất lỏng trong dòng chảy rời

Thay (3.26) vào (3.25) ta nhận được:

$$W = \mu \left( \frac{dv}{dz} \right)^2 = \mu G^2 \quad (3.27)$$

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}} = \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\nu}} \quad (3.28)$$

trong đó:  $\epsilon_1$  - năng lượng tiêu tốn cho một đơn vị khối lượng chất lỏng trong một đơn vị thời gian.

$\nu$  - độ nhớt động học.

$$\text{hoặc: } G = \sqrt{\frac{W_1}{\mu Q t}}, \text{ (s}^{-1}\text{)} \quad (3.29)$$

- $W_1$  - công tiêu tốn để khuấy trộn (kG.m);
- $\mu$  - độ nhớt động lực học của nước ( $\frac{\text{kG.s}}{\text{m}^2}$ );
- $Q$  - thể tích khuấy trộn ( $\text{m}^3$ );
- $t$  - thời gian khuấy trộn (s).

Công thức (3.28) và (3.29) cho phép xác định giá trị của gradien tốc độ và độ rối của dòng chảy khi khuấy trộn. Chúng được sử dụng để tính toán cường độ khuấy trộn và để đánh giá mức độ keo tụ theo chuẩn số keo tụ.

Công thức (3.22) do nhà khoa học Mỹ, Camp, tìm ra đối với dòng chảy tầng, nghiêm ngặt mà nói không thể dùng nó cho dòng chảy rối, vì gradien tốc độ không hoàn toàn đặc trưng cho độ rối của dòng. Nhưng kết quả thực nghiệm của nhiều nhà khoa học chứng tỏ rằng có thể dùng công thức (3.22) và (3.29) của Camp đối với trường hợp chảy rối vì gradien tốc độ và kích thước của các xoáy trong dòng chảy rối tương ứng với các va chạm của hạt cặn trong xử lý nước được xác định bởi cùng một thông số, đó là độ hấp thụ năng lượng cơ học của một đơn vị khối lượng chất lỏng nhớt.

So sánh tốc độ keo tụ do chuyển động nhiệt và tốc độ keo tụ do khuấy trộn bằng cách chia phương trình (3.23) cho (3.15) ta có:

$$\frac{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do khuấy trộn)}}{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do chuyển động nhiệt)}} = \frac{GR^3}{3D\pi R} \quad (3.30)$$

Nếu kích thước các hạt keo tụ không lớn, tích số DR có thể thay bằng  $2KT/3\pi\mu$ .

trong đó: K - hằng số Boltzman (Boltzmann) ( $1,38 \cdot 10^{-16}$  erg/dộ K);

T - nhiệt độ tuyệt đối (K);

$$\text{thu được: } \frac{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do khuấy trộn)}}{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do chuyển động nhiệt)}} = \mu \frac{GR_{12}^3}{2KT} \quad (3.31)$$

Kích thước hạt tới  $5 \mu\text{m}$ , cường độ khuấy trộn  $G = 50 \text{ s}^{-1}$  là các thông số thường đạt được ở các nhà máy xử lý nước, khi  $t^\circ = 20^\circ\text{C}$ ,  $\mu = 0,01 \text{ g.s/cm}^2$ , theo (3.31) keo tụ do khuấy trộn lớn hơn keo tụ do chuyển động nhiệt 5000 lần. Từ đó ta thấy rằng để thu được các hạt cặn do kết quả keo tụ có kích thước



đủ lớn có thể lắng trong bể lắng thì cần khuấy trộn và cường độ khuấy trộn đóng vai trò chủ yếu. Các công thức trên đây rút ra từ điều kiện va chạm của các hạt hình cầu hoặc đều cạnh, còn sự tác động lẫn nhau của các hạt có hình dạng khác nhau phức tạp hơn nhiều, bởi vì lúc đó cùng với chuyển động có hướng của các hạt còn xảy ra chuyển động quay của mỗi hạt, do đó keo tụ có thể xảy ra nhanh hơn, và ta thấy rằng tìm một công thức toán học hoàn toàn chính xác về mặt lý thuyết để đánh giá hiệu quả keo tụ đối với tất cả các trường hợp là không thể thực hiện được, vì trong xử lý nước, cặn bản và keo do phen tạo ra để ngưng tụ chúng không những có dạng hình cầu mà còn là các hạt có hình dạng bất kỳ.

### 3.2.4. Keo tụ bằng phen có tính đến tác dụng phá hoại bông cặn khi khuấy trộn

Keo tụ nước bằng phen trong các công trình xử lý nước có những đặc điểm riêng:

1. Các hạt cặn làm bẩn nước và các hạt keo tạo ra do thủy phân phen cùng tham gia vào quá trình keo tụ.
2. Tốc độ tạo ra bông cặn là hàm số của tốc độ phản ứng hóa học, và cường độ khuấy trộn.
3. Kích thước của bông cặn được tạo thành lớn hơn hàng nghìn lần so với kích thước các hạt cặn tự nhiên.
4. Bông cặn tạo ra do quá trình keo tụ có các tính chất vật lý và kích thước hình học khác xa bông cặn lý tưởng mà ta đã xét trong điểm (2 và 3). Muốn thu được các số liệu đúng đắn để thiết kế và quản lý công trình keo tụ nước phải để ý đến tất cả các đặc điểm trên.

Trong công thức (3.22) ta coi hạt (2) là hạt bông cặn, hạt (1) là hạt ban đầu, do kích thước bông cặn rất lớn so với hạt (1) ban đầu ta có thể lấy  $(r_1 + r_2)^3 \sim r_2^3$ .

Thể tích hạt bông cặn  $V = \frac{4}{3} \pi r_2^3$

Nồng độ thể tích của bông cặn trong nước:

$$C_o = n_2 \frac{4}{3} \pi r_2^3. \quad (3.32)$$

Thay  $C_o$  vào (3.22) thu được:

$$-\frac{dn}{dt} = \alpha_o \frac{C_o}{\pi} Gn. \quad (3.33)$$

Lấy tích phân theo thời gian từ 0 đến t và từ nồng độ cặn ban đầu  $n_0$  đến  $n_t$  thu được:

$$\frac{n_t}{n_0} = e^{-\alpha_x \frac{C_0}{x} G.t} \quad (3.34)$$

Từ phương trình (3.34) Camp đã rút ra kết luận: Hiệu quả của quá trình keo tụ được đặc trưng bằng chuẩn số không thứ nguyên  $G.t$  thường gọi là chuẩn số Camp. Một số tác giả nghiên cứu khác đề nghị dùng  $C_0.G.t$  làm chuẩn số đánh giá hiệu quả của quá trình keo tụ vì trong thực tế xử lý nước, chuẩn số  $G.t$  dao động trong khoảng rất lớn đối với các nguồn nước khác nhau và trị số của nó phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng nước. Do đó không thể dùng chuẩn số  $G.t$  như là một thông số để cấu tạo và quản lý công trình trong mọi trường hợp.

Phân tích phương trình (3.34) ta thấy rằng: Hiệu quả của quá trình thủy phân phèn và phá hủy độ bền của keo, nghĩa là ảnh hưởng của pH, độ kiềm K, nhiệt độ của nước và thành phần ion của dung dịch đến quá trình keo tụ được thể hiện bằng hệ số hiệu quả và chạm  $\alpha_x$ . Trong thực tế việc xác định hệ số này là không thực hiện được, đồng thời không thể căn cứ vào trị số của nó để tìm giá trị tối ưu của các thông số kể trên. Còn ảnh hưởng của nồng độ cặn  $n_1$ , liều lượng phèn a được thể hiện bằng nồng độ thể tích của bông cặn  $C_0$ , hiện nay cũng chưa đo trực tiếp được và cũng không thể dựa vào trị số của nó để tìm liều lượng phèn tối ưu của quá trình keo tụ.

Công thức (3.34) thể hiện rằng hiệu quả của quá trình keo tụ tăng tỷ lệ thuận với nồng độ cặn  $C_0$ , cường độ khuấy trộn G và thời gian khuấy trộn t, với công thức (3.34) ta không thể xác định được giá trị tối ưu của các thông số  $C_0$ , G và t. Điều này mâu thuẫn với thực tế vì rằng đối với mỗi quá trình keo tụ đều có giá trị tối ưu của cường độ khuấy trộn G, nếu cường độ khuấy trộn nhỏ hơn trị số này thì số lượng va chạm giữa các hạt không đủ để keo tụ; các hạt lớn không bị di chuyển sẽ lắng nhanh còn các hạt nhỏ sẽ lơ lửng trong thể tích nước. ngược lại nếu cường độ khuấy trộn lớn hơn trị số tối ưu thì sẽ gây ra sự phá vỡ các bông cặn lớn. Mặt khác nếu thời gian khuấy trộn ít hơn thời gian khuấy trộn tối ưu thì số lượng va chạm không đủ và hiệu quả keo tụ sẽ thấp, còn nếu khuấy trộn lâu hơn thời gian tối ưu thì sẽ gây ra sự lặp đi lặp lại nhiều lần quá trình dính kết, phá vỡ giữa các bông cặn dẫn đến làm trở một phần bề mặt hoạt tính của bông cặn, tức là giảm hiệu quả dính kết và giảm đường kính của bông cặn.

Để tăng cường hiệu quả keo tụ, giảm giá trị  $G \cdot t$  và tránh một phần các tác dụng xấu kể trên, các nhà khoa học đã tạo ra bể cấu tạo bông có lớp cặn lơ lửng và bể tạo bông có lớp hạt tiếp xúc bằng vật liệu rắn để tăng nồng độ các hạt cặn  $n_1, n_2$  trong công thức (3.22) tức là tăng nồng độ thể tích của hạt cặn  $C_0$  trong (3.33).

### 3.2.5. Ảnh hưởng của hàm lượng cặn và việc sử dụng tuần hoàn cặn lắng để đẩy mạnh quá trình keo tụ

Từ công thức (3.22) và (3.34) ta thấy rằng tốc độ và hiệu quả của quá trình keo tụ phụ thuộc vào hàm lượng cặn (nồng độ các hạt  $n_1, n_2$ )  $m_0$  trong nước. Khi các điều kiện khác như nhau, hàm lượng cặn càng lớn, tốc độ và hiệu quả của quá trình keo tụ càng lớn, nhưng khi hàm lượng cặn lớn đòi hỏi đồng thời phải tăng cường độ khuấy trộn và thời gian khuấy trộn nghĩa là đòi hỏi tiêu tốn nhiều năng lượng hơn. Do tác dụng của hàm lượng cặn như đã nêu trên, trong nhiều trường hợp xử lý nước có độ đục thấp, độ màu cao, người ta pha thêm cặn cát, sét vào nước nguồn để tăng cường quá trình keo tụ. Như vậy, hàm lượng cặn trong nước đi vào bể phản ứng  $m_0$  cũng là thông số điều khiển được trong các quá trình keo tụ, và bằng thực nghiệm trên mô hình hoặc trên công trình đang quản lý ta tìm hàm lượng cặn tối ưu cho mỗi nguồn nước cụ thể. Trong nhiều trường hợp thực tế quản lý các nhà máy nước và cả trong nghiên cứu thực nghiệm khi tăng hàm lượng cặn trong nước bằng cách sử dụng tuần hoàn lại cặn đã lắng trong các bể lắng, đạt kết quả rất tốt. Trong các tạp chí và sách chuyên ngành đã có nhiều công bố về kết quả sử dụng tuần hoàn cặn của bể lắng, để tăng cường quá trình keo tụ, nhưng việc nghiên cứu hiện tượng này một cách có lý luận chặt chẽ, từ đó tìm ra đặc điểm chung đối với các nguồn nước trong các tài liệu công bố còn rất ít. Ở đây chúng ta cố gắng giải thích bằng lý luận hiện tượng này.

- Hiệu quả va chạm giữa các hạt được đánh giá bằng hệ số  $\alpha$ .
- Hiệu quả thủy động của các công trình keo tụ (hệ số sử dụng thể tích, độ trộn đều các phần tử trong chất lỏng) được đánh giá bằng hệ số  $\gamma$ .

Ta giả thiết rằng: Số lượng hạt hydroxit do phen tạo ra trong một đơn vị thể tích bằng  $n_0$ , còn số lượng hạt hydroxit phen đã tác dụng với cặn bản của nước sau thời gian  $t$  bằng  $x$ . Như vậy, tại thời điểm  $t$  số lượng keo phen tự do còn lại chưa tác dụng với cặn bản  $S = (n_0 - x)$ . Khi các công trình làm việc ổn định trong khoảng thời gian từ  $t$  đến  $t + \Delta t$ , ta coi quá trình va chạm để dính kết các hạt keo phen và cặn bản là xảy ra đều trong toàn bộ thể tích. Như vậy

sau thời gian  $dt$ , số hạt keo phen tác dụng với cặn bản sẽ là  $dx$  và tốc độ keo tụ tức thời là  $\frac{dx}{dt}$ . Rõ ràng tốc độ sử dụng các hạt hydroxit phen tỷ lệ với số lượng hạt tự do còn lại sau thời gian  $t(n_0 - x)$ , tỷ lệ với hệ số hiệu quả va chạm  $\alpha$  và hệ số hiệu quả thủy động  $\gamma$ , tỷ lệ với hàm lượng cặn  $m_0$  trong nước. Ta có:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha\gamma m_0 (n_0 - x) \quad (3.35)$$

hay: 
$$dt = \frac{1}{\alpha\gamma m_0} \frac{dx}{(n_0 - x)} \quad (3.36)$$

Bởi vì khi các công trình làm việc ổn định:  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $m_0$  là các hằng số nên sau khi tích phân (3.36) ta thu được:

$$t = \frac{1}{\alpha\gamma m_0} \ln \frac{1}{n_0 - x} + C \quad (3.37)$$

Giá trị của hằng số tích phân  $C$  được xác định xuất phát từ điều kiện ban đầu như sau: Quá trình sử dụng các hạt hydroxit phen xảy ra ngay sau khi tạo ra nó nghĩa là khi  $t = 0$ ,  $x = 0$ ; thay giá trị  $t = 0$ ,  $x = 0$  vào (3.37) thu được:

$$C = \frac{1}{\alpha\gamma m_0} \ln \frac{1}{n_0} \quad \text{và} \quad t = \frac{1}{\alpha\gamma m_0} \ln \frac{n_0}{n_0 - x} \quad (3.38)$$

Số lượng hạt hydroxit nhôm đã dính kết với cặn bản của nước sau thời gian  $t$ . Rút từ (3.38):

$$x = n_0 (1 - e^{-\alpha\gamma m_0 t}) \quad (3.39)$$

từ công thức (3.39) thấy rõ rằng:  $x < n_0$  và các hạt hydroxit phen không bao giờ được sử dụng hết trong các công trình làm sạch dù cho chúng có kết cấu rất hoàn hảo, nghĩa là  $\gamma$  xấp xỉ bằng đơn vị. Bởi vì thời gian keo tụ trong công trình  $t_1$  là thời gian tối ưu của quá trình keo tụ chứ không phải là thời gian sử dụng hết các hạt phen là  $t_2$  và  $t_1 \ll t_2$ . Từ đó ta thấy: Muốn tăng hiệu quả sử dụng hạt keo phen trong nước ta phải tuần hoàn lại cặn để tăng thời gian  $t$  trong công thức (3.39). Như vậy, việc sử dụng lại các cặn đã lắng về nguyên tắc là có lợi trong mọi trường hợp nhưng cần chú ý rằng:

- a. Trong các quá trình xử lý nếu thu được hệ số hiệu quả va chạm giữa các hạt  $\alpha$  quá thấp, trong trường hợp này tuần hoàn cặn để tăng hạt keo phen là không hiệu quả.
- b. Hiệu quả sử dụng lại cặn phụ thuộc vào số hạt tự do còn lại trong cặn sau một thời gian keo tụ trên công trình ( $t_1$ ).

$$S = n_0 - x_{t_1} = n_0 e^{-\alpha \gamma m_0 t_1}$$

Nếu tuần hoàn lại nhiều lần 1 lượng cặn thì thời gian sử dụng  $t_1$  tăng lên, lượng tự do  $S$  giảm xuống, đồng thời bề mặt hoạt tính của hạt bị trơ hóa vì nhiều lần dính kết và tách các hạt bẩn trên nó, dẫn đến giảm hệ số hiệu quả va chạm  $\alpha$ . Do đó nhiệm vụ của người thiết kế công nghệ là phải cấu tạo thiết bị để tuần hoàn lại chỉ những cặn mới lắng lần đầu (các kiểu bể lắng accelator).

- c. Cặn đã lắng có kích thước và cấu trúc của bông cặn, vì vậy khi tuần hoàn lại phải hết sức tránh tác động gây phá hoại bông cặn. Cặn tuần hoàn có thể đưa vào bể cấu tạo bông (bể phản ứng) hay đưa trực tiếp vào máng phân phối của bể lắng.

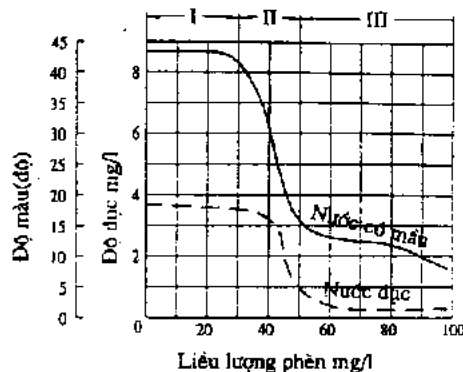
Tóm lại để tìm hàm lượng cặn tối ưu cho mỗi nguồn nước khi keo tụ chúng, và tìm hệ số tuần hoàn cặn thích hợp, trong thời gian hiện nay chưa thể thực hiện được bằng tính toán thuần túy vì các hệ số  $\alpha$  và  $\gamma$  hiện chưa có thiết bị để đo trực tiếp. Vấn đề chỉ có thể được giải quyết một cách chính xác và tin cậy bằng các quy hoạch thực nghiệm trên mô hình đồng dạng hoặc trực tiếp trên công trình (các loại bể có tuần hoàn cặn đáp ứng yêu cầu b và c hiện nay đều là phát minh độc quyền của các hãng).

### 3.2.6. Keo tụ tiếp xúc

Sử dụng khả năng kết dính của các hạt cặn lên bề mặt các hạt của vật liệu lọc như cát, các nhà khoa học đề xuất bể lọc tiếp xúc để lọc nước theo nguyên tắc keo tụ tiếp xúc. Về bản chất sự dính kết của các hạt cặn vào các hạt của lớp vật liệu lọc là sự keo tụ, bởi vì muốn có dính kết phải tạo ra điều kiện thủy động thuận lợi cho các hạt cặn chuyển động gần các hạt của các lớp vật liệu lọc đến mức xuất hiện lực hút Vandecvan giữa chúng, đồng thời phải khử độ bền của hệ keo để giảm lực đẩy tĩnh điện giữa chúng. Quá trình keo tụ tiếp xúc diễn ra với tốc độ nhanh và với mức độ hoàn hảo hơn sự keo tụ trong thể tích chất lỏng. Vì cường độ dính kết giữa các hạt bé trong nước với các hạt lớn của lớp vật liệu lọc lớn hơn nhiều lần so với cường độ dính kết (do va chạm) giữa các hạt bé với nhau trong môi trường thể tích. Ngoài ra các hạt bé tuy còn tích điện và thậm chí nồng độ các hạt còn chưa đủ để gây ra keo tụ do va chạm trong môi trường thể tích nhưng nó đã có thể thực hiện được quá trình keo tụ tiếp xúc trong lớp vật liệu hạt. Quy trình thực hiện keo tụ tiếp xúc có hiệu quả nhất là sau khi pha phèn vào nước lập tức cho lọc qua môi trường

hạt, ví dụ như cát. Đặc trưng của quá trình keo tụ tiếp xúc theo quy trình đã nêu thể hiện trên biểu đồ hình (3.7).

Lúc đầu khi tăng liều lượng phèn, độ đục và độ màu của nước giảm rất ít và gần như không thay đổi (vùng I trên hình (3.7)), sau đó khi phèn đạt đến một liều lượng nhất định thì bắt đầu "ngưỡng" keo tụ, độ đục, độ màu của nước lọc giảm rất nhanh (vùng II), sau giai đoạn đó việc tiếp tục tăng liều lượng phèn ảnh hưởng rất ít đến hàm lượng cặn trong nước lọc.



Hình 3.7. Sự phụ thuộc liều lượng phèn vào hiệu quả làm trong và khử màu khi keo tụ tiếp xúc

Liều lượng phèn tương ứng với ngưỡng keo tụ trong keo tụ tiếp xúc bé hơn lượng phèn dùng để keo tụ cùng một số lượng cặn trong môi trường thể tích và cường độ dính kết giữa cặn và các hạt của lớp vật liệu lọc lớn hơn cường độ dính kết giữa các hạt cặn với nhau trong keo tụ thể tích, cho nên keo tụ tiếp xúc cần ít thời gian hơn, năng suất của công trình cao hơn.

Quá trình keo tụ tiếp xúc xảy ra không chỉ trong các bể lọc tiếp xúc mà cả trong bể lọc nhanh nếu nước sau khi trộn đều với phèn không cho lắng mà chuyển ngay vào bể lọc. Thông số có ảnh hưởng quyết định đến hiệu quả lọc nước không phải là kích thước của cặn mà là khả năng dính kết của chúng vào lớp vật liệu hạt, là tính chất lý hóa của cặn bản sau khi đã xử lý phèn. Nếu không xử lý cặn bản bằng phèn thì chúng hầu như không có khả năng dính kết và ngay các hạt cặn có kích thước lớn cũng có thể dễ dàng lọt qua chiều dày của lớp vật liệu lọc.

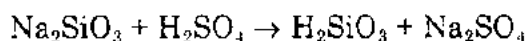
Trong các bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng, nước sau khi trộn đều với phèn đi qua lớp cặn lơ lửng gồm các bông cặn đã tạo ra từ trước để thực hiện quá trình keo tụ tiếp xúc và nước sau khi qua bể lắng trở nên trong.

### 3.3. DÙNG CÁC HÓA CHẤT PHỤ ĐỂ TĂNG CƯỜNG QUÁ TRÌNH KEO TỤ

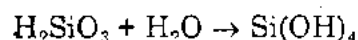
Các hóa chất dùng để tăng cường quá trình keo tụ của phèn nhôm và phèn sắt là các chất cao phân tử. Trong những trường hợp đặc biệt các hóa chất này có thể thay phèn để keo tụ cặn.

Chất cao phân tử dùng để tăng cường quá trình keo tụ của phen nhôm và phen sắt theo thành phần hóa học có thể chia rành hợp chất cao phân tử vô cơ: axit silixic hoạt hóa và hợp chất cao phân tử hữu cơ: poliacrilat natri, poliacriamit...

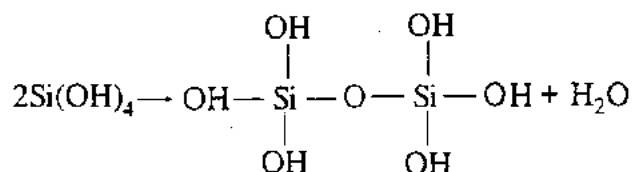
Axit silixic hoạt hóa được sản xuất từ silicat natri (thủy tinh lỏng) ở ngay nhà máy nước bằng cách trung hòa độ kiềm của dung dịch thủy tinh lỏng có nồng độ 1 - 2%. Dung dịch thủy tinh lỏng nồng độ 1% có phản ứng kiềm (pH = 11 ÷ 12), trong điều kiện ấy không thể tạo ra axit silixic hoạt hóa. Nhưng khi trung hòa ví dụ bằng axit sunfuric 70 - 85% độ kiềm của dung dịch thủy tinh lỏng nồng độ 1 - 2%, silicat natri chuyển thành axit silixic theo phản ứng:



Axit silixic bị thủy phân:



Sau đó xảy ra ngưng kết axit silixic bằng cách khử dần nước để tạo ra liên kết lưới

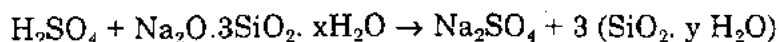


Quá trình ngưng kết dẫn đến sự tạo ra axit keo silic. Hạt keo của axit silixic hoạt hóa khi cho vào nước đã được pha phen có tác dụng đẩy mạnh quá trình keo tụ các hạt keo tích điện dương hydroxit nhôm hoặc lượng ion âm đa hóa trị quá ít không đủ để đảm bảo keo tụ nhanh các hạt keo tích điện dương của phen (vì axit silixic hoạt hóa sau khi ngưng kết tạo ra liên kết lưới tích điện âm). Trong nhiều trường hợp dùng axit silixic hoạt hóa làm chất tăng cường để xử lý nước có độ đục thấp, độ màu cao cho kết quả rất tốt.

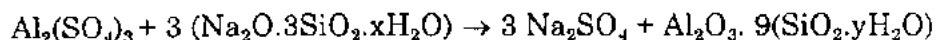
Nguyên liệu gốc để sản xuất axit silixic hoạt hóa là thủy tinh lỏng có modul (tỷ số phân tử) gần bằng 3.

Thủy tinh lỏng modul bằng 3 gồm 28 - 29%  $\text{SiO}_2$  và 8,8 - 9,4%  $\text{Na}_2\text{O}$ , trọng lượng riêng gần bằng 1,5. Để hoạt hóa axit silixic có thể dùng các hoạt chất khác nhau

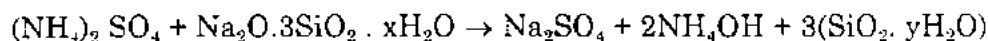
- *Axit sunfuric*



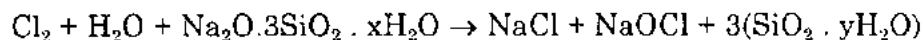
- *Phèn sunfat nhôm*



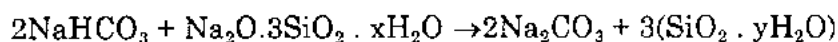
- *Sunfat amoni*



- *Clor*



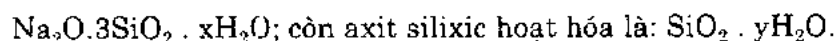
- *Hydrocarbonat natri*



- *Khí CO<sub>2</sub>*



Trong các phản ứng trên dung dịch thủy tinh lỏng có ký hiệu là:



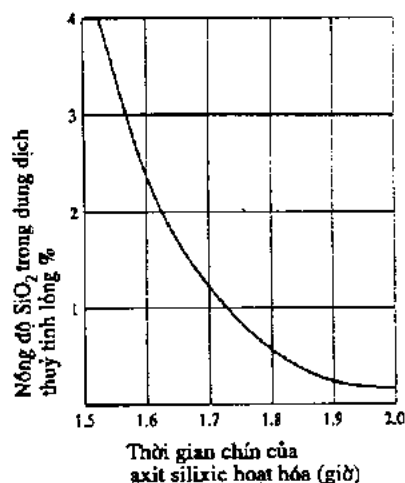
Việc chọn hoạt chất để hoạt hóa axit silixic cần dựa vào khả năng của từng nhà máy nước và dựa trên cơ sở tính toán kinh tế kỹ thuật. Tại các nhà máy nước dùng phèn sunfat để keo tụ và dùng clo để khử trùng, ta có thể dùng một trong hai chất ấy làm chất hoạt hóa axit silixic. Khi dùng clo làm hoạt chất phản ứng sẽ tạo ra hypoclorit natri (NaOCl) và chất này được dùng để khử trùng nước. Sau khi đưa hoạt chất vào dung dịch thủy tinh lỏng sẽ xảy ra sự "ngấu" của keo axit silixic hoạt hóa và dung dịch axit bắt đầu keo tụ ngay sau khi chín ngấu, các hạt keo bắt đầu bị mất điện tích và độ hoạt tính của keo axit silixic mất dần. Vì thế cần phải sử dụng axit silixic hoạt hóa ngay trong vài giờ sau khi nó ngấu. Để kéo dài thời gian sử dụng axit silixic hoạt hóa phải pha loãng dung dịch bằng nước đến nồng độ 0,5% (tính theo SiO<sub>2</sub>). Hình (3.8) biểu diễn sự phụ thuộc của thời gian chín axit silixic hoạt hóa vào nồng độ của nó (tính theo SiO<sub>2</sub>).

Biểu đồ thành lập đối với dung dịch thủy tinh lỏng 1,5 - 2%, có 82% độ kiềm đã được trung hòa bằng axit sunfuric.

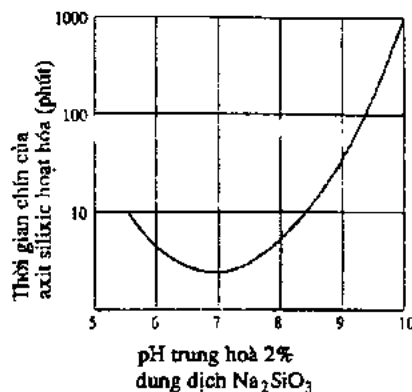
Tốc độ ngấu của axit silixic hoạt hóa có thể điều chỉnh bằng mức độ trung hòa độ kiềm của dung dịch (bằng trị số pH sau khi trung hòa) và bằng cách chọn hóa chất để trung hòa. Sự phụ thuộc thời gian ngấu của axit silixic hoạt hóa vào trị số pH của dung dịch thủy tinh lỏng 2%, sau khi trung hòa một phần độ kiềm được biểu diễn trên đồ thị hình (3.9). Từ đồ thị (3.9) ta thấy rằng thời gian ngấu tăng nhanh khi giá trị pH của dung dịch lớn hơn 8 và bé hơn 6.



Độ pH của dung dịch thủy tinh lỏng có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi liều lượng của chất hoạt hóa và dùng biểu đồ hình (3.10) ta có thể xác định gần đúng phần trăm độ kiềm của dung dịch thủy tinh lỏng đã bị trung hòa bằng những hoạt chất khác nhau theo pH.



Hình 3.8. Sự phụ thuộc thời gian chín của axit silixic hoạt hóa vào nồng độ dung dịch tinh theo SiO<sub>2</sub> %



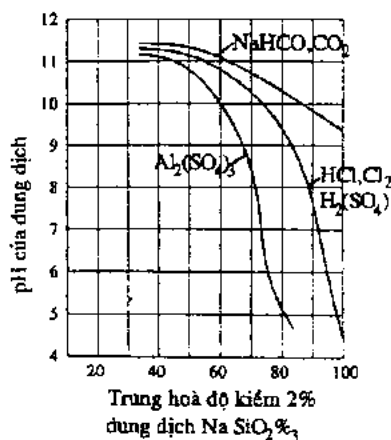
Hình 3.9. Sự phụ thuộc thời gian chín của axit silixic hoạt hóa vào pH của dung dịch trung hòa thủy tinh lỏng 2%

Mức trung hòa độ kiềm của dung dịch thủy tinh lỏng 2% (SiO<sub>2</sub>).

Liều lượng axit silixic hoạt hóa cho vào nước để tăng cường quá trình keo tụ được xác định bằng thực nghiệm trong phòng thí nghiệm tại các nhà máy nước.

Quy cách sản xuất và định lượng axit silixic hoạt hóa vào nước được trình bày trong chương 4.

Trong thời gian gần đây để tăng cường quá trình keo tụ, người ta dùng ngày càng nhiều các hợp chất cao phân tử hữu cơ, ví dụ poliacrilamit. Hiệu quả làm trong nước đạt được cao nhất khi cho poliacrilamit vào nước sau khi trộn phèn. Poliacrilamit làm tăng nhanh đường kính hiệu quả của các bông cặn đã được tạo ra khi cho phèn vào nước. Dùng poliacrilamit có thể là một trong những hướng phát triển tương lai của quá trình công nghệ xử lý nước ở nước ta.



Hình 3.10. Sự phụ thuộc pH của dung dịch thủy tinh lỏng 2% vào mức độ trung hòa độ kiềm

# 4

## HÓA CHẤT DÙNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC CÁC THIẾT BỊ PHA CHẾ ĐỊNH LƯỢNG

---

### 4.1. CÁC HÓA CHẤT DÙNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC

Trong đại đa số các trường hợp, để thu được nước có chất lượng thỏa mãn yêu cầu của các đối tượng dùng nước khác nhau, trong quá trình xử lý phải dùng các hóa chất khác nhau hoặc phải lọc nước qua môi trường hạt của các chất hấp thụ và sau một thời gian làm việc phải dùng hóa chất thích hợp để khôi phục lại khả năng hấp thụ của hạt vật liệu lọc.

Dưới đây giới thiệu tóm tắt đặc tính cơ bản của các hóa chất thường dùng trong công nghệ xử lý nước:

#### ■ Phèn

Phèn để keo tụ cận bản trong nước thường dùng các chất sau:

- **Phèn nhôm** (sunfat nhôm)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  được sản xuất bằng cách điều chế bôxít, cao lanh và các chất sét khác có chứa oxy nhôm với axit sunfuric. Phụ thuộc vào phương pháp sản xuất và tính chất của nguyên liệu thu được các loại phèn nhôm khác nhau.

Phèn nhôm không tinh khiết thường dùng ở các nhà máy nước là phèn tảng, cục, có hình dạng không đều nhau và có màu xám, có chứa không ít hơn 35,5%  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (9%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) không lớn hơn 2% axit sunfuric tự do, 0,5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; không lớn hơn 0,003% thạch tín ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) và không lớn hơn 23% cận không hòa tan. Trọng lượng thể tích khi đổ thành đống  $\gamma = 1,1 - 1,4 \text{ t/m}^3$

Phèn nhôm kỹ thuật, phèn sạch là các tảng hoặc cục có màu xám sáng có chứa không ít hơn 40,3%  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (13,3%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) và không lớn hơn 1% cận không hòa tan trong nước. Ở các nước Mỹ, Anh, Pháp ngoài phèn cục còn sản xuất phèn nhôm ở dạng bột để định lượng khô cho vào nước.

- Aluminat natri  $\text{NaAlO}_2$  sản xuất bằng cách hòa tan hydroxit nhôm hay oxyt nhôm vào dung dịch xút  $\text{NaOH}$ . Phèn nhận được có dạng

cục cứng, màu sáng có ánh xạ cừ khi bị vỡ, trọng lượng thể tích khi đổ thành đồng  $\gamma = 1,2 - 1,8 \text{ t/m}^3$ .

Alumi oxyt clorit  $[\text{Al}_2(\text{OH})_5]\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sản xuất bằng cách hòa tan bột hydroxit nhôm vào dung dịch 0,5 - 1% của axit HCl. Nó là phen kết tinh màu vàng nhạt, có chứa 40 - 44%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và 20 - 21% Cl. Có thể sản xuất ở dạng dung dịch đặc 35%.

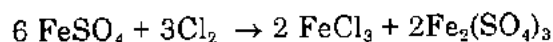
- **Phèn sắt:** Sunfat sắt hóa trị II ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) thu được bằng cách tạn dụng phế liệu (chất thải) khi tẩy rửa bề mặt kim loại đen ở các nhà máy luyện kim bằng  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Nó là các tinh thể màu xanh sáng, bề mặt do bị oxy hóa dần dần bị phủ bởi màng màu vàng.

Sản phẩm kỹ thuật của phen  $\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  có chứa từ 47 đến 53%  $\text{FeSO}_4$ , không lớn hơn 0,25 - 1%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tự do, không lớn hơn 0,4 - 1% cặn không hòa tan trong nước, thường đựng trong các thùng gỗ để vận chuyển đến nhà máy nước.

Trọng lượng thể tích khi đổ thành đồng  $\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$ .

Clorua sắt  $\text{FeCl}_3$ : Đựng trong các thùng thép kín để vận chuyển đến nhà máy nước. Sản phẩm thị trường của  $\text{FeCl}_3$  có chứa không ít hơn 98%  $\text{FeCl}_3$ .

Hỗn hợp clorua sắt  $\text{FeCl}_3$  và sunfat sắt hóa trị III:  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  có thể thu được ngay tại nhà máy nước bằng cách điều chế dung dịch sunfat sắt hóa trị II với clo. Quá trình clo hóa sunfat sắt (II) diễn ra theo phản ứng sau:



liều lượng clo 0,128 gam cho 1 gam  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Sunfat sắt hóa trị III  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$  do có chứa nhiều  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tự do nên ăn mòn mạnh, khó định lượng chính xác để cho vào nước vì hàm lượng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bị thay đổi luôn nên ít được dùng làm phen để keo tụ nước tuy rằng nó có khả năng keo tụ rất cao.

#### ■ Các chất dùng để tăng cường quá trình keo tụ

Để đẩy nhanh quá trình keo tụ khi xử lý nước có màu, độ đục thấp, khi nhiệt độ nước thấp người ta dùng các chất tăng cường để làm cho các bông cặn tạo nên có kích thước lớn và rắn chắc.

Thường hay dùng hơn cả là axit silixic hoạt tính,  $(\text{Na}_2\text{O})_m (\text{SiO}_2)_n$  sản xuất từ thủy tinh lỏng.

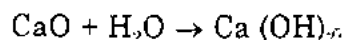
#### ■ Hóa chất thường dùng để khử trùng nước

- Clo lỏng  $\text{Cl}_2$  là chất lỏng màu ánh vàng da cam có chứa 99,5% Cl và không lớn hơn 0,06% nước. Clo là chất độc loại mạnh, hàm lượng clo cho phép trong phòng là 0,001mg/l. Vận chuyển clo trong các thùng hoặc bình đặc biệt chịu được áp lực cao.
- Hypoclorit natri  $\text{NaClO}$  thu được bằng điện giải dung dịch muối ăn ngay tại nhà máy nước. Nếu là sản phẩm công nghiệp thì dung dịch  $\text{NaClO}$  chứa 185 g/l clo hoạt tính, vận chuyển hypoclorit đến nhà máy nước dưới dạng dung dịch đựng trong các thùng chống ăn mòn.
- Hypoclorit canxi  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  chứa 30 - 45% clo hoạt tính, đựng trong các thùng chống ăn mòn.
- Clorua vôi là sản phẩm dạng bột, màu trắng có mùi clo mạnh, dễ bị phân hủy khi bảo quản lâu. Có chứa không ít hơn 32 - 35% clo hoạt tính và không ít hơn 10% hơi nước đựng trong các thùng gỗ, trọng lượng riêng  $\gamma = 1,2 \text{ t/m}^3$ .
- Sunfat amôni: dạng bột tinh thể không màu, chứa không ít hơn 25%  $\text{NH}_3$ , hàm lượng cặn không hòa tan bé hơn 0,01%. Hòa tan trong nước ở 20°C đến 754 g/l. Dùng để amoniac hóa nước khi khử trùng và để giảm độ kiềm và hàm lượng muối trong nước dùng cho nổi hơi khi làm mềm nước bằng phương pháp lọc qua bề lọc amoni natri cationit.

#### ■ Hóa chất dùng để làm mềm, kiềm hóa và ổn định nước

- Vôi chưa tôi (vôi xây dựng) thu được bằng cách nung đá vôi, đá phiến ở nhiệt độ 900 - 1200°C. Vôi gồm oxyt canxi  $\text{CaO}$  và cặn bẩn ( $\text{CaCO}_3$  chưa nung chín, oxyt magie  $\text{MgO}$ , cát và sét). Vôi chưa tôi được sản xuất ở hai dạng, vôi cục và vôi bột. Phụ thuộc vào hàm lượng của oxyt magie trong vôi, chia ra: vôi canxi (chứa oxyt magie  $\text{MgO}$  dưới 7%) vôi magie chứa hơn 7%  $\text{MgO}$ .

Khi cho vào nước, vôi bị tôi (hydrat hóa) phản ứng tỏa nhiệt và kết thúc khi tạo ra hydroxit canxi:



Khi tôi vôi cho thừa nước (3,5 m<sup>3</sup> nước 1 tấn vôi) thu được vôi nhão, 1 tấn vôi cục tạo ra 1,6 - 2,2 m<sup>3</sup> vôi nhão. Khi tôi vôi không cho thừa

lượng nước ( $0,7 \text{ m}^3$  nước 1 tấn vôi) thu được vôi tôi ở dạng bột sệt. Vì vôi có độ hòa tan thấp nên thường định lượng để cho vào nước dưới dạng sữa vôi.

- Soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : là bột hút ẩm màu trắng chứa không ít hơn 95%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  và không ít hơn 1%  $\text{NaCl}$ . Hòa tan mạnh trong nước nóng nhưng lại tan chậm trong nước lạnh. Đựng trong bao giấy.
- Xút ăn da  $\text{NaOH}$ : là chất hút ẩm màu trắng đục, bay hơi trong không khí. Xút dùng trong các trạm xử lý nước có chứa 95 - 92%  $\text{NaOH}$  không lớn hơn 3 - 2,5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 1,5 - 3,75%  $\text{NaCl}$  và 0,2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
- Muối ăn  $\text{NaCl}$  chứa không ít hơn 98%  $\text{NaCl}$  loại tinh khiết và 96,5%  $\text{NaCl}$  loại thường, cần không hòa tan 0,2 - 0,9%; 0,6%  $\text{Ca}$ ; 0,1  $\text{Mg}$ , trọng lượng khi đổ thành đống  $1\text{t}/\text{m}^3$ .
- Axit sunfuric kỹ thuật  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : là chất lỏng dầu, không màu chứa từ 75 - 90%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hòa tan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  vào nước diễn ra theo quá trình tách nhiệt. Vì thế khi điều chế dung dịch axit sunfuric phải rót rất từ từ axit vào nước, tuyệt đối không cho phép đổ nước vào axit. Đựng trong các bình thủy tinh, thùng gỗ hay thùng có lót lớp cách ly chống ăn mòn.
- Axit clohydric  $\text{HCl}$ : là chất lỏng trong, màu phớt vàng, loại 1 chứa không ít hơn 27,5%  $\text{HCl}$ , không lớn hơn 0,4%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 0,01%  $\text{As}$ . Đựng trong các bình thủy tinh, thùng gỗ và thùng có bảo vệ chống ăn mòn.
- Trinatri photphat  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ : tinh thể màu trắng và phớt vàng, hàm lượng  $\text{PO}_4$  trong sản phẩm thị trường không ít hơn 23,7%, cần không hòa tan ít hơn 0,1%.

#### ■ Hóa chất dùng để xử lý chống gỉ, chống rong, rêu, tảo và các quá trình sinh học khác

- Hexameta photphat natri  $(\text{NaPO}_3)_6$ : dạng cục không màu hay màu xanh sáng, có chứa 72 - 74%  $(\text{NaPO}_3)_6$  dùng để ngăn ngừa sự lắng đọng của cacbonat canxi, hydroxit sắt trong các đường ống dẫn nước và dùng để hòa tan cặn bám cacbonat và sắt, để chống gỉ cho ống dẫn nước.
- Sunfat đồng: tinh thể màu xanh, loại I chứa không ít hơn 98%  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Loại II chứa không ít hơn 94%  $\text{CuSO}_4$  hàm lượng cặn không hòa tan ít hơn 0,1%. Dùng để chống mọc rong, rêu tảo trong các hồ chứa nước, các bể làm nguội nước và trên đường ống dẫn. Vận chuyển trong các thùng gỗ dung tích 5, 10, 20 lít.

■ Các hóa chất dùng trong các quá trình xử lý khác

Bảng 4.1. Độ hòa tan của các hóa chất dùng khi xử lý nước

Hóa chất	Độ hòa tan tính bằng gam - trong một lít nước ở các nhiệt độ (°C)						
	0	10	20	40	60	80	100
Phèn nhôm tính theo $Al_2(SO_4)_3$	312	335	364	457	592	731	890
Phèn nhôm tính theo $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	608	650	703	890	1148	1420	1725
Sunfat sắt $FeSO_4$	156	205	265	402	495	-	-
Clorua sắt $FeCl_3$	744	818	919	1120	-	5250	5370
Vôi tính theo CaO	1,43	1,33	1,23	1,04	0,86	0,67	0,49
Sođa $Na_2CO_3$	70	125	215	485	464	458	455
Xút NaOH	420	515	1090	1290	1470	-	3470
Muối ăn NaCl	357	358	360	366	373	384	398
Sunfat đồng $CuSO_4$	143	174	207	285	400	550	754
Pecmanganat kali $KMnO_4$	28,3	44	64	126	222	300	410
$NaSiF_6$	4,3	5,5	7,3	10,3	-	18,6	24
Florit-natri NaF	35,3	38,5	41,7	44	46,8	48,9	50
Amoniac $NH_3$ (áp lực riêng phần 760mm thủy ngân)	875	679	526	-	307	-	-
Khi $SO_2$ (khi $P_r=760mm$ )	228	162	112,9	54,1	-	-	1033
Hexameta photphat natri $(NaPO_3)_6$	-	-	754	-	-	1744	-
Anuminat natri $NaAlO_2$	-	-	370	-	-	-	-

- $Na_2SiF_6$ : bột tinh thể nhỏ màu trắng, là chất độc, có chứa 93 - 98,95%  $Na_2SiF_6$  không lớn hơn 0,1 - 0,15% axit tự do tính ra HCl. Dùng để flo hóa nước, vận chuyển trong các thùng gỗ, trọng lượng riêng  $\gamma = 1,5 t/m^3$
- Natri florit NaF: bột màu trắng hay xám trắng, là chất độc có chứa 80 - 90,84% NaF độ ẩm nhỏ hơn 1,3 - 4%, cần không hòa tan nhỏ hơn 10% dùng để flo hóa nước. Dụng trong các thùng tôn có lót giấy bên trong, trọng lượng riêng  $\gamma = 1,5t/m^3$ .

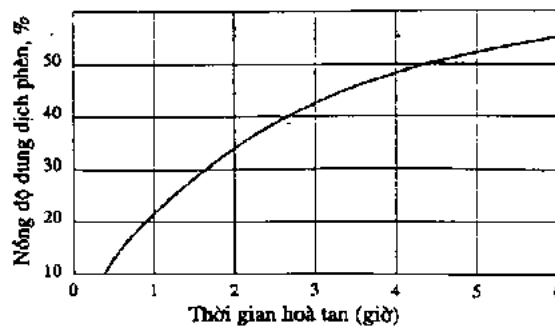
- Sunfit natri  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  là tinh thể không màu hay màu vàng nhạt. Sản phẩm thị trường chứa không ít hơn 44%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , không lớn hơn 0,4%  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  và 0,08% sắt. Bảo quản  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ở chỗ khô, chống ẩm và có nhiệt độ dưới  $30^\circ\text{C}$ . Dùng để khử clo trong nước và để hòa tan clo dư tại các trạm pha clo.  $\gamma = 1,2 \text{ t/m}^3$ .
- Than hoạt tính dạng hạt là sản phẩm xử lý than gỗ bằng nhiệt hơi nước hay là sản phẩm hoạt hóa của than đá nửa cốc dùng để hấp thụ các chất hữu cơ chứa trong nước, vận chuyển trong các thùng gỗ dán hay bao giấy.  $\gamma = 0,2 \text{ t/m}^3$ .

Bảng (4.1) ghi độ hòa tan trong nước của các hóa chất kể trên theo nhiệt độ khác nhau của nước.

## 4.2. THIẾT BỊ HÒA TAN PHÈN

Có thể cho phèn vào nước dưới dạng bột, hạt khô hoặc dưới dạng dung dịch. Để định lượng phèn vào nước dưới dạng bột hoặc hạt khô phải có phèn sản xuất ra ở dạng bột. Ở nước ta không sản xuất loại phèn này, thêm vào đó việc định lượng phèn dưới dạng bột khô thường kém chính xác và không đảm bảo điều kiện vệ sinh vì nhiều bụi, nên có thể loại trừ việc dùng phèn bột. Thường định lượng phèn vào nước dưới dạng dung dịch có nồng độ 1-5 %.

Việc tăng nồng độ của dung dịch phèn sẽ làm giảm độ chính xác khi định lượng. Vì vậy đầu tiên dùng các thùng hòa tan để hòa tan phèn có nồng độ cao đồng thời để lắng bớt các tạp chất không tan trong nước ở bể hòa tan, sau đó chuyển sang bể tiêu thụ để pha loãng đến nồng độ 1-5% rồi định lượng vào nước.



Hình 4.1. Biểu đồ biểu diễn tốc độ hòa tan phèn cục vào nước ở  $20^\circ\text{C}$  khuấy trộn bằng khí nén với cường độ  $4 \text{ l/s m}^2$

Tốc độ hòa tan của phèn cục ở trong nước tăng nhanh khi giảm kích thước của cục phèn, tăng cường độ tuần hoàn của nước trong bể hòa tan và tăng nhiệt độ của nước. Vì thế để đảm bảo thời gian hòa tan phèn phù hợp với yêu cầu quản lý ở các nhà máy nước, phải đập nhỏ phèn trước khi cho vào bể hòa tan và thực hiện việc khuấy trộn dung dịch trong bể hòa tan bằng thiết bị khuấy cơ khí, bằng khí nén hoặc bằng bơm tuần hoàn nước. Trên hình (4.1) giới thiệu biểu đồ biểu diễn tốc độ hòa tan phèn cục khi khuấy trộn dung dịch bằng khí nén với cường độ  $4 \text{ l/s m}^2$  ở nhiệt độ nước  $20^\circ\text{C}$ .

Biểu đồ cho thấy đối với phèn cục sau bốn giờ khuấy trộn bằng khí nén có thể nhận được dung dịch phèn 40 - 50% tính theo  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O}$  hay dung dịch phèn 20 - 23% tính theo  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Dung tích của thùng hòa tan xác định phụ thuộc vào phương pháp dự trữ phèn. Có hai phương pháp dự trữ phèn tại nhà máy nước: *Dự trữ khô* và *dự trữ ướt*.

#### a. Dự trữ khô

*Phèn đựng trong bao xếp thành đống cao 2,0 m trong kho. Hàng ngày đem cân các bao phèn theo khối lượng cần rồi cho vào bể hòa tan để hòa thành dung dịch.*

Dung tích bể hòa tan tính theo công thức sau:

$$W = \frac{Q.n.a}{10000p\gamma}, (\text{m}^3), \quad (4.1)$$

trong đó: Q - lưu lượng nước cần xử lý ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

a - liều lượng phèn cần thiết lớn nhất tính theo sản phẩm không ngậm nước  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ( $\text{g}/\text{m}^3$ );

p - nồng độ dung dịch phèn trong thùng hòa tan (%). Thường lấy  $p = 10\%$  (tính theo sản phẩm không ngậm nước);

n - thời gian giữa hai lần hòa tan (h);

$\gamma$  - trọng lượng riêng của dung dịch phèn ( $\text{t}/\text{m}^3$ ).

Đối với nhà máy nước có công suất  $Q < 10000 \text{ m}^3/\text{ngày}$ .

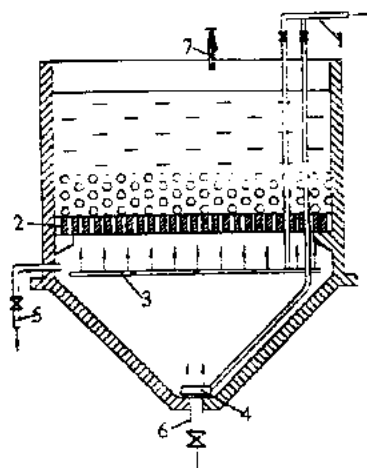
Khi làm việc cả ba ca:  $n = 12 - 24 \text{ h}$ ; nếu nhà máy không làm việc ba ca thì n lấy bằng số giờ nhà máy hoạt động. Đối với các nhà máy nước có công suất 10000 đến  $50000 \text{ m}^3/\text{ngày}$  đêm,  $n = 8 - 12 \text{ h}$ . Đối với nhà máy nước có công



suất  $Q$  lớn hơn  $50000\text{m}^3/\text{ngày đêm}$ ,  $n = 6 - 8$  h. Nhà máy nước có công suất  $Q > 100000\text{m}^3/\text{ngày đêm}$ ,  $n = 3$ h.

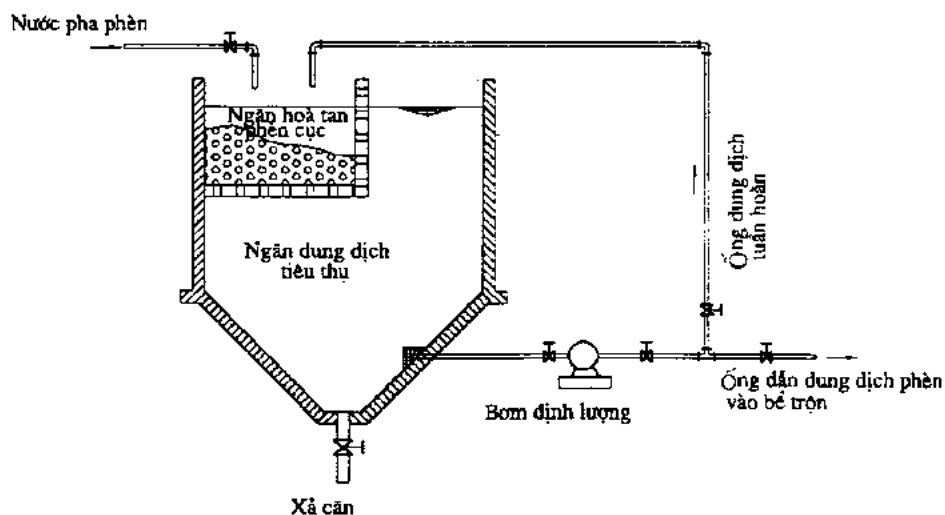
Sau khi hòa tan phèn cục thành dung dịch 10% để lắng bớt tạp chất không hòa tan rồi dùng bơm hoặc cho tự chảy sang bể tiêu thụ. Trên hình (4. 2) giới thiệu sơ đồ bể hòa tan khuấy trộn bằng khí nén.

Bể hòa tan làm bằng bê tông cốt thép có mặt bằng hình chữ nhật, cách đáy 0,5 m đặt các thanh ghi bằng gỗ hai đầu tựa lên sườn đỡ tạo thành các khe hở 12 - 15 mm. Dưới lớp ghi đỡ phèn cục, đặt hệ thống ống khoan lỗ để phân phối gió, ống có thể là ống nhựa hoặc ống cao su. Hệ thống phân phối gió được tính với cường độ 4 l/s không khí nén trên một mét vuông sàn ghi, trên thành ống phân phối khoan lỗ  $d = 3 - 4$  mm tạo thành góc  $45^\circ$  với phương thẳng đứng và hướng xuống dưới. Tốc độ gió ra khỏi lỗ 20 - 25 m/s. Ở đáy thùng đặt ống xả cặn lớn hơn 100 mm, quanh miệng xả đặt ống vòng có khoan lỗ để phân phối gió xối cặn.



Hình 4.2. Bể hòa tan phèn cục khuấy trộn bằng khí nén

- 1- ống dẫn không khí nén; 2- ghi đỡ phèn cục;
- 3- và 4 - hệ phân phối gió trên và dưới;
- 5- ống dẫn dung dịch phèn sang bể tiêu thụ;
- 6- ống xả cặn; 7- ống đưa nước vào.

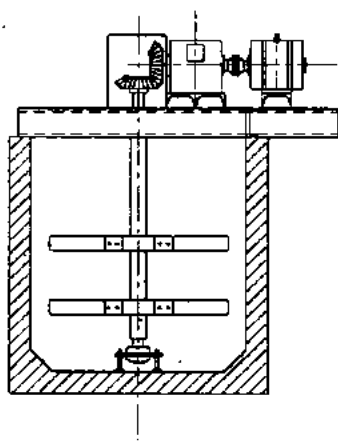


Hình 4.3. Sơ đồ kết hợp bể hòa tan và bể tiêu thụ

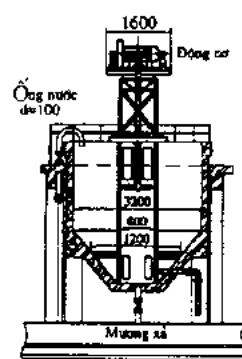
Ở các nhà máy nước nhỏ có thể xây dựng kết hợp bể hòa tan và bể tiêu thụ (hình 4.3). Dung tích ngăn hòa tan tính theo công thức (4.1). Dung tích ngăn tiêu thụ tính theo công thức (4.3). Đối với các trạm công suất nhỏ, thùng hòa tan có thể làm bằng composite có máy bơm tuần hoàn hoặc dùng thùng nhựa khuấy bằng tay.

Để đẩy nhanh quá trình hòa tan phen cục, người ta dùng máy khuấy cơ khí loại cánh quạt phẳng hay loại tuabin.

Trên hình (4.4) giới thiệu sơ đồ bể hòa tan dùng máy khuấy loại cánh quạt phẳng để hòa tan phen hạt có kích thước nhỏ hơn 20mm.



Hình 4.4. Sơ đồ bể hòa tan phen hạt dùng máy khuấy loại cánh quạt phẳng



Hình 4.5. Sơ đồ bể hòa tan phen kiểu tuabin

Bể hòa tan có máy khuấy kiểu chong chóng hình (4.5) có thể dùng để hòa tan phen cục cũng như phen hạt. Phen chất trên sàn ghi đỡ, sau đó đổ đầy nước vào bể rồi cho máy khuấy làm việc. Cánh tuabin hút nước ở phía trên đẩy xuống phía dưới, trong bể hòa tan, nước chảy tuần hoàn qua sàn ghi đỡ từ dưới lên trên tiếp xúc với phen cục và hòa tan chúng.

Các trạm công suất bé, để hòa tan phen và các hóa chất như xút,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , photphorit natri... có thể dùng thùng composite hoặc thép không gỉ, gang có lớp cách ly bảo vệ, có lắp máy khuấy như các thùng dùng trong công nghệ hóa học.

Khi thiết kế thùng hòa tan có máy khuấy kiểu cánh quạt phẳng lấy các chỉ tiêu sau: Số vòng quay trên trục của cánh quạt  $n = 30 - 40$  vòng/phút, chiều dài cánh quạt tính từ trục quay lấy bằng  $0,4 - 0,45$  chiều rộng hoặc đường kính bể hòa tan. Diện tích cánh quạt lấy bằng  $0,1 - 0,2 \text{ m}^2$  cho  $1 \text{ m}^3$  dung dịch trong bể hòa tan.

Công suất động cơ của máy khuấy N có cánh quạt phẳng nằm ngang xác định theo công thức:

$$N = 0,5 \frac{\rho}{\eta} h n^3 d^4 z, \text{ (kW)}, \quad (4.2)$$

trong đó:  $\rho$  - trọng lượng thể tích của dung dịch được khuấy trộn ( $\text{kg/m}^3$ );

$h$  - chiều cao cánh quạt (m);

$n$  - số vòng quay của cánh quạt trong một giây;

$d$  - đường kính của vòng tròn do đầu cánh quạt tạo ra khi quay (m);

$z$  - số cánh quạt trên trục máy khuấy;

$\eta$  - hệ số hữu ích của cơ cấu truyền động

Trong bể hòa tan dùng máy khuấy kiểu tuabin chong chóng thường lắp ba cánh quạt, số vòng quay và công suất động cơ có thể chọn theo bảng (4.2).

Bảng 4.2

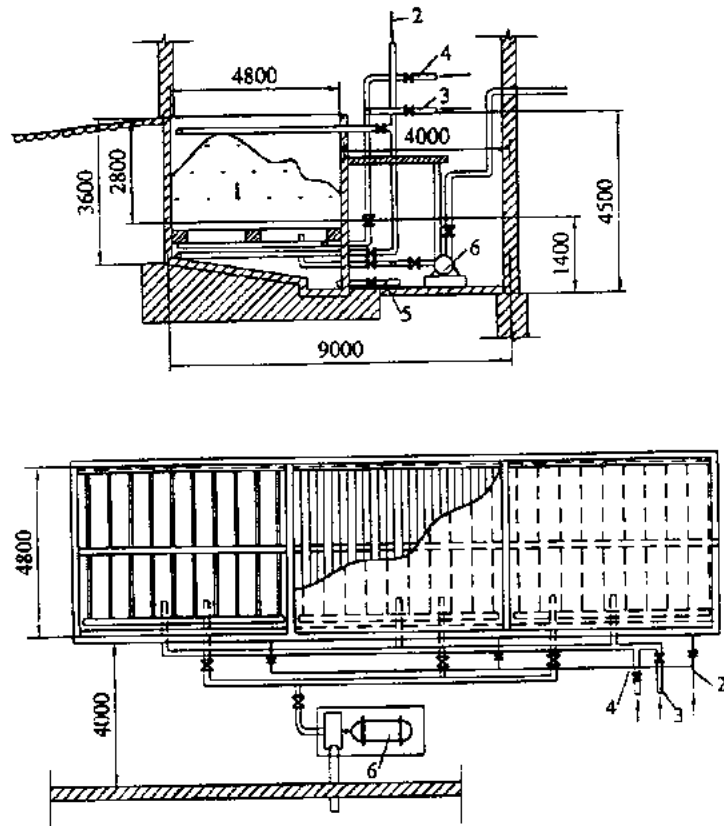
Đường kính bể hòa tan (m)	Đường kính cánh quạt (mm)	Bước trục vít (mm)	Số vòng quay của trục (vòng/phút)	Công suất động cơ (kW)
0,6	150	210	1000	0,2
0,8	200	280	630	0,37
1,0	250	350	800	0,6
1,2	300	420	400	0,75
1,4	300	420	500	1,1
1,6	400	480	500	2,2
2,0	500	500	400	3
2,4	600	600	250	5
2,6	600	600	320	6,6

### b. Dự trữ ướt

Phèn vận chuyển đến nhà máy đổ ngay vào bể hòa tan, ở đây phèn được bảo quản dưới dạng dung dịch.

*Ưu điểm:* giảm nhẹ được lao động trong việc cân đong để pha chế hàng ngày, dễ cơ giới hóa, không bị hao hụt phèn.

*Nhược điểm:* phải xây bể dung tích lớn, do đó diện tích bề mặt cần chống ăn mòn lớn.



Hình 4.6. Sơ đồ bể dự trữ phen ướt

1- phen cục; 2- ống dẫn nước; 3- ống dẫn khí nén; 4- ống dẫn nước rửa cặn;  
5- ống xả cặn; 6- máy bơm dung dịch phen lên bể tiêu thụ.

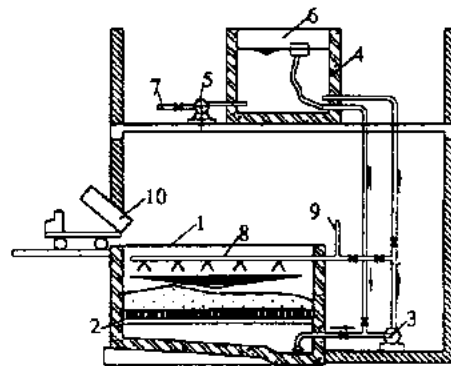
Có hai phương án dự trữ phen ướt:

- **Phương án thứ nhất:** phen đưa đến nhà máy đổ vào bể hòa tan có hệ thống khuấy trộn bằng khí nén. Hòa tan phen thành dung dịch rồi bơm vào bể chứa để dự trữ phen ở nồng độ 15%, sau đó lại đổ mẻ khác vào thùng hòa tan để hòa tan tiếp. Sở dĩ chọn nồng độ dung dịch phen 15% để dự trữ trong bể chứa vì ở nước ta nhiệt độ nước chứa trong bể có thể dao động 10 - 30°C, nồng độ 15% dung dịch phen thấp hơn nồng độ bão hòa của nó ở nhiệt độ 10° C là 33,5% nên phen không bị lắng xuống đáy bể và có nồng độ phân bố hầu như đều theo chiều cao bể.
- **Phương án thứ hai:** phen đổ vào bể hòa tan đồng thời là kho dự trữ ướt. Ở đây phen được hòa tan đến nồng độ bão hòa vì trong thùng luôn luôn có lượng dư phen cục chưa hòa tan. Theo định kỳ bơm dung dịch phen bão hòa vào bể tiêu thụ, pha loãng thành dung dịch có nồng độ 1 - 5% để

định lượng vào nước. Việc chọn phương pháp khuấy trộn ở bể hòa tan phụ thuộc vào dung tích của bể tiêu thụ, nếu bể tiêu thụ thiết kế với dung tích làm việc từ 3 - 8 h, nghĩa là sau 3 - 8 h phải bơm dung dịch bão hòa từ bể hòa tan lên bể tiêu thụ một lần, thì để đảm bảo dung dịch phen có nồng độ đậm đặc cần thiết, phải khuấy trộn bằng khí nén với cường độ  $4 \text{ l/s.m}^2$  liên tục từ hai đến ba giờ sau mỗi lần bơm phen. Nếu bể tiêu thụ có mức làm việc 8 - 24h, để đảm bảo cho dung dịch có nồng độ đậm đặc cần thiết chỉ cần bơm tuần hoàn lượng nước có trong bể hòa tan 5 đến 8 lần tính theo thể tích thùng và phải dùng ống khoan lỗ đặt dọc hai thành bể để phun đều lượng dung dịch phen tuần hoàn lên bề mặt các cục phen chưa tan còn nằm trong bể, sau mỗi lần bơm lại cho thêm nước vào thùng. Dung tích bể hòa tan hay kho dự trữ ướt tính theo chỉ tiêu  $1,5\text{m}^3$  nước cho một tấn phen cần dự trữ. Ưu điểm của phương án là bể dự trữ nhỏ, tiết kiệm khối tích xây dựng. Nhược điểm là mỗi lần bơm phen phải xác định nồng độ dung dịch phen bão hòa ở bể hòa tan để tính ra thể tích phen cần thiết phải bơm lên bể tiêu thụ. Vì thế ở gian đặt máy bơm để bơm dung dịch phen lên bể tiêu thụ và tuần hoàn dung dịch phen phải đặt ống đo mức dung dịch trong bể, trên đó có lắp vòi lấy mẫu để kiểm tra nồng độ, hoặc dùng thiết bị đo nồng độ thả ngay vào ống đo mức dung dịch này. Kho dự trữ hay bể hòa tan phải thiết kế làm hai ngăn: ngăn làm việc, ngăn dự trữ, có mái che để tránh mưa và bụi.

Dung dịch phen có tính ăn mòn mạnh đối với bê tông và thép, vì thế thành và đáy bể chứa dung dịch phen phải được bảo vệ chống ăn mòn bằng một lớp bitum dày hoặc lát gạch men chống gỉ. Ống dẫn dung dịch phen có thể dùng ống nhựa hoặc cao su.

$\text{FeCl}_3$  không thể hòa tan trong các bể hòa tan đã mô tả vì phải chứa nó trong các thùng kim loại để vận chuyển đến nhà máy, việc tháo phen  $\text{FeCl}_3$  từ các thùng này vào bể hòa tan



Hình 4.7. Hệ thống pha phen

- 1- bể pha và kho phen ướt; 2- sản đỡ; 3- máy bơm tuần hoàn; 4- bể tiêu thụ; 5- bơm định lượng; 6- phao đo ống hút bơm tuần hoàn; 7- ống dẫn dung dịch vào nước; 8- ống phun; 9- ống nước sạch; 10- xe chở phen cục.

rất khó khăn, mặt khác khi hòa tan  $\text{FeCl}_3$  vào nước, hơi  $\text{HCl}$  bay lên làm hỏng giác mạc của công nhân làm việc tại đó và ăn mòn các thiết bị đặt ở chung quanh. Vì thế phải hòa tan  $\text{FeCl}_3$  ở phòng cách ly bằng tường kín, có quạt thông gió, công nhân phải đeo mặt nạ khi vào phòng làm việc. Khuấy trộn dung dịch cần thực hiện bằng máy khuấy có động cơ đặt trên nắp thùng hòa tan. Thùng đựng  $\text{FeCl}_3$  cần đặt cao hơn bể hòa tan để có thể dùng vòi rồng tháo dung dịch  $\text{FeCl}_3$  từ thùng vận chuyển vào.

Để đưa 100 kg  $\text{FeCl}_3$  từ thùng đựng để vận chuyển xuống bể hòa tan, cần dùng vòi rồng có đường kính 13 mm lưu lượng 2,5 l/s áp lực 2 kG/m<sup>2</sup> làm việc trong thời gian 15 - 17 phút. Trong bể hòa tan ta thu được dung dịch 4 - 5%  $\text{FeCl}_3$ , có thể dùng trực tiếp dung dịch này để định lượng vào nước mà không cần thiết kế bể tiêu thụ.

Dung tích bể tiêu thụ xác định theo công thức:

$$W = \frac{Q.n.a}{10000P_1\gamma}, \text{ (m}^3\text{)}, \quad (4.3)$$

trong đó: Q, a, n,  $\gamma$  - theo công thức (4.1);

$P_1$  - nồng độ dung dịch trong bể tiêu thụ ( $P_1 = 1 + 5\%$ ).

Số lượng bể hòa tan cũng như bể tiêu thụ chọn không ít hơn hai, (một làm việc, một dự trữ; nếu là ba thì hai làm việc một dự trữ).

### 4.3. THIẾT BỊ TÔI VÔI, PHA CHẾ SỮA VÔI VÀ DUNG DỊCH VÔI BẢO HÒA

Để định lượng vôi vào nước phải tôi vôi cục hoặc hòa tan vôi bột rồi pha chế thành sữa vôi hoặc dung dịch vôi bão hòa.

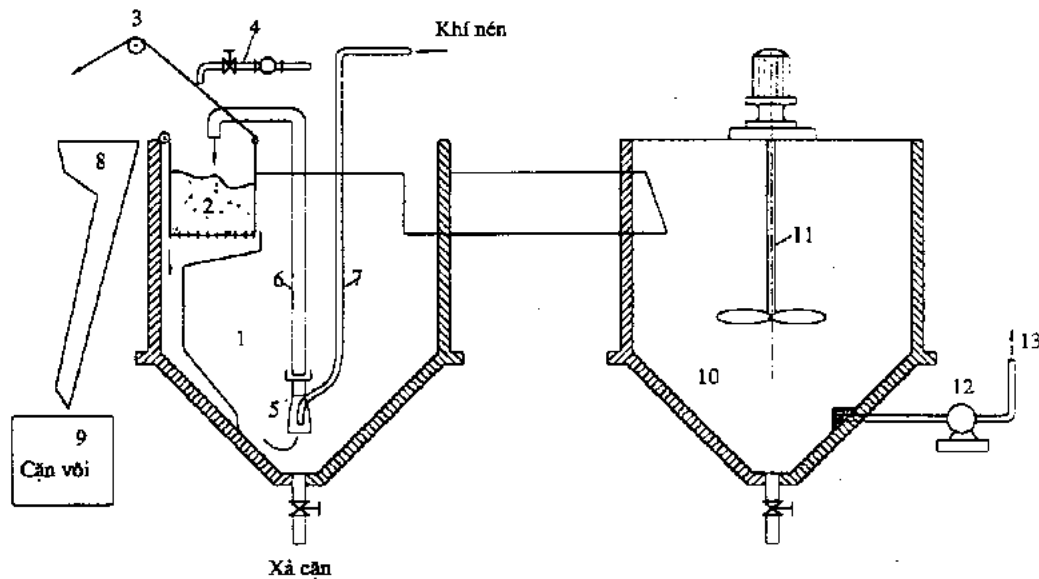
Vôi bột có thể không cần tôi mà định lượng thẳng vào nước bằng các thiết bị định lượng bột khô. Do vôi bột đắt hơn vôi cục việc vận chuyển đòi hỏi bao bì phức tạp và dự trữ khô trong kho ở điều kiện khí hậu nhiệt ẩm như nước ta rất dễ bị cacbonat hóa làm tăng lượng cặn không hòa tan trong nước, hơn nữa khi định lượng ở dạng vôi bột bụi bay lên nhiều gây độc hại cho công nhân. Vì thế ở nước ta không dùng phương pháp này.

Hình (4.8) giới thiệu thiết bị dùng khí nén để tôi vôi cục, hòa tan vôi thành sữa vôi do VIWASE thiết kế khi cải tạo khu hóa chất nhà máy nước Thủ Đức 1990 và WASE thiết kế và lắp đặt ở nhà máy nước ngầm Hóc Môn năm 2000.

Nguyên tắc hoạt động của thiết bị như sau:

Vôi cục chứa trong kho, được băng tải chuyển lên đổ vào rọ (2) (có kích thước  $500 \times 400 \times 400\text{mm}$ , đáy làm bằng lưới thép  $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ ).

Khi chất vào rọ (2) khoảng 50 - 80 kg vôi sống, vận cho nước từ ống dẫn (4) vào để tôi vôi, đồng thời cho máy bơm dung dịch bằng khí nén (5) hoạt động để tuần hoàn lượng dung dịch với cường độ  $3,5\text{m}^3/\text{m}^2$  rọ một phút. Vôi tôi theo ống đứng đi xuống đáy bể hòa tan, được bơm air lift bơm tuần hoàn lại vào rọ. Dung dịch vôi 5% sau khi thực hiện quá trình lắng đứng trong bể hòa tan (1) với lưu lượng bằng lưu lượng nước cấp vào để tôi vôi qua ống (4), được thu vào máng vòng đặt quanh bể rồi dẫn sang bể tiêu thụ (10). Trong quá trình hòa tan vôi, điều chỉnh lưu lượng nước vào từ ống (4) sao cho vận tốc đi lên của dung dịch trong bể (1) dưới  $1\text{mm/s}$  đảm bảo lắng hết cát sạn  $d \geq 0,1\text{mm}$ . Trong bể tiêu thụ (10) đặt máy khuấy để giữ nồng độ sữa vôi đều trong toàn bộ thể tích. Chiều cao bể hòa tan và bể tiêu thụ thường từ 3,0-4,0m.

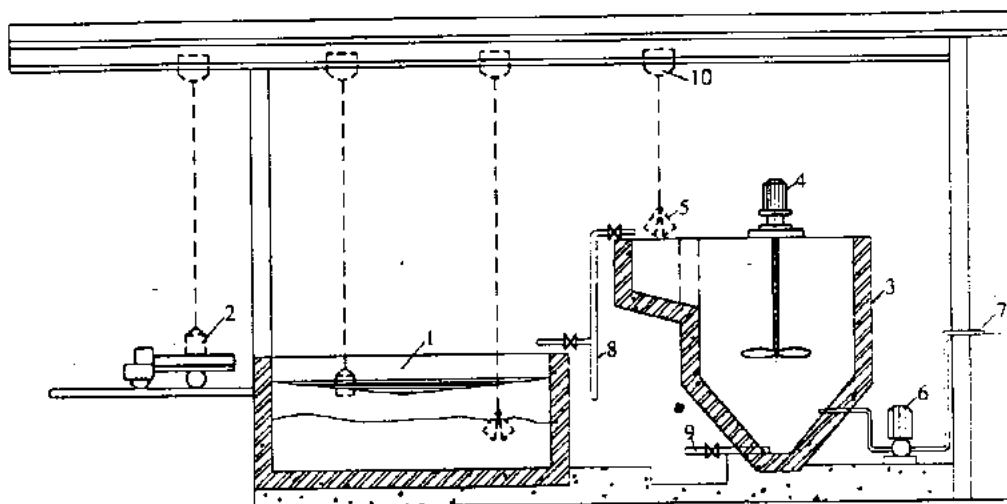


Hình 4.8. Thiết bị tôi vôi và pha vôi sữa

1- bể hòa tan vôi; 2- rọ tôi vôi có khớp xoay nối với thành bể; 3- rông rọc nâng rọ để đổ bã vôi ra ngoài; 4- ống dẫn nước vào bể tôi vôi; 5- bơm nâng dung dịch vôi bằng khí nén (air lift); 6- ống dẫn dung dịch tuần hoàn để pha vôi; 7- ống dẫn khí nén; 8- máng thu cặn bã vôi sau khi tôi; 9- bể chứa cặn vôi; 10- bể tiêu thụ sữa vôi 5%; 11- máy khuấy; 12- bơm định lượng; 13- ống dẫn sữa vôi đến nơi tiêu thụ.

Vôi cục cũng có thể tôi trong các bể thành vôi sệt, sau đó dùng gầu ngoạm vận chuyển bằng cầu palăng đưa vào các bể có đáy hình côn và có lắp máy khuấy cơ khí để pha loãng thành sữa vôi. Sau mỗi lần pha, mở van xả ở đáy hình côn cho cặn chưa tôi chảy vào rọ thép, rồi lại dùng palăng đưa rọ này ra ngoài

xưởng. Quy trình này đã xây dựng trên trạm cấp nước cho khu công nghiệp gang thép Thái Nguyên.



Hình 4.9. Hệ thống pha vôi sữa

1- bể tôi vôi; 2- lồng đựng vôi cục; 3- bể pha vôi sữa; 4- máy khuấy; 5- gầu xúc vôi tôi; 6- máy bơm định lượng vôi sữa; 7- ống dẫn sữa vôi; 8- ống nước sạch đến; 9- ống xả cặn; 10- monoray.

#### 4.4. THIẾT BỊ PHA CHẾ DUNG DỊCH SODA, XÚT, HEXAMETA PHOTPHAT NATRI

Soda được hòa tan trong các thùng bằng thép hoặc bê tông có đặt thiết bị khuấy trộn cơ khí hoặc khí nén. Dùng nước nóng, quá trình hòa tan các chất này sẽ nhanh hơn rất nhiều. Nồng độ dung dịch lấy khoảng 5%.

Thể tích thùng hòa tan tính theo công thức (4.1) với  $n = 12$  h.

Hexameta photphat natri được hòa tan trong các thùng có lớp cách ly bảo vệ chống gỉ, nồng độ dung dịch 0.5 - 3%.

Thời gian hòa tan hexameta photphat natri để thu được nồng độ 3%, nếu là nước lạnh phải mất từ 4 - 5h, nếu là nước nóng 50°C mất gần 2h và phải khuấy trộn liên tục.

#### 4.5. THIẾT BỊ KHUẤY TRỘN BẰNG KHÍ NÉN

Để tăng cường quá trình hòa tan phen và các hóa chất khác trong các bể hòa tan hoặc để khuấy trộn đều dung dịch trong các bể tiêu thụ (ví dụ sữa vôi...) có thể dùng khí nén.



Cường độ gió để hòa tan phèn chọn từ 4 đến 5l/sm<sup>2</sup>, để trộn đều dung dịch trong các thùng tiêu thụ là 2 - 3l/sm<sup>2</sup>.

Lưu lượng không khí:

$$Q = W F, \text{ (l/s),}$$

trong đó: W - cường độ gió cần thiết (l/s m<sup>2</sup>);

F - diện tích mặt cắt ngang của bể hòa tan hay bể tiêu thụ (m<sup>2</sup>).

Tốc độ chuyển động của khí nén trong ống dẫn lấy bằng 10 - 20 m/s.

Tổn thất áp lực của khí nén tính theo công thức:

$$p_1 = \frac{12,5\beta G^2 l}{\gamma d^5}, \text{ (kG/cm}^2\text{),} \quad (4.4)$$

trong đó:  $\beta$  - hệ số tổn thất lấy theo bảng (4.2), phụ thuộc vào trị số của G:

G - trọng lượng không khí đi qua đường ống (kG/h).

$$G = Q 60 \delta, \text{ (kG/h),} \quad (4.5)$$

ở đây: Q - công suất của máy nén khí (m<sup>3</sup>/phút);

l - chiều dài đường ống dẫn (m);

d - đường kính ống dẫn (mm);

$\gamma$  - trọng lượng riêng của không khí khô, chọn theo bảng (4.3).

**Bảng 4.2. Hệ số tổn thất  $\beta$  theo G**

G (kG/h)	$\beta$	G (kG/h)	$\beta$
10	2,03	400	1,18
15	1,92	650	1,1
25	1,78	1000	1,03
40	1,68	1500	0,97
65	1,54	2500	0,9
100	1,45	4000	0,84
150	1,36	6500	0,78
250	1,26	-	-

**Bảng 4.3. Trọng lượng riêng của không khí khô  $\gamma$ , kG/m<sup>3</sup>**

Áp lực	10°C	20°C	30°C	40°C
1	1,207	1,166	1,128	1,058
2	2,414	2,332	2,255	2,115
4	4,829	4,664	4,510	4,232
6	7,244	6,996	6,765	6,346
8	9,658	9,328	9,020	8,464
10	12,070	11,660	11,280	10,580

Tổn thất áp lực cục bộ tính theo công thức:

$$p_2 = 0,063 v^2 \sum \xi, \quad (\text{mm cột nước}), \quad (4.6)$$

trong đó:  $v$  - tốc độ chuyển động của không khí trong ống  $v = 10 \div 20$  m/s, tốc độ qua lỗ  $v = 20 \div 25$  m/s;

$\sum \xi$  - tổng các hệ số tổn thất cục bộ (chọn theo sổ tay thủy lực).

Tổn thất để thắng lớp nước và phèn hoặc sữa vôi nằm phía trên tâm lỗ của hệ thống phân phối gió

$$p_3 = \gamma_1 H, \quad (\text{mét cột nước}), \quad (4.7)$$

trong đó:  $\gamma_1$  - tỷ trọng của dung dịch phèn hoặc sữa vôi,  $\gamma_1 = 1,1 \div 1,4$  t/m<sup>3</sup>;

$H$  - chiều cao lớp dung dịch nằm trên tâm lỗ phân phối (m).

Lỗ phân phối gió tính với tốc độ  $v = 15 \div 20$  m/s, lỗ được khoan với đường kính  $d = 3 \div 4$  mm, làm thành góc 45° với phương thẳng đứng và hướng xuống dưới.

Áp lực dự trữ  $p_4$  thường chọn 200 - 300 mm cột nước.

#### **Bơm tuần hoàn sữa vôi bằng khí nén (air-lift)**

Tính toán bơm air-lift chủ yếu là xác định áp lực và lưu lượng không khí  $W$  cần thiết để bơm được lượng dung dịch  $Q$  yêu cầu lên độ cao  $h$  so với mặt cắt a-a

- Hiệu suất bơm air-lift phụ thuộc vào độ cao nâng nước  $h$  và độ ngập của bơm  $H$  chọn theo bảng (4.4).

**Bảng 4.4.** Hệ số hiệu suất phụ thuộc vào chiều cao nâng nước và độ ngập của bơm air- lift

Chiều cao nâng nước $h$ (m)	< 15	15-30	30-60	60-90
H/h	3-2,5	2,5-2,2	2,2-2	2-1,75
Hiệu suất $\eta$	0,59-0,57	0,57-0,54	0,54-0,5	0,5-0,41

Công do không khí nén giãn nở đẳng nhiệt từ áp lực nén  $P_2$  xuống áp lực khí quyển  $P_1$ .

$$A = P_1 \cdot W_1 \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (4.8)$$

trong đó:  $P_1$  - áp lực khí quyển bằng  $10 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ m}$  cột nước;

$P_2$  - áp lực khí nén  $= (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + 10) \text{ m}$  cột nước;

$W$  - lưu lượng khí ở áp lực  $p_1$ .

Khí giãn nở đưa được lưu lượng dung dịch  $Q$  lên chiều cao  $h$ , thực hiện được lượng công hữu ích là  $\gamma Qh$ , để ý đến hiệu suất  $\eta$  của bơm ta có:

$$\frac{\gamma Qh}{\eta} = P_1 W_1 \ln \frac{P_2}{P_1} \text{ hay}$$

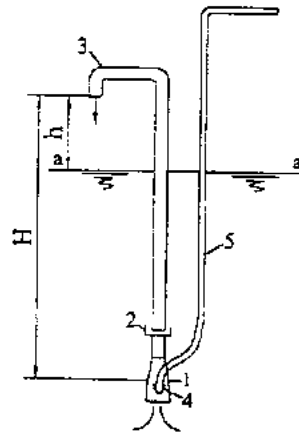
$$W_1 = \frac{\gamma Qh}{\eta P_1 \ln \frac{P_2}{P_1}}, (\text{m}^3/\text{h}) \quad (4.9)$$

trong đó:  $Q$  - lưu lượng dung dịch bơm lên chiều cao  $h$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  
 $P_1$  - áp lực khí quyển bằng  $10 \text{ t/m}^2$ .

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = 2,31g \frac{P_2}{P_1};$$

$$\gamma_{\text{sữa vôi}} = 1,1 \text{ t/m}^3, \gamma_{\text{nước}} = 1 \text{ t/m}^3;$$

$$W_1 = \frac{1,1Qh}{\eta \cdot 2,31g \frac{P_2}{P_1}}, (\text{m}^3/\text{h}); \quad (4.10)$$



**Hình 4.10.** Bơm tuần hoàn sữa vôi bằng khí nén (air-lift)

1- côn trục; 2- khớp xoay; 3- ống dẫn dung dịch vôi và khí; 4- lỗ phân phối; 5- ống dẫn khí nén.

- Đường kính ống dẫn khí xác định theo tốc độ chuyển động của khí trong ống, tốc độ này thường lấy là 5 - 10 m/s.
- Đường kính lỗ phân phối khí lấy 2 - 5mm, vận tốc khí qua lỗ 2 - 3 m/s.
- Vận tốc của hỗn hợp khí nước tại mặt cắt đáy côn thu lấy 2,5 - 3 m/s.
- Vận tốc hỗn hợp khí nước trong ống dẫn 5 - 6 m/s.
- Ống khoan lỗ phân phối khí đặt thẳng đứng theo tâm côn thu và ngay dưới mặt cắt đáy côn thu.
- Máy thổi gió chọn theo thông số  $Q = W_1 / 60$  (m<sup>3</sup>/phút), áp lực nén  $P_2$  (bar).

#### 4.6. KHO CHỨA HÓA CHẤT

Kích thước kho chứa xác định theo khả năng mua và vận chuyển hóa chất đến nhà máy. Nếu hóa chất phải mua ở xa, vận chuyển khó khăn thì chọn thời gian dự trữ dài ngày. Thường với cự li vận chuyển trung bình, phương tiện vận chuyển bằng ô tô chọn thời gian dự trữ từ 15 ngày đến 3 tháng tính theo thời kỳ dùng hóa chất cao nhất.

Chiều cao của lớp hóa chất trong các kho dự trữ khô chọn như sau:

- Phèn nhôm cục: 2 m.
- Vôi cục chưa tôi: 1,5 m.
- Phèn sunfat sắt đựng trong bao giấy: 2 m.
- Clorua sắt đựng trong các thùng: 2,5 m.
- Muối ăn đổ thành đống: 2 - 2,5 m.
- Than hoạt tính đựng trong bao giấy: 2,5 m.

Các hóa chất như phèn, muối ăn nên dự trữ ướt vì dễ cơ khí hóa các quá trình hòa tan và định lượng.

Nếu dự trữ ướt phèn cục thể tích kho được tính với chỉ tiêu 1,5 m<sup>3</sup> cho một tấn phèn cục cần dự trữ.

Kho dự trữ ướt muối được trình bày ở chương làm mềm nước.

Kho phải lợp mái để chống bụi và mưa, phải thuận tiện cho việc bốc dỡ hóa chất từ các phương tiện vận chuyển xuống kho, phải đặt các thiết bị để cơ khí hóa các quá trình thao tác trong kho.

## 4.7. THIẾT BỊ ĐỊNH LƯỢNG HÓA CHẤT VÀO NƯỚC

Các hóa chất thường dùng trong xử lý nước như: phèn  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_3$ , các chất trợ keo tụ cao phân tử PAC. Các chất dùng để ổn định pH như vôi, soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , xút  $\text{NaOH}$ , axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ . Các chất khử trùng nước: clo, ozon.. thường được định lượng vào nước dưới dạng dung dịch lỏng.

### 4.7.1. Thiết bị định lượng thủ công

Ở các trạm xử lý nước nhỏ, nông thôn, thị trấn... để định lượng dung dịch phèn, soda, hypoclorit canxi,  $\text{Ca}(\text{HClO})_2$ , nước zavel  $\text{NaHClO}$  dùng bể định lượng (hình 4.11) gồm:

Vỏ thùng (1) có thể làm bằng nhựa PVC, thép không gỉ, và yêu cầu kín tuyệt đối để không khí không lọt vào.

Phễu rót dung dịch vào (2) có đầu ống cách đáy 10 cm.

Van xả khí (3) mở khi rót dung dịch đến đáy thùng, sau đó đóng lại, van này cũng yêu cầu tuyệt đối kín.

Van điều chỉnh lưu lượng dung dịch (4).

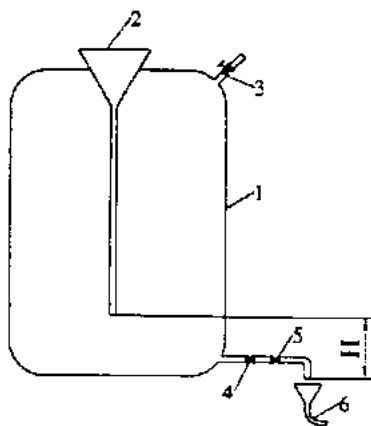
Van đóng mở (5).

Phễu dẫn dung dịch vào nước (6):

có thể vào đầu ống hút ngập dưới

nước của máy bơm, vào ngăn đầu bể trộn, vào đầu ống đưa nước vào bể chứa (nếu là chất khử trùng...)

Nguyên tắc làm việc của thiết bị này giống như bình truyền huyết thanh trong bệnh viện.



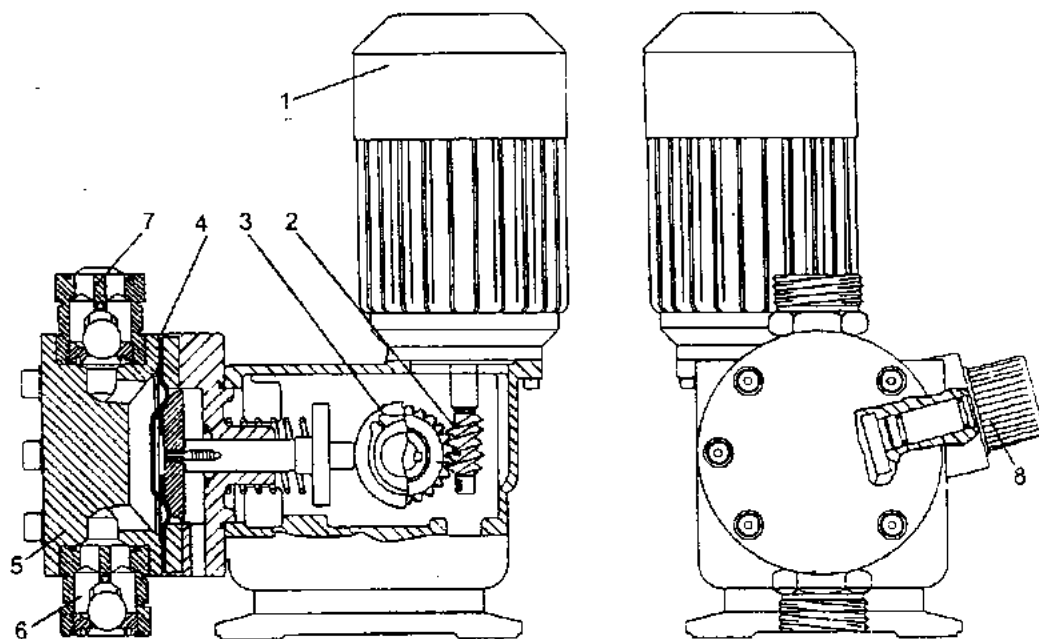
Hình 4.11. Thùng định lượng

### 4.7.2. Bơm định lượng

#### 1. Cấu tạo

Hình (4.12) giới thiệu cấu tạo bơm định lượng kiểu màng. Bơm hoạt động theo trình tự sau: khi motor (1) quay truyền chuyển động đến hộp số (2). Hộp

số (2) được điều khiển theo ý muốn bằng nút điều chỉnh (8) để bánh lệch tâm (3) chuyển động quay với các tốc độ khác nhau. Bánh lệch tâm (3) khi quay làm cho trục màng (4) có gắn lò xo chuyển động tịnh tiến với tần số và biên độ theo sự đặt trước của nút điều khiển (8). Khi màng chuyển động lùi van hút (6) mở cho dung dịch vào buồng bơm khi màng chuyển động tới van hút (6) đóng van đẩy (7) mở cho dung dịch đi vào ống đẩy.



**Hình 4.12. Cấu tạo bơm định lượng kiểu màng**

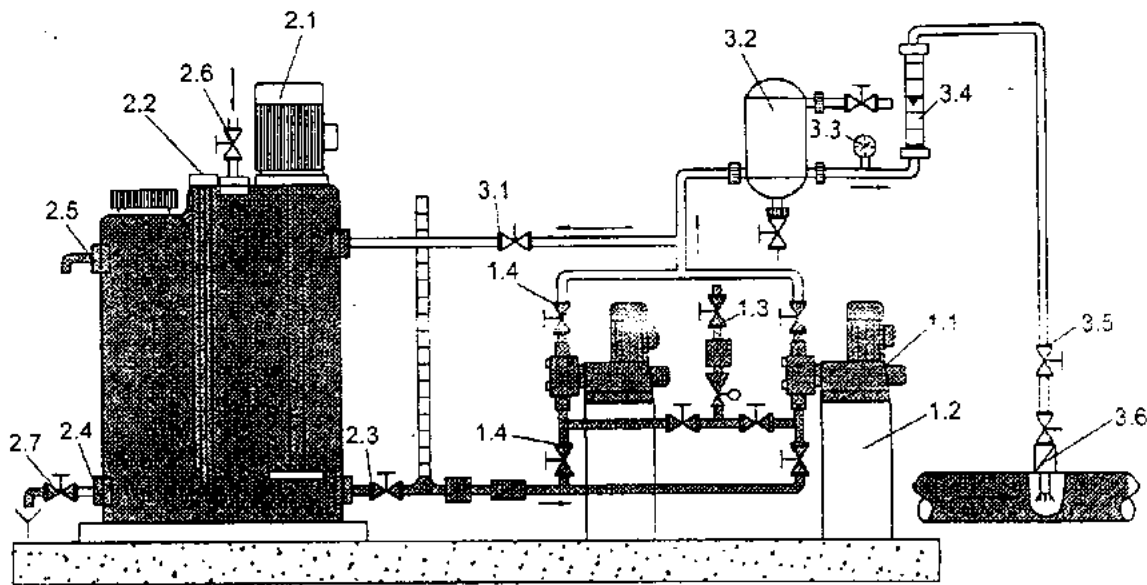
1- động cơ; 2- hộp số; 3- bánh lệch tâm; 4- màng bơm; 5- đầu bơm;  
6- van hút; 7- van đẩy; 8- nút điều chỉnh lưu lượng.

## 2. Các sơ đồ lắp đặt bơm định lượng

Hình (4.13) giới thiệu sơ đồ lắp đặt bơm định lượng có nút chỉnh lưu lượng 8 điều khiển bằng tay.

Sơ đồ gồm: Bơm định lượng (1.1) đặt trên bệ (1.2). Đầu hút và đầu đẩy lắp van (1.4), trên đầu hút lắp van (1.3). Lấy nước sạch để rửa tráng bơm sau mỗi chu kỳ hoạt động. Bơm định lượng hút dung dịch hóa chất từ bể tiêu thụ có máy khuấy (2.1) và bộ đo mực nước (2.2), Bể tiêu thụ được cách ly với hệ thống bơm định lượng bằng van (2.3) và có ống xả đáy (2.4), ống tràn (2.5), ống nạp dung dịch vào (2.6) và van xả (2.7). Trên đường ống đẩy của bơm định lượng có van điều áp (3.1) đặt trên nhánh tuần hoàn lại bể, thùng điều áp (3.2) để ổn định áp lực và lưu lượng, đồng hồ đo (3.3) hoặc (3.4), van điều chỉnh áp lực (3.5) và điểm đưa hóa chất vào nước (3.6). Sơ đồ bơm định lượng

loại này dùng cho nhà máy nước hoạt động liên tục trong ngày nên phải đặt hai bơm, một làm việc, một dự phòng.



Hình 4.13. Sơ đồ đặt bơm định lượng điều chỉnh bằng tay

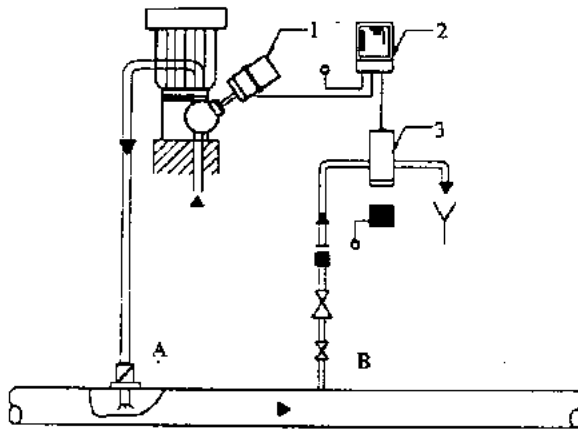
Hình (4.14) giới thiệu sơ đồ lắp đặt bơm định lượng tự động điều chỉnh lưu lượng. Để điều khiển tự động lưu lượng của bơm định lượng theo một chỉ tiêu ở đầu ra cố định theo ý muốn (ví dụ giữ pH = 7 phải cho thêm dung dịch kiềm vào nước) thay nút điều khiển hộp số (8) bằng động cơ điện từ (1).

Sơ đồ gồm: Bơm định lượng có động cơ điện từ điều khiển lưu lượng tự động (1) hút dung dịch (xút) từ thùng tiêu thụ bơm vào điểm A của ống để trộn đều với nước. Tại điểm B của ống khi nước đã được trộn đều và phản ứng xong với hóa chất, lấy 1 lượng nước nhỏ đi vào hộp (3). Trong hộp (3) ngâm đầu dò (sensor) (ví dụ đầu dò pH, đầu dò conductivity, độ đục, clo ...) để đưa tín hiệu về bộ xử lý và khuếch đại (2). Trên bộ (2) gài sẵn trị số đầu ra mong muốn (ví dụ pH = 7). Nếu có sai lệch chỉ tiêu muốn có ở đầu ra.

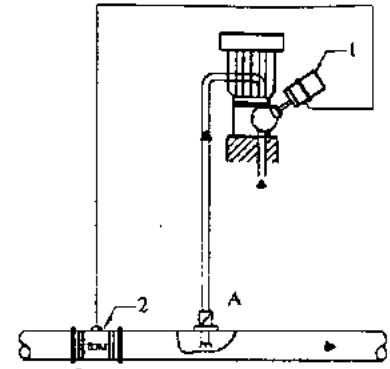
Bộ xử lý (2) sẽ truyền tín hiệu để điều khiển motor (1) làm thay đổi giá trị ở hộp số sao cho lưu lượng dung dịch được bơm đáp ứng với yêu cầu.

Hình (4.15) giới thiệu sơ đồ lắp đặt bơm định lượng tự động điều chỉnh lượng hóa chất tỷ lệ với lượng nước đưa vào xử lý.

Trên đường ống trước thiết bị trộn đặt đồng hồ đo lưu lượng kiểu điện từ (2). Giá trị lưu lượng đo được, được truyền bằng tín hiệu về motor (1) để điều chỉnh lưu lượng hóa chất của bơm định lượng, theo tỷ lệ đã định sẵn.



Hình 4.14. Sơ đồ đặt bơm định lượng điều chỉnh tự động



Hình 4.15. Điều chỉnh tự động theo lưu lượng

## 4.8. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Tính toán kho, bể hòa tan, bể định lượng và các thiết bị tương ứng để hòa tan và định lượng phèn vôi cho nhà máy nước công suất 60000 m<sup>3</sup>/ngày = 2500 m<sup>3</sup>/h. Liều lượng phèn cần thiết vào mùa lũ a = 80 mg/l; mùa khô 50 mg/l. Liều lượng vôi để kiểm hóa vào mùa lũ a<sub>v</sub> = 10 mg/l, mùa khô a<sub>v</sub> = 15 mg/l. Thời gian dự trữ phèn 30 ngày, vôi 15 ngày. Phèn thị trường chứa P = 35%. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> tính theo sản phẩm không ngậm nước. Vôi chứa 80% CaO. Dùng phương pháp dự trữ phèn ướt.

*Giải:*

### a. Phèn

#### 1. Tính dung tích kho phèn

- Lượng phèn thị trường cần dùng cho một ngày về mùa lũ:

$$G = \frac{aQ}{1000.P} = \frac{80 \times 60000 \times 100}{1000 \times 35} = 13700 \text{kg} = 13,7 \text{t}$$

- Lượng phèn thị trường dùng cho một ngày về mùa khô

$$G = \frac{aQ}{1000.P} = \frac{50 \times 60000 \times 100}{1000 \times 35} = 8560 \text{kg} \approx 8,6 \text{t}$$

Lượng phèn dự trữ trong một tháng:  $G = 30 \times 13,7 \sim 411 \text{ t}$ .

Dùng luôn kho chứa dự trữ phèn ướt làm bể hòa tan phèn đến nồng độ bão hòa.

Thể tích kho cần thiết:  $V = 1,5 \times 411 = 615 \text{ m}^3$ .

Kho chia làm hai ngăn bằng tường ngăn chịu lực ở giữa. Kích thước một ngăn: rộng 5m, dài 15 m, cao 4,2 m. Tính từ mặt sàn đỡ đến mép bể. Sàn đỡ dùng xà gỗ 50 × 100 mm đặt cách nhau 20 mm, chiều dài xà gỗ  $l = \frac{5000}{3} = 1660 \text{mm}$ , hai đầu



gắn chặt vào mấu và dầm đỡ. Mặt dưới của sàn đỡ cách đáy bể 20 cm. Đáy bể được thiết kế với độ dốc dọc 1% về phía đặt ống xả cặn và độ dốc ngang 2%.

Chiều sâu bể phía đặt bơm và ống xả  $H_1 = 4,2 + 0,3 + \frac{15}{100} = 4,65$  m.

Chiều sâu đầu bể  $H_2 = 4,2 + 0,2 + 0,1 = 4,5$  m.

Thời gian dự trữ phèn về mùa khô

$$T = 411/8,6 \sim 48 \text{ ngày.}$$

Dưới sàn đỡ đặt hệ thống ống phân phối gió để tăng cường quá trình hòa tan phèn đảm bảo cho dung dịch phèn nằm phía dưới sàn đỡ luôn ở tình trạng bão hòa. Từ đây dung dịch phèn được bơm lên thùng tiêu thụ.

### 2. Tính dung tích bể tiêu thụ

Chọn số giờ làm việc của bể tiêu thụ  $n = 6$  h,  $P = 5\%$ . Theo công thức (4.3) thể tích bể tiêu thụ bằng:

$$W = \frac{2500 \times 80 \times 6}{10000 \times 5 \times 1} = 24 \text{ m}^3.$$

Về mùa khô bể tiêu thụ sẽ làm việc trong thời gian:

$$n = \frac{w.P.\gamma.10000}{Qa} = 10000 \frac{24 \times 5 \times 1}{2500 \times 50} = 9,6 \text{ h.}$$

Bể tiêu thụ được thiết kế với tiết diện vuông  $2,5 \times 2,5$  m, đáy là hình chóp bốn cạnh đều, góc cân  $60^\circ$  (xem hình 4.7), chiều cao phần hình trụ  $H_1 = 3,4$  m (20 cm dự trữ chống tràn), chiều cao phần hình chóp  $H_2 = 2,1$  m.

Tổng chiều cao bể tiêu thụ  $H = 3,4 + 2,1 = 5,5$  m.

Dưới đáy hình chóp lắp ống xả D100.

Thể tích thực tế:  $W = 2,5 \times 2,5 \times 3,2 + \frac{1}{3} 2,5 \times 2,5 \times 2,1 = 24,2 \text{ m}^3.$

Trong trạm đặt hai bể, một làm việc, một chuẩn bị dung dịch dự trữ.

Dung dịch phèn 5% ở bể tiêu thụ được định lượng đều với lưu lượng không đổi bằng bơm định lượng để đưa vào bể trộn.

### 3. Chọn bơm dung dịch phèn và bơm định lượng

Dung dịch phèn từ bể hòa tan (kho dự trữ ướt) theo định kỳ sáu giờ bơm lên bể tiêu thụ một lần. Chọn thời gian bơm  $t = 2$  h (sau mỗi lần bơm sục gió ở bể hòa tan ba giờ liên tục, hai giờ bơm, một giờ pha chế đến nồng độ  $P = 5\%$  ở bể tiêu thụ).

• Lượng phèn cần thiết tính cho một lần bơm:

$$G_1 = Q.a.n = 2500 \times 80 \times 6 = 1200000 \text{ g} = 1200 \text{ kG.}$$

Nồng độ hòa tan bão hòa của phèn tính theo  $Al_2(SO_4)_3$  bảng (4.1) thường từ 33% đến 36% (ứng với nhiệt độ nước ở ta từ  $10 - 20^\circ\text{C}$ ). Vì nồng độ bão hòa thay đổi theo nhiệt độ nên trước mỗi lần bơm phải xác định nồng độ phèn ở bể hòa tan để quyết

định thời gian bơm cần thiết. Khi chế độ quản lý đã ổn định nên lập biểu đồ thay đổi nồng độ theo nhiệt độ để tra thời gian bơm. Nếu nồng độ dung dịch phen bão hòa ở bể hòa tan  $P = 33\%$  thì thể tích dung dịch phen cần dùng trong sáu giờ là:

$$V_1 = \frac{1200 \times 100}{33} = 3600 \text{ l.}$$

Nếu bơm trong hai giờ, lưu lượng máy bơm sẽ là  $Q = 3600/2 = 1800 \text{ lít} = 30 \text{ l/ph.}$

- Chọn máy bơm chịu axit có lưu lượng  $q = 30 \text{ l/ph}$ ;  $H = 10 \text{ m}$  cột nước trong trạm đặt hai bơm (một làm việc, một dự phòng).

- Về mùa khô lượng phen cần trong sáu giờ là:

$$G_2 = 2500 \times 50 \times 6 = 750000 \text{ g,}$$

thể tích dung dịch phen cần bơm mỗi lần:

$$V_2 = \frac{750 \times 100}{33} = 2280 \text{ l.}$$

- Thời gian bơm cần thiết:

$$t = 2280/30 = 76 \text{ phút.}$$

- Bơm định lượng: lưu lượng dung dịch phen 5% cần thiết đưa vào nước trong một giờ

$$q = \frac{Q.a}{1000P} = \frac{2500 \times 80 \times 100}{1000 \times 5} = 40000 \text{ l/h} = 4 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

Chọn máy bơm định lượng kiểu màng có lưu lượng thay đổi từ 0,5 đến 6  $\text{m}^3/\text{h}$ . Áp lực đẩy  $H \sim 60 \text{ m}$  cột nước.

Trong trạm bố trí hai máy, một làm việc một dự phòng. Sơ đồ lắp đặt máy xem hình (4.13).

## b. Vôi

Vôi cục mua về dự trữ khô dùng thiết bị tôi và pha chế sữa vôi (hình 4.8)

### 1. Xác định kích thước kho chứa vôi cục

Lượng vôi thị trường vôi độ tinh khiết 80% cần dùng cho một ngày về mùa khô:

$$G = \frac{60000 \times 15 \times 100}{1000 \times 80} = 1130 \text{ kG.}$$

Lượng vôi dự trữ 15 ngày:

$$G = 15 \times 1130 = 17000 \text{ kG} = 17 \text{ tấn.}$$

Tỷ trọng vôi cục khi đổ thành đồng  $\gamma = 1,2$ .

Thể tích vôi cục choán trong kho  $W = 17/1,2 \sim 14 \text{ m}^3$ .

Vôi đổ cao 1,5 m. Diện tích mặt bằng để đổ vôi:  $14/1,5 = 9,5 \text{ m}^2$ .

Thiết kế kho rộng 5m dài 6m có cửa lớn ở đầu hồi để ô tô có thể lùi vào đổ vôi trực tiếp vào kho, chung quanh xây kín để chống mưa, bụi, có cửa thông hơi thoáng gió để hạ độ ẩm của không khí trong kho. Kho xây liền với gian đặt máy tôi vôi.

## 2. Xác định kích thước rọ tôi

Mỗi lần tôi dùng bằng tải điện vận chuyển 80 kG vôi đưa vào rọ, thể tích rọ cần thiết:

$$W = 0,08/1,2 = 0,067\text{m}^3.$$

Rọ có tiết diện hình chữ nhật: 0,5m × 0,4m, cao 0,4m, thể tích rọ

$$W_R = 0,5 \times 0,4 \times 0,4 = 0,08\text{m}^3.$$

Rọ làm bằng thép không gỉ, đáy rọ là lưới thép 5mm × 5mm. Thời gian tôi một mẻ hết 10 phút, thời gian đưa vôi vào rọ 5 phút, mỗi mẻ tôi 15 phút. Cứ ba lần tôi xả cặn ở rọ ra ngoài một lần. Như vậy trung bình 1 giờ tôi được  $3 \times 80 = 240$  kG vôi cục.

## 3. Tính dung tích thùng tiêu thụ chứa dung dịch sữa vôi 5%

Sau mỗi lần tôi, sữa vôi từ bể tôi tự chảy theo máng hở về bể tiêu thụ chứa sữa vôi.

Mỗi lần tôi 10 mẻ liên tục được 800 kG.

Mỗi lần tôi 800 kG vôi thị trường tức  $800 \times 80\% = 640$  kG vôi tinh khiết.

Thể tích bể tiêu thụ chứa sữa vôi nồng độ 5% sẽ là:

$$W = \frac{640 \times 100}{5} = 12800\text{l} = 12,8\text{m}^3.$$

Trong trạm bố trí hai bể một làm việc một dự phòng.

- Do mỗi lần tôi và pha dung dịch sữa vôi được 640 kG vôi tinh khiết nên số giờ giữa hai lần tôi và chuẩn bị sữa vôi về mùa khô sẽ là:

$$T_1 = \frac{640}{2500 \times \frac{15}{1000}} = 17\text{h}.$$

- Thời gian giữa hai lần tôi về mùa lũ  $a = 10 \text{ g/m}^3$ .

$$T_1 = \frac{640}{2500 \times \frac{10}{1000}} = 24\text{h} \text{ (ngày tôi một lần)}.$$

Kích thước bể hòa tan và bể tiêu thụ chứa sữa vôi: tiết diện phần hình trụ 2m × 2m cao 3m. Phần hình chóp có góc tâm 60° cao 1,6 m. Đáy chóp lắp ống xả cặn D100mm dưới miệng xả có rọ sắt để hứng cặn. Để giữ cho sữa vôi không bị lắng và có nồng độ đều 5% phải liên tục khuấy trộn bằng máy khuấy.

## 4. Máy bơm định lượng vôi

Lưu lượng sữa vôi 5% cần phải đưa vào nước trong một giờ

$$q = \frac{2500 \times 15 \times 100}{1000 \times 5} = 750 \text{ l/h}.$$

Chọn bơm định lượng kiểu màng. Trong trạm đặt hai bơm, một làm việc một dự phòng.

Sơ đồ đặt bơm định lượng xem hình (4.13).

5. Tính bơm air-lift tuần hoàn dung dịch vôi

- Diện tích tiết diện ngang của rọ:  $0,5 \times 0,4 = 0,2\text{m}^2$ .

Cường độ tuần hoàn dung dịch để tôi và hòa tan vôi cục là  $3,5\text{m}^3/\text{m}^2$  rọ phút.

Lưu lượng bơm tuần hoàn cần:

$$Q = 3,5\text{m}^3/\text{m}^2 \times 0,2\text{m}^2 = 0,7\text{m}^3/\text{ph} = 42\text{m}^3/\text{h}$$

- Bơm đặt ở độ sâu 4m so với dung dịch trong bể, chiều cao nâng  $h = 1\text{m}$ , tỷ số  $H/h = 5/1 = 5$ .

Tra bảng (4.4) có được hiệu suất của bơm  $\eta = 0,59$ .

Lưu lượng không khí cần thiết theo (4.6)

$$W_1 = \frac{1,1 \times Q \times h}{\eta \cdot 23 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}} = \frac{1,1 \times 42 \times 1,0}{0,59 \times 23 \lg \frac{1,4}{1}} = 24,3\text{m}^3/\text{h}$$

- Ống dẫn gió  $\phi 20$ ,  $Q = 24,3\text{m}^3/\text{h}$ ,  $v = 10\text{m/s}$ .
- Tổn thất áp lực trên đường ống dẫn gió từ máy gió đến bơm  $l = 20\text{m}$

$$P_1 = \frac{12,5\beta G^2 l}{\gamma \cdot d^5};$$

$$G = \gamma Q = 1,842 \times 24,3 = 44,76 \text{ kG/h}$$

$$G = 1,68 \text{ (bảng 4.2)}$$

$$P_1 = \frac{12,5 \times 1,68 \times 44,76^2 \times 20}{1,842 \times 20^5} = 0,143\text{kG/cm}^2 = 1,43\text{m cột nước}$$

- Tổn thất cục bộ theo (4.6)

$$p_2 = 0,063 \cdot v^2 \cdot \sum \xi = 0,063 \times 10^2 \times 12 = 75,6\text{mm} = 0,076\text{m}$$

- Áp lực đi qua lớp dung dịch theo (4.7)

$$p_3 = \gamma \cdot H = 1,1 \times 4 = 4,4\text{m}$$

$$p_4 = 0,2\text{m, áp lực dự trữ}$$

Tổn thất áp lực cần thiết của máy gió:  $P = 1,43 + 0,076 + 4,4 + 0,2 = 6,106 \text{ m cột nước} = 0,61\text{bar}$ .

Chọn hai máy thổi gió có  $Q = 25\text{m}^3/\text{h}$ , áp lực nén  $P = 0,61 \text{ bar}$ . Một máy làm việc một dự phòng.

- Lưu lượng hỗn hợp khí nước:  $Q = Q_n + W_1 = 42 + 24,3 = 66,3\text{m}^3/\text{h}$ . Vận tốc tại đáy côn  $v = 3\text{m/s}$ . Đường kính côn  $d_1 = 110 \text{ mm}$ , ống dẫn hỗn hợp khí nước  $v = 6\text{m/s}$ , đường kính ống  $d_2 = 60\text{mm}$ . Xem hình (4.10).

## **Phần III**

---

- . CÁC QUY TRÌNH VÀ CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC  
TRUYỀN THỐNG: TRỘN HÓA CHẤT, TẠO  
BÔNG CẶN, LẮNG, LỌC, KHỬ TRÙNG NƯỚC**
-

# 5

## TRỘN VÀ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN

### 5.1. TRỘN VÀ BỂ TRỘN

So với khối lượng nước xử lý, lượng hóa chất sử dụng thường chỉ chiếm một tỷ lệ rất nhỏ, khoảng vài chục phần triệu. Mặt khác phản ứng của chúng lại xảy ra rất nhanh ngay sau khi tiếp xúc với nước. Vì vậy cần phải khuấy trộn để phân phối nhanh và đều hóa chất ngay sau khi cho chúng vào nước, nhằm đạt được hiệu quả xử lý cao nhất.

Khi thiết kế và quản lý vận hành bể trộn cần chú ý các điểm sau:

- Loại và tính chất của hóa chất cần trộn đều với nước.
- Các hóa chất khác nhau cần hòa trộn vào nước;
- Tính chất của nước thô;
- Điều kiện địa phương và trình độ quản lý.

#### 5.1.1. Động lực của quá trình trộn

Mục tiêu của quá trình trộn là đưa các phân tử hóa chất vào trạng thái phân tán đều trong môi trường nước khi phản ứng xảy ra, đồng thời tạo điều kiện tiếp xúc tốt nhất giữa chúng với các phân tử tham gia phản ứng, việc này được thực hiện bằng cách khuấy trộn để tạo ra các dòng chảy rối trong nước. Hiệu quả của quá trình trộn phụ thuộc vào cường độ và thời gian khuấy trộn. Đặc biệt khi pha phèn vào nước, cường độ khuấy trộn quá nhỏ thì không đạt yêu cầu phân phối hóa chất, nếu quá lớn sẽ làm cho các phân tử tham gia phản ứng trượt khỏi nhau khi tiếp xúc. Cường độ khuấy trộn phụ thuộc trực tiếp vào năng lượng tiêu hao để tạo ra dòng chảy rối. Trong kỹ thuật xử lý nước sử dụng đại lượng gradien vận tốc để biểu thị cường độ khuấy trộn.

$$G = \left( \frac{P}{\mu V} \right)^{0.5} \quad (5.1)$$

trong đó:  $G$  – gradien vận tốc ( $s^{-1}$ );

$\mu$  – độ nhớt động lực của nước ( $N.s/m^2$ ),

đối với nước ở nhiệt độ  $20^\circ C$  ta có  $\mu = 0,001 Ns/m^2$ ;

$P$  – năng lượng tiêu hao tổng cộng ( $J/s$ ) ( $1W = 1000 J/s$ );

$V$  – dung tích bể trộn ( $m^3$ ).

Thời gian khuấy trộn hiệu quả được tính cho đến lúc hóa chất đã phân tán đều vào nước và đủ để hình thành các nhân keo tụ, nhưng không quá lâu làm ảnh hưởng đến các phản ứng tiếp theo. Trong thực tế, để hòa trộn có hiệu quả, giá trị gradien vận tốc thường được lấy từ 200 đến  $1000 s^{-1}$ , thời gian hòa trộn  $t$  lấy từ 1 giây đến 2 phút. Chuẩn số khuấy trộn Camp nằm trong khoảng  $G_t = 300 \div 1600$ , thường lấy  $G_t = 1000$ . Thời gian khuấy trộn phụ thuộc rất nhiều vào loại hóa chất cần trộn.

Phèn nhôm và phèn sắt khi cho vào nước, xảy ra phản ứng thủy phân và hấp thụ để tạo ra hạt keo dương làm nhân keo tụ, quá trình diễn ra ngắn hơn 1 giây, nếu không trộn nhanh và đều với nước (khoảng 1 - 2 giây) các nhân keo tụ không được phân phối đều trong thể tích nước làm cho hiệu quả keo tụ kém đi, nếu muốn giữ hiệu quả keo tụ phải tốn thêm từ 20 - 30% lượng phèn - chất kiềm hóa vôi, xút, soda và các polyme trợ keo tụ khi cho vào nước không xảy ra phản ứng thủy phân, không phải là nhân keo tụ, chỉ là chất điều chỉnh độ kiềm và pH giúp cho quá trình tạo bông cặn tốt hơn, nếu cho cùng với phèn xảy ra phản ứng với phèn làm giảm số lượng nhân keo tụ. Vì thế các chất kiềm hóa và trợ keo tụ phải cho vào nước sau khi nước đã được trộn đều với phèn từ 15 giây đến 1 phút và thời gian trộn các hóa chất này có thể dài hơn từ 10 giây đến 2 phút.

Các chất oxy hóa cho vào nước thô để oxy hóa các chất hữu cơ, diệt rong tảo phải cho vào nước trước khi trộn phèn từ 3 phút trở lên, thời gian khuấy trộn có thể từ 10 giây đến 2 phút.

Theo nguyên lý cấu tạo và vận hành, các quá trình trộn được chia thành *trộn thủy lực*, *trộn cơ khí* và *trộn bằng dòng tia áp lực*.

### 5.1.2. Trộn thủy lực

Trộn thủy lực về bản chất là phương pháp dùng các loại vật cản để tạo ra sự xáo trộn trong dòng chảy của hỗn hợp nước và hóa chất. Giá trị gradien vận tốc trong trường hợp này được tính theo năng lượng cần tiêu hao để thắng sức cản thủy lực do các vật cản tạo ra. Tổn thất thủy lực cần thiết phải tạo ra khi qua bể trộn được tính theo công thức:

$$H = \frac{G^2 v V}{g Q}, \quad (5.2)$$

trong đó: H – tổng tổn thất thủy lực qua bể trộn (m);  
 G – gradien tốc độ chọn từ 200 - 1000 (s<sup>-1</sup>);  
 V – thể tích bể trộn (m<sup>3</sup>);  
 Q – lưu lượng nước qua bể (m<sup>3</sup>/s);  
 g – gia tốc trọng trường = 9,81 m/s<sup>2</sup>;  
 v – độ nhớt động học của nước (m<sup>2</sup>/s) chọn theo bảng (5.1).

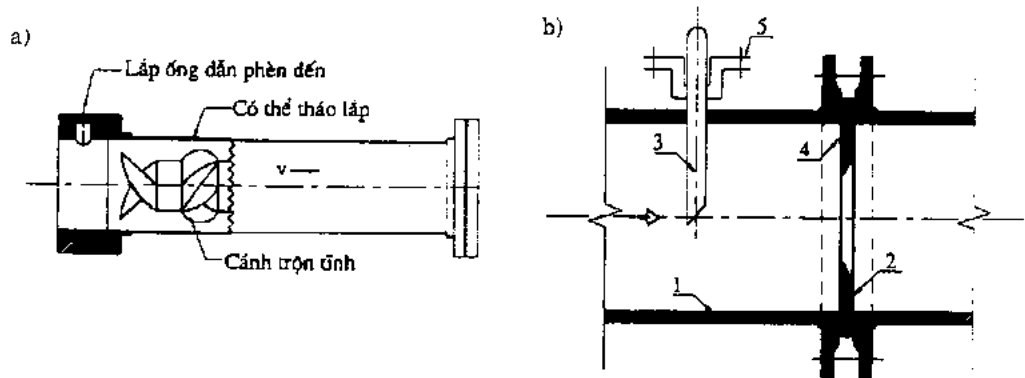
Bảng 5.1. Độ nhớt động học của nước

t (°C)	10	12	15	20	30	40
v. 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s	1,31	1,24	1,14	1,01	0,81	0,66

Tùy theo cấu tạo, quá trình trộn thủy lực được thực hiện bằng máy bơm, thiết bị trộn trong ống dẫn, bể trộn vách ngăn và bể trộn đứng.

**Thiết bị trộn đặt trong ống dẫn (in line static mixer)**

Gần đây trên thị trường xuất hiện nhiều loại thiết bị trộn đặt trên đường ống dẫn, ưu điểm là gọn, không có bộ phận chuyển động, chiều dài khuấy trộn  $l = 1,5D$  (D là đường kính ống), thời gian trộn nhanh, không cần đưa năng lượng từ ngoài vào và không cần tôn cao công trình. Thời gian trộn 1 – 3s, tổn thất áp lực qua thiết bị 0,4 - 0,6m.



Hình 5.1. Thiết bị trộn trên đường ống dẫn

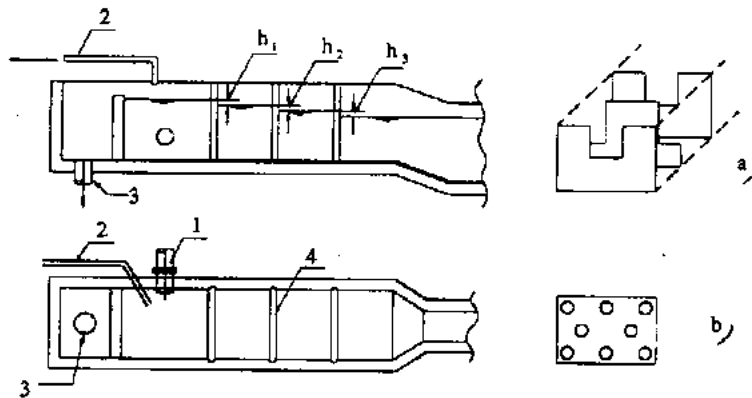
a) Cánh trộn; b) Vành chắn.

1- ống nước thô; 2- vành chắn; 3- dung dịch hóa chất;

4- zơăng cao su; 5- vành ngăn nước.



- **Khuấy trộn bằng máy bơm:** ở các trạm xử lý nước có công suất nhỏ có thể cho dung dịch hóa chất vào đầu hút của máy bơm nếu chiều dài ống dẫn từ bơm đến công trình xử lý  $\leq 200$  m. Tốc độ nước trong ống dẫn phải bằng hoặc lớn hơn 1,2 m/s để có thể xói và tải cặn lắng bám vào đường ống trong thời gian bơm ngừng hoạt động.
- **Trộn trong ống dẫn:** thường được sử dụng như khâu trộn sơ bộ khi cần cho hai hoặc nhiều loại hóa chất đồng thời vào nước. Biện pháp đơn giản nhất là sau điểm cho hóa chất, thay một đoạn ống dẫn nước nguồn đến bể trộn chính bằng đoạn ống có đường kính nhỏ hơn, tính với vận tốc nước 1,2 - 1,5 m/s. Chiều dài đoạn ống trộn tính theo tổng tổn thất áp lực bằng 0,3 m - 0,4 m. Nếu ống nước nguồn không có đủ chiều dài cần thiết, dùng thiết bị trộn vành chắn thay cho đoạn ống trộn. (hình 5.1). Vành chắn tạo ra dòng chảy rối trong ống, đường kính lỗ vành chắn chọn với tổn thất cục bộ 0,3 m đến 0,4 m.



Hình 5.2. Bể trộn vách ngăn

- 1- ống dẫn nước; 2- ống dẫn dung dịch;  
3- ống xả tràn; 4- vách chắn ngang.

- **Bể trộn vách ngăn** còn gọi là **bể trộn ngang** (hình 5.2): gồm một đoạn mương bê tông cốt thép có các vách trộn chắn ngang.

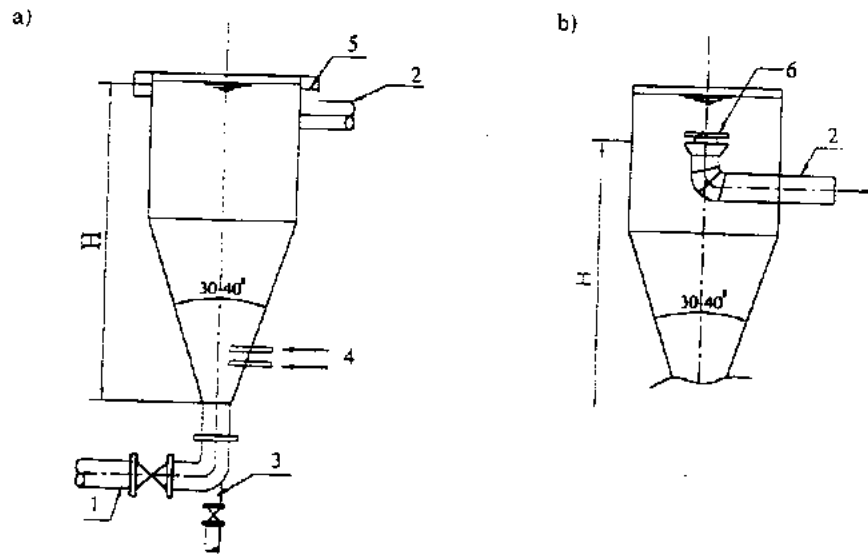
Số lượng vách ngăn thường lấy là 3. Để tạo nên sự xáo trộn dòng chảy, trên các vách ngăn có thể khoét các hàng cửa so le hoặc các hàng lỗ cho nước đi qua. Tiết diện cửa hoặc lỗ tính với vận tốc nước đi qua 1 m/s. Đường kính lỗ thường lấy từ 20 - 40 mm. Số lỗ trên một vách ngăn xác định theo công thức:

$$n = \frac{4Q}{\pi d^2 v} \quad (5.3)$$

trong đó:  $Q$  – lưu lượng nước qua bể trộn ( $m^3/s$ );  
 $v$  – vận tốc nước qua lỗ ( $m/s$ );  
 $d$  – đường kính lỗ ( $m$ ).

Tổn thất áp lực qua mỗi vách ngăn thường lấy từ 0,10 m đến 0,15 m. tổn thất tổng cộng trong bể 0,3 m - 0,45 m. Kích thước bể tính theo vận tốc nước chảy ở phần mương thu cuối bể 0,6 m/s - 0,7 m/s và ở phần đầu bể không nhỏ hơn 0,3 m/s. Khoảng cách giữa các vách ngăn lấy không bé hơn chiều rộng bể trộn. Bể trộn vách ngăn thường được áp dụng để trộn nước với các dung dịch hóa chất chứa ít cặn như phen, xô đa. Thời gian trộn từ 1 đến 2 phút, không nên dùng bể trộn vách ngăn để trộn dung dịch vôi sữa vì khi trộn dung dịch vôi sữa, cặn vôi có thể lắng xuống và đóng thành lớp trước các vách ngăn.

- **Bể trộn đứng:** thường được sử dụng trong các nhà máy nước có xử lý bằng vôi sữa. Với chiều nước chảy từ dưới lên, các hạt vôi sẽ được giữ ở trạng thái lơ lửng và hòa tan dần. Cấu tạo bể trộn gồm hai phần, phần thân trên thường có tiết diện vuông hoặc tròn, phần đáy có dạng hình côn với góc hợp thành giữa các tường nghiêng trong khoảng 30 - 40° (hình 5.3).



Hình 5.3. Bể trộn đứng

- a) Kiểu thu nước bằng máng; b) Kiểu thu nước bằng phễu  
 1- ống dẫn nước nguồn; ; 2- ống đưa nước sang bể phản ứng;  
 3- ống xả; 4- ống dẫn hóa chất 5- máng thu nước; 6- phễu thu nước.

Kích thước bể trộn được tính với các chỉ tiêu: vận tốc nước dâng ở phần thân trên 25 đến 28 mm/s; vận tốc nước ở miệng ống nước vào dưới đáy bể 1 - 1,2 m/s. Chiều cao bể tính theo thời gian hòa trộn 1,0 - 2 phút khi

trộn soda và phen, và 3 phút khi trộn với. Kích thước máng thu tính theo vận tốc nước trong phần cuối máng nhỏ hơn 0,6m/s. Khi dùng phễu thu phải có biện pháp chống hút khí vào nước.

Phương pháp trộn thủy lực có ưu điểm là cấu tạo công trình đơn giản, không cần máy và thiết bị phức tạp, giá thành quản lý thấp. Nhược điểm cơ bản là không điều chỉnh được cường độ khuấy trộn khi cần thiết và do tổn thất áp lực lớn nên công trình phải xây dựng cao hơn.

**Ví dụ 1.** Tính toán bể trộn có vách ngăn (khoan lỗ hoặc khe) hình (5.2).

Lưu lượng nước thô :  $Q = 54 \text{ m}^3/\text{h} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nhiệt độ nước trung bình :  $t = 20^\circ\text{C}$ .

Cường độ khuấy trộn :  $G = 250 \text{ s}^{-1}$ .

Thời gian khuấy trộn :  $T = 1 \text{ ph} = 60 \text{ s}$ .

**Giải:**

- Thể tích cần thiết của bể trộn:  $V = 60 \times 1 \times 0,015 = 0,9 \text{ m}^3$

- Tổng tổn thất cần thiết qua bể trộn:

$$H = G^2 v V / g Q ; \quad G = 250.$$

Ở  $20^\circ\text{C}$  ta có  $v = 1,01 \times 10^{-6}$ ;

$$g = 9,81 ; \quad Q = 0,015 ; \quad V = 0,9.$$

$$H = (250)^2 \times 1,01 \times 10^{-6} \times 0,9 / 9,81 \times 0,015 = 0,386 \text{ m}.$$

- Trong bể đặt ba vách ngăn, mỗi vách ngăn tạo tổn thất 0,13 m. Chiều sâu lớp nước sau vách ngăn cuối cùng chọn  $H = 0,3 \text{ m}$ .

Vận tốc qua vách ngăn:

$$v = \mu \sqrt{2gh} = 0,62 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,13} = 1 \text{ m/s}$$

Mực nước ngăn thứ hai (trên ngăn cuối)

$$h = 0,3 + 0,13 = 0,43 \text{ m}.$$

Lỗ thùng ở giữa vách ngăn thứ ba có mép trên ngập dưới mực nước ở ngăn thứ hai là 0,15m.

Chiều cao lỗ thùng:  $0,43 \text{ m} - 0,15 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$ .

Chiều rộng lỗ thùng:

$$b = \frac{q}{h.v} = \frac{0,015}{0,38 \times 1} = 0,053 \text{ m} \approx 5,3 \text{ cm}.$$

Vách ngăn ở giữa chừa hai lỗ hai bên sát thành.

Chiều cao mực nước trong ngăn đầu:  $h = 0,3 + 0,13 + 0,13 = 0,56 \text{ m}$ , mép trên hai lỗ thùng ngập dưới mực nước ngăn đầu 0,25 m.

Chiều cao lỗ thùng:  $0,56 - 0,25 = 0,31$  m.

Chiều rộng của mỗi lỗ thùng:

$$b = \frac{q}{2h.v} = \frac{0,015}{2 \times 0,31 \times 1} = 0,025 \text{ m.}$$

Ngăn đầu tiên bố trí một lỗ thùng ở giữa, mép trên lỗ thùng ngập dưới mực nước ở đầu bể 0,35 m.

Chiều cao lỗ thùng:

$$0,69 - 0,35 = 0,34 \text{ m.}$$

Chiều rộng lỗ thùng:

$$b = \frac{q}{h.v} = \frac{0,015}{0,34 \times 1} = 0,044 \text{ m} \approx 4,5 \text{ cm.}$$

Với công suất nhỏ nên thay khe bằng các lỗ D20 khoan đều trên diện tích ngập nước. Thể tích bể  $0,9 \text{ m}^3$ . Chiều cao lớp nước trung bình trong bể 0,56 m. Chọn chiều rộng bể 0,5m.

Chiều dài:

$$L = \frac{0,9}{0,53 \times 0,5} = 3,2 \text{ m.}$$

Chọn: ngăn đầu cho hóa chất  $L_1 = 0,6$  m. Khoảng cách giữa hai vách ngăn 1m, phần cuối bể 0,6 m. ống dẫn sang bể phản ứng, lấy tốc độ 0,6 m/s.

Chiều cao thành bể trộn:

$$H = 0,69 + 0,16_{\text{áo, ống}} = 0,85 \text{ m.}$$

### 5.1.3. Trộn cơ khí

Thay bằng năng lượng dòng nước, trộn cơ khí dùng năng lượng cánh khuấy để tạo ra dòng chảy rối. Cánh khuấy có thể được cấu tạo theo nhiều dạng khác nhau. Năng lượng cần thiết để cho chúng chuyển động trong nước được tính theo công thức:

$$P = K \rho n^3 D^5, \tag{5.4}$$

trong đó: P – năng lượng cần thiết (W);

$\rho$  – khối lượng riêng của chất lỏng ( $\text{kG/m}^3$ );

D – đường kính cánh khuấy (m);

n – số vòng quay trong 1 giây (vg/s);

K – hệ số sức cản của nước, phụ thuộc vào kiểu cánh khuấy, lấy theo số liệu của Rushton, hình (5.4).

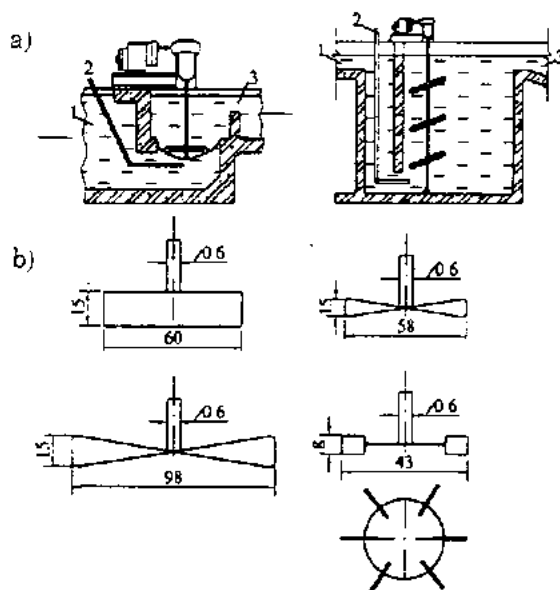
- Cánh khuấy chân vịt 3 cánh	$K = 0,32$
- Cánh khuấy chân vịt 2 cánh	$K = 1,00$
- Tuabin 6 cánh phẳng đầu vuông	$K = 6,3$
- Tuabin 4 cánh nghiêng $45^\circ$	$K = 1,08$
- Tuabin kiểu quạt 6 cánh	$K = 1,65$
- Tuabin 6 cánh đầu tròn cong	$K = 4,80$
- Cánh khuấy gắn 2 - 6 cánh dọc trục	$K = 1,70$

Từ công thức trên ta thấy năng lượng để quay cánh khuấy hoặc năng lượng tiêu hao cho việc khuấy trộn nước phụ thuộc vào đường kính bản cánh và tốc độ chuyển động của cánh khuấy. Như vậy bằng cách điều chỉnh tốc độ quay của cánh khuấy, sẽ điều chỉnh được năng lượng tiêu hao và cường độ khuấy trộn. Đối với việc khuấy trộn cơ khí, do cường độ khuấy trộn cao, giá trị gradien vận tốc thường từ  $800$  đến  $1000 \text{ s}^{-1}$ , nên thời gian khuấy trộn ngắn hơn, chỉ từ 1 đến 3 s.

Việc khuấy trộn thường được tiến hành trong các bể trộn hình vuông hoặc hình tròn, với tỷ lệ giữa chiều cao và chiều rộng là 2: 1. Nước và hóa chất đi vào phân đáy bể, sau khi hòa trộn được thu lại ở trên mặt bể và đưa sang bể phản ứng. Cánh khuấy có thể là cánh tuabin hoặc cánh phẳng gắn trên trục quay (hình 5.4). Tùy theo chiều sâu của bể có thể gắn nhiều tầng cánh trên một trục quay.

Tốc độ quay của trục được chọn theo kiểu cấu tạo và kích thước của cánh khuấy.

Thường lấy theo vận tốc giới hạn của điểm xa nhất trên cánh khuấy so với trục quay không lớn hơn  $4,5 \text{ m/s}$ . Như vậy kiểu cánh tuabin có tốc độ quay trên trục  $500 - 1500$  vòng/phút, kiểu cánh phẳng  $50 - 500$  vòng/phút. Cánh



Hình 5.4

a) Bể trộn cơ khí; b) Các loại cánh khuấy  
1- nước nguồn vào; 2- cấp dung dịch phen;  
3- nước ra sau trộn

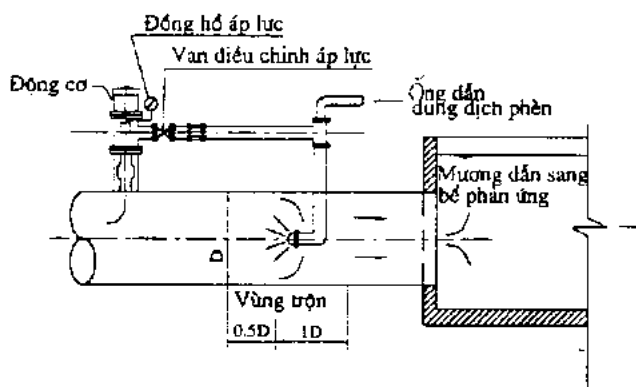
khuấy có thể làm bằng hợp kim, thép không gỉ hoặc bằng gỗ. Bộ phận truyền động thường đặt trên mặt bể và trục quay đặt theo phương thẳng đứng.

So với phương pháp trộn thủy lực, trộn cơ khí có nhiều ưu điểm hơn, có thể điều chỉnh cường độ khuấy trộn theo ý muốn, thời gian khuấy trộn ngắn nên dung tích bể trộn nhỏ, tiết kiệm được vật liệu xây dựng. Nhược điểm chính là cần có máy khuấy và các thiết bị cơ khí khác, đòi hỏi trình độ quản lý, vận hành cao. Vì vậy bể trộn cơ khí chỉ nên áp dụng cho các nhà máy nước có mức độ cơ giới hóa cao, thường là các nhà máy có công suất vừa và lớn. Trong một số trường hợp, khi áp lực nước nguồn còn dư như nguồn nước ở trên cao tự chảy về hoặc áp lực bơm nước nguồn còn dư nên chọn bể trộn thủy lực. Trước khi lựa chọn biện pháp khuấy trộn, cần phải tiến hành việc so sánh hiệu quả kinh tế giữa hai phương pháp thủy lực và cơ khí để tìm ra quy trình tối ưu nhất.

#### 5.1.4. Trộn bằng dòng tia áp lực

Ưu điểm của thiết bị trộn bằng dòng tia áp lực (hình 5.5) là

- Không có tổn thất thủy lực trên dòng nước thô.
- Có hiệu quả cao vì tỷ lệ giữa hai dòng chính và dòng tia là 2 - 3% đảm bảo trộn đều và nhanh, có thể điều chỉnh được cường độ khuấy trộn.
- Có thể thay thế máy bơm tạo tia áp lực tại chỗ bằng dòng nước lấy từ đài rửa lọc, từ trạm bơm nước kỹ thuật trong nhà máy, từ trạm bơm II quay về.



Hình 5.5. Thiết bị trộn bằng dòng tia áp lực

### 5.1.5. Các yêu cầu chung về cấu tạo

Bể trộn thường xây dựng thành một hoặc nhiều ngăn tùy theo công suất xử lý và qui trình công nghệ của nhà máy nước. Không cần xây dựng bể hoặc ngăn dự phòng, nhưng phải có biện pháp để phòng sự cố như khi bể chỉ gồm một ngăn, phải có ống hoặc mương dẫn nước vòng qua bể sang khâu xử lý tiếp theo để dây chuyền xử lý không bị gián đoạn nếu bể trộn ngừng làm việc để sửa chữa. Nước từ bể trộn được dẫn bằng ống hoặc mương sang khâu xử lý tiếp theo, tốc độ chuyển động của nước 0,8 - 1,0 m/s. Nếu trộn hóa chất keo tụ thời gian đưa nước từ bể trộn sang bể phản ứng tạo bông cần không vượt quá một phút.

### 5.1.6. Quản lý vận hành

- Điều quan trọng nhất trong quản lý vận hành bể trộn là xác định đúng liều lượng hóa chất cần trộn, theo sự thay đổi hàng ngày của lưu lượng và chất lượng nước thô.
- Điều thứ hai là thường xuyên xem xét đường ống dẫn hóa chất, kịp thời phát hiện chỗ rò rỉ, chỗ tắc nghẽn và thông rửa thường xuyên những chỗ có thể gây đóng cặn.
- Điều thứ ba là kiểm tra và điều chỉnh để giữ đúng trị số năng lượng khuấy trộn (cường độ khuấy trộn G) cần thiết theo chất lượng nước thô.
- Điều thứ tư là: xác định đúng thứ tự và khoảng cách về thời gian để cho các hóa chất khác nhau vào trộn đều với nước cần xử lý.
- Điều thứ năm là: ghi vào sổ trực ban hàng ngày:
  - Liều lượng hóa chất cho vào nước, nồng độ hóa chất %.
  - Cường độ khuấy trộn, để có số liệu khi xem xét đánh giá từng khâu trong toàn bộ dây chuyền xử lý nước.

**Ví dụ 2.** Thiết kế bể trộn cơ khí cho nhà máy nước công suất  $Q = 1,80 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Thời gian khuấy trộn : 3 giây.
- Cường độ khuấy trộn :  $G = 1000 \text{ s}^{-1}$ .
- Nhiệt độ nước :  $t = 20^\circ\text{C}$ .

**Giải:**

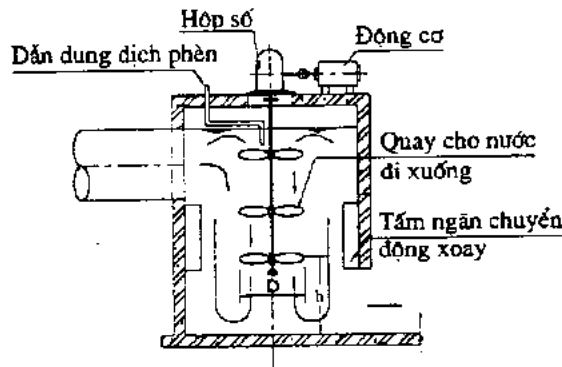
Thể tích bể trộn cần:  $V = 3 \times 1,8 \text{ m}^3/\text{s} = 5,4 \text{ m}^3$ .

Bể trộn vuông:  $a \times a \times h = 1,35 \times 1,35 \times 3 \text{ m}$ .

Ống dẫn nước vào ở đỉnh bể, dung dịch phen cho vào ngay cửa ống dẫn vào bể, nước đi từ trên xuống dưới qua lỗ của thành bể để dẫn sang ngăn phản ứng.

Dùng máy khuấy tuabin sáu cánh nghiêng góc 45° hướng xuống dưới để đưa nước từ trên xuống. Đường kính máy khuấy  $D \leq 1/2$  chiều rộng bể. Trong bể đặt bốn tấm chắn để ngăn chuyển động xoay của nước, chiều cao tấm chắn 3 m, chiều rộng 0.13 m, bằng 1/10 đường kính bể.

- Máy khuấy đặt cách đáy một khoảng  $h = D$  (đường kính cánh khuấy).
- Chiều rộng bản cánh khuấy bằng 1/5 đường kính cánh khuấy.
- Chiều dài bản cánh khuấy bằng 1/4 đường kính máy khuấy.
- Đường kính cánh khuấy lấy bằng 0,6m.



Hình 5.6. Bể trộn cơ khí

- Năng lượng cần truyền vào nước:  $P = G^2 V \mu$

$$P = (1000)^2 \times 0.001 \times 5,4 = 5400 \text{ J/s} = 5,4 \text{ kW.}$$

Hiệu suất động cơ  $\eta = 0,8$ , công suất động cơ  $5,4 : 0,8 = 6,75 \text{ kW}$ .

Xác định số vòng quay của máy khuấy

$$n = \left( \frac{P}{K_p D^5} \right)^{1/3} = \left( \frac{5400}{1,08 \times 1000 \times (0,6)^5} \right)^{1/3} = 4 \text{ vg/s} = 240 \text{ vg/ph}$$

phải có hộp giảm tốc cho động cơ.

Ví dụ 3. Tính toán thiết bị trộn dùng bơm để tạo dòng tia áp lực

- Công suất nước thô :  $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Đường kính ống dẫn nước thô :  $\Phi 1000 \text{ mm}$ .
- Chuẩn số :  $G_{xi} = 1000$  ( $G = 750 \text{ s}^{-1}$ ).
- Nhiệt độ nước thấp nhất :  $t^\circ = 10^\circ \text{C}$ .
- Liều lượng phen thay đổi :  $a = 8 \div 50 \text{ mg/l}$ .

Xác định: 1- Thời gian trộn

2- Năng lượng trộn cần thiết do dòng tia tạo ra



- 3- Công suất của bơm
- 4- Vận tốc dòng tia và đường kính vòi phun
- 5- Công suất điện của động cơ
- 6- Lượng phèn và vị trí cho phèn vào nước

**Giải:** Chiều dài vùng khuấy trộn:

$$L = 1,5D = 1,5 \times 1000\text{mm} = 1500\text{mm} = 1.5\text{m}.$$

1. Thể tích vùng trộn:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = 0,785 \times 1^2 \times 1,5 = 1,18\text{m}^3.$$

Thời gian khuấy trộn:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{1,18}{1,5} = 0,79 \text{ s}.$$

2. Năng lượng khuấy trộn cần thiết do dòng tia tạo ra xác định theo công thức (5.1):

$$P = G^2 \mu V$$

$$\mu = 1,336 \cdot 10^{-3} \text{ NS/m}^2 \text{ ở } 10^\circ\text{C}$$

$$P = (750)^2 \times 1,336 \cdot 10^{-3} \times 1,18 = 887 \text{ j/s} \approx 0,89\text{kW}.$$

3. Công suất của bơm: Theo thực nghiệm để đạt được hiệu quả trộn tốt nhất thì lưu lượng dòng tia phải từ 2-5% lưu lượng dòng chính.

$$Q_{\text{bơm}} = 0,04 \times 1,5\text{m}^3/\text{s} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s} = 45\text{l/s}$$

- Áp lực do dòng tia tạo ra:  $H_t$  tính theo công thức:

$$P = \frac{\gamma Q H_t}{102\eta}$$

$$\eta = 1; Q = 0,04\text{m}^3/\text{s}; \gamma = 1000\text{kg/m}^3; P = 0,89\text{kW}$$

$$H_t = \frac{102 \times 0,89}{1000 \times 0,045} \approx 2,0\text{m}.$$

4. Vận tốc của dòng tia:

$$H = \frac{v^2}{2g} \rightarrow v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 2} = 6,26\text{m/s}.$$

- Đường kính đầu vòi phun:

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi}}$$

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,045}{6,26} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 0,045}{3,14 \times 6,26}} = 0,095\text{m} = 95\text{mm}.$$

5. Công suất điện của động cơ:

- Áp lực đẩy của bơm = áp lực dòng tia + tổn thất qua vòi phun + tổn thất qua ống

$$H_{\text{bơm}} = H_t + h_{w1} + h_{w2}$$

$$H_1 = 2\text{m}; \quad h_{w1} = \zeta \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{6,26^2}{19,6} = 2,0\text{m}; \quad h_{w2} = 1\text{m}$$

$$H_b = 2 + 2 + 1 = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_b = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}.$$

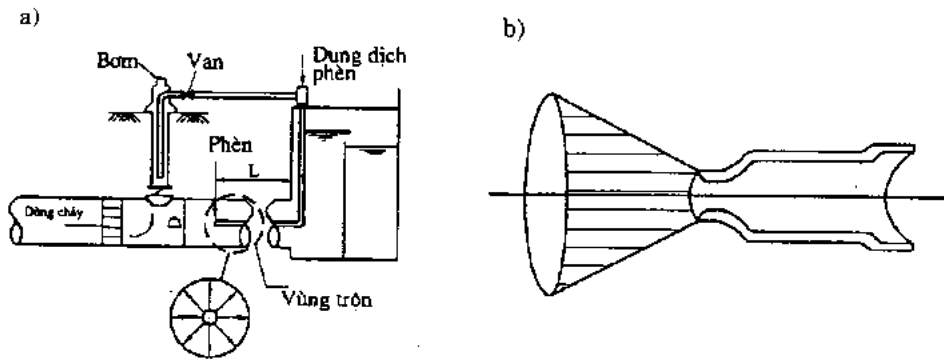
Công suất động cơ của bơm:

$$N = \frac{\gamma Q H}{102 \eta_1 \eta_2},$$

$\eta_1$  - hiệu suất của bơm = 0,8;

$\eta_2$  - hiệu suất của động cơ = 0,9.

$$N = \frac{1000 \times 0,045 \times 5}{102 \times 0,8 \times 0,9} = 3,06 \text{ kW} \approx 3,1 \text{ kW}$$



Hình 5.7

a) Bơm; b) Vòi phun.

### 6. Lượng phèn và vị trí cho phèn vào nước

- Lượng phèn cao nhất pha thành dung dịch 5% theo trọng lượng

$$q_{\max} = \frac{50 \text{ g/m}^3 \times 1,5 \text{ g/m}^3 \times 60 \text{ s}}{1000} \times \frac{100}{5} = 90 \text{ l/ph}$$

$$q_{\text{trung bình}} = \frac{15 \text{ g/m}^3 \times 1,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s}}{1000} \times \frac{100}{5} = 27 \text{ l/ph}$$

$$q_{\min} = \frac{8 \text{ g/m}^3 \times 1,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s}}{1000} \times \frac{100}{5} = 14,4 \text{ l/ph}$$

Nồng độ dung dịch phèn không nên pha loãng hơn 1% vì với nồng độ loãng hơn pH của dung dịch có thể lớn hơn 3, làm hòa tan và thủy phân phèn ngay trong dung dịch, giảm tác dụng hoạt tính keo tụ của phèn.

- Dung dịch phèn cho vào ống dẫn của bơm ngay trước vòi phun đảm bảo chó vòi phun không bị đóng cặn và dung dịch phèn đã pha loãng bởi dòng tia được trộn ngay tức khắc với nước thô. Xem hình (5.7).

## 5.2. BỂ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN

Mục đích của quá trình phản ứng tạo bông cặn là tạo điều kiện thuận lợi nhất để các hạt keo phân tán trong nước sau quá trình pha và trộn với phèn đã mất ổn định và có khả năng dính kết với nhau, va chạm với nhau để tạo thành các hạt cặn có kích thước đủ lớn, có thể lắng trong bể lắng hoặc giữ lại được ở bể lọc.

### 5.2.1. Nguyên lý hoạt động và cấu tạo các loại bể tạo bông cặn

Khi thiết kế cấu tạo và quản lý vận hành bể phản ứng tạo bông cặn phải cần nhắc các điều kiện sau:

- 1) Chất lượng nước thô gồm: độ đục, tổng hàm lượng hữu cơ, độ kiềm, pH, độ màu, nhiệt độ.
- 2) Các loại công trình xử lý đặt sau bể phản ứng tạo bông cặn.
- 3) Điều kiện địa phương gồm: có sãn chênh lệch cao độ, điều kiện khí hậu, nhiệt độ, trình độ trang thiết bị chung và trình độ quản lý vận hành. Cần nhắc, lựa chọn từ các điều kiện trên để thiết kế và vận hành bể, tạo ra số hạt cặn  $N$  lớn nhất hay giảm số hạt keo  $n_0$  ban đầu nhanh nhất. Từ phân tích ở chương 3, số lượng cặn hình thành trong đơn vị thời gian được tính theo công thức (3.22):

$$\frac{dN}{dt} = N_{12} = \frac{4}{3} \alpha_0 n_1 n_2 (r_1 + r_2)^3 G$$

còn giảm số lượng cặn đến  $n_t$  so với số lượng cặn ban đầu  $n_0$  tính theo công thức (3.34):

$$\frac{n_t}{n_0} = e^{-\alpha C_0 G t}$$

trong đó:  $C_0 = \frac{4}{3} n_1 n_2 (r_1 + r_2)^3,$

$N_{12}$  - số hạt cặn tạo thành từ hạt  $n_1$  có bán kính  $r_1$  và hạt  $n_2$  có bán kính  $r_2$ ;

$G$  - gradien vận tốc tính theo công thức (5.1).

Từ công thức (3.22) cho thấy: Khi keo tụ trong môi trường thể tích,  $n_1, n_2$  là các hạt keo tự nhiên và các hạt keo do phèn tạo ra phân bố đều trong thể tích nước, hiệu quả keo tụ  $N_{12}$  chỉ còn phụ thuộc vào thông số  $G_{xt}$ . Dựa vào nguyên lý này các nhà khoa học chuyên ngành Cấp thoát nước đã tạo ra các loại bể

phản ứng cơ khí, bể phản ứng thủy lực bằng vách ngăn, bể phản ứng khuấy trộn bằng gió, ...

Từ công thức (3.22) và (3.34) cũng cho thấy: nếu tăng số lượng và kích thước hạt  $n_2$ ,  $r_2$  lên nhiều lần thì sẽ giảm được cường độ và thời gian khuấy trộn  $G_1$ , từ đó các nhà khoa học đã tạo ra:

- Bể tạo bông có lớp cặn lơ lửng
- Bể tạo bông tuần hoàn lại cặn đặt trong bể lắng có lớp cặn lơ lửng (accelerator) sẽ xem xét trong chương bể lắng.
- Bể tạo bông tiếp xúc qua lớp vật liệu hạt rắn.
- Bể tạo bông xoáy hình côn có các hạt rắn lơ lửng, ...

Như vậy bể phản ứng tạo bông cặn được phân thành năm loại: *thủy lực, cơ khí, khí nén, tiếp xúc qua lớp cặn lơ lửng hay qua lớp vật liệu hạt cứng, tuần hoàn lại cặn.*

### 5.2.2. Bể phản ứng tạo bông cặn thủy lực

Nguyên lý vận hành cơ bản của bể phản ứng tạo bông cặn thủy lực là sử dụng năng lượng của dòng nước, kết hợp với các giải pháp về cấu tạo, để tạo ra các điều kiện thuận lợi cho quá trình tiếp xúc và kết dính giữa các hạt keo và cặn bản trong nước. Theo cơ chế cấu tạo và vận hành, có các kiểu: *bể phản ứng xoáy, bể phản ứng vách ngăn và bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng.* Các bể phản ứng tạo bông cặn thủy lực thường có cường độ khuấy trộn nhỏ, giá trị gradien vận tốc trung bình từ 30 đến 50s<sup>-1</sup>. Thời gian phản ứng kéo dài từ 15 đến 30 phút tùy theo kiểu bể.

*Bể phản ứng xoáy* gồm hai kiểu cấu tạo: *xoáy hình trụ và xoáy hình côn.*

- *Bể phản ứng xoáy hình trụ* thường được đặt trong bể lắng đứng, (xem hình 5.8) áp dụng cho các nhà máy nước có công suất nhỏ. Bể gồm một ống hình trụ đặt ở tâm bể phần trên của bể lắng đứng. Nước từ bể trộn được dẫn bằng ống rồi qua hai vòi phun cố định đi vào phần trên của bể. Hai vòi phun được đặt đối xứng qua tâm bể, với hướng phun ngược nhau và chiều phun nằm trên phương tiếp tuyến với đường chu vi bể. Do tốc độ qua vòi phun lớn, nước chảy quanh thành bể tạo thành chuyển động xoáy từ trên xuống. Các lớp nước ở bán kính quay khác nhau có tốc độ chuyển động khác nhau và tạo điều kiện tốt cho các hạt cặn, keo va chạm kết dính với nhau tạo thành bông cặn. Đường kính vòi phun được

chọn theo tốc độ nước ra khỏi vòi 2 - 3 m/s. Tổn thất áp lực tại vòi phun tính theo công thức:

$$h = 0,06 v^2, \text{ (m)}, \quad (5.5)$$

trong đó:  $v$  – vận tốc nước qua miệng vòi phun (m/s).

Đường kính bể phản ứng tính theo công thức:

$$D = \sqrt{\frac{4Qt}{60\pi Hn}} \text{ (m)}, \quad (5.6)$$

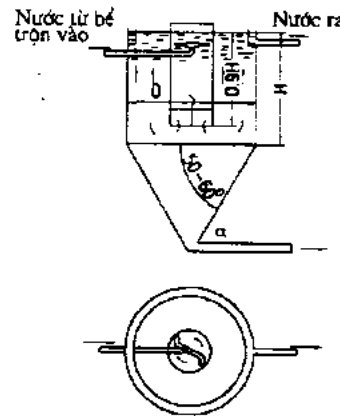
trong đó:  $Q$  – lưu lượng nước xử lý ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$t$  – thời gian lưu lại của nước trong bể phản ứng lấy 15 - 20 phút;

$H$  – chiều cao của bể phản ứng lấy bằng 0.90 chiều cao vùng lắng của bể lắng đứng (m);

$n$  – số bể phản ứng làm việc đồng thời.

Nước chứa các bông cặn đi ra từ đáy bể phản ứng. Ở đây, theo đường chu vi bể đặt các vách ngăn hướng dòng xếp hình nan quạt để đập tắt chuyển động xoáy và phân phối đều nước vào bể lắng. Kích thước các vách ngăn lấy cấu tạo theo khoảng cách từ đáy bể phản ứng đến đáy bể lắng và đường kính bể lắng. Khoảng cách giữa các vách ngăn tại đường chu vi của bể phản ứng lấy từ 0,1 m đến 0,6 m. Cường độ khuấy trộn trong bể xác định bằng gradien vận tốc tính theo công thức:



Hình 5.8. Bể phản ứng xoáy hình trụ đặt trong bể lắng đứng.

$$G = \sqrt{\frac{Q\gamma v^2}{2V\eta}} \text{ (s}^{-1}\text{)}, \quad (5.7)$$

trong đó:  $Q$  – lưu lượng nước vào bể ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$\gamma$  – trọng lượng riêng của nước ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

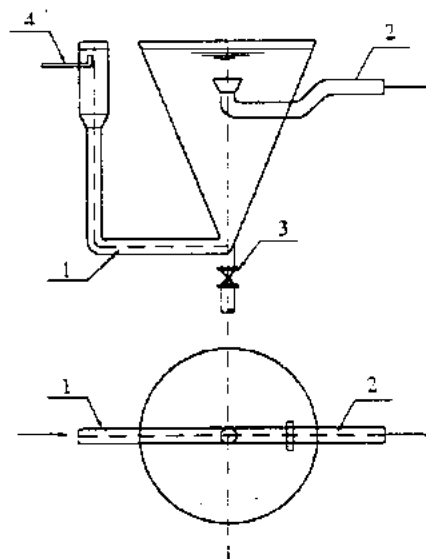
$v$  – tốc độ nước qua vòi phun (m/s);

$V$  – dung tích bể phản ứng ( $\text{m}^3$ );

$\eta$  – hệ số nhớt động học của nước.

Ngoài bể lắng đứng bể phản ứng xoáy hình trụ ít khi được xây dựng kết hợp với các kiểu bể lắng khác do cấu tạo phức tạp của vòi phun.

- **Bể phản ứng xoáy hình côn** (hình 5.9) có dạng như một cái phễu lớn. Nước đi vào ở đáy bể và dâng dần lên mặt bể. Trong quá trình đi lên, do tiết diện dòng chảy tăng dần làm cho tốc độ nước giảm dần. Tuy nhiên do ảnh hưởng quán tính, tốc độ của dòng nước phân bố không đều trên cùng một mặt phẳng nằm ngang, vào gần tâm bể, tốc độ càng lớn hơn và dòng chảy ở tâm có xu hướng phân tán dần ra phía thành bể. Ngược lại, do ma sát các dòng chảy phía ngoài lại bị các dòng bên trong kéo lên theo. Sự chuyển động thuận nghịch đó đã tạo ra các xoáy nước nhỏ phân bố đều trong bể, làm tăng hiệu quả khuấy trộn. Các bông cặn được tạo ra có kích thước tăng dần theo chiều nước chảy, đồng thời tốc độ nước giảm dần sẽ không phá vỡ các bông cặn lớn đó. Cường độ khuấy trộn trong bể phản ứng hình côn tính theo công thức (5.2). Nước với bông cặn đã hình thành được thu trên mặt bể và đưa sang bể lắng.



**Hình 5.9. Bể phản ứng xoáy hình côn**  
 1- ống đưa nước vào; 2- ống thu nước sang bể lắng; 3- van xả kiệt; 4- bộ phận tách khí

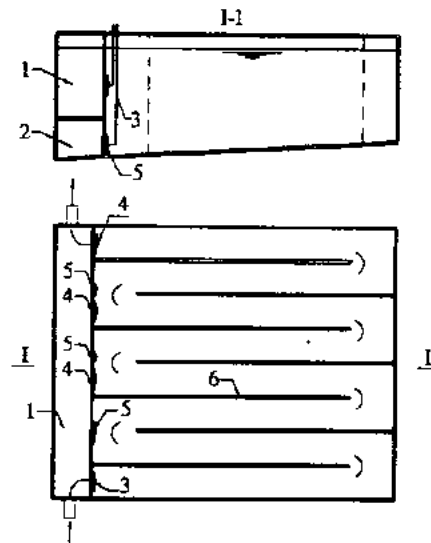
Dung tích bể phản ứng xoáy hình côn được tính với thời gian nước lưu lại 6 - 10 phút. Góc giữa các tường nghiêng lấy trong giới hạn 50 - 70°. Tốc độ nước đi lên nhỏ nhất, tính tại mặt cắt ngang điểm thu nước trên mặt bể 4 - 5 mm/s khi bể phản ứng đặt trước bể lắng trong và có khử màu; khi làm mềm nước bằng vôi lấy đến 8mm/s. Tốc độ nước đi vào đáy bể 0,7 - 1,2 m/s. Tổn thất áp lực trong bể không kể tổn thất ở đầu ống vào và tổn thất ở phần thu nước là 20 - 50 mm cho mỗi mét chiều cao của bể. Giá trị tổn thất áp lực nhỏ tương ứng tổng hàm lượng cặn nhỏ và ngược lại. Để thu nước trên mặt bể, có thể dùng phễu thu đặt ngập khi bể có đường kính bề mặt nhỏ. Đối với bể có đường kính bề mặt lớn thì dùng ống hoặc máng khoan lỗ đặt ngập trong nước. Tốc độ chuyển động của nước trong máng hoặc ống dẫn sang bể lắng lấy không lớn hơn

0,1 m/s để đảm bảo cho các bông cặn không bị phá vỡ. Khoảng cách dẫn nước sang bể lắng càng ngắn càng tốt. Nước trước khi vào bể phản ứng xoáy hình côn phải được tách hết khí hòa tan để tránh hiện tượng bọt khí dâng lên trong bể có thể phá vỡ các bông cặn lớn đã hình thành.

Bể phản ứng xoáy hình côn có ưu điểm là hiệu quả cao, tổn thất áp lực và dung tích nhỏ. Nhược điểm chính là khó tính toán cấu tạo bộ phận thu nước bề mặt, vì phải đảm bảo hai yêu cầu là thu nước đều và không phá vỡ bông cặn. Ngoài ra do hình dáng cấu tạo đặc biệt, khó xây dựng bằng bê tông cốt thép nên trong thực tế chỉ áp dụng cho các nhà máy nước có công suất nhỏ.

- **Bể phản ứng vách ngăn** thường được xây dựng kết hợp với bể lắng ngang. Nguyên lý cơ bản là dùng các vách ngăn để tạo ra sự đổi chiều liên tục của dòng nước. Mỗi khi dòng nước đổi chiều chảy, giữa các lớp nước lại có sự thay đổi về tốc độ và tạo ra hiệu quả khuấy trộn. Các hạt cặn được vận chuyển lệch nhau sẽ dễ va chạm và kết dính với nhau tạo thành bông cặn. Bể có cấu tạo dạng hình chữ nhật, bên trong có các vách ngăn hướng dòng nước chuyển động ziczắc theo theo phương nằm ngang hoặc phương thẳng đứng. Hình (5.10)

giới thiệu một kiểu bể phản ứng có vách ngăn hướng dòng theo phương nằm ngang. Nước từ bể trộn qua cửa (3) vào bể phản ứng, chảy dọc theo các vách ngăn và đi qua các chỗ ngoặt rồi ra ở cửa (4). Số lượng các vách ngăn được tính theo hai chỉ tiêu: dung tích bể phụ thuộc vào thời gian nước lưu cần thiết và tốc độ chuyển động của nước giữa các vách ngăn. Thời gian nước lưu lấy là 20 phút khi xử lý nước đục và 30 - 35 phút khi nước có màu hoặc độ đục thấp. Tốc độ chuyển động của nước quyết định cấu tạo bể, trường hợp dùng một tốc độ đều cho toàn bể 0,2 - 0,3 m/s, thì khoảng cách giữa các vách



**Hình 5.10. Bể phản ứng tạo bông cặn có vách ngăn hướng dòng theo phương nằm ngang**

1- mương dẫn nước vào ra; 2- mương xả cặn; 3- cửa đưa nước vào; 4- cửa đưa nước ra; 5- van xả cặn; 6- vách ngăn hướng dòng.

ngăn bằng nhau. Để tránh vỡ các bông cặn lớn hình thành ở phần cuối bể, thường xây dựng bể với tốc độ nước giảm dần từ 0,3 m/s ở đầu bể xuống 0,1 m/s ở cuối bể. Hiệu quả phản ứng có thể điều chỉnh theo chất lượng nước nguồn bằng cách giảm chiều dài dòng chảy (giảm thời gian phản ứng) theo các cửa đưa nước ra ở các ngăn khác nhau.

Cường độ khuấy trộn của bể tính theo gradien tốc độ trong trường hợp nước chuyển động đều. Tổn thất thủy lực cần thiết qua tổng các vách ngăn.

$$H = G^2 \cdot v \cdot V / g \cdot Q, \text{ (m) ,} \quad (5.8)$$

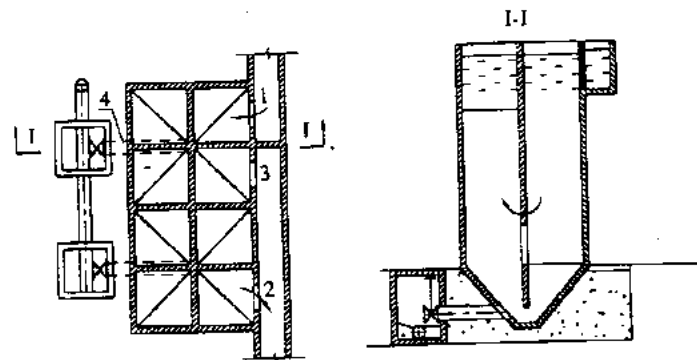
trong đó:  $G$  – cường độ khuấy trộn cần chọn;

$v$  – độ nhớt động học;

$V$  – thể tích bể ( $m^3$ );

$g$  – gia tốc trọng trường =  $9,81m/s^2$ ;

$Q$  – Lưu lượng ( $m^3/s$ ).



Hình 5.11. Bể phản ứng vách ngăn theo phương thẳng đứng

1- cửa đưa nước vào; 2- cửa đưa nước ra;

3- cửa điều chỉnh lượng nước ra theo thời gian; 4- xả cặn.

Tổn thất áp lực trong bể tính bằng tổng tổn thất theo chiều dài ở các đoạn có dòng chảy thẳng giữa hai vách ngăn và tổn thất cục bộ tại các chỗ ngoặt. Tổn thất cục bộ tính theo công thức:

$$h = 0,15v^2, \text{ (m) ,} \quad (4.9)$$

trong đó:  $v$  – vận tốc nước qua chỗ ngoặt ( $m/s$ ).

Bể phản ứng vách ngăn thông thường có từ 8 đến 10 chỗ ngoặt đổi chiều dòng nước. Khoảng cách giữa các vách ngăn lấy không nhỏ hơn 0,70 m để thuận tiện cho việc xây dựng, cọ rửa và sửa chữa. Khi công suất xử lý



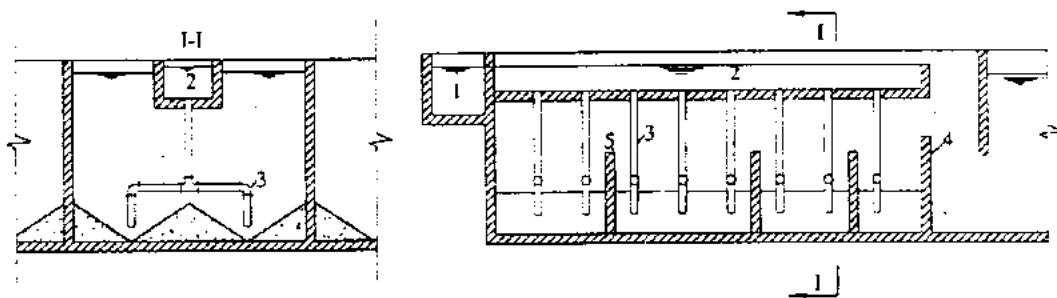
nhỏ, khoảng cách giữa các vách ngăn thường nhỏ hơn 0,70 m do phải đảm bảo chiều cao mực nước chảy sang bể lắng. Trong trường hợp này nên xây bể phản ứng vách ngăn với chiều nước chảy theo phương thẳng đứng (hình 5.11). Cấu tạo và tính toán tương tự như kiểu bể có chiều nước chảy theo phương nằm ngang, chú ý kiểm tra chế độ thủy lực chung của bể sau khi chọn kích thước cấu tạo.

Ưu điểm của các loại bể phản ứng tạo bông cặn vách ngăn là đơn giản trong xây dựng và quản lý vận hành. Nhược điểm chính là khối lượng xây dựng lớn hơn do nhiều vách ngăn và bể phải cao để đủ thỏa mãn tổn thất áp lực trong toàn bể.

- **Bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng** thường được xây dựng liền phía trước bể lắng ngang (hình 5.12). Nước vào bể qua các máng phân phối đều đặt dọc theo mặt bể. Các ống đứng dẫn nước từ máng xuống đáy bể. Ở đây, các bức vách nghiêng ở đáy bể có chức năng làm giảm dần tốc độ dâng lên của dòng nước, đồng thời phân phối đều dòng đi lên trên toàn bộ bề mặt bể. Mặt khác, đáy bể có cấu tạo giống bể phản ứng xoáy hình côn, nên qua hết phần đáy nước đã được khuấy trộn sơ bộ và các bông cặn nhỏ đã hình thành. Từ đây nước chứa các bông cặn nhỏ tiếp tục đi lên với tốc độ không đổi. Các bông cặn đã hình thành tiếp tục hấp thụ các hạt cặn nhỏ và lớn dần lên. Trọng lượng của bông cặn lớn dần làm cho tốc độ đi lên của nó giảm dần trong khi tốc độ dòng nước không đổi. Sự lệch pha đó giúp cho các hạt cặn nhỏ trong dòng nước va chạm và kết dính với bông cặn. Lên đến bề mặt bể các bông cặn sẽ bị cuốn đi theo dòng chảy ngang sang bể lắng.

Yếu tố quyết định hiệu quả phản ứng của loại bể này là trị số của nồng độ cặn  $n_1 \cdot n_2 = C_0$ , phụ thuộc chủ yếu vào việc phân phối đều nước và tốc độ đi lên của dòng nước. Tốc độ đi lên của dòng nước quá lớn sẽ không đảm bảo đủ thời gian phản ứng hiệu quả, nếu quá nhỏ các bông cặn lớn có thể lắng xuống ngay trong bể. Thường tốc độ đi lên của dòng nước lấy bằng 0,9 mm/s khi hàm lượng cặn nước nguồn đến 20mg/l; bằng 1,2mm/s khi hàm lượng cặn 20 - 50 mg/l; bằng 1,6 mm/s khi hàm lượng cặn 50 - 250 mg/l và lấy đến 2,2 mm/s khi hàm lượng cặn quá lớn. Bề dày lớp nước bên trên phần đáy nghiêng lấy lớn hơn 3,0 m. Thời gian nước lưu lại trong bể lấy không nhỏ hơn 20 phút. Để tránh ảnh hưởng của dòng chảy ngang trên mặt bể, đặt các vách ngăn hướng dòng vuông góc với dòng chảy ngang, khoảng cách giữa các vách lấy 3 - 4 m. Vận tốc

dòng chảy ngang bên trên các vách ngăn lấy nhỏ hơn 0,05 m/s. Để phân phối đều nước trong bể, ở các bể đã xây dựng trước đây, dùng các ống phân phối nước khoan lỗ đặt dọc theo đáy bể. Thực tế quản lý vận hành cho thấy, bể chỉ làm việc có hiệu quả trong một hai tháng đầu vì sau đó các lỗ trên ống bị cặn dính bám làm tắc, trít nên không thể phân phối đều nước. Để loại trừ hiện tượng này phải thay ống bằng các máng phân phối đặt dọc theo mặt bể. Tiết diện máng chọn đủ lớn sao cho mực nước trong máng không thay đổi (tổn thất thủy lực dọc máng gần bằng không). Dùng các ống nhựa  $\Phi 25 - 40$  đưa nước từ máng xuống đáy bể, vận tốc nước chảy trong ống  $v = 0,3 - 0,6\text{m/s}$ . Tổn thất áp lực trong lớp nước chứa cặn lấy 1 - 2 cm cho một mét chiều cao cột nước. Trước khi vào bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng, nước phải được đưa qua bộ phận tách khí. Nước được đưa từ bể phản ứng sang bể lắng ngang bằng tường tràn. Tốc độ nước qua tường tràn nhỏ hơn 0,05 m/s. Sau tường tràn đặt một tấm ngăn hướng dòng ngập sâu đến 1/4 chiều sâu bể lắng. Khoảng cách từ tường ngăn đến tường tràn tính với tốc độ nước qua đó nhỏ hơn 0,03 m/s. Bể phản ứng thường có bề rộng bằng bề rộng bể lắng ngang sau nó.



Hình 5.12. Bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng

- 1- máng dẫn từ bể trộn sang; 2- máng phân phối nước;
- 3- ống đứng phân phối đặt cách nhau 0,8-1m;
- 4- tường tràn sang bể lắng; 5- vách ngăn hướng dòng.

Bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng có ưu điểm là hiệu quả cao, cấu tạo đơn giản, không cần máy móc cơ khí, không tốn chiều cao xây dựng. Nhưng có nhược điểm là khởi động chậm, thường lớp cặn lơ lửng được hình thành và làm việc có hiệu quả chỉ sau 3 - 4 giờ làm việc.

**Ví dụ tính toán:**

Bể phản ứng thủy lực có vách ngăn:

- Lưu lượng cần xử lý 0,3 m<sup>3</sup>/s.

- Thời gian phản ứng 25 phút.
- Cường độ khuấy trộn ba bậc:

Bậc 1:  $G = 70$ . Bậc 2:  $G = 50$ . Bậc 3:  
 $G = 30$ . Nhiệt độ nước  $t = 20^\circ\text{C}$ .

**Giải:**

Thể tích bể  $V = 25 \times 60 \times 0,5 = 750 \text{ m}^3$   
 chia làm ba ngăn, mỗi ngăn  $0,167 \text{ m}^3/\text{s}$   
 chiều sâu bể  $H = 3 \text{ m}$ . Chiều rộng bể lấy  
 bằng chiều rộng ba bể lắng,  $b = 18 \text{ m}$ .

Chiều dài bể

$$L = \frac{750}{3 \times 18} = 14 \text{ m} = \frac{V}{H \times b}$$

- Trong một ngăn rộng 6 m chia làm ba hành lang, mỗi hành lang rộng 2 m, sâu 3m.

- Vận tốc nước chảy trong hành lang  $v = \frac{0,5}{3 \times 3 \times 2} = 0,028 \text{ m/s}$ .

- a) Tổn thất áp lực cần thiết qua hành lang thứ nhất có cường độ khuấy trộn tương ứng với bậc 1 :  $G = 70$ . Thể tích hành lang  $V = 84 \text{ m}^3$ .

$$h_1 = G^2 v / g Q = 70^2 \times 1,01 \cdot 10^{-6} \times 84 / 9,81 \times 0,167 = 0,254 \text{ m}.$$

Mỗi hành lang đặt sáu tấm, khoảng cách giữa các tấm  $A = 14/7 = 2,0 \text{ m}$  (xem hình 5.13).

Tổn thất qua một tấm  $h = 0,25 / 6 = 0,0424 \text{ m}$ .

Vận tốc qua khe giữa tấm chắn và thành bể  $h = 0,15 \text{ v}^2$

$$v = \left( \frac{0,0424}{0,15} \right)^{0,5} = 0,53 \text{ m/s}.$$

Diện tích khe hở

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,167}{0,53} = 0,315 \text{ m}^2.$$

Chiều rộng khe

$$b_1 = \frac{f}{h} = \frac{0,315}{3} = 0,105 \text{ m}.$$

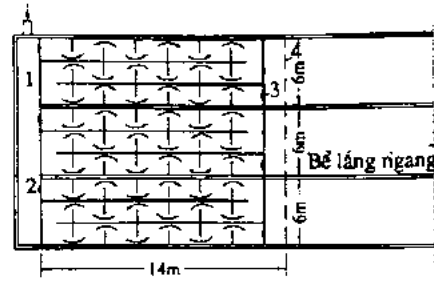
- b) Tổn thất qua hành lang thứ hai có cường độ khuấy trộn tương đương bậc 2  
 $G = 50 \text{ s}^{-1}$ ;  $V = 84 \text{ m}^3$ ;  $v = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ;  $Q = 0,5/3 = 0,167 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$h_2 = (50)^2 \times 1,01 \cdot 10^{-6} \times 84 / 9,81 \times 0,167 = 0,13 \text{ m}.$$

Đặt sáu tấm chắn cách nhau 2 m, tổn thất qua một tấm  $0,13 / 6 = 0,022 \text{ m}$ .

Vận tốc qua khe

$$v = \left( \frac{0,022}{0,15} \right)^{0,5} = 0,38 \text{ m/s}.$$



Hình 5.13. Bể phản ứng vách ngăn

1- mạng chung; 2- cửa đưa nước vào;

3- cửa đưa nước sang bể lắng ngang;

4- tường phân phối nước của bể lắng ngang.

Chiều rộng khe

$$b_2 = \frac{Q}{v \cdot h} = \frac{0,167}{0,38 \times 3} = 0,145 \text{ m.}$$

c) Tổn thất áp lực qua ngăn hành lang thứ ba ứng với cường độ khuấy trộn bậc 3

$$G = 30$$

$$H_3 = (30)^2 \times 1,01 \cdot 10^{-6} \times 84/9,81 \times 0,167 = 0,047 \text{ m.}$$

Đặt bốn vách ngăn, tổn thất qua một vách ngăn  $0,047 / 4 = 0,012 \text{ m.}$

$$v = \left( \frac{0,012}{0,15} \right)^{0,5} = 0,28 \text{ m/s.}$$

Chiều rộng khe:

$$b_3 = \frac{Q}{v \cdot h} = \frac{0,167}{0,28 \times 3} = 0,2 \text{ m.}$$

### 5.3. BỂ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN CƠ KHÍ

Bể phản ứng cơ khí dùng năng lượng của cánh khuấy chuyển động trong nước để tạo ra sự xáo trộn dòng chảy. Cánh khuấy thường có dạng bản phẳng đặt đối xứng qua trục quay và toàn bộ được đặt theo phương nằm ngang hay thẳng đứng (hình 5.14). Kích thước cánh khuấy được chọn phụ thuộc vào kích thước và cấu tạo bể phản ứng. Theo Camp, bể phản ứng cơ khí nên chia thành các ngăn với mặt cắt ngang dòng chảy có dạng hình vuông, kích thước cơ bản  $3,6 \times 3,6 \text{ m}$ ;  $3,9 \times 3,9 \text{ m}$  hoặc  $4,20 \times 4,20 \text{ m}$ . Dung tích bể tính theo thời gian nước lưu lại 10 - 30 phút. Theo chiều dài, mỗi ngăn lại được chia làm nhiều buồng bằng các vách ngăn hướng dòng theo phương thẳng đứng. Trong mỗi buồng đặt một guồng cánh khuấy. Các guồng cánh khuấy được cấu tạo sao cho có cường độ khuấy trộn giảm dần từ buồng đầu tiên đến buồng cuối cùng, tương ứng với sự lớn dần lên của bông cặn. Trong thực tế, giá trị gradien tốc độ ở buồng đầu tiên thường là  $60 - 70 \text{ s}^{-1}$  và ở buồng cuối cùng  $30 - 20 \text{ s}^{-1}$ . Để đạt được sự giảm dần đều của cường độ khuấy trộn, cần chia bể phản ứng làm càng nhiều buồng càng tốt, như vậy sẽ giảm được sự chênh lệch của cường độ khuấy trộn ở hai buồng kế tiếp nhau. Tuy nhiên, số lượng buồng quá nhiều sẽ làm tăng giá thành xây dựng, tăng số lượng thiết bị cơ khí, truyền động và quản lý vận hành sẽ phức tạp hơn. Cho nên số lượng buồng thường chỉ lấy từ ba đến bốn với sự chênh lệch của gradien tốc độ giữa hai buồng kế tiếp là  $15 - 20 \text{ s}^{-1}$ .

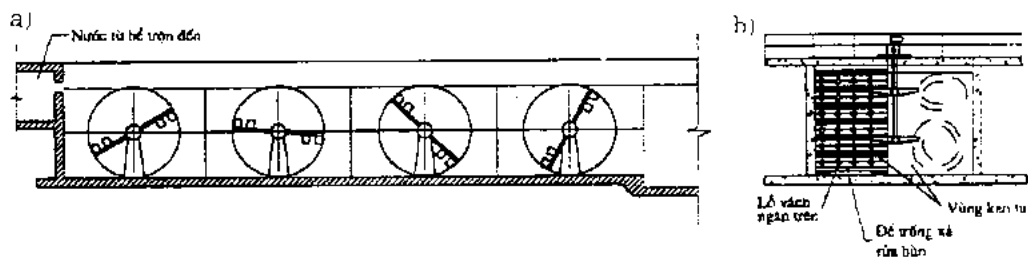
Guồng cánh khuấy có cấu tạo gồm trục quay và các bản cánh đặt đối xứng ở hai hoặc bốn phía quanh trục. Đường kính guồng tính đến mép cánh khuấy

ngoài cùng lấy nhỏ hơn bề rộng hoặc chiều sâu bể 0,30 - 0,40 m. Kích thước bản cánh khuấy được tính với tỷ lệ của tổng diện tích bản cánh với diện tích mặt cắt ngang bể là 15 - 20%. Tốc độ quay của guồng khuấy lấy từ 3 đến 5 vòng/phút. Tốc độ chuyển động của cánh khuấy tính theo công thức.

$$v_1 = \frac{2\pi Rn}{60}, \quad (\text{m/s}), \quad (5.10)$$

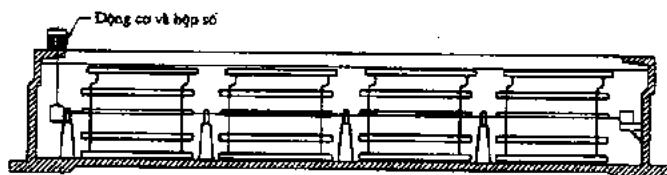
trong đó: R – bán kính chuyển động của cánh khuấy, tính từ mép ngoài của cánh đến tâm trục quay;

n – số vòng quay trong một phút, (vòng/ph).



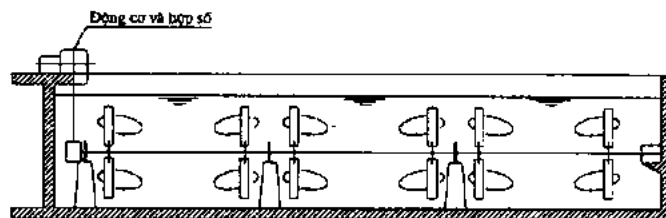
Mặt cắt ngăn cấu tạo bóng có động cơ và hộp số để ngoài bể

a) trục đứng; b) trục ngang.



Mặt cắt dọc ngăn tạo bóng, trục máy khuấy đặt dọc bể.

Truyền động bằng dây xích



Trục dọc truyền động bằng xích

**Hình 5.14.** Bể phản ứng tạo bông cặn cơ khí

a) Cánh khuấy đặt theo phương thẳng đứng;

b) Cánh khuấy đặt theo phương nằm ngang.

Khi cánh khuấy chuyển động trong nước, nước sẽ bị cuốn theo với tốc độ bằng 1/4 tốc độ của cánh khuấy. Như vậy tốc độ chuyển động tương đối của cánh khuấy so với nước sẽ là:

$$v_n = v_1 - v_n = v_1 - \frac{1}{4}v_1 = 0,75v_1$$

hoặc 
$$v_n = 0,75 \cdot \frac{2\pi Rn}{60}, \quad (\text{m/s}), \quad (5.11)$$

trong đó:  $v_n$  – tốc độ chuyển động của nước do cánh khuấy tạo ra (m/s).

Để đảm bảo hiệu quả phản ứng tránh làm vỡ hoặc lắng các bông cặn lớn đã hình thành, tốc độ chuyển động tương đối của cánh khuấy so với nước không nên vượt quá 0,75 m/s và không nhỏ hơn 0,25 m/s.

Cường độ khuấy trộn tính với gradien tốc độ trong các buồng phản ứng xác định theo (5.1). Năng lượng tiêu thụ ở đây tính bằng năng lượng cần để đưa cánh khuấy di chuyển trong nước theo công thức:

$$P = 51.C.Fv^3, \quad (\text{W}), \quad (5.12)$$

trong đó: C – hệ số sức cản của nước, phụ thuộc vào tỷ lệ giữa chiều dài l và chiều rộng b của bản cánh khuấy,

$$\text{Khi } l/b = 5, \quad C = 1,2;$$

$$\text{Khi } l/b = 20, \quad C = 1,5;$$

$$\text{Khi } l/b > 21, \quad C = 1,9;$$

F – tổng diện tích của các bản cánh ( $\text{m}^2$ );

v – tốc độ chuyển động tương đối của cánh khuấy so với nước. (m/s).

Tính theo công thức (5.11).

Công thức (5.12) cho thấy năng lượng tiêu hao phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ chuyển động của cánh khuấy. Tiết diện bản cánh có ảnh hưởng không đáng kể và thường bị khống chế bởi kích thước giới hạn so với kích thước bể. Tốc độ chuyển động của bản cánh khuấy có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi số vòng quay hoặc bán kính quay của cánh khuấy. Trong thực tế, việc giảm cường độ khuấy trộn trong các buồng phản ứng kế tiếp nhau thường được thực hiện bằng cách giảm dần số vòng quay của cánh khuấy. Khi bể có nhiều buồng phản ứng kế tiếp, sự chênh lệch của gradien tốc độ giữa các buồng nhỏ nên có thể dùng biện pháp thay đổi kích thước và bán kính quay của cánh khuấy. Đồng thời, khi chất lượng nước nguồn hay thay đổi, mỗi guồng khuấy có thể có tốc độ quay khác nhau, tương ứng với các cường độ khuấy trộn đã chọn. Để đảm bảo chế độ giảm dần đều cường độ khuấy trộn, các vách ngăn hướng dòng giữa các buồng phản ứng được tính cấu tạo sao cho có giá trị gradien tốc độ bằng giá trị trung bình của hai buồng trước và sau nó.

Bộ phận truyền động gồm động cơ điện, bánh răng trục vít hoặc dây xích, thường đặt ở trên mặt hoặc bên ngoài thành bể ở nơi khô ráo. Có thể dùng một động cơ cho nhiều guồng khuấy hoặc mỗi guồng khuấy một động cơ. Bể phản ứng không cần xây dựng ngăn dự phòng. Cấu tạo bể phải đảm bảo điều kiện phân phối đều nước vào các ngăn, khi cần thiết có thể cách ly từng ngăn riêng biệt để sửa chữa. Nước từ bể phản ứng được dẫn bằng mương hoặc ống sang bể lắng, vận tốc nước 0,15 - 0,30 m/s, tính với giá trị gradien tốc độ trong mương hoặc ống dẫn lớn hơn  $20 \text{ s}^{-1}$ . Khi mương hoặc ống dẫn sang bể lắng dài, phải có biện pháp sục khí hoặc nước để chống lắng cặn hoặc có biện pháp xả cặn cục bộ.

Bể phản ứng tạo bông cặn cơ khí có ưu điểm là có khả năng điều chỉnh cường độ khuấy trộn theo ý muốn. Nhược điểm chính là cần có máy móc, thiết bị cơ khí chính xác và điều kiện quản lý vận hành phức tạp. Vì vậy nó thường được áp dụng cho các nhà máy nước công suất lớn, có mức độ cơ giới hóa cao trong sản xuất.

**Vi dụ tính toán:**

**Vi dụ 1.** Tính cấu tạo bể phản ứng tạo bông cặn cho nhà máy nước công suất  $25000 \text{ m}^3/\text{ngày}$ . Hóa chất được trộn với nước bằng bể trộn cơ khí có gradien tốc độ là  $900 \text{ s}^{-1}$ , thời gian trộn 3s. Theo kết quả thí nghiệm, quy trình phản ứng hiệu quả cần đạt được giá trị gradien tốc độ trung bình  $50 - 55 \text{ s}^{-1}$  trong thời gian 30 phút.

Dung tích bể phản ứng chọn theo kiểu bể phản ứng cơ khí.

$$V = \frac{Q}{T} \times 30 \times 60 = \frac{25000}{86400} \times 30 \times 60 = 520,80 \text{ m}^3.$$

Xây dựng hai ngăn phản ứng với các kích thước: rộng 4,20m, sâu 4,20m, tiết diện ngang  $17,64 \text{ m}^2$ .

Chiều dài bể phản ứng:

$$L = \frac{V}{2f} = \frac{520,8}{2 \times 17,64} = 14,76 \text{ m}.$$

Theo chiều dài chia bể làm ba buồng bằng các vách ngăn hướng dòng nước theo phương thẳng đứng khoảng cách giữa các vách ngăn ở buồng thứ nhất 4,5 m, buồng thứ hai 4,5m, buồng thứ ba 5,5 m. Tổng chiều dài  $L = 15,5 \text{ m}$ . Dung tích các buồng là  $79,4 \text{ m}^3$ ;  $79,4 \text{ m}^3$ ;  $97,0 \text{ m}^3$ . Ở tâm các buồng đặt guồng khuấy theo phương thẳng đứng. Cường độ khuấy trộn trong các buồng dự kiến đạt các giá trị gradien tốc độ 85, 69 và  $35 \text{ s}^{-1}$ . Cấu tạo guồng khuấy gồm trục quay và bốn bản cánh đặt đối xứng qua trục. Kích thước bản cánh khuấy chọn: rộng 0,17 m, dài 3,50m, tiết diện bản cánh  $f = 0,595 \text{ m}^2$ . Bản cánh khuấy đặt ở các khoảng cách tính từ mép ngoài đến tâm trục quay  $R_1=1,80 \text{ m}$ ,  $R_2=1,30 \text{ m}$ .

Tổng tiết diện bản cánh khuấy  $F_c = 4f = 2,38 \text{ m}^2$ . Tiết diện ngang bể phản ứng  $F_u = 4,2 \times 4,20 = 17,64 \text{ m}^2$ . Tỷ lệ diện tích cánh khuấy:

$$\frac{F_c}{F_u} = \frac{2,38}{17,64} \cdot 100 = 13,5\% \text{ đạt tỷ lệ theo quy định (nhỏ hơn 15\%).}$$

Chọn tốc độ quay của guồng khuấy, sử dụng bộ truyền động trục vít với một động cơ điện kéo chung ba guồng khuấy. Tốc độ quay cơ bản lấy 5 vòng/phút ở buồng đầu tiên, 4 vòng /phút buồng thứ hai và 3 vòng/phút buồng thứ ba.

Tính kiểm tra các chỉ tiêu khuấy trộn cơ bản.

*Buồng phản ứng thứ nhất.*

Dung tích  $79,4 \text{ m}^3$ , thời gian nước lưu lại 548 s, tốc độ quay của guồng khuấy 5 vòng/phút. Tốc độ chuyển động tương đối của các bản cánh khuấy so với nước.

$$v_1 = \frac{n \cdot 2\pi \cdot R_1 \cdot 0,75}{60} = \frac{5 \times 2 \times 3,14 \times 1,8 \times 0,75}{60} = 0,7668 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{n \cdot 2\pi \cdot R_2 \cdot 0,75}{60} = \frac{5 \times 2 \times 3,14 \times 1,3 \times 0,75}{60} = 0,5105 \text{ m/s}$$

Năng lượng cần để quay cánh khuấy

$$N = 51 \cdot C_u \cdot F (v_1^3 + v_2^3),$$

trong đó:  $C_u = 1,5$  (tỷ lệ kích thước cánh khuấy  $l/b = 3,50 / 0,17 = 20$ );

$F = 1,19 \text{ m}^2$  - tiết diện bản cánh khuấy đối xứng.

$$N = 51 \times 1,5 \times 1,19 (0,7068^3 + 0,5105^3) = 44,25 \text{ W.}$$

Năng lượng tiêu hao cho việc khuấy trộn  $1 \text{ m}^3$  nước trong buồng:

$$\omega = \frac{N}{V} = \frac{44,25}{79,4} = 0,5573 \text{ W/m}^3.$$

Giá trị gradien tốc độ:

$$G = 10 \sqrt{\frac{\omega}{\mu}},$$

$\mu = 0,0092 \text{ kg m}^2/\text{s}$  - độ nhớt động lực của nước ở  $25^\circ\text{C}$ ;

$$G = 10 \sqrt{\frac{0,5573}{0,0092}} = 78 \text{ s}^{-1}$$

Giá trị GT  $GT = 78 \times 548 = 42.744$ .

Giá trị gradien tốc độ hơi nhỏ so với dự kiến. Tăng tốc độ quay của guồng khuấy lên 5,5 vòng/phút, tính lại các chỉ tiêu cơ bản

$$v_1 = \frac{5,5 \times 2 \times 3,14 \times 1,8 \times 0,75}{60} = 0,7775 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{5,5 \times 2 \times 3,14 \times 1,3 \times 0,75}{60} = 0,5645 \text{ m/s}$$

$$N = 51 \times 1,5 \times 1,49 (0,7775^3 + 0,5645^3) = 58,9 \text{ W;}$$



$$\omega = \frac{58,9}{79,4} = 0,7418 \text{ W/m}^3$$

$$G = 10 \sqrt{\frac{0,7418}{0,0092}} = 90 \text{ s}^{-1}$$

$$GT = 90 \times 548 = 49320$$

chọn tốc độ quay 5,25 vòng/phút

$$v_1 = \frac{5,25 \times 2 \times 3,14 \times 1,8 \times 0,75}{60} = 0,7422 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{5,25 \times 2 \times 3,14 \times 1,3 \times 0,75}{60} = 0,5360 \text{ m/s}$$

$$N = 51 \times 1,5 \times 1,19(0,7422^3 + 0,63603) = 51,24 \text{ W.}$$

$$\omega = \frac{51,24}{79,4} = 0,6453 \text{ W/m}^3$$

$$G = 10 \sqrt{\frac{0,6453}{0,0092}} = 84 \text{ s}^{-1}$$

$$GT = 84 \times 548 = 46032$$

Tương tự như vậy buồng phản ứng thứ hai và thứ ba đều được tính với ba tốc độ quay của guồng khuấy.

**Ví dụ 2.** Tính toán bể cấu tạo bông cơ khí. Dùng cánh khuấy tuabin trục đứng, bốn cánh nghiêng  $45^\circ$  quạt nước xuống đáy bể để xới và tải cặn lắng đọng ở đáy khi động cơ phải ngừng hoạt động hình (5.15).

Nhiệt độ nước  $t = 20^\circ\text{C}$ , thời gian keo tụ  $T = 20$  phút.

Cường độ khuấy 3 bậc  $G_1 = 70$  ;

$G_2 = 50$ ;  $G_3 = 30$

Lưu lượng nước xử lý  $Q_{\max} = 1,32 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Giải:**

Thiết kế hai bể cấu tạo bông, dung tích một bể:

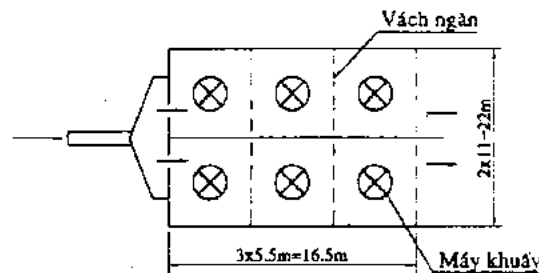
$$V = (1,32 / 2) \cdot 60 \cdot 20 = 792 \text{ m}^3$$

Chọn chiều sâu bể:  $H = 4,25 \text{ m}$ .

Diện tích bể:  $F = 792 / 4,25 = 186,4 \text{ m}^2$ .

- Bể chia làm ba ngăn bởi các tấm chắn khoan lỗ  $D100 - 150 \text{ mm}$ .

Vận tốc nước qua lỗ trên vách ngăn  $v = 0,1 \text{ m/s}$ .



Hình 5.15

- Mỗi ngăn đặt hai máy khuấy, tổng số máy khuấy  $n = 12$  (khi phải sửa chữa một máy ít ảnh hưởng đến chế độ làm việc của bể).

Cách bố trí máy, tấm chắn và kích thước bể xem hình (5.15).

Thể tích nước khuấy trộn của một máy

$$V = 5,5 \times 5,5 \times 4,25 = 128,5 \text{ m}^3.$$

a) Công suất tiêu thụ cần thiết của máy khuấy bậc 1.

$$P = G^2 \mu. V = (70)^2. 0,001 \times 128,5 = 629,7 \text{ J/s} = 0,63 \text{ kW},$$

chọn máy khuấy đường kính  $D = 1\text{m}$ , tuabin bốn cánh nghiêng  $45^\circ$  hướng xuống dưới. Vòng quay của động cơ:

$$n = \left( \frac{P}{K\rho D^5} \right)^{1/3} = \left( \frac{630}{1,08 \times 1000 \times 1^5} \right)^{1/3}$$

$$n = 0,82 \text{ v/s} = 49,2 \text{ vg/ph}, \text{ lấy tròn } 50 \text{ vg/ph}.$$

Hiệu suất động cơ: 0,75.

$$\text{Công suất động cơ: } 0,63 / 0,75 = 0,85 \text{ kW}.$$

b) Năng lượng cần cho máy khuấy bậc 3.

$$P = (30)^2. 0,001 \times 128,5 = 115,5 \text{ J/s} \approx 0,116 \text{ kW}.$$

Đường kính máy khuấy  $D = 1\text{ m}$ . Tuabin 4 cánh nghiêng  $45^\circ$ .

$$n = \left( \frac{P}{K\rho D^5} \right)^{1/3} = \left( \frac{115,5}{1,08 \times 1000 \times 1^5} \right)^{1/3}$$

$$n = 0,47 \text{ vg/s} = 28 \text{ vg/ph}.$$

$$\text{Công suất động cơ } N = P: \eta \% = 0,116: 0,75 = 0,155 \text{ kW}.$$

Máy khuấy thiết kế với hợp số ba nấc vòng quay  $n_1 = 50 \text{ vg/ph}$ ,  $n_2 = 40 \text{ vg/ph}$ ,

$$n_3 = 28 \text{ vg/ph}.$$

Động cơ đặt trên hành lang máy khuấy đặt cách đáy  $h = 1,2 \text{ m}$ ,  $h \geq D$ .

### 5.3.1. Bể tạo bông dùng khí nén

Dùng bọt không khí nén, phân phối đều bằng dàn ống đặt dưới đáy bể, dàn ống khoan lỗ  $D_5$  hướng xuống dưới để tránh tắc nghẽn do bùn, cặn lắng đọng. Vận tốc khí qua lỗ  $15 - 20 \text{ m/s}$ . Vận tốc khí trong ống dẫn  $10 - 15 \text{ m/s}$ . Năng lượng do bọt khí truyền vào nước để khuấy trộn tính theo công dân nở đẳng nhiệt.

$$P = P_a V_a \ln \frac{p_c}{p_a}, \quad (5.13)$$

trong đó:  $P$  – năng lượng chuyển vào nước (kW);

$p_a$  – áp lực khí trời ( $\text{kN/m}^2$ );

$p_c$  – áp lực khí tại lỗ phân phối ( $\text{kN/m}^2$ );

$V_a$  – thể tích khí ở điều kiện Pa ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Phương trình (5.15) có thể viết dưới dạng:

$$P = KQ_a \cdot \ln\left(\frac{h + 10,33}{10,33}\right) \quad (\text{kW}),$$

trong đó:  $K$  – hằng số = 1,689;

$Q_a$  – lưu lượng khí ở áp lực khí trời ( $\text{m}^3/\text{ph}$ );

$h$  – độ ngập nước của lỗ phân phối (m).

Giá trị gradien tốc độ  $G$  tính theo công thức (5.1).

Bể tạo bông cặn dùng khí nén, nếu phân phối bọt khí không tốt sẽ phá vỡ bông cặn, dễ bị lắng đọng bùn cặn làm tắc, trít lỗ phân phối, phải có máy thổi gió, gây tiếng ồn. Tuy có ưu điểm là kết hợp việc tạo bông với quá trình oxy hóa một phần chất hữu cơ, giải phóng một lượng  $\text{CO}_2$  do khi pha phen tạo ra nhưng quản lý phức tạp trong thực tế ít dùng.

### 5.3.2. Bể tạo bông tiếp xúc qua lớp vật liệu hạt

Áp dụng trong trường hợp nước nguồn có nhiều cặn hữu cơ, nhẹ (nước hồ nhiều rong rêu tảo).

- Thời gian keo tụ tiếp xúc từ 3 - 5 phút.
- Lớp tiếp xúc là các hạt sỏi cỡ hạt 3 - 5 mm hoặc hạt vật liệu nổi cỡ hạt 3 - 4 mm.
- Chiều dày lớp tiếp xúc 0,5 - 0,8 m.
- Vận tốc nước đi qua lớp lọc 10 - 15 m/h.
- Gradien  $G$  từ 50 - 400.

Bể keo tụ tiếp xúc đồng thời là bể lọc sơ bộ, do đó phải bố trí các thiết bị để rửa, dòng nước qua lớp tiếp xúc có thể đi từ dưới lên hay từ trên xuống.

Bể có hiệu quả tốt trong trường hợp khử sắt, và xử lý nước hồ có nhiều cặn hữu cơ.

## 5.4. QUẢN LÝ VẬN HÀNH

Có ba việc cơ bản khi quản lý vận hành bể phản ứng tạo bông cặn là:

- Quan sát sự hình thành các bông cặn, kích thước và độ đều chắc của các hạt bông. Ca đêm đèn chiếu sáng không đủ, người trực ca phải có đèn

pin đủ mạnh để quan sát. Nếu thấy hiện tượng bất thường phải kiểm tra ngay hệ thống pha và định lượng hóa chất, bể trộn để khắc phục ngay các hiện tượng sai lệch.

- Kiểm tra thường xuyên việc phân phối lưu lượng đều vào các bể, vớt kịp thời các bọt váng nổi. Vì các bọt váng gây cản trở cho các khâu xử lý nước tiếp theo. Kiểm tra và loại trừ kịp thời rong, rêu bám vào thành bể, không cho rong rêu phát triển bằng cách: từng thời kỳ quét vôi vào thành bể và vách ngăn, nếu có hiện tượng phát triển mạnh, có thể pha clo với liều lượng cao 5 - 10mg/l trong quãng thời gian 2 - 3 giờ để diệt tảo.
- Định kỳ 6 tháng hay 1 năm một lần cách ly từng ngăn bể, tháo khô bể, làm sạch đáy bể không cho bùn đóng ở đáy lâu ngày gây hiện tượng phân hủy yếm khí sinh ra váng nổi và làm giảm chất lượng nước.

Tùy theo chất lượng nước thô thay đổi theo từng mùa mà điều chỉnh cường độ khuấy trộn để đạt hiệu quả tạo bông cao nhất. Định kỳ tra dầu mỡ cho các ổ trục máy khuấy cơ khí, phải có biện pháp an toàn, không để dầu mỡ rơi vào nước.

Hàng ngày phải làm thí nghiệm keo tụ trong phòng thí nghiệm để tìm ra liều lượng phèn, và cường độ khuấy trộn tốt nhất để điều chỉnh hệ thống hóa chất, trộn và phản ứng tạo bông cặn.

# 6

## QUÁ TRÌNH LẮNG VÀ BỂ LẮNG

---

Lắng là khâu quan trọng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước thiên nhiên. Các loại bể lắng được thiết kế để loại trừ ra khỏi nước các hạt cặn lơ lửng có khả năng lắng xuống đáy bể lắng bằng trọng lực.

### 6.1. CÁC LOẠI CẶN LẮNG, CÁC LOẠI BỂ LẮNG, VỊ TRÍ BỂ LẮNG TRONG DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC

#### 6.1.1. Các loại cặn lắng

Trong thực tế xử lý nước gặp ba loại cặn sau đây:

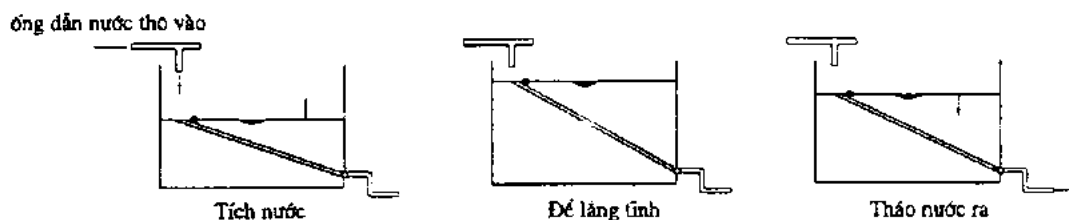
- **Cặn rắn:** là các hạt phân tán riêng lẻ, có độ lớn, bề mặt và hình dáng không thay đổi trong suốt quá trình lắng, tốc độ lắng cặn không phụ thuộc vào chiều cao lắng và nồng độ cặn.
- **Cặn lơ lửng có bề mặt thay đổi,** có khả năng dính kết và keo tụ với nhau trong quá trình lắng làm cho kích thước và vận tốc lắng của các bông cặn thay đổi (tăng dần) theo thời gian và chiều cao lắng (sẽ được đề cập đến khi xét bể lắng đứng, bể lắng ngang).
- **Các bông cặn** có khả năng dính kết với nhau, khi nồng độ lớn hơn 1000 mg/l tạo thành các đám cặn, khi các đám mây cặn lắng xuống, nước từ dưới đi lên qua các khe rỗng giữa các bông cặn tiếp xúc với nhau, lực ma sát tăng lên làm hạn chế tốc độ lắng của đám bông cặn nên gọi là lắng hạn chế.

Tốc độ lắng của đám mây các bông cặn phụ thuộc vào tính chất và nồng độ cặn sẽ được xem xét khi thiết kế bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng.

#### 6.1.2. Các loại bể lắng

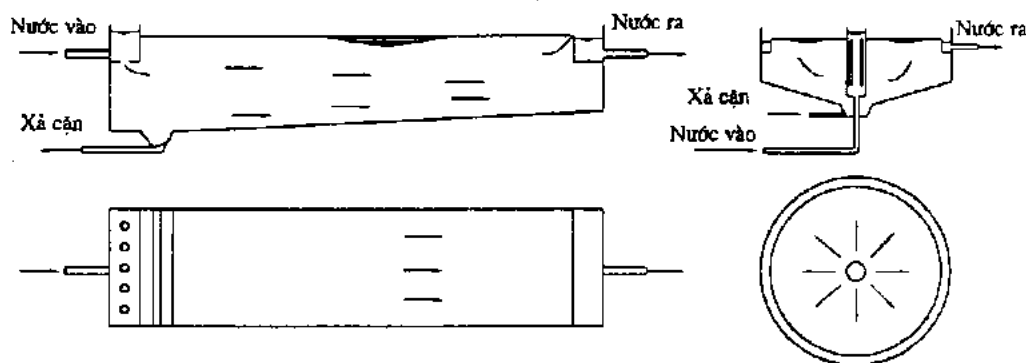
1. **Lắng tĩnh và lắng theo từng mẻ kế tiếp** thường gặp trong các hồ chứa nước, sau trận mưa nước chảy vào hồ đem theo cặn lắng làm cho nồng độ cặn trong

hồ tăng lên, nước trong hồ đứng yên, cặn lắng tĩnh xuống đáy. Trong công nghiệp sau một mẻ sản xuất, nước được xả ra, để lắng bột cặn, được bơm tuần hoàn lại để tái sử dụng cho quá trình sản xuất gọi là lắng tĩnh theo từng mẻ kế tiếp (hình 6.1).



Hình 6.1. Sơ đồ bể lắng tĩnh theo mẻ kế tiếp

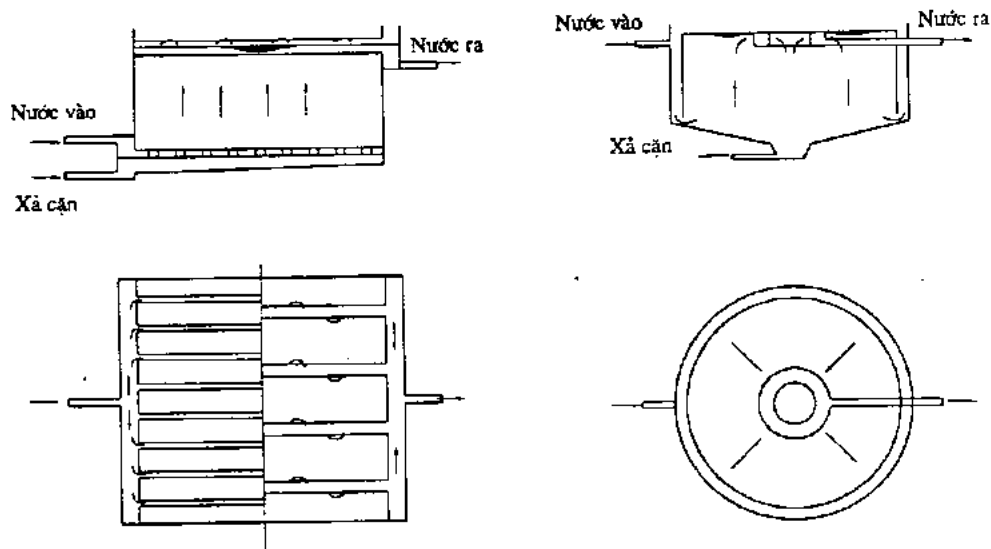
2. **Bể lắng có dòng nước chảy ngang cặn rơi thẳng đứng:** gọi là bể lắng ngang. Hình dáng mặt bằng có thể là hình chữ nhật hoặc hình tròn (hình 6.2). dùng để lắng cặn thô và cặn keo tụ.



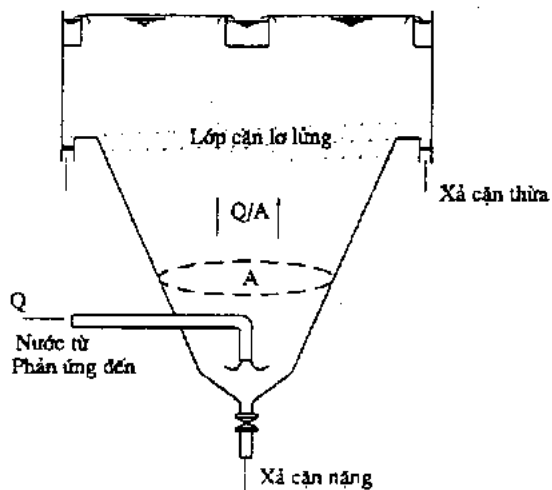
Hình 6.2. Bể lắng ngang hình chữ nhật và hình tròn

3. **Bể lắng có dòng nước đi từ dưới lên, cặn rơi từ trên xuống** gọi là bể lắng đứng. hình dáng mặt bằng có thể là hình vuông hoặc hình tròn (hình 6.3) dùng để lắng cặn keo tụ.
4. **Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng:** nước đi từ dưới lên qua lớp cặn lơ lửng được hình thành trong quá trình lắng, cặn dính bám vào lớp cặn, nước trong thu trên bề mặt, cặn thừa đưa sang ngăn nén cặn. từng thời kỳ xả ra ngoài. Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng dùng để lắng cặn có khả năng keo tụ (hình 6.4).
5. **Lắng trong các ống tròn hoặc trong các hình trụ vuông, lục lăng đặt nghiêng so với phương ngang  $60^\circ$ .** Nước đi từ dưới lên, cặn trượt theo đáy ống từ trên xuống

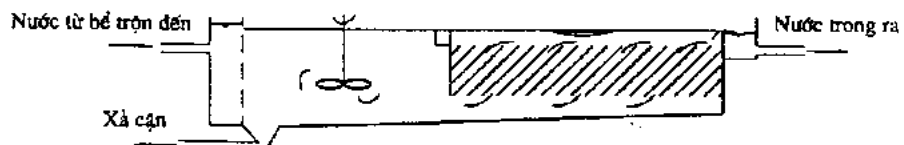
gọi là bể lắng nghiêng hay còn gọi là bể lắng lớp mỏng, dùng chủ yếu để lắng nước đã trộn phèn (hình 6.5).



Hình 6.3. Bể lắng đứng hình vuông và hình tròn



Hình 6.4. Sơ đồ nguyên lý bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng



Hình 6.5. Bể lắng nghiêng kết hợp với ngăn tạo bông

### 6.1.3. Vị trí các bể lắng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước

- Khi gặp nguồn nước có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 30mg/l có thể áp dụng sơ đồ (6.6a) và (6.6b) để xử lý không phèn. Bể lắng đặt trước bể lọc chậm hoặc bể lọc nhanh để phòng ngừa khi độ đục của nước nguồn đột ngột tăng lên do mưa lũ.
- Khi nguồn nước có độ đục lớn hơn 30 mg/l và nhỏ hơn 100 mg/l, ít cặn hữu cơ, cặn dễ dàng lắng có thể áp dụng sơ đồ xử lý nước không pha phèn (sơ đồ 6.6c). Bể lắng đặt trước bể lọc nhanh và bể lọc chậm.
- Sơ đồ (6.6d) giới thiệu quy trình công nghệ xử lý nước mặt truyền thống. Bể lắng đặt trước bể lọc, sau bể trộn phèn và bể phản ứng tạo bông cặn.
- Sơ đồ (6.6e) giới thiệu quy trình xử lý khử sắt trong nước ngầm bằng làm thoáng, lắng tiếp xúc và lọc. Bể lắng được đặt ngay trước bể lọc.
- Khi gặp nguồn nước có độ đục cao, nhiều cặn nặng (ví dụ như nước sông Hồng), thì trước sơ đồ (6.6d) đặt bể lắng sơ bộ, lắng phần lớn cặn nặng và bùn để giảm tải trọng cho các công trình xử lý tiếp theo (sơ đồ 6.6f).

## 6.2. LẮNG CÁC HẠT CẶN KHÔNG CÓ KHẢ NĂNG KEO TỤ

### 6.2.1. Lắng cặn trong môi trường tĩnh, biểu đồ phân bố vận tốc lắng

Trong thể tích nước tĩnh, dưới tác dụng của trọng lực các hạt cặn rơi theo phương thẳng đứng xuống dưới. Tốc độ rơi của hạt phụ thuộc vào kích thước, hình dạng, tỷ trọng của hạt, đồng thời phụ thuộc vào lực cản của nước tác dụng vào hạt rơi. Để tìm quy luật chuyển động của hạt cặn trong nước khi lắng tự do theo trọng lực và không có vận tốc ban đầu, ta xét hạt rắn hình cầu, không thay đổi hình dạng và kích thước trong quá trình lắng và không bị dính kết với các hạt cặn khác (cặn thiên nhiên không đánh phèn). Tại thời điểm bất kỳ  $t$ , hạt chuyển động với vận tốc  $u$  mm/s, các lực tác dụng lên hạt đang chuyển động theo phương thẳng đứng gồm:

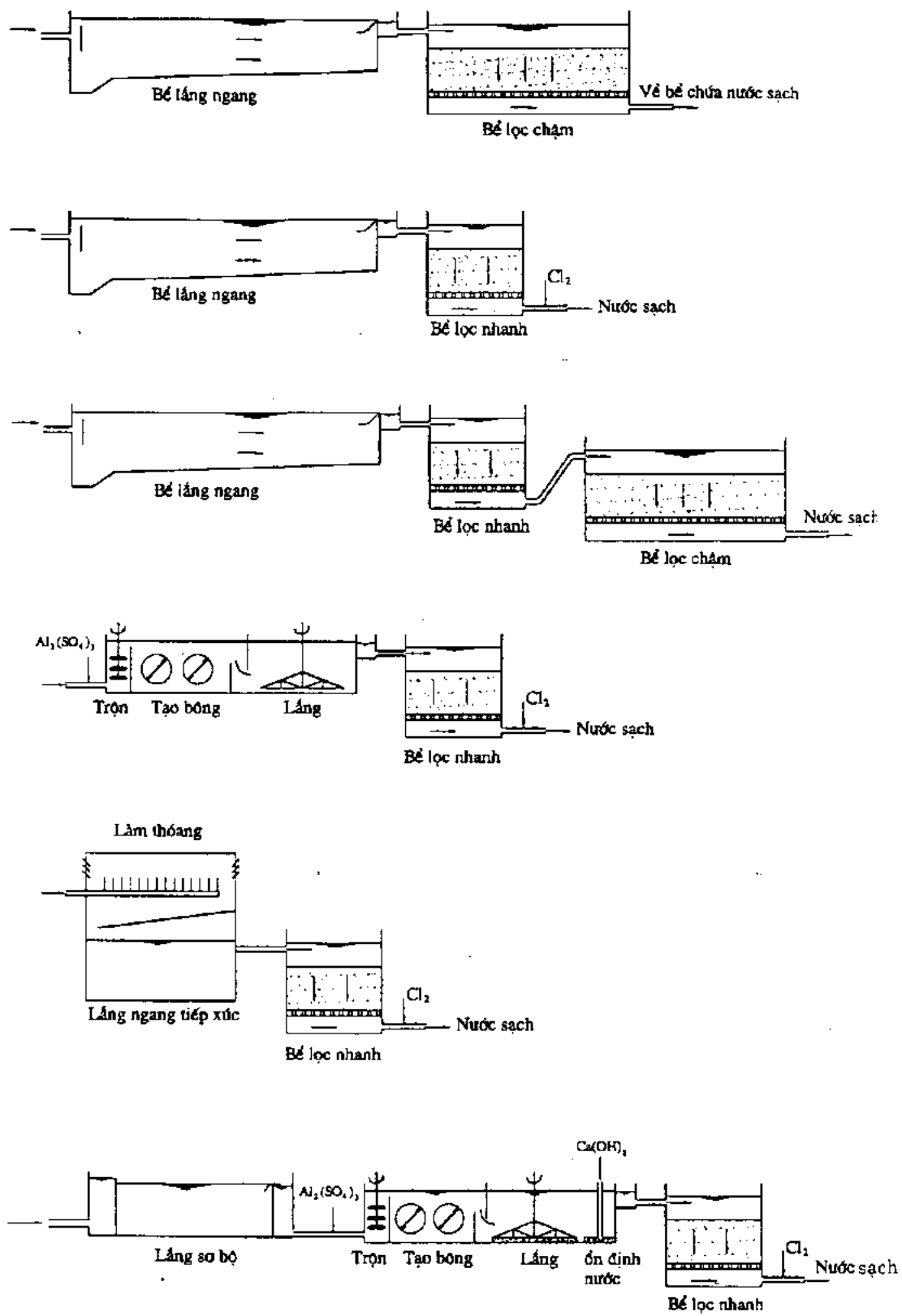
- Lực quán tính:

$$F = ma = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) \frac{du}{dt} \quad (6.1)$$

- Lực trọng trường:

$$F = mg = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) g \quad (6.2)$$





Hình 6.6

- Lực cản của môi trường: dưới dạng tổng quát, lực cản khi hạt chuyển động trong chất lỏng được biểu diễn bằng biểu thức:

$$F_c = \varphi_0 \rho_0 u^2 d^2. \quad (6.3)$$

Theo định luật Newton, ta viết được phương trình cân bằng lực theo phương thẳng đứng:

$$F = ma = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) g - \varphi_0 \rho_0 u^2 d^2 = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) \frac{du}{dt}, \quad (6.4)$$

trong đó:  $\rho_1$ - mật độ của hạt;

$\rho_0$ - mật độ của nước;

$d$ - đường kính của hạt;

$\varphi_0$ - hệ số sức cản phụ thuộc vào số Reynold:  $Re = \frac{\rho_0 u d}{\mu}$ ;

$\mu$ - độ nhớt của nước;

$g$ - gia tốc trọng trường.

Tích phân phương trình (6.4), khi  $t = 0, u = 0$  (vận tốc ban đầu bằng 0), rút ra:

$$u = \sqrt{\frac{mg}{\varphi_0 \rho_0 d^2}} \left( \frac{e^{\sqrt{\frac{\varphi_0 \rho_0 d^2 g t}{m}} - 1}}{e^{\sqrt{\frac{\varphi_0 \rho_0 d^2 g t}{m}} + 1}} \right). \quad (6.5)$$

Từ biểu thức (6.5) cho thấy, khi bắt đầu chuyển động, hạt chuyển động rơi nhanh dần, nhưng sau thời gian  $t$  rất ngắn, hạt có chuyển động đều (biểu thức trong dấu móc (6.5) bằng đơn vị).

Theo thực nghiệm  $t = 6,5 \cdot 10^{-2} s$ , đối với hạt có  $d = 1 mm$  và  $t = 1,67 \cdot 10^{-6}$  đối với hạt có  $d = 0,002 mm$ . Vì thế có thể coi chuyển động của hạt cận trong bể lắng tĩnh là chuyển động đều với vận tốc không đổi.

$$u = \sqrt{\frac{\pi g \rho_1 - \rho_0 d}{6 \rho_0 \varphi_0}}. \quad (6.6)$$

Hệ số sức cản  $\varphi_0$  là hàm của số Re. Khi giá trị  $Re < 2$  (hạt bé, tốc độ lắng bé)

$$\varphi_0 = \frac{3\pi}{Re} = \frac{3\pi\mu}{\rho_0 u d}. \quad (6.7)$$

Thay  $\varphi_0$  vào phương trình (6.6), ta nhận được:

$$u = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_0}{\mu} g d^2 = \frac{1}{18} \cdot \frac{g}{\nu} \left( \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_0} \right) d^2. \quad (6.8)$$

Phương trình (6.8) thường được gọi là phương trình Stokes.

Khi  $2 < Re < 500$  ta có:

$$\varphi_0 = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (6.9)$$

Khi  $Re > 500$ : lực nhớt không còn ảnh hưởng đến chuyển động của hạt, hệ số sức cản  $\varphi_0$  không phụ thuộc vào  $Re$ .

Tốc độ lắng trong nước của các hạt hình dạng bất kỳ bé hơn tốc độ lắng của hạt hình cầu, ảnh hưởng của hình dạng đến hệ số sức cản có thể biểu diễn qua hệ số hình dạng:

$$\varphi = K_h \cdot \varphi_0 \quad (6.10)$$

trong đó:  $\varphi$ - hệ số sức cản khi lắng của hạt có hình dạng bất kỳ;

$K_h$ - hệ số hình dạng;

đối với cát có  $K_h = 0,85 \div 0,87$ ;

đối với cát sắc cạnh có  $K_h = 0,67 \div 0,75$ ;

đối với than antraxit có  $K_h = 0,58 \div 0,7$ .

Cặn lơ lửng trong nước thiên nhiên gồm những hạt rất khác nhau về hình dạng, kích thước và mật độ cho nên không dùng công thức lý thuyết để tính toán tốc độ lắng của các loại hạt cặn được. Tốc độ lắng của cặn lơ lửng đa phân tán như vậy thường được xác định bằng đường cong lắng cặn hay còn gọi là đường cong phân bố vận tốc lắng theo hiệu quả lắng  $R\%$ .

Số liệu để xây dựng đường cong lắng được xác định như sau:

Phương pháp đơn giản nhất là dùng ống lắng (hình 6.7). Nước cần xử lý sau khi đã biết hàm lượng cặn lơ lửng  $M_0$  (mg/l) được rót vào 5 - 6 ống nghiệm hình trụ có đáy hình côn có dung tích 0,05l. Để nước lắng tĩnh trong các thời gian khác nhau từ  $T_1$  đến  $T_2$ .

Giả sử chiều cao mực nước trong ống nghiệm ở phần hình trụ là  $H$  (mm).

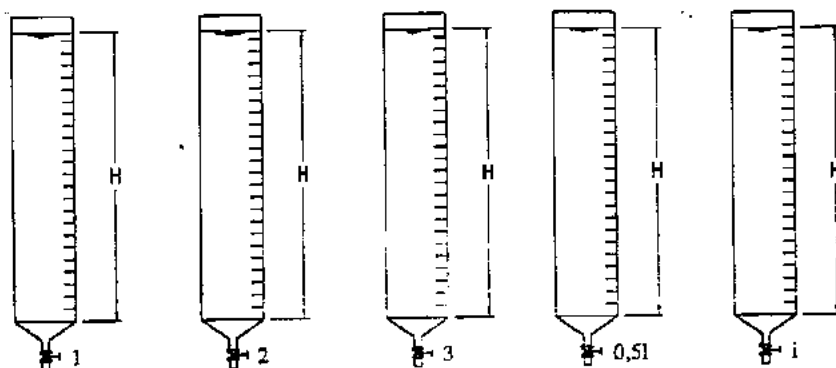
Hàm lượng cặn trong nước nguồn là  $M_0$  (mg/l).

Đối với ống nghiệm thứ nhất, sau thời gian lắng  $T_1$ , tiến hành rút từ phần hình côn 0,05l nước bao gồm cả phần cặn đã lắng, sau đó xác định tổng hàm lượng cặn  $C_1$  trong mẫu.

Lượng cặn đã lắng sau thời gian  $T_1$  tính theo phần trăm:

$$R_1 = \frac{C_1 - 0,05M_0}{M_0 \cdot H \cdot 0,785d^2} 100\%$$

Đối với ống nghiệm thứ  $i$  sau thời gian  $T_i$ , ta cũng lấy mẫu và xác định tổng hàm lượng cặn đã lắng  $C_i$  của mẫu.



Hình 6.7. Ống nghiệm để xác định vận tốc lắng  $u$

Lượng cặn đã lắng trong mẫu thứ  $i$ , sau thời gian  $T_i$  tính theo phần trăm:

$$R_i = \frac{C_i - 0,05M_0}{M_0 \cdot H \cdot 0,785d^2} 100\% \quad (6.11)$$

Trọng lượng cặn  $C_i$  (mg) rơi vào phần hình côn của ống nghiệm có những hạt cặn nằm ở mặt thoáng của nước, sau thời gian  $T_i$  đi được quãng đường  $H$  (mm) tức là có tốc độ  $u_i = H/T_i$  (mm/s). Tốc độ lắng này được coi là tốc độ lắng đặc trưng cho quãng thời gian  $T_i$  và lượng cặn lắng  $C_i$  vì trong thời gian  $T_i$  có những hạt cặn có tốc độ lắng lớn hơn  $u_i = \frac{H}{T_i}$  (mm/s) và những hạt cặn nằm

phía dưới gần phần hình côn của ống nghiệm có tốc độ lắng bé hơn nhưng đã kịp rơi vào phần hình côn của ống nghiệm sau thời gian lắng  $T_i$ .

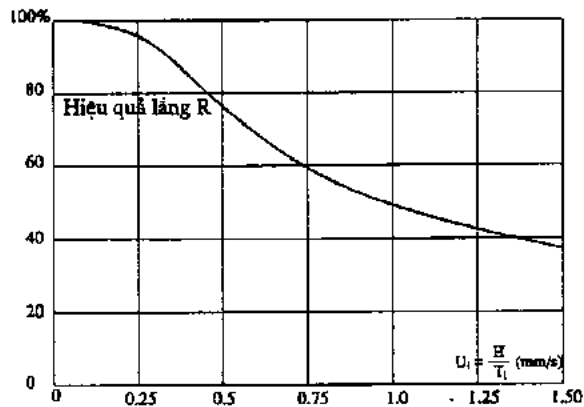
Quy ước gọi tất cả các hạt cặn đã rơi vào phần hình côn với trọng lượng  $C_i$  có tốc độ lắng lớn hơn hoặc bằng  $u_i = \frac{H}{T_i}$  (mm/s).

Ví dụ, sau 10 phút lắng, lượng cặn trong mẫu cân được  $C_{10}$ .

Lượng cặn có tốc độ lớn hơn hoặc bằng  $u_{10} = \frac{H}{10 \times 60}$  (mm/s) là:

$$R_{10} = \frac{C_{10} - 0,05M_0}{M_0 \cdot H \cdot 0,785d^2} 100\%.$$

Đem các kết quả  $u_i$  và  $R_i$  thu được bằng thí nghiệm vẽ trên biểu đồ hình (6.8), ta có được đường cong lắng cặn. Từ biểu đồ cho thấy để lắng được 75 % tổng số cặn cần phải giữ trong bể lắng tất cả các cỡ hạt có tốc độ lắng  $u_0 \geq 0,50$  mm/s.



Hình 6.8. Đường cong lắng cận hay là biểu đồ phân bố vận tốc lắng

### 6.2.2. Lắng các hạt cận không có khả năng keo tụ trong bể lắng ngang.

Trong kỹ thuật xử lý nước, khi áp dụng sơ đồ xử lý nước không phen trong các bể lắng theo mẻ, bể lắng đứng đã được thay thế bằng bể lắng ngang vì: bể lắng tĩnh theo mẻ kế tiếp chiếm nhiều diện tích, giá thành xây dựng cao, đòi hỏi phải thao tác thường xuyên, còn bể lắng đứng chỉ có các hạt vận tốc lắng lớn hơn vận tốc dòng nước đi lên mới có khả năng lắng xuống đáy bể, nên hiệu quả lắng thấp hơn bể lắng ngang, vì thế bể lắng đứng không còn được sử dụng để lắng cận không pha phen nữa.

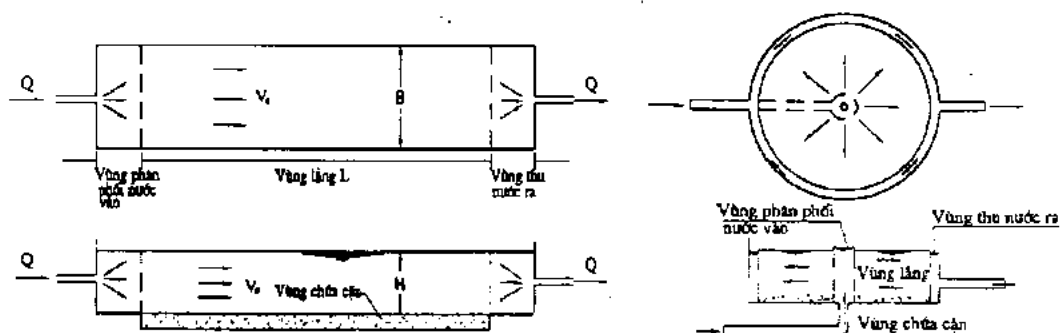
#### 1. Bể lắng ngang

So với bể lắng đứng, hiệu quả lắng với dòng nước chuyển động theo phương nằm ngang đạt cao hơn. Ở đây một phần các hạt cận có tốc độ lắng nhỏ hơn giá trị  $u_0 = H/T_0$  cũng được giữ lại. Để tìm ra quy luật chuyển động của hạt cận, ta hãy xét trường hợp bể lắng ngang với những điều kiện tối ưu nhất:

- Dòng nước chuyển động theo phương nằm ngang ở trong chế độ chảy tầng, tốc độ dòng chảy tại mọi điểm trong bể đều bằng nhau. Thời gian lưu lại của mọi phân tử nước đi qua bể đều bằng nhau và bằng dung tích bể chia cho lưu lượng dòng chảy.
- Trên mặt cắt ngang vuông góc với chiều dòng chảy ở đầu bể, nồng độ các hạt cận có cùng kích thước tại mọi điểm đều bằng nhau.
- Hạt cận ngừng chuyển động khi chạm đáy bể.

Để thỏa mãn các điều kiện trên, trong bể lắng ngang phải có bốn vùng riêng biệt: vùng phân phối đảm bảo đưa nước vào và phân phối đều nước, cận trên

toàn bộ mặt cắt ngang đầu bể; vùng lắng; vùng chứa cặn; vùng thu nước (hình 6.9).



Hình 6.9. Sơ đồ cấu tạo bể lắng ngang hình chữ nhật và hình tròn

Xét chuyển động của hạt cặn tự do trong bể lắng ngang, ngoài lực rơi tự do hạt cặn còn chịu lực đẩy theo phương nằm ngang của dòng chảy. Quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn tự do là véc tơ tổng hợp của hai lực nói trên (hình 6.10). Nếu gọi các kích thước cơ bản của vùng lắng bằng ký hiệu, chiều sâu H, chiều rộng B và chiều dài L. Giá trị các lực cơ bản được biểu thị bằng:

$$\begin{aligned} \frac{H}{u_o} &= \frac{L}{v_o}; u_o = \frac{Hv_o}{L}; \\ v_o &= \frac{Q}{BH}, \text{ (m/s)}; \\ u_o &= \frac{Q}{BL} = \frac{Q}{F}, \text{ (m/s)}, \text{ hay } F = \frac{Q}{u_o}, \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned} \quad (6.12)$$

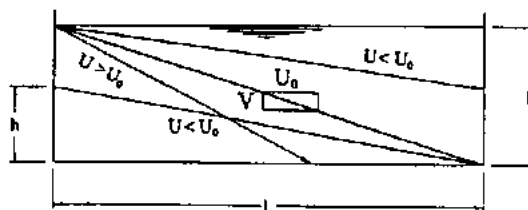
trong đó:  $v_o$  - tốc độ chuyển động của dòng nước (m/s);

$Q$  - lưu lượng dòng nước qua vùng lắng ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$F$  - diện tích bề mặt vùng lắng ( $\text{m}^2$ ).

Các công thức trên cho thấy tốc độ lắng cặn (hay hiệu quả lắng) chỉ phụ thuộc vào diện tích bề mặt bể, hoàn toàn không phụ thuộc vào các yếu tố khác như chiều sâu hoặc thời gian nước lưu lại.

Theo sơ đồ hình (6.10), hiệu quả lắng bằng tổng số cặn có



Hình 6.10. Sơ đồ quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn tự do trong bể lắng ngang

tốc độ lắng lớn hơn hoặc bằng tốc độ  $u_0$ , và một phần cặn có tốc độ lắng nhỏ hơn  $u_0$ . Hiệu quả lắng các hạt cặn có tốc độ lắng nhỏ có thể xác định theo tương quan.

$$C_n = \frac{h}{H} 100 = \frac{u_1}{u_0} 100, (\%) .$$

## 2. Ảnh hưởng của dòng chảy rối đến hiệu quả lắng

Khi hạt cặn lắng trong dòng chảy ngang, hạt cặn chịu ảnh hưởng của hai hệ số Reynold.

- Hệ số Reynold của bản thân hạt cặn khi rơi tự do trong nước bị lực cản của nước làm chậm lại.
- Hệ số Reynold của dòng chảy ngang trong bể lắng, phụ thuộc vào vận tốc của dòng chảy và kích thước của bể lắng.

Trong kỹ thuật xử lý nước, hệ số Reynold của hạt lắng rất nhỏ và hạt lắng luôn trong trạng thái chảy tầng không cần xét đến, chỉ có hệ số Reynold của dòng chảy ngang trong bể là cần xét. Khi  $Re < 2000$ , dòng chảy ngang trong bể là dòng chảy tầng, khi  $Re > 2000$ , dòng chảy ngang trong bể là dòng chảy rối.

Trong thực tế không thể cấu tạo bể lắng để có dòng chảy tầng, vì thế quá trình lắng cặn trong bể lắng xảy ra chậm hơn so với ống thí nghiệm do chuyển động của nước trong bể lắng là chuyển động rối, với sự xuất hiện thành phần tốc độ dòng chảy theo hướng thẳng đứng và ngang. Vì thế tại mỗi thời điểm trị số thực và hướng tốc độ chuyển động của hạt cặn trong quá trình lắng là vectơ tổng hợp của ba vectơ thành phần: thành phần chuyển động ngang  $v$ , thẳng đứng  $w$  và tốc độ lắng của hạt  $u_0$  dưới tác dụng của trọng lực.

Thành phần ngang của tốc độ di chuyển hạt cặn theo hướng chuyển động của dòng nước trong bể lắng, thành phần thẳng đứng của tốc độ cùng phương với tốc độ lắng của hạt cặn hoặc làm chậm hoặc đẩy nhanh quá trình lắng của hạt cặn. Theo kết quả nghiên cứu của Velicanop, Xavenep... thì trị số và hướng của thành phần thẳng đứng của tốc độ dòng chảy rối trong bể lắng là trị số ngẫu nhiên tuân theo luật phân phối chuẩn Gauss.

$$F(w) = \frac{1}{\sigma_w \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{w^2}{2\sigma_w^2}}, \quad (6.13)$$

trong đó:  $\sigma_w$  - giá trị bình phương trung bình của thành phần thẳng đứng  $w$  của tốc độ dòng chảy trong bể lắng:

$$\sigma_w = m \frac{v_{tb}}{H^n}; \quad (6.14)$$

$m$  - hệ số phụ thuộc vào độ nhám của thành và đáy bể lắng;

$v_{tb}$  - vận tốc trung bình của nước trong bể lắng;

$H$  - chiều cao lớp nước trong bể lắng;

$n$  - số mũ.

Do thành phần thẳng đứng và nằm ngang của tốc độ dòng chảy là các trị số biến đổi, nên tốc độ chuyển động thực của hạt cặn trong bể lắng cũng là trị số biến đổi, nó thay đổi về trị số và hướng. Do đó quỹ đạo chuyển động của hạt cặn trong quá trình lắng rất khác nhau và tuân theo quy luật của các hiện tượng ngẫu nhiên. Việc xác định vị trí rơi vào đáy bể lắng của hạt cặn bất kỳ là không có nghiệm đơn trị.

Để tính toán bể lắng cần phải biết tốc độ lắng của cặn  $u_0$  và thành phần thẳng đứng  $w$  của tốc độ dòng chảy trong bể lắng. Tại mỗi điểm bất kỳ trong dòng chảy ở thời điểm bất kỳ có thể xuất hiện thành phần thẳng đứng của tốc độ và nó có thể hướng lên phía trên hoặc phía dưới. Theo các nhà khoa học Xô Viết, giá trị của  $w$  có thể lấy  $w = \frac{v_0}{30}$ , Hệ số Reynold của bể lắng tính theo các

công thức sau:

$$Re = \frac{v_0 R}{\nu},$$

trong đó:  $v_0$  - vận tốc chảy ngang (m/s);

$$R - \text{bán kính thủy lực của bể (m): } R = \frac{BH}{B + 2H};$$

$\nu$  - độ nhớt động học của nước (m<sup>2</sup>/s);

Đối với bể lắng ngang hình chữ nhật

$$Re = \frac{Q}{\nu} \frac{1}{(B + 2H)}$$

Đối với bể lắng ngang hình tròn:

$$v_0 = \frac{Q}{2\pi r H}; R = H;$$

$$Re = \frac{Q}{\nu} \frac{1}{2\pi r}$$

(6.15a)



Vì trong bể có  $Re > 2000$ , nên phải xem xét đến thành phần tốc độ chảy rối nâng hạt cận lên là  $w$ . Tốc độ lắng của hạt chỉ còn lại là  $(u_0 - w)$ . Đưa trị số này vào công thức (6.12) ta có:

$$\frac{H}{L} = \frac{u_0 - w}{v_0}$$

$$L = \frac{v_0 H}{u_0 - \frac{v_0}{30}} = \alpha \cdot \frac{v_0 H}{u_0} \quad \text{hay} \quad LB = F = \alpha \frac{Q}{u_0}, \quad (6.16)$$

trong đó:  $\alpha$  - hệ số kể tới ảnh hưởng của dòng chảy rối trong vùng lắng,

$$\alpha = \frac{u_0}{u_0 - \frac{v_0}{30}}$$

Từ (6.16) rút ra:

$$v_0 = \frac{\frac{L}{H}}{1 + \frac{L}{30H}} u_0 = K u_0$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{K}{30}}, \quad \text{hệ số } K \text{ phụ thuộc vào tỷ số } L/H \text{ lấy theo bảng (6.1).}$$

**Bảng 6.1.** Giá trị của hệ số  $\alpha$

$L/H$	10	15	20	>25
$K$	7,5	10	12	13,5
$\alpha$	1,33	1,5	1,67	1,82

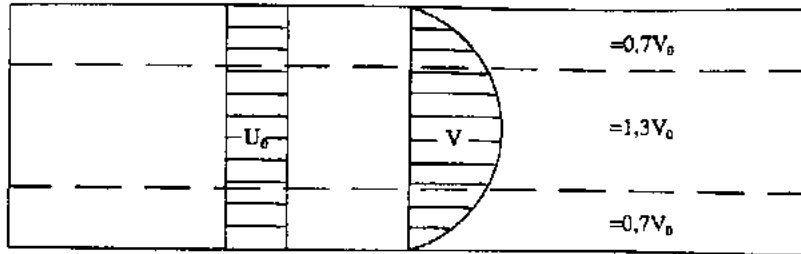
### 3. Ảnh hưởng của hiện tượng phân bố vận tốc không đều và hiện tượng ngắn dòng đến hiệu quả lắng

Thời gian lưu nước trong bể lắng theo lý thuyết:

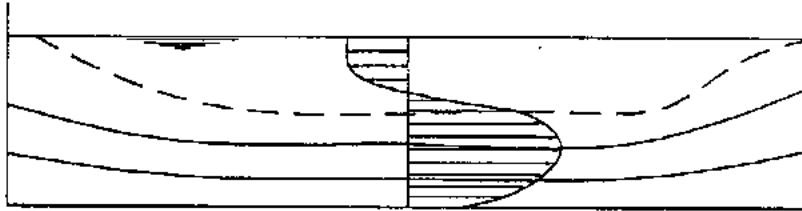
$$T_L = \frac{v}{Q} = \frac{L}{v_0} = \frac{H}{u_0}. \quad (6.17)$$

Thực tế vận tốc dòng chảy ngang trong bể phân phối không đều cả theo chiều dọc và theo chiều ngang bể (hình 6.11).

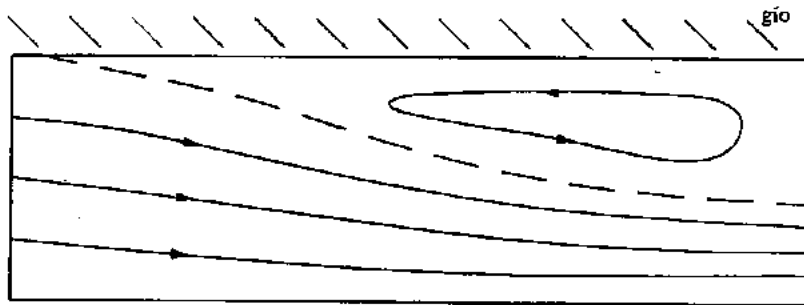
Sự phân bố vận tốc không đều theo chiều ngang bể do lực ma sát giữa thành bể và dòng chảy gây ra, vận tốc ngang càng nhỏ, chênh lệch giữa vận tốc ở tâm bể và ở sát thành bể càng lớn.



Hình 6.11a. Phân bố vận tốc không đều theo chiều ngang bể



Hình 6.11b. Phân bố vận tốc không đều và sự xuất hiện dòng đối lưu theo chiều sâu của bể



Hình 6.11c. Xuất hiện vùng nước chết trong bể

Sự phân bố vận tốc không đều và sự xuất hiện dòng đối lưu theo chiều sâu của bể là do:

- Phân phối nước vào bể không đều trên toàn bộ mặt cắt ngang của bể.
- Chênh lệch nhiệt độ giữa lớp nước ở trên mặt và lớp nước ở đáy bể.
- Chênh lệch nồng độ cặn giữa lớp nước ở trên mặt và lớp nước ở sâu trong bể.

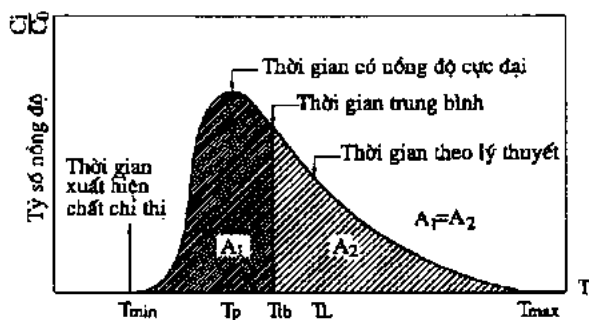
Sự xuất hiện vùng nước chết trong bể là do:

- Tác động của gió lên mặt nước trong bể
- Phân phối nước vào bể và thu nước ra khỏi bể không đều trên toàn mặt cắt ngang của bể.

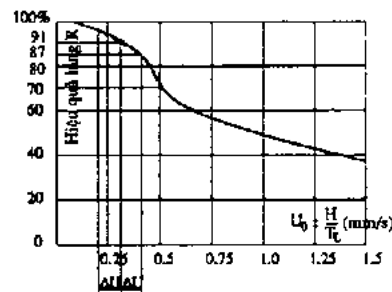
Trong thực tế, để đánh giá mức độ của hiện tượng ngắn dòng vừa nêu trên, thường tiến hành đo thời gian phân bố của nước lưu lại trong bể. Phương pháp đo như sau: ở đầu máng đưa nước vào bể lắng, trộn đều nước với chất chỉ thị (NaCl hoặc chất có màu) với nồng độ khi đã trộn đều với nước là  $C_0$ .

Trong suốt thời gian lý thuyết  $T_L = \frac{v}{Q} = \frac{L}{v_0}$  ở đầu ra của bể cứ sau khoảng thời gian  $\Delta t$  bằng 5 đến 10 phút, lấy mẫu đo nồng độ chất chỉ thị có trong nước  $C_i$ , đem kết quả vẽ lên biểu đồ hình (6.12), trục tung là tỷ số  $\frac{C_i}{C_0}$ , trục hoành

là  $T_i = \sum_1^i \Delta t$ .



Hình 6.12. Biểu đồ thể hiện sự phân bố của nước lưu trong bể lắng theo thời gian



Hình 6.13. Biểu đồ phân bố vận tốc lắng  $u_0$  thường gặp

Nếu thời gian  $T_p$ ,  $T_{Tb}$  càng gần thời gian lý thuyết  $T_L$  thì bể lắng có hiệu quả thủy lực càng cao và sẽ cho hiệu quả lắng đạt yêu cầu. Nếu  $T_p$ ,  $T_{Tb}$  nhỏ hơn  $0,8T_L$  cần phải có biện pháp khắc phục:

- Thiết kế và xây dựng lại hệ thống phân phối đầu vào
- Thiết kế và xây dựng lại hệ thống phân phối đầu ra
- Cải thiện chế độ thủy lực trong bể.

Từ biểu đồ phân bố vận tốc lắng thường gặp trong xử lý nước (hình 6.13) cho thấy  $u_0 = 0,25\text{mm/s}$ , hiệu quả lắng  $R = 91\%$ .

Nếu thời gian lưu nước  $T_{Tb}$  trong bể lắng bằng  $0,8 T_L$  thời gian tính toán theo lý thuyết, vận tốc lắng  $u_0$  sẽ tăng lên  $u_{01} = 0,25/0,8 = 0,31 \text{ mm/s}$  và hiệu quả lắng còn lại  $R_1 = 87\%$ . Nếu thời gian lưu nước trung bình trong bể chỉ bằng  $0,5 T_L$  thời gian tính toán, vận tốc lắng  $u_0$  tăng lên  $u_{02} = 0,25/0,5 = 0,5 \text{ mm/s}$  và hiệu quả lắng còn lại là  $R = 70\%$ . Vì vậy, khi thiết kế và quản lý bể lắng phải giữ cho được thời gian lưu nước trung bình trong bể lắng  $T_{Tb} \geq 0,8T_L$ . Để

hạn chế tác dụng xấu của hiện tượng ngăn dòng làm cho thời gian lưu nước trung bình  $T_{Tb} \geq 0,8T_L$ , phải tăng tỷ số giữa lực quán tính của dòng và lực trọng trường, tức tăng trị số của chuẩn số Froude:

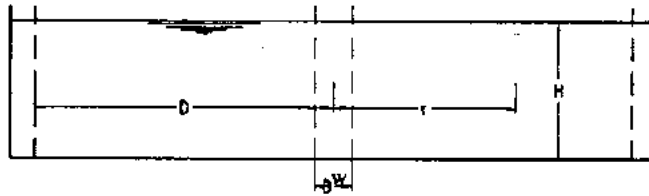
$$Fr = \frac{v_o^2}{gR}$$

Đối với bể lắng ngang:

$$v_o - \text{vận tốc chuyển động ngang} = \frac{Q}{BH}$$

$$R - \text{bán kính thủy lực} = \frac{BH}{B+2H}$$

$$Fr = \frac{Q^2}{g} \cdot \frac{B+2H}{B^3H^3} \quad (6.18)$$



Hình 6.14. Bể lắng ngang hình tròn

Đối với bể lắng ngang hình tròn chuẩn số Fr không phải là hệ số cố định.

Có trị số Fr max ở tâm bể

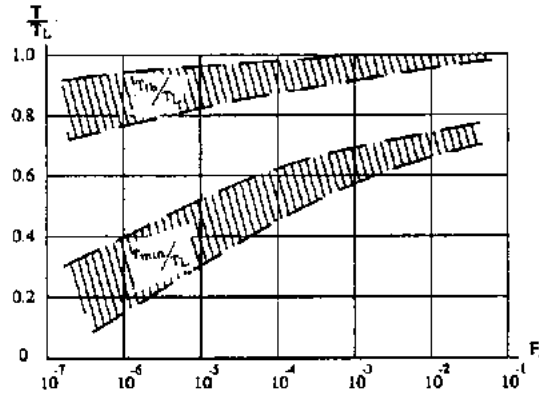
$$Fr_{max} = \frac{Q^2}{\pi^2 g} \frac{1}{D_w^2 H^3} \quad (6.19a)$$

và trị số Fr min ở ngoài sát thành bể

$$Fr_{min} = \frac{Q^2}{\pi^2 g} \frac{1}{D^2 H^3} \quad (6.19b)$$

Bằng thực nghiệm các nhà khoa học đã xác định được ảnh hưởng của chuẩn số Fr đối với tỷ số thời gian lưu nước trung bình trong bể  $T_{Tb}$  và thời gian lý thuyết  $T_L$  và ảnh hưởng của Fr đối với tỷ số thời gian tối thiểu  $T_{min}$  và thời gian lý thuyết  $T_L$ . Kết quả thể hiện trên hình (6.15).

Từ kết quả thực nghiệm cho trên hình (6.15) rút ra: Để đảm bảo hiệu quả lắng có thể chấp nhận được, chế độ thủy lực trong vùng lắng phải chọn sao cho chuẩn số Froude -  $Fr \geq 10^{-5}$  đảm bảo điều kiện  $T_{Tb} \geq 0,8T_L$



Hình 6.15. Ảnh hưởng của chuẩn số Froude đến thời gian lưu nước trong bể

#### 4. Trị số vận tốc ngang xói cận đã lắng

Trong bể lắng ngang, khi cận đã lắng xuống vùng chứa cận, chưa kịp xả ngay ra ngoài, cận tích lũy dần đến đỉnh vùng chứa cận. Nếu vận tốc dòng chảy ngang lớn hơn vận tốc giới hạn cho phép sẽ xảy ra hiện tượng xói cận đã lắng, làm đục nước trở lại, do đó khi thiết kế bể lắng ngang phải tuân thủ điều kiện  $v_0 < v_c$ . Hiện tượng xói cận xảy ra khi lực cắt  $\tau$  do dòng chảy ngang với vận tốc  $v_0$  lớn hơn hoặc bằng lực ma sát  $f$  giữa các hạt cận với nhau.

Lực cắt do dòng chảy tạo ra:

$$\tau = \frac{\lambda}{8} \rho_w v_0^2$$

Lực ma sát giữa các hạt cận:

$$f = \alpha \cdot f \cdot N = \beta (\rho_c - \rho_n) g d$$

trong đó:  $\rho_n$  - tỷ trọng của nước;

$\rho_c$  - tỷ trọng của cận;

$d$  - đường kính hạt cận;

$\alpha$  - hệ số ma sát  $\sim 0,03$ ;

$\beta$  - hệ số ma sát tổng hợp  $\sim 0,4-0,06$ .

Cho  $\tau = f$ , rút ra

$$v_0 = \sqrt{\frac{40}{3} \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} g d}$$

Thay đường kính hạt  $d$  (mm) bằng vận tốc lắng của hạt  $u_0$  theo biểu thức:

$$d = \sqrt{\frac{18 \nu}{g} \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} u_0}$$

ở 20°C,  $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$

$$v_s = 0,35 \left( \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} \right)^{1/4} \cdot u_0^{1/4} \quad (6.20)$$

Thay giá trị bằng số  $\rho_n = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_c = 1020 \text{ kg/m}^3$  và vận tốc lắng  $u_0$  khi đạt hiệu quả lắng trên 95%,  $u_0 = 0,16 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  ta có:

$$v_s = 16,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 16,3 \text{ mm/s.}$$

Từ kết quả trên cho thấy rằng: khi tăng vận tốc ngang, giá trị của chuẩn số Fr tăng, hiệu quả thủy lực của bể lắng tăng lên, nhưng nếu tăng vận tốc ngang lớn hơn 16,3 mm/s sẽ gây ra hiện tượng xói cặn làm giảm hiệu quả lắng nước của bể lắng.

## 5. Thiết kế vùng lắng

Khi thiết kế vùng lắng của bể lắng ngang để lắng cặn không keo tụ tiến hành các bước sau:

1) Dựa vào đường cong lắng, chọn tốc độ lắng của hạt cặn  $u_0$ , còn gọi là tải trọng bề mặt,  $u_0 = Q/F$  để có hiệu quả lắng R% mong muốn.

Khi không có đường cong lắng, tải trọng bề mặt có thể chọn  $u_0 = Q/F$  từ 0,8 - 2,5  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ , để có hiệu quả lắng  $R \geq 65\%$ .

2) Tính diện tích bề mặt bể lắng theo công thức 6.16

$$F = \alpha \frac{Q}{u_0}$$

3) Có thể chọn kích thước của bể lắng theo kinh nghiệm để đảm bảo chế độ thủy lực và hiệu quả kinh tế

- Chiều dài bể  $L \geq 5B$  chiều rộng bể.

- Chiều cao vùng lắng  $H = 1/12 \cdot L^{0,8}$  cộng thêm 1 m chiều cao vùng chứa cặn.

4) Kiểm tra lại điều kiện thủy lực để đảm bảo  $Fr \geq 10^{-5}$ .

### Ví dụ tính toán:

Thiết kế vùng lắng của bể lắng ngang công suất  $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hiệu quả lắng  $R = 70\%$ . Theo đường cong phân bố vận tốc tìm được  $u_0 = 0,67 \text{ mm/s}$  ứng với tải trọng bề mặt 2,42  $\text{m}^3/\text{m}^2$  giờ.

**Giải:**

Diện tích bề mặt bể lắng

$$F = \alpha \frac{Q}{u_0}$$

hệ số  $\alpha$  tra bảng (6.1) ứng với trường hợp  $L/H \geq 25$ ,  $\alpha = 1,82$

$$F = 1,82 \cdot \frac{0,5}{0,00067} = 1358 \text{ m}^2$$

chọn chiều dài  $L = 6B$

chiều rộng bể  $B = F/L = 1358/6B$ , rút ra  $B = 15\text{m}$ .

$$L = 6B = 6 \times 15 = 90\text{m}$$

chiều cao  $H = \frac{1}{12} 90^{0,8} = 3\text{m}$

bán kính thủy lực  $R = \frac{BH}{B + 2H} = \frac{3 \times 15}{15 + 2 \times 3} = 2,14\text{m}$

vận tốc  $v_0 = \frac{Q}{BH} = \frac{0,5}{15 \times 3} = 0,0111 \text{ m/s} = 11,1 \text{ mm/s} < 16,3 \text{ mm/s}$

ở nhiệt độ  $10^\circ\text{C}$   $v = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re = \frac{VR}{v} = \frac{0,011 \times 2,14}{1,31 \times 10^{-6}} = 18000 > 2000$$

trong bể có chế độ chảy rối, chấp nhận được vì đã tính đến hệ số giảm hiệu quả lắng  $\alpha$  do dòng chảy rối.

$$Fr = \frac{v^2}{gR} = \frac{0,011^2}{9,81 \times 2,14} = 0,6 \times 10^{-5}$$

$Fr < 10^{-3}$  trong bể xuất hiện hiện tượng ngăn dòng cần phải lắp các vách ngăn không chịu lực dọc theo bể để giảm trị số  $Re$  và tăng hệ số  $Fr$ .

Lắp ba vách ngăn theo chiều dọc bể, chia chiều rộng bể thành bốn ngăn, chiều rộng mỗi ngăn là  $15/4 = 3,75\text{m}$ .

Bán kính thủy lực  $R = \frac{3 \times 3,75}{3,75 + 2 \times 3} = 1,15\text{m}$ .

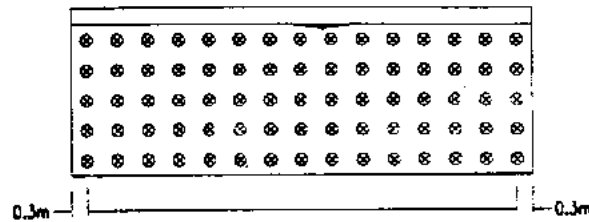
Vận tốc dòng chảy không thay đổi  $v = 0,011 \text{ m/s}$ ,  $Re = 9700$ ,  $Fr = 1,1 \cdot 10^{-5}$  đạt yêu cầu.

## 6. Thiết kế cấu tạo vùng phân phối nước vào bể và máng thu nước ra khỏi bể

Việc phân phối nước vào trên toàn bộ mặt cắt ngang của bể là điều kiện cực kỳ quan trọng bởi vì: nếu phân phối không đều nước vào sẽ gây ra hiện tượng

ngắn dòng và tạo ra các xoáy nước nhỏ làm cho dòng chảy trong vùng lắng không ổn định. Biện pháp có hiệu quả nhất là đặt tấm phân phối khoan lỗ cách cửa đưa nước vào ở đầu bể từ 1,5 - 2,5 m (hình 6.16) tấm phân phối có kích thước bằng mặt cắt ngang của bể.

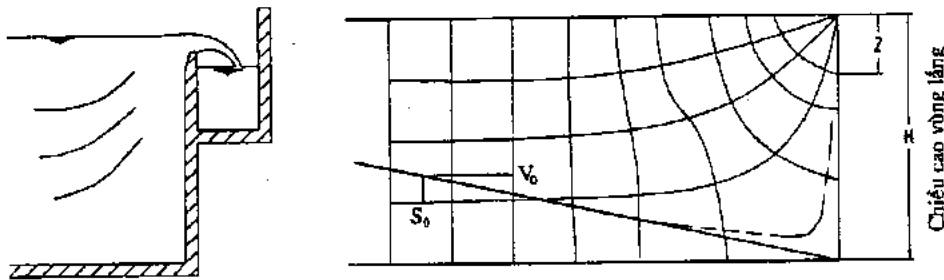
Các lỗ trên tấm phân phối có đường kính như nhau và từ 0,075 - 0,2m, khoảng cách giữa tâm các lỗ từ 0,25 - 0,45m.



Hình 6.16. Sơ đồ tấm phân phối khoan lỗ đặt ở đầu bể lắng

Vận tốc nước qua lỗ phân phối chọn sao cho tổn thất qua lỗ từ 0,3 - 0,9mm bắt buộc nhỏ hơn 10 mm để tránh hiện tượng phá vỡ bông cặn.

Thu nước ra: nước sau khi lắng phải được thu đều trên toàn mặt cắt ngang của bể. Trong thực tế, thường cấu tạo máng thu nước dài suốt chiều rộng bể. (hình 6.17).



Hình 6.17. Sơ đồ dòng nước thu vào máng ở cuối bể lắng

Nếu chỉ có một máng thu với chiều dài máng bằng B, bằng chiều rộng bể, dòng nước sẽ tập trung về máng làm tăng vận tốc thu nước cục bộ ở cuối bể, dòng nước với vận tốc lớn hơn vận tốc lắng  $u_0$  của hạt, sẽ kéo hạt cặn đã lắng ở đáy bể vào máng thu, làm xấu chất lượng nước đã lắng.

Xét vận tốc thu ở độ sâu Z kể từ mép máng xuống. Diện tích mặt cắt dòng nước đi qua là diện tích xung quanh của 1/4 hình trụ có bán kính Z và chiều dài là B, vận tốc sẽ là:

$$V_1 = \frac{Q}{\frac{\pi}{2} ZB}$$



Gần đáy vùng lắng, vận tốc nước đi vào máng thu là

$$V_H = \frac{Q}{\frac{\pi}{2} HB}$$

Để tránh hoàn toàn hiện tượng kéo cặn vào máng bằng thực nghiệm đã rút ra giá trị  $1/3 V_H$  phải nhỏ hơn  $u_0$ .

$$\frac{1}{3} V_H = \frac{1}{3} \frac{Q}{\frac{\pi}{2} HB} < u_0 \text{ rút ra:}$$

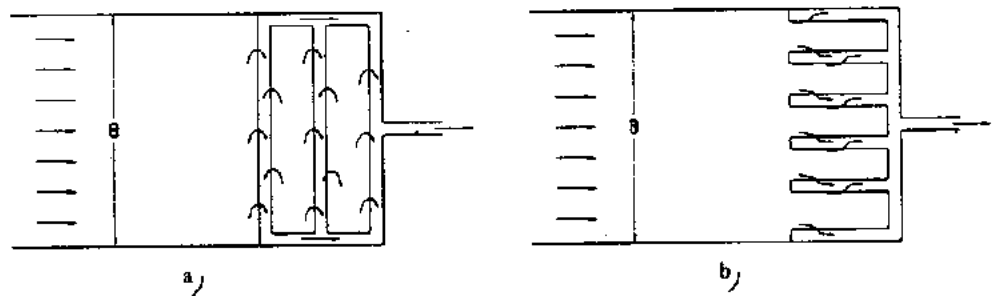
$$\frac{2Q}{3\pi B} < Hu_0 \quad \frac{Q}{B} < \frac{3\pi}{2} Hu_0$$

$$\frac{Q}{B} < 5Hu_0$$

với B là chiều dài một máng thu (hình 6.18), nếu biểu thức trên không thỏa mãn phải tăng tổng chiều dài máng thu lên n lần.

$$L = nB.$$

$$\frac{Q}{nB} < 5Hu_0$$



Hình 6.18. Sơ đồ bố trí máng thu nước ở cuối bể lắng

Tổng chiều dài máng thu

$$L > \frac{Q}{5Hu_0} \tag{6.21}$$

Ví dụ tính toán:

Tính chiều dài máng thu cần thiết L để thu nước của bể lắng công suất  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , vận tốc lắng  $u_0 = 0,37 \text{ mm/s}$ . Chiều cao lắng  $H = 3\text{m}$ .

**Giải:**

Chiều dài máng thu cần thiết

$$L = nB = \frac{0,5}{5 \times 3 \times 0,37 \times 10^{-3}} = 135 \text{ m}$$

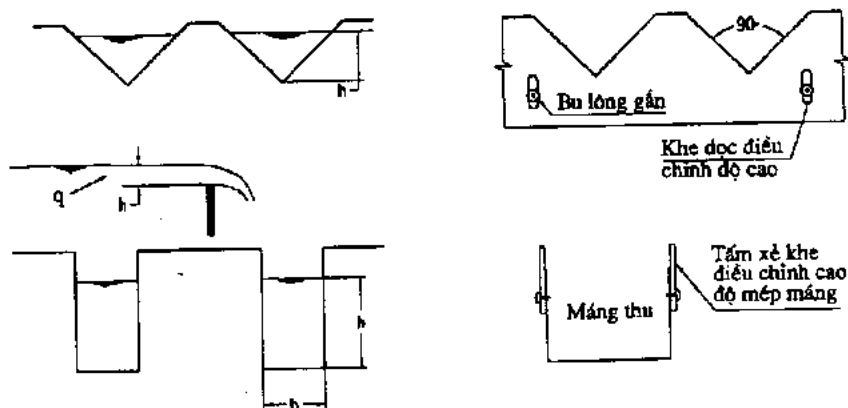
chiều rộng bể  $B = 15 \text{ m}$ . Nếu bố trí máng thu theo chiều rộng số máng  $n = 135/15 = 9$  (hình 6.18a).

Khoảng cách giữa các tim máng  $\leq 1,5H$

· Nếu bố trí máng thu dọc bể lắng, khoảng cách giữa tâm các máng  $a = 3,75 \text{ m}$ . số máng cần là 4 máng, chiều dài 1 máng  $l = L/4 = 135/4 = 33,75 \text{ m}$ .

Đối với bể lắng hình tròn, máng bố trí vòng theo chu vi bể, chiều dài  $L = \pi D > \frac{Q}{5Hu_0}$ . Nếu không thỏa mãn phải lắp thêm các máng thu nước hình nan quạt hoặc đặt thêm một máng vòng có bán kính  $R_1 = R - 2 \text{ m}$ .

Khi tính toán máng thu nước, chiều dài máng thu tính theo công thức (6.21), có tải trọng nước trên một mét dài máng chỉ từ 1 - 3 l/s.m dài. Với lưu lượng  $q = 1 - 3 \text{ l/s.m}$  dài, chiều cao lớp nước trên mép máng tràn chỉ từ 10 - 14mm. Nếu mép máng xây không thật phẳng và nằm ngang, để cho ở một chỗ nào đó, mép máng nhô lên hoặc thấp xuống 1mm thì lưu lượng thu vào máng ở chỗ đó sẽ chênh lệch từ 10-15% so với định mức. Vì vậy, để đảm bảo thu đều nước trên toàn bộ chiều dài máng, phía ngoài thành máng phải gắn các tấm điều chỉnh chiều cao mép máng bằng thép không gỉ, xẻ khe hình chữ V hoặc hình chữ nhật (hình 6.19).



Hình 6.19. Chi tiết tấm xẻ khe điều chỉnh cao độ mép máng

Lưu lượng nước qua một khe chữ V góc đáy 90°:

$$q_0 = 1,4 \cdot h^2$$

· Lưu lượng qua một khe hình chữ nhật:

$$q_0 = 1,8b.h^2.$$

Công suất bể lắng là  $0,5m^3/s = 500 \text{ l/s}$ .

Tổng chiều dài máng thu nước  $L = 135m$ , máng thu nước từ hai phía, chiều dài mép máng thu  $L_2 = 2 \times 135 = 270 \text{ m}$ .

Tải trọng thu nước trên 1m dài mép máng:

$$q = \frac{500l/s}{270m} = 1,85l/s.m,$$

1 m dài máng phải thu  $0,00185 \text{ m}^3/s$ .

Chọn tấm xẻ khe hình chữ V, góc đáy  $90^\circ$  để điều chỉnh cao độ mép máng. Chiều cao hình chữ V là 5cm, đáy chữ V là 10 cm, mỗi m dài có năm khe chữ V, khoảng cách giữa các đỉnh là 20 cm. Chiều cao mực nước h trong khe chữ V.

$$q_0 = \frac{q}{5} = \frac{1,85.10^{-3}}{5} = 1,4h^{5/2},$$

rút ra  $h = 3,9 \text{ cm} < 5 \text{ cm}$  đạt yêu cầu.

## 7. Vùng chứa cặn và xả cặn ra khỏi bể lắng

- Trong quá trình lắng, cặn lơ lửng lắng xuống và được tích lũy ở vùng chứa cặn sát đáy bể lắng. Vùng chứa cặn có thể bố trí dọc suốt chiều dài bể lắng nếu xả cặn theo định kỳ, hoặc bố trí ở đầu bể lắng nếu dùng cào cặn để dồn cặn về đầu bể.
- Thể tích vùng chứa cặn. Thể tích vùng chứa cặn của bể lắng ngang được tính toán theo thời gian giữa hai lần xả cặn với hàm lượng cặn cao nhất của nước nguồn:

$$W = \frac{TQ(M_c - m)}{\delta_c} \cdot (m^3), \quad (6.22)$$

trong đó: T - thời gian thu cặn giữa hai lần xả nếu xả bằng phương pháp thủ công thời gian giữa hai lần xả có thể lấy từ 1 đến 6 tháng tùy thuộc vào điều kiện cụ thể. Nếu dùng cào cặn, thời gian giữa 2 lần xả có thể lấy từ 1 đến 3 giờ;

Q - lưu lượng nước vào bể lắng ( $m^3/h$ );

$M_c$  - hàm lượng cặn trong nước xử lý đưa vào bể lắng ( $mg/l$ ) hay ( $g/m^3$ );

m - hàm lượng cặn trong nước đi ra khỏi bể lắng, thường chọn 8 -12 ( $g/m^3$ );

$\delta_c$  - nồng độ cặn đã nén sau T giờ chọn theo bảng (6.2).

Bảng 6.2. Nồng độ trung bình cặn đã nén

Đặc tính của nước và phương pháp xử lý	Nồng độ cặn đã nén $\delta_c$ ( $g/m^3$ ) sau T giờ dưới lớp nước chiều cao $H_0$ của bể lắng.					
	2	4	6	8	12	> 24
Cặn tạo ra khi lắng nước đã đánh phèn có hàm lượng						
Từ 10 - 100mg/l	5000	7000	8000	8500	9500	10000
Từ 100 - 500mg/l	17000	20000	24000	25000	27000	30000
Từ 500 - 1000 mg/l	20000	25000	27000	29000	31000	35000
Từ 1000 - 3000 mg/l	25000	32000	34000	36000	38000	40000
Cặn tạo ra khi làm mềm nước bằng vôi và soda						
Có độ cứng magie nhỏ hơn 25% độ cứng toàn phần	60000	72000	75000	78000	80000	85000
Có độ cứng magie lớn hơn 25% độ cứng toàn phần	20000	25000	28000	30000	32000	35000
Cặn tạo ra khi khử sắt bằng vôi	26000	30000	32000	34000	38000	40000

Tính  $M_c$  theo công thức:

$$M_c = M_0 + KA + 0,25M + B, \quad (6.23)$$

trong đó:  $M_0$ - hàm lượng cặn lớn nhất trong nước nguồn ( $g/m^3$ );

A - liều lượng phèn cho vào nước ( $g/m^3$ );

K - Hệ số tính chuyển trọng lượng của phèn thành trọng lượng của cặn lắng trong bể lắng.

$K = 0,55$  đối với phèn nhôm sạch;

$K = 1$  đối với phèn nhôm sản phẩm kỹ thuật;

$K = 0,8$  đối với phèn sắt;

M - độ màu của nước tính bằng độ;

B - lượng cặn không tan trong vôi hoặc các chất kiềm hóa khác khi kiềm hóa nước ( $g/m^3$ ).

### Các phương pháp xả cặn

- **Xả cặn bằng phương pháp thủ công:** Khi cặn chứa đầy vùng thu cặn, để tháo cặn ra khỏi bể lắng, đóng van đưa nước vào bể, tháo cặn nước trong bể, dùng vòi phun lấy nước từ đường ống áp lực  $\Phi 50$  đặt quanh mép bể, phun nước cho cặn tan ra, chảy theo nước vào ống tháo cặn, xả cặn định kỳ bằng phương pháp thủ công, chỉ áp dụng cho những nơi có hàm lượng cặn không lớn  $M_{c, \max} \leq 500 \text{ mg/l}$ , cặn tương đối ổn định, không bị thối rữa và phân hủy yếm khí. Nếu cặn chứa nhiều chất hữu cơ, khi bị phân hủy yếm khí tạo ra bùn nổi từng đám lên mặt nước, sinh bọt khí làm nước sủi tăm, giảm hiệu quả lắng và giảm hiệu quả của bể lọc, gây ra mùi và màu của nước. Thời gian giữa hai lần xả tùy thuộc vào hàm lượng cặn của nước nguồn mà thay đổi theo từng mùa trong năm.

Đáy bể làm độ dốc về hai phía: Độ dốc theo dọc bể về phía cửa xả  $i_d = 1 - 2\%$ , độ dốc ngang tập trung về tâm bể,  $i_n = 2-4\%$ .

- **Xả cặn bằng phương pháp thủy lực:** Dùng hệ thống ống khoan lỗ, hoặc máng khoan lỗ đặt sát đáy bể lắng, khi cần xả cặn, mở van ở ống xả chính, nước dưới áp lực  $H_c$  của bể lắng đẩy cặn chui vào các lỗ trên hệ thống ống hoặc máng cùng với nước, xả ra ngoài, khi xả cặn bể lắng vẫn làm việc.

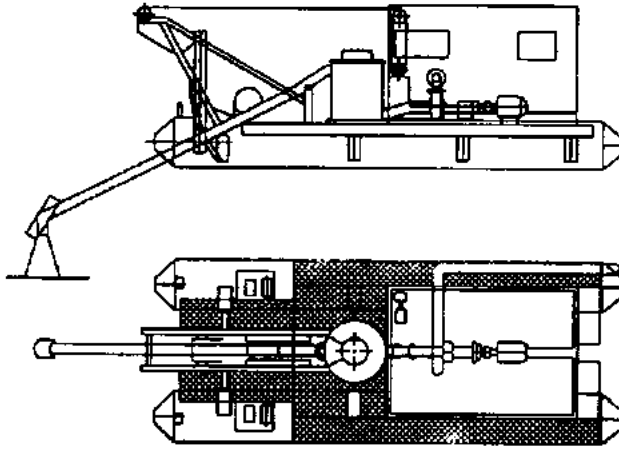
Thực tế quản lý các bể lắng ở Việt Nam từ 1960 đến nay cả ở miền Bắc và miền Nam cho thấy hệ thống xả cặn thủy lực bằng hệ thống ống, máng khoan lỗ không làm việc được, tuy có trang bị hệ thống ống khoan lỗ và van khóa nhưng đều phải xả bằng phương pháp thủ công. Do vậy, kiến nghị loại trừ phương pháp này.

Thực tế phương pháp xả cặn bằng thủy lực chỉ thực hiện được khi vùng thu cặn là hình chóp với góc côn  $< 60^\circ$  ở tâm, khi góc tâm nhỏ hơn  $60^\circ$  tức là góc của tường nghiêng phần hình chóp làm với phương ngang một góc  $> 60^\circ$  lớn hơn góc trượt của cặn đã nén, cặn có thể trượt theo tường nghiêng cùng với nước đi vào ống xả cặn tháo ra ngoài.

- **Xả cặn bằng phương pháp cơ khí:** Để cơ giới hóa việc xả cặn theo định kỳ ở các bể sơ lắng bằng đất, bể sơ lắng bằng gạch hoặc bê tông cốt thép, có công suất lớn dùng bơm hút bùn đặt trên phao nổi di động (hình 6.20).

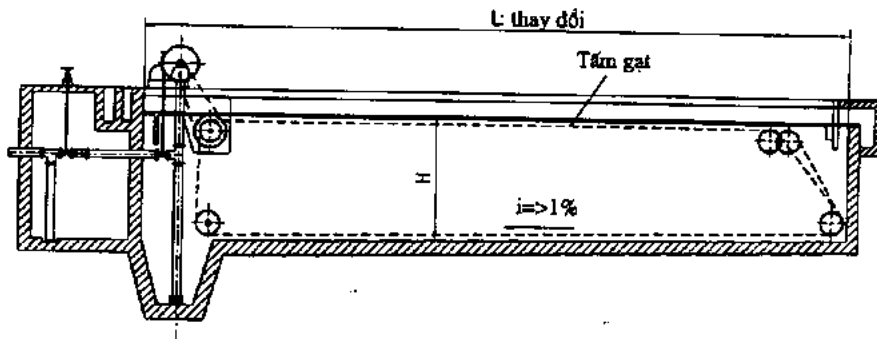
Việc xả cặn liên tục bằng cào cặn là cần thiết, khi hàm lượng cặn trong nước thô bằng hoặc lớn hơn  $1000 \text{ mg/l}$  và ở những nơi cặn có khả năng thối rữa (ví dụ bể lắng ở trạm xử lý nước thải). Khi trang bị cào cặn,

dung tích vùng thu cặn nhỏ làm giảm chiều cao xây dựng bể, rẽ về xây dựng nhưng đắt về trang thiết bị làm cho giá thành bể lắng tăng lên khoảng trên 10%.



Hình 6.20. Bơm hút bùn xả cặn bể lắng đặt trên phao nổi di động

Ở bể lắng ngang hình chữ nhật, thường lắp thiết bị cào cặn truyền động bằng hai vòng dây xích, kéo các tấm gạt bằng gỗ đặt sát đáy bể, để gạt cặn về hố thu đặt ở đầu bể rồi xả ra ngoài bằng áp lực nước  $H_0$  có trong bể. Tùy từng trường hợp cụ thể thiết bị cào cặn có thể lắp đặt theo hình (6.21a) hoặc (6.21b).

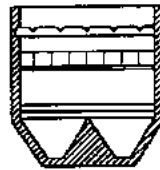
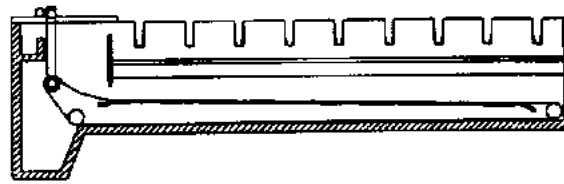


Hình 6.21a. Sơ đồ lắp đặt thiết bị cào cặn có một vòng xích ngấp nước

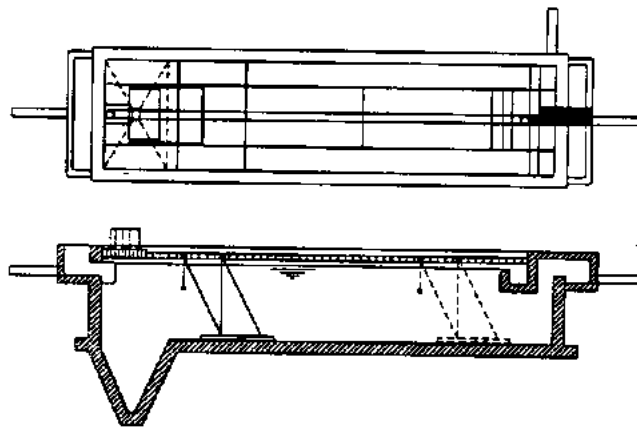
Khẩu độ của máy cào dây xích (chiều dài tấm gạt) thường từ 3 - 6m. Nếu bể lắng có chiều rộng  $B > 6m$  phải đặt hai hoặc ba thiết bị cào cặn làm việc song song. Tốc độ chuyển động của dây xích (tấm gạt) từ  $5 \cdot 10^{-3}$  đến  $15 \cdot 10^{-3}$  m/s.

Thiết bị cào cặn làm việc tốt nhất là loại cào đặt trên dầm cầu chạy, bánh xe chạy trên hai thanh ray đặt dọc theo thành bể. Khi cần gạt cặn,

hạ thanh gạt xuống đáy bể, khi di vòng lại nhắc thanh gạt lên khỏi mặt nước (hình 6.22).



Hình 6.21b. Sơ đồ lắp đặt thiết bị cào cặn có hai vòng xích ngấp trong nước



Hình 6.22. Thiết bị cào cặn đặt trên dầm cầu chạy

Loại này có ưu điểm là toàn bộ các bộ phận chuyển động đặt trên khô. Khi sửa chữa, bảo dưỡng không phải tháo khô bể như loại cào cặn chạy bằng dây xích.

Tốc độ chuyển động của máy từ  $10 \times 10^{-3}$  đến  $15 \times 10^{-3}$  m/s, chiều rộng của máy cào tùy thuộc vào kết cấu của dầm cầu chạy có thể từ 6 - 20m.

- **Máy cào cặn ở các bể lắng tròn:** Loại đường kính nhỏ hơn 8m, thường đặt động cơ và trục quay thẳng đứng ở tâm bể, trên trục quay lắp hai cánh tay đòn bằng bán kính bể, dưới cánh tay đòn sát đáy bể lắp các tấm gạt bằng gỗ tạo thành góc sao cho khi cánh tay đòn quay quanh trục các tấm gạt cặn về hố thu đặt ở tâm bể. Loại có đường kính lớn hơn 8m,

thường làm dầm cầu chạy theo bán kính bể, động cơ đặt trên thanh ray chạy quanh chu vi bể, ở tâm bể đặt khớp xoay  $360^\circ$ .

Tốc độ chuyển động của cánh tay đòn từ 1 vòng/giờ đến 1,5 vòng/giờ, tùy thuộc theo độ dốc đáy bể, đặc tính và nồng độ của cặn.

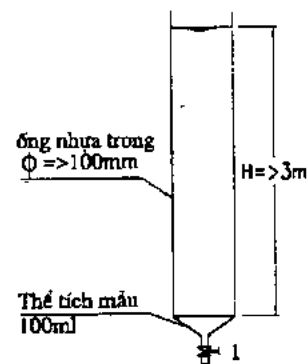
Loại thiết bị này làm việc an toàn và ổn định. Độ dốc đáy bể lấy từ 1 - 8% tùy thuộc vào nồng độ và đặc tính của cặn.

### 6.3. LẮNG CÁC HẠT CẶN KEO TỤ

#### 6.3.1. Đường cong phân bố vận tốc lắng

Quá trình lắng các hạt cặn có khả năng keo tụ (cặn trong nước thiên nhiên sau khi đã pha trộn phèn) khác với quá trình lắng các hạt tự do không có khả năng keo tụ ở chỗ: các hạt cặn có kích thước và vận tốc lắng khác nhau phân bố đều trong thể tích nước, khi lắng, các hạt có kích thước và trọng lượng lớn hơn rơi với tốc độ lớn hơn, khi rơi va chạm vào các hạt bé lắng chậm hoặc lơ lửng trong nước, dính kết với các hạt bé thành hạt lớn hơn nữa và có tốc độ lắng lớn hơn. Hạt cặn rơi với chiều cao  $H$  càng lớn và thời gian lắng  $T$  càng lâu thì sự xuất hiện các hạt cặn to với tốc độ lắng nhanh càng nhiều. Tuy vậy, khi hạt đã dính kết với nhau thành hạt có đường kính lớn, khi lắng chịu lực cản của nước cũng lớn hơn, đến lúc nào đó lực cản thành lực cản đủ lớn để chia hạt cặn có đường kính to thành nhiều mảnh nhỏ, đến lượt các mảnh nhỏ này lại va chạm và dính kết vào nhau hoặc dính kết với các hạt khác thành hạt lớn hơn. Và như vậy, hiệu quả lắng các hạt keo tụ phụ thuộc vào vận tốc lắng ban đầu  $u_0$  của hạt và phụ thuộc vào chiều cao lắng  $H$  cũng như thời gian lắng  $T = H/u_0$ . Thực tế không thể tìm được công thức toán học để xác định hiệu quả lắng  $R$  cho nên phải dùng phương pháp thực nghiệm để xác định đường cong lắng hay còn gọi là đường phân bố vận tốc lắng  $u_0$  theo hiệu quả lắng  $R$ .

Để có được kết quả chính xác khi lập biểu đồ lắng của các hạt keo tụ, thí nghiệm phải được tiến hành trong các ống lắng bằng nhựa trong, đường kính lớn hơn 100mm, chiều cao ống lắng lớn hơn hoặc bằng 3m, đáy ống lắng hình côn dung tích bằng 0,1L = 100 ml (hình 6.23).

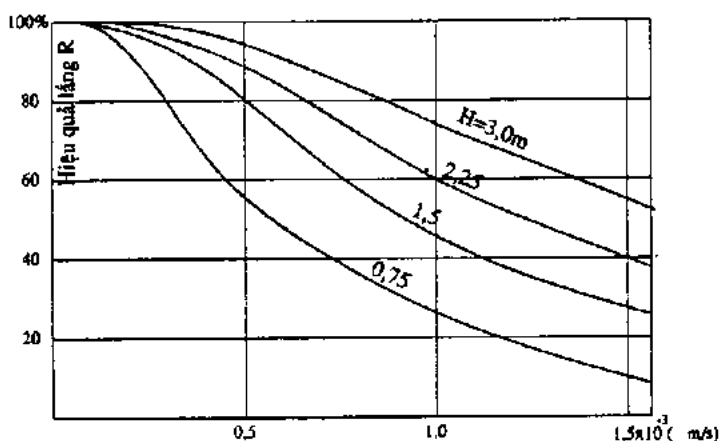


Hình 6.23. Ống lắng thí nghiệm đo tốc độ lắng cặn keo tụ



Nước nguồn được trộn đều với phèn theo liều lượng đã xác định bằng thí nghiệm keo tụ thử, sau khi trộn phèn, khuấy đều trong 15 phút, bơm nước vào ống lắng theo chiều từ dưới lên. Nước đầy đến mức đã định, ngừng bơm và tính thời gian lắng. Số lượng mẫu thử và khoảng thời gian giữa hai lần lấy mẫu chọn theo tốc độ lắng của cặn trong ống lắng qua quan sát bằng mắt. Nếu cặn lắng nhanh chọn chu kỳ lấy mẫu nhỏ. Sau mỗi lần lấy mẫu 100ml. Xác định tổng lượng cặn đã lắng xuống đáy ống lắng  $C_i$  (mg). Hiệu quả lắng xác định theo công thức:

$$R_i = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - 0,1M_0)}{(V - 0,1n).M_0} \quad (6.24)$$



Hình 6.24. Đường cong lắng của các hạt cặn keo tụ theo các chiều cao lắng khác nhau

Tốc độ lắng hay tải trọng bề mặt xác định theo công thức:

$$u_i = \frac{H_i}{T_i}$$

trong đó:  $M_0$ - hàm lượng cặn trong nước đã đánh phèn đưa vào ống lắng (mg/l);

$C_i$ - tổng hàm lượng cặn đã lắng sau mỗi lần lấy mẫu (mg);

$V$ - thể tích nước trong ống lắng (l).  $V = \frac{\pi d^2}{4} .H$ ;

$H_i$ - chiều cao cột nước trong ống lắng trước khi lấy mẫu (mm)

$$H_i = H - i \cdot \frac{100ml}{\pi d^2}, \text{ (mm);}$$

4

$H$ - chiều cao cột nước ban đầu;

d- đường kính ống lắng;

i - số thứ tự của mẫu;

$T_i = \sum \Delta t$  - thời gian tính từ khi bắt đầu thí nghiệm (s);

$\Delta t$  - khoảng thời gian giữa hai lần lấy mẫu.

Theo kết quả nhận được  $R_i\%$  và  $u_i$  (mm/s) vẽ được đường cong phân bố vận tốc lắng  $u_i$  theo hiệu quả lắng  $R_i$ , gọi là đường cong lắng. Hình (6.24) giới thiệu đường cong lắng của cặn keo tụ khi thí nghiệm lắng ở các chiều cao khác nhau.

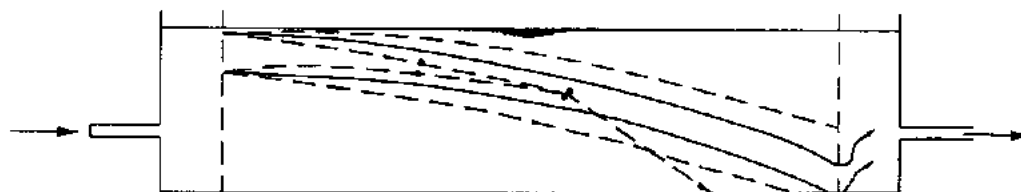
### 6.3.2. Lắng cặn keo tụ trong bể lắng ngang

Bể lắng ngang dùng để lắng cặn keo tụ có cấu tạo và nguyên tắc hoạt động giống hệt bể lắng ngang dùng để lắng cặn không có khả năng keo tụ đã xét ở mục (6.2.2). Chỉ có một điểm khác duy nhất là ảnh hưởng của chế độ thủy động của lực nhớt biểu thị bằng chuẩn số Reynold đến hiệu quả lắng là khác nhau.

Theo kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học phương tây, dòng chảy rối khi  $Re > 2000$  tạo ra các chuyển động xoáy nhỏ, đẩy hạt cặn lên, xuống theo phương hướng bất kỳ, làm kim hãm quá trình lắng của các hạt tự do, còn đối với các hạt có khả năng keo tụ, các chuyển động xoáy này lại làm tăng số lần va chạm và dính kết giữa các hạt cặn với nhau, làm cho bông cặn lớn lên và có tốc độ lắng lớn hơn, tác động xấu của dòng chảy rối được bù bằng tác động tích cực của sự keo tụ nên kết quả là không ảnh hưởng đến hiệu quả lắng.



Hình 6.25a. Ảnh hưởng xấu của dòng chảy rối đến hiệu quả lắng khi lắng hạt cặn tự do



Hình 6.25b. Ảnh hưởng của dòng chảy rối đến hiệu quả lắng khi lắng hạt cặn keo tụ

Hình (6.25) minh họa ảnh hưởng của dòng chảy đối khi  $Re > 2000$  đối với hai loại cặn.

Công thức tính toán diện tích bể lắng ngang khi lắng cặn keo tụ.

$$F = \frac{Q}{u_0} \quad (\text{m}^2), \quad (6.25)$$

trong đó:  $Q$  - lưu lượng nước cần xử lý ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$u_0$  - tốc độ lắng của cặn ( $\text{m}/\text{h}$ ) chọn trên đường cong lắng để đảm bảo hiệu quả lắng  $R$  mong muốn.

Thường chọn  $u_0 = 0,83 \div 2,5 \text{ m}/\text{h}$ . Chiều sâu vùng lắng  $H = 3 \div 5 \text{ m}$ .

Thời gian lưu nước trong bể  $T = 1,5 \div 3 \text{ h}$ . Tỷ số giữa chiều dài/chiều cao  $L/H > 15$ .

Tỷ số chiều dài/chiều rộng  $L/B > 5$ . Tải trọng thu nước bể mặt từ 1,5 đến 3  $\text{l}/\text{s} \cdot \text{m}$  dài mép máng.

#### Vi dụ tính toán:

Tính toán, thiết kế bể lắng ngang với điều kiện:

- Công suất nhà máy  $Q_{\text{max ngày}} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Lắng cặn đã pha phèn nhôm.
- Tốc độ lắng của hạt cặn:  $u_0 = 0,53 \text{ mm}/\text{s} = 1,9 \text{ m}/\text{h}$  để đạt hiệu quả lắng  $R = 98\%$ , nước ra có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 2NTU  $\sim 4 \text{ mg}/\text{l}$ .
- Dợt 2: nhà máy mở rộng gấp đôi  $Q_{\text{max ngày}} = 4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

*Xác định:* - Số lượng bể lắng

- Kích thước bể lắng
- Vùng phân phối nước vào bể
- Máng thu nước trong

#### Giải:

- *Số lượng bể lắng:* Có thể chọn hai bể hoặc ba bể. Nếu không phát triển đợt 2 lên  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  sẽ chọn ba bể khi một bể ngừng, hai bể còn lại làm việc tăng cường ở mức có thể chấp nhận được. Trường hợp này chọn hai bể vì: hai bể xây dựng rẻ hơn ba bể. Khi xây dựng xong đợt 2, nhà máy có bốn bể làm việc, hệ số an toàn đảm bảo.
- *Kích thước bể lắng:* Chọn phương pháp xả cặn cơ giới dùng cào cặn, gạt cặn về hố thu cặn ở đầu bể để xả. Nếu dùng cào chuyên động bằng dây xích, chiều rộng lớn nhất của một dải 6m. Bể rộng bể có thể chọn 6, 12, 18m. Nếu dùng cào đặt trên dầm cầu chạy chiều rộng từ 12-30m, chọn chiều rộng  $B = 18 \text{ m}$ , đảm bảo tỷ số  $L/B > 5$ .

- Diện tích mặt bằng hai bể lắng:

$$F = \frac{Q}{u_0} = \frac{2 \times 3600}{1,9} = 3790 \text{ m}^2$$

Chiều rộng bể B = 18m, chiều dài bể L = 3790/2 × 18 = 105m.

Tỷ số L/B = 105/18 = 5,8 > 5.

Chọn chiều cao vùng lắng H = 4m.

Tỷ số chiều dài và chiều cao vùng lắng L/H = 105/4 = 26,3 > 15.

Vận tốc nước chảy trong bể  $v_0 = \frac{Q}{B.H} = \frac{2}{2 \times 18 \times 4} = 13,8 \text{ mm/s}$

$v_0 = 13,8 \text{ mm/s} < 16,3 \text{ mm/s}$  (vận tốc xói cặn)

- Tính chuẩn số

$$Re = \frac{VR}{\nu}$$

Bán kính thủy lực:  $R = \frac{B.H}{B + 2H} = \frac{4 \times 18}{18 + 2 \times 4} = 2,77 \text{ m}$

Độ nhớt động học:  $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $t^\circ = 10^\circ\text{C}$

$$Re = \frac{1,38 \times 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 2,77 \text{ m}}{1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 29620$$

Re quá lớn nên cấu tạo bể sao cho  $Re \leq 20000$ .

Tính chuẩn số Froud đảm bảo điều kiện ổn định dòng, giảm tác dụng ngăn dòng và không tạo ra vùng nước chết trong bể.

$$Fr = \frac{v^2}{g.R} = \frac{(1,38 \times 10^{-2})^2}{9,81 \times 2,77} = 7,1 \times 10^{-6} < 10^{-5}$$

không đảm bảo điều kiện ổn định dòng.

Để giảm trị số của chuẩn số Re và tăng giá trị của Fr, giữ nguyên chiều rộng bể B = 18m nhưng đặt thêm hai vách ngăn không chịu lực, chia bể rộng bể làm 3 dải, mỗi dải bằng 6m, vận tốc dòng chảy không đổi  $v_0 = 1,38 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ .

Bán kính thủy lực tính cho một dải B' = 6m.

$$R = \frac{4 \times 6}{6 + 2 \times 4} = 1,77 \text{ m}$$

Chuẩn số  $Re = 18260$  chấp nhận được  $Fr = 1,2 \times 10^{-5} > 10^{-5}$  dòng ổn định ở mức cho phép.

Như vậy, xây hai bể lắng mỗi bể kích thước rộng 18m. Trong đặt hai vách ngăn hướng dòng, theo dọc bể tạo ra ba dải rộng 6m. Trong mỗi bể đặt ba máy cào cặn chuyển động bằng dây xích. Chiều dài bể lắng L = 105 m.

Thời gian lưu nước T = 2 giờ 6 phút.

Tải trọng bề mặt  $u_0 = 0,53 \text{ mm/s} = 1,9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ .

*Vùng phân phối nước vào:*

Hiệu quả lắng phụ thuộc rất nhiều vào kết quả làm việc của bể tạo bông cặn, mương hoặc ống dẫn nước từ bể tạo bông cặn sang bể lắng làm sao để không phá vỡ bông cặn đồng thời không để bông cặn lắng xuống đáy mương dẫn và phân phối càng gần bể lắng càng tốt, vận tốc trong mương  $v = 0,3\text{m/s}$ . Để đảm bảo phân phối đều nước vào hai bể lắng, mỗi bể đặt 6 cửa lấy nước từ mương dẫn chung vào, cửa lấy nước đặt van bướm để điều chỉnh lưu lượng và tổn thất áp lực qua cửa. Tổn thất áp lực qua cửa thu h chọn lớn hơn hoặc bằng  $0,01\text{m}$ . Đảm bảo phân phối đều qua 12 cửa theo nguyên tắc phân phối trở lực lớn (xem chương 8). Cửa thu  $\Phi 600\text{mm}$ . Vận tốc qua cửa

$$v = \frac{Q}{\sum F} = \frac{2\text{m}^3/\text{s}}{12 \times \frac{\pi d^2}{4}} = 0,708\text{m/s};$$

$$h = \xi \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,708^2}{19,6} = 0,025\text{m}$$

đảm bảo phân phối đều nước từ mương chung vào 12 cửa. Cách cửa thu  $1,5\text{m}$ . Đặt tám chấn khoan lỗ  $\Phi 120\text{mm}$ . Phân phối đều nước trên toàn mặt cắt ngang của mỗi bể lắng.

Vận tốc qua lỗ từ  $0,2-0,3\text{m/s}$ . Chọn  $v_{lỗ} = 0,23\text{m/s}$ . Tổng diện tích lỗ cần thiết trên hai tường chấn:

$$\sum f_{lỗ} = \frac{Q}{v} = \frac{2}{0,23} = 8,7\text{m}^2.$$

Tổng số lỗ cần thiết

$$n = \frac{\sum f}{f} = \frac{8,7 \times 4}{3,14(0,12)^2} = 770 \text{ lỗ}.$$

Các lỗ bố trí cách nhau  $0,4\text{m}$  theo chiều ngang và  $0,45\text{m}$  theo chiều dọc, do đó tổng số lỗ lấy là  $780$  lỗ. Vận tốc qua lỗ còn lại  $v = 0,227\text{m/s}$ .

Tổn thất qua lỗ

$$h = 1 \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{0,227^2}{19,6} = 0,0053\text{m}.$$

*Máng thu nước đã lắng:*

Tổng chiều dài máng cần thiết tính theo (6.21)

$$L > \frac{Q}{5H \times u_0} = \frac{2}{5 \times 4 \times 0,0053} = 188,6\text{m} \sim 200\text{m}.$$

Tổng chiều dài máng một bể là  $\frac{200}{2} = 100\text{m}$ .

Mỗi ngăn đặt hai máng, khoảng cách tim máng  $3,0\text{m}$ , hai máng ngoài cách tường ngăn  $\frac{3}{2} = 1,5\text{m}$ . Cả hai bể lắng có 12 máng thu.

$$\text{Chiều dài mỗi máng } l = \frac{100}{6} = 16,6 \text{ m.}$$

Kiểm tra tải trọng thu nước trên 1 m dài mép máng:

$$q = \frac{Q}{2L} = \frac{2000}{2 \times 200} = 5 \text{ l/s.m dài, quá lớn.}$$

Chọn tải trọng thu nước trên 1 m dài mép máng  $q = 3 \text{ l/s. m dài}$

Tổng chiều dài mép máng:

$$\sum l = \frac{Q}{q} = \frac{2000}{3} = 666,7 \text{ m.}$$

Tổng chiều dài máng

$$L = \frac{\sum l}{2} = \frac{666,7}{2} = 333,3 \text{ m.}$$

Mỗi bể đặt sáu máng, chiều dài mỗi máng là  $l = \frac{500}{2 \times 6} = 41,7 \text{ m.}$

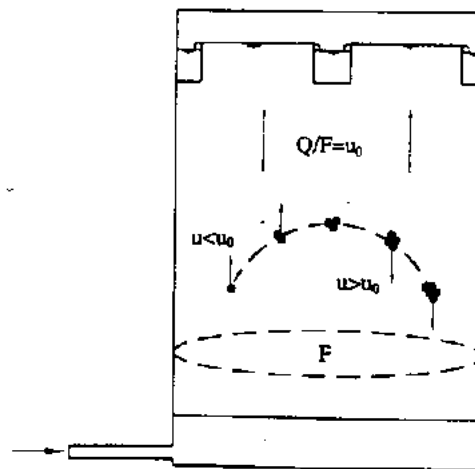
Hai bên mép máng gắn tám điều chỉnh chiều cao mép máng bằng inox xẻ rãnh chữ V, mỗi m dài 5 chữ V, có chiều cao 6cm cách nhau 20cm.

### 6.3.3 Lắng cặn keo tụ trong bể lắng đứng

Trong bể lắng đứng, nước chuyển động theo phương thẳng đứng từ dưới lên, ngược chiều với hướng rơi của các hạt cặn lắng. Nếu gọi tốc độ của dòng nước đi lên là  $u_0 = \frac{Q}{F}$  (hình 6.26) thì chỉ có các hạt cặn có tốc độ lắng  $u > u_0$  mới

lắng được xuống đáy bể, còn các hạt có  $u \leq u_0$  thì lơ lửng và bị dòng nước cuốn ra ngoài. Khi lắng các hạt cặn không có khả năng keo tụ, hiệu quả lắng có trị số đúng bằng tỷ lệ tính theo phần trăm của trọng lượng các hạt lớn  $u > u_0$  trên tổng số trọng lượng các loại hạt cặn có trong nước, hiệu quả lắng thấp, vì thế không dùng bể lắng đứng để lắng các hạt cặn tụ do không có khả năng keo tụ.

Trong trường hợp lắng các hạt cặn keo tụ. Hiệu quả lắng đạt cao hơn, ban đầu các hạt có tốc độ lắng nhỏ hơn tốc độ dòng nước ( $u < u_0$ ) sẽ bị đẩy dần lên, trong quá trình đi lên,



Hình 6.26. Sơ đồ lắng đứng các hạt cặn keo tụ

các hạt cặn va chạm và dính kết với nhau, tăng dần kích thước, cho đến khi có tốc độ lắng lớn hơn tốc độ dòng nước đi lên thì rơi xuống đáy bể.

Như vậy khi lắng các hạt cặn keo tụ trong bể lắng đứng, hiệu quả lắng không chỉ phụ thuộc vào diện tích bề mặt bể  $Q/F$  mà còn phụ thuộc vào chiều cao lắng  $H$  và thời gian lưu nước trong bể  $T$ .

Bể lắng đứng: bể lắng đứng thường được xây dựng kết hợp với ngăn phản ứng tạo bông cặn đặt ở giữa. Bể có cấu tạo gồm 4 vùng: vùng phân phối nước vào, vùng lắng, vùng thu nước ra, vùng chứa cặn (hình 6.27).

Diện tích bề mặt bể lắng đứng xác định theo công thức:

$$F = \alpha \frac{Q}{u_0} \quad (6.26)$$

trong đó:  $Q$ - lưu lượng nước đưa vào bể lắng ( $m^3/s$ );

$u_0$ - tốc độ lắng của hạt cặn ( $m/s$ ),  $u_0$  tra theo biểu đồ đường cong lắng theo hiệu quả lắng  $R\%$  mong muốn. Khi không có số liệu có thể chọn  $u_0$  từ 0,0022 đến 0,0007  $m/s$ ;

$\alpha$ - hệ số dự phòng kể đến việc phân phối nước không đều trên toàn bộ mặt cắt ngang của bể. Giá trị của hệ số  $\alpha$  phụ thuộc vào tỷ số giữa đường kính và chiều cao vùng lắng.

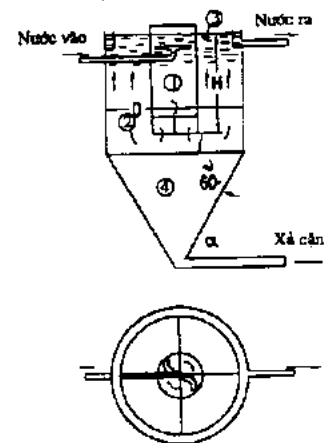
D/H	1	1,5	2	2,5
$\alpha$	1,3	1,5	1,75	2

Bề mặt bể lắng đứng có thể là hình tròn hoặc hình vuông, thời gian lưu nước trong bể từ 2 - 3 giờ.

Chiều cao vùng lắng  $H$  chọn phụ thuộc vào sơ đồ cao trình thủy lực của các công trình trong dây chuyền xử lý thường từ 3 - 5 m.

Nếu bể xây dựng kết hợp với ngăn phản ứng đặt ở giữa, đường kính bể tính theo công thức:

$$D = \sqrt{\frac{4(F_0 + f)}{\pi}} \quad (m),$$



Hình 6.27. Sơ đồ cấu tạo bể lắng đứng  
1- bể phản ứng tạo bông cặn và vùng phân phối nước vào; 2- vùng lắng; 3- vùng thu nước ra; 4- vùng thu cặn.

trong đó:  $F_c$ - diện tích vùng lắng tính theo công thức (6.26);

$f$  - diện tích bề mặt ngăn phản ứng ( $m^2$ )

Phần đáy thu cặn của bể lắng đứng cấu tạo dạng hình côn nếu bể là hình tròn và dạng hình chóp nếu bể là hình vuông. Góc của tường nghiêng phần hình chóp so với phương nằm ngang  $\alpha$  chọn  $\geq 60^\circ$ , để có thể xả cặn bằng thủy lực.

- Máng thu nước đặt theo chu vi bể và các máng hình nan quạt tải trọng thu từ 1,5 - 3l/s.m dài mép máng
- Xả cặn bằng độ chênh áp lực thủy tĩnh giữa mực nước trong bể và mực nước ở miệng xả của ống tháo cặn ra ngoài. Đường kính ống tháo cặn tính theo lưu lượng xả  $q = W/T$ .

$T$  - thời gian xả cặn thường chọn 3 – 5 phút, vận tốc xả tính theo chênh lệch mực nước  $\Delta H$ . Ống xả cặn không được nhỏ hơn 100mm.

Thời gian giữa hai lần xả cặn tính theo công thức:

$$T = \frac{\delta_c W}{Q(M_o - M)}, \text{ (h)}, \quad (6.28)$$

trong đó:  $W$  - thể tích vùng chứa cặn ( $m^3$ ) theo cấu tạo bể;

$\delta_c$  - nồng độ cặn chọn theo bảng (6.2);

$Q$  - lưu lượng nước vào bể ( $m^3/h$ );

$M_o$  - nồng độ cặn trong nước đi vào bể ( $g/m^3$ );

$M$  - hàm lượng cặn còn lại trong nước khi ra khỏi bể lấy 8 - 10  $g/m^3$ .

Do khó khăn trong việc phân phối đều nước theo mặt cắt ngang của bể nên bể lắng đứng chỉ áp dụng cho các trạm xử lý có công suất nhỏ hơn hoặc bằng 2000  $m^3/ng.đ$ .

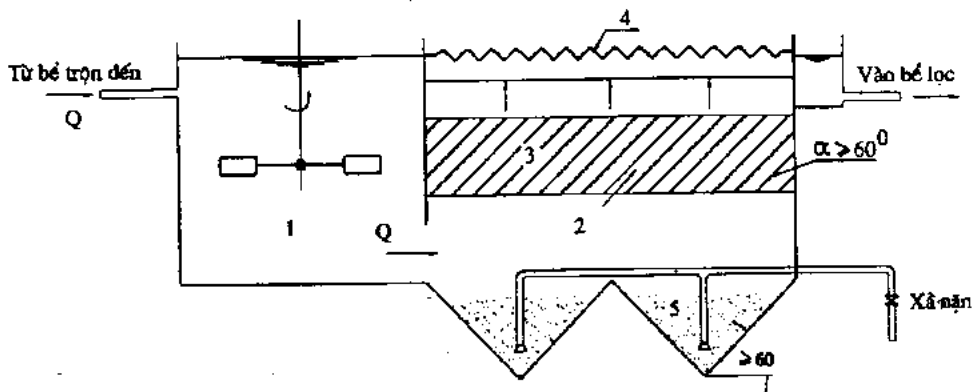
#### 6.3.4. Bể lắng lớp mỏng, lắng trong các ống hình trụ đặt nghiêng

Hiệu quả của quá trình lắng (như đã nghiên cứu ở các mục trước) phụ thuộc vào diện tích bề mặt lắng  $F$ , phụ thuộc vào chế độ thủy lực của dòng chảy. Bể cho hiệu quả lắng cao nhất khi chế độ chảy tầng  $Re < Re$  giới hạn và dòng ổn định  $Fr > 10^5$ .

Bằng cách đưa vào vùng lắng của bể lắng ngang các ô lắng hình trụ đặt nghiêng một góc  $60^\circ$  so với phương ngang (hình 6.28) làm tăng diện tích bề mặt đáy bể lắng (cặn lắng chạm đáy hình trụ, trượt theo đáy có góc nghiêng  $60^\circ$  xuống vùng thu cặn của bể). Nước trong đi lên vùng thu nước chảy vào



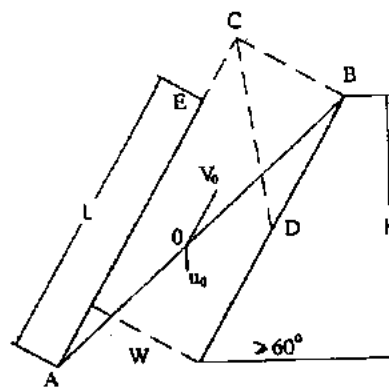
máng thu đưa ra ngoài, chế độ nước chảy trong các ống hình trụ luôn là chế độ chảy tầng  $Re < 2000$  và dòng luôn ở trạng thái ổn định  $Fr > 10^5$ .



Hình 6.28. Sơ đồ cấu tạo bể lắng lớp mỏng có các ống lắng hình trụ đặt nghiêng  $60^\circ$   
 1- bể phản ứng tạo bông cặn; 2- vùng phân phối nước;  
 3- vùng đặt các ống lắng diện tích  $F$ ; 4- máng rãnh cửa thu nước;  
 5- vùng thu cặn và xả cặn.

Chế độ thủy lực của quá trình lắng trong các ống hình trụ thể hiện ở hình (6.29).

Trong ống lắng, nước đi từ điểm A với vận tốc  $v_0$  đến điểm C, còn hạt cặn có vận tốc lắng  $u_0$  phải rơi được quãng đường CD, chạm đáy và trượt theo đáy xuống vùng thu cặn.



Hình 6.29. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của ống lắng đặt nghiêng

$$AC = AE + EC;$$

$$AE = H/\sin\alpha;$$

$$EC = W/\text{tg } \alpha;$$

$$AC = \frac{H}{\sin \alpha} + \frac{W}{\text{tg} \alpha} = v_0 \cdot T;$$

$$CD = \frac{W}{\cos \alpha} = u_0 \cdot T;$$

$$\frac{u_0 \cdot T}{v_0 \cdot T} = \frac{W \sin \alpha}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha}$$

Diện tích mặt bằng của bể lắng nghiêng là  $F$ . Diện tích tiết diện vuông góc với hướng nước chảy trong ống là  $F \cdot \sin \alpha$  vận tốc nước chảy trong ống lắng

$$v_0 = \frac{Q}{F \sin \alpha}, \text{ thay } v_0 \text{ vào phương trình trên rút ra:}$$

$$u_0 = \frac{Q}{F} \times \frac{W}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha} \quad (6.29)$$

Từ công thức (6.29), nếu chọn các ống lắng hình trụ vuông có cạnh là  $W = 0,1\text{m}$  hoặc tròn có đường kính  $W = 0,1\text{m}$ ,  $H = 1\text{m}$ ,  $\alpha = 60^\circ$  thì:

$$u_0 = \frac{Q}{F} \times \frac{0,1}{1,0,5 + 0,1,0,5^2} = 0,19 \cdot \frac{Q}{F}$$

Như vậy khi đặt ống lắng nghiêng vào bể lắng ngang diện tích mặt bằng chỉ cần 0,19 lần diện tích bể lắng ngang thường hay diện tích bể lắng đã giảm đi  $1/0,19 = 5,26$  lần.

Khó khăn về mặt kỹ thuật đối với bể lắng lớp mỏng (lamella) là khối ống hình trụ đặt trong bể lắng dễ bị xô, cong vênh nếu các dàn đỡ không thật chắc chắn, việc xả, rửa cặn từ các ống lắng hình trụ đặt nghiêng còn chưa được nghiên cứu kỹ, các chỉ số quản lý còn chưa được công bố nhiều, do vậy cần phải nghiên cứu tiếp để hoàn thiện loại bể lắng này.

#### Vi dụ tính toán:

Tính toán thiết kế bể lắng nghiêng cho nhà máy nước công suất  $20000 \text{ m}^3/\text{ng}$ .

Trong bể lắng đặt các ống lắng hình trụ vuông cạnh  $0,05 \times 0,05\text{m}$ , chiều dài ống lắng  $l = 1\text{m}$ , đặt nghiêng  $60^\circ$ , chiều cao khối trụ lắng  $H = l \cdot \sin \alpha = 1 \times 0,867 = 0,867\text{m}$ .

Vận tốc lắng  $u_0 = 0,25 \text{ mm/s}$ .

*Xác định:* - Số bể lắng.

- Kích thước bể lắng.
- Máng thu nước ra.
- Thời gian xả cặn.

#### *Giải:*

Công suất nước đi vào bể lắng:

$$Q_L = \alpha \cdot Q = 1,05 \times 20000 \text{ m}^3/\text{ng} = 21000 \text{ m}^3/\text{ng} = 0,243 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tính diện tích mặt bằng cần thiết của bể lắng áp dụng công thức (6.29).

$$u_0 = \frac{Q}{F} \cdot \frac{W}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha}$$

trong đó:  $u_0$  - tốc độ lắng của hạt,  $u_0 = 0,25 \text{ mm/s} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ;

$W = 0,05\text{m}$ ;  $H = 0,867\text{m}$ ;  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\cos \alpha = 0,5$ ;

$$F = \frac{Q}{u_0} \cdot \frac{W}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha}$$

$$F = \frac{0,243}{2,5 \times 10^{-4}} \cdot \frac{0,05}{0,867 \times 0,5 + 0,05 \times 0,5^2} = 972 \times 0,112 = 109 \text{ m}^2 \sim 110 \text{ m}^2$$

Trong nhà máy xây dựng hai bể lắng. Diện tích mặt bằng một bể  $F_1 = 55 \text{ m}^2$ . Chọn chiều rộng một bể  $6\text{m}$ , chiều dài  $L_1 = 55/6 = 9,16\text{m}$ . Lấy  $10 \text{ m}$ .

Diện tích thực tế của bể lắng  $F_1 = 6 \times 10 = 60 \text{ m}^2$ .

- Tốc độ  $u_o$ , của các hạt:

$$u_o = \frac{Q}{F} \cdot 0,112 = \frac{0,243}{2 \times 60} \cdot 0,112 = 2,27 \cdot 10^{-4} \text{ m/s.}$$

- Vận tốc nước chảy trong ống lắng:

$$v_o = \frac{Q}{F \cdot \sin \alpha} = \frac{0,243}{2 \times 60 \times 0,867} = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ m/s,}$$

ở nhiệt độ  $10^\circ\text{C}$ ,  $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$ ;  $Re = \frac{v_o \cdot R}{\nu}$ ;

$$R = \frac{0,05 \times 0,05}{4 \times 0,05} = 0,0125 \text{ m.}$$

$$Re = \frac{2,34 \cdot 10^{-3} \times 1,25 \cdot 10^{-2}}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 22,3 < 200.$$

Nước trong ống lắng chuyển động theo chế độ chảy tầng.

- Chuẩn số Froude:

$$Fr = \frac{v_o^2}{g \cdot R} = \frac{(2,34 \cdot 10^{-3})^2}{9,81 \times 1,25 \cdot 10^{-2}} = 4,4 \cdot 10^{-5} > 10^{-5}.$$

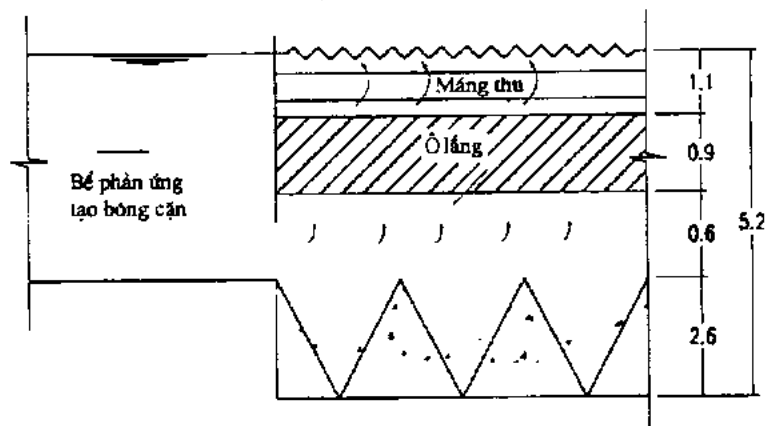
Dòng chảy trong ống lắng là dòng ổn định.

- Tính chiều cao bể lắng:

+ Chiều cao phần nước trong trên các ống lắng  $h_1 = 1,1 \text{ m}$ .

+ Chiều cao đặt ống lắng nghiêng  $h_2 = 0,867 \text{ m}$ .

+ Chiều cao phần không gian phân phối nước dưới các ống lắng nghiêng  $h_3 = 0,6 \text{ m}$ .



Hình 6.30. Sơ đồ chiều cao bể lắng nghiêng

+ Chiều cao phần chứa cặn: cặn thu vào đáy hình chóp có cạnh xiên 1 góc  $60^\circ$  so với phương ngang. Bể có chiều rộng 6m, dài 10m, mỗi bể làm 6 hình chóp thu cặn, cạnh đáy hình chóp  $3 \times 3,3 \text{ m}$ , chiều cao hình chóp  $h_4 = 2,6 \text{ m}$ .

- *Tổng chiều cao bể lắng:*

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 5,167\text{m}, \text{ lấy } H = 5,2\text{m} \text{ (hình 6.30).}$$

Xả cặn bằng thủy lực theo sáu ống tháo từ mỗi chóp chứa cặn.

- *Tổng chiều dài máng:*

Máng thu nước đặt suốt chiều dài bể lắng, tải trọng thu  $q = 2\text{l/s.m}$  dài mép máng, máng thu cả hai phía, tổng chiều dài máng là:

$$L = \frac{Q}{2q} = \frac{0,1215\text{m}^3/\text{s}}{2 \times 0,002\text{m}^3/\text{s}} = 30,75\text{m}.$$

Trong bể đặt ba máng, khoảng cách tim máng  $a_1 = 2,0\text{m}$ .

Tim máng đến tường dọc  $a_2 = 1\text{m}$ .

### 6.3.5. Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng

#### 1. Nguyên tắc hoạt động của bể lắng trong

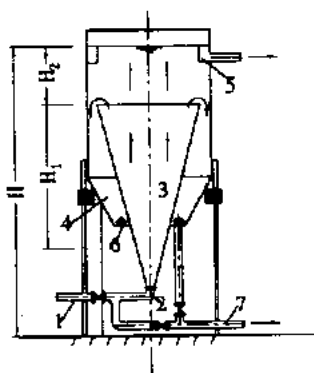
Hiệu quả lắng của bể lắng đứng tăng lên do nước nguồn đã đánh phèn khi chuyển động đi qua lớp cặn lơ lửng ở trong bể. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm và thực tế sản xuất chỉ ra rằng: Nước sau khi trộn với phèn hoặc hóa chất khác tiếp xúc với cặn đã lắng của bể lắng sẽ đẩy nhanh quá trình tạo ra bông cặn của các chất bẩn có trong nước hoặc tăng cường quá trình kết tinh cặn  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{MgO}$  khi làm mềm nước bằng vôi và soda. Các nhà khoa học đã sử dụng kết quả nghiên cứu này để tạo ra nhiều dạng kết cấu của bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng.

Trong thực tế đã sử dụng hai loại kết cấu của bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng.

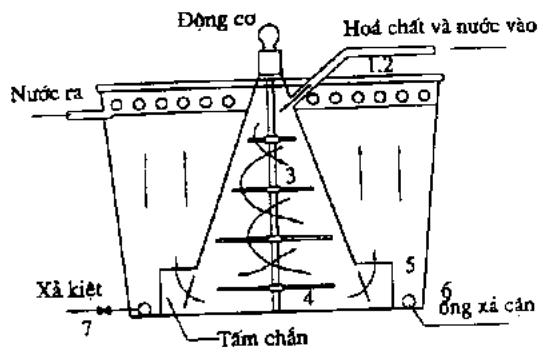
- *Loại thứ nhất:* kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng xảy ra đồng thời. Khi nước chuyển động từ dưới lên trên đi qua lớp cặn với tốc độ đủ lớn để giữ cặn trong tình trạng lơ lửng, nhưng bé hơn tốc độ lắng tự do của từng bông cặn trong môi trường tĩnh, để những bông cặn này không bị cuốn ra khỏi bể lắng. Hình (6.31) giới thiệu sơ đồ hoạt động của bể loại thứ nhất.

Sơ đồ bể lắng trong có đáy loe hình côn (hình 6.31). Nước sau khi trộn phèn hoặc các hóa chất khác cho đi qua ngăn tách khí đặt trước bể lắng rồi theo ống (1) đi vào phần đáy dưới côn loe (2). Trong côn loe nước chuyển động từ dưới lên trên với tiết diện dòng chảy mở rộng dần, do đó tốc độ của nước giảm đến trị số cho phép tạo ra ở phần hình côn (3) một lớp cặn lơ lửng. Cặn dư do tích lũy dần dần được tràn qua mép hình côn

rơi xuống ngăn nén cặn (4). Nước trong đi qua lớp nước bảo vệ  $H_2$  nằm phía trên côn loe (3) tập trung vào máng thu (5) rồi chảy sang bể lọc. Cặn được thu bằng ống khoan lỗ (6) từng chu kỳ theo ống dẫn (7) xả ra ngoài.



Hình 6.31. Bể lắng trong có đáy loe hình côn



Hình 6.32. Bể lắng trong có ngăn tạo bông cơ khí đặt ở tâm bể

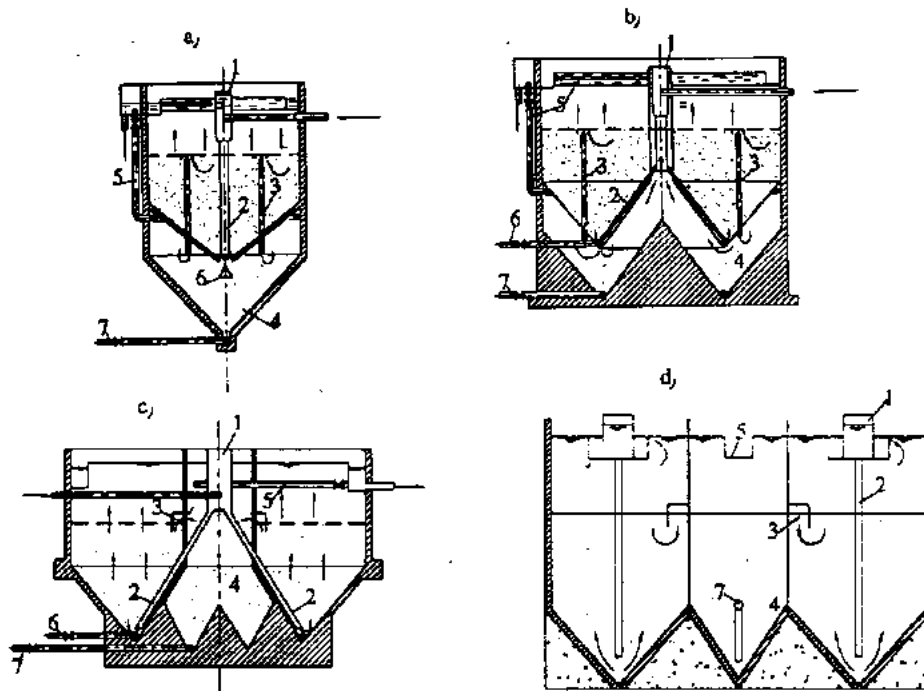
- **Loại thứ hai:** kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng tách rời, ngăn phản ứng đặt ở tâm bể lắng. Hình (6.32) giới thiệu sơ đồ cấu tạo của loại bể thứ hai.

Bể lắng là hình nón cụt dựng trên đáy nhỏ, ở tâm bể lắng có ngăn tạo bông cặn hình nón cụt dựng trên đáy lớn. Nước theo ống (1) đi vào ngăn tạo bông cặn, phèn và hóa chất khác theo ống (2). Trong ngăn tạo bông cặn có hệ thống cánh khuấy (3) để khuấy trộn nước và hóa chất, cánh khuấy (4) để giữ cho các bông cặn lơ lửng ở phần dưới của ngăn tạo bông cặn. Cặn thừa của lớp cặn lơ lửng rơi vào ngăn nén cặn (5), từ đó theo ống dẫn (6) từng chu kỳ tháo ra ngoài. Tháo nước làm khô bể khi cần sửa chữa bằng ống tháo (7).

## 2. Cấu tạo bể lắng trong

- **Loại thứ nhất:** kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng xảy ra đồng thời, ngoài kết cấu dạng đáy loe còn xây dựng bể kiểu hành lang (hình 6.33).

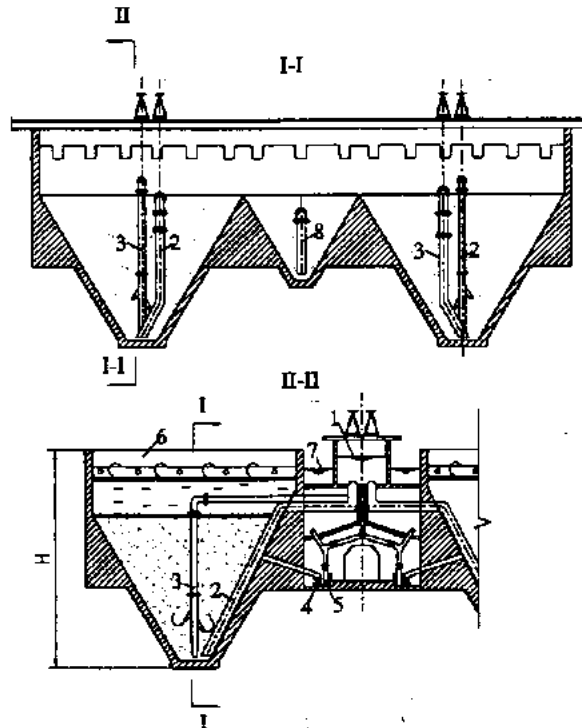
Trên hình (6.34) giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng trong kiểu hành lang của hãng Kendy (Anh).



**Hình 6.33. Bể lắng có quá trình tạo bông cặn và lắng xảy ra đồng thời**

a) Bể hình vuông hoặc tròn có ngăn chứa cặn đặt dưới ngăn lắng trong; b) Bể mặt bằng hình chữ nhật có ngăn chứa cặn đặt dưới ngăn lắng trong; c) Bể hành lang có ống phân phối đặt xiên; d) Bể hành lang có ống phân phối thẳng đứng.

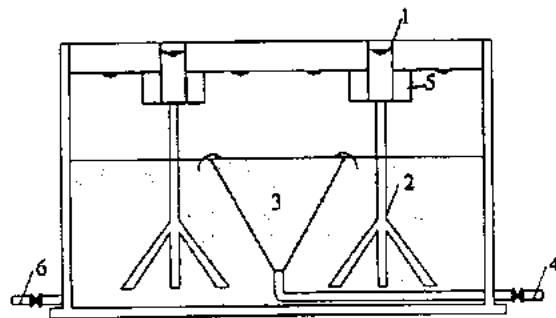
1- máng dẫn nước đồng thời là ngăn tách khí; 2- ống phân phối nước vào bể; 3- ống hay cửa số thu cặn; 4- ngăn chứa và nén cặn; 5- thu nước trong từ ngăn nén cặn; 7- ống tháo cặn.



**Hình 6.34. Sơ đồ cấu tạo bể lắng kiểu hành lang của hãng Kendy (Anh)**

1- máng dẫn nước nguồn kết hợp làm ngăn tách khí; 2- ống xả cặn bể lắng; 3- ống phân phối nước nguồn đã trộn đều với hóa chất; 4- đưa cặn vào ngăn nén cặn; 5- rửa cặn bằng nước; 6- máng thu nước; 7- máng dẫn nước trong sang bể lọc; 8- xả cặn từ ngăn nén cặn ra ngoài.

Trên hình (6.35) giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng trong đáy phẳng do WASE thiết kế đã hoạt động tốt tại nhà máy nước Châu Phú - An Giang từ năm 1994 (công suất 2000 m<sup>3</sup>/ngày). Chỉ tiêu thiết kế giống như bể lắng kiểu hành lang.



**Hình 6.35. Bể lắng trong đáy phẳng**

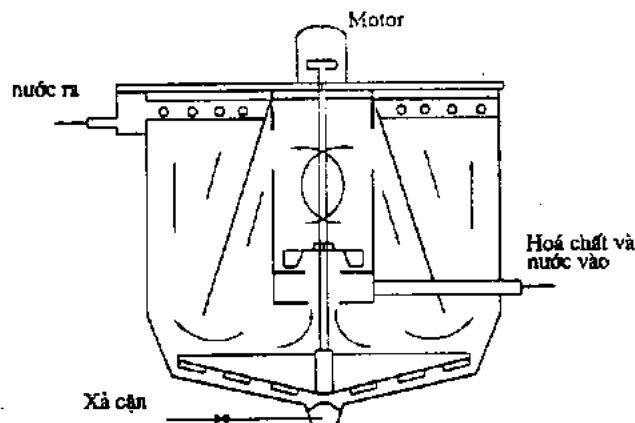
- 1- máng dẫn và lả ngăn tách khí; 2- ống phân phối nước vào; 3- phễu thu và nén cặn; 4- ống xả cặn; 5- máng thu nước trong dẫn sang bể lọc; 6- ống xả kiệt.

Riêng phần thu và nén cặn dùng phễu thu đặt ở giữa bể. Phễu thu hình côn góc tâm nhỏ hơn hoặc bằng 60°. Góc phễu có cao độ bằng mặt trên của lớp cặn lơ lửng, khoảng cách mép phễu đến thành bể  $L_{max} = 2,2m$ . Diện tích đáy phễu ngang mặt lớp cặn lấy bằng 15 - 20% diện tích bể lắng. Khoảng cách các ống phân phối nước nhỏ hơn hoặc bằng 1,2m, tốc độ đi lên của dòng nước  $u_0 = 0,8 - 0,9mm/s$ .

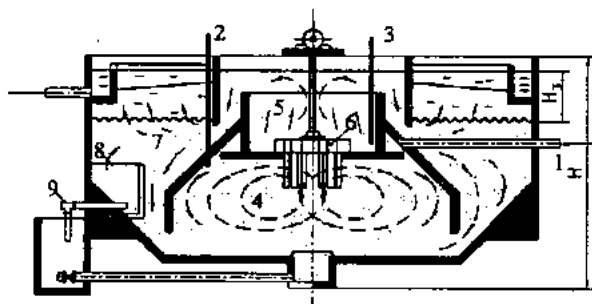
- **Loại thứ hai:** kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng trong tách rời, ngăn phản ứng đặt ở tâm bể ngoài kiểu hình chóp cụt (hình 6.32) còn có nhiều kiểu cấu tạo ngăn phản ứng tạo bông cặn với quá trình tuần hoàn lại cặn. Chỉ tiêu thiết kế:
  - Thời gian phản ứng tạo bông cặn gần bằng 20 phút (dung tích ngăn phản ứng đặt giữa bể lắng tính theo thời gian lưu nước 20 phút).
  - Thời gian lắng trong ngăn lắng từ 1,5 - 2 giờ.
  - Tải trọng bề mặt vùng lắng 2 - 3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h.
  - Tải trọng thu nước  $q = 2 - 3l/s.m$ đài mép máng.
  - Vận tốc nước đi lên ở vùng lắng nhỏ hơn hoặc bằng 0.85mm/s.
  - Lượng nước và cặn tuần hoàn trong vùng phản ứng tạo bông cặn do máy khuấy cơ khí hay ejector tạo ra,  $q_t = 3 + 5$  lần lưu lượng nước thô đi vào bể lắng.

Hình (6.36) giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng trong có ngăn keo tụ và tuần hoàn cặn tách biệt.

- Lưu lượng nước đưa vào bể thay đổi không quá 1% trong 1h.
- Điều chỉnh lưu lượng cần tuần hoàn bằng cách giảm hoặc tăng số vòng quay của máy khuấy. Số lượng bể trong nhà máy chọn sao cho khi ngừng một bể để sửa chữa, vận tốc dòng nước đi lên ở các bể còn lại tăng không quá hai lần lúc làm việc bình thường.

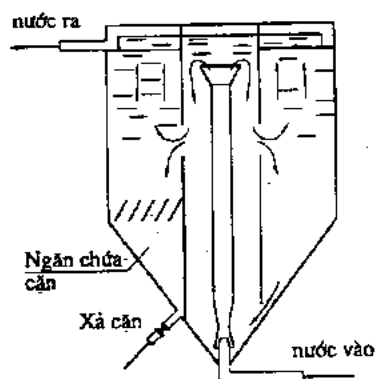


Hình 6.36. Bể lắng có ngăn keo tụ và tuần hoàn cần đặt ở tâm bể



Hình 6.37. Sơ đồ cấu tạo bể lắng accelerator của hãng Inphilco (Mỹ)

1- ống dẫn nước nguồn vào; 2 và 3- ống dẫn dung dịch hóa chất; 4- vùng trộn và phản ứng tạo bông sơ cấp; 5- vùng tạo bông cần; 6- máy khuấy tuần hoàn cần; 7- vùng lắng; 8- ngăn chứa cặn; 9- ống xả cặn.



Hình 6.38. Bể lắng tuần hoàn cần bằng thủy lực

Hình (6.38) giới thiệu cấu tạo bể lắng dùng áp lực nước nguồn qua ejector để tuần hoàn cần. Bể có nhược điểm là không thường xuyên điều chỉnh được cường độ khuấy trộn và tỷ lệ nước tuần hoàn.



### 3. Nguyên lý tính toán bể lắng trong

Bể lắng trong gồm các cơ cấu chính sau: hệ thống để phân phối đều nước theo toàn bộ diện tích bể; vùng cấu tạo bông cặn, lớp cặn lơ lửng, vùng lắng, ngăn nén cặn, hệ thống để thu nước trong ở vùng lắng và ngăn nén cặn, hệ thống xả cặn.

Sau khi ra khỏi hệ thống phân phối, nước đi vào vùng tạo bông cặn của bể lắng. Do kết quả xáo trộn chậm bằng dòng nước đi lên với vận tốc 3 - 10 mm/s những bông cặn nhỏ do phèn tạo ra va chạm và dính kết với cặn bản của nước thành những bông cặn lớn. Khi làm mềm nước ở vùng tạo bông cặn hình thành cặn lắng tinh thể  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Trong một số bể lắng có cấu tạo vùng tạo bông cặn đồng thời là bể trộn và là ngăn tạo bông cặn. Trong trường hợp này hóa chất được đưa thẳng trực tiếp vào vùng tạo bông cặn. Khi tính toán thể tích của vùng tạo bông cặn, tùy theo kết cấu của từng kiểu bể lắng có thể xác định theo thời gian lưu lại của nước trong vùng này từ 5 - 20 phút.

Khi nước chuyển động từ dưới lên trên đi qua lớp cặn lơ lửng, các bông cặn chuyển động hỗn loạn quanh vị trí cân bằng động trong dòng nước đi lên. Nồng độ bông cặn trong lớp cặn lơ lửng càng lớn nếu vận tốc đi lên của dòng nước càng bé và đường kính, trọng lượng riêng của hạt cặn càng lớn. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng: Nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng tỷ lệ nghịch với vận tốc đi lên của dòng nước:

$$C = \frac{K}{v^a} \quad (6.30)$$

trong đó: C- nồng độ trung bình của cặn rắn trong lớp cặn lơ lửng ( $\text{g/m}^3$ ):

K- hệ số giãn nở của cặn, phụ thuộc vào kích thước và trọng lượng riêng của bông cặn;

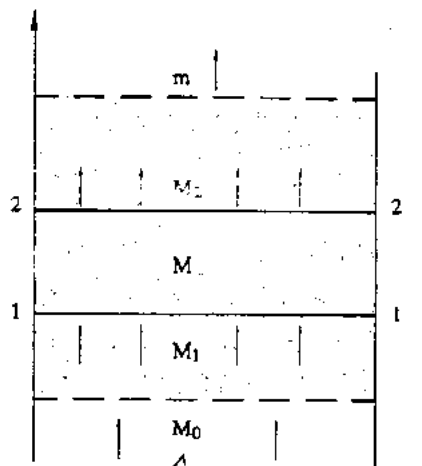
v - tốc độ đi lên của dòng nước (m/h);

a - hệ số mũ.

Trị số của hệ số mũ a theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của các nhà khoa học Xô Viết có thể lấy trung bình bằng 1.

Trị số của hệ số giãn nở K thay đổi trong giới hạn rộng : từ 0,8  $\text{gam/m}^3 \cdot \text{h}$  đối với trường hợp xử lý nước có màu và độ đục thấp cho đến 30  $\text{gam/m}^3 \cdot \text{h}$  đối với nước có độ đục cao. Khi chuyển động cùng với dòng nước qua lớp cặn lơ lửng, những bông cặn bé do phèn tạo ra và cặn bản của nước va chạm và dính kết với các bông cặn to của lớp cặn lơ lửng và bị giữ lại ở lớp cặn lơ lửng. Rõ ràng là nồng độ của các bông cặn trong lớp cặn lơ lửng càng lớn thì xác suất va

chạm và dính kết các bông cặn nhỏ trong nước càng lớn, nghĩa là tốc độ giảm lượng cặn bản trong nước tỷ lệ thuận với nồng độ bông cặn  $C$  trong lớp cặn lơ lửng. Mặt khác số bông cặn bé trong nước càng nhiều thì khả năng va chạm với các bông cặn của lớp cặn lơ lửng cũng càng lớn tức khả năng giữ cặn bản tỷ lệ thuận với hàm lượng cặn  $M$  của nước xử lý, ngoài ra lớp cặn lơ lửng càng dày, khả năng giữ cặn bản càng cao. Từ hình (6.39) ta có : nước nguồn tại mặt cắt 1 - 1 có nồng độ cặn  $M_1$ , sau khi đi qua lớp cặn lơ lửng chiều dày  $\Delta H$  giảm xuống  $M_2$  tại mặt cắt 2 - 2.



Hình 6.39. Sơ đồ tính toán hiệu quả lắng của lớp cặn lơ lửng

Ta có thể viết phương trình sau :

$$(M_2 - M_1) = \gamma C \cdot M \Delta H.$$

Nếu chiều dày lớp cặn lơ lửng  $dH$  là vô cùng bé và giá trị  $M_2 < M_1$ :

$$-dM = \gamma C \cdot M dH. \quad (6.32)$$

Tích phân hai vế phương trình (6.32) :

$$\int_{M_0}^m \frac{dM}{M} = -\gamma C \int_0^H dH. \quad (6.33)$$

Khi vận tốc đi lên của dòng nước không đổi thì nồng độ bông cặn  $C$  trong lớp cặn lơ lửng sẽ không thay đổi theo toàn bộ chiều cao  $H$  nên:

$$\ln \frac{m}{M_C} = -\gamma C H;$$

$$m = M_C e^{-\gamma C H}, \quad (6.35)$$

trong đó:  $m$  - hàm lượng cặn còn lại trong nước khi ra khỏi bể lắng (mg/l);

$M_C$  - hàm lượng cặn lớn nhất trong nước đưa vào bể lắng (mg/l),

$M_C$  tính theo công thức (6.23);

$\gamma$  - hệ số đặc trưng cho tính chất và khả năng dính kết của cặn.

Căn cứ vào kết quả nghiên cứu thực nghiệm sơ bộ có thể lấy  $\gamma = 0,004$  khi xử lý nước đục và  $\gamma = 0,008$  khi xử lý nước có màu, độ đục thấp;

$H$  - chiều cao lớp cặn lơ lửng trong bể lắng (m).

Trị số nồng độ cặn  $C$  trong lớp cặn lơ lửng của bể lắng (theo công thức 6.30) phụ thuộc vào vận tốc đi lên của dòng nước. Thay giá trị nồng độ  $C$  từ phương trình (6.30) với  $a = 1$  vào phương trình (6.34) và (6.35) ta có:

$$\ln \frac{m}{M_C} = -\gamma \frac{K}{v} H. \quad (6.36)$$

Hay  $m = M_C e^{-\gamma K H / v} \quad (6.37)$

Chiều cao lớp cặn lơ lửng  $H$  cần thiết để đảm bảo hiệu quả lắng cho trước được tính từ công thức (6.37)

$$H = -\frac{v}{\gamma K} \ln \frac{m}{M_C} = -\frac{2,3v}{\gamma K} \lg \frac{m}{M_C} \quad (6.38)$$

Việc xác định bằng thực nghiệm hệ số giãn nở của cặn  $K$  và hệ số dính kết  $\gamma$  rất khó khăn bởi vì các hệ số này liên hệ với nhau và ảnh hưởng lẫn nhau nên trong thí nghiệm không thể xác định tách riêng chúng được. Để dễ dàng hơn thường xác định bằng thực nghiệm nồng độ chuẩn của lớp cặn lơ lửng  $C_0$  theo vận tốc chuẩn  $v_0$  của dòng nước đi lên khi nhiệt độ nước cố định (ví dụ : khi tốc độ đi lên của dòng nước  $v_0 = 3,6\text{m/h}$  ( $1 \text{ mm/s}$ ) nhiệt độ nước  $t^\circ = 20^\circ$ ). Nếu như biết nồng độ chuẩn  $C_0$  và vận tốc chuẩn  $v_0$  theo công thức (6.30) với  $a = 1$ :

$$K = C_0 \cdot v_0$$

hay  $C = \frac{K}{v}$ ;

$$C = \frac{C_0 \cdot v_0}{v} = \frac{C_0}{v} = \frac{C_0}{v_0}$$

Tỷ số  $\frac{v}{v_0} = v$  là trị số không thứ nguyên, biểu thị tỷ số giữa vận tốc thực trong bể lắng và vận tốc chuẩn  $v_0$  khi thí nghiệm.

Thay trị số  $K$  vào công thức (6.37) và (6.38) ta có :

$$m = M_C e^{-\gamma H C_0 v} \quad (6.41)$$

và  $H = \frac{-2,3v_0}{\gamma C_0} \lg \frac{m}{M_C} \quad (6.42)$

Khi bể lắng làm việc lớp cặn lơ lửng giữ lại các cặn bản của nước, do đó lượng cặn trong lớp lơ lửng không ngừng tăng lên. Khi tốc độ đi lên của dòng nước cố định tức nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng không thay đổi thì chiều dày

của lớp cặn lơ lửng không ngừng tăng lên. Để tránh việc lôi cặn từ lớp lơ lửng vào máng thu nước trong, phải liên tục hoặc theo từng chu kỳ rút bớt cặn lơ lửng vào ngăn nén cặn để giữ chiều dày H không đổi. Lượng nước cùng với cặn cần rút ra khỏi vùng lắng xác định theo phương trình cân bằng cặn. Nếu hàm lượng cặn trong nước cho vào bể lắng là  $M_c$  ( $g/m^3$ ) hàm lượng cặn còn lại trong nước khi ra khỏi bể lắng là  $m$  ( $g/m^3$ ) thì số lượng cặn được giữ lại nhờ lớp cặn lơ lửng trong bể lắng sẽ là:

$$Q(M_c - m) = QM, \quad (g/h), \quad (6.43)$$

trong đó: Q - lưu lượng nước đi qua bể lắng ( $m^3/h$ );

M - số lượng cặn được giữ lại ( $g/m^3$ ).

Theo kết quả xác định nhiều lần trong thực tế và phòng thí nghiệm thì nồng độ cặn của lớp cặn lơ lửng thay đổi rất ít theo chiều cao và khi tốc độ đi lên của dòng nước cố định có thể coi là không đổi và bằng C ( $g/m^3$ ) (hình 6.40). Do đó ta có phương trình cân bằng cặn :

$$QM = Cq, \quad (6.44)$$

trong đó: q - lưu lượng nước cùng với cặn cần rút từ ngăn lắng sang ngăn nén cặn ( $m^3/h$ ).

$$\text{Vi:} \quad C = \frac{C_o}{v_*} \quad (6.45)$$

$$\text{và} \quad QM = \frac{C_o}{v_*} q \quad (6.46)$$

$$\text{nên ta có:} \quad q = \frac{QMv_*}{C_o} \quad (6.47)$$

Rõ ràng trị số  $\frac{Q-q}{Q} = K_p$  là hệ số phân phối nước giữa vùng lắng và ngăn nén cặn; và như vậy thì  $Q.K_p$  là lưu lượng nước đi qua vùng lắng, còn  $(1 - K_p)Q$  là lưu lượng nước cùng với cặn được rút sang ngăn nén cặn.

$$K_p = 1 - \frac{Mv_*}{C_o}; \quad (6.48)$$

$$1 - K_p = \frac{q}{Q} = \frac{Mv_*}{C_o} \quad (6.49)$$

Lưu lượng nước cùng với cặn thực tế phải rút từ ngăn lắng vào ngăn nén cặn là :

$$Q(1 - K_p) \cdot \varphi = \frac{Mv \cdot \varphi}{C_o} Q, \quad (6.50)$$

trong đó:  $\varphi$  - hệ số tính đến khả năng cuốn theo một số nước trong từ vùng lắng vào ngăn nén cặn, thường lấy  $\varphi = 1,15 - 1,2$ .

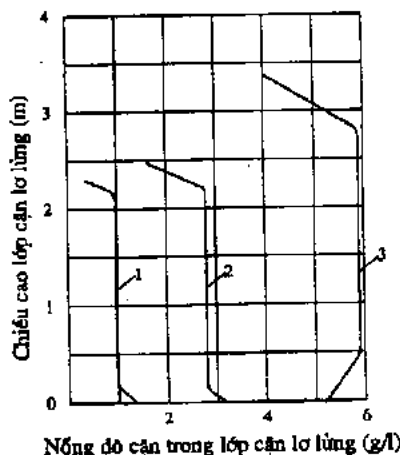
Diện tích vùng lắng cần thiết xác định theo công thức :

$$F_1 = \left(1 - \frac{Mv \cdot \varphi}{C_o}\right) \frac{Q_{\text{tính}}}{v_{\text{tính}}}, \quad (\text{m}^2). \quad (6.51)$$

Diện tích ngăn nén cặn :

$$F_2 = \varphi \frac{Mv \cdot \varphi}{C_o} \frac{Q_{\text{tính}}}{v_{\text{tính}}}, \quad (\text{m}^2). \quad (6.52)$$

trong đó:  $v_{\text{tính}}$  - vận tốc tính toán của dòng nước đi lên trong vùng lắng (m/h).



**Hình 6.40.** Biểu đồ thể hiện sự thay đổi nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng theo chiều cao từ kết quả thực nghiệm  
 Đường cong 1: làm mềm nước bằng vôi;  
 Đường cong 2: lắng nước có độ đục 511 mg/l;  
 Đường cong 3: lắng nước có độ đục 47 mg/l.

#### 4. Xác định các thông số tính toán bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng bằng thực nghiệm

Để tính toán công nghệ bể lắng trong cần phải biết lưu lượng tính toán, hàm lượng cặn cho phép của nước khi ra khỏi bể lắng, vận tốc cho phép của dòng nước đi lên trong vùng lắng, nồng độ chuẩn của cặn trong lớp lơ lửng, và động học của quá trình nén cặn.

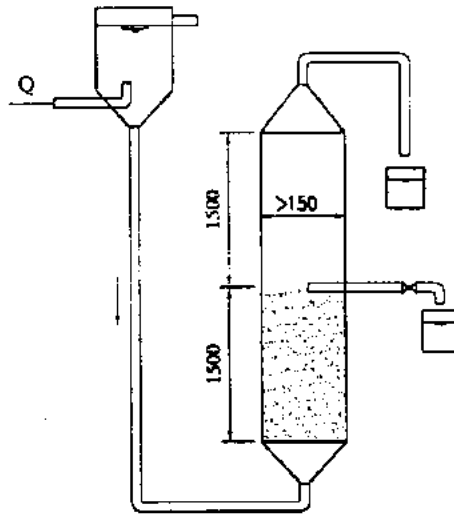
Khi tính toán thiết kế bể lắng trong, hai thông số đầu được cho trước, các thông số còn lại xác định bằng thực nghiệm tại nguồn nước, hoặc xác định bằng tài liệu quản lý bể lắng làm việc trong điều kiện tương tự.

Việc xác định bằng thực nghiệm các thông số đặc trưng cho cặn cần phải tiến hành khi nước có hàm lượng cặn cao nhất (mùa lũ) và thấp nhất (mùa khô),

mỗi thời kỳ phải xác định : hàm lượng cặn của nước trước khi vào bể lắng  $M_c$  (mg/l) khi đã trộn với liều lượng phèn tối ưu. Nồng độ chuẩn của lớp cặn lơ lửng  $C_o$  (g/m<sup>3</sup>). Theo tốc độ chuẩn  $v_o = 1$  mm/s đối với nước đục và  $v_o = 0,5$  mm/s (1,8 m/h) đối với nước có màu. Tốc độ cho phép lớn nhất của dòng nước đi lên trong bể lắng.

Xác định vận tốc tính toán của dòng nước đi lên trong bể lắng và nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng tiến hành trên mô hình bể lắng trong có đường kính không bé hơn 150 mm và chiều cao bằng 300 mm.

Mô hình là ống thủy tinh hữu cơ hoặc thủy tinh thường (hình 6.41) đầu dưới và đầu trên hình côn có lắp ống để dẫn nước vào và thu nước trong ra khỏi mô hình. Giữa mô hình lắp ống có vòi để rút cặn thừa ở lớp cặn lơ lửng. Đầu tiên tiến hành keo tụ thử để xác định liều lượng tối ưu của phèn.



Hình 6.41. Sơ đồ mô hình để xác định thông số tính toán bể lắng trong

Dung dịch phèn 0,1% định lượng vào bể trộn.

Từ bể trộn nước được rót vào phễu đặt cao hơn đầu ra của ống thu nước 500 mm.

Từ phễu nước theo ống cao su đi vào đáy dưới của mô hình. Phễu đồng thời làm nhiệm vụ của ngăn tách khí. Trong thời kỳ đầu để tạo ra lớp cặn lơ lửng, cho mô hình làm việc với tốc độ đi lên của dòng nước 0,3 - 0,5 mm/s. Khi chiều cao của lớp cặn lơ lửng trong mô hình đạt được 100 cm bắt đầu tăng dần vận tốc đi lên của dòng nước (tăng từ từ vận tốc, đảm bảo trong vòng 10 phút tăng không quá 0,1 mm/s khi xử lý nước có màu). Để mô hình làm việc với vận tốc  $v_o = 1$  mm/s cho đến khi chiều cao của lớp cặn lơ lửng vượt quá ống rút cặn 300 - 400 mm. Lúc đó mở từ từ vòi thu cặn sao cho lưu lượng nước và cặn chảy qua vòi không lớn hơn 150 - 200 ml trong một phút. Thu liên tục năm mẫu nước và cặn, thể tích mỗi mẫu 100 ml với thời gian lấy mẫu cách nhau 10 phút, sau đó xác định hàm lượng cặn trong mỗi mẫu. Giá trị trung bình hàm lượng cặn của các mẫu này là nồng độ chuẩn  $C_o$  của cặn trong lớp lơ lửng. Đồng thời thu mẫu nước trong ở đỉnh mô hình. Nếu hàm lượng cặn

trong mẫu nhỏ hơn 8 mg/l thì tiếp tục tăng một cách dần dần vận tốc của dòng nước đi lên trong mô hình cho đến khi hàm lượng cặn trong mẫu nước trong đạt đến trị số  $m = 8 \div 10$  mg/l.

Tốc độ lớn nhất của dòng nước đi lên trong mô hình khi hàm lượng cặn của nước đi ra đạt đến trị số 8 - 10 mg/l là vận tốc giới hạn  $v_{gh}$  của bể lắng trong. Khi biết vận tốc giới hạn, vận tốc tính toán của bể lắng trong tính theo công thức:

$$v = 0,75(v_{gh} - 0,1), \text{ (mm/s)}. \tag{6.53}$$

**Bảng 6.3. Tốc độ tính toán của dòng nước đi lên trong bể lắng và giá trị trung bình của nồng độ chuẩn  $C_0$  của lớp cặn lơ lửng**

Đặc tính của nước nguồn và phương pháp xử lý	Tốc độ đi lên của dòng nước trong vùng lắng		Nồng độ chuẩn $C_0$ của cặn trong lớp cặn lơ lửng (g/m <sup>3</sup> ) khi vận tốc chuẩn $v_0 = 1$ mm/s
	Mùa hè	Mùa đông	
Nước màu có độ đục thấp xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{0.7 - 0.8}{2.5 - 2.8}$	$\frac{0.5 - 0.6}{1.8 - 2.15}$	500 - 1000
Xử lý bằng phèn nhôm có pha thêm axit silixic hoạt hóa	$\frac{0.9 - 1.0}{3.2 - 3.6}$	$\frac{0.8 - 0.9}{2.85 - 3.2}$	600 - 1200
Nước có hàm lượng cặn 100-400 mg/l xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{0.8 - 1.0}{2.85 - 3.6}$	$\frac{0.6 - 0.8}{2.15 - 2.8}$	1000 - 2000
Xử lý bằng phèn nhôm có pha thêm axit silixic hoạt hóa	$\frac{1.0 - 1.1}{3.6 - 4}$	$\frac{0.9 - 1.0}{3.2 - 3.6}$	1200 - 2100
Nước có hàm lượng cặn 400-1000mg/l xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{1.0 - 1.1}{3.6 - 4}$	$\frac{0.8 - 1.0}{2.8 - 3.6}$	1300 - 2500
Nước có độ đục 1000-2500 mg/l xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{1.1 - 1.2}{4 - 4.3}$		2500 - 10.000
Nước có độ cứng magie < 25% độ cứng toàn phần, làm mềm bằng vôi hoặc vôi và soda	$\frac{1.2 - 1.7}{4.3 - 5}$		3000 - 12000
Nước có độ cứng magie > 25% độ cứng toàn phần, làm mềm bằng vôi hoặc vôi và soda	$\frac{1 - 1.1}{3.6 - 4}$		2000 - 6000

Sau khi xác định được vận tốc giới hạn, ngừng đưa nước nguồn vào mô hình, đánh dấu vị trí mặt trên của lớp cặn tại thời điểm ngừng cấp nước để cho cặn lắng và đo chiều cao cặn sau 5, 15, 30, 60 phút và sau 2, 4, 6, 12 và 24 giờ. Hết 24 giờ thí nghiệm lắng cặn, tháo toàn bộ cặn trong mô hình ra để xác định thể tích và nồng độ trọng lượng, xây dựng biểu đồ tương quan giữa trọng lượng, thể tích cặn theo thời gian dùng để tính toán thể tích vùng chứa cặn của bể lắng.

Khi không có khả năng xác định bằng thực nghiệm tại nguồn nước các thông số tính toán, để thiết kế sơ bộ có thể dùng các số liệu ghi ở bảng (6.3) và (6.4).

Để so sánh đánh giá trong bảng (6.4) ghi vận tốc tính toán thực tế của dòng nước đi lên trong các bể lắng trong khác nhau.

**Bảng 6.4. Tốc độ đi lên của nước trong các bể kết cấu khác nhau**

Kết cấu bể lắng	Tốc độ của nước trong vùng lắng (mm/s)			
	Khi lắng trong và khử mầu			Khi làm mềm bằng vôi
	Độ đục thấp	Độ đục trung bình	Độ đục >1000mg/l	
Bể lắng kiểu hành lang ngăn nén cặn thẳng đứng	0,6 - 0,7	0,8 - 0,9	1,1 - 1,2	1,2 - 1,4
Ngăn nén cặn đặt dưới vùng lắng và phân phối nước bằng đáy có lỗ	1-1,1	1,1-1,2	1,2 - 1,6	
Bể lắng hãng "Gre-ver - Mỹ"	0,7 - 0,9	0,9 - 1	1 - 1,4	1 - 2
Bể lắng hãng "Kendi - Anh"	0,5 - 0,85	0,7 - 0,8	0,8 - 1	1 - 1,85
Accelerator hãng Inphilco của Mỹ	0,6 - 1	0,7 - 1,1	0,8 - 1,1	1 - 2
Tuần hoàn cặn bằng ejector	0,7 - 0,9	0,9 - 0,95	1 - 1,2	

## 5. Tính toán xác định kích thước bể lắng trong

Sau khi có vận tốc tính toán  $v_t$  của dòng nước đi lên trong bể lắng, nồng độ chuẩn của cặn trong lớp cặn lơ lửng  $C_0$ , và nồng độ chất rắn trong cặn đã nén  $\delta$  ta tiến hành tính toán xác định kích thước bể lắng.

Lưu lượng tính toán của nước đi vào bể lắng :

$$Q_t = Q_0 \left( 1 + \frac{M}{\delta} \right), \quad (6.54)$$



trong đó:  $Q_t$  - lưu lượng tính toán của bể lắng ( $m^3/h$ );

$Q_o$  - lưu lượng nước trong đi ra khỏi bể lắng ( $m^3/h$ );

$M$  - lượng cặn trong nước được bể lắng giữ lại ( $M = M_c - m$ ) ( $mg/l$ );

$\delta$  - nồng độ cặn đã nén sau 6 giờ ( $mg/l$ ).

- Tổng diện tích của bể lắng trong được xác định như sau:

**a. Bể lắng có ngăn nén cặn thẳng đứng**

$$F = F_1 + F_2 = \frac{K_p Q_t}{v_t} + \frac{(1 - K_p) Q_t}{v_t} \varphi, \quad (6.55)$$

trong đó:  $Q_t$  - lưu lượng nước tính toán ( $m^3/h$ );

$F_1$  - diện tích ngăn lắng ( $m^2$ );

$F_2$  - diện tích ngăn nén cặn ( $m^2$ );

$v_t$  - vận tốc đi lên của nước trong vùng lắng ( $m^3/h$ ).

Thay vào công thức (6.55) giá trị của hệ số phân phối  $K_p$  và  $(1 - K_p)$  từ phương trình (6.48) và (6.49) ta có :

$$F = F_1 + F_2 = \frac{\left(1 - \frac{M}{C_o} v_{t,t}\right) Q_t}{v_t} + \frac{\varphi \cdot M \cdot v_{t,t} \cdot Q_t}{C_o \cdot v_t} \varphi, \quad (6.56)$$

trong đó:  $v_t$  - vận tốc tính toán của dòng nước đi lên trong vùng lắng tại mặt cát cách mép trên của thu cặn 0,75 m, tính bằng m/h;

$\varphi$  - hệ số tính đến lượng nước rút theo cặn từ vùng lắng vào ngăn chứa cặn, lấy bằng 1,2.

**b. Bể lắng có ngăn nén cặn đặt dưới vùng lắng**

$$F = F_1 + f = \frac{K_p Q_t}{v_t} + \frac{(1 - K_p) \varphi \cdot Q_t}{v_{tc}}, \quad (6.57)$$

trong đó:  $f$  - diện tích tiết diện ống thu cặn ( $m^2$ );

$v_{tc}$  - vận tốc của nước và cặn trong ống thu cặn lấy không lớn hơn 100 - 150 m/h.

Diện tích ngăn nén cặn đặt dưới vùng lắng lấy theo cấu tạo bể lắng nhưng phải thỏa mãn điều kiện sau :

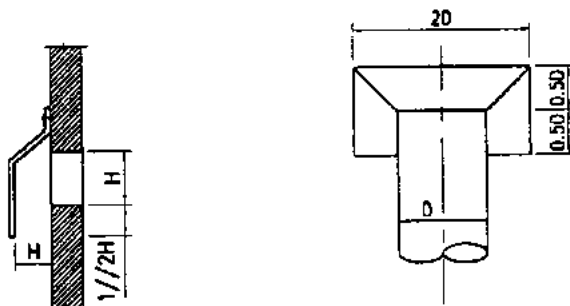
$$v_t \geq \left[ \frac{M}{C_o} v_{t,t} \varphi \cdot Q_t \right] : F_1', \quad (6.58)$$

trong đó:  $F_1'$  - diện tích mặt cắt ngang của ngăn chứa cặn tính tại cao độ 100 cm thấp hơn trục ống khoan lỗ thu nước trong đặt ở ngăn chứa cặn.

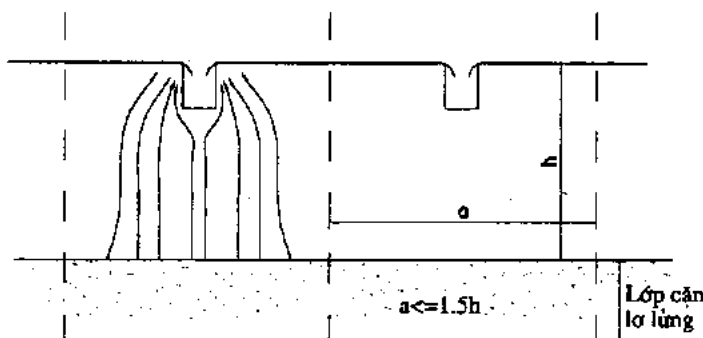
Sau khi xác định diện tích bề lắng trong, tiến hành tính toán và cấu tạo các chi tiết khác của bể lắng theo các quy định sau:

- 1) Góc nghiêng so với phương nằm ngang của tường ở phần dưới ngăn lắng có đáy hình côn hay hình chóp và góc nghiêng của tường ở ngăn nén cặn không được nhỏ hơn  $55^\circ$ . Thường chọn bằng  $60^\circ$  để đảm bảo cho cặn trượt được đến ống xả.
- 2) Chiều cao cần thiết của lớp cặn lơ lửng tính theo công thức (6.42) là chiều cao tính từ mép dưới của cửa sổ thu cặn hay mép trên của ống thu cặn đến đáy ống phân phối tại mặt cắt có vận tốc đi lên của dòng nước bằng 2 mm/s.
- 3) Trong các bể lắng có đáy hình côn hay hình chóp mép dưới của cửa sổ thu cặn hay mép trên của ống thu cặn phải đặt cao hơn mặt cắt chuyển tiếp từ tường nghiêng sang tường thẳng đứng một đoạn H không nhỏ hơn 1,5 m.
- 4) Diện tích cửa sổ thu cặn ở bể lắng có ngăn nén cặn thẳng đứng hay diện tích ống thu cặn ở bể lắng có ngăn nén cặn đặt dưới đáy vùng lắng tính theo vận tốc chuyển động của nước và cặn không lớn hơn 40 - 60 m/h đối với cửa sổ thu cặn và 100 - 150 m/h đối với ống thu cặn. Chọn trị số lớn của tốc độ khi xử lý nước có độ đục cao. Diện tích mặt cắt ngang của cửa sổ hoặc ống thu cặn tính theo lưu lượng nước và cặn lớn nhất đi qua bằng  $\varphi \cdot (1 - K_p) Q_c$ .  
Ống thu cặn cần đặt chính giữa diện tích cần thu của mỗi ống. Khoảng cách giữa các cửa sổ thu cặn hay ống thu cặn chọn xuất phát từ quy định: chiều dài đường chuyển động của cặn đến cửa thu tính theo phương nằm ngang không lớn hơn 3 - 3,5 m.
- 5) Trên cửa sổ và ống thu cặn đặt tấm chắn bảo vệ hình (6.42) để giảm lượng nước trong đi từ vùng lắng vào ngăn chứa cặn.
- 6) Mép máng thu nước trong ở ngăn chứa cặn đặt thấp hơn mực nước trong ngăn lắng không ít hơn 30 mm.
- 7) Tốc độ chuyển động của nước trong các ống phân phối thẳng đứng không được lớn hơn 0,7 m/s. Tốc độ chuyển động của nước qua khe hở giữa mép ống phân phối thẳng đứng và tường nghiêng của bể lắng chọn từ 0,5 - 0,6 m/s. Khoảng cách giữa các ống phân phối từ 0,8 - 1,2m.

- 8) Nước trước khi đi vào bể lắng phải được khử hết bọt khí bởi vì nếu để bọt khí lọt vào bể lắng, nó sẽ nổi lên rất nhanh xuyên qua lớp cặn lơ lửng kéo theo cả bông cặn làm vẩn đục vùng lắng và làm giảm hiệu quả lắng. Ngăn tách khí có thể là mương hay là thùng chứa (hình 6.44). Nước nguồn đi vào ngăn tách khí từ sườn hay từ phía dưới lên.

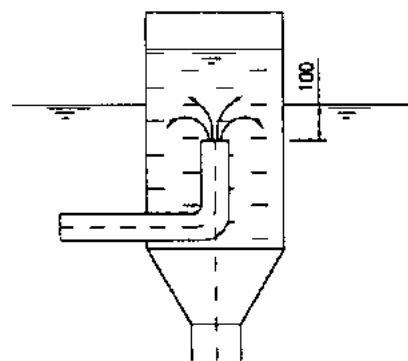


Hình 6.42. Sơ đồ đặt tấm chắn bảo vệ ở cửa sổ và ống thu cặn



Hình 6.43. Sơ đồ bố trí máng thu nước trong

Nước sau khi được giải phóng khỏi bọt khí chảy xuống đáy thùng với vận tốc rất bé rồi đi vào bể lắng. Tốc độ trong ống dẫn nước vào ngăn tách khí không lớn hơn 0,75 m/s. Thời gian lưu lại của nước trong ngăn tách khí không nhỏ hơn 45 giây. Tốc độ đi xuống của nước trong ngăn tách khí không được lớn hơn 0,05 m/s. Chiều cao phần hình trụ trong ngăn tách khí



Hình 6.44. Sơ đồ ngăn tách khí

hay chiều sâu của nước trong mương không bé hơn 0,7 m. Mép dưới phần hình trụ của ngăn tách khí phải đặt thấp hơn mực nước trong bể lắng 500 mm. Miệng ống dẫn nước vào ngăn tách khí đặt thấp hơn mực nước trong bể lắng 100 mm. Mực nước trong ngăn tách khí phải đảm bảo tạo được áp lực để khắc phục tổn thất trong đường ống dẫn nước vào bể lắng, tổn thất qua hệ thống phân phối và tổn thất qua lớp cặn lơ lửng.

- 9) Tổn thất áp lực qua lớp cặn lơ lửng lấy từ 1 - 5 cm cột nước cho 1 m chiều dày của lớp cặn lơ lửng. Trị số bé lấy khi xử lý nước màu, trị số lớn lấy khi xử lý nước đục và khi làm mềm nước.
- 10) Thu nước trong ở bể lắng bằng hệ thống máng. Nước tràn qua mép có khía răng cưa hình chữ V hoặc chảy qua lỗ khoan ở thành máng. Có thể dùng ống khoan lỗ dọc theo đường sinh ở đỉnh ống. Khoảng cách giữa trục hai máng thu kế nhau ở các bể lắng hình chữ nhật không được lớn hơn 1,5 lần chiều cao vùng nước trên lớp cặn lơ lửng (hình 6.43).

Thu nước trong ở các bể lắng tròn có đường kính nhỏ hơn 4m bằng máng thu đặt vòng theo chu vi bể. Khi đường kính bể lớn hơn 4m ngoài máng vòng theo chu vi đặt thêm các máng thu từ tâm ra (máng nan quạt). Số lượng máng nan quạt lấy từ 4 đến 6 khi đường kính bể lắng nhỏ hơn 6m và từ 6 đến 8 khi đường kính bể từ 6 - 10 m (Tính toán máng thu và ống khoan lỗ xem chương 7).

Ống thu hoặc máng thu nước được đặt ở vị trí cao hơn mép trên của cửa sổ thu cặn một khoảng cách không bé hơn 1 - 1,5 m để tạo ra trên lớp cặn vùng bảo vệ (vùng nước trong). Trị số lớn được chọn khi xử lý nước có độ đục thấp, cặn nhẹ.

- 11) Vùng tích lũy và nén cặn ở trong ngăn chứa cặn phải tính toán để có đủ thể tích chứa và nén cặn từ 3 đến 6 giờ. Thể tích vùng chứa cặn tính từ đáy ngăn nén cặn đến mặt phẳng ngang nằm dưới cửa sổ thu cặn một đoạn bằng 0,5 - 0,7 m.

Thể tích vùng chứa và nén cặn không được nhỏ hơn thể tích tính theo công thức

$$W_c = \frac{Q_r (M_c - m)}{\delta} T, \text{ (m}^3\text{)}, \quad (6.59)$$

trong đó: T - thời gian nén trong ngăn chứa cặn (h).

Nếu như một ngăn chứa cặn dùng chung cho nhiều ngăn lắng thì  $Q_i$  là lưu lượng của tất cả các ngăn lắng.

Để xả cặn khỏi bể lắng trong có đáy hình côn hay hình chóp đặt ống tháo cặn trực tiếp từ ngăn nén cặn ra.

Đối với bể lắng kiểu hành lang phải cấu tạo nhiều池 chứa cặn hình chóp ở đáy ngăn chứa cặn. Đường kính ống tháo không nhỏ hơn 100 mm. Để xả toàn bộ cặn ra khỏi ngăn chứa cặn, góc nghiêng của tường so với phương nằm ngang không nhỏ hơn  $55^\circ$ .

**Vì dụ tính toán:**

Tính toán bể lắng trong kiểu hành lang (hình 6.33) có ngăn chứa cặn thẳng đứng Công suất trạm : 100 m<sup>3</sup>/h. Hàm lượng cặn lớn nhất trong nước nguồn  $M_0 = 472$ mg/l, độ màu 60 độ, độ kiềm 2 mđlg/l. Nước được keo tụ bằng phèn nhôm sạch với liều lượng tính theo sản phẩm không ngâm nước  $a = 150$  mg/l. Vôi để kiểm hóa tính theo CaO 50 mg/l.

Hàm lượng cặn trong nước khi vào bể lắng tính theo công thức (6.23):

$$M_c = 472 + 0,46 \times 150 + 0,25 \times 60 + 0,8 \times 50 = 596 \text{ mg/l.}$$

Lưu lượng tính toán của nước đi qua bể lắng theo công thức (6.54)

$$Q_i = 100 \left( 1 + \frac{581}{25.000} \right) = 102,3 \text{ m}^3/\text{h. Chọn } Q_i = 103 \text{ m}^3/\text{h.}$$

(Từ bảng (6.2) tìm được  $\delta = 25.000$  mg/l và chọn  $m = 10$  mg/l).

$$M = M_c - m = 596 - 10 = 586 \text{ mg/l.}$$

- Hệ số phân phối nước giữa ngăn lắng và ngăn nén cặn  $K_p$  tính theo công thức (6.48)

- Từ bảng (6.3) chọn : nồng độ chuẩn  $C_0 = 1600$  mg/s ;  $V_1 = 3,6$  m/h;  $V_2 = 1$  m/h.

- Diện tích bể lắng trong kể cả ngăn nén cặn tính theo công thức (6.55)

$$F = \frac{0,64 \times 103}{3,6} + \frac{0,36 \times 103}{3,6} \times 1,2 = 18,3 + 12,3 = 30,6 \text{ m}^2.$$

Cấu tạo bể hình (6.33) có hai ngăn lắng hai bên, ngăn chứa cặn ở giữa. Diện tích một ngăn lắng bằng 9,15 m<sup>2</sup>, diện tích ngăn chứa cặn 12,3 m<sup>2</sup>. Chọn chiều rộng ngăn lắng  $b_1 = 2,5$  m, chiều dài là :

$$l = \frac{9,15}{2,5} = 3,7 \text{ m.}$$

Chiều rộng của ngăn nén cặn tại mặt cắt phía trên của sổ thu cặn 0,5 m :

$$b_2 = \frac{12,3}{3,7} = 3,3 \text{ m.}$$

- Để xác định diện tích của sổ thu cặn, tìm lưu lượng nước cùng với cặn đi qua cửa sổ thu cặn vào ngăn nén theo công thức (6.50) :

$$q = \frac{586 \times 1}{1600} \times 1,2 \times 100 = 43,2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cặn đi vào ngăn nén từ hai phía dọc ngăn lắng, lưu lượng vào từ một phía :

$$q_1 = 43,2 : 2 = 21,6 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Diện tích cửa sổ thu cặn tính cho một phía :

$$f_c = \frac{q_1}{V} = \frac{21,6}{40} = 0,54 \text{ m}^2.$$

Chọn chiều cao cửa sổ thu cặn  $h = 0,2 \text{ m}$  khi đó chiều dài toàn bộ cửa sổ thu ở một phía :  $l_0 = 0,54 : 0,2 = 2,70 \text{ m}$  bố trí sáu cửa, kích thước mỗi cửa sổ  $0,2 \times 0,45 \text{ m}$ .

Thu nước trong ở ngăn nén cặn bằng hai ống khoan lỗ đặt thấp hơn mực nước trong bể  $0,3 \text{ m}$ .

Lưu lượng nước thu của mỗi ống.

$$\begin{aligned} q_o &= \frac{1}{2} Q \left( \frac{Mv \cdot}{C_o} \varphi - \frac{M}{\delta} \right) = \frac{100}{2} \left( \frac{581 \times 1}{1600} \times 1,2 - \frac{581}{25000} \right) \\ &= \frac{43,2 \text{ m}^3/\text{h} - 2,3 \text{ m}^3/\text{h}}{2} \\ &= 20,45 \text{ m}^3/\text{h} \text{ hay } 5,68 \text{ l/s}. \end{aligned}$$

- Xác định chiều cao của bể lắng.

a. Theo điều kiện cấu tạo: chiều cao lớn nhất tính từ miệng ống phân phối đến mép máng thu tính theo điều kiện là góc tạo ra bởi hai tia nối tâm ống phân phối với mép máng phải nhỏ hơn  $30^\circ$  (hình 6.33).

$$H_o = \frac{b_1 - 4X}{2 \operatorname{tg} 15^\circ} = \frac{2,5 - 0,26}{2 \times 0,2679} = 4,2 \text{ m}.$$

trong đó:  $X$  - nửa chiều rộng của máng thu nước.

- Chiều cao phần đáy hình chóp có góc tâm  $60^\circ$ , bằng :

$$H_{ch} = \frac{b - x}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{2,5 - 0,3}{2 \times 0,5774} = 1,9 \text{ m}.$$

- Chiều rộng đáy bể lắng để đặt ống phân phối  $a = 0,3 \text{ m}$ .

- Chọn chiều cao lớp nước bảo vệ trên cửa sổ thu cặn  $H_2 = 1,5 \text{ m}$ .

Như vậy chiều cao của lớp cặn lơ lửng trong phần hình trụ của bể lắng sẽ là :

$$H_3 = H_o - H_{ch} - H_2 = 4,2 - 1,9 - 1,5 = 0,8 \text{ m} < 1,5 \text{ m}.$$

Kết quả này không thỏa mãn quy định ở điều 3 điểm 5 mục 6.3.5.

- Chiều cao toàn bộ lớp cặn lơ lửng trong bể lúc đó :

$$H_c = 0,8 + \frac{1,9}{2} = 1,75 \text{ m}.$$

b. Tính theo yêu cầu của lớp cặn lơ lửng ở phần hình trụ. Chiều cao lớp cặn lơ lửng theo công thức (6.42).

$$H = -2,3 \times \frac{1}{0,004 \times 1600} \times \lg \frac{10}{596} \approx 0,75$$

không thỏa mãn quy định ở điều 3.

- Để đạt yêu cầu ta chọn chiều cao bể lắng  $H = 5$  m. Như vậy chiều cao lớp cặn lơ lửng ở phần hình trụ  $H_3 = 5 \cdot 1,9 \cdot 1,5 = 1,6$  m thỏa mãn yêu cầu quy định ở điều 3 điểm 5 mục 6.3.5.
- Thể tích vùng nén cặn trong ngăn chứa cặn  $W_c = 30$  m<sup>3</sup>.
- Thời gian lưu lại (tích lũy) của cặn trong ngăn nén cặn tính theo công thức 6.58

$$T = \frac{W_c \delta}{Q_c (M_c - m)} = \frac{30 \times 25.000}{103 \times 581} = 12 \text{ giờ} > 6 \text{ giờ}$$

phù hợp với yêu cầu quy định.

## 6. Vận hành, điều chỉnh và quản lý bể lắng trong

Trước khi cho bể lắng trong làm việc phải biết được chắc chắn là bể không bị rò rỉ, trong các đường ống dẫn nước không có gạch đá, gỗ vụn, giẻ rách... làm tắc ống và tắc lỗ phân phối nước trên ống. Đặc biệt phải kiểm tra độ phẳng nằm ngang của mép máng tràn hoặc tìm các lỗ thu nước trên thành máng, của mép cửa sổ và ống thu cặn. Sau đó tiến hành điều chỉnh để phân phối đều lưu lượng vào các bể lắng. Điều chỉnh bằng cách đo lưu lượng vào mỗi bể theo đồng hồ đo đặt ở từng bể nếu có, hoặc bằng thời gian chảy đầy đến cốt đã định của mỗi bể lắng. Cho bể lắng làm việc chỉ sau khi đã chọn được lưu lượng phen tối ưu cần pha vào nước. Trong thời kỳ đầu, cho bể lắng trong làm việc với 40 - 50% công suất thiết kế nhằm mục đích tạo nhanh lớp cặn lơ lửng trong bể lắng. Khi cho bể lắng làm việc phải phân phối nước sao cho 80% lưu lượng đi vào vùng lắng còn 20% đi vào ngăn nén cặn, sau đó tiến hành điều chỉnh van thu nước ở ngăn nén cặn để thu được lượng nước theo tính toán. Bể lắng làm việc với chế độ công suất hạn chế đến lúc lớp cặn lơ lửng đạt được chiều dày từ 100 - 125 cm. Sau đó tăng dần dần lưu lượng của bể đến công suất thiết kế trong khoảng 5 - 6 giờ. Sau vài giờ làm việc theo công suất thiết kế phải xác định vị trí bề mặt của lớp cặn lơ lửng, nếu mặt trên của lớp cặn lơ lửng cao hơn mép trên của cửa sổ hoặc ống thu cặn 10 - 15 cm thì phải tăng lượng nước thu ở ngăn nén cặn. Trong khi điều chỉnh lưu lượng giữa 2 ngăn lắng và nén cặn phải tiến hành phân tích nước để xác định hàm lượng cặn trong nước thu ở ngăn nén cặn. Tỷ số lưu lượng nước giữa ngăn lắng và ngăn nén cặn, điều chỉnh sao cho độ trong của nước thu ở 2 ngăn là như nhau. Sau một thời gian làm việc cặn chất đầy ngăn nén cặn. Điều đó phát hiện một cách dễ dàng do mép trên của lớp cặn cao hơn mép trên của thu cặn. Lúc đó phải xả cặn.

Khi xả cặn, mở van ở ống xả và quan sát lượng cặn trong bể chảy ra, đến khi thấy nước trong thì ngừng xả.

Chiều cao của lớp cặn trong bể lắng được kiểm tra bằng xi phông kiểm tra. Xi phông kiểm tra làm bằng ống cao su mềm đường kính 10 - 15 mm. Đầu cuối của xi phông đeo tải trọng nặng 1 - 1.5 kg. Tại vị trí cách 3m, 4 m, 5m tính từ đầu cuối của xi phông cắt ống cao su ra và lồng vào nó ống thủy tinh chiều dài 15 - 20 cm. Trên xi phông tính từ đầu đeo tải trọng cách 20 - 25 cm gắn một vòng đo, trên vòng có ghi khoảng cách tính từ đầu xi phông trở đi. Khi muốn đo chiều dày lớp cặn lơ lửng người ta thả xi phông vào bể sao cho đầu có đeo tải trọng chạm đáy bể lắng. Mỗi cho xi phông làm việc, tay cầm xi phông ở đoạn có ống thủy tinh, nâng dần dần đầu của xi phông lên, đi qua lớp cặn lơ lửng, quan sát hàm lượng cặn trong nước rút ra từ xi phông. Nếu thấy trong, đánh dấu vị trí cao độ ở vòng đeo trên xi phông, từ đó tính ra chiều dày lớp cặn lơ lửng. Dụng cụ này cho phép xác định chính xác giới hạn trên của lớp cặn lơ lửng và bề mặt trên của cặn trong ngăn chứa cặn.

### 6.3.6. Vận hành và quản lý bể lắng

Đội ngũ kỹ sư và công nhân vận hành nhà máy nước, khi vận hành quản lý bể lắng cần nắm vững các điều sau:

- 1) Điều kiện để lắng các bông cặn trong bể lắng.
- 2) Các hiện tượng bất thường xảy ra trong bể lắng.
- 3) Phân phối đều nước vào các bể lắng và phân phối đều nước trên toàn bộ tiết diện ngang của từng bể lắng.
- 4) Chu kỳ và lịch xả cặn
- 5) Những điểm đặc biệt trong thiết kế bể lắng.

Nếu bể phản ứng tạo bông làm việc tốt, phần lớn các bông cặn lắng được ở nửa đầu của bể, nếu bằng mắt thường quan sát thấy giữa bể còn các bông cặn và lớp nước trên mặt còn đục, thì phải điều chỉnh lại chế độ khuấy trộn của bể phản ứng hoặc xác định lại liều lượng phèn và kiểm tra lại hiệu quả làm việc của bể trộn.

Nếu quan sát thấy nước ở giữa bể đã trong nhưng vẫn còn các bông cặn lơ lửng và trôi đến máng thu điều đó chứng tỏ tỷ trọng các bông cặn thấp, cặn nhẹ khó lắng, người vận hành có thể áp dụng hai biện pháp để khắc phục.



- *Thứ nhất:* bịt bết 3 - 6m đầu máng thu xẻ rãnh chữ V hay bịt lỗ ở đầu máng thu nước để tăng thời gian lắng của lớp nước trên mặt. Biện pháp này chỉ có thể thực hiện được khi hệ thống máng thu nước bề mặt đặt dài đến tận giữa bể.
- *Thứ hai:* pha thêm chất trợ keo tụ (axit silixic hoạt hóa PAC) với liều lượng 0,5 - 1 mg/l vào nửa cuối của bể phản ứng tạo bông cặn để tăng cường độ bền chắc và tăng tỷ trọng của bông cặn.

Nếu phát hiện thấy hiện tượng bất thường như từng đám cặn nổi lên, ấu trùng, muỗi mất trên mặt nước, rong rêu bám vào tường, vách ngăn và thành máng thu nước, điều đó chứng tỏ: nước có chứa nhiều chất hữu cơ có khả năng phân hủy, khi lắng xuống đáy bể lắng, cặn không được xả ngay, xảy ra hiện tượng phân hủy yếm khí, tạo ra các bọt khí làm nước sủi tăm và giảm nhẹ trọng lượng của cặn, đẩy từng đám cặn lên mặt nước, côn trùng cũng từ đó sinh ra.

Biện pháp khắc phục: clo hóa nước nguồn với liều lượng từ 2 - 3mg/l. Nhưng những năm gần đây, các nhà khoa học cảnh báo nếu dùng clo để clo hóa sơ bộ nước thô, clo tự do sẽ kết hợp với các chất hữu cơ tạo thành hợp chất trihalomentan (THM) bền vững có khả năng tích lũy trong cơ thể người và là tác nhân gây bệnh ung thư. Vì thế, để khắc phục hiện tượng nổi cặn trong bể lắng chỉ nên tiến hành clo hóa sơ bộ nước thô theo từng đợt 5 - 6 giờ/ngày, 5 - 6 ngày/tháng với liều lượng cao 3 - 5 mg/l.

- Phải có lịch xả cặn ra khỏi bể lắng thường xuyên hơn, tránh hiện tượng cặn bị phân hủy yếm khí ngay trong bể lắng.
- Thường xuyên kiểm tra việc phân phối đều nước vào các bể lắng và thu nước đều trên các máng. Công việc có thể thực hiện qua việc đo chiều cao của nước ở cuối mỗi máng thu của từng bể. Nếu thấy chênh lệch giữa các máng trong một bể thì tiến hành kiểm tra và điều chỉnh tấm khía chữ V sao cho chiều cao nước chảy qua khe chữ V là đều nhau. Nếu phát hiện thấy chênh lệch chiều cao nước ở cửa ra của các máng thu giữa các bể lắng với nhau thì điều chỉnh các van phân phối nước vào từng bể lắng.
- Theo dõi hàng ngày lượng cặn tích lũy trong bể, nếu là xả cặn thủ công thì phải xả ngay khi mặt cặn đạt đến cao độ thiết kế, tránh hiện tượng thu hẹp diện tích mặt cắt ngang bể, tăng vận tốc làm xói cặn.

- Nếu xả cặn bằng máy cào trên dầm cầu chạy thì quy trình gạt cặn có thể điều chỉnh bằng cách tăng số lần gạt cặn ở phần nửa đầu bể gấp hai hoặc ba lần ở phần nửa cuối bể.
- Nếu phát hiện thấy hiện tượng xâm thực, ăn mòn thành bể cần áp dụng biện pháp bảo vệ thành bể.
  - 1) Sơn phủ lớp cách ly không cho nước tiếp xúc sâu vào bề mặt, thành, tường bể.
  - 2) Xử lý nước ổn định trước khi vào bể lắng nếu điều kiện keo tụ và lắng các bông cặn không bị ảnh hưởng xấu do tăng pH.

#### 6.4. LẮNG LI TÂM VÀ XICLON THỦY LỰC

Trong các bể lắng đứng và lắng ngang hạt cặn lắng xuống đáy bể dưới tác dụng của lực trọng trường có gia tốc bằng  $9.81 \text{ m/s}^2$ . Khi quay một khối lượng nước có chứa các hạt cặn bẩn, các hạt cặn bị văng ra xa tâm quay dưới tác dụng của lực li tâm có gia tốc  $a$  bằng :

$$a = v^2/R, \text{ (m/s}^2\text{)}, \quad (6.60)$$

trong đó:  $v$  - vận tốc quay vòng của nước khi quay (m/s);

$R$  - bán kính quay của hạt cặn (m).

Khi vận tốc quay  $v$  lớn và bán kính quay  $R$  bé, lực ly tâm tác dụng lên hạt cặn nằm trong khối nước chuyển động quay sẽ lớn hơn rất nhiều so với lực trọng trường và tốc độ chuyển động của hạt cặn theo hướng từ tâm quay ra ngoài sẽ lớn hơn rất nhiều so với vận tốc lắng tự do của hạt cặn trong khối nước tĩnh. Do đó có thể tách các hạt cặn bẩn ra khỏi nước trong các thiết bị ly tâm hay xyclon thủy lực sau một khoảng thời gian bé hơn nhiều so với các bể lắng. Các thiết bị lắng ly tâm có hiệu quả lắng cao nhưng do cấu tạo phức tạp, quản lý khó khăn không kinh tế nên trong lĩnh vực cấp nước ít sử dụng. Thiết bị lắng dùng lực ly tâm đơn giản nhất là xyclon thủy lực (hình 6.45). Nước nguồn đi vào xyclon thủy lực ở phần trên theo phương tiếp tuyến với tiết diện ngang và quay chung quanh trục của xyclon rồi đi vào ống thu đặt trên đỉnh đồng trục với Xyclon. Cặn bị văng ra thành xyclon trượt xuống dưới đi vào côn thu rồi từ đó được tháo liên tục ra ngoài qua ống đặt ở đáy côn. Quá trình tách cặn ra khỏi nước trong xyclon thủy lực xảy ra dưới tác dụng của lực bằng hiệu số lực li tâm tác dụng lên nước và lên hạt cặn có trọng lượng riêng lớn hơn nước. Trị số của lực ly tâm  $P$  tác dụng lên hạt cặn trong xyclon thủy lực.

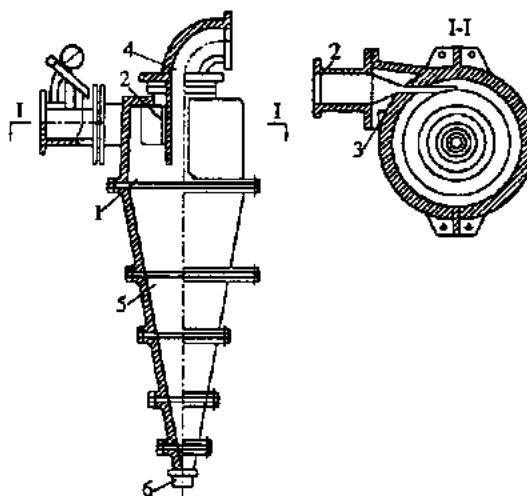
$$P = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_o) \frac{v^2}{R}, \text{ (đin)}, \quad (6.61)$$

trong đó:  $d$  - đường kính hạt cặn (cm);

$\rho_1$  và  $\rho_o$  - trọng lượng riêng của cặn và nước ( $g/cm^3$ );

$v$  - tốc độ chuyển động của nước ở cửa vào xyclon thủy lực (cm/s);

$R$  - khoảng cách từ tâm xyclon thủy lực đến trục của ống dẫn nước vào theo phương tiếp tuyến với mặt cắt ngang của xyclon (cm).



Hình 6.45. Xyclon áp lực

1- vòi; 2- ống dẫn nước nguồn vào; 3- côn lư để lạo vận tốc cho dòng vào.

4- ống dẫn nước ra; 5- vỏ xyclon; 6- vòi xả cặn.

Công suất của xyclon được tính theo lượng nước đã được tách khỏi cặn, (công suất hữu ích) có thể tính theo công thức :

$$Q = 3.600 \alpha \mu_x \omega \sqrt{2g\Delta H}, \text{ (m}^3/\text{h)}, \quad (6.62)$$

trong đó:  $\alpha$  - hệ số kể đến tổn thất nước do xả cặn liên tục lấy bằng 0,85 -0,9;

$\mu_x$  - hệ số lưu lượng của xyclon thủy lực;

$\omega$  - diện tích mặt cắt ngang của đầu ống dẫn nước vào xyclon thủy lực ( $m^2$ );

$\Delta H$  - tổn thất áp lực trong xyclon thủy lực (m).

Trị số của hệ số lưu lượng  $\mu_x$  của xyclon thủy lực xác định bằng công thức :

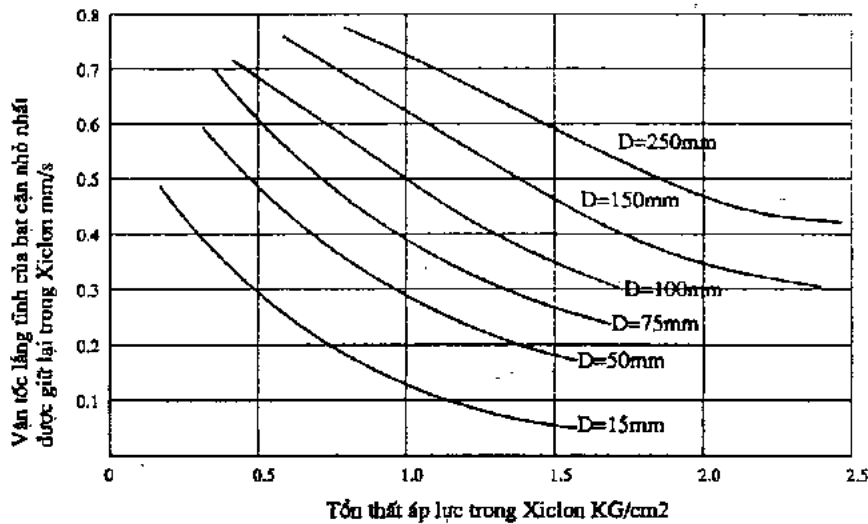
$$\mu_x = 0,24 \frac{d_l}{d_c}, \quad (6.63)$$

trong đó:  $d_l$  - đường kính tương đương của ống thu nước đặt đồng trục trên đỉnh xyclon;

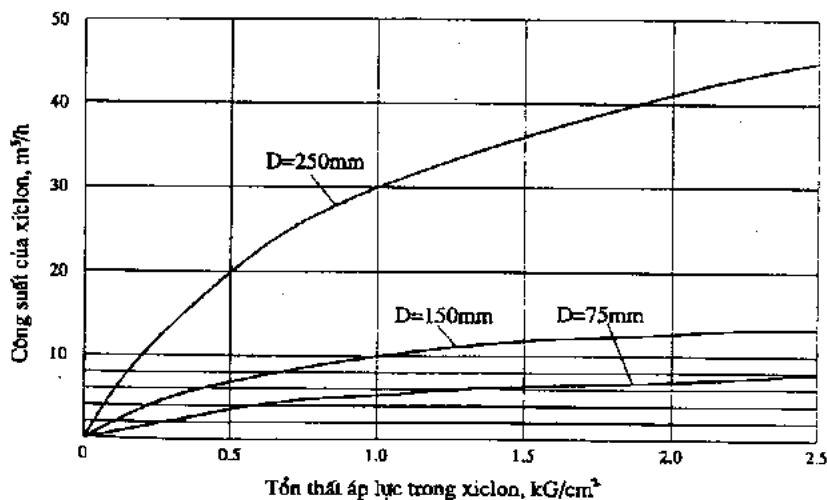
$d_c$  - đường kính tương đương của miệng ống (lỗ) đưa nước vào xyclon.

Trị số tổn thất áp lực trong xyclon phụ thuộc vào cấu tạo và công suất của nó. Tăng lưu lượng nước qua xyclon làm tăng tốc độ chuyển động của nước nhờ vậy tăng cả hiệu quả lắng nước nhưng đồng thời cũng tăng cả tổn thất áp lực trong xyclon.

Trên hình (6.46) và (6.47) vẽ các biểu đồ quan hệ phụ thuộc giữa hiệu quả, công suất của xyclon thủy lực có đường kính khác nhau với tổn thất áp lực ở trong xyclon. Trên các biểu đồ này hiệu quả của xyclon biểu thị bằng độ lớn thủy lực của hạt cặn bé nhất có thể giữ lại được trong xyclon. (vận tốc lắng tĩnh của hạt cặn bé nhất có thể giữ lại trong xyclon).

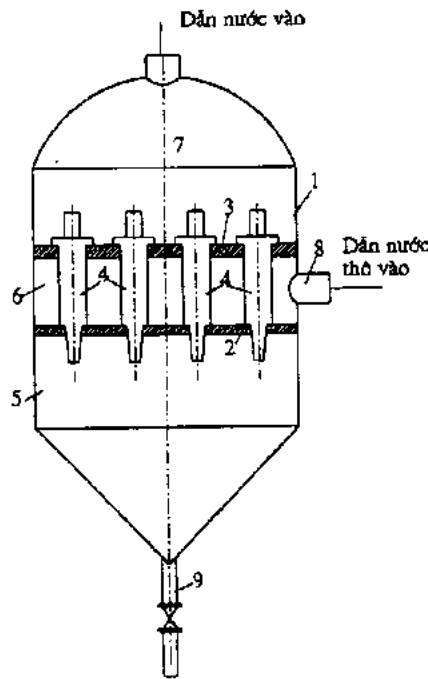


Hình 6.46. Biểu đồ biểu diễn sự phụ thuộc giữa hiệu quả lắng của xyclon và tổn thất áp lực của xyclon

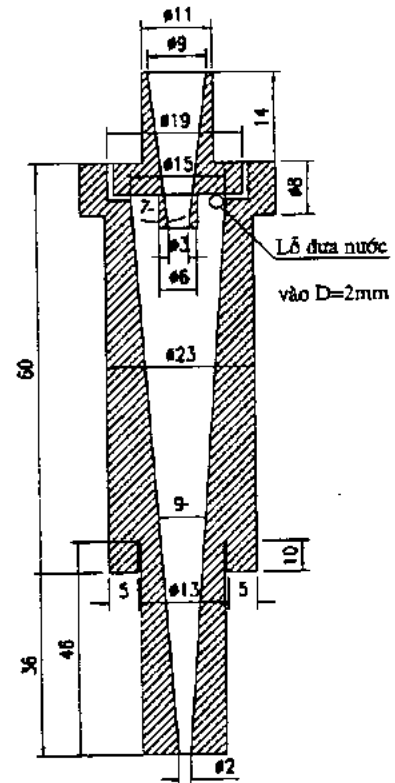


Hình 6.47. Biểu đồ biểu diễn sự phụ thuộc của công suất vào tổn thất áp lực trong xyclon

Từ các biểu đồ trên hình (6.46) ta thấy rằng khi tổn thất áp lực trong xi-clon không đổi, hiệu quả lắng nước trong xi-clon thủy lực tăng khi giảm đường kính của nó và hiệu quả của xi-clon tăng khi tăng áp lực tại cửa vào xi-clon (xi-clon không áp). Vì thế để giữ các hạt cặn phân tán nhỏ thường dùng xi-clon có đường kính bé, và cho nhiều xi-clon làm việc đồng thời. Thiết bị trong đặt nhiều xi-clon đường kính bé làm việc đồng thời gọi là xi-clon tổ hợp (hình 6.48).



Hình 6.48. Sơ đồ xi-clon tổ hợp



Hình 6.49. Xi-clon thủy lực đường kính 15 mm

Xi-clon tổ hợp gồm thùng thép (1) bên trong chia làm ba ngăn bởi các tấm (2) và (3). Các xi-clon đường kính bé (4) đặt trên các tấm (2) và (3) sao cho đầu côn xả cặn của tất cả các xi-clon nằm trong ngăn dưới (5) của thùng (1). Còn lỗ để dẫn nước vào xi-clon nằm ở ngăn giữa (6) và ống thu nước đặt ở đỉnh ngăn trên (7). Nước nguồn theo ống dẫn (8) đi vào ngăn giữa của xi-clon rồi từ đó đi vào các lỗ dẫn nước vào tất cả các xi-clon bé. Cặn rơi xuống đáy theo ống xả (9) xả ra ngoài. Nước trong đi lên trên (7) theo ống thu đưa sang bể lắng hoặc lọc. Xi-clon thủy lực đường kính 10.15 - 20 mm làm bằng nhựa (hình 6.49), chúng có khả năng giữ các hạt cặn có độ lớn thủy lực đến 0,1 mm/s. Với tổn thất áp lực gần 1 kG/cm<sup>2</sup>. Công suất của một xi-clon thủy lực 15 mm, tổn thất áp lực 1 kG/cm<sup>2</sup> gần 70 l/h. Do đó xi-clon tổ hợp đường kính 1m trong có đặt 320 xi-clon thủy lực đường kính 15 mm có công suất gần 500 m<sup>3</sup> nước một ngày.

Để lắng sơ bộ trước bể lọc chậm hoặc trước bể lọc nhanh có thể dùng xi-clon áp lực đúc bằng gang trắng (hình 6.45), các kích thước cơ bản có thể chọn theo bảng (6.5).

**Bảng 6.5. Kích thước cơ bản (mm) và trọng lượng (kg) của xi-clon**

Đường kính của xi-clon	Đường kính ống thu nước	Kích thước lỗ dẫn nước vào	Đường kính tương đương của lỗ dẫn nước vào	Đường kính vòi xả cặn	Chiều cao xi-clon	Trọng lượng
75	30	10x30	20	8	305	37
		15x30	24	12		
		10x45	24	12		
150	45	20x45	34	17	695	115
		20x65	41	17		
250	90	30x65	50	24	1.070	251
350	105	20x90	48	24, 34	1.450	424
500	150	20x140	60	24, 34	2.015	172

Ghi chú: Góc côn của tất cả các xi-clon  $\alpha = 20^\circ$ .

· Tính toán xi-clon thủy lực được tiến hành như sau :

Theo phân trăm lắng cặn cần thiết tra trên biểu đồ đường cong lắng thu được bằng thực nghiệm có dạng như hình (6.13) tìm ra vận tốc lắng tĩnh của hạt cặn bé nhất cần phải giữ lại trong xi-clon. Theo các biểu đồ hình (6.46) tìm đường kính xi-clon và tổn thất áp lực ứng với vận tốc lắng tĩnh của hạt cặn cần được giữ lại. Sau đó theo các biểu đồ hình (6.47) hay theo công thức (6.62) xác định công suất của xi-clon ứng với tổn thất áp lực cần thiết đã chọn. Chia lưu lượng nước hữu ích cần thiết cho công suất vừa tìm được của mỗi xi-clon ta tìm được số xi-clon làm việc đồng thời trong trạm. So sánh chi phí về năng lượng (tổn thất áp lực) của các xi-clon thủy lực có đường kính khác nhau từ đó tìm ra đường kính tối ưu của xi-clon thủy lực có chi phí năng lượng bơm nước qua xi-clon là bé nhất.

## 6.5. TUYỂN NỔI

Thiết bị tuyển nổi dùng để tách cặn hoặc dầu, mỡ ra khỏi nước. Quá trình tách cặn, dầu, mỡ xảy ra khi hòa tan vào nước những bọt khí nhỏ. Các bọt khí

này bám vào các hạt cặn làm cho tỷ trọng của tổ hợp cặn khí giảm, lực đẩy nổi xuất hiện, khi lực đẩy nổi đủ lớn, hỗn hợp cặn, khí nổi lên mặt nước và được gạt ra ngoài. Khi nguồn nước có nhiều cặn nhẹ (hữu cơ) khó lắng, dùng bể tuyển nổi sẽ giảm được thời gian lắng và dung tích bể.

Hiện nay trong công nghệ xử lý nước cấp và nước thải thường dùng không khí hòa tan vào nước dưới áp lực nhất định sau đó giảm áp lực nước, không khí hòa tan sẽ tách ra thành các bọt rất nhỏ dính với cặn và đẩy chúng lên bề mặt.

## TUYỂN NỔI ÁP LỰC

### 6.5.1 Nguyên lý chung

Trong các loại tuyển nổi : chân không, cơ học, áp lực thì tuyển nổi áp lực được ứng dụng rộng rãi hơn cả vì có khả năng tạo ra các bọt khí có kích thước rất nhỏ (40 - 70  $\mu\text{m}$ ) và dễ dàng phân phối đều trong toàn bộ khối lượng nước cần xử lý.

Trong tuyển nổi áp lực, nước được bơm vào bình áp lực, ở đó nước được bão hòa không khí. Không khí được đưa vào bằng máy nén hoặc bằng ejector đặt ở đầu nối ống hút của bình áp lực và ống có áp của bơm ly tâm.

Nước bơm vào bình áp lực có thể là nước thô (sơ đồ trực tiếp) hoặc nước sau xử lý được hoàn lưu lại (sơ đồ hoàn lưu), xem hình (6.50).

Từ bình áp lực, nước đã bão hòa không khí chảy vào bể tuyển nổi qua một van giảm áp. Khi hạ đến áp suất khí quyển, khí hòa tan được tách ra và thực hiện quá trình tuyển nổi.

Khi dùng tuyển nổi trực tiếp, toàn bộ thể tích nước thô chảy vào bình áp lực. Ở sơ đồ hoàn lưu, có 20 - 50% nước sau xử lý được đưa trở về bình áp lực. Ngoài ra còn có trường hợp 30 - 70% nước thô chảy vào bình áp lực, phần còn lại đi thẳng vào bể tuyển nổi.

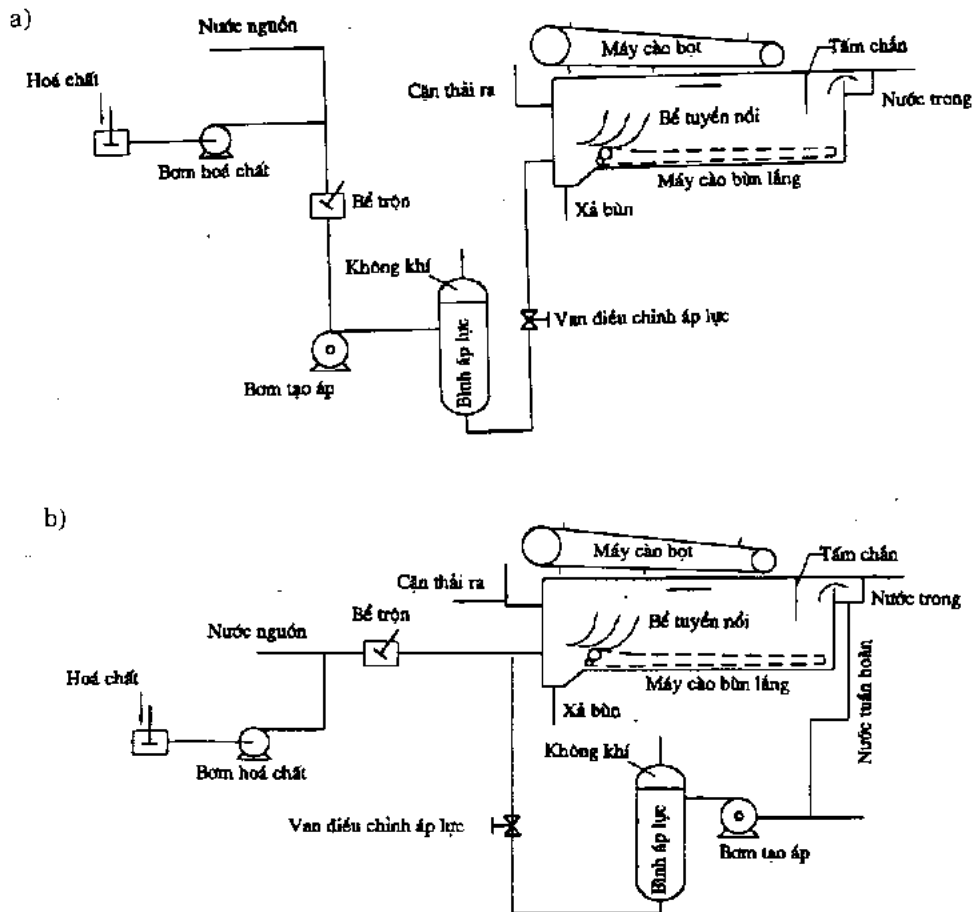
Sơ đồ trực tiếp cho phép bão hòa không khí toàn bộ lượng nước thô, khi chảy vào bể tuyển nổi, các bọt khí nhỏ tạo thành ngay bên cạnh các hạt cặn nên rất dễ tạo thành các hạt keo khí. Sơ đồ này đơn giản trong thiết kế và vận hành nhưng chi phí năng lượng cao, không thích hợp để áp dụng trong trường

hợp nước thô có bông cặn vì các hạt cặn có thể bị phá vỡ trong bình áp lực hoặc khi đi qua bơm ly tâm.

Sơ đồ hoàn lưu thường được ứng dụng trong trường hợp nước đã cho hóa chất để keo tụ thành bông cặn, hoặc là giai đoạn tiền xử lý của nước thải trong quá trình xử lý sinh học, cũng như trong xử lý để cô đặc bùn hoạt tính. Khi đó, lượng nước bão hòa không khí sẽ ít hơn ở sơ đồ trực tiếp. Lưu lượng khí được tính trên lượng cặn và được điều chỉnh theo lưu lượng nước hoàn lưu. Trong sơ đồ này, dung tích bể tuyển nổi sẽ lớn hơn.

Để xử lý nước mặt hoặc nước thải công nghiệp thường dùng sơ đồ hoàn lưu với lưu lượng nước hoàn lưu chiếm 10 - 50% lưu lượng xử lý ở áp suất 3 - 6 bar. Ở áp suất này lượng khí hòa tan chiếm gần 70% mức bão hòa.

Trong trường hợp cô đặc bùn (ở các nhà máy xử lý nước hoặc nước thải) có thể cho vào bình áp lực toàn bộ lưu lượng cần xử lý hoặc chỉ đưa vào lượng nước hoàn lưu (hình 6.50).



Hình 6.50. Sơ đồ trạm tuyển nổi dùng áp lực để hòa tan không khí



### 6.5.2. Các quá trình trong tuyển nổi áp lực

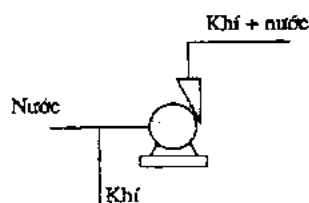
Trong quá trình tuyển nổi xảy ra lần lượt các công đoạn sau:

- Cấp không khí vào nước.
- Hòa tan không khí vào nước.
- Tạo bọt khí từ dung dịch quá bão hòa khí.
- Kết dính bọt khí.
- Bám dính cặn vào bọt khí.
- Tách cặn ra khỏi nước trong bể tuyển nổi.

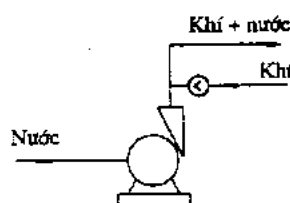
#### a. Quá trình cấp khí vào nước

Có thể thực hiện việc cấp khí vào nước bằng một trong ba cách sau:

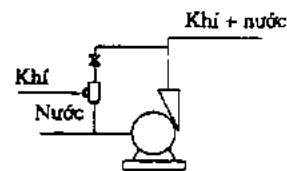
- Cấp khí theo đường ống hút của bơm .
- Cấp khí theo đường ống có áp của bơm.
- Dùng ejector.



Hình 6.51. Sơ đồ cấp khí theo đường ống hút của bơm



Hình 6.52. Sơ đồ cấp khí theo đường ống có áp của bơm



Hình 6.53. Sơ đồ ejector

Khí đưa khí vào phía trước bơm (sơ đồ 6.51) sẽ tăng cường khả năng tán nhỏ không khí trong bơm, do đó tăng tốc độ hòa tan khí trong nước. Tuy nhiên sơ đồ này làm giảm công suất và áp lực của bơm. Ngoài ra chế độ làm việc của bơm sẽ bị xấu đi.

Do những yếu điểm trên, thường cấp khí theo đường áp lực của bơm (sơ đồ 6.52). Để ngăn ngừa nước rơi vào ống cấp khí phải lắp thêm một van một chiều.

Sơ đồ 6.51 và 6.53 được ứng dụng trong trường hợp các chất lơ lửng trong nước có kích thước lớn. Mức nước trong bể hút không được dao động quá  $\pm 0,5m$  đảm bảo cho bơm làm việc ổn định.

## b. Quá trình hòa tan khí vào nước

Cho không khí tiếp xúc với nước, tăng áp lực của môi trường, khí sẽ hòa tan vào nước thành dung dịch quá bão hòa khí, khi giảm áp lực của môi trường, bọt khí thoát ra từ dung dịch quá bão hòa và hiệu quả tuyến nối phụ thuộc vào lượng khí hòa tan trong nước.

Theo định luật Henry, khi nhiệt độ không đổi, độ hòa tan của khí trong chất lỏng tỷ lệ thuận với áp suất riêng phần của khí.

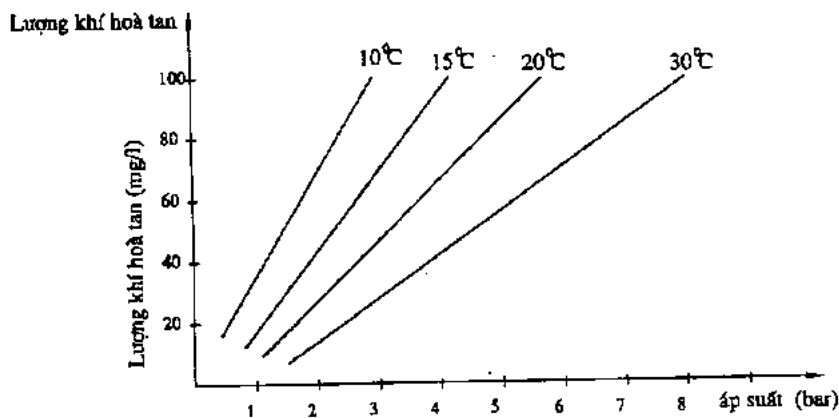
$$C = kP.$$

trong đó: C - độ hòa tan của khí;

k - hằng số Henry, phụ thuộc vào nhiệt độ và môi trường chất lỏng;

P - áp suất riêng phần của khí.

Khi nhiệt độ tăng, độ hòa tan của khí trong nước bị giảm đi (xem hình 6.54).



Hình 6.54. Biểu đồ liên quan giữa độ hòa tan của không khí với áp suất và nhiệt độ

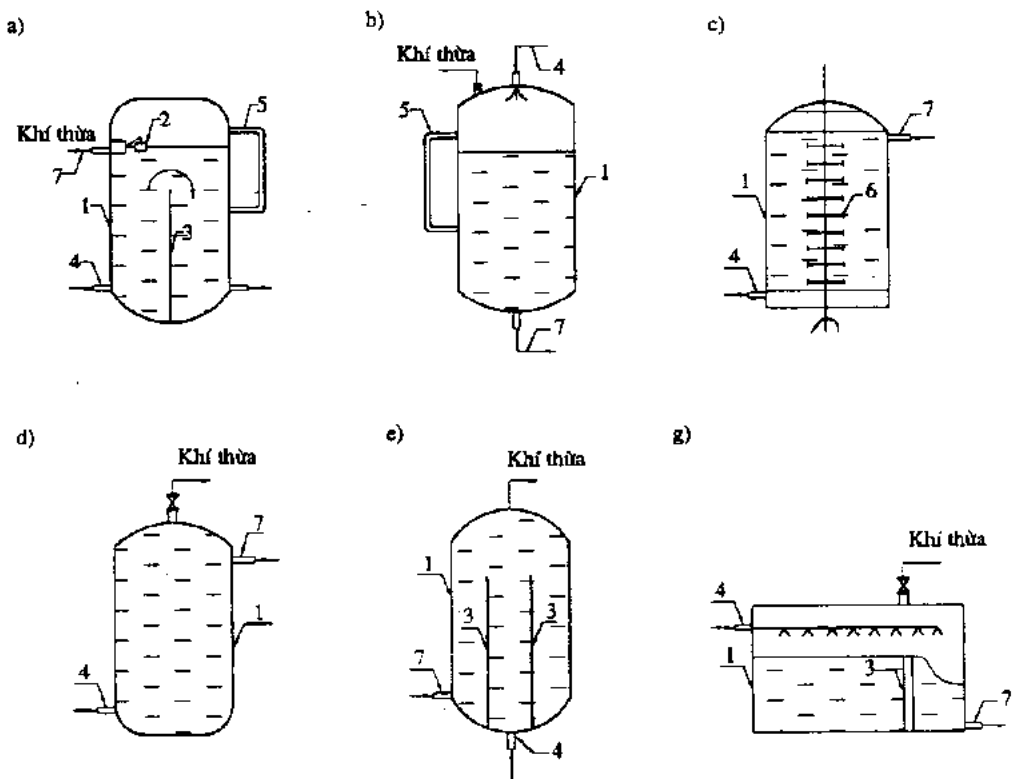
Tốc độ hòa tan khí phụ thuộc vào cách khuấy trộn không khí và nước. Khi dùng ejector tốc độ này là 0,8 l/phút, máy khuấy được 30l/phút. Có thể giải thích như sau : cường độ khuấy trộn hỗn hợp khí - nước ảnh hưởng đến kích thước cuối cùng của bọt khí và diện tích bề mặt tiếp xúc hai pha khí - nước, do đó sẽ ảnh hưởng đến tốc độ hòa tan của khí vào nước. Với tốc độ 0,8 l/phút thời gian đạt sự bão hòa hoàn toàn là 2 - 3 phút.

Sự hòa tan khí vào nước xảy ra hoặc trong ống có áp hoặc trong bình áp lực. Trường hợp hòa tan khí trong ống dẫn chỉ được áp dụng khi bơm đặt cách bề tuyến nối ít nhất 50 - 60m, hoặc phải dùng hệ thống ống ziczác có tổng chiều

dài 40 - 50m. Đường kính ống được tính sao cho thời gian lưu nước trong ống lớn hơn 150 giây.

Tuy nhiên sự hòa tan khí trong ống có áp cũng có một số yếu điểm: lâu dần có nhiều cặn tích lũy bên trong bề mặt ống làm giảm tiết diện ống, giảm thời gian lưu nước trong ống và lượng khí hòa tan vào nước. Ngoài ra, tổn thất thủy lực sẽ tăng dần theo chiều dài đường ống làm hao tổn năng lượng tính trên 1 m<sup>3</sup> nước.

Trên thực tế thường dùng bình áp lực để hòa trộn khí vào nước. Có 2 vị trí đưa nước vào bình : phía trên hoặc phía dưới của bình. Đưa nước vào phía trên bình áp lực hạn chế được hiện tượng các bọt khí lớn lọt vào bể tuyển nổi. làm ảnh hưởng xấu đến hiệu quả xử lý. Tuy nhiên hiệu quả sử dụng khí ở sơ đồ cấp nước phía trên thấp hơn sơ đồ cấp nước phía dưới là do các bọt khí lớn sẽ nổi lên trên nên không thể hòa tan vào nước, vì thế phải tăng thời gian lưu nước trong bình.



Hình 6.55. Sơ đồ thùng áp lực để bão hòa khí

a,c,d,e) Thùng áp lực đưa nước vào từ dưới; b) Thùng áp lực đưa nước vào từ trên;

g) Thùng áp lực đưa nước vào dạng phun tia.

1- vỏ thùng áp lực; 2- van phao; 3- tấm ngăn; 4- ống áp lực dẫn hỗn hợp nước khí vào thùng;  
5- ống báo mực nước; 6- máy khuấy; 7- ống dẫn nước đã bão hòa khí sang bể tuyển nổi.

Nếu dùng thêm hệ thống khuấy trộn bên trong bình áp lực có thể làm giảm thời gian lưu nước trong bình. Trường hợp bão hòa khí cho bùn hoạt tính ở áp suất 2 bar và có hệ thống khuấy trộn cho kết quả tương đương trong trường hợp áp suất 4 bar mà không có khuấy trộn (xem hình 6.55).

### c. Sự hình thành bọt khí từ dung dịch quá bão hòa khí

Theo định luật Henry, khi giảm áp suất hoặc tăng nhiệt độ khí sẽ tách ra khỏi nước. Kích thước nhỏ nhất  $R_{min}$  của bọt khí phụ thuộc vào lực căng bề mặt khí - nước và độ giảm áp.

$$R_{min} = 2\sigma / (P - P_1), \text{ (mm)},$$

trong đó:  $\sigma$  - lực căng bề mặt khí - nước;

$P$  - áp suất bão hòa (Pa);

$P_1$  - áp suất trong bình tuyển nổi (Pa).

### d. Sự kết dính bọt khí

Sự kết dính bọt khí nhỏ thành bọt khí lớn hơn ảnh hưởng đến số lượng và kích thước bọt khí, do đó sẽ ảnh hưởng đến quá trình tuyển nổi. Sự kết dính này có thể xảy ra trong nước, trong lớp bọt tạo thành của quá trình tuyển nổi. Đôi khi sự kết dính làm tăng hiệu quả tuyển nổi, nhưng thông thường nó làm cản trở quá trình này. Các hạt có kích thước nhỏ nổi lên bề mặt rất chậm còn các hạt có kích thước lớn hơn lại nổi lên nhanh trong quá trình tuyển nổi. Mặt khác, sự kết dính bọt khí làm giảm diện tích bề mặt và thời gian lưu của bọt khí trong bể. Do vậy trong quá trình tuyển nổi cần hạn chế tối đa các ảnh hưởng xấu do sự kết dính bọt khí gây ra.

### e. Quá trình bám dính cận vào bọt khí

Khả năng hình thành các keo khí phụ thuộc vào bản chất hạt cận, và có thể phân chia thành ba dạng :

- Các hạt cận va chạm vào bọt khí và dính bám.
- Các bọt khí phát sinh trong lớp cận lơ lửng.
- Đầu tiên trong lớp cận hình thành các bọt khí nhỏ, sau đó chúng va chạm và dính bám với nhau tạo thành các bọt khí lớn có đủ khả năng tuyển nổi.

### g. Quá trình tách cận ra khỏi nước trong bể tuyển nổi

Tách cận ra khỏi nước trong bể tuyển nổi xảy ra theo hai chiều ngược nhau.

- Hỗn hợp cặn khí nổi lên trên, nước trong đi xuống dưới để vào máng thu dẫn ra ngoài. Vận tốc nước đi xuống hay tải trọng bề mặt của bể tuyển nổi và lượng cặn được tách ra phụ thuộc vào tính chất của cặn và tỷ số :

$$\frac{A}{S} = \frac{\text{Trọng lượng không khí hòa tan trong nước}}{\text{Trọng lượng cặn được tách ra khỏi nước}}$$

Trong xử lý nước thường nước nguồn có chứa cặn thô, những hạt cặn nặng, chắc, diện tích bề mặt không phát triển thường không bị đẩy lên bề mặt mà lắng xuống đáy bể, vì vậy bể phải cấu tạo hố thu cặn và thiết bị xả cặn. Tiêu chuẩn thiết kế bể tuyển nổi lấy trong giới hạn:

- Tải trọng bề mặt :  $3 - 10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ .
- Thời gian lưu nước trong bể : 20 - 40 phút.
- Lượng không khí tiêu thụ :  $15 - 50 \text{ lít}/\text{m}^3 \text{ nước}$ .
- Cấu tạo bể tuyển nổi.
  - + Bể tuyển nổi có mặt bằng hình chữ nhật (xem hình 6.50).
  - + Bể tuyển nổi hình tròn (xem hình 6.56).
- Chiều cao ngăn tạo bọt  $H_K = 1,5 \text{ m}$ .
- Đường kính ngăn tạo bọt:

$$D_K = 0,6 \sqrt{\frac{Q}{v_K}}$$

- trong đó:  $Q$  - lưu lượng nước xử lý ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  
 $v_K$  - vận tốc nước trong ngăn lấy  $6 \text{ mm/s}$ ;  
 0,6 - hệ số đổi đơn vị.

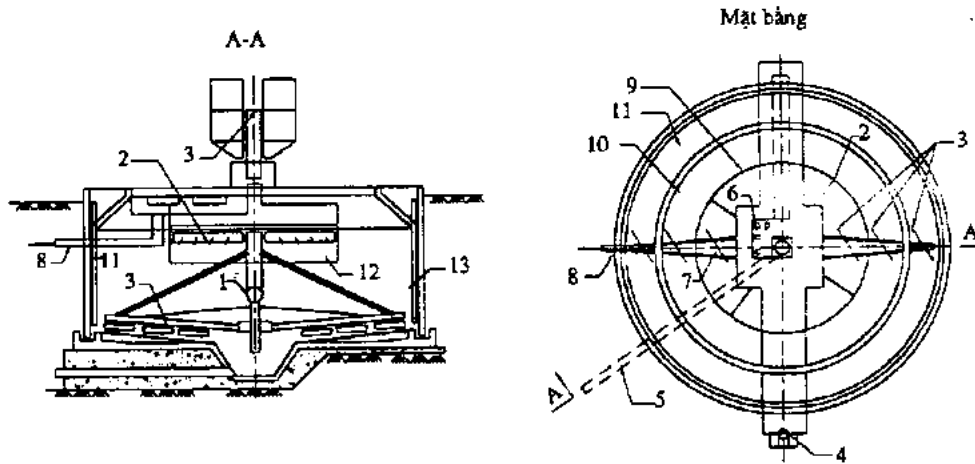
- Thời gian lưu nước trong ngăn là 4 - 6 phút.
- Chiều cao vùng lắng  $H_o = 1,5 \text{ m}$ .
- Tổng chiều cao của bể  $H_\phi = 3 \text{ m}$ .
- Đường kính của bể

$$D_\phi = \sqrt{\frac{4Qt_o}{\pi H_\phi 60}}$$

trong đó:  $t_o$  - thời gian lưu nước trong bể từ 20 - 40 phút.

Sau khi tính toán kích thước bể, kiểm tra tải trọng bề mặt:

$$a = \frac{Q}{F_{be}} \text{ nằm trong khoảng từ } 3 - 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h là được.}$$



Hình 6.56. Bể tuyển nổi hình tròn công suất 150 - 300 m<sup>3</sup>/h

1- ống dẫn nước vào; 2- dàn ống phân phối; 3- hệ thống gạt bột và cào cặn; 4- ống dẫn nước ra; 5- ống tháo cặn ở đáy; 6- hệ truyền động; 7- máng thu cặn nổi; 8- ống tháo cặn nổi; 9- vách ngăn giữa hai buồng; 10- ống phun nước làm tan bọt; 11- vách ngăn thu nước; 12- ngăn tạo bọt khí; 13- ngăn lắng.

### 6.5.3. Tính toán

Quan hệ giữa tỷ số A/S, độ hòa tan của không khí, áp lực cân nén, nồng độ cặn trong nước được biểu diễn bằng phương trình :

#### a. Trường hợp bão hòa khí toàn bộ lượng nước cần xử lý

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3C_K(fP - 1)}{C_c}$$

trong đó: A/S- tỷ lệ *khí/cặn* (ml không khí cho 1 mg cặn) phụ thuộc vào tính chất của cặn thường lấy từ 0,015 - 0,05;

$C_K$  - độ hòa tan của không khí vào nước ml/l.

Nhiệt độ (°C)	0	10	20	30
$C_K$ (ml/l)	29,2	22,8	18,7	15,7

f - hệ số tỷ lệ của độ hòa tan không khí vào nước tại áp lực P thường lấy  $f = 0,5$ ;

P - áp lực tính bằng at,

$$P = \frac{p + 101,5}{101,5};$$

$p$  - áp lực áp kế (kPa);

$C_c$  - nồng độ cặn (mg/l).

**b. Trường hợp bão hòa khí một phần nước xử lý tuần hoàn lại**

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3C_K(fP - 1)R}{C_c \cdot Q},$$

trong đó:  $R$  - lượng nước tuần hoàn hay lượng nước thô đưa vào bình áp lực ( $m^3/ngày$ );

$Q$  - lượng nước thô cần xử lý ( $m^3/ng$ ).

Trong hai phương trình trên : tử số biểu thị trọng lượng khí bão hòa trong nước, mẫu số biểu thị trọng lượng cặn cần xử lý:

$C_K$  - độ hòa tan của không khí vào nước (ml/l);

$C_c$  - tổng hàm lượng cặn trong nước sau khi đánh phèn (mg/l);

1,3 - tỷ trọng khí.

Tỷ số  $A/S$  phụ thuộc vào kích thước, tỷ trọng và trạng thái bề mặt của bông cặn, thường lấy bằng 0,015 đến 0,05.

**Ví dụ tính toán:**

Ví dụ 1. Thiết kế bể tuyển nổi hình tròn công suất  $Q = 1000 m^3/ngày$ .

- Tổng hàm lượng cặn sau khi keo tụ bằng phèn  $C_c = 800 mg/l$ .

- Nhiệt độ  $t = 20^\circ C$ . Tỷ số  $A/S = 0,02$ .

- Độ hòa tan bão hòa của khí 18,7 ml/l nước.

- Thời gian lưu nước trong bể : 30 phút.

**Giải:**

- Tính áp lực nén trong bình  $P$  : trường hợp bão hòa 100% lượng nước :

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3C_K(fP - 1)}{C_c};$$

$$0,02 = \frac{1,3 \cdot 18,7(0,5P - 1)}{800};$$

$$P = 3,316 atm = \frac{p + 101,5}{101,5};$$

$$p = 235,1 kPa.$$

- Lưu lượng khí cần  $Q = 0,02.S \cdot \frac{1}{0,7}$  lít /phút  $= 0,02 \times 555 \times \frac{1}{0,7} = 16$  l/ph.

Dưới áp lực dư  $p = 235,1$  kPa lượng khí dùng để bão hòa 70%.

- Lượng cần  $S$  lấy ra trong 1 phút tính bằng gam.

$$S = 0,8g/l \cdot \frac{1000l/m^3 \cdot 1000m^3/ng}{24(gio) \cdot 60(phut)} = 555,5 g/ph$$

- Chọn máy bơm gió :  $Q = 0,016$  m<sup>3</sup>/ph ;  $p = 250$  kPa

- Máy bơm nước :  $Q = 1000$  m<sup>3</sup>/ngày ;  $H = 25$  m.

- Bình áp lực có thể tích lưu nước 2 phút  $W = 1.400$  lít  $= 1,4$  m<sup>3</sup>.

Bình làm bằng thép, có van an toàn xả khí dư, áp lực làm việc 2,5 kG/cm<sup>2</sup>, áp lực thử 6 kG/cm<sup>2</sup>.

- Thể tích bể tuyển nổi  $t = 30$  phút nước lưu :

$$W = \frac{1000 \cdot 30}{24 \cdot 60} = 20,8m^3$$

- Chiều cao bể  $H_b = 3$ m. Diện tích bể  $= 20,8/3 = 7m^2$

- Tải trọng bề mặt :  $a = Q/F = 1000/24 \times 7 = 5,95$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h

**Ví dụ 2.** Cần phải giảm hàm lượng cặn trong nước từ 680 mg/l xuống 100 mg/l. Công suất của trạm xử lý nước :  $Q = 500$  m<sup>3</sup>/h. Yêu cầu chọn kích thước và số xi-clon cần thiết để đảm bảo yêu cầu lắng.

**Giải:**

Tỷ lệ phần trăm lắng cặn cần thiết:

$$\frac{680 - 100}{680} = 85,5\%$$

Theo đường cong lắng cặn, ứng với phần trăm lắng 85,5% thì tốc độ lắng tính của hạt bé nhất cần giữ lại trong xi-clon bằng 0,45 mm/s. Theo biểu đồ hình (6.46) tìm được: Cặn có độ thô thủy lực 0,45 mm/s sẽ được giữ lại trong xi-clon có đường kính 75 mm ứng với tổn thất áp lực  $\Delta P = 0,75$  kG/cm<sup>2</sup> hay xi-clon có đường kính 150 mm với tổn thất áp lực  $\Delta P = 1,5$ kG/cm<sup>2</sup>.

Theo công thức (6.61) ta tìm được công suất của xi-clon đường kính 750 mm (tổn thất áp lực  $\Delta H = 7,5$  m)  $q_1 = 5$  m<sup>3</sup>/h. Còn xi-clon đường kính 150 mm (tổn thất áp lực  $\Delta H = 15$  m)  $q_2 = 12$  m<sup>3</sup>/h.

Số lượng xi-clon làm việc đồng thời cần để lắng lưu lượng nước :  $Q = 500$  m<sup>3</sup>/h

Loại có đường kính 75 mm là  $n_1 = 500:5 = 100$  cái.

Loại đường kính 150 mm là  $n_2 = 500:12 = 42$  cái.



## 7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Bể lọc được dùng để lọc một phần hay toàn bộ cặn bản có trong nước tùy thuộc vào yêu cầu đối với chất lượng nước của các đối tượng dùng nước. Bể lọc gồm: Vỏ bể, lớp vật liệu lọc, hệ thống thu nước lọc và phân phối nước rửa, hệ thống dẫn nước vào bể lọc và thu nước rửa lọc.

Tốc độ lọc tính bằng m/h là đại lượng biểu thị số lượng nước ( $m^3$ ) lọc qua  $1 m^2$  diện tích của lớp vật liệu lọc trong thời gian 1 giờ. Tốc độ lọc được xác định bằng cách chia lưu lượng nước đi vào bể lọc  $Q$  ( $m^3/h$ ) cho diện tích  $F$  ( $m^2$ ) của bể lọc:

$$v = \frac{Q}{F}, \text{ (m/h)}. \quad (7.1)$$

Nước được lọc qua bể lọc do hiệu số áp lực ở cửa vào và cửa ra của bể. Hiệu số áp lực đối với bể lọc hở bằng hiệu số cột mực nước ở trong bể và chiều cao cột nước trong ống thu nước lọc dẫn về bể chứa. Hiệu số áp lực trước và sau lớp vật liệu lọc gọi là tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc. Tổn thất áp lực tại thời điểm khi bể lọc bắt đầu làm việc gọi là tổn thất ban đầu, bằng tổn thất khi lọc nước sạch qua lớp vật liệu sạch.

Tổn thất ban đầu trong lớp vật liệu lọc phụ thuộc vào tốc độ lọc, độ nhớt của nước, kích thước và hình dạng của các lỗ rỗng trong lớp vật liệu lọc, chiều dày của lớp lọc. Trong quá trình lọc số lượng cặn bản trong nước do vật liệu lọc giữ lại ngày càng tăng, cho nên tổn thất áp lực qua lớp lọc cũng không ngừng tăng lên, khi đến một trị số giới hạn, lớp vật liệu lọc bị nhiễm bẩn hoàn toàn. Lớp vật liệu lọc có thể là các hạt hoặc là lưới cứng, màng lọc, hoặc gạch xốp v.v...

Khi tổn thất áp lực trong lớp lọc đạt được trị số giới hạn hoặc khi chất lượng nước lọc xấu hơn quy định thì rửa lớp vật liệu lọc bằng nước hoặc bằng các biện pháp cơ học khác.

### ■ Theo đặc điểm của vật liệu lọc chia ra

- *Vật liệu lọc dạng hạt*: lớp lọc gồm các hạt cát, thạch anh nghiền, than antraxit, đá hoa macnetit ( $Fe_3O_4$ )...
- *Lưới lọc*: lớp lọc là lưới có mắt lưới đủ bé để giữ lại các cặn bẩn trong nước.
- *Màng lọc*: lớp lọc là vải bông, vải sợi thủy tinh, vải sợi nilông, màng nhựa xốp...

Vật liệu lọc dạng hạt được ứng dụng rộng rãi và phổ biến nhất trong lĩnh vực xử lý nước. Lưới lọc dùng để làm sạch sơ bộ hoặc để lọc ra khỏi nước chất phù du rong, tảo và sinh vật. Màng lọc dùng trong các bể lọc để cấp nước lưu động.

Tùy theo tốc độ lọc bể lọc có vật liệu lọc hạt chia ra:

- Bể lọc chậm: Tốc độ lọc 0,1 - 0,5 m/h.
- Bể lọc nhanh: Tốc độ lọc 2 - 15 m/h.
- Bể lọc cực nhanh: Tốc độ lọc 25 m/h trở lên.

Bể lọc nhanh có thể là bể lọc hở hay bể áp lực, bể lọc chậm chỉ cấu tạo là bể lọc hở, còn bể lọc cực nhanh chỉ có thể là bể lọc áp lực.

### ■ Theo độ lớn của hạt vật liệu lọc chia ra

- *Bể lọc hạt bé* (ở bể lọc chậm) kích thước hạt của lớp trên cùng bé hơn 0,4mm.
- *Bể lọc hạt trung bình* (kích thước lớp hạt trên cùng bé hơn 0,4 - 0,8mm).
- *Bể lọc hạt cỡ lớn* (kích thước lớp hạt trên cùng lớn hơn 0,8mm) dùng để lọc sơ bộ.

Lớp lọc của bể lọc nhanh có thể là các hạt đồng nhất về kích thước và trọng lượng riêng (bể lọc cát thạch anh) hoặc có thể gồm vật liệu hạt không đồng nhất (bể lọc hai lớp, lớp trên là than antraxit lớp dưới là cát thạch anh).

Trong các bể lọc chậm, nước đi qua lớp lọc từ trên xuống dưới. Trong các bể lọc nhanh, hướng chuyển động của nước khi đi qua lớp vật liệu lọc có thể khác nhau (từ trên xuống ở bể lọc nhanh thường, từ dưới lên ở bể lọc tiếp xúc, từ trong ra từ trên xuống ở bể lọc hai chiều v.v...)

Khi lọc nước, tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc tăng lên, còn độ chênh áp lực của bể lọc không đổi nên vận tốc lọc giảm dần. Bể lọc có thể làm việc với tốc độ lọc thay đổi (tốc độ lớn ở đầu chu kỳ, tốc độ bé cuối chu kỳ) hoặc với vận tốc cố định trong suốt chu kỳ lọc. Cố định tốc độ lọc bằng thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc.

Đến cuối chu kỳ lọc, tổn thất qua lớp vật liệu lọc đạt đến trị số giới hạn, vận tốc lọc trở nên bé hơn vận tốc tính toán làm cho công suất bể lọc giảm. Để khôi phục lại khả năng lọc của lớp lọc và công suất của bể lọc, phải tiến hành rửa lớp vật liệu lọc, ở các bể lọc nhanh, rửa lọc tiến hành ngay trong bể bằng dòng nước đi từ dưới lên với cường độ đủ để đẩy cặn bẩn ra ngoài, còn ở các bể lọc chậm, để rửa lớp vật liệu lọc, xúc lớp cát trên dày 2-3 cm ra ngoài, cọ rửa sạch cặn bẩn rồi lại chất vào bể lọc. Thời gian làm việc của bể lọc trong 1 chu kỳ (giữa 2 lần rửa lọc) phụ thuộc vào tính chất và số lượng cặn bẩn có trong nước, vào tốc độ lọc, độ dày và độ rộng của lớp vật liệu hạt.

## 7.2. VẬT LIỆU CỦA BỂ LỌC HẠT

Thường dùng cát thạch anh ở các bãi sông hay ở các mỏ cát lộ thiên, thạch anh nghiền, đá hoa nghiền, macnetit ( $Fe_3O_4$ ), keramrit, làm vật liệu lọc trong các bể lọc hạt.

Khi chọn vật liệu lọc xuất phát từ giá thành và điều kiện khai thác, vận chuyển, đồng thời phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Đảm bảo được thành phần hạt theo yêu cầu phân loại;
- Đảm bảo mức đồng nhất về kích thước hạt;
- Đảm bảo độ bền cơ học;
- Đảm bảo độ bền về hóa học đối với nước lọc.

Độ lớn và độ đồng nhất của hạt trong lớp vật liệu lọc xác định bằng phân tích rây trên một số cỡ rây khác nhau. Sau khi chọn được bộ rây với kích thước mỗi cỡ rây chênh nhau không quá 25mm, tiến hành sàng mẫu vật liệu để xác định thành phần hạt. Lấy bất kỳ một mẫu nào đó của vật liệu lọc nặng 300g sấy khô ở nhiệt độ <sup>102°-105°</sup> đến trọng lượng không đổi, cân lấy 200g (với độ chính xác 0,01 g) và sàng qua bộ rây có kích thước đã chọn, đem cân để tìm trọng

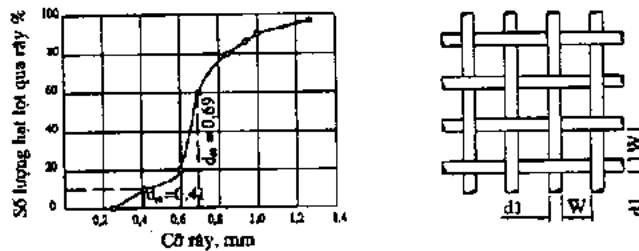
0,25mm

lượng của số hạt lọt qua rây và ghi vào bảng. Ở đây cho một ví dụ về kết quả phân tích rây (bảng 7.1).

**Bảng 7.1.** Mẫu ghi kết quả phân tích rây vật liệu lọc

Cỡ rây <i>mm</i>	Còn lại trên rây		Lọt qua rây	
	<i>g</i>	%	<i>g</i>	%
0,25	18	9	2	1
0,41	12	6	20	10
0,56	71	35,5	32	16
0,68	60	30	103	51,5
0,80	18	9	163	81,5
0,94	11	5,5	181	90,5
1,01	6	3	192	96,6
1,28	2	1	198	99,0

Theo số liệu thu được trong bảng (7.1) lập biểu đồ kết quả phân tích rây vật liệu lọc: trục tung ghi hàm lượng % cỡ hạt lọt qua rây, trục hoành ghi cỡ rây (hình 7.1).



**Hình 7.1.** Biểu đồ kết quả phân tích vật liệu lọc bằng rây

Dựa vào biểu đồ 7.1 có thể xác định các chỉ tiêu cơ bản của lớp vật liệu lọc.

a) Đường kính tương đương của lớp vật liệu hạt, xác định theo công thức:

$$d_{td} = \frac{100}{\sum \frac{P_i}{d_i}}, \text{ (mm)}, \quad (7.2)$$

trong đó:  $P_i$  - số phần trăm lượng cát (tính theo trọng lượng) còn lại trên rây có đường kính lớn hơn hoặc bằng kích thước mắt rây

tương ứng d<sub>i</sub>. Đối với vật liệu lọc cho kết quả phân tích rây ghi ở bảng (7.1) có đường kính tương đương bằng:

$$d_{td} = \frac{100}{\frac{1}{1,28} + \frac{3,1}{1,01} + \frac{5,5}{0,94} + \frac{9}{0,8} + \frac{30}{0,68} + \frac{35,5}{0,56} + \frac{6}{0,41} + \frac{9}{0,25}} = 0,56 \text{ mm}$$

- b) Hệ số không đồng nhất của lớp vật liệu lọc là tỷ số của đường kính d<sub>60</sub> và đường kính d<sub>10</sub> - đường kính d<sub>10</sub> là kích thước của cỡ rây khi sàng cho lọt qua 10% tổng số hạt và d<sub>60</sub> - kích thước của cỡ rây khi sàng cho lọt qua 60% tổng số hạt.

$$K = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Đối với vật liệu lọc kết quả phân tích rây trên biểu đồ hình (7.1)

$$K = \frac{0,69}{0,41} = 1,68$$

và đường kính trung bình của lớp vật liệu lọc d<sub>50</sub> = 0,65 mm.

**Độ bền cơ học** là một chỉ tiêu chất lượng rất quan trọng của vật liệu lọc. nếu vật liệu lọc có độ bền cơ học không đạt yêu cầu thì khi rửa lọc, các hạt nằm trong tình trạng chuyển động hỗn loạn, va chạm vào nhau sẽ bị bào mòn và vỡ vụn; các mảnh vụn do phân loại thủy lực khi rửa sẽ dồn lên trên mặt lớp vật liệu làm tăng tổn thất áp lực khi lọc và dẫn đến rút ngắn thời gian của chu kỳ lọc. Mặt khác hạt cát bị bào mòn, mảnh vụn sẽ bị cuốn theo dòng nước rửa ra ngoài, dần dần lớp vật liệu lọc không còn đủ chiều dày quy định làm cho chất lượng nước lọc xấu đi.

Đánh giá độ bền cơ học của lớp vật liệu lọc bằng hai chỉ tiêu, độ bào mòn và độ vỡ vụn.

Để xác định các chỉ tiêu này lấy 100 g vật liệu lọc lọt qua rây cỡ 1 mm và còn lại trên rây cỡ 0,5 mm đã được sấy khô, cho vào bình thủy tinh có 150ml nước cất, lắc đều trong 24 h trên máy rung thí nghiệm. Sau 24 h lấy vật liệu lọc ra, sấy khô ở nhiệt độ 105°C đến trọng lượng không đổi.

Độ bào mòn được xác định bằng số phần trăm trọng lượng hạt của mẫu thử đi qua rây cỡ 0,25 mm.

Độ vỡ vụn được xác định bằng số phần trăm trọng lượng hạt của mẫu thử đi qua rây cỡ 0,5 mm nhưng nằm trên rây cỡ 0,25 mm. Vật liệu lọc có độ bền cơ học đảm bảo khi độ vỡ vụn không lớn hơn 4% và độ bào mòn không lớn hơn 0,5%.

**Độ bền hóa học** đối với nước của lớp vật liệu lọc cũng là chỉ tiêu quan trọng, nó đảm bảo cho nước lọc không bị nhiễm bẩn bởi các chất có hại cho sức khỏe của người hoặc có hại đến quy trình công nghệ của sản phẩm nào đó khi dùng nước. Đánh giá độ bền hóa học của vật liệu lọc như sau:

Lấy ba bình thí nghiệm, cho vào mỗi bình 10 g vật liệu lọc cân thử đã rửa sạch và sấy khô ở 60°C. Sau đó rót vào mỗi bình 500 ml nước cất, pha vào bình thứ nhất 250 mg NaCl (muối tinh khiết, môi trường trung tính), pha vào bình thứ hai 100 mg HCl (môi trường axit) và pha vào bình thứ ba 100 mg NaOH (môi trường kiềm).

Cứ sau bốn giờ lại lắc các bình thí nghiệm một lần, sau 24 h (6 lần lắc) đem lọc qua giấy lọc. Phân tích nước lọc của ba mẫu để tìm các chỉ tiêu: cặn hòa tan, độ oxy hóa, nồng độ H<sub>2</sub>S. Vật liệu lọc có độ bền hóa học đảm bảo khi: hàm lượng cặn hòa tan không lớn hơn 20 mg/l; độ oxy hóa ≤ 10mg/l; hàm lượng axit silixic ≤ 10 mg/l.

Cát thạch anh, than antraxit thường thỏa mãn độ bền hóa học theo yêu cầu đã nêu.

### 7.3. VẬT LIỆU ĐỠ

Lớp vật liệu đỡ đặt giữa lớp vật liệu lọc và hệ thống ống thu nước lọc, phân phối nước rửa. Chức năng của lớp đỡ là ngăn không cho hạt vật liệu lọc chui qua lỗ của hệ thống ống thu nước ra ngoài, ngoài ra lớp vật liệu đỡ còn có tác dụng phân phối đều nước rửa theo diện tích của bề lọc. Sỏi hoặc đá dăm dùng làm lớp đỡ phải có độ bền cơ học và hóa học thỏa mãn yêu cầu nêu trong mục 7.2, và không chứa hơn 10% hạt là đá vôi. Trong mỗi lớp của vật liệu đỡ đường kính của hạt lớn nhất  $d_{max}$  không được vượt quá hai lần đường kính hạt bé nhất. Kích thước hạt bé nhất của lớp trên cùng của vật liệu đỡ (trên lớp này là vật liệu lọc) không được lớn quá hai lần kích thước hạt của lớp vật liệu lọc.

Chiều dày của các lớp đỡ trong bể lọc dùng hệ thống ống khoan lỗ để phân phối nước rửa lọc trở lực lớn được chọn theo số liệu sau:

<i>Độ lớn của hạt (mm)</i>	<i>Chiều dày lớp đỡ (mm)</i>
16 - 32	Mặt trên của lớp này cao hơn lỗ của hệ thống ống phân phối nước 100 mm
8 - 16	100
4 - 8	100
2 - 4	50

Cần lưu ý rằng lớp đỡ làm tăng chiều cao của bể lọc, do đó làm tăng giá thành xây dựng bể. Mặt khác khi rửa lọc, lớp đỡ có thể bị xáo trộn, gây ra các hố lõm trên mặt bể lọc, phá hoại sự làm việc bình thường của bể lọc, vì thế khi thiết kế bể lọc tốt nhất là dùng hệ thống phân phối nước rửa lọc có thể đổ trực tiếp vật liệu lọc lên trên mà không cần lớp đỡ.

#### 7.4. LÝ THUYẾT CƠ BẢN CỦA QUÁ TRÌNH LỌC NƯỚC

Khi lọc nước có chứa các cặn bẩn qua lớp cát hay các lớp vật liệu hạt khác có thể xảy ra các quá trình sau:

- a) Cặn bẩn chứa trong nước lắng đọng thành màng mỏng trên bề mặt của lớp vật liệu lọc (thường gọi là màng lọc).
- b) Cặn bẩn chứa trong nước lắng đọng trong các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc.
- c) Một phần cặn lắng đọng trên bề mặt tạo thành màng lọc, còn một phần khác thì lắng đọng trong các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc.

Khi cặn bẩn lắng đọng tạo thành màng lọc trên mặt lớp vật liệu lọc tức là đã tạo ra một lớp lọc phụ có độ rỗng rất bé, có khả năng giữ lại những cặn rất bé phân tán trong nước. Tổn thất thủy lực của màng lọc tăng nhanh, do vậy phải tiến hành rửa bể lọc thường xuyên, để tẩy rửa cặn bẩn chứa trong lớp vật liệu lọc trên cùng kể cả màng lọc.

Khi vận tốc lọc lớn, màng lọc không được tạo thành bởi vì lực thủy động quá lớn sẽ phá vỡ các vòm do cặn bẩn tạo ra ở các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc, cặn bẩn sẽ chui xuống lớp vật liệu lọc nằm phía dưới v.v..

Màng lọc thường được tạo ra trên bề mặt của lớp cát ở bể lọc chậm. Trong các bể lọc nhanh màng lọc thường không được tạo ra, cặn bẩn cùng với nước đi vào chiều dày của lớp vật liệu lọc, bị dính kết và hấp thụ lên bề mặt hạt của lớp lọc. Đường kính hạt vật liệu lọc và tốc độ lọc càng lớn thì chiều sâu xâm nhập của cặn bẩn vào lớp vật liệu lọc càng lớn. Diện tích và kích thước của hạt cặn có ảnh hưởng rất lớn đến sự hấp thụ và dính kết của cặn lên bề mặt các hạt của lớp vật liệu lọc. Nếu cặn bẩn có độ bền vững, độ phân tán cao và mang diện tích cùng dấu với diện tích bề mặt hạt vật liệu lọc thì bể lọc sẽ không lọc được cặn như vậy.

### 7.4.1. Quy luật của quá trình lọc nước qua màng lọc tạo ra trên bề mặt lớp cát (bể lọc chậm)

Giả thiết rằng các hạt cặn được giữ lại trên màng lọc là không nén được và có thể tích bằng nhau, bằng thể tích của hạt hình cầu đường kính  $d$ . Hệ số hình dạng của các hạt cặn là  $\Phi$ , độ rỗng của màng lọc là  $p$ . Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định được tổn thất áp lực qua màng lọc theo công thức:

$$H = K_p \frac{\mu v}{\Phi^2 d^2} \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} L \quad (\text{mét cột nước}) \quad (7.3)$$

trong đó:  $k_p$  - hệ số có thứ nguyên;

$\mu$  - độ nhớt động học của nước;

$v$  - vận tốc lọc;

$L$  - chiều dày của màng lọc.

Giả sử trong  $1 \text{ m}^3$  nước chứa  $M$  tấn cặn có trọng lượng riêng  $\gamma$  ( $\text{t/m}^3$ ), qua thời gian  $dt$  trên diện tích  $1 \text{ m}^2$  của bể lọc, màng lọc được tạo ra có thể tích:

$$dw = \frac{M}{\gamma} \cdot F \cdot v \cdot dt. \quad (7.4)$$

Chiều dày của màng:

$$dL = \frac{dw}{F} = \frac{M \cdot v \cdot dt}{\gamma}$$

Tổn thất áp lực qua màng sẽ là:

$$dH = K_p \frac{\mu v}{\Phi^2 d^2} \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} \frac{M \cdot v \cdot dt}{\gamma} \quad (7.5)$$

Các hệ số  $K_p$ ,  $\Phi$ ,  $d$ ,  $p$ ,  $\gamma$  đặc trưng cho tính chất của cặn. Gộp các hệ số này lại và gọi là tổn thất đơn vị của cặn, ký hiệu bằng chữ  $\beta$ . Ta có:

$$\beta = K_p \frac{(1-p)^2}{\Phi^2 d^2 p^3 \gamma}; \quad (7.6)$$

$$dH = \beta \mu M v^2 dt. \quad (7.7)$$

Tốc độ tăng tổn thất áp lực qua màng lọc sẽ là:

$$\frac{dH}{dt} = \beta \mu M v^2. \quad (7.8)$$

Như vậy khi lọc nước có chứa cặn bần không nén được qua lớp màng lọc, tốc độ tăng tổn thất tỷ lệ bậc nhất với hàm lượng cặn  $M$  có trong nước và tỷ lệ bậc



hai với tốc độ lọc  $v$ . Tích phân phương trình (7.8) thu được công thức để tính toán tổn thất qua màng lọc  $H$  ở thời điểm bất kỳ kể từ đầu chu kỳ lọc.

$$H = \beta \mu M v^2 T + H_0, \quad (7.9)$$

trong đó:  $H_0$  - tổn thất áp lực trong lớp cát sạch (tổn thất ban đầu của bể lọc).

Giải phương trình (7.9) đối với  $T$ , xác định được thời gian của một chu kỳ lọc.

$$T_0 = \frac{H_1 - H_0}{\beta \mu M v^2}, (h), \quad (7.10)$$

trong đó:  $H_1$  - độ chênh áp của bể lọc theo thiết kế.

Đại bộ phận cặn tạo ra khi xử lý nước là cặn nén được. Độ rỗng của chúng giảm khi tăng độ chênh áp lực qua màng lọc, nên tổn thất đơn vị của cặn  $\beta$  tăng lên khi chiều dày và tổn thất áp lực qua màng tăng lên.

$$\beta = \beta_0 \cdot H^n, \quad (7.11)$$

trong đó:  $n$  - chỉ số nén cặn.

Thay giá trị của  $\beta$  vào (7.8):  $\frac{dH}{dt} = \beta_0 H^n \mu M v^2. \quad (7.8a)$

Khi  $n \neq 1$ , tích phân phương trình (7.8a) trong khoảng thời gian từ 0 đến  $T_0$  với giá trị  $H$  thay đổi từ  $H_0$  đến  $H_1$  ta có:

$$T_0 = \frac{H_1^{1-n} - H_0^{1-n}}{(1-n)\beta_0 \mu M v^2}, (h). \quad (7.12)$$

Các hệ số  $n, \beta_0$  đặc trưng cho tính chất của cặn xác định bằng thực nghiệm.

#### 7.4.2. Quy luật của quá trình lọc nước qua lớp vật liệu lọc giữ cặn bản trong các lỗ rỗng (lọc nhanh)

Khi lọc nước qua lớp vật liệu lọc, cặn bản bị lớp vật liệu lọc giữ lại còn nước được làm trong, cặn tích lũy dần trong các lỗ rỗng làm tăng tổn thất thủy lực của lớp lọc.

Lọc trong nước là quá trình làm việc cơ bản của bể lọc, còn tăng tổn thất áp lực của lớp vật liệu lọc là quá trình đi kèm với quá trình lọc. Nên cả hai quá trình cần phải tính đến khi tính toán, thiết kế và quản lý bể lọc.

Sự tách cặn bản ra khỏi nước và dính kết chúng lên bề mặt hạt của lớp lọc xảy ra do tác dụng của lực dính kết. Cặn bản lắng đọng trong lớp vật liệu lọc có cấu trúc không bền vững, dưới tác dụng của lực thủy động khi nước chuyển

động qua lỗ rỗng của lớp vật liệu, cấu trúc của cặn bị phá vỡ và một phần cặn đã được dính kết vào bề mặt hạt lớp lọc bị tách ra đi theo nước xuống các lớp nằm ở phía dưới, ở đây do lực dính kết lớn hơn lực thủy động những cặn bẩn này lại được dính kết vào bề mặt của hạt mới.

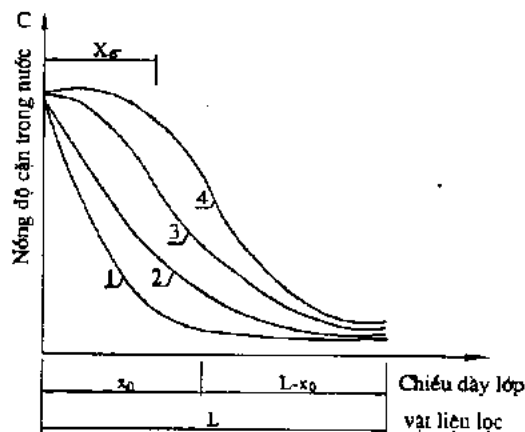
Hiệu quả lọc nước ở mỗi lớp lọc nguyên tố là kết quả của hai quá trình ngược nhau: quá trình cặn bẩn tách ra khỏi nước và gắn lên bề mặt của hạt dưới tác dụng của lực dính kết và quá trình tách các hạt cặn bẩn đã bám lên bề mặt của hạt để chuyển chúng ngược lại vào nước dưới tác dụng của lực thủy động. Quá trình lọc nước ở mỗi lớp lọc nguyên tố xảy ra cho đến khi mà cường độ dính kết các hạt cặn bẩn vào bề mặt hạt cát còn lớn hơn cường độ tách chúng. Do quá trình tích lũy ngày càng nhiều cặn bẩn trong các lỗ rỗng của cát lọc, cường độ tách cặn do lực thủy động gây ra ngày càng tăng. Hiện tượng dính kết và tách cặn quyết định sự tiến triển của quá trình lọc nước, theo chiều dày lớp vật liệu lọc và theo thời gian lọc.

Trên hình (7.2) giới thiệu sự tiến triển của quá trình lọc nước. Trên biểu đồ vẽ các đường cong thay đổi nồng độ cặn trong nước theo chiều dày của lớp vật liệu lọc. Mỗi đường cong ứng với một thời điểm nhất định của quá trình lọc  $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ . Đường cong (1) đặc trưng cho thời kỳ đầu của quá trình ngay sau khi một lượng nước lọc đầu tiên đi qua bể lọc.

Tại thời điểm  $t_1$  số lượng cặn tích lũy trong lớp vật liệu lọc bé đến mức hiện tượng tách cặn không có ảnh hưởng đến sự tiến triển của quá trình, nên đường cong (1) chỉ rõ sự thay đổi nồng độ cặn trong nước theo chiều dày của lớp vật liệu lọc dưới tác dụng của lực dính kết.

Ở đầu quá trình lọc, nước được lọc trong sau khi đi qua lớp vật liệu có chiều dày  $x_0$  (hình 7.2). Trong các lớp còn lại có chiều dày  $L - X_0$  nồng độ cặn trong nước thay

đổi không đáng kể hoặc không thay đổi. Điều đó chứng tỏ trong nước còn một lượng cặn có đặc tính lý hóa hoàn toàn khác, không có khả năng dính kết lên

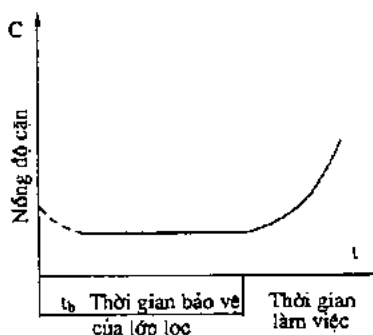


Hình 7.2. Diễn biến của quá trình lọc theo chiều dày lớp vật liệu lọc

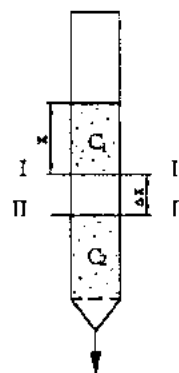
bề mặt hạt của lớp vật liệu lọc. Độ trong của nước sau bể lọc hoàn toàn phụ thuộc vào hàm lượng cặn có tính chất như vậy. Thời gian lọc tăng lên, số lượng cặn tích lũy trong lớp vật liệu lọc tăng lên, số lượng cặn đã bám vào bề mặt các hạt cát lọc bị dòng nước đẩy xuống lớp dưới cũng ngày càng tăng và vai trò của các lớp vật liệu nằm gần sát bề mặt trong quá trình lọc nước giảm dần (đường cong (2), (3), (4) hình (7.2)). Sau một thời gian làm việc các lớp này bị bão hòa bởi cặn bẩn bám vào và chúng mất hoàn toàn khả năng lọc nước. Chiều dày của lớp vật liệu tại thời điểm  $t_1$  nằm trong tình trạng bão hòa là đoạn  $x$  trên đường cong (4).

Theo thời gian vai trò của các lớp lọc nằm phía trên giảm dần, còn vai trò của các lớp nằm phía dưới thì tăng dần và chiều dày của lớp lọc cần thiết  $x_1$  để lọc trong nước cũng tăng dần lên. Cuối cùng đến một thời điểm khi mà toàn bộ chiều dày của lớp vật liệu lọc có trong bể lọc không đủ để lọc nước đến độ trong đã quy định, nồng độ cặn trong nước lọc bắt đầu tăng lên rất nhanh (đường cong (4) trên hình (7.2)).

Thời gian làm việc mà lớp vật liệu lọc có chiều dày  $L$  đảm bảo lọc nước đến độ trong quy định gọi là *thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc*. Chừng nào bể lọc làm việc chưa hết thời gian bảo vệ thì nước lọc còn đảm bảo chất lượng quy định. Sau thời gian bảo vệ, chất lượng nước lọc xấu đi rõ ràng.



Hình 7.3. Sự thay đổi nồng độ cặn trong nước lọc theo thời gian



Hình 7.4. Sơ đồ tính bề dày lớp vật liệu lọc

Nhiệm vụ cơ bản của việc nghiên cứu quá trình lọc nước là xác định thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc.

### 7.4.3. Thành lập phương trình vi phân của quá trình lọc nước

Tách lớp vật liệu lọc nguyên tố có chiều dày  $\Delta x$  và cách bề mặt một đoạn  $x$  bằng mặt cắt ngang I - I và II - II (hình 7.4).

Diện tích mặt cắt ngang của lớp lọc chọn bằng đơn vị. Nước lọc khi đi đến mặt cát I - I có hàm lượng cặn  $C_1$ , đi qua mặt cát II - II nước có hàm lượng cặn  $C_2$ . Hàm lượng cặn trong nước giảm một lượng bằng:

$$\Delta C = -(C_2 - C_1) = -\frac{\partial C}{\partial x} \Delta x. \quad (7.13)$$

Đạo hàm riêng  $\frac{\partial C}{\partial x}$  là gradien nồng độ nghĩa là đại lượng biểu thị sự thay đổi nồng độ cặn trong nước trên một đơn vị chiều dày của lớp vật liệu lọc. Gradien nồng độ biểu thị bằng đạo hàm riêng bởi vì nồng độ của cặn ở mỗi mặt cắt ngang phụ thuộc vào hai biến số: (x) khoảng cách từ mặt lớp vật liệu và (t) thời gian làm việc của quá trình lọc, dấu (-) ở phương trình (7.13) biểu thị sự giảm của nồng độ cặn trong nước khi tăng khoảng cách x kể từ bề mặt của lớp vật liệu lọc.

Qua một đơn vị diện tích của lớp lọc chiều dày  $\Delta x$  sau một đơn vị thời gian lọc được một thể tích với tốc độ lọc v. Do đó tổng trọng lượng cặn do lớp lọc nguyên tố có chiều dày  $\Delta x$  giữ lại sau một đơn vị thời gian bằng:

$$\Delta Q = v \Delta C = -v \frac{\partial C}{\partial x} \Delta x. \quad (7.14)$$

Cặn bám vào bề mặt của hạt theo sự tiến triển của quá trình lọc. Số lượng cặn bám trong lớp vật liệu chiều dày  $\Delta x$  bằng  $\rho \cdot \Delta x$ , còn tốc độ tích lũy cặn bám, hay là tổng số lượng cặn bám sau một đơn vị thời gian bằng:

$$\Delta Q = \frac{\partial \rho}{\partial t} \Delta x, \quad (7.15)$$

trong đó:  $\rho$  - mật độ bão hòa cặn của lớp vật liệu, tức là tổng trọng lượng cặn bám trong một đơn vị thể tích của lớp vật liệu lọc tại một thời điểm nhất định của quá trình lọc nước. Cân bằng phương trình (7.14) và (7.15) thu được:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -v \frac{\partial C}{\partial x}. \quad (7.16)$$

Phương trình vi phân (7.16) là phương trình cân bằng vật chất, nó chỉ ra rằng: số lượng cặn do lớp vật liệu lọc chiều dày  $\Delta x$  được tách ra khỏi nước trong một đơn vị thời gian đúng bằng số lượng cặn tích lũy trong lớp vật liệu trong cùng một đơn vị thời gian. Phương trình (7.16) có hai biến số C và  $\rho$ , do đó cần phải thành lập một phương trình nữa thể hiện được bản chất vật lý của quá trình lọc. Hiệu quả lọc nước là kết quả của hai quá trình ngược nhau: quá trình tách cặn ra khỏi nước cho chúng bám vào bề mặt hạt và quá trình

tách cặn đã bám vào hạt vật liệu lọc, chuyển chúng trở lại vào nước dưới tác dụng của lực thủy động. Do đó lượng giảm nồng độ cặn trong nước khi lọc qua lớp nguyên tố có chiều dày  $\Delta x$  có thể biểu diễn bằng phương trình:

$$\Delta C = \Delta C_1 - \Delta C_2, \quad (7.17)$$

trong đó:  $\Delta C_1$  - lượng giảm nồng độ cặn do dính kết;

$\Delta C_2$  - lượng tăng nồng độ cặn do tách từ bề mặt hạt ra.

Lượng giảm nồng độ cặn do dính kết tỷ lệ với nồng độ trung bình của cặn có trong nước  $C$ , ngoài ra nó tỷ lệ với chiều dày  $\Delta x$  của lớp lọc,:

$$\Delta C_1 = b \cdot C \cdot \Delta x. \quad (7.18)$$

Lượng tăng nồng độ cặn do tách từ bề mặt các hạt cát tỷ lệ thuận với số lượng cặn tích lũy trong thể tích đã cho tại thời điểm khảo sát  $\rho \cdot \Delta x$ . Ngoài ra nó tỷ lệ nghịch với lượng nước lọc qua lớp lọc trong một đơn vị thời gian là vì càng nhiều nước nồng độ càng loãng.

$$\Delta C_2 = a \frac{\rho \cdot \Delta x}{v}. \quad (7.19)$$

Trong các công thức trên  $a$ ,  $b$  là các thông số của quá trình lọc.

Thay giá trị  $\Delta C_1$  theo phương trình (7.18) và  $\Delta C_2$  theo phương trình (7.19) vào phương trình (7.17) và đưa đến giới hạn ta có:

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = bC - \frac{a}{v} \rho. \quad (7.20)$$

Đây là phương trình lý thuyết cơ bản của quá trình lọc, nó phản ánh đặc tính của quá trình lọc nước qua lớp vật liệu hạt.

Đầu quá trình lọc, lượng cặn tích lũy trong lớp vật liệu lọc  $\rho$  rất bé và sự tách cặn từ bề mặt hạt cát lọc không có ảnh hưởng đến sự tiến triển của quá trình, lúc đó có thể coi  $\rho = 0$  và tích phân phương trình (7.20) ( $\rho = 0$ ) ta có:

$$C = C_0 \cdot e^{-bx}. \quad (7.21)$$

trong đó:  $C_0$  - nồng độ ban đầu của cặn trong nước cho vào bể lọc. Như đã phân tích ở trên, hiện tượng tách cặn từ bề mặt hạt cát lọc và chuyển ngược cặn trở lại vào nước do lực thủy động gây ra là yếu tố cơ bản làm giảm khả năng lọc nước của lớp vật liệu lọc. Sau một thời gian lọc, lớp vật liệu lọc đạt đến trạng thái bão hòa và khi đó nồng độ cặn trong nước lọc không thay đổi suốt toàn bộ chiều dày lớp lọc, tức  $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$ ,  $C = C_0$  và  $\rho = \rho_{gh}$ .

Từ phương trình (7.20) ta rút ra:

$$bC_0 = \frac{a}{v} \rho_{gh}, \quad (7.22)$$

trong đó:  $\rho_{gh}$  - mật độ bão hòa giới hạn của cặn trong vật liệu lọc

$$a = \frac{bC_0 v}{\rho_{gh}}. \quad (7.23)$$

Biểu thức (7.23) chỉ ra: thông số lọc  $a$  tăng tỷ lệ thuận với thông số lọc  $b$ , nồng độ cặn ban đầu  $C_0$ , vận tốc lọc  $v$  và tỷ lệ nghịch với mật độ bão hòa cặn  $\rho_{gh}$ . Tử số đặc trưng cho mức độ tích lũy cặn còn mẫu số đặc trưng cho độ bền của cặn.

Lấy vi phân hai vế phương trình (7.20) theo thời gian rồi đem kết hợp với phương trình cân bằng vật chất (7.16) ta thu được:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial C}{\partial x} + b \frac{\partial C}{\partial t} = 0. \quad (7.24)$$

Đây là phương trình vi phân mô tả quá trình thay đổi nồng độ cặn của nước theo chiều dày của lớp vật liệu hạt và theo thời gian lọc. Mặt khác lấy vi phân phương trình (7.20) theo chiều dày  $x$  đem kết hợp với phương trình (7.16) ta thu được phương trình vi phân mô tả sự thay đổi của mật độ bão hòa cặn  $p$  trong lớp vật liệu lọc theo chiều dày và theo thời gian lọc:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial p}{\partial x} + b \frac{\partial p}{\partial t} = 0. \quad (7.25)$$

#### 7.4.4. Tích phân phương trình vi phân (7.24) và (7.25)

Ta có thể tích phân hai phương trình vi phân trên với các điều kiện giới hạn sau:

- a) Cặn đồng nhất nghĩa là cặn bản gồm các hạt có cùng kích thước, có cùng tính chất lý hóa và có khả năng dính kết như nhau.
- b) Vật liệu hạt của bể lọc là đồng nhất nghĩa là thành phần phân hạt là như nhau trong bất kỳ điểm nào của bể lọc.

Hai giới hạn này tạo ra điều kiện lý tưởng của quá trình lọc bởi vì trong thực tế không có quá trình lọc nước nào thỏa mãn 2 điều kiện trên. Cặn thiên nhiên có trong nước thường khác nhau về kích thước, về tính chất lý hóa và khả năng dính kết. Còn lớp cát lọc trong thực tế gồm các hạt có độ lớn khác nhau, khi rửa lọc xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực, lớp trên gồm các hạt

có đường kính bé, lớp dưới gồm các hạt lớn hơn. Sự không đồng nhất của cặn và lớp vật liệu lọc làm cho thông số lọc  $a$  và  $b$  phụ thuộc vào tính chất của cặn, cấu trúc lớp vật liệu lọc, thay đổi theo chiều dày của lớp lọc và là một hàm nào đó của  $x$ ;  $a = f_1(x)$ ;  $b = f_2(x)$ . Dạng của các hàm số này không thể xác định bằng lí thuyết được. Chỉ khi chấp nhận hai giả thiết trên thì thông số lọc  $a$  và  $b$  sẽ là hằng số và phương trình vi phân (7.24) và (7.25) được tích phân như phương trình Hyperbol có hệ số không đổi.

Nghiệm của phương trình (7.24) là chuỗi vô hạn:

$$C = C_0 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-bx} \frac{(bx)^{n-1}}{(n-1)!} T_n e^{-at}, \quad (7.26)$$

trong đó: 
$$T_n = T_{n-1} - \frac{(at)^{n-2}}{(n-2)!}; \quad (7.27)$$

và  $T_1 = e^{at}$ .

Khi tích phân phương trình (7.24) đã sử dụng điều kiện biên và điều kiện ban đầu sau:

- khi  $x = 0$  và  $0 \leq t \leq \infty$ :

$$C = C_0,$$

trong đó:  $C_0$  - nồng độ ban đầu của cặn có trong nước khi vào bể lọc:

- khi  $t = 0$  và  $0 \leq x \leq \infty$ :

$$C = C_0 \cdot e^{-bx}.$$

Điều kiện ban đầu rút ra từ phương trình (7.20). Thời gian lọc được tính bắt đầu từ thời điểm nước phân bố theo toàn bộ chiều dày lớp lọc nhưng vì thời gian cần thiết để phân phối dòng nước lọc theo chiều dày rất bé so với cả thời gian của quá trình lọc nên có thể bỏ qua.

Tích phân phương trình (7.25) thu được:

$$\rho = \rho_{gh} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-bx} \frac{(bx)^{n-1}}{(n-1)!} (P_n - P_{n+1}), \quad (7.28)$$

trong đó: 
$$P_n = P_{n-1} - T_n e^{-at} \quad (7.29)$$

và  $P_1 = at$ .

Từ phương trình (7.26) và (7.28) thấy rằng: động thái của quá trình lọc được xác định bằng hai trị số không thứ nguyên  $bx = X$  và  $at = T$ . Khi các giá trị

$\frac{C}{C_0}$  và  $\frac{\rho}{\rho_{gh}}$  như nhau thì các trị số không thứ nguyên  $X = bx$  và  $T = at$  cũng có giá trị như nhau.

Từ phương trình (7.26) rút ra: khi giá trị  $\frac{C}{C_0}$  cố định thì giữa các trị số không thứ nguyên  $X = bx$  và  $T = at$  tồn tại quan hệ phụ thuộc đơn trị và có thể biểu diễn bằng phương trình:

$$X = KT + X_0 \quad (7.30)$$

Khi  $t = 0$  ta có  $X = X_0$ .

Theo phương trình (7.21) giá trị  $X_0$  tương ứng với chiều dày  $x_0$  của lớp vật liệu lọc ở đầu chu kỳ lọc đảm bảo hiệu quả lọc  $\frac{C}{C_0}$  cho trước.

$$\frac{C}{C_0} = e^{-bx_0} = e^{-X_0};$$

$$X_0 = -\ln \frac{C}{C_0} \text{ hay } X_0 = -2,31g \frac{C}{C_0} \quad (7.31)$$

Từ phương trình (7.28) ta có:

$$\frac{\rho}{\rho_{gh}} = \varphi(X, T) \quad (7.32)$$

Nghiệm của các phương trình vi phân là các chuỗi (7.26) và (7.28), việc sử dụng các biểu thức này để tính toán thực tế rất khó khăn.

Để dễ dàng và thuận tiện trong khi tính toán bể lọc, sử dụng các chuẩn số đồng dạng của quá trình lọc. Các chuẩn số đồng dạng này có thể rút ra từ việc phân tích phương trình vi phân (7.24).

#### 7.4.5. Các chuẩn số đồng dạng của quá trình lọc nước

Biến đổi phương trình vi phân (7.24) bằng cách đưa vào tỷ số không thứ nguyên của nồng độ cặn tức thời và nồng độ ban đầu (hiệu quả lọc):

$$y = \frac{C}{C_0}$$

Lấy vi phân hai vế theo  $t$  và  $x$  ta có:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{C_0} \frac{\partial C}{\partial t}; \quad \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{1}{C_0} \frac{\partial C}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} = \frac{1}{C_0} \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t}$$



$$\text{hay: } \frac{\partial C}{\partial t} = C_0 \frac{\partial y}{\partial t}; \quad \frac{\partial C}{\partial x} = C_0 \frac{\partial y}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t} = C_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t}.$$

Thay các trị số này vào phương trình (7.24) và rút gọn hằng số  $C_0$ , ta thu được:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial y}{\partial x} + b \frac{\partial y}{\partial t} = 0. \quad (7.33)$$

Đưa vào phương trình (7.33) hai biến số độc lập mới:

$$X = bx \text{ và } T = at;$$

$$\text{với } \frac{\partial x}{\partial X} = \frac{1}{b} \frac{\partial X}{\partial x}; \quad \frac{\partial t}{\partial T} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\text{ta có: } ab \frac{\partial^2 y}{\partial X \partial T} + ab \frac{\partial y}{\partial X} + \frac{\partial y}{\partial T} = 0.$$

Rút gọn hằng số  $ab$  ta thu được:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial X \partial T} + \frac{\partial y}{\partial X} + \frac{\partial y}{\partial T} = 0. \quad (7.34)$$

Phương trình (7.34) khác với phương trình gốc (7.24) ở chỗ nó không chứa trực tiếp các thông số lọc  $a$  và  $b$  đặc trưng cho từng quá trình lọc mà chỉ chứa các thông số chung  $X$  và  $T$ . Do đó (7.34) là phương trình tổng quát mô tả tất cả các dạng khác nhau của quá trình lọc nước. Tính tổng quát của phương trình đạt được do đổi biến số. Chiều dày  $x$  trong (7.24) được thay bằng biến số độc lập không thứ nguyên  $X$ , và thời gian lọc  $t$  được thay bằng thông số không thứ nguyên  $T$ . Cả hai biến số độc lập mới này chỉ khác các biến cũ ở hằng số tỷ lệ  $a$  và  $b$ .

$$X = bx; \quad T = at. \quad (7.35)$$

Như vậy thay tỷ lệ chiều dày bằng cách nhân chiều dày lớp lọc  $x$  với thông số lọc  $b$  và thay tỷ lệ thời gian bằng cách nhân nó với thông số lọc  $a$  ta có thể khái quát hóa được kết quả nghiên cứu thực nghiệm của các quá trình lọc nước diễn ra trong các điều kiện khác nhau và xác định được quy luật chung của chúng.

Căn cứ vào kết quả nghiên cứu quá trình lọc nước trên mô hình với các giá trị xác định của các thông số  $a$ ,  $b$  bằng cách tính chuyển đơn giản tỷ lệ của chiều dày lớp lọc và thời gian lọc ta có thể dự đoán chính xác được kết quả sẽ diễn ra trong các bể lọc tự nhiên với các giá trị khác nhau của thông số lọc  $a$  và  $b$ .

Biến số không thứ nguyên mới xác định sự đồng dạng của các quy trình lọc khác nhau và là các chuẩn số đồng dạng. Sự thay đổi nồng độ cặn trong nước

khí lọc qua lớp vật liệu hạt được xác định hoàn toàn chỉ bằng giá trị của hai thông số này. Từ phương trình (7.34) và (7.26) ta có:

$$\frac{C}{C_0} = f(X, T) \quad (7.36)$$

Đối với các quá trình lọc đồng dạng, các thừa số tỷ lệ có thể xác định được bằng phương pháp phân tích thứ nguyên. Để chứng minh, làm ví dụ xác định thông số  $b$  như sau:

Từ phương trình (7.20) thấy rằng: ở đầu quá trình lọc khi mật độ bão hòa  $\rho = 0$  hiện tượng tách cận từ mặt hạt cát lọc không có ảnh hưởng đến tiến triển của quá trình nên sự thay đổi nồng độ cận trong nước lúc đó chỉ phụ thuộc vào chiều dày  $x$  và thông số lọc  $b$  đặc trưng cho cường độ dính kết.

Cường độ dính kết  $b$  phụ thuộc vào các thông số cơ bản sau:

- Tốc độ lọc  $[v]$  ( $\text{cm s}^{-1}$ ).
- Cỡ hạt của cát lọc  $[d]$  ( $\text{cm}$ ).
- Độ nhớt của nước  $[\mu]$  ( $\text{g cm s}^{-1}$ ).
- Mật độ của nước  $[\rho]$  ( $\text{g cm}^{-3}$ ).
- Hằng số xác định lực dính kết  $[A]$  ( $\text{g cm}^2 \text{s}^{-2}$ ).
- Kích thước của hạt cận  $[\delta]$  ( $\text{cm}$ ).

Đối với thông số lọc  $b$  có thứ nguyên  $\text{cm}^{-1}$  dưới dạng tổng quát có thể biểu diễn bằng hàm số:

$$b = f(v, d, \mu, \rho, A, \delta) \quad (7.37)$$

Dùng  $v, d, \rho$  làm đơn vị cơ bản theo định lý  $\pi$  ta thu được các tổ hợp không thứ nguyên sau:

$$[b] = [v]^{x_1} [d]^{y_1} [\rho]^{z_1} ;$$

$$[\mu] = [v]^{x_2} [d]^{y_2} [\rho]^{z_2} ;$$

$$[A] = [v]^{x_3} [d]^{y_3} [\rho]^{z_3} ;$$

$$[\delta] = [v]^{x_4} [d]^{y_4} [\rho]^{z_4}$$

hay: 
$$\frac{b}{v^{x_1} d^{y_1} \rho^{z_1}} = f\left(1, 1, 1, \frac{\mu}{v^{x_2} d^{y_2} \rho^{z_2}}, \frac{A}{v^{x_3} d^{y_3} \rho^{z_3}}, \frac{\delta}{v^{x_4} d^{y_4} \rho^{z_4}}\right).$$

Cân bằng thứ nguyên của tử số và mẫu số đối với mỗi tổ hợp ta tìm ra các chỉ số mũ:  $x_i, y_i, z_i$

$$[b] = [v]^{x_1} [d]^{y_1} [\rho]^{z_1} ;$$

$$\text{cm}^{-1} = (\text{cm/s})^{x_1} \cdot (\text{cm})^{y_1} \cdot (\text{g.s}^2/\text{cm}^4)^{z_1}$$

hay  $-1 = x_1 + y_1 - 4z_1$

$$0 = -x_1 + 2z_1$$

$$0 = z_1$$

ta rút ra  $y_1 = -1, x_1 = 0, z_1 = 0$

Tương tự ta tính được:

$$x_2 = +1 \quad y_2 = +1 \quad z_2 = +1$$

$$x_3 = 2 \quad y_3 = 3 \quad z_3 = 1$$

$$x_4 = 1 \quad y_4 = 1 \quad z_4 = 0$$

và phương trình (7.37) có thể biểu diễn dưới dạng chuẩn số sau:

$$bd = \varphi \left( \frac{\mu}{\rho v d}, \frac{A}{\rho v^2 d^3}, \frac{\delta}{d} \right) \quad (7.38)$$

Số hạng đầu tiên trong vế phải của phương trình là nghịch đảo của số Reynold, nó xác định lực nhớt, số hạng thứ 2 là chuẩn số mới xác định lực dính kết.

Thường phương trình (7.38) biểu diễn dưới dạng hàm số mũ:

$$bd = \varphi_1 \left[ \left( \frac{\mu}{\rho v d} \right)^m, \left( \frac{A}{\rho v^2 d^3} \right)^n, \left( \frac{\delta}{d} \right)^q \right] \quad (7.39)$$

Sau khi khai triển hàm số thành chuỗi lũy thừa của các biến số, giới hạn chuỗi bằng số hạng đầu tiên ta thu được biểu thức gần đúng:

$$bd = B \left( \frac{\mu}{\rho v d} \right)^m \cdot \left( \frac{A}{\rho v^2 d^3} \right)^n \cdot \left( \frac{\delta}{d} \right)^q \quad (7.40)$$

trong đó: B là hệ số bằng số.

Trong thực tế tính toán điều đặc biệt quan trọng là tìm quan hệ phụ thuộc của thông số lọc b vào tốc độ lọc v và đường kính hạt vật liệu lọc d. Dem nhân và gộp tất cả các thông số đặc trưng cho tính chất lý hóa của nước và cận lại ta nhận được:

$$b = \frac{B \mu^m A^n \delta^q}{\rho^{m+n}} \cdot v^{-(m+2n)} \cdot d^{-(m+3n+q-1)}$$

hay  $b = \beta \cdot v^{\alpha_1} \cdot d^{\lambda_1} \quad (7.41)$

trong đó:  $\beta$  - hệ số có thứ nguyên tính đến ảnh hưởng tổng hợp của tất cả các tính chất lý hóa của nước và cặn.

Mức độ nghiên cứu quá trình lọc không cho phép khẳng định chắc chắn rằng: trong phương trình gốc (7.37) đã kể hết tất cả các thông số ảnh hưởng đến sự tiến triển của quá trình dính kết các hạt cặn. Song quá trình tính toán đã thực hiện cho thấy nếu có kể thêm các hằng số vật lý khác vào cũng không làm thay đổi dạng của phương trình (7.41). Công thức (7.41) tính đến ảnh hưởng của tốc độ lọc và kích thước hạt với mức độ chính xác cũng như phương trình (7.40). Độ sai lệch của phương trình (7.40) và (7.41) là do việc vứt bỏ tất cả các số hạng của chuỗi lũy thừa ở sau số hạng thứ nhất khi khai triển hàm số (7.39) gây ra. Độ sai lệch sẽ rất bé nếu như giá trị của các chỉ số mũ  $m$ ,  $n$ ,  $q$  hay là  $\varepsilon_1$  và  $\lambda_1$  coi là cố định chỉ trong khoảng thay đổi hẹp của các biến số. Giới hạn thay đổi cho phép của các biến số để các chỉ số mũ là cố định có thể xác định được bằng thực nghiệm. Đối với thông số lọc  $a$ , theo trình tự tiến hành như trên thu được biểu thức:

$$a = \alpha \cdot v^{\varepsilon_2} \cdot d^{\lambda_2}, \quad (7.42)$$

trong đó:  $\alpha$  - hệ số kể đến ảnh hưởng tổng hợp của các tính chất lý hóa của nước và cặn đến sự tiến triển của quá trình tách cặn ra khỏi bề mặt hạt cát lọc. Thay giá trị của thông số lọc  $b$ ,  $a$  vào công thức (7.35) ta có:

$$X = \beta \cdot v^{\varepsilon_1} \cdot d^{\lambda_1} \cdot x; \quad (7.43)$$

$$T = \alpha \cdot v^{\varepsilon_2} \cdot d^{\lambda_2} \cdot t. \quad (7.44)$$

Giá trị của các chỉ số mũ  $\varepsilon$  và  $\lambda$  tìm được bằng thực nghiệm. Nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng: với thành phần nước lọc rất khác nhau, tốc độ lọc và kích thước hạt vật liệu lọc thay đổi trong khoảng rộng các chỉ số mũ thực tế không thay đổi và bằng:

$$\varepsilon_1 = -0,7; \varepsilon_2 = 1,0; \lambda_1 = -1,7; \lambda_2 = -1$$

và ta thu được:

$$X = \beta \frac{x}{v^{0,7} d^{1,7}}; \quad T = \alpha \frac{tv}{d}; \quad (7.45)$$

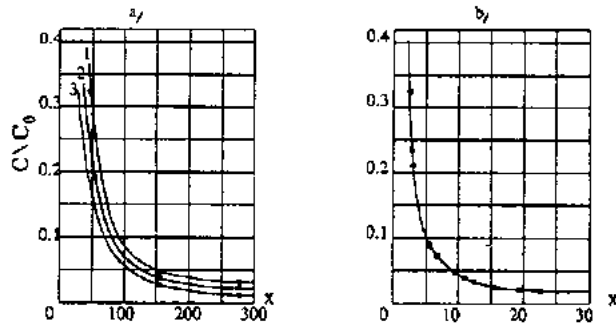
$$a = \alpha \frac{v}{d}; \quad b = \beta \frac{1}{v^{0,7} d^{1,7}}. \quad (7.45a)$$

Trong phần tính toán tiếp theo sẽ so sánh các quá trình lọc cùng một thứ nước qua các lớp vật liệu lọc khác nhau. Với hạn chế như vậy thì các thông số

lọc b và a đặc trưng cho tính chất lý hóa của nước và cặn sẽ như nhau trong mọi quá trình lọc và có thể không kể đến khi tính toán, tức là có thể xác định các chuẩn số lọc theo công thức

$$X' = \frac{x}{v^{0.7}d^{1.7}}; \quad T' = \frac{tv}{d}. \quad (7.46)$$

Hình (7.5a) vẽ các đường cong thay đổi nồng độ cặn trong nước theo chiều dày của lớp vật liệu lọc khi tốc độ lọc khác nhau, đường cong (1):  $v = 9,05$ ; (2)  $v = 7,05$ m/h; (3)  $v = 5,54$  (m/h); các đường cong này vẽ theo thời gian lọc khác nhau nhưng giá trị của chuẩn số  $T'$  không đổi và bằng 5,0;  $d = 2,5$  mm. Trên hình (7.4b) ở trục hoành thay trị số của chiều dày  $x$  bằng trị số chuẩn số  $X'$  ba đường cong này trùng làm một, nghĩa là  $\frac{C}{C_0} = f_1(X')$  khi  $T' = \text{const}$  đúng với phương trình (7.36).



Hình 7.5. Biểu đồ  $\frac{C}{C_0} = \varphi_1(x)$ ;  $\frac{C}{C_0} = f_1(X')$  đối với các tốc độ lọc khác nhau

Đường cong  $\frac{C}{C_0} = f_1(X')$  (hình 7.5b) cho ta khái niệm về ảnh hưởng đồng thời

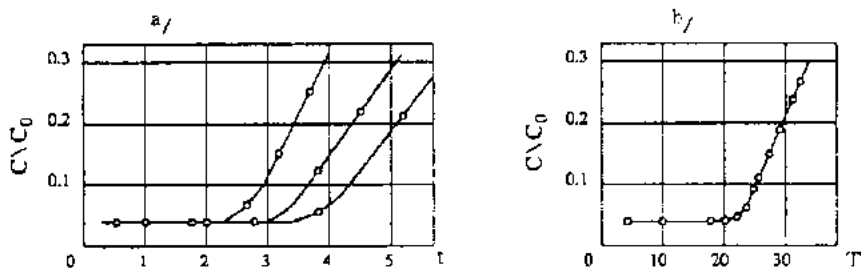
của chiều dày lớp vật liệu lọc, tốc độ lọc và kích thước hạt, đến sự tiến triển của quá trình lọc. Biểu đồ cho thấy: chất lượng nước lọc phụ thuộc vào các thông số kể trên chỉ trên một đoạn nhất định của giá trị  $X'$ . Khi giá trị  $X'$  đủ lớn sự thay đổi của các thông số này thực tế không còn ảnh hưởng đến chất lượng nước lọc nữa. Từ đó rút ra rằng: để nhận được nước lọc luôn đảm bảo chất lượng phải cho bể lọc làm việc ở vùng có các giá trị  $X'$  đủ lớn. Khi đó tăng tốc độ lọc trong giới hạn nhất định không làm xấu chất lượng nước lọc.

Hình (7.6a) vẽ các đường cong thay đổi nồng độ cặn trong nước lọc theo thời gian với các tốc độ lọc khác nhau. các đường cong vẽ với điều kiện chiều dày lớp lọc khác nhau nhưng có cùng giá trị  $X'$ .

Đường cong (1)  $v = 5,65$  m/h, (2):  $v = 6,8$  m/h, (3):  $v = 8,6$  m/h đối với cả ba đường cong  $X' = 50$ ,  $d = 0,95$  mm.

Khi trên trục hoành thay thời gian lọc bằng trị số  $T'$  tất cả 3 đường cong trùng thành một  $\frac{C}{C_0} = f_2(T')$  khi  $T' = \text{const}$  (xem hình 7.6b).

Từ biểu đồ hình (7.6b) ta thấy rõ ràng hiệu quả lọc nước yêu cầu được đảm bảo trên 1 khoảng xác định của giá trị  $T'$ .



Hình 7.6. Biểu đồ  $\frac{C}{C_0} = \varphi_2(x)$ ;  $\frac{C}{C_0} = f_2(T')$  đối với các tốc độ lọc khác nhau

#### 7.4.6. Xác định thời gian bảo vệ

Khi nghiên cứu lý thuyết quá trình lọc ta tìm thấy khi tỷ số  $\frac{C}{C_0}$  cố định giữa các chuẩn số  $X$  và  $T$  tồn tại quan hệ phụ thuộc đơn trị, công thức (7.30):

$$X = KT + X_0.$$

Theo công thức (7.31):  $X_0 = -\ln \frac{C}{C_0} = -2,3 \lg \frac{C}{C_0}$ .

Như vậy hệ số  $K$  và  $X_0$  chỉ phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{C}{C_0}$  từ phương trình (7.26) và (7.31) ta tính được các giá trị của  $K$  và  $X_0$  theo bảng (7.2).

Bảng 7.2. Các giá trị của  $X_0$  và  $K$  để tính toán công nghệ bể lọc

$\frac{C}{C_0}$	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.04	0.50
$X_0$	4.20	3.70	3.00	2.20	1.80	1.20	0.92	0.70
$K$	1.86	1.69	1.51	1.45	1.36	1.23	1.10	1.00

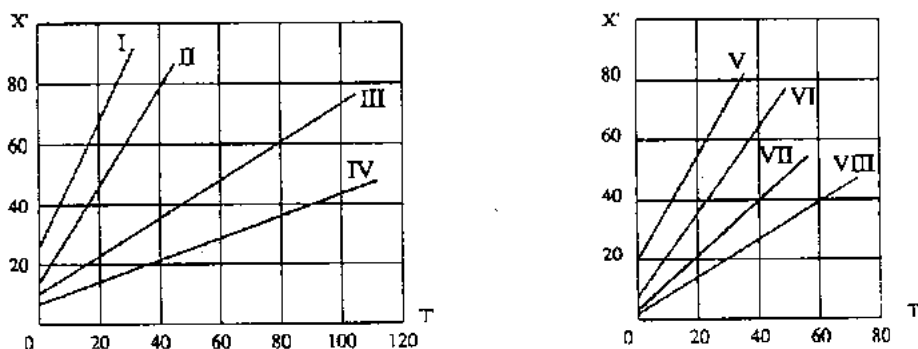
Khi  $\frac{C}{C_0}$  có giá trị khác trong bảng,  $X_0$  và  $K$  tính bằng nội suy.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm chứng minh rằng: sự phụ thuộc tuyến tính  $X = f(T)$  thực sự tồn tại và biểu diễn bằng phương trình:

$$X' = K' T' + X'_0 \quad (7.47)$$

Trên hình (7.7) vẽ các đường biểu diễn  $X' = f(T')$  thu được bằng thực nghiệm. Tang của góc nghiêng của các đường thẳng là  $K'$  và đoạn cắt trục tung là  $X'_0$ , giá trị của chúng ứng với mỗi trị số  $\frac{C}{C_0}$  cố định phụ thuộc vào tính chất lý

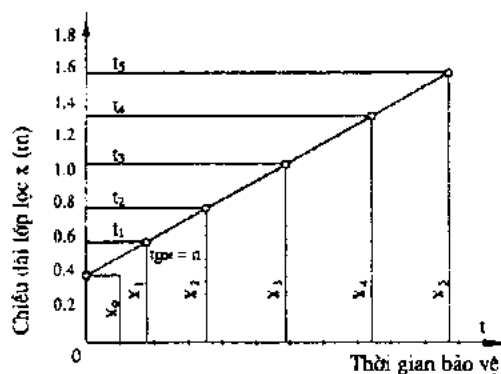
hóa của nước và cặn và được xác định bằng thực nghiệm.



Hình 7.7. Tương quan giữa  $X'$  và  $T'$

Giải phối hợp phương trình lý thuyết (7.30) và phương trình thực nghiệm (7.47) với các số liệu thực nghiệm về ảnh hưởng của chiều dày lớp vật liệu lọc đến thời gian bảo vệ cho phép xác định được các thông số lọc  $a$  và  $b$ .

Muốn vậy theo số liệu thực nghiệm xây dựng biểu đồ hình (7.8), trục tung ghi chiều dày lớp vật liệu lọc, trục hoành ghi thời gian bảo vệ tương ứng.



Hình 7.8. Biểu đồ kết quả thực nghiệm về sự phụ thuộc của chiều dày lớp vật liệu lọc vào thời gian bảo vệ

Nối các điểm thí nghiệm tìm được phương trình đường thẳng:

$$x = nt + x_0, \quad (7.48)$$

trong đó:  $n$  - tang góc nghiêng  $\alpha$  của đường thẳng ;

$x_0$  - đoạn thẳng từ gốc tọa độ đến điểm cắt nhau của đường thẳng và trục tung.

Nhân hai vế phương trình (7.48) với thông số lọc  $b$  ta có:

$$bx = bnt + bx_0.$$

Sau khi nhân và chia số hạng thứ nhất ở vế phải cho thông số lọc  $a$  ta thu được:

$$bx = \frac{b}{a} nat + bx_0. \quad (7.49)$$

Theo (7.35) ta viết phương trình (7.49) dưới dạng:

$$X = \frac{b}{a} nT + X_0. \quad (7.50)$$

So sánh các phương trình (7.30), (7.49) và (7.50) ta rút ra:

$$b = \frac{X_0}{x_0}; \quad (7.51)$$

$$\frac{b}{a} = \frac{K}{n}, \quad (7.52)$$

$x_0$  và  $n$  thu được bằng thực nghiệm theo biểu đồ 7.8.

Thay vào công thức (7.47) giá trị của  $X'$  và  $T'$  theo (7.46) ta thu được:

$$t_{bv} = \frac{1}{K} \left( \frac{x}{v^{1.7} d^{0.7}} - \frac{X_0 \cdot d}{v} \right) \quad (7.53)$$

đưa giá trị của  $a$  và  $b$  từ (7.45a) vào (7.53) ta có:

$$t_{bv} = \frac{1}{K} \cdot \frac{b}{a} \left( x - \frac{X_0}{b} \right), \quad (7.54)$$

trong đó:  $t_{bv}$  - thời gian bảo vệ;

$x$  - chiều dày của lớp vật liệu lọc;

$K$  và  $X_0$  - hằng số, giá trị của nó chỉ phụ thuộc vào hiệu quả lọc nước, tra bảng (7.3).

Công thức (7.53) và (7.54) có ý nghĩa thực tế rất quan trọng bởi vì nó xác định sự liên hệ giữa thời gian bảo vệ với chiều dày, đường kính hạt, tốc độ lọc và các thông số đặc trưng cho tính chất lý hóa của nước và cặn.  $b$ : là thông số đặc



trung cho độ dính kết, còn  $a/b$  (có thứ nguyên vận tốc) đặc trưng cho tốc độ xâm nhập cận bản vào chiều sâu của lớp vật liệu lọc. Tốc độ xâm nhập giảm khi tăng độ bền của bông cặn và tăng lên khi tăng tốc độ lọc, tăng kích thước hạt và tăng nồng độ cặn của nước nguồn. Để tính toán thời gian bảo vệ theo công thức (7.54) với các tốc độ lọc khác nhau và theo các cỡ hạt khác nhau không cần xác định trị số  $a$  và  $b$  cho từng trường hợp riêng biệt mà chỉ cần xác định một lần các trị số này trên mô hình thí nghiệm với nguồn nước đã cho. Mô hình thí nghiệm có thể dùng bể lọc thí nghiệm hay bể lọc hiện có đang làm việc tại nguồn nước cần xác định thông số lọc  $a$  và  $b$ .

Sau khi xác định được các thông số lọc  $a^*$  và  $b^*$  trên mô hình ta tính chuyển thông số lọc  $a$  và  $b$  của bể lọc muốn thiết kế theo công thức (7.45) như sau:

$$a = a^* \left( \frac{v}{v^*} \right) \left( \frac{d^*}{d} \right); \quad (7.55)$$

$$b = b^* \left( \frac{v^*}{v} \right)^{0.7} \left( \frac{d^*}{d} \right)^{1.7}; \quad (7.56)$$

trong đó dấu (\*) chỉ các giá trị của các thông số làm việc trên mô hình thí nghiệm.

Các phương trình (7.53), (7.56) nêu lên ảnh hưởng khác nhau của quá trình lọc đến thời gian bảo vệ. Thời gian bảo vệ của bể lọc tăng khi tăng chiều dày của lớp vật liệu lọc và giảm khi tăng tốc độ lọc và đường kính hạt lọc.

## 7.5. QUY LUẬT TĂNG TỔN THẤT ÁP LỰC KHI LỌC NƯỚC QUA LỚP VẬT LIỆU HẠT

### 7.5.1. Sự thay đổi cấu trúc của lớp vật liệu lọc khi tích lũy cặn

Cặn tích lũy trong lớp vật liệu hạt khi lọc nước qua làm thay đổi hình dạng của các lỗ rỗng tức là thay đổi cấu trúc của môi trường hạt. Do tích lũy cặn nên sức cản thủy lực của lớp vật liệu hạt thay đổi, tổn thất áp lực của lớp lọc tăng lên. Để xác định quy luật tăng tổn thất áp lực cần phải tính đến đặc điểm thay đổi cấu trúc hình học của lớp hạt. Đặc trưng cấu trúc hình học của lớp lọc là độ rỗng và tổng diện tích bề mặt thành các lỗ rỗng trong một đơn vị thể tích. Theo quy luật lọc qua môi trường hạt, độ dốc thủy lực (tổn thất áp lực trên một đơn vị chiều dài) bằng:

$$i = 5.2 \cdot 10^{-3} \mu \cdot v \frac{\omega^2}{m^3}, \quad (7.57a)$$

trong đó:  $\omega$  - tổng diện tích bề mặt thành các lỗ rỗng trong một đơn vị thể tích của lớp vật liệu hạt;

$m$  - độ rỗng của lớp vật liệu lọc;

$v$  - vận tốc lọc;

$\mu$  - độ nhớt của nước.

Nếu ký hiệu độ dốc thủy lực, bề mặt thành các lỗ rỗng, độ rỗng của lớp vật liệu lọc tại thời điểm bắt đầu chu kỳ lọc là  $i_0$ ,  $\omega_0$ ,  $m_0$  thay ký hiệu này vào (7.57a) ta có :

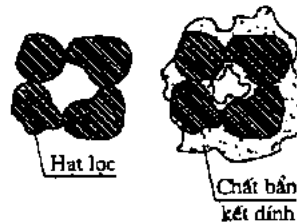
$$i_0 = 5,2 \cdot 10^{-3} \mu \cdot v \frac{\omega_0^2}{m_0^3} \quad (7.57b)$$

$$i = 5,2 \cdot 10^{-3} \mu \cdot v \frac{\omega^2}{m^3}$$

Chia (7.57a) cho (7.57b) được:

$$\frac{i}{i_0} = \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \left( \frac{m_0}{m} \right)^3 \quad (7.58)$$

Cặn tích lũy lại trong vật liệu lọc ngày càng nhiều nên độ rỗng không ngừng giảm xuống. Còn tổng diện tích bề mặt thành các lỗ rỗng tiếp xúc với nước thì lại thay đổi theo hai khuynh hướng trái ngược nhau. Khuynh hướng thứ nhất: các hạt cát lọc bị bao bọc bởi cặn bẩn, phồng lên, làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc với nước. Khuynh hướng thứ hai: cặn bao bọc, dính kết quanh hạt cát tăng lên, làm lấp lỗ rỗng giữa các hạt. Trong các khoảng riêng của các lỗ rỗng trước đây có nước chuyển động qua, bây giờ lỗ rỗng bị lấp, tạo thành vùng chết không cho nước đi qua (xem hình 7.9).



Hình 7.9. Đặc tính của quá trình tích lũy cặn trong lỗ rỗng

Sự tồn tại đồng thời hai khuynh hướng ngược nhau trong việc thay đổi diện tích bề mặt các lỗ rỗng cho phép đi đến kết luận rằng: Trị số  $\frac{\omega}{\omega_0}$  không thay

đổi nhiều và có thể giả thiết  $\frac{\omega}{\omega_0} = 1$  ta có:

$$i = i_0 \left( \frac{m_0}{m} \right)^3 \quad (7.59)$$

Nếu ký hiệu thể tích cặn tích lũy trong một đơn vị thể tích của lớp vật liệu lọc bằng  $\Delta m$  độ rỗng của lớp lọc còn lại là:

$$m = m_o - \Delta m. \quad (7.60)$$

Thay giá trị của  $m$  từ (7.60) vào (7.59) ta có:

$$i = i_o \left( \frac{m_o}{m_o - \Delta m} \right)^3. \quad (7.61)$$

Thể tích đơn vị  $\Delta m$  của cặn phụ thuộc vào số lượng của cặn tính theo trọng lượng trong một đơn vị thể tích lớp lọc  $\rho$  và tỷ trọng của cặn  $\gamma$ .

$$\Delta m = \frac{\rho}{\gamma}. \quad (7.62)$$

Thay  $\Delta m$  theo (7.62) vào công thức (7.61) ta thu được:

$$i = i_o \frac{1}{\left( 1 - \frac{\rho}{m_o \gamma} \right)^3}. \quad (7.63)$$

### 7.5.2. Tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc

Tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc đồng nhất khi lọc nước có thể biểu thị bằng phương trình:

$$h = \int_0^L i dx, \quad (7.64)$$

trong đó:  $L$  - chiều dày lớp vật liệu lọc.

$$\text{hay} \quad H = i_o \int_0^L \frac{dx}{\left( 1 - \frac{\rho}{m_o \gamma} \right)^3}. \quad (7.65)$$

Trong thực tế sử dụng trực tiếp công thức (7.65) để tính toán tổn thất áp lực của bể lọc rất khó khăn, bởi vì mật độ bão hòa  $\rho$  không những thay đổi theo chiều dày lớp vật liệu lọc mà còn thay đổi theo thời gian. Dùng phương pháp mô hình hóa quá trình lọc cho phép thu được lời giải đầy đủ chính xác, và biểu diễn được ở dạng thuận tiện hơn cho việc tính toán thực tế, đồng thời rút gọn được rất nhiều khối lượng tính toán.

Từ phương trình (7.28) ta thấy rằng ; tỷ số của mật độ bão hòa cặn  $\rho$  ở thời điểm bất kỳ và trong mật cặn bất kỳ của lớp vật liệu lọc đối với mật độ bão

hòa giới hạn  $\rho_{gh}$  chỉ phụ thuộc vào các trị số không thứ nguyên  $X = bx$  và  $T = at$  tức là:

$$\frac{\rho}{\rho_{gh}} = \Phi(X, T). \quad (7.66)$$

Thay giá trị của  $\rho$  theo công thức (7.66) vào công thức (7.63) ta có

$$i = i_o \frac{1}{(1 - A\Phi)^3} \quad (7.67)$$

và 
$$H = i_o \int_0^L \frac{dx}{(1 - A\Phi)^3}, \quad (7.68)$$

trong đó: 
$$A = \frac{\rho_{gh}}{m_o \gamma} = \frac{\Delta m_{gh}}{m_o}. \quad (7.69)$$

Trị số  $A$  là độ bão hòa cận giới hạn của các lỗ rỗng trong điều kiện đã cho, hay là tỷ số giữa thể tích giới hạn của cận và độ rỗng ban đầu của lớp vật liệu sạch.

Độ bão hòa giới hạn đạt được chỉ trong trường hợp nếu như số lượng cận trong một đơn vị thể tích của lớp vật liệu lọc đạt tới mật độ giới hạn  $\rho_{gh}$ . Điều này xảy ra ở các lớp đầu tiên nằm sát mặt lớp cát lọc. Bão hòa giới hạn các lỗ rỗng  $A$  là một đặc trưng vật lý độc lập của quá trình lọc cũng như các thông số lọc  $a$  và  $b$ .

Công thức (7.67) liên hệ giữa độ bão hòa giới hạn  $A$  và độ dốc thủy lực trong lớp vật liệu lọc ở trạng thái bão hòa giới hạn hoàn toàn, tức  $\Phi = 1$ ,  $\frac{\rho}{\rho_{gh}} = 1$

Lúc đó ta có: 
$$\frac{i_{gh}}{i_o} = \frac{1}{(1 - A)^3} \quad (7.70)$$

xác định trị số của độ bão hòa giới hạn  $A$  bằng cách đo tổn thất ban đầu  $H_o$  và tổn thất cuối cùng  $H_{gh}$  của lớp vật liệu lọc có chiều dày  $x$ . Giá trị  $H_{gh}$  đo tại thời điểm nồng độ cận trong nước lọc qua lớp vật liệu là  $Q_c$  bằng nồng độ cận trong nước nguồn  $C_o$ ;  $i_o = \frac{h_o}{x}$ ;  $i_{gh} = \frac{h_{gh}}{x}$  rồi từ (7.70) tính ra  $A$ .

### 7.5.3. Dùng phương pháp mô hình hóa để tính tổn thất áp lực của lớp vật liệu lọc

Tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc chiều dày  $x$  tại thời điểm  $t$  được biểu thị bằng (7.68) với mức độ gần đúng có thể thay bằng tổng:

$$H = \sum_{i=1}^n \Delta h_i = i_0 \sum_1^n \frac{\Delta x}{(1 - A\Phi)^3} \quad (7.71)$$

Độ tăng tổn thất áp lực bằng hiệu số tổn thất áp lực trong lớp cát bẩn và tổn thất áp lực ban đầu trong cát sạch ( $H_0$ ):

$$h = H - H_0 = i_0 \sum_1^n \left[ \frac{\Delta x}{(1 - A\Phi)^3} - \Delta x \right] \quad (7.72)$$

Tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc bất kỳ luôn luôn phụ thuộc vào chiều dày của lớp. Độ tăng tổn thất áp lực trong trường hợp chung cũng phụ thuộc vào chiều dày của lớp, nhưng chỉ đúng với lớp vật liệu lọc có chiều dày không lớn. Nếu lớp lọc có chiều dày đủ lớn để cho nồng độ cặn trong nước khi lọc qua không phụ thuộc vào chiều dày, thì độ tăng tổn thất không còn phụ thuộc vào chiều dày nữa mà chỉ phụ thuộc vào sự phân bố cặn theo chiều dày và theo thời gian. Lớp vật liệu lọc có chiều dày như vậy làm việc trong vùng tự động. Chúng ta hãy nghiên cứu quy luật thay đổi tổn thất áp lực của lớp vật liệu lọc làm việc trong vùng tự động.

Nhân vế trái và phải của phương trình (7.72) với thông số lọc  $b$  rồi chia cho độ dốc thủy lực ban đầu  $i_0$  ta có:

$$\frac{h \cdot b}{i_0} = \sum_1^n \left[ \frac{\Delta x}{(1 - A\Phi)^3} - \Delta x \right] \cdot b \quad (7.73)$$

Tiến hành lấy tổng theo các khoảng giá trị  $\Delta x$  ứng với mỗi lớp hạt chiều dày  $\Delta x$  xác định giá trị trung bình của hàm số  $\Phi$ .

$$\Phi_i = \frac{\rho_{tbi}}{\rho_{gh}} \quad (7.74)$$

Trị số của tổng (7.72) sẽ tăng khi cho thêm các giá trị của chuỗi cho đến khi hàm số  $\Phi$  có giá trị bằng 0. Hàm số  $\Phi$  bằng 0 ở lớp vật liệu nằm dưới sâu mà tại thời điểm tính toán cặn còn chưa thấm đến.

Như vậy khi điều kiện tự động được thực hiện thì trị số  $\frac{h \cdot b}{i_0}$  không phụ thuộc vào thông số  $X$  mà chỉ phụ thuộc vào sự phân bố cặn theo các khoảng của thông số  $X$  và vào thông số  $T$ .

Do đó trong vùng tự động ta có:

$$\frac{h \cdot b}{i_0} = F(T, A) \quad (7.75)$$

Tổ hợp không thứ nguyên  $\frac{h.b}{i_0}$  là chuẩn số đồng dạng mới của quá trình lọc.

nó là tổn thất tổng quát của áp lực, cũng như chuẩn số X là chiều dày tổng quát của lớp vật liệu lọc và chuẩn số T là thời gian tổng quát của quá trình lọc.

Trong các quá trình lọc khác nhau tính chất của nước và cặn, tốc độ lọc, cỡ hạt vật liệu lọc có thể khác nhau do đó độ tăng tổn thất áp lực của lớp lọc sau một thời gian làm việc cũng sẽ khác nhau. Nhưng giá trị chuẩn số  $\frac{h.b}{i_0}$  sẽ như

nhau trong các quá trình lọc nếu trong các quá trình đó giữ  $T = at$  như nhau và A như nhau.

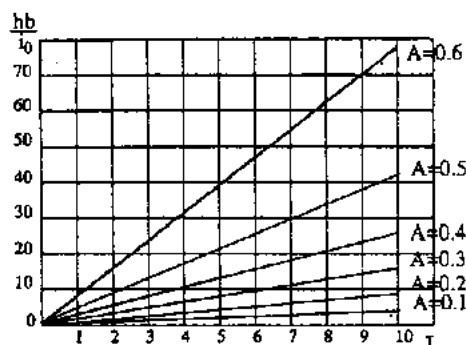
Như vậy ta có thể xây dựng được biểu đồ biểu diễn sự phụ thuộc của chuẩn số  $\frac{h.b}{i_0}$  vào các chuẩn số T và A, dùng để xác định tổn thất áp lực trong bất kỳ

trường hợp cụ thể nào. Để vẽ biểu đồ hình (7.10) trị số h tính theo công thức (7.72) còn giá trị trung bình của hàm số  $\Phi = \frac{\rho}{\rho_{ph}}$  tính theo các khoảng  $\Delta x$  đối

với mỗi giá trị của chuẩn số T xác định theo công thức (7.28).

Biểu đồ hình (7.10) cho phép xác định giá trị tăng tổn thất áp lực trong bể lọc ở thời điểm bất kỳ nếu biết được các thông số lọc a, b, A và cả độ dốc thủy lực ban đầu  $i_0$ . Đầu tiên tính chuẩn số T ứng với thời gian làm việc t, theo đường biểu diễn của độ bão hòa giới hạn A tìm ra trị số của chuẩn số  $\frac{h.b}{i_0}$  sau đó nhân

trị số này với  $i_0$  và chia cho b ta thu được trị số tăng tổn thất áp lực h.



Hình 7.10. Biểu đồ tổng quát về sự tăng tổn thất áp lực  $\frac{h.b}{i_0} = F(T, A)$

#### 7.5.4. Xác định thời gian lọc đến thời điểm đạt được tổn thất giới hạn

Nghiên cứu thực nghiệm và kinh nghiệm quản lý các bể lọc chỉ ra rằng: khi tốc độ lọc cố định và chiều dày lớp vật liệu lọc đủ lớn thì chất lượng nước lọc hoàn toàn đảm bảo trong suốt chu kỳ lọc còn tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc tăng theo quy luật tuyến tính với thời gian (biểu đồ hình 7.10).

Để cho đơn giản việc tính toán ta coi các đường thẳng có hệ số góc không đổi và đi qua gốc tọa độ, tức là tốc độ tăng tổn thất áp lực không đổi ta có:

$$\frac{h.b}{i_0} = F(A). T, \quad (7.76)$$

trong đó:  $F(A)$ - tang góc nghiêng của các đường thẳng (hình 7.10) chỉ phụ thuộc vào các trị số  $A$ . Do đó cho trước các trị số  $A$ ; vẽ biểu đồ (hình 7.10) tính tang góc nghiêng ứng với mỗi đường biểu diễn của  $A$ , ta sẽ tìm được giá trị  $F(A)$ , xem bảng (7.3).

**Bảng 7.3. Giá trị của hàm  $F(A)$**

A	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70
F(A)	0	0.35	0.85	1.55	2.70	3.70	4.70	6.70	8.70	19.0

Phương trình (7.76) là phương trình lý thuyết mô tả hiện tượng tăng tổn thất áp lực trong môi trường hạt khi lọc nước, trong đó đã tính tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng tăng tổn thất áp lực. Thời gian lọc nằm trong phương trình được biểu diễn thông qua chuẩn số  $T = at$  còn ảnh hưởng của tốc độ lọc, kích thước hạt vật liệu, tính chất của nước và cặn thông qua các thông số  $a, b, A$  của quá trình. ảnh hưởng của tốc độ lọc và kích thước hạt còn được tính thông qua độ dốc thủy lực ban đầu  $i_0$ . Độ dốc thủy lực ban đầu  $i_0$  còn thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ nước (độ nhớt) và đặc điểm cấu trúc của môi trường hạt (độ rỗng) và kích thước hạt. Nồng độ cặn bản trong nước đi vào bể lọc ảnh hưởng đến hiện tượng tăng tổn thất thông qua thông số lọc  $a$ .

Thay vào phương trình (7.76) giá trị của  $T = at$  rút ra công thức để tính tốc độ tăng tổn thất áp lực:

$$\frac{h}{t} = i_0 F(A). \frac{a}{b} \quad (7.77)$$

Để tính toán thời gian làm việc của bể lọc đến thời điểm đạt được tổn thất giới hạn  $H_1$ , thay vào (7.77) các trị số:

$$h = H - H_0; i_0 = \frac{H_0}{x};$$

$$t_{gh} = \frac{H_{gh} - H_0}{H_0 F(A)} \cdot \frac{b}{a} \cdot x. \quad (7.78)$$

Công thức (7.77) và (7.78) được xác định đối với lớp vật liệu đồng nhất. Trên thực tế trong bất kỳ bể lọc nào cũng chứa các lớp vật liệu không đồng nhất. Song nếu thành phần hạt của vật liệu không đồng nhất được trộn đều theo toàn bộ thể tích thì tính chất của lớp vật liệu như thế hoàn toàn không khác tính chất của lớp vật liệu đồng nhất. Trong các trường hợp như vậy tất cả các công thức đối với lớp vật liệu đồng nhất có thể áp dụng cho lớp vật liệu không đồng nhất nhưng các cỡ hạt phải được trộn đều theo thể tích. Trong thực tế ta luôn gặp các lớp vật liệu hạt không đồng nhất vì các cỡ đường kính của nó không được trộn lẫn với nhau đều theo thể tích, mà xấp xếp theo thứ tự lớp có đường kính bé thì nằm trên, còn đường kính lớn nằm dưới. Sự xấp xếp như thế do sự phân loại bằng thủy lực các hạt khi rửa lọc bằng nước thuần túy hoặc gió trước nước sau gây ra. Mức độ phân loại lớp vật liệu hạt khi rửa lọc phụ thuộc hàng loạt yếu tố không tuân theo một quy luật tính toán nào và có thể coi như là một hiện tượng ngẫu nhiên. Vì thế cùng một lớp vật liệu lọc có thành phần hạt như nhau có thể bị phân loại thủy lực khác nhau. Điều này cần phải tính đến khi đánh giá độ chính xác của công thức tính toán. Ta coi tổn thất áp lực trong lớp vật liệu không đồng nhất thay đổi cũng như trong lớp vật liệu đồng nhất nhưng với đường kính bằng đường kính hiệu quả của lớp vật liệu không đồng nhất. Để tính toán tốc độ tăng tổn thất trong lớp vật liệu không đồng nhất dùng công thức (7.77) nhưng trong đó tất cả các trị số ở phân phối của công thức phải tính với đường kính hiệu quả của lớp lọc.

Đường kính hiệu quả phụ thuộc vào thành phần hạt của lớp vật liệu lọc, độ đồng nhất, đường kính trung bình của hạt và mức độ phân loại thủy lực. Để tìm quy luật xác định đường kính hiệu quả cần phải sử dụng các tài liệu thí nghiệm về hiện tượng tăng tổn thất áp lực trong các lớp vật liệu không đồng nhất khác nhau và các giá trị của các thông số lọc  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $A^*$  xác định được bằng phương pháp mô hình hóa công nghệ bể lọc đối với lớp vật liệu chuẩn đồng nhất, khi lọc cùng một thứ nước. Khi đã có các thông số lọc  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $A^*$ , theo các công thức tính chuyển, xác định các thông số lọc  $a$ ,  $b$ ,  $A$  có các đường kính vật liệu hạt  $d$ . Sau đó theo công thức (7.77) tính ra tốc độ tăng tổn thất áp lực. Trị số  $d$ , nào có tốc độ tăng tổn thất áp lực tính theo (7.77) trùng với tốc độ tăng tổn thất trong lớp vật liệu không đồng nhất đo bằng thực nghiệm thì được chọn là đường kính hiệu quả của lớp lọc.

Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm như thế cho phép tìm đường kính hiệu quả theo thành phần phân hạt của cát có kể tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng tăng tổn thất áp lực trong các lớp vật liệu lọc không đồng nhất. Hiện nay chưa có số liệu xử lý theo phương pháp trên, vì vậy để tính



toán tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc không đồng nhất có thể sử dụng kiến nghị của V.P Kristul: Tổn thất áp lực trong lớp vật liệu không đồng nhất có đường kính tương đương  $d_{td}$  bằng tổn thất áp lực trong lớp vật liệu đồng nhất có đường kính bằng  $d_{td}$  nhân với bình phương hệ số không đồng nhất. Hệ số không đồng nhất  $\varphi$  là tỷ số của đường kính tương đương đối với đường kính trung bình trong lớp vật liệu lọc có chiều dày bằng 20% tổng chiều dày lớp vật liệu lọc và là lớp đầu tiên theo hướng chuyển động của nước trong bể lọc.

$$\varphi = \left( \frac{d_{td}}{d_{20}} \right)^2, \quad (7.79)$$

$\frac{d_{td}}{d_{20}}$  không những phụ thuộc vào thành phần hạt của lớp vật liệu lọc mà còn phụ thuộc vào hướng chuyển động của nước trong bể lọc. Nếu nước lọc từ trên xuống thì  $\varphi > 1$  và lọc từ dưới lên thì  $\varphi < 1$ . Tốc độ tăng tổn thất trong lớp vật liệu không đồng nhất:

$$\frac{h}{t} = \varphi \cdot i_0 \cdot F(A) \cdot \frac{a}{b}. \quad (7.80)$$

Thời gian làm việc đến thời điểm đạt tổn thất giới hạn:

$$t_{gh} = \varphi \frac{H_{gh} - H_0}{H_0 F(A)} \cdot \frac{b}{a} \cdot x. \quad (7.81)$$

Để tính toán tốc độ tăng tổn thất áp lực và thời gian đạt đến tổn thất giới hạn trước hết phải thí nghiệm để xác định các thông số  $a$ ,  $b$ ,  $A$  và  $i_0$ . Nếu như xác định các thông số này trên mô hình hay bể lọc đang làm việc của cùng một nguồn nước với vận tốc lọc  $v^*$  và đường kính hạt  $d^*$  thì giá trị các thông số  $a$ ,  $b$ ,  $A$ ,  $i_0$  khi tốc độ lọc và đường kính hạt bất kỳ được xác định theo công thức sau:

$$a = a^* \left( \frac{v}{v^*} \right) \left( \frac{d^*}{d} \right) \quad (7.55)$$

$$b = b^* \left( \frac{v}{v^*} \right)^{0.7} \left( \frac{d^*}{d} \right)^{1.7} \quad (7.56)$$

$$i = i_0^* \left( \frac{v}{v^*} \right) \left( \frac{d^*}{d} \right)^2 \quad (7.82)$$

$$1 \cdot A = (1 \cdot A^*) \left( \frac{v}{v^*} \right)^{0.5} \left( \frac{d^*}{d} \right)^{0.25}$$

Toàn bộ phần lý thuyết cơ bản của quá trình lọc nêu trên do giáo sư người Nga D.M Minx đề xuất và phát triển.

## 7.6. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ LỌC BẰNG THỰC NGHIỆM

### 7.6.1. Trạm thực nghiệm

Để xác định các thông số công nghệ của quá trình lọc nước phải dùng ống lọc thí nghiệm đường kính  $D = 150 + 200$  mm cao 2,5 - 3 m hình (7.11). Theo dọc chiều cao của ống lọc đặt các các ống lấy mẫu nước thí nghiệm cách nhau 20cm. Ống lấy mẫu nước thí nghiệm làm bằng đồng lá mỏng đường kính 2 - 3mm, và có ren để vặn vào thành ống lọc thí nghiệm, chiều dài phần nằm phía trong ống lọc của các ống lấy mẫu nước không được nhỏ hơn 100 mm, và trên nó khoan cách đều 10 - 12 lỗ đường kính 1 mm, sau đó quấn dây đồng đường kính 1 - 1,5 mm với khe hở 0,1 - 0,2 mm. ống lấy mẫu đặt phía trên lớp cát lọc dùng để kiểm tra nồng độ cặn trong nước nguồn, còn ống đặt dưới lớp vật liệu lọc để kiểm tra nồng độ cặn trong nước lọc. Các ống lấy mẫu còn lại dùng để xác định nồng độ cặn trong nước theo chiều dày của lớp vật liệu lọc.

Trong thời gian thí nghiệm không sử dụng hết các ống lấy mẫu nhưng cũng không được ít hơn 6 - 7 cái. Trong quá trình thí nghiệm phải để cho nước chảy ra liên tục qua các ống lấy mẫu, nhưng tổng lưu lượng chảy qua các ống này không vượt quá 5% tổng lưu lượng nước đi qua ống lọc. Gắn vào ống lọc hai ống cao su nối với bảng thủy tinh đo áp lực để xác định tổn thất áp lực qua lớp vật liệu lọc. Vật liệu lọc trong ống lọc là cát thạch anh càng đồng nhất càng tốt và có đường kính hạt trung bình 0,7 - 1,1 mm. Sai lệch về kích thước giữa hạt lớn nhất, bé nhất với hạt trung bình không quá 10%, chiều dày lớp cát từ 1,5 - 2 m.

Số lượng cần thiết của cát tính theo công thức:

$$G = \gamma (1 - m) w, \text{ (kG)},$$

trong đó: G - trọng lượng cát sạch và khô đã sàng;

$\gamma$  - mật độ của cát = 2,65 kG/dm<sup>3</sup>;

m - độ rỗng của lớp cát trong bể lọc thực tế thường bằng 0,41 - 0,42;

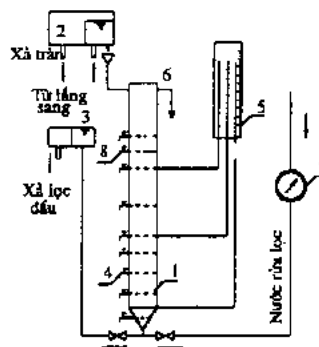
w - thể tích yêu cầu của cát (dm<sup>3</sup>).

Sau khi đổ cát vào ống lọc thí nghiệm, vỡ thành ống lọc để cát tự nén xuống vừa đúng vạch tương ứng với thể tích w đã tính, ống lọc thí nghiệm phải làm

việc với tốc độ lọc không đổi, chọn từ 5 - 10 m/h. Khi xác định các thông số làm việc của bể lọc, dẫn nước từ bể lắng vào ống lọc thí nghiệm như các bể lọc hiện có, hay là đưa nước sau bể lắng thí nghiệm vào nếu như nhà máy cần thiết kế chưa có công trình nào đang hoạt động.

Hình 7.11. Trạm thí nghiệm xác định thông số lọc

- 1- ống lọc thí nghiệm;
- 2- đưa nước vào lọc;
- 3- thu nước đã lọc;
- 4- ống lấy mẫu nước đo hàm lượng cặn  $C_1$ ;
- 5- ống đo áp lực và chênh áp;
- 6- ống tràn xả nước rửa lọc;
- 7- dẫn nước rửa lọc;
- 8- ống lấy mẫu đo hàm lượng cặn  $C_0$ .



### 7.6.2. Xử lý các số liệu thí nghiệm

Khi thí nghiệm phải ghi kết quả phân tích nồng độ cặn trong nước lọc, lấy ở các mẫu theo độ dày  $x$ , khác nhau của lớp lọc và ghi tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc theo thời gian lọc nước. Chọn quãng thời gian giữa hai lần lấy mẫu phụ thuộc vào điều kiện thí nghiệm. Điều quan trọng là phải phát hiện đúng thời điểm chất lượng nước lọc xấu đi trên các chiều dày  $x$ , khác nhau của lớp. Khi lọc nước có độ đục thấp tốc độ lọc lấy bằng 5 - 6 m/h khoảng thời gian lấy mẫu có thể là 1 giờ. Khi lọc nước có độ đục cao hơn, tốc độ lọc lớn hơn thì khoảng cách giữa hai lần lấy mẫu là 30 phút có khi 15 phút.

Trong sổ thí nghiệm cũng phải ghi cả đặc điểm nguồn nước, điều kiện thí nghiệm, nhiệt độ nước, cỡ hạt vật liệu lọc, chiều dày vật liệu lọc, tốc độ lọc.

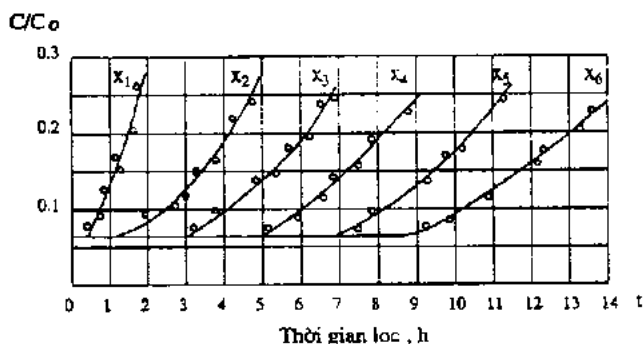
Nếu thí nghiệm tiến hành đúng thì đường cong biểu thị hiệu quả lọc nước sẽ có dạng như hình (7.12).

Theo các số liệu tổn thất đo được theo thời gian lọc vẽ đồ thị hình (7.13).

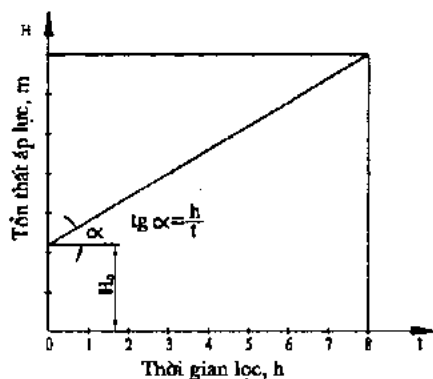
Sau khi dùng kết quả thí nghiệm vẽ được biểu đồ hình (7.12) và (7.13) tiến hành tính các thông số lọc như sau:

Trên hình (7.12) vạch một đường thẳng song song với trục hoành đi qua trục tung tại điểm có trị số  $C/C_0$  cần thiết kế, tại các điểm giao nhau của đường thẳng này với các đường biểu diễn hiệu quả lọc  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  ta kẻ các đường

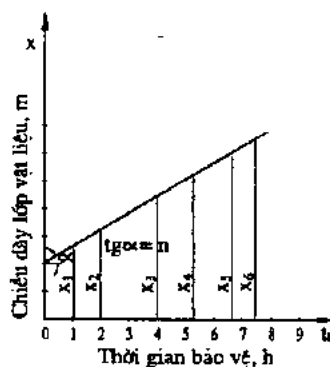
song song với trục tung. Các điểm giao nhau của chúng với trục hoành chính là thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc có chiều dày  $x_i$  đã cho. Dùng các trị số của chiều dày lớp vật liệu lọc và ứng với chúng là thời gian bảo vệ vẽ biểu đồ hình (7.14). Trục tung ghi chiều dày lớp vật liệu lọc, trục hoành ghi thời gian bảo vệ.



Hình 7.12. Các đường biểu diễn hiệu quả lọc



Hình 7.13. Biểu đồ tăng tổn thất áp lực



Hình 7.14. Biểu đồ để xác định thông số lọc a, b

Sau khi vẽ xong biểu đồ hình (7.14) ta tính giá trị  $\operatorname{tg} \alpha = n$  và  $x_0$  bằng các số đo trên biểu đồ.

Sau đó xác định các thông số lọc theo các công thức sau:

$$b^* = \frac{X_0}{x_0}$$

K và  $X_0$  xác định theo bảng (7.2) ứng với giá trị  $C/C_0$  yêu cầu

$$\frac{a^*}{b^*} = \frac{n}{K}$$

Để xác định thông số bão hòa giới hạn của cặn trong lớp vật liệu lọc  $A^*$  ta làm như sau: Trên biểu đồ thí nghiệm đo được hình (7.13) tính trị số  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{t}$  và độ dốc thủy lực ban đầu  $i_0 = \frac{H_0}{x}$  sau đó dùng công thức (7.80)

$$\frac{h}{t} = \varphi i_0 F(A) \cdot \frac{a^*}{b^*}$$

để tính ra hàm số  $F(A)$  sau đó dùng bảng (7.3) tra ra trị số  $A^*$  theo  $F(A)$  đã tìm được.

### 7.7. TÍNH TOÁN CÔNG NGHỆ BỂ LỌC

Tính toán bể lọc về mặt công nghệ gồm: xác định diện tích cần thiết của bể lọc, chiều dày và kích thước hạt của lớp vật liệu lọc. Diện tích của bể lọc tính theo công thức:

$$F = \frac{Q}{V} \cdot (m^2), \quad (7.84)$$

trong đó:  $Q$  - lưu lượng nước đi vào các bể lọc ( $m^3/h$ ),  $Q = Q_1 + Q_2$ ;

$Q_1$  - lưu lượng nước cấp cho các đối tượng tiêu thụ ;

$Q_2$  - lưu lượng nước cần để rửa lọc và cấp cho các nhu cầu kỹ thuật khác trong nhà máy;

$V$  - tốc độ lọc tính toán khi bể lọc làm việc bình thường ( $m/h$ ).

Tốc độ lọc tính toán phụ thuộc vào tính chất của cặn và của nước, vào kích thước và chiều dày của lớp vật liệu lọc. Các thông số kể trên phụ thuộc lẫn nhau và được tính toán theo thời gian làm việc giữa hai lần rửa lọc. Bể lọc có lớp vật liệu lọc vận tốc lọc, thời gian giữa hai lần rửa tối ưu khi đảm bảo điều kiện  $t_{bv} = t_{gh}$  (thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc bằng thời gian làm việc đạt đến tổn thất giới hạn của bể). Nếu  $t_{bv} > t_{gh}$  bể lọc phải rửa do tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc tăng vượt quá chiều cao chênh áp của bể. Trong khi đó chất lượng nước lọc vẫn đảm bảo được tiêu chuẩn sau một thời gian làm việc nữa. Bể lọc như vậy hoặc có lớp vật liệu quá dày, hoặc làm việc với tốc độ lọc quá bé. Đối với bể lọc đã thiết kế có chiều cao hoặc có diện tích quá lớn đều gây tốn kém trong xây dựng.

Nếu  $t_{bv} < t_{gh}$  phải rửa bể lọc do chất lượng nước lọc xấu không đạt yêu cầu. Trong trường hợp này áp lực dư dành cho tổn thất trong lớp vật liệu phải tiêu bớt trên các van khóa thu nước lọc, làm tiêu tốn một số năng lượng đáng kể là không cần thiết. Về phương diện vệ sinh để cho bể lọc làm việc an toàn với chất lượng nước đảm bảo tiêu chuẩn quy định thường chọn  $t_{bv} = 1,2 t_{gh}$ .

- Khi tính toán công nghệ bể lọc (xác định tốc độ lọc, chiều dày lớp vật liệu, kích thước hạt) sử dụng hai công thức cơ bản sau:
- Công thức (7.54) xác định thời gian bảo vệ:

$$t_{bv} = \frac{1}{K} \cdot \frac{b}{a} \cdot \left( x - \frac{X_o}{b} \right)$$

- Công thức tính thời gian làm việc đến tổn thất giới hạn

$$t_{gh} = \frac{H_{gh} - H_o}{\varphi_{i_o} F(A) \cdot \frac{a}{b}}$$

Trong cả hai công thức này tất cả các thông số lọc đều phải tính với đường kính tương đương của lớp vật liệu lọc.

Trong thực tế nhờ hai công thức này để giải quyết hai loại bài toán cơ bản sau:

- 1) Theo tốc độ lọc cần thiết đã chọn và theo thời gian làm việc cần thiết của bể lọc giữa hai lần rửa lọc tính toán để xác định chiều dày lớp lọc, cỡ hạt vật liệu lọc.
- 2) Theo thành phần hạt của vật liệu có sẵn và thời gian quy định giữa hai lần rửa lọc tính toán để xác định tốc độ lọc và chiều dày lớp vật liệu lọc.

Loại bài toán thứ nhất gặp khi mở rộng nhà máy nước hiện có và muốn tận dụng hết khả năng của bể lọc hiện có. Theo yêu cầu công suất cần thiết, căn cứ vào diện tích bể lọc hiện có tính ra tốc độ lọc, theo chiều cao sẵn có của bể lọc, quyết định chiều dày lớp lọc, sau đó dùng công thức để xác định cỡ hạt vật liệu và thời gian làm việc cho phép giữa hai lần rửa.

Loại bài toán thứ hai thường gặp khi thiết kế nhà máy mới. Trong trường hợp này trên cơ sở thành phần hạt của cát lọc đã có của địa phương, và theo thời gian làm việc đã chọn của bể lọc tính ra tốc độ lọc và chiều dày cần thiết của lớp vật liệu lọc.

Cả hai loại bài toán này đòi hỏi phải xác định hai trị số chưa biết nhờ hai phương trình và được giải bằng phương pháp gần đúng dần.

Để hệ thống hóa trình tự tính toán cách làm thuận lợi nhất là xác định chiều dày tối ưu của lớp vật liệu lọc.

Nếu cho trước tốc độ lọc và thành phần hạt của lớp vật liệu lọc thì chỉ có một chiều dày xác định của lớp vật liệu lọc làm cho thời gian làm việc của chu kỳ

lọc là lớn nhất. Tăng hoặc giảm chiều dày của lớp vật liệu lọc sẽ làm giảm thời gian làm việc của bể lọc vì nếu tăng chiều dày bể lọc lớn hơn giá trị tối ưu sẽ rút ngắn thời gian làm việc vì bể lọc sẽ đạt đến tổn thất giới hạn sớm (rút ngắn  $t_{ph}$ ) còn nếu giảm chiều dày lớp vật liệu lọc sẽ làm giảm thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc (giảm  $t_{bv}$ ).

Nếu ứng với chiều dày tối ưu của lớp vật liệu lọc mà thời gian làm việc của một chu kỳ lọc theo tính toán nhận được bé hơn yêu cầu thì hoặc phải giảm tốc độ lọc hoặc phải tăng kích thước của hạt cát lọc. Tính chọn tốc độ lọc hay kích thước của hạt được tiến hành cho đến khi thu được chiều dày tối ưu của lớp vật liệu lọc đảm bảo thời gian làm việc của một chu kỳ lọc không bé hơn yêu cầu.

Thường thì chất lượng nước nguồn, nhiệt độ, điều kiện xử lý, thay đổi theo mùa trong năm, do đó làm thay đổi cả các thông số lọc của chúng. Vì thế mô hình công nghệ cần phải tiến hành trong những thời kỳ đặc trưng khác nhau của năm. đối với mỗi thời kỳ đặc trưng phải xác định được các giá trị của các thông số lọc chuẩn. Để cho thời gian làm việc của bể lọc không bao giờ bé hơn thời gian cho phép tối thiểu cần phải tiến hành tính toán theo hai thời kỳ bất lợi nhất, một thời kỳ làm cho thời gian bảo vệ của bể lọc giảm xuống còn thời kỳ thứ hai làm cho thời gian làm việc đạt đến tổn thất giới hạn nhỏ nhất.

**Để làm sáng tỏ vấn đề này ta làm ví dụ tính toán sau:**

Vận hành mô hình thí nghiệm, vẽ biểu đồ kết quả thí nghiệm (7.12, 7.13, và 7.14). Từ số liệu ở biểu đồ, theo công thức (7.51), (7.52) tính được các giá trị của các thông số chuẩn ( $v = 10 \text{ m/h}$ ,  $d_{10} = 1 \text{ mm}$ ) theo hai thời kỳ đặc trưng trong năm như sau:

Thời kỳ thứ nhất	Thời kỳ thứ hai
$b^* = 5,55 \text{ m}^{-1}$	$b^* = 7,0 \text{ m}^{-1}$
$\frac{a^*}{b^*} = 0,0415 \text{ m/h}$	$\frac{a^*}{b^*} = 0,09 \text{ m/h}$
$A^* = 0,32$	$A^* = 0,20$
$i_o^* = 0,59$	$i_o^* = 0,40$
$\frac{C}{C_o} = 0,1$	$\frac{C}{C_o} = 0,05$

Hãy tính toán xác định tốc độ lọc và chiều dày cần thiết của lớp vật liệu lọc. Thành phần hạt của cát dùng làm vật liệu lọc có các đặc tính sau: đường kính tương đương  $d_{10} = 0,8 \text{ mm}$ , đường kính trung bình ở lớp trên dày 20%,  $d_{20} = 0,6 \text{ mm}$ ,  $\varphi = 1,79$ .

Tổn thất giới hạn cho phép  $H = 2,5$  m.

Thời gian làm việc cho phép tối thiểu = 15 giờ.

**Giải:**

Đầu tiên chọn tốc độ lọc  $v = 10$  m/h, tính chuyển các thông số lọc như sau:

Thời kỳ thứ nhất	Thời kỳ thứ hai
$b = b^* \left( \frac{v^*}{v} \right)^{0,7} \left( \frac{d^*}{d} \right)^{1,7} = 5,55 \left( \frac{10}{10} \right)^{0,7} \left( \frac{1}{0,8} \right)^{1,7}$ $b = 8,15 \text{ m}^{-1}$	$b = 10,2 \text{ m}^{-1}$
$\frac{a}{b} = \left( \frac{a}{b} \right)^* \left( \frac{v}{v^*} \right)^{1,7} \left( \frac{d}{d^*} \right)^{0,7} = 0,0415 \left( \frac{10}{10} \right)^{1,7} \left( \frac{0,8}{1} \right)^{0,7} = 0,354 \text{ m/h}$	$\frac{a}{b} = 0,077 \text{ m/h}$
$1 - A = (1 - A^*) = \left( \frac{v}{v^*} \right)^{0,5} \left( \frac{d}{d^*} \right)^{0,25}$ $= (1 - 0,32) \left( \frac{10}{10} \right)^{0,5} \left( \frac{0,8}{1} \right)^{0,25} = (1 - 0,36)$	$A = 0,245$
$i_o = i_o^* \left( \frac{v}{v^*} \right) \left( \frac{d^*}{d} \right)^2 = 0,59 \left( \frac{10}{10} \right) \left( \frac{1}{0,8} \right)^2 = 0,915$	$i_o = 0,62$
$\frac{C}{C_o} = 0,1$	$\frac{C}{C_o} = 0,05$

Các trị số  $t_{bv}$  và  $t_{gh}$  phụ thuộc tuyến tính (bậc nhất) vào chiều dày lớp vật liệu lọc. Vì thế để xác định chiều dày tối ưu bằng phương pháp đồ thị chỉ cần tính  $t_{bv}$  và  $t_{gh}$  với 2 giá trị chiều dày  $x = 1$  m và  $x = 1,5$  m; Khi  $x = 1$  theo công thức (7.54) và (7.81) ta có:

$$t_{bv} = \frac{1}{K} \cdot \frac{b}{a} \left( x - \frac{X_o}{b} \right)$$

$$t_{gh} = \phi \frac{H_1 - H_o}{H_o F(A)} \frac{b}{a} x = \frac{H_1 - i_o x}{i_o F(A)} \frac{b}{a}$$

Đối với thời kỳ thứ nhất:  $\frac{C}{C_o} = 0,1$ , tra bảng (7.2) tìm  $K = 1,51$ ;  $X_o = 3$ .

$$t_{bv} = \frac{1}{1,51} \frac{1}{0,0354} \left( 1 - \frac{3}{8,15} \right) = 11,8 \text{ (h)}$$

$$t_{gh} = 1,79 \frac{0,5 - 0,915}{0,915 \times 2,2} \frac{1}{0,354} = 12,1 \text{ (h)}$$

Thời kỳ thứ hai:  $C/C_o = 0,05$ ;  $K = 1,69$ ;  $X_o = 3,7$ ;  $F(A) = 1,2$ ;  $A = 0,245$ .

Ta thu được:  $t_{bv} = 4,85$ h;  $t_{gh} = 18,3$ h.

Kết quả nhận được cho thấy đối với thời kỳ thứ nhất trị số  $t_{gh} = 12,1$  giờ < 18,3 giờ là trị số bất lợi đối với thời gian làm việc đến thời điểm tổn thất giới hạn. Còn thời kỳ thứ



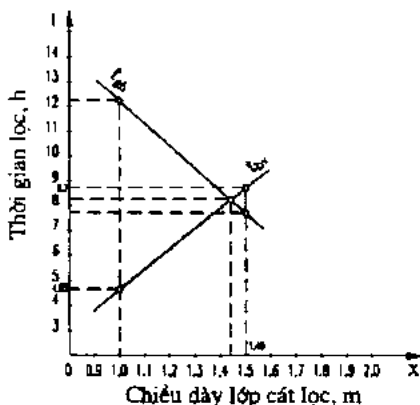
hai  $t_{bv} = 4,85 < 11,8$  giờ là trị số bất lợi đối với thời gian bảo vệ. Vì vậy, chiều dày  $x$  là 1.5 m thời gian tổn thất giới hạn  $t_{gh}$  tính theo thời kỳ thứ nhất, còn thời gian có tác dụng bảo vệ tính với thời kỳ thứ 2. Khi  $x = 1,5$  đối với thời kỳ thứ nhất:

$$t_{gh} = 1,79 \frac{2,5 - 0,915 \times 1,5}{0,915 \times 2,2 \times 0,0354} = 8,6 \text{ (h)}.$$

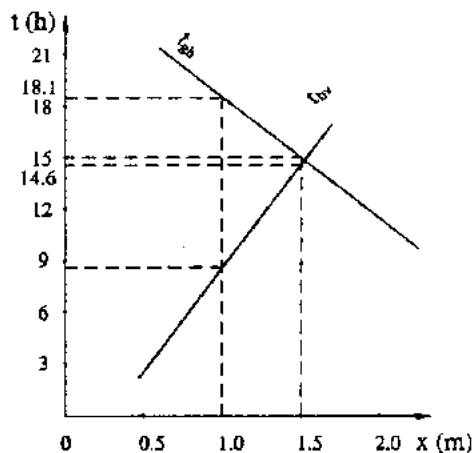
Đối với thời kỳ thứ hai:

$$t_{bv} = \frac{1}{1,69} \cdot \frac{1}{0,077} \left( 1,5 - \frac{3,7}{10,2} \right) = 8,7 \text{ (h)}.$$

Dem kết quả thu được về thời gian làm việc theo chiều dày lớp lọc vẽ lên đồ thị hình (7.15a), tọa độ của điểm giao nhau giữa đường biểu diễn ( $t_{bv}$ -x) và đường ( $t_{gh}$ -x) là thời gian và chiều dày lớp lọc tối ưu của quá trình.



Hình 7.15a. Biểu đồ tương quan giữa thời gian lọc  $t$  và chiều dày  $x$  của lớp lọc



Hình 7.15b. Biểu đồ tìm giá trị  $x$  tối ưu

Theo biểu đồ hình (7.15a) khi chọn tốc độ lọc  $v = 10$  m/h với thành phần hạt vật liệu lọc đã chọn, chiều dày tối ưu của lớp vật liệu lọc sẽ là  $x = 1,49 \approx 1,5$  m, còn thời gian làm việc giữa hai lần rửa của bể lọc  $t = 8,7$  (h). Thời gian làm việc thu được không thỏa mãn yêu cầu đặt ra là  $t_{\text{thoàn}} = 15$  (h). Do đó ta giảm bớt tốc độ lọc.

Lấy tốc độ lọc  $v = 7,5$  m/h, các thông số lọc theo các công thức đã nêu có các giá trị sau:

Thời kỳ thứ nhất	Thời kỳ thứ hai
$b = 9,9 \text{ m}^{-1}$	$b = 12,5 \text{ m}^{-1}$
$a/b = 0,0218 \text{ m/h}$	$a/b = 0,0475 \text{ m/h}$
$A = 0,45$	$A = 0,35$
$i_0 = 0,69$	$i_0 = 0,35$
$C/C_0 = 0,1$	$C/C_0 = 0,05$

Theo phương pháp đã nêu ta tìm được khi  $x = 1$  m đối với thời kỳ thứ nhất  $t_{gh} = 18,1$  (h),  $t_{bv} = 21,2$  (h) đối với thời kỳ thứ hai  $t_{gh} = 24$  (h),  $t_{bv} = 8,8$  (h). Khi  $x = 1,5$  m đối với thời kỳ thứ nhất  $t_{gh} = 14,6$  (h), còn đối với thời kỳ thứ hai  $t_{bv} = 15$  (h) biểu diễn kết quả lên đồ thị (7.15b) ta có:

Kết quả thu được trên đồ thị: vận tốc lọc  $v = 7,5$  m/h chiều dày tối ưu của lớp vật liệu lọc  $x \approx 1,5$  m thời gian làm việc của một chu kỳ lọc  $t = 14,8$  (h) phù hợp với yêu cầu. Sau khi chọn được chiều dày lớp vật liệu lọc  $x$  tương ứng với vận tốc lọc  $v$  thỏa mãn điều kiện thời gian của một chu kỳ lọc. Theo công thức (7.84) tính ra tổng diện tích cần thiết của các bể lọc.

Khi không có số liệu thí nghiệm, để thiết kế bể lọc nhanh có thể chọn tốc độ lọc ứng với chiều dày và thành phần hạt của lớp vật liệu lọc ghi trong bảng (7.4).

**Bảng 7.4.** Tốc độ lọc và đặc tính của lớp vật liệu lọc dùng để lọc nước đã qua bể lắng và có độ đục không lớn hơn 12 mg/l

Bể lọc	Đường kính hạt vật liệu lọc (mm)			Hệ số không đồng nhất $K$	Chiều cao lớp vật liệu lọc (m)	Tốc độ tính toán (m/h) trong chế độ làm việc	
	tối thiểu	tối đa	tương đương			binh thường	tăng cường
Bể lọc nhanh	0,5	1,2	0,7-0,8	2-2,2	700	6	7,5
	0,7	1,5	0,9-0,1	1,8-2	1200-1300	8	10
	0,9	1,8	1,1-1,2	1,5-1,7	1800-2000	10	12
Bể lọc 2 lớp cát và antraxit	0,5	1,2	0,8	2	400-500		
	0,8	1,8	1,1	2	400-500	10	12

## 7.8. CHỌN THỜI GIAN CỦA CHU KỲ LỌC

Thời gian hay độ dài của một chu kỳ lọc là thời gian làm việc của bể lọc giữa hai lần rửa lọc kế tiếp.

### 7.8.1. Các lý do cần xét đến

Trong khi tính toán công nghệ bể lọc thường gặp hai trường hợp:

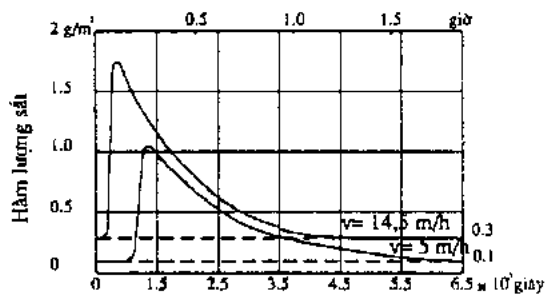
*Trường hợp thứ nhất:* khi cải tạo và nâng cấp nhà máy, các thông số biết trước là: chất lượng nước thô, chiều cao lớp lọc, vận tốc lọc. Tính toán chọn đường kính và cấp phối hạt lọc thỏa mãn thời gian yêu cầu của chu kỳ lọc.

*Trường hợp thứ hai:* khi xây dựng nhà máy mới, các thông số cho trước là: chất lượng nước thô, chiều cao lớp lọc, đường kính và cấp phối hạt lọc. Tính toán chọn tốc độ lọc thỏa mãn thời gian yêu cầu của chu kỳ lọc.

Trong cả hai trường hợp, người kỹ sư phải chọn trước thời gian của một chu kỳ lọc và thường căn cứ vào các điều kiện sau:

- 1) Số bể lọc và thời gian rửa lọc. Thao tác rửa một bể lọc từ khi bắt đầu đến khi cho bể lọc trở lại làm việc thường mất khoảng 30 phút. Nếu chu kỳ lọc là 24 giờ, ngày rửa một lần mà trong nhà máy có số bể lọc lớn hơn 20 thì một ca trực không thể rửa hết lượt, rửa lọc phải thực hiện vào ca ngày, khi rửa cần quan sát để xử lý các trường hợp bất thường, trong trường hợp này phải tăng thời gian của chu kỳ lọc vì lý do quản lý.
- 2) Nếu thời gian rửa các bể lọc kéo dài liên tục suốt trong ca ngày, các bể lọc còn lại làm việc trong chế độ tăng cường,  $V_{lc} = V_{lc}/n-1$ , thời gian làm việc tăng cường quá dài làm giảm thời gian tồn thất giới hạn  $t_{gh}$  và thời gian bảo vệ  $t_{bv}$ , chu kỳ lọc sẽ ngắn dần lại so với dự kiến ban đầu.

- 3) Khi rửa lọc xong, đưa bể lọc trở lại làm việc, thời gian từ 10 - 20 phút đầu, nước ra khỏi bể lọc là nước rửa lọc còn đọng lại trong lớp cát lọc và trong gôm sàn phân phối có chất lượng tốt sau đó cặn trong nước lọc tăng lên đột ngột, lớp lọc ổn định dần, cặn trong nước lọc giảm dần sau khoảng 1 đến 1,5 giờ thì đạt chất lượng tính toán (hình 7.16).



Hình 7.16. Biểu đồ thực nghiệm đo hàm lượng sắt trong nước lọc theo thời gian sau khi rửa lọc

Để hạn chế tác dụng xấu của quá trình khởi động bể lọc trong thực tế đã áp dụng ba biện pháp.

*Biện pháp thứ nhất:* Xả lượng nước lọc đầu có chất lượng không đạt tiêu chuẩn.

Trong quản lý khó xác định chính xác thời gian bắt đầu và kết thúc giai đoạn nước lọc có chất lượng nước xấu để xả nên việc xả nước lọc đầu không mang lại hiệu quả. Ở các nước phương tây và các nước khác trong khu vực đã không còn áp dụng quy trình xả nước lọc đầu.

*Biện pháp thứ hai:* Giảm tốc độ xuống còn 1/2 tốc độ lọc bình thường trong vòng nửa giờ đến 1 giờ để cho lớp lọc trở lại ổn định biện pháp này cần phải bổ sung thiết bị điều khiển, phức tạp và tốn kém, ít áp dụng.

*Biện pháp thứ ba:* Kéo dài chu kỳ lọc từ hai ngày đến hơn ba ngày để pha loãng nồng độ cặn. Qua thực nghiệm đã đo được, nếu bể lọc rửa một ngày một lần nước đã lọc, sau khi hòa trộn ở bể chứa, hàm lượng cặn tăng lên 20% so với chất lượng nước lọc trước khi rửa. Nếu bể lọc rửa hai ngày một lần, nước ở bể chứa có hàm lượng cặn cao hơn bình thường 8% và nếu ba ngày rửa một lần, hàm lượng cặn trong nước lọc chỉ cao hơn 4%. Vì các lý do trên, nên chọn thời gian của một chu kỳ lọc lớn hơn hai ngày, tốt nhất là ba ngày.

### 7.8.2. Tính toán sơ bộ thời gian của chu kỳ lọc theo khả năng chứa cặn của lớp vật liệu lọc

Khi lọc nước qua lớp vật liệu hạt, nước chảy qua các khe rỗng, cặn bám vào bề mặt hạt, dần dần thu hẹp kích thước của các khe rỗng làm cho vận tốc nước qua các khe rỗng tăng lên kéo theo các hạt cặn đã bám dính từ trước đi xuống lớp hạt nằm dưới, cứ như thế đến cuối chu kỳ lọc cặn có thể bị kéo ra ngoài làm xấu chất lượng nước lọc. Qua theo dõi phân tích nhiều năm, phòng thí nghiệm Công ty Tư vấn cấp thoát nước số 2 đã tổng kết được các số liệu sau:

- Vận tốc lọc dưới 5 m/h, cặn chứa được 1/3 thể tích các lỗ rỗng.
- Vận tốc lọc 5,5 - 7,5 m/h, cặn chứa được 1/4 thể tích các lỗ rỗng.
- Vận tốc lọc lớn hơn hoặc bằng 8 m/h, cặn chứa được 1/6 - 1/5 thể tích các lỗ rỗng.

Độ đặc của cặn có thể phân làm ba loại.

- Cặn nước hồ chứa nhiều hữu cơ nhẹ: độ ngậm nước 98% còn 2% là trọng lượng cặn.
- Cặn nước sông độ đục cao: độ ngậm nước 96% còn 4% cặn.
- Cặn sắt, vôi làm mềm nước: độ ngậm nước 94% còn 6% là cặn.

Biết được các thông số này người kỹ sư có thể căn cứ vào tốc độ lọc, chu kỳ lọc muốn có và chất lượng nước nguồn để chọn đường kính và chiều dày lớp vật liệu lọc.

*Ví dụ:* nước sông về mùa lũ, sau bể lắng hàm lượng cặn còn 12 mg/l.

Lọc qua bể cát:  $d_{\min} = 0,6 \text{ mm}$ ;  $d_{\max} = 1,8 \text{ mm}$ .

Hệ số không đều hạt:  $K = 1,6$ .

Đường kính tương đương  $d = 0,9 \text{ mm}$ .

Độ rỗng: 38%, chiều dày lớp cát: 1m, vận tốc lọc 6 m/h.

- Thể tích chứa cặn của  $1\text{m}^3$  cát lọc

$$V = \frac{1}{4} \times 0,38 \times 1\text{m}^3 = 0,095\text{m}^3$$

- Trọng lượng cặn:  $1 \text{ m}^3$  cát lọc có thể giữ lại.

Trọng lượng cặn chiếm 4% tức  $G = 40 \text{ kg/m}^3 \times 0,095\text{m}^3 = 3,8 \text{ kg}$ .

Tốc độ lọc  $6\text{m}^3/\text{h}$ . Lớp cát dày 1m, mỗi khối cát 1 giờ phải giữ lại được:

$$6 \times 12 \text{ g/m}^3 = 72 \text{ g} = 0,072 \text{ kG}.$$

Để đảm bảo chất lượng, chu kỳ lọc là:

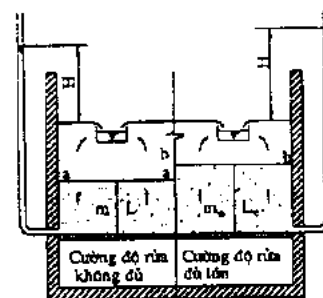
$$T_{\text{chất lượng}} = 3,8 \text{ kg} / 0,072 = 52,79 \text{ giờ} \sim 52 \text{ giờ}.$$

Nếu lọc quá thời gian này, chất lượng nước không đạt. Thường người kỹ sư phải chọn độ chênh áp lực giữa mực nước trên bể lọc và mực nước trong ngăn thu nước sau lọc (Z) sao cho sau thời gian tổn thất qua lớp lọc bằng độ chênh áp lực Z.

$$T_{\text{tổn thất gh}} \leq T_{\text{chất lượng bv}}$$

### 7.9. RỬA LỌC

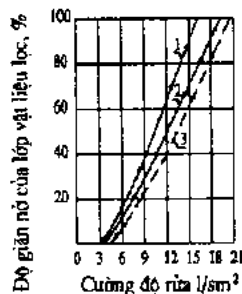
Sau một chu kỳ làm việc đến thời điểm tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc đạt đến trị số giới hạn, hay chất lượng nước lọc bắt đầu xấu đi, khi nhận được tín hiệu này, người quản lý điều khiển các van khóa để rửa bể lọc, hoặc bể lọc tự rửa theo chương trình cài sẵn nhằm khôi phục lại khả năng lọc của lớp vật liệu. Rửa lớp vật liệu trong các bể lọc nhanh bằng dòng nước đi từ dưới lên trên. Trước khi rửa bể đóng van trên đường dẫn nước vào để cho nước trong bể rút xuống ngang với mép máng thu nước rửa, đóng van trên đường ống thu



Hình 7.17. Sơ đồ giải phẫu của lớp lọc khi rửa bể lọc nhanh

nước lọc và cho nước rửa vào phía dưới bể lọc. Nước rửa theo hệ thống ống khoan lỗ hoặc các chụp lọc phân phối đều theo diện tích bề rồi đi lên phía trên qua lớp vật liệu lọc với cường độ đảm bảo chuyển các hạt của lớp vật liệu lọc vào trạng thái lơ lửng (hình 7.17).

Bề mặt cát lọc từ vị trí a - a khi làm việc bình thường do giãn nở nâng lên vị trí b - b. Khi lớp vật liệu nằm trong trạng thái lơ lửng các hạt không ngừng chuyển động hỗn loạn và chạm vào nhau làm cho cặn bẩn bám trên bề mặt hạt bị tách ra, đi theo nước rửa tràn vào máng thu rồi xả ra ngoài bể lọc. Bể lọc được rửa cho đến khi quan sát thấy nước tràn vào máng thu đã trở nên trong. Đối với bể lọc nhanh thời gian rửa khoảng 5 - 8 phút. Tuy rằng rửa bể lọc là một quá trình phụ nhưng nó ảnh hưởng quyết định đến chế độ làm việc bình thường của bể lọc. Nếu lớp vật liệu lọc không được rửa hết cặn bẩn thì dần dần cặn bẩn tích lại làm rút ngắn thời gian làm việc của bể thậm chí phải ngừng hoàn toàn để thay lớp lọc khác. Vì thế phương pháp và điều kiện rửa lọc trở thành yếu tố quyết định khi thiết kế bể lọc. Nhiệm vụ cơ bản khi tính toán rửa bể lọc là xác định cường độ rửa và độ giãn nở của lớp vật liệu lọc để đảm bảo rửa sạch hoàn toàn cặn bẩn bám vào bề mặt hạt vật liệu lọc trong quá trình lọc nước. Cường độ va chạm giữa các hạt của lớp vật liệu có độ lớn khác nhau phụ thuộc vào độ giãn nở khi rửa. Kích thước hạt càng bé đòi hỏi độ giãn nở càng cao, để rửa tốt lớp vật liệu lọc có đường kính hạt  $d < 0,8\text{mm}$  đòi hỏi cường độ rửa đủ để làm giãn nở 50% chiều dày lớp lọc, còn để rửa sạch lớp vật liệu lọc cỡ hạt  $d > 1,2\text{mm}$ , chỉ cần làm giãn nở 30% chiều dày lớp vật liệu lọc. Trên hình (7.18) giới thiệu số liệu thí nghiệm xác định độ giãn nở tính theo phần trăm của cát thạch anh và antraxit theo cường độ rửa và nhiệt độ nước khác nhau.



Hình 7.18. Độ giãn nở của cát và than antraxit khi rửa bể lọc

- 1- cát rửa bằng nước ở nhiệt độ 10°C;
- 2- cát rửa bằng nước ở nhiệt độ 20°C;
- 3- antraxit ở nhiệt độ 20,5°C.

Từ biểu đồ cho thấy: Lớp vật liệu lọc chỉ bắt đầu giãn nở khi cường độ rửa đạt đến một trị số giới hạn nào đó, sau đó tăng cường độ rửa, độ giãn nở tăng theo quy luật tuyến tính. Các hạt của lớp vật liệu lọc đã giãn nở nằm trong trạng thái cân bằng động dưới tác dụng của lực trọng trường hướng xuống dưới và lực ma sát của nước rửa tác dụng vào bề mặt hạt hướng lên phía trên. Lực ma

sát của nước vào bề mặt hạt vật liệu lọc khi rửa phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của dòng nước đi lên gần bề mặt hạt, vào mật độ và độ nhớt của nước. Tốc độ chuyển động của nước sát bề mặt hạt phụ thuộc vào khoảng không gian giữa các hạt trong lớp vật liệu đang giãn nở. Bởi vì khi lưu lượng nước rửa không đổi, độ giãn nở của lớp vật liệu tăng làm tăng khoảng cách giữa các hạt nên tốc độ chảy thực tế của nước giữa các hạt giảm xuống.

### 7.9.1. Tính toán cường độ rửa lọc

Đối với các hạt hình cầu đường kính  $d$  (mm) nằm trong lớp vật liệu lọc giãn nở, chịu tác dụng của lực trọng trường  $P_1$ , hướng xuống dưới và lực ma sát bề mặt của dòng nước chảy  $P_2$  hướng lên trên:

$$P_1 = \frac{\pi d^3}{6} (\gamma_1 - \gamma_0);$$

$$P_2 = \pi d^2 \tau,$$

trong đó:  $\tau$  - cường độ đơn vị của lực ma sát của nước vào bề mặt hạt vật liệu lọc,

$$\tau = \frac{B u^2}{Re^n};$$

$B$  - hệ số phụ thuộc vào hình dạng và độ nhám của hạt;

$u$  - tốc độ chuyển động của nước đi qua bề mặt hạt.

$$Re = \frac{u R \rho}{\mu}; \quad R = \frac{e + m_0}{1 - m_0} \cdot \frac{d}{6},$$

$R$  - bán kính thủy lực của hạt;

$m_0$  - độ rỗng của lớp vật liệu lọc khi rửa;

$e$  - độ giãn nở của lớp vật liệu lọc tính bằng %.

Biểu diễn tốc độ chuyển động thực tế của nước đi qua bề mặt hạt  $u$  khi rửa bằng cường độ rửa lọc  $w$ , ta có

$$Q = u (e + m_0) = w (1 + e)$$

$$\text{hay } u = \frac{w(1 + e)}{e + m_0}.$$

Thay trị số của  $u$  vào công thức xác định chỉ số Reynold ta có:

$$Re = \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{w(e + 1)}{1 - m_0} \phi d_{td},$$

trong đó:  $\phi$  - hệ số hình dạng,

đối với hình cầu  $\phi = 1/6$ ; đối với cát  $\phi = 1/7$ .

Bởi vì trong lớp vật liệu lọc giãn nở, các hạt nằm trong tình trạng cân bằng động nên hình chiếu của tất cả các lực tác dụng lên hạt theo phương thẳng đứng phải bằng 0, ta có  $P_1 - P_2 = 0$  hay:

$$\frac{\pi d_{td}^3}{6} (\gamma_1 - \gamma_0) - \frac{B w^2 \left( \frac{1+e}{e+m_0} \right)^2}{\left[ \frac{\rho_w}{\mu} \frac{e+1}{1-m_0} \phi d_{td} \right]^n} = 0. \quad (7.87)$$

Đối với cát thường và nước có nhiệt độ từ 4 - 40°C có thể lấy  $n = 0.7$ ;  $B = 0.1$ ;  $\rho = 1$ ;  $(\gamma_1 - \gamma_0) = 1,65$ ;  $\phi = 1/7$ ;  $m_0 = 0.4$ .

Khi đó cường độ rửa  $w$  cần thiết để đạt được độ giãn nở  $e$  có thể tính theo công thức:

$$W_e = 5 \frac{d_{td}^{1,33} (e + m_0)^{1,77}}{(e + 1)^{1,33} \mu^{0,54}}. \quad (7.88)$$

Đối với hạt antraxit, có thể lấy

$$n = 0,6; B = 0,08; \rho = 1; (\gamma_1 - \gamma_0) = 0,75; \phi = 1/7,5; m_0 = 0,4.$$

Cường độ rửa lọc cần thiết:

$$W_a = 2,8 \frac{d_{td}^{1,33} (e + m_0)^{1,77}}{(e + 1)^{1,33} \mu^{0,54}}. \quad (7.89)$$

Khi rửa bể lọc ngoài việc đạt được độ giãn nở của lớp vật liệu lọc theo % quy định còn phải làm cho các hạt lớn của lớp vật liệu lọc nằm ở phía dưới chuyển vào trạng thái cân bằng động lơ lửng trong dòng nước. Cường độ rửa lọc làm cho các hạt này bắt đầu chuyển động vào trạng thái lơ lửng có thể tính theo công thức (7.88) và (7.89) nếu như trong các công thức này chọn  $e = 0$ ;  $d_{td} = d_{max}$ , khi rửa cát thạch anh bằng nước có nhiệt độ 20°C, ta có:

$$W_e = 15 d_{max}^{1,33}; \quad (7.90)$$

đối với lớp vật liệu lọc là các hạt antraxit:

$$W_a = 8 d_{max}^{1,33}. \quad (7.91)$$

Trong quản lý bể lọc cần phải điều chỉnh cường độ rửa lọc theo mùa trong năm phù hợp với sự thay đổi nhiệt độ của nước rửa. Bảng (7.5) ghi kết quả tính toán cường độ rửa lọc ( $l/s.m^2$ ) công thức (7.88) đối với cát thạch anh  $d_{td} = 1mm$ , độ rỗng  $m_0 = 0,38$ .



Bảng 7.5. Giá trị cường độ rửa lọc tính theo (7.88) (l/s.m<sup>2</sup>)

Nhiệt độ t (°C)	Độ giãn nở e (%)			
	0,01	10	20	30
10	5,6	8,4	11,5	14,7
20	6,6	10	13,6	17,5
30	7,7	11,6	15,8	20,3

### 7.9.2 Các phương pháp rửa lọc

Mục đích của quá trình rửa lọc là tạo ra điều kiện để:

- Tách cặn bám ra khỏi bề mặt hạt cát lọc bằng lực ma sát và lực cắt do dòng nước với cường độ lớn đi qua bề mặt hạt tạo ra.
- Làm giãn nở lớp lọc để tăng thể tích các khe rỗng, tạo điều kiện thuận lợi cho các hạt cặn đã được tách ra khỏi bề mặt hạt cát chuyển động lên trên cùng với nước để tháo ra ngoài.

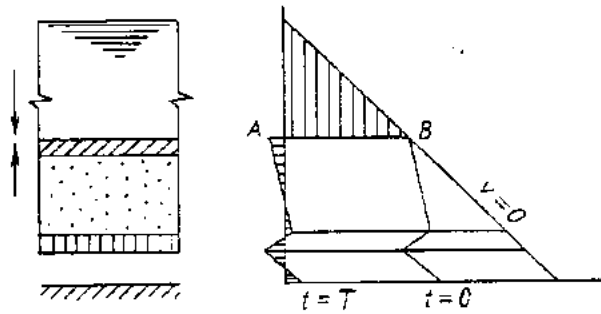
Có nhiều phương pháp rửa lọc để thực hiện tốt cả hai điều kiện trên, nhưng ở Việt Nam hiện đang áp dụng ba phương pháp sau:

- 1) Rửa lọc bằng nước thuần túy.
- 2) Rửa lọc bằng gió trước nước sau.
- 3) Rửa lọc bằng gió nước kết hợp đồng thời ở thời gian đầu, sau đó rửa bằng nước thuần túy.

#### 1. Rửa lọc bằng nước thuần túy

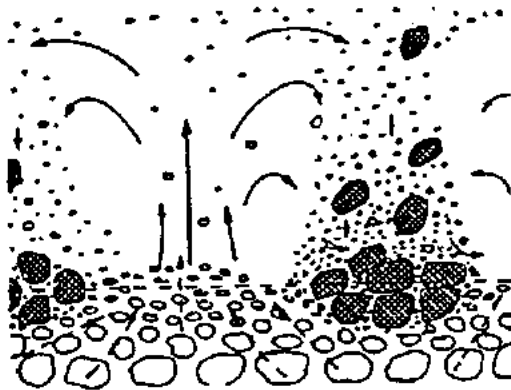
Trong mục 7.9.1 đã nêu cách tính toán chọn cường độ rửa lọc cần thiết cho các lớp vật liệu lọc có đặc tính khác nhau theo từng mùa có nhiệt độ nước khác nhau, trong mục này chỉ nêu các diễn biến trong quá trình rửa lọc và các hiện tượng xấu cần khắc phục.

Khi rửa lọc bằng nước thuần túy xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực, hạt bé chuyển lên phía trên, hạt lớn nằm ở dưới. Trong quá trình lọc các hạt cặn lơ lửng trong nước thô phần lớn bị giữ lại ở lớp trên cùng, lớp có hạt cặn bé nhất, tạo thành một màng nhầy của cặn bẩn với chiều dày l tăng dần theo thời gian. Tổn thất áp lực qua màng tăng nhanh làm giảm áp lực nước trong các hạt nằm dưới (đường A-B trong hình (7.19)) xảy ra hiện tượng chân không trong lớp lọc.

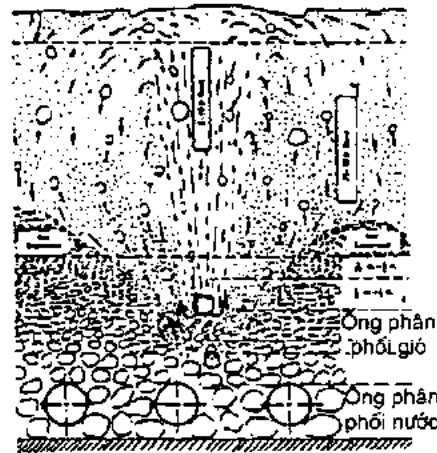


Hình 7.19. Hiện tượng tạo màng trên đỉnh lớp lọc và tổn thất áp lực qua màng

Trong nhiều trường hợp các hạt lọc bị bọc dính một lớp màng gelatin rất dai. khi rửa lọc cặn bám không thể tách ra khỏi mặt hạt mà chỉ bị vỡ ra thành cục nhỏ gọi là cặn vón cục, có nhiều cục vón kích thước lớn mà dòng nước không thể cuốn đi được, nằm lẫn với các hạt lọc, dính các hạt lại, tạo thành cục có kích thước và tỷ trọng lớn, khi rửa lọc chìm xuống dưới làm bùn hóa các lớp hạt lớn và làm tắc trít hệ thống phân phối (hình 7.20), làm giảm khả năng lọc và làm xấu chất lượng nước lọc, buộc phải thay hoàn toàn lớp lọc.



Hình 7.20. Bùn vón cục trên mặt lớp lọc làm bùn hóa lớp lọc khi rửa



Hình 7.21. Tạo dòng tuần hoàn khi rửa gió đơn thuần

Để loại trừ hiện tượng cặn vón cục, ở Mỹ đã áp dụng quy trình rửa bể mặt lớp lọc bằng nhiều loại thiết bị tạo dòng nước có áp lực cao, xối trực tiếp vào bề mặt lớp cát lọc, phá vỡ các liên kết trước và trong khi rửa bằng dòng nước ngược. Ở các nước châu Âu và Việt Nam áp dụng phương pháp rửa gió kết hợp với nước.

## 2. Rửa lọc bằng gió trước, nước sau

Khi rửa lọc, hạ mực nước trong bể xuống thấp hơn mép máng thu nước rửa từ 10 - 12cm sau đó sục gió từ dưới lên với cường độ 50 - 60m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h trong vòng 4 - 6 ph. Khi sục gió các hạt cát chuyển động hỗn loạn trong thể tích nước, làm vỡ vụn các liên kết giữa bùn và hạt lọc tách cận bẩn ra khỏi bề mặt hạt, khi các bọt khí đi lên, kéo theo nước và các hạt cát lên theo tạo ra dòng tuần hoàn đưa bùn cận và các hạt bé xuống dưới (hình 7.21).

Để đưa bùn cận đã tách ra khỏi hạt lọc nhưng còn nằm trong toàn bộ chiều dày lớp lọc sau khi sục gió phải rửa tiếp bằng dòng nước ngược với cường độ 40 - 45m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h đủ cho lớp lọc giãn nở 20% để kéo cận ra ngoài. Do nước rửa với cường độ lớn nên xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực, các hạt bé nằm trên, các hạt lớn nằm dưới, khi lọc tạo ra màng cận ở phía trên, có thể gây ra hiện tượng chân không trong lớp lọc. Như vậy, phương pháp rửa gió trước, nước sau, khắc phục được hiện tượng cận vón cục nhưng không khắc phục được hết hiện tượng tạo chân không trong lớp lọc. Phương pháp này hiện chỉ áp dụng để rửa bể lọc hai lớp, lớp trên là than antraxit, hạt lớn, nhẹ, khi phân loại thủy lực luôn nằm trên lớp cát và có độ rỗng lớn nên không có khả năng tạo ra màng cận.

## 3. Rửa gió nước kết hợp đồng thời ở thời gian đầu, sau đó rửa bằng nước

Để tránh hiện tượng tạo dòng tuần hoàn nước và cận khi rửa gió thuần túy, khi bọt khí nổi lên cấp ngay một lượng nước đủ để lấp chỗ trống mà bọt khí vừa đi qua, như thế vừa không tạo ra dòng tuần hoàn vừa đẩy được cận lên trên lớp vật liệu lọc. Ngay sau khi thổi gió với cường độ 50 - 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h mở ngay van nước để cấp nước đồng thời 5 - 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h nước. Rửa gió nước kết hợp trong 4 - 6 phút, sau đó ngừng cấp gió và rửa nước thuần túy với cường độ 15 - 20m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h để đưa cận ra ngoài. Rửa gió nước kết hợp loại trừ hoàn toàn được hiện tượng bùn vón cục, lớp vật liệu lọc không bị phân loại thủy lực, các cỡ hạt phân phối với tỷ lệ như nhau trong suốt chiều dày lớp lọc nên loại trừ được hiện tượng tạo chân không trong lớp lọc.

### 7.9.3. Cấp nước rửa lọc

Rửa lọc bằng nước sạch có thể cấp nước rửa lọc theo ba cách:

- *Cách thứ nhất:* lấy nước từ mạng lưới phân phối, ngay sau trạm bơm nước sạch.

- *Cách thứ hai:* đặt bơm rửa lọc riêng, trong trạm bơm nước sạch hay ngay trong hành lang bể lọc để cấp nước rửa.
- *Cách thứ ba:* xây dựng một đài nước riêng trong nhà máy nước kết hợp cấp nước rửa lọc và cấp nước cho các nhu cầu khác trong nhà máy. Chọn cách nào là thích hợp và kinh tế nhất phụ thuộc vào công suất và tổng khối lượng nước cần để rửa lọc, phụ thuộc vào khoảng thời gian giữa hai lần rửa các bể kế tiếp nhau.

*Rửa lọc bằng lấy nước từ mạng lưới phân phối* là biện pháp kém an toàn nhất: Nước trên mạng thường có áp lực cao hơn nhiều so với áp lực cần thiết để rửa lọc nên phải đặt van giảm áp, mất năng lượng tiêu phí trên van giảm áp và khi van làm việc thiếu chính xác lượng nước vào bể lọc nhiều hơn yêu cầu, làm cát lọc trôi ra ngoài. Khi rửa lọc áp lực trên mạng tụt xuống không đáp ứng yêu cầu dùng nước cho các hộ tiêu thụ. Biện pháp này chỉ được áp dụng ở những trạm nhỏ lẻ cấp nước không liên tục trong ngày.

*Rửa lọc bằng máy bơm riêng* là biện pháp thích hợp khi công suất của máy bơm rửa lọc bằng hoặc xấp xỉ bằng 1,2 công suất của máy bơm nước sạch, khi khởi động không làm ảnh hưởng đến điện áp của lưới điện trong nhà máy, số lần khởi động bơm trong một ngày ít và khoảng thời gian giữa hai lần khởi động lớn. Ở những nơi có nhiệt độ nước chênh lệch giữa hai mùa hè và đông lớn hơn  $10^\circ$ , nên đặt hai bơm rửa lọc có công suất khác nhau để tăng cường độ rửa lọc về mùa hè.

*Rửa lọc bằng nước lấy từ đài* cho phép tăng hoặc giảm cường độ rửa lọc theo ý muốn bằng cách điều chỉnh van đặt trên ống dẫn từ đài xuống. Để tích nước lên đài chỉ cần bơm có công suất bằng 10 - 20% bơm rửa lọc, chiều cao cột nước ổn định bơm tích nước vào đài luôn làm việc ở điểm có hiệu suất cao nhất, không cần thể tích chứa nước rửa lọc ở bể chứa, nhưng phải xây dựng đài nước có dung tích bằng hai lần lượng nước lớn nhất cần để rửa một bể lọc ở độ cao đủ để dẫn nước rửa cho bể lọc ở xa nhất. Ở những nhà máy nước lớn có số lượng bể lọc  $n > 14$ , xây dựng đài để lấy nước rửa lọc là an toàn và kinh tế nhất.

#### *Tính toán bơm nước rửa lọc*

Nước rửa lọc lấy từ ngăn chứa nước rửa lọc đặt trong bể chứa nước sạch, dung tích ngăn chứa nước rửa lọc bằng hai lần lượng nước lớn nhất cần để rửa một bể lọc, mực nước trong ngăn trước khi khởi động bơm rửa lọc giữ ổn định ở

mức thấp hơn miệng ống tràn của bể chứa 20 - 30cm, đảm bảo bơm rửa lọc luôn ở trong tình trạng tự mỗi.

- Lưu lượng bơm:

$$Q = F.W, (m^3/h), \quad (7.92)$$

trong đó: F - diện tích bể lọc (m<sup>2</sup>);

W - cường độ rửa lọc cao nhất về mùa hè (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h);

- Áp lực của bơm:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, (m),$$

trong đó:

$h_1$  - chênh lệch cao độ giữa mép máng thu nước rửa trong bể lọc và mực nước thấp nhất trong ngăn chứa nước rửa lọc ở bể chứa, thường từ 3,5 - 4m;

$h_2$  - tổn thất qua hệ thống phân phối nước rửa lọc.

Khi dùng hệ thống ống phân phối, dàn ống bố trí theo hình xương cá:

$$h_2 = \left( \frac{2,2}{K_w^2} + 1 \right) \frac{V_1^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g}, \quad (7.93)$$

trong đó:  $K_w$  - tỷ số giữa tổng diện tích các lỗ trên hệ thống ống phân phối và diện tích mặt cắt ngang của ống chính;

$V_1, V_2$  - vận tốc của nước tại mặt cắt đầu của ống chính và ống nhánh;

Khi dùng sàn phân phối gắn chụp lọc với số lượng 36 - 50 cái trên một m<sup>2</sup> sàn

$h_2 \sim 1m$ ;

$h_3$  - tổn thất qua lớp vật liệu lọc và lớp sỏi đỡ;

Tổn thất qua lớp sỏi đỡ:  $h_4 = 0.061H_s W$  (m);

$H_s$  - chiều dày các lớp sỏi đỡ (m);

W - cường độ rửa lọc (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h).

- Tổn thất qua lớp cát lọc:

$$h_c = (1 - m)L \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n};$$

m - độ rỗng của lớp cát lọc  $\sim 0,4$ ;

$\rho_c$  - trọng lượng riêng của cát = 2,65;

$\rho_n$  - trọng lượng riêng của nước = 1;

$L$  - chiều dày lớp vật liệu lọc,

$$h_c = L;$$

$$h_3 = L + 0,061 H_s W, \text{ (m)} ; \quad (7.94)$$

$h_4$  - tổn thất trên đường ống dẫn từ bơm đến bể lọc.

Khi rửa lọc bằng gió và nước kết hợp, mỗi lần rửa lọc cần hai cường độ rửa khác nhau.

- Pha đầu gió nước đồng thời

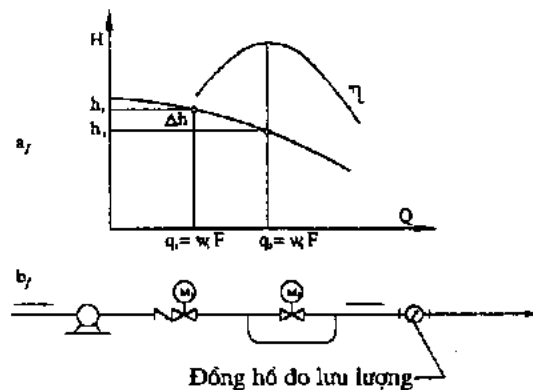
$$q_1 = F \cdot W_1, \text{ (m}^3/\text{h)};$$

$$W_1 = 5 + 7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h.}$$

- Pha hai nước thuần túy

$$q_2 = F \cdot W_2, \text{ (m}^3/\text{h)}.$$

Bơm rửa lọc nên chọn bơm có đường đặc tính thoải, độ dốc nhỏ để khi áp lực thay đổi ít, lưu lượng thay đổi nhiều hơn (hình 7.22). Trên đường ống dẫn bố trí nhánh rẽ, đường kính nhánh rẽ tính toán với  $q_1$  sao cho độ tăng tổn thất qua nhánh rẽ  $\Delta h$  đúng bằng độ giảm lưu lượng  $\Delta q$  trên đường  $Q-H$  của bơm đã chọn (hình 7.22).



Hình 7.22

- a) Điểm làm việc của bơm khi rửa;  
b) Sơ đồ đầu nhánh giảm lưu lượng.

Sau khi bơm nước chạy, mở van điện  $M_1$ , van điện  $M_2$  ở vị trí đóng, nước đi qua nhánh rẽ, bơm làm việc tại điểm  $H = h_1$ ,  $Q = q_1$ . Hết thời gian pha 1, mở tiếp van  $M_2$  ở ống chính, bơm làm việc tại điểm  $Q = q_2$ ,  $H = h_2$ .

- Tính toán chiều cao đài nước

Độ chênh giữa mực nước thấp nhất trong đài so với mép máng thu nước rửa lọc

$$H = h_1 + h_2 + h_3,$$

trong đó:  $h_1$  - tổn thất áp lực qua lớp lọc và lớp đỡ;  
 $h_2$  - tổn thất áp lực qua hệ thống phân phối nước rửa lọc;  
 $h_3$  - tổn thất áp lực trên đường ống dẫn (xem hình 7.23).

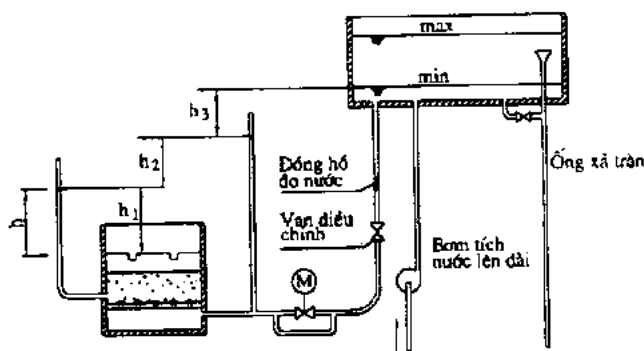
- Công suất bơm tích nước lên đài:

$$Q = \frac{(n-2)V}{n.t}, \text{ (m}^3/\text{h)}, \quad (7.96)$$

trong đó:  $V$  - lượng nước lớn nhất cần để rửa một bể lọc ( $\text{m}^3$ );

$n$  - số bể lọc cần rửa trong ngày;

$t$  - quãng thời gian giữa hai lần rửa các bể kế tiếp tùy thuộc vào trang thiết bị điều khiển bể lọc và số người bố trí trong ca trực, có thể lấy  $t = 1/2; 3/4; 1\text{h}$ .



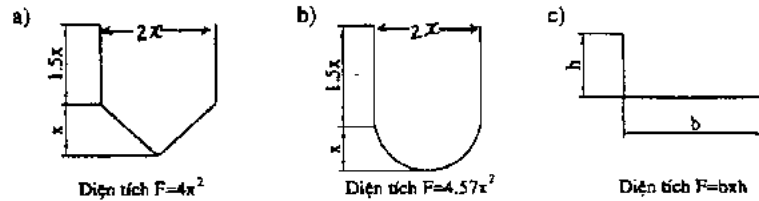
Hình 7.23. Sơ đồ bố trí đài nước rửa lọc

#### 7.9.4. Thu gom và xả nước rửa lọc

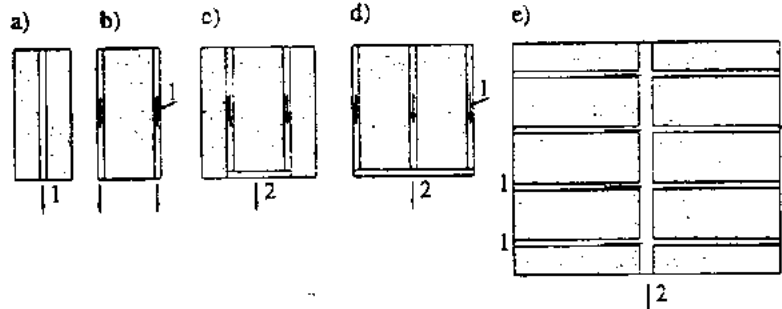
Thu nước rửa trong các bể lọc hở dùng máng hay ống khoan lỗ, còn trong bể lọc áp lực thì dùng phễu hay ống khoan lỗ đặt nằm ngang hoặc vòng quanh bể.

Máng thu nước rửa có thể làm bằng gỗ, thép, bê tông cốt thép. Thời gian gần đây bắt đầu dùng composite. Theo hình dạng mặt cắt ngang của máng chia ra: máng thu nước rửa hẹp và sâu đáy hình tam giác (hình 7.24a), máng hẹp, sâu có đáy là nửa vòng tròn (hình 7.24b), lòng máng có độ dốc 1% đổ về mương thu và máng rộng, nông, có đáy phẳng dạng hình chữ nhật độ dốc lòng máng bằng 0 (hình 7.24c).

Nước rửa tràn tự do (chảy hở), qua mép máng thu, theo dọc lòng máng chảy về mương tập trung. Hình (7.25) giới thiệu cách bố trí máng thu và mương tập trung trong bể lọc.



Hình 7.24. Tỷ số kích thước máng thu nước rửa



Hình 7.25. Sơ đồ bố trí máng thu và mương tập trung nước rửa trong các bể lọc hồ  
1- máng thu; 2- mương tập trung.

Mép máng thu phải nhẵn, mép trên của tất cả các máng phải thật phẳng và nằm trên cùng một mặt phẳng ngang.

- Khoảng cách giữa các máng thu

Khi nước rửa mang theo cặn bẩn đi ra khỏi các lỗ rỗng của lớp cát lọc vận tốc dâng trong lớp nước trên mặt cát giảm xuống 1,5 đến 2,5 lần nên cặn bẩn rất dễ lắng xuống. Trong thực tế để thu được hết cặn bẩn quãng cách tối đa đến mép máng từ 0,75 - 1,5m tùy thuộc vào tính chất của cặn và cường độ rửa lọc. Vì vậy, khoảng cách giữa hai tim máng không được vượt quá 2,5m. Khoảng cách thu nước tính từ mép máng có thể tăng lên khi áp dụng biện pháp quét bề mặt bằng dòng nước thô phân phối đều theo chiều dài dọc máng (hình 7.26).

Nước thô từ các lỗ phân phối đặt sâu hơn mép máng thu nước rửa từ 10 - 15cm chảy ngang ra với cường độ từ:

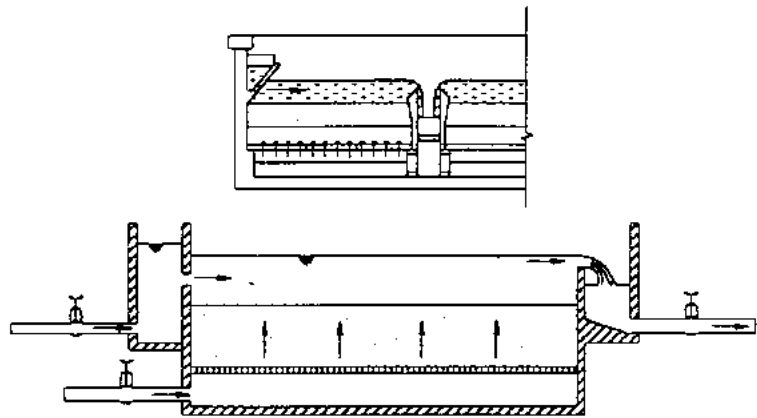
- 1,4 l/m dài có thể tăng quãng cách thu của máng đến 2m;
- 2,8 l/m dài có thể tăng quãng cách thu tính từ mép máng lên 3m;
- 4,2 l/m dài có thể tăng quãng cách thu tính từ mép máng lên 4m;
- 5,6 l/m dài có thể tăng quãng cách thu tính từ mép máng lên 5m;

- Tính toán máng thu

Tính toán máng thu nước rửa và mương tập trung nước bao gồm các việc: xác định kích thước mặt cắt ngang của máng, khoảng cách từ đáy



máng thu đến đáy mương tập trung và khoảng cách từ mép máng đến bề mặt của lớp cát lọc.



Hình 7.26. Sơ đồ dòng nước quét bề mặt khi rửa

Lưu lượng nước rửa đi qua máng thu khi không có nước quét bề mặt

$$q_m = w \cdot a \cdot b, (l/s). \quad (7.97a)$$

Khi có nước thô quét bề mặt

$$q_m = w \cdot a \cdot b + b \cdot q, (l/s). \quad (7.97b)$$

trong đó:  $w$  - cường độ rửa lọc ( $l/s \cdot m^2$ );

$a$  - khoảng cách giữa các trục máng (m);

$b$  - chiều dài của máng (m);

$q$  - cường độ quét của bề mặt ( $l/m$  dài).

Chiều rộng của máng có đáy tam giác và đáy nửa hình tròn tính theo công thức:

$$B = K \sqrt[5]{\frac{q_m^2}{(1.57 + C)^3}}. \quad (7.98)$$

trong đó:  $q_m$  - tính bằng  $m^3/s$ ;

$C$  - tỷ số giữa chiều cao phần chữ nhật của tiết diện ở đầu máng và nửa chiều rộng của máng, giá trị  $C$  chọn trong giới hạn 1-1.5;

$K$  - hệ số hình dạng đối với máng đáy nửa hình tròn  $K = 2$ , máng đáy tam giác  $K = 2.1$ .

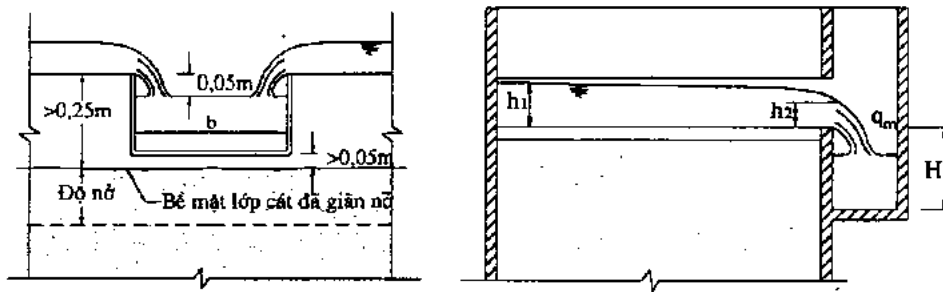
Lòng máng có độ dốc 1% về mương tập trung.

- Máng thu nước có tiết diện hình chữ nhật chiều rộng  $b$ , độ dốc lòng máng bằng 0 (hình 7.27).

Chiều cao nước đầu máng xác định theo công thức:

$$h_1 = \sqrt[3]{h_2}; \quad h_2 = \sqrt[3]{\frac{q_m^2}{gb^2}} \quad (7.99)$$

Trong các bể lọc áp lực, đôi khi dùng hệ thống ống khoan lỗ để thu nước rửa. Để đảm bảo thu đều nước rửa theo toàn diện tích bể lọc, tốc độ của nước qua lỗ vào ống thu lớn hơn 2,5 - 3 lần vận tốc qua miệng ống. Để tiết kiệm kim loại, tốc độ chuyển động của nước ở cửa ống thu thường chọn  $v = 1,5\text{m/s}$ . Như vậy tốc độ đi qua lỗ phải là 4 - 4,5m/s. Với tốc độ chuyển động như vậy của nước qua lỗ và trong hệ thống ống tháo, tổn thất áp lực có thể đạt đến 1,5 - 2 m cột nước. Vì thế miệng xả của ống tháo nước vào mương phải đặt thấp hơn trục của ống khoan lỗ đặt trong bể lọc không ít hơn 2,5m, và miệng xả nên đặt ngập nước để tránh không khí lọt vào làm giảm lưu lượng của ống xả. Ở các bể lọc hồ cũng có thể dùng hệ thống ống khoan lỗ để thu nước rửa lọc. Khoảng cách giữa trục các ống khoan lỗ chọn 1,2 - 1,5m. Các chỉ tiêu tính toán và cấu tạo khác lấy như trong bể lọc áp lực.



Hình 7.27. Sơ đồ tính máng thu tiết diện chữ nhật và khoảng cách  $H$  từ đáy máng thu đến đáy mương tập trung

Đối với bể lọc có mương thu tập trung nước rửa từ các máng ngang đổ về (hình 7.25 c,d,e). Cũng như đối với bể lọc không có máng thu ngang, thu nước rửa lọc chảy trực tiếp qua mép mương dọc trục bể hoặc tràn qua mép mương đặt dọc hai bên thành bể lọc (hình 7.25a,b) để đảm bảo chảy tự do, chiều sâu của mương tính từ đáy máng thu ngang đến đáy mương (trong trường hợp có các máng ngang) hoặc tính từ mép tràn đến đáy mương (trường hợp thu trực tiếp bằng mương) tính theo công thức (xem hình 7.27)

$$H = 1.75 \sqrt[3]{\frac{q_m^2}{gA^2}} + 0.2, \text{ (m)} \quad (7.100)$$

trong đó:  $q_m$  - lưu lượng của mương ( $m^3/s$ );

$A$  - chiều rộng của mương (đối với mương trung tâm thường chọn  $A \geq 0,7m$ );

$g$  - gia tốc trọng trường  $9.81m/s^2$ .

- Khoảng cách từ bề mặt lớp lọc đến mép tràn của máng thu tính theo công thức

$$\Delta H_m = \frac{H.e}{100} + 0.25, \text{ (m)} \quad (7.101)$$

$H$  - chiều dày của lớp vật liệu lọc (m);

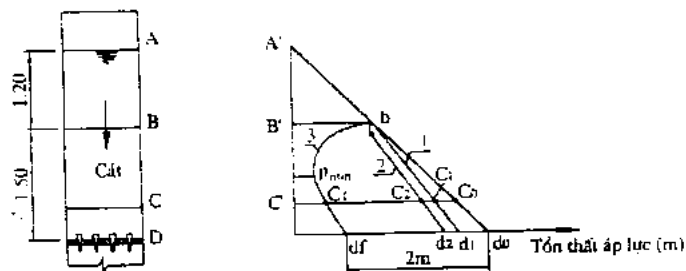
$e$  - độ giãn nở của lớp lọc khi rửa.

Nước rửa lọc từ mương tập trung theo ống tháo xả ra hệ thống cống thoát nước của nhà máy. Đường kính ống tháo chọn theo vận tốc nước chảy trong ống. Vận tốc nước trong ống xác định theo độ chênh giữa mực nước trong mương tập trung và mực nước ở cửa xả của ống tháo vào cống chung.

### 7.9.5. Chiều cao cần thiết của lớp nước trên bề mặt lớp cát lọc

Trên hình (7.28) giới thiệu đường phân bố áp lực trong lớp cát lọc dày 1.5m có thành phần hạt phân phối đều sau khi rửa lọc bằng gió nước đồng thời. Trên lớp cát là lớp nước dày 1.2m, tổn thất áp lực sau một chu kỳ lọc  $H_{kt} = 2m$ , vận tốc lọc  $v = 7m/h$ .

- Đường A' d, biểu diễn áp lực tĩnh theo chiều dày lớp lọc.
- Đường thẳng (1) biểu diễn áp lực trong lớp cát sạch khi bắt đầu lọc.
- Đường cong (2) biểu diễn áp lực trong lớp lọc sau thời gian  $t \leq T$ .
- Đường cong (3) biểu diễn áp lực trong thời điểm  $t = T$  (cuối chu kỳ lọc).

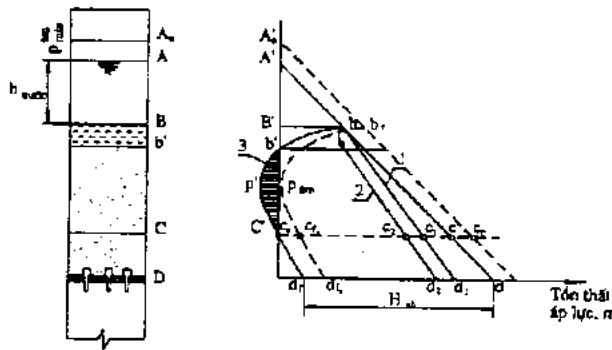


Hình 7.28. Biểu đồ phân bố áp lực trong lớp lọc khi vận tốc lọc  $7m/s$

Đến cuối chu kỳ lọc, cần thêm nhập đến mặt cát C của lớp lọc, tổn thất qua lớp cát biến đổi bằng đoạn thẳng  $C_1 - C_0$ .

Lớp cát với chiều dày CD còn sạch nên đoạn  $c_1 d_1$  trên đường cong (3) là đoạn thẳng song song với đường thẳng (1). Trên đường cong (3) xuất hiện áp lực tối thiểu  $P_{\min}$  ở độ sâu nhất định của lớp cát. Vì chiều dày lớp nước trên mặt cát lọc  $h = 1.2\text{m}$ , vận tốc  $v = 7\text{m/h}$ , tổn thất của một chu kỳ lọc là  $2\text{m}$  nên  $P_{\min} > 0$  không có áp lực âm trong cát lọc.

Trên hình (7.29) thể hiện đường phân bố áp lực trong lớp cát lọc đã bị phân loại thủy lực sau khi rửa bằng nước thuận tủy hay rửa gió trước, nước sau. lớp trên cùng là các hạt bé, lớp dưới là các hạt lớn.



Hình 7.29. Biểu đồ phân bố áp lực chân không trong lớp lọc khi vận tốc lọc (m/h)

Vì chiều dày lớp nước trên mặt cát lọc  $h$  không tương xứng với chiều cao tổn thất giới hạn  $H_{ph}$  và không tương xứng với chiều dày lớp cát lọc nên khi lọc cùng vận tốc  $v$  m/h, trên đường cong (3) xuất hiện vùng có áp lực âm  $b' - p' - c'$  trên suốt chiều dày  $b'c'$  của lớp cát. Trong trường hợp này để loại trừ vùng có áp lực âm trong chiều dày lớp lọc, phải tăng chiều cao của lớp nước trên mặt cát lọc từ  $A$  đến  $A_0$  với trị số  $\Delta h \geq P$  âm.

Sau khi tăng chiều dày lớp nước, đường cong (3) chuyển về vị trí  $b_0 - c_0 - d_0$  sẽ không còn áp lực âm trong lớp lọc.

Khi có hiện tượng chân không, khí bão hòa trong nước và hơi nước tách ra thành những bọt nhỏ dính bám vào hạt, làm nghẽn một phần lỗ rỗng, tăng tổn thất trong lớp lọc và lâu dần các bọt khí kết với nhau thành bọt lớn, nổi lên trên tạo thành những khoảng trống mạch lươn phá vỡ lớp vật liệu lọc, làm cho chất lượng nước lọc bị xấu đi rõ rệt. Mặt khác, do các bọt khí bám quanh hạt lọc bị giảm trọng lượng và dễ trôi ra ngoài khi rửa lọc. Để tránh hiện tượng chân không trong lớp lọc, chiều dày lớp nước trên mặt cát lọc phải chọn

sao cho phù hợp với cấu tạo lớp vật liệu lọc, vận tốc lọc, phương pháp rửa lọc và tổn thất giới hạn của một chu kỳ lọc.

Có thể tham khảo số liệu sau:

Cát lọc có đường kính  $d_{\min} = 0,6$ ;  $d_{\max} = 1,5$ ; dày  $1 \div 1,5$ m, tốc độ lọc  $v = 6 \div 8$ m/h, tổn thất giới hạn  $H_{gh} = 2,5 \div 3$ m. Rửa lọc bằng nước thuận túy hoặc rửa gió trước, rửa nước sau, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lấy  $2,0 - 2,2$ m.

Cát lọc có đường kính  $d_{\min} = 0,6$ ;  $d_{\max} = 1,5$  dày;  $1 \div 1,5$ m, tốc độ lọc  $v = 6 \div 8$ m/h, tổn thất giới hạn  $H_{gh} = 2 \div 2,2$ m, rửa lọc bằng gió nước đồng thời, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lấy  $1,2 - 1,4$ m.

Cát lọc với đường kính như trên, chiều dày lớp lọc  $< 1$ m, tốc độ lọc nhỏ hơn hoặc bằng  $7$  m/h, tổn thất giới hạn  $H_{gh} = 1,6 \div 1,8$ , chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lấy  $0,6 - 0,8$ m.

#### 7.9.6. Hệ thống thu nước lọc và phân phối nước rửa

Hệ thống phân phối nước rửa và thu nước lọc trong bể lọc nhanh thực hiện ba nhiệm vụ:

- Đỡ lớp vật liệu lọc không cho các hạt vật liệu lọc lọt ra ngoài
- Thu đều nước lọc.
- Phân phối đều nước rửa trên toàn mặt đáy của lớp lọc. Hiện có rất nhiều chủng loại và kiểu dáng cấu trúc của hệ thống phân phối, nhưng chưa có tài liệu nghiên cứu tin cậy nào được công bố về tính ưu việt của từng loại, vì vậy trong tài liệu này chỉ giới thiệu hai loại phổ biến và hay dùng nhất là: *hệ thống ống khoan lỗ* và *hệ sàn chụp lọc*.

##### 1. Hệ thống ống khoan lỗ phân phối nước rửa và thu nước lọc

Hệ thống gồm ống chính và các ống nhánh khoan lỗ ghép với nhau thành hình xương cá (hình 7.30).

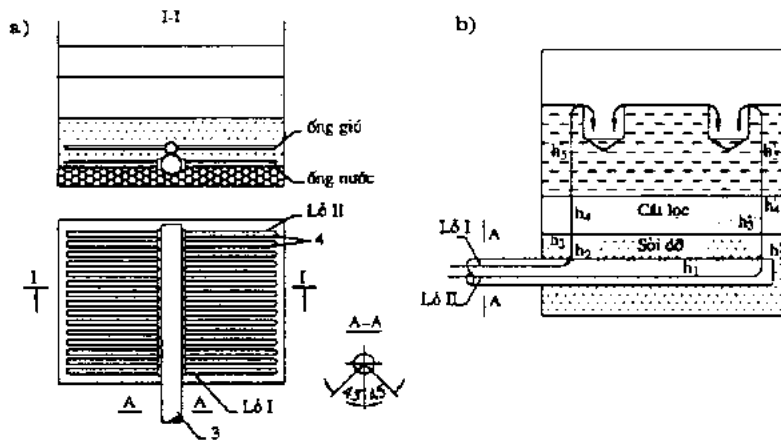
Ống nhánh có đường kính từ  $\phi 50$  mm đến  $120$  mm. Khoảng cách tim ống  $0,15 - 0,3$  m. Trên ống khoan lỗ có số lượng và đường kính theo tính toán thường từ  $\phi 6$ mm đến  $15$ mm. Khoảng cách tim lỗ từ  $0,1$  đến  $0,25$ m, mật độ  $25 - 75$  lỗ/m<sup>2</sup>, lỗ khoan thành một hàng hoặc hai hàng dọc theo đường sinh của ống nhánh, tim lỗ hướng xuống dưới vuông góc với sàn bể lọc hoặc hợp với đường thẳng đứng 1 góc nhỏ hơn  $45^\circ$  để cho động năng của tia nước khi ra

khỏi lỗ được phân tán đều bằng đáy bể lọc hay bằng lớp sỏi cỡ hạt lớn trong bể lọc.

Vật liệu ống có thể là gang, thép, nhựa cứng.

Cấp phối và cấu trúc của lớp sỏi đỡ xem mục 7.3.

Khi thi công lớp sỏi đỡ dưới cùng có đường kính 16 - 32mm, phải xếp bằng tay sao cho các hạt sỏi lớn nằm sát lỗ và không che lấp diện tích lỗ.



Hình 7.30. Hệ thống phân phối khoan lỗ

a) Sơ đồ cấu tạo; b) Sơ đồ làm việc.

- Khi rửa lọc bằng gió và nước, dùng hệ thống ống khoan lỗ phân phối gió đặt trên hệ thống phân phối nước sao cho lỗ phân phối gió nằm trong lớp sỏi đỡ có đường kính lớn hơn hai lần đường kính lỗ gió. Đường kính lỗ phân phối gió thường từ 2 - 3mm, tốc độ gió qua lỗ 20 - 25 m/s, mật độ 50 - 100 lĩ/m<sup>2</sup>, vận tốc gió trong ống chính và ống nhánh từ 15 - 20m/s, khoảng cách giữa các ống nhánh từ 0,15 - 0,3 m, lỗ khoan dọc theo đường sinh ống nhánh, tim lỗ hướng xuống dưới làm thành góc từ 0 - 45° so với phương thẳng đứng. Vì vận tốc gió lớn, đường kính ống nhánh thường từ 15 - 25mm, ống thường làm bằng thép hoặc nhựa cứng, ống dài dễ bị võng làm cho các lỗ phân phối gió không cùng nằm trên một mặt phẳng ngang làm cho gió phân phối không đều, khi thiết kế và thi công cần đặc biệt chú ý đến hiện tượng này.
- Tính toán hệ thống ống phân phối khoan lỗ bao gồm việc xác định đường kính ống, đường kính lỗ và tổng số lỗ.

Xét hệ thống ống phân phối khoan lỗ với các ống nhánh có đường kính và khoảng cách bằng nhau làm việc theo sơ đồ hình (7.30).

Tia nước đi qua lỗ I có lưu lượng:

$$Q_1 = \mu_1 \omega \sqrt{2gH_1} \quad (7.102a)$$

trong đó :  $H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$ ;

$h_1$  - tổn thất áp lực từ mặt cắt A-A của ống chính đến mặt cắt qua tim lỗ I trên ống nhánh;

$h_2$  - Tổn thất qua lỗ;

$h_3, h_4, h_5$  - tổn thất khi nước chuyển động qua lớp sỏi dẽ, lớp cát lọc và lớp nước trên bề mặt cát lọc.

Tia nước đi qua lỗ II có lưu lượng.

$$Q_2 = \mu_2 \omega \sqrt{2gH_2} \quad (7.102b)$$

$$H_2 = h'_1 + h'_2 + h'_3 + h'_4 + h'_5 \quad (7.103)$$

Vì  $\mu_1$  khác  $\mu_2$ ,  $\Sigma h$  khác  $\Sigma h'$  nên  $Q_1$  khác  $Q_2$ .

Gọi  $m$  là chỉ tiêu phân phối đều của hệ thống

$$m = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \sqrt{\frac{h}{h'}} \quad (7.104)$$

Bằng cách làm tăng giá trị của một số hạng nào đó ở tử số và mẫu số của phân số (7.104) đến một trị số đủ lớn sẽ làm cho giá trị của  $m$  tiến gần đến 1. Các trị số của  $\mu, h_3, h_4, h_5$  không thể thay đổi được vì chúng không phụ thuộc vào cấu tạo của hệ thống ống, còn giá trị của  $h_1$  (tổn thất dọc đường) từ mặt cắt A-A đến lỗ I là quá bé có thể coi bằng 0,  $h'_1$  là tổn thất dọc đường từ mặt cắt A-A đến lỗ II:  $h'_1 = \alpha \frac{V^2}{2g}$ ;  $\alpha$  là hệ số kể đến tổn thất do ma sát và xoáy

nước từ A-A đến tim lỗ II. Trong bể lọc có thể chấp nhận  $\alpha = 1$ ;  $h'_1 = \frac{V^2}{2g}$  là rất bé và khó thay đổi. Chỉ có trị số của  $h_2$  tổn thất qua lỗ là có thể tăng lên tùy ý bằng cách thu hẹp đường kính lỗ.

Giả thiết giá trị của  $h_3, h_4, h_5$  bé hơn nhiều so với  $h_2$  công thức (7.103) có thể viết lại:

$$m = \frac{Q_1}{Q_2} = K_\mu \sqrt{\frac{h_2}{h_2 - \frac{V^2}{2g}}} \quad (7.105)$$

Rút ra 
$$h_2 = \frac{m^2}{m^2 - K_\mu^2} \cdot \frac{V^2}{2g} = A \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (7.106)$$

Khi cho trước lưu lượng nước rửa, trị số  $V^2/2g$  xác định bằng cách chia lưu lượng cho diện tích mặt cắt ngang của ống. Trị số của hệ số lưu lượng khi nước chảy qua lỗ  $K_\mu$  thay đổi phụ thuộc vào tỷ số tổng diện tích các lỗ phân phối đối với diện tích mặt cắt ngang ống  $K_o$ .

Theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của viện Vogeo - Liên bang Nga. khi  $K_o$  bằng từ 0,1 - 2,2 có thể tính:

$$K_\mu = 1 - 0,35 K_o. \quad (7.107)$$

Chỉ tiêu phân phối đều của hệ thống ống khoan lỗ.

Thay giá trị của  $K_\mu$  từ (7.107) vào công thức (7.106) thu được giá trị của hệ số A để xác định trị số tổn thất áp lực qua lỗ cần thiết H. đảm bảo độ phân phối đều m cho trước.

**Bảng 7.6.** Giá trị của hệ số A trong công thức (7.105) tính theo m

m	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5
A	12	10	6	5	3	2	1,5	1

Sau khi tính theo công thức (7.106) trị số tổn thất áp lực cần thiết của nước khi qua lỗ  $H = h_2$  theo chỉ tiêu phân phối đều m cho trước, ta có thể tính được tổng diện tích lỗ trên hệ thống ống theo công thức:

$$\sum f_e = \frac{Q}{\mu_{tb} \sqrt{2gH}}, \quad (m^2), \quad (7.108)$$

trong đó: Q - lưu lượng nước trong hệ thống phân phối ( $m^3/s$ );

$\mu_{tb}$  - hệ số lưu lượng trung bình khi chảy qua lỗ phụ thuộc vào tỷ số đường kính lỗ  $d_e$  và chiều dày thành ống  $\delta_o$  (bảng 7.7);

g - gia tốc trọng trường,  $g = 9,8 \text{ m/s}$ ;

H - tổn thất áp lực qua lỗ để đảm bảo độ phân phối đều m mong muốn.

**Bảng 7.7.** Giá trị trung bình của hệ số  $\mu$

$d_e/\delta_o$	1	1,5	2	2,5	3	4
$\mu_{tb}$	0,7	0,68	0,65	0,63	0,6	0,58

Khi phân phối nước theo diện tích bề lọc có hình chữ nhật, hệ thống ống khoan lỗ gồm ống chính đặt theo chiều dài bể, hai bên là các ống nhánh khoan lỗ có chiều dài và đường kính bằng nhau thì tổng diện tích lỗ trên tất



cả các ống nhánh được tính theo công thức (7.108), còn tổn thất áp lực qua lỗ tính theo công thức:

$$H = A \frac{V_c^2}{2g} + 1,25A \frac{V_n^2}{2g}, \quad (7.109)$$

trong đó: A - hệ số tra bảng (7.6);

$v_c$  và  $v_n$  - tốc độ chuyển động của nước qua mặt cắt ở đầu ống chính và đầu của các ống nhánh (m/s).

Khi phân phối nước theo diện tích hình tròn, hệ thống ống khoan lỗ gồm ống chính và các ống nhánh có chiều dài không bằng nhau đặt ở hai bên vuông góc với ống chính, tổn thất áp lực qua lỗ cần thiết để đảm bảo độ phân phối đều 95% tính theo công thức:

$$H = 0,5A \frac{V_c^2}{2g} + 2A \frac{V_{n1}^2}{2g} - A \frac{V_{n2}^2}{2g}, \quad (7.110)$$

trong đó:  $V_{n1}$ ,  $V_{n2}$  - tốc độ chuyển động của nước ở mặt cắt đầu của ống nhánh có chiều dài lớn nhất và chiều dài bé nhất. Tốc độ của nước ở đầu ống chính lấy từ 1 - 2 m/s, ở đầu các ống nhánh khoan lỗ lấy từ 1-1,5m/s.

**Ví dụ tính toán:**

Tính toán hệ thống ống khoan lỗ phân phối nước rửa cho bể lọc kích thước 6m x 6m, cường độ rửa lọc 15l/s.m<sup>2</sup>, chỉ tiêu phân phối đều m = 95%.

**Giải:**

Lưu lượng nước rửa lọc qua hệ thống phân phối:

$$Q = 6m \times 6m \times 15l/s.m^2 = 540 l/s.$$

- Chọn khoảng cách giữa các ống nhánh khoan lỗ là 300 mm, dàn ống cấu tạo hình xương cá, ống chính ở giữa, hai bên sườn ống chính là các ống khoan lỗ. Số ống nhánh trên một bên ống chính  $n = 6000 : 300 = 20$  ống

- Lưu lượng nước qua một ống nhánh:

$$q_n = 540 : 40 = 13,5 l/s,$$

ống chính: chọn ống thép  $\phi$  600, dày 10 mm,  $v_c = 1,85$  m/s;

ống nhánh: chọn ống thép  $\phi$  100 dày 7 mm,  $v_n = 1,56$  m/s.

Tổn thất qua lỗ cần để đảm bảo độ phân phối đều 95% tính theo công thức (7.109).

$$H = A \frac{V_c^2}{2g} + 1,25A \frac{V_n^2}{2g},$$

tra bảng (7.6) với  $m = 0,95$ ;  $A = 12$ .

$$H = \frac{1,85^2}{19,6} \times 12 + \frac{1,56^2}{19,6} \times 1,25 \times 12 = 3,97 \text{ m.}$$

Chọn đường kính lỗ  $\phi 10$ , tỷ số  $d/\delta = 10/7 = 1,4$ .

Tra bảng (7.7) có hệ số lưu lượng  $\mu_{Tb} = 0,68$ .

Tổng diện tích của các lỗ trên các ống nhánh tính theo công thức (7.108):

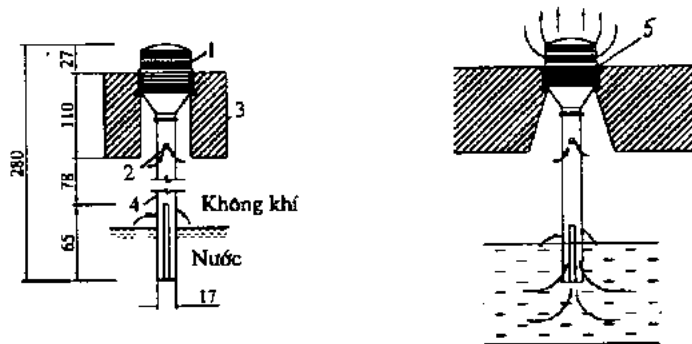
$$\Sigma f_{\text{lỗ}} = \frac{Q}{\mu_{Tb} \sqrt{2gH}} = \frac{0,54}{0,68 \sqrt{19,6 \times 3,97}} = 0,09 \text{ m}^2 = 900 \text{ cm}^2.$$

Diện tích một lỗ  $\phi 10$ ,  $f_e = 0,785 \text{ cm}^2$ . Tổng số lỗ cần thiết  $\frac{\Sigma f}{f_e} = \frac{900}{0,785} = 1140$  lỗ.

Số lỗ trên 1 ống nhánh 1140: 40 = 28 lỗ. Chiều dài một ống nhánh  $l = 2600 \text{ mm}$ . mỗi ống khoan hai hàng lỗ, nửa phía dưới ống trục tìm lỗ làm thành 1 góc  $45^\circ$  so với phương thẳng đứng, khoảng cách giữa các lỗ  $a = 2600: 28/2 = 186 \text{ mm}$ .

## 2. Hệ thống phân phối nước rửa và thu nước bằng sàn chụp lọc

Thực tế ứng dụng ngày càng nhiều hệ thống chụp lọc gắn trên sàn đỡ phân phối nước và gió khi rửa bể lọc. chụp lọc thường làm bằng nhựa cứng hoặc inox, đầu chụp lọc xẻ các khe song song với chiều rộng  $0,7 - 1 \text{ mm}$  để phân phối nước và gió. Hình (7.31) giới thiệu sơ đồ cấu tạo và nguyên tắc làm việc của chụp lọc khi rửa gió nước đồng thời.



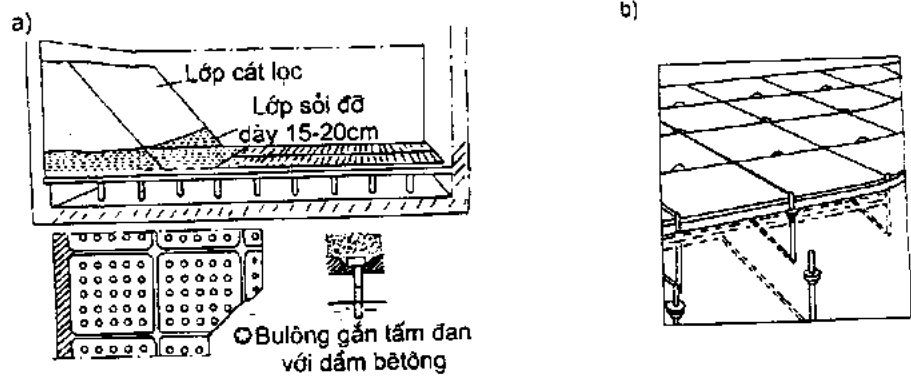
Hình 7.31. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc của chụp lọc khí rửa gió nước đồng thời

- 1- khe phân phối gió và nước; 2- lỗ thu khí; 3- sàn gắn chụp lọc của đuôi chụp lọc;
- 4- khe thu khí và nước ở phần cuối của đuôi chụp lọc; 5- vòng nhựa có ren gắn sẵn vào sàn đỡ.

Không khí nhẹ hơn nước gần 800 lần, nên khi rửa gió nước đồng thời, gió tạo thành đệm khí nằm trên mặt nước, gió đi vào lỗ (2) của phần trên của khe (4) vào chụp lọc, còn nước đi qua đáy chuỗi chụp lọc và phần dưới của khe (4). Vì tổn thất của gió khi đi qua chụp lọc là rất nhỏ so với áp lực cột nước và vật liệu lọc nằm trên sàn đỡ nên muốn phân phối đều gió, lỗ (2) và đỉnh khe (4)

trên chuỗi của các chụp lọc phải tuyệt đối đều nhau và cùng nằm trên một mặt phẳng ngang.

- Khi đổ cát trực tiếp lên đầu chụp lọc, số lượng chụp lọc phải bằng 50 - 80 cái /1m<sup>2</sup> sàn.
- Khi đổ một lớp sỏi đỡ, đường kính 2 - 4 mm, dày 15 - 20 cm, trên đầu chụp lọc để ngăn ngừa cát chui vào khe làm tắc trít và để phân phối nước theo chiều ngang đều và xa hơn, số lượng chụp lọc có thể lấy từ 36 đến 49 cái /1m<sup>2</sup> diện tích sàn. Sàn gắn chụp lọc có thể làm bằng thép tấm, nhựa composite hoặc bê tông cốt thép đúc sẵn dưới dạng tấm vuông hay hình chữ nhật kích thước 600 × 600mm, 800 × 800mm, 1000 × 1000 mm, dày 80 -120mm.



Hình 7.32. Sơ đồ lắp tấm đan sàn chụp lọc

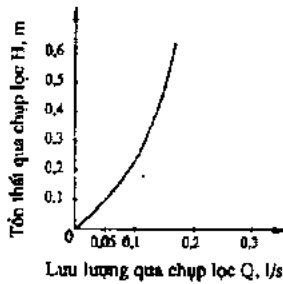
a) Đỡ tấm đan bằng trụ đỡ và dầm bê tông; b) Đỡ bằng trụ thép hoặc gang.

Các tấm đan gắn chụp lọc được đặt trên dầm bê tông có trụ đỡ (hình 7.32a) hoặc đặt trên các trụ đỡ bằng thép hoặc gang (hình 7.32b), được liên kết với nhau và gắn với trụ đỡ bằng bulông ở bốn góc tấm hoặc ở giữa mỗi cạnh của tấm. Khe tiếp giáp giữa các tấm với nhau phải được chèn kỹ bằng cao su, vữa ximăng giã nở hay nhựa chống thấm, đảm bảo khi rửa, gió và nước không thấm qua khe.

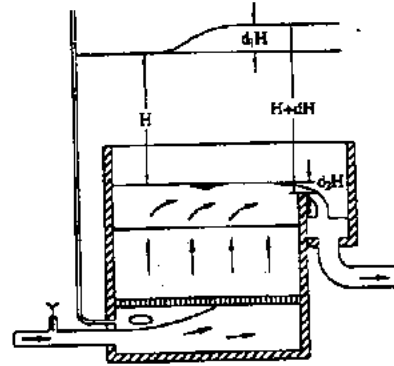
Đặc tính thủy lực của chụp lọc phải được nhà sản xuất cung cấp nếu không phải xác định trong phòng thí nghiệm để lập ra biểu đồ hình (7.33).

Tính toán thủy lực sàn chụp lọc phân phối nước rửa bao gồm việc xác định tổn thất áp lực H cần thiết qua sàn để đảm bảo độ phân phối đều  $m = 95\%$ . Từ tổn thất áp lực H cần thiết, dựa vào đặc tính thủy lực của chụp lọc để chọn số lượng chụp lọc cần có trên 1 m<sup>2</sup> sàn hoặc căn cứ vào số lượng chụp lọc trên 1 m<sup>2</sup> sàn đã chọn theo cấu tạo, chọn chụp lọc có đặc tính thủy lực thích hợp.

Hình (7.34) giới thiệu sơ đồ phân phối áp lực trong bể lọc khi dùng sàn chụp lọc để phân phối nước rửa.



Hình 7.33. Biểu đồ đặc trưng thủy lực của chụp lọc



Hình 7.34. Sơ đồ phân bố áp lực khi rửa lọc

Áp lực cần thiết khi rửa lọc tính từ đáy bể:

$$H_{\text{rửa}} = H_{\text{sàn}} + H_{\text{lớp lọc}}, \quad (7.111)$$

trong đó:  $H_{\text{sàn}}$  - tổn thất qua sàn chụp lọc khi rửa;  $H_{\text{sàn}} = \alpha v^2$ ;

$H_{\text{lớp lọc}}$  - tổn thất qua lớp lọc khi rửa.

$$H_{\text{lớp lọc}} = (1 - P_e) \cdot L_e \cdot \frac{\rho_{\text{cát}} - \rho_{\text{nước}}}{\rho_{\text{nước}}}$$

(thường lấy bằng chiều dày lớp cát lọc)

$$H_{\text{rửa}} = \alpha v^2 + (1 - P_e) \cdot L_e \cdot \frac{\rho_{\text{cát}} - \rho_{\text{nước}}}{\rho_{\text{nước}}}$$

Độ chênh áp lực dưới sàn phân phối gây ra việc phân phối không đều:

$$dH_{\text{rửa}} = 2\alpha v dv - L_e \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} dP_e$$

ở đây:  $P_e$  - độ rỗng của lớp cát khi rửa;  $L_e$  - chiều dày lớp cát khi rửa.

$$dP_e = \frac{1,2(1 - P_e)P_e}{3 - 2,2P_e} \times \frac{dv}{v}$$

Sau khi thay  $dP_e$  và rút gọn ta có:

$$dH_r = 2H_{\text{sàn}} \frac{dv}{v} - 1,2 H_{\text{lớp lọc}} \frac{P_e}{3 - 2,2P_e} \frac{dv}{v}$$

Rút ra:

$$H_{\text{sàn}} = 0,6 H_{\text{lớp lọc}} \frac{P_e}{3 - 2,2P_e} + \frac{1}{2} \times \frac{v}{dv} \times dH_r \quad (7.112)$$

Từ công thức (7.112) theo yêu cầu phân phối đều, có thể tính tổn thất áp lực cần thiết của sàn chụp lọc để chọn số lượng chụp lọc.

**Vi dụ tính toán:**

Bể lọc cát độ rỗng:  $P_s = 38\%$ .

Độ giãn nở khi rửa:  $E = 20\%$ .

Độ rỗng lớp cát khi rửa  $P_r = 48\%$ .

Chiều dày lớp cát: 1m.

**Giải:**

Nước rửa đi qua các lỗ  $\Phi 150$ , ở thành máng dẫn nước vào bể lọc với vận tốc 0,6m/s.

Áp lực tốc độ (áp lực động):

$$h = \gamma_n \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,6^2}{19,6} = 0,01836 \text{ m.}$$

Ở cuối bể và hai bên bể, áp lực tốc độ này biến thành áp lực tĩnh vì  $v = 0$  do đó độ chênh áp dưới sàn bể  $dH = 0,01836$  (hình 7.34). Nếu chọn độ phân phối đều là 95% tức vận tốc nước qua sàn chênh nhau  $dV = 5\% = 0,05$ . Thay vào công thức (7.112), tổn thất cần thiết qua sàn là:

$$H_{sàn} = 0,6 \times 1 \text{ m} \frac{0,48}{3 - 2,2 \times 0,48} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{0,05} \times 0,0184 = 0,218.$$

Theo yêu cầu, tổn thất qua sàn phân phối là 0,218m.

Sau pha rửa gió nước đồng thời, cường độ rửa nước thuần túy

$$W = 20 \text{ m}^3/\text{hm}^2 = 5,55 \text{ l}/\text{sm}^2.$$

- Nếu chọn 36 chụp lọc  $1 \text{ m}^2$  lưu lượng nước đi qua một chụp lọc:

$$q = 5,55/36 = 0,154 \text{ l/s.}$$

Chọn chụp lọc có đặc tính thủy lực

$$q = 0,154 \text{ l/s. } H_{tổn\text{thất}} = 0,218 \text{ m.}$$

- Nếu đã có sẵn chụp lọc nhựa, có đặc tính kỹ thuật cho trước, ví dụ  $q = 0,114 \text{ l/s}$ :  $H_{tt} = 0,218 \text{ m}$  thì số chụp lọc cần thiết trên  $1 \text{ m}^2$  sàn sẽ là  $n = 5,55/0,114 = 48,68 = 49$  cái.

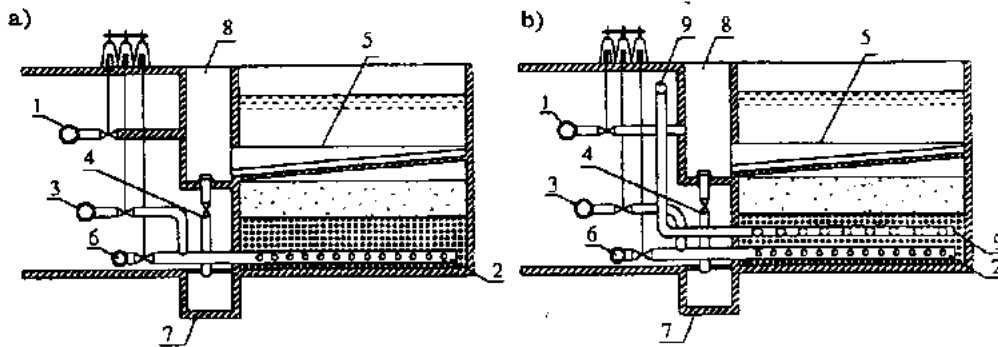
- Khoảng cách từ đáy bể lọc đến mặt trên sàn phân phối thường lấy từ 0,8 - 1m tạo không gian cho việc quan sát làm sạch khe và lỗ ở dưới chụp lọc, làm giảm độ chênh áp lực do phục hồi tốc độ khi phân phối nước rửa lọc.

## 7.10. BỂ LỌC NHANH HỖ

### 7.10.1. Cấu tạo

Bể lọc nhanh có thể là bể lọc hở hay bể lọc áp lực. Bể lọc hở theo cấu tạo của hệ thống phân phối nước rửa và thu nước lọc có thể chia làm hai loại sau:

Loại 1. Bể lọc nhanh có hệ thống phân phối nước và gió rửa lọc bằng dàn ống khoan lỗ (hình 7.35).



Hình 7.35. Sơ đồ bể lọc nhanh sử dụng hệ thống ống khoan lỗ phân phối nước rửa

a) Rửa nước thuần túy; b) Rửa gió nước kết hợp.

1- ống dẫn nước thô; 2- hệ ống khoan lỗ phân phối nước rửa và thu nước lọc; 3- ống dẫn nước lọc về bể chứa nước sạch; 4- ống xả nước rửa lọc; 5- màng phân phối nước thô và thu nước rửa; 6- ống dẫn nước sạch vào rửa bể lọc; 7- mương thoát nước rửa; 8- mương tập trung nước rửa lọc; 9- hệ thống ống dẫn và phân phối gió.

- Về hình dáng mặt bằng, bể lọc hồ có thể là vuông, chữ nhật, hình tròn. Ở các nhà máy nước có số bể lọc  $n \geq 4$ , thường chọn mặt bằng hình chữ nhật để dễ dàng bố trí hành lang đặt ống và hành lang điều khiển.
- Chiều cao bể lọc tính từ đáy đến mép tường bể:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

trong đó:  $h_1$  - chiều cao phần đặt hệ thống phân phối và các lớp sỏi đỡ ở đáy bể lọc;

$h_2$  - chiều cao lớp cát lọc;

$h_3$  - chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc;

$h_4$  - chiều cao dự trữ + chiều cao bảo vệ =  $h_4' + h_4''$ ;

$h_4'$  - chiều cao dự trữ dành cho mực nước dâng lên trong bể lọc khi nhà máy có một bể ngừng để sửa chữa hoặc ngừng để rửa lọc.

$$h_4' = \frac{iQ}{n(n-i)f}, \quad (\text{m}), \quad (7.113)$$

trong đó:  $Q$  - lưu lượng nước thô đưa vào  $n$  bể lọc ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

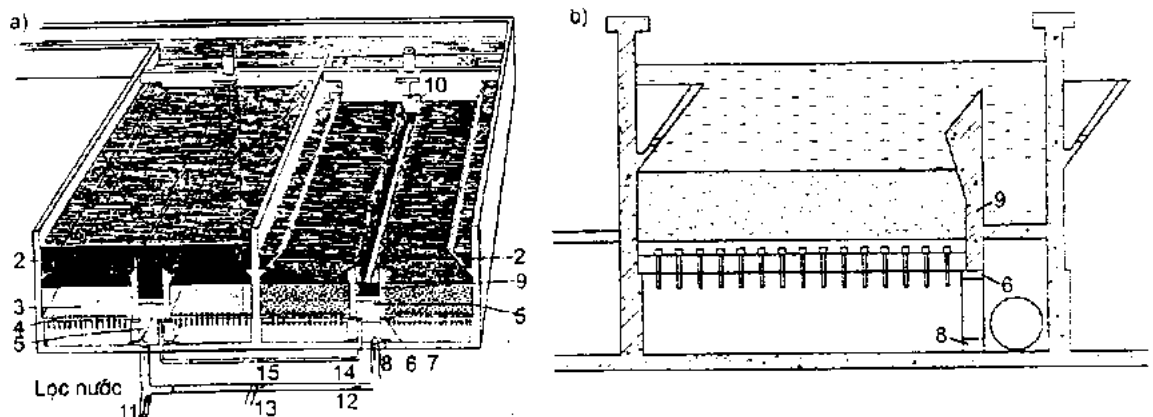
$n$  - số bể lọc trong nhà máy;

$i$  - số bể lọc ngừng để sửa chữa hoặc rửa;

$f$  - diện tích của một bể lọc;

$h_4''$  - chiều cao bảo vệ thường chọn 0,2m.

**Loại 2.** Bể lọc nhanh có hệ thống phân phối nước và gió rửa lọc bằng sàn chụp lọc (hình 7.36) giới thiệu sơ đồ bể lọc V của Công ty Degremont Pháp dùng hệ thống phân phối gió nước bằng sàn chụp lọc và dùng máng bên để phân phối nước thô khi lọc và quét bề mặt khi rửa. Chiều rộng một ngăn lọc  $2,5m \leq B \leq 5m$ . Bể lọc có thể làm hai ngăn hình (7.36a) và một ngăn (7.36b). Lớp cát lọc đường kính tương đương,  $d_{tđ} = 0,9 \div 1mm$ .  $d_{10} = 0,6mm$ ,  $d_{max} = 1,6 \div 1,8mm$ ;  $k = 1,3 \div 1,5$  dày  $1 \div 1,5m$ . Chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lớn hơn hoặc bằng  $1,2m$ . vận tốc lọc  $6 \div 10m/h$ . Cường độ rửa gió từ  $50$  đến  $60m^3/m^2h$ , cường độ rửa nước đồng thời với gió từ  $5,5 \div 7,5m^3/m^2h$ , sau đó rửa nước thuần túy với cường độ  $15 \div 20m^3/m^2h$ , cường độ quét bề mặt  $6 \div 8m^3/m^2h$ , độ chênh áp ứng với một chu kỳ lọc  $H = 2m$ .



Hình 7.36. Sơ đồ bể lọc AQUAZURV

a) Bể lọc 2 ngăn; b) Bể lọc 1 ngăn.

1- mương dẫn nước thô; 2- máng phân phối nước thô quét bề mặt khi rửa lọc; 3- lớp cát lọc; 4- sàn chụp lọc; 5- mương thu nước lọc và phân phối nước, gió rửa lọc; 6- hàng lỗ phân phối gió; 7- đệm khí; 8- hàng lỗ phân phối nước rửa; 9- mương thu nước rửa; 10- van xả nước rửa lọc; 11- van trên ống nước lọc; 12- van trên ống nước rửa; 13- ống đưa nước rửa đến; 14- van trên đường ống dẫn gió vào bể; 15- ống dẫn gió từ máy thổi gió đến.

### 7.10.2. Số lượng bể lọc và cách sắp xếp

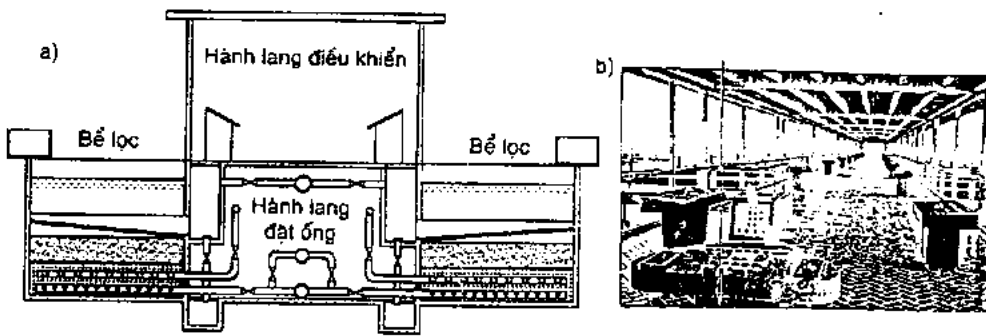
Diện tích cần thiết của tất cả các bể lọc tính theo công thức (7.84):

$$F = \frac{Q}{V} \cdot (m^2)$$

Chọn số lượng bể lọc căn cứ vào các yếu tố sau:

- Diện tích một bể lọc nên chọn lớn hơn  $10m^2$  vì chất lượng nước lọc qua lớp cát ở sát thành theo chu vi bể xấu hơn chất lượng nước lọc qua các lớp cát xa thành bể. Thực nghiệm đã chứng minh khi diện tích bể lớn

hơn 10 - 20m<sup>2</sup> thì ảnh hưởng xấu của vận tốc lọc ở sát thành bể đến chất lượng nước lọc của cả bể là không đáng kể.



Hình 7.37. Sơ đồ bố trí hành lang đặt ống và hành lang điều khiển

a) Hành lang đặt ống; b) Hành lang điều khiển.

- Mặt khác, nên chọn diện tích bể lọc nhỏ hơn 150m<sup>2</sup> để giảm khối lượng xây dựng hành lang đặt ống và hành lang điều khiển, giảm đường kính ống dẫn nước vào và ra khỏi bể, giảm kích thước các thiết bị, van, khóa đến mức không quá nặng và công kênh làm khó khăn cho việc lắp đặt và sửa chữa. Số lượng bể lọc có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{F} \quad (7.114)$$

Số bể lọc không nên lấy nhỏ hơn 3 để khi phải ngừng 1 bể, vận tốc trong hai bể còn lại không vượt quá 1,5 vận tốc bình thường.

- Tốc độ lọc khi bể lọc làm việc trong chế độ tăng cường:

$$V_{tc} = V_{bt} \frac{n}{n-i}, \quad (\text{m/h}) \quad (7.115)$$

trong đó:

$V_{bt}$  - tốc độ lọc tính toán khi bể lọc làm việc bình thường;

$n$  - số bể lọc trong nhà máy;

$i$  - số bể lọc ngừng làm việc để sửa chữa hoặc để rửa.

Khi tính theo (7.115) tốc độ lọc tăng cường lớn hơn trị số cho trong bảng (7.4) cần phải tăng số lượng bể lọc.

- Các bể lọc trong nhà máy nước thường được sắp xếp thành một hàng hoặc hai hàng ghép vào nhau cùng chung một hành lang đặt ống và



thiết bị cùng chung một hành lang điều khiển (hình 7.37). Hành lang điều khiển có mái che, nằm ngay trên hành lang đặt ống, trên sàn hành lang điều khiển đặt tất cả các tủ điều khiển bể lọc. Đứng trong hành lang, người vận hành dễ dàng quan sát được các hiện tượng xảy ra khi rửa bể lọc.

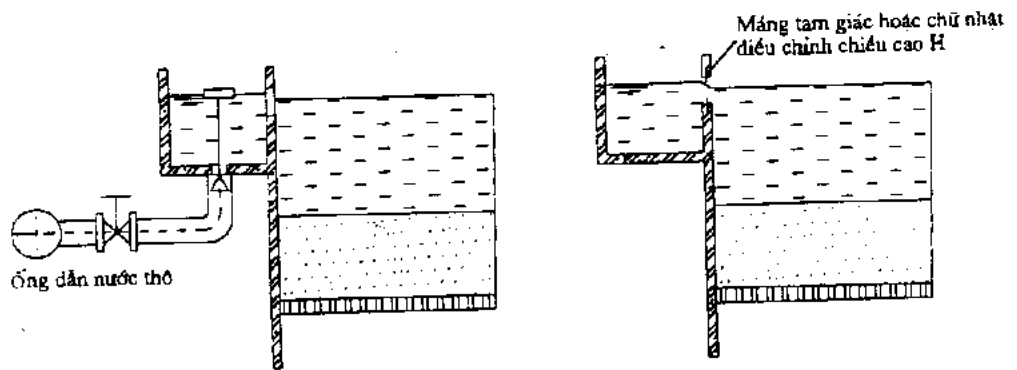
Hành lang đặt ống phải đủ rộng để có thể đặt, tháo lắp ống và thiết bị khi cần sửa chữa, có ánh sáng và mức thông thoáng đầy đủ không bị ẩm, mốc và không bị nước làm ướt sàn.

### 7.10.3. Phân phối đều nước vào các bể lọc, điều chỉnh tốc độ lọc. Thiết bị điều khiển vận hành bể lọc

#### 1. Phân phối đều nước vào các bể lọc

Trong nhà máy nước có nhiều bể lọc, việc phân phối đều nước thô vào các bể lọc là công việc bắt buộc và trên thực tế đã áp dụng các nguyên tắc sau:

- a) Cố định mực nước trong ngăn ổn định trước đập tràn chảy hở vào mỗi bể lọc (hình 7.38).

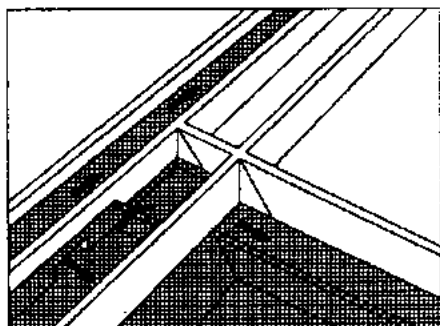


Hình 7.38. Sơ đồ thiết bị điều chỉnh lượng nước vào các bể lọc bằng cửa tràn chảy hở

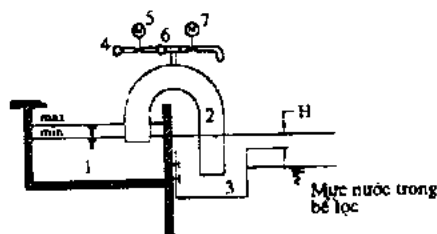
Hình (7.39) giới thiệu sơ đồ bố trí máng phân phối nước thô qua lỗ và đập tràn chảy hở vào máng chữ V phân phối nước quét bề mặt. Điều chỉnh lưu lượng giữa các bể bằng cách điều chỉnh cao độ cửa tràn.

Hình (7.40) giới thiệu sơ đồ phân phối đều nước thô vào các bể lọc bằng xiphông theo thiết kế của KS. Lưu Khánh Toàn, Công ty WASE. Mương (1) dẫn nước từ bể lắng sang, có chiều rộng và chiều sâu đủ lớn để mực nước trong mương là như nhau trước cửa thượng lưu của mỗi xiphông. Xiphông (2) có tiết diện chữ nhật cạnh  $a \times b = \omega$  đều nhau suốt chiều dài của xiphông. Hạ

lưu của xiphông đặt khay ổn định mực nước (3), nước tràn qua khay (3) vào bể lọc. Đường ống (4) dẫn nước áp lực từ bơm kỹ thuật hay bơm II tới để mỗi xiphông.



Hình 7.39. Sơ đồ hệ thống máng phân phối nước thô vào bể lọc



Hình 7.40. Sơ đồ phân phối đều nước thô vào các bể lọc bằng xiphông

Khi muốn mỗi xiphông, mở đồng thời van điện (5) và (7) để nước qua ejector (6) hút khí ở xiphông ra. Khi mỗi xong đóng đồng thời van (5) và (7) lại để xiphông làm việc. Khi không muốn cho nước thô vào bể lọc, mở van điện (7) cho không khí đi vào ngắt xiphông. Tiết diện xiphông tính theo công thức:

$$a \times b = \omega = 1,76 \frac{Q}{\sqrt{H}}, \quad (\text{m}^2), \quad (7.116)$$

trong đó:  $\omega$  - diện tích tiết diện ngang của xiphông ( $\text{m}^2$ );

$Q$  - lưu lượng nước thô vào một bể lọc ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$H$  - độ chênh mực nước trước và sau xiphông (m).

## 2. Điều chỉnh tốc độ lọc

Tốc độ lọc nước qua lớp vật liệu lọc phụ thuộc vào hiệu số mực nước trên mặt cát lọc và mực nước trong máng dẫn về bể chứa nước sạch  $\Delta H$ . Độ chênh áp lực của bể lọc  $\Delta H$  không đổi, tổn thất trên các ống và thiết bị cũng không đổi. còn tổn thất qua lớp vật liệu lọc thì tăng dần theo thời gian của một chu kỳ lọc.

Nếu không điều chỉnh tốc độ lọc thì trong thời gian đầu của mỗi chu kỳ lọc (ngay sau khi rửa lọc) bể lọc sẽ làm việc với tốc độ lớn và sau một thời gian lớp cát bị bẩn, tổn thất qua lớp cát lọc tăng lên, bể lọc sẽ làm việc với tốc độ giảm dần. Như vậy, bể lọc sẽ làm việc với công suất luôn luôn thay đổi trong suốt một chu kỳ lọc, điều này không thể chấp nhận được bởi vì trong nhà máy

nước các công trình khác trong dây chuyền xử lý không thay đổi công suất, do đó cần phải điều chỉnh để giữ tốc độ lọc không đổi trong suốt chu kỳ lọc.

Có thể dùng tay vận các van khóa trên đường ống thu nước lọc để điều chỉnh tốc độ lọc. Thực chất của việc điều chỉnh tốc độ lọc là điều chỉnh áp lực. Áp lực làm việc toàn phần của bể lọc bằng hiệu số cốt mực nước trên mặt bể lọc và cốt mực nước trong ống dẫn về bể chứa có thể biểu diễn bằng công thức:

$$\Delta H = h_1 + h_2 + h_3 = \text{hằng số},$$

$h_1$  - tổn thất áp lực qua lớp vật liệu sạch (sau khi rửa bể lọc);

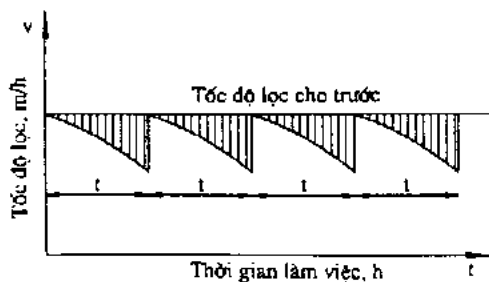
$h_2$  - tổn thất áp lực qua lớp vật liệu bẩn;

$h_3$  - tổn thất áp lực tại van điều chỉnh.

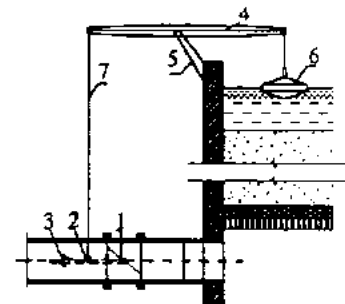
$h_1$  đối với mỗi bể lọc là trị số cố định và có giá trị rất bé, còn trị số  $h_2$  và  $h_3$  là các trị số thay đổi. Nếu giữ tốc độ lọc không đổi, để đảm bảo cân bằng áp lực thì tất cả áp lực dư (vì đầu chu kỳ lọc  $h_2 \sim 0$ ) phải được chi phí trên van điều chỉnh, tức tăng  $h_3$  bằng cách đóng bớt van trên ống thu nước lọc ra. Độ nhiễm bẩn của lớp vật liệu lọc tăng lên, tổn thất  $h_2$  cũng tăng lên, để giữ nguyên tốc độ lọc phải giảm tổn thất  $h_3$ , tức phải mở rộng thêm van thu nước lọc. Như vậy, điều chỉnh tốc độ lọc bằng tay đòi hỏi từng thời điểm phải mở rộng dần van thu nước lọc phù hợp với tốc độ tăng dần tổn thất trong lớp cát lọc  $h_2$ . Hình (7.41) giới thiệu biểu đồ thay đổi tốc độ lọc khi điều chỉnh bằng tay.

Điều chỉnh tốc độ lọc bằng tay có những nhược điểm sau:

- Công suất lọc bị giảm, lượng nước bị giảm giữa hai lần điều chỉnh tốc độ lọc thể hiện trên phần gạch chéo ở hình (7.41).
- Tại thời điểm mở rộng thêm van thu nước lọc, tốc độ lọc tăng nhảy vọt, có thể kéo theo cặn bẩn đi qua lớp vật liệu vào nước lọc, đặc biệt khi lọc nước chứa loại cặn bé không bền vững.



Hình 7.41. Biến thiên của tốc độ lọc theo chu kỳ điều chỉnh tốc độ lọc bằng tay

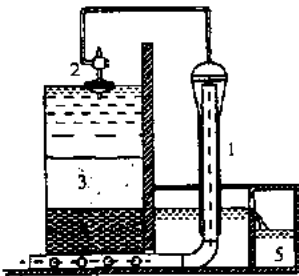


Hình 7.42. Sơ đồ van bướm dùng phao để điều chỉnh tốc độ lọc

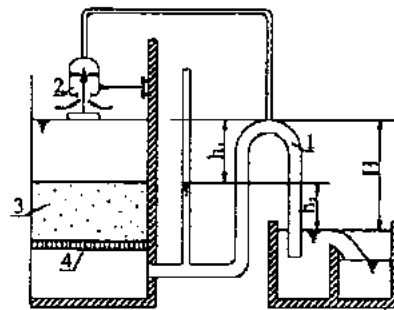
Để tránh những khuyết điểm kể trên, phải dùng thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc làm việc tự động. Yêu cầu đối với thiết bị điều chỉnh đảm bảo giữ cố định tốc độ lọc (cho phép dao động không quá 3 - 5% so với trị số tính toán). Thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc có thể thay đổi một cách tự động và đều đặn tốc độ lọc trong tất cả các bể lọc khi thay đổi tổng lượng nước nguồn đưa vào lọc, nhưng tốc độ thay đổi lưu lượng nước lọc không được vượt quá 5 - 10% trong 1 phút. Thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc đơn giản nhất đặt trong các bể lọc hở là van bướm dùng phao tác động trực tiếp theo dao động mực nước trong bể lọc (hình 7.42).

Thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc gồm: Cánh bướm của van (1) đặt trực tiếp trên đường ống thu nước lọc, cần (2) gắn vào trục của cánh bướm, đối trọng (3) di chuyển theo cần (2). Tay đòn (4) quay tự do trên khớp của giá đỡ (5), phao (6) treo trên cáp (7) gắn vào một đầu của tay đòn (4), còn đầu kia thì buộc vào tay đòn (2) có đối trọng (3). Thiết bị điều chỉnh trực tiếp bằng phao như vậy chỉ có thể áp dụng trong những trường hợp nước đi vào bể lọc luôn cố định.

Khi lắp đặt thiết bị phải điều chỉnh để cánh bướm lập thành một góc với trục ống sao cho qua van bướm thu được một lượng nước lọc tương ứng với tốc độ lọc tính toán khi mực nước trong bể ở cốt thiết kế và lớp cát còn sạch. Qua một thời gian làm việc lớp cát lọc bị bẩn, tổn thất qua lớp cát tăng lên, tốc độ lọc giảm xuống trong khi đó lượng nước chảy vào bể không thay đổi nên mực nước trong bể dâng lên theo, tay đòn (4) quay, đối trọng (3) hạ xuống kéo theo cần (2) làm quay cánh bướm (1) để cho diện tích van rộng ra, tổn thất qua van bướm giảm xuống, tốc độ lọc tăng lên đến trị số tính toán. Đường kính của cánh bướm chọn theo tốc độ chuyển động của nước ứng với tốc độ lọc tính toán nằm trong giới hạn 1.3 - 1.8 m/s.



Hình 7.43a. Điều chỉnh tốc độ lọc bằng xiphông đồng tâm



Hình 7.43b. Điều chỉnh tốc độ lọc bằng ống xiphông

Điều chỉnh tốc độ lọc bằng xiphông đồng tâm (hình 7.43a) và bằng ống xiphông (hình 7.43b).

*Nguyên lý:* dựa vào việc giữ mực nước không đổi trong bể lọc để điều khiển hoạt động của xiphông.

- Độ chênh áp lực giữa mực nước trong bể lọc (thượng lưu của xiphông) và mực nước trong ngăn thu nước lọc (hạ lưu) là H.

Độ chênh này gồm:

- +  $h_1$ : tổn thất áp lực khi lọc với tốc độ  $v$  qua lớp cát, dàn phân phối và các thiết bị đầu ra của xiphông. Đầu chu kỳ lọc  $h_1 = h_0$  là tổn thất qua lớp cát sạch và dàn thu nước.
- +  $h_2$ : Tổn thất áp lực của hỗn hợp khí nước qua bản thân xiphông.
- Đầu chu kỳ lọc, độ chân không tại đỉnh xiphông là  $h_1$ , độ chênh áp cho xiphông làm việc là  $h_2$ . Do  $h_2$  lớn, nước chảy qua xiphông nhiều làm hạ mực nước trong bể lọc, phao hạ xuống làm mở van hình nêm ở đỉnh phao cho không khí đi vào xiphông, làm tăng lưu lượng của hỗn hợp khí nước ở ống hạ lưu xiphông và làm cho tổn thất ở hạ lưu xiphông tăng lên bằng giá trị  $h_2$  khi làm việc với lưu lượng nước ứng với vận tốc lọc không đổi.
- Cuối chu kỳ lọc, tổn thất trong lớp lọc tăng dần, trị số  $h_1$  tăng, trị số  $h_2$  giảm làm giảm lưu lượng qua xiphông, mực nước trong bể lọc dâng lên, làm cho phao chuyển động lên phía trên, đóng dần van hình nêm để giảm lượng khí đi vào xiphông làm cho tổn thất ở ống xiphông hạ lưu giảm đi để bù vào việc tăng tổn thất qua lớp lọc. Van hình nêm có thể chế tạo với mức dao động mực nước trong bể lọc từ  $\pm 3\text{cm}$  đến  $\pm 5\text{cm}$ .
- Tính toán chọn tiết diện của xiphông ứng với điều kiện  $h_2 = 0,2\text{m}$  và lưu lượng qua xiphông bằng lưu lượng  $Q_{\max}$  của bể lọc.

$$h_2 = \frac{Q_{\max}^2}{2g\omega^2} \left( \lambda \frac{1}{d} + \sum \xi \right), \quad (7.117)$$

$h_2$  - độ chênh áp lực ở cuối chu kỳ lọc,  $h_2 = 0,2\text{m}$ ;

$Q$  - lượng nước qua bể lọc ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$d$  - đường kính thủy lực của xiphông (m);

$\lambda$  - hệ số tổn thất do ma sát;

$\xi$  - hệ số tổn thất cục bộ qua xiphông;

$l$  - chiều dài xiphông (m);

$g$  - gia tốc trọng trường ( $\text{m}/\text{s}^2$ );

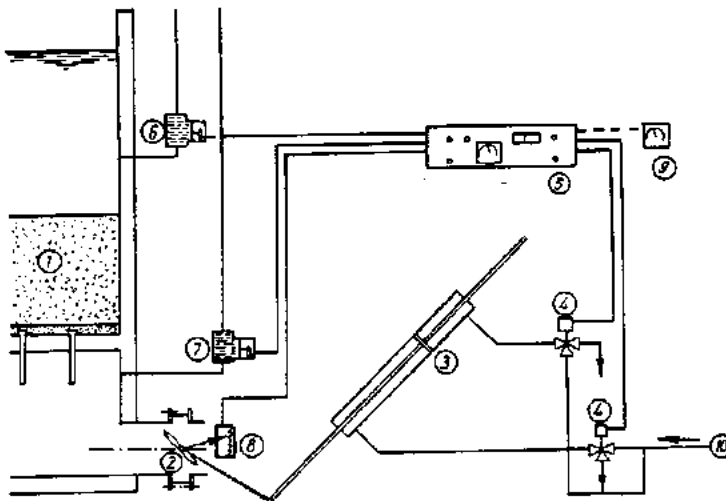
$\omega$  - tiết diện của xiphông ( $\text{m}^2$ ).

Nếu lắp đồng hồ chân không ở đỉnh xiphông, số đo độ chân không trên đồng hồ có giá trị tuyệt đối đúng bằng tổn thất qua bể lọc.

*Điều chỉnh tốc độ lọc bằng van khí nén hoặc van thủy lực:*

Hình (7.44) giới thiệu sơ bộ hoạt động của thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc điều khiển bằng khí nén hay bằng thủy lực.

Khi mực nước trong bể lọc thay đổi so với vị trí đã cài sẵn trong thiết bị (5), bộ đo áp lực (6) báo về thiết bị (5) thủy lực và ra lệnh cho van điện từ (4) đóng hoặc mở để chuyển dịch vị trí của pitông (3) điều khiển đóng bớt hoặc mở rộng thêm van bướm (2) cho đến khi mực nước trong bể ổn định đúng bằng trị số đã cài đặt. Bộ đo mực nước sau lọc truyền áp lực về bộ xử lý (5) để so sánh độ chênh với số đo của bộ đo (6) và được hiển thị lên đồng hồ (9). Nếu độ chênh áp đạt đến giới hạn, đồng hồ (9) sẽ phát tín hiệu để rửa bể.



**Hình 7.44.** Sơ đồ thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc bằng khí nén

1- lớp cát lọc; 2- van bướm trên đường ống thu nước lọc; 3- pitông di chuyển bằng khí nén hoặc nước có áp để điều khiển van bướm 2; 4- van điện từ (Solenoid); 5- thiết bị khuếch đại tín hiệu và điều khiển bằng điện tử; 6- bộ đo và phát tín hiệu mực nước trên mặt lớp lọc; 7- bộ đo và phát tín hiệu mực nước sau lớp lọc; 8- thang đo chỉ vị trí của cánh van bướm; 9- đồng hồ chỉ độ chênh áp lực trước và sau lớp lọc; 10- cung cấp khí nén hay nước có áp để điều khiển pitông 3.

### 3. Thiết bị điều khiển vận hành bể lọc

Trừ các bể lọc nhỏ đặt trong các trạm cấp nước lẻ ở nông thôn là còn dùng van điều khiển bằng tay, còn lại hầu hết bể lọc ở các nhà máy nước đều dùng van điều khiển bằng điện, bằng khí nén hoặc bằng thủy lực. Dùng các thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc làm việc tự động bằng xiphông hoặc bằng van bướm điều khiển bằng thủy lực hay khí nén, theo nguyên tắc giữ mực nước không đổi

trên mặt bể lọc, hoặc giữ lưu lượng nước lọc không đổi trên đường nước ra khỏi bể.

Điều khiển vận hành bể lọc chủ yếu là thực hiện các thao tác rửa bể lọc. Có ba mức độ trang thiết bị điều khiển quá trình rửa bể lọc:

- a) *Điều khiển các van, khóa, máy thổi gió bơm nước từ xa bằng tay.* Toàn bộ công tác đóng, mở các van và bơm nước, máy gió đều tập trung về tủ điều khiển đặt trong hành lang điều khiển trước mỗi bể lọc. Khi nhận được tín hiệu đèn báo hoặc chuông kêu từ đồng hồ chân không ở đỉnh xiphông hoặc từ bộ đo độ chênh mực nước trước và sau bể lọc phát ra báo hiệu bể lọc đã đạt đến tổn thất giới hạn, người trực ca bắt đầu rửa bể lọc bằng cách ấn các nút riêng biệt để mở và đóng các thiết bị tương ứng với thời gian yêu cầu của chu trình rửa các bể lọc.
- b) *Khởi động rửa lọc bằng tay, trình tự mở đóng các van và máy gió, máy bơm nước kế tiếp thực hiện tự động.* Sau khi nhận được tín hiệu từ bộ đo chênh áp trước và sau bể lọc báo hiệu bể đã làm việc đến tổn thất giới hạn, người quản lý ấn nút khởi động chu trình rửa lọc. Việc đóng mở các thiết bị theo trình tự kế tiếp nhau ứng với khoảng thời gian khác nhau đã được cài đặt sẵn bằng hệ thống role đóng mở theo thời gian đặt trong tủ điều khiển của mỗi bể lọc.
- c) *Bể lọc tự động rửa.* Tín hiệu cần rửa bể lọc có thể phát ra từ một trong các thiết bị sau:
  - Bộ đo chênh áp lực trước và sau bể lọc
  - Bộ đo độ đục cho phép của nước sau lọc
  - Bộ đo thời gian của một chu kỳ lọc.
  - Bộ đo thể tích nước đã lọc được.

Tín hiệu rửa lọc được bộ phận khuếch đại phát xung lượng đóng mạch để quá trình rửa bắt đầu. Trình tự rửa bể lọc giống trường hợp b. Trong sơ đồ tự động rửa, ở tủ điều khiển phải lắp thêm thiết bị loại trừ khởi động khi có một bể lọc khác trong nhà máy đang rửa và lắp chương trình chọn thứ tự ưu tiên để rửa lần lượt các bể lọc. Để theo dõi và quản lý bể lọc, thường phải đặt các thiết bị đo sau:

- Bộ đo độ đục ở ống chung dẫn nước về bể chứa để biết sự thay đổi chất lượng nước lọc theo sự thay đổi chất lượng của nước thô.
- Đo lưu lượng nước rửa để điều chỉnh cường độ theo độ giãn nở của lớp lọc theo mùa trong năm, và điều chỉnh lưu lượng giữa các pha rửa kế tiếp nhau.

- Khi dùng máy thổi gió là loại máy thể tích lưu lượng ổn định không cần đặt đồng hồ đo lưu lượng khí.

## 7.11. BỂ LỌC ÁP LỰC

### 7.11.1. Đặc điểm và phạm vi áp dụng

Về nguyên lý làm việc thì bể lọc nhanh áp lực cũng giống bể lọc nhanh trọng lực đã trình bày ở trên chỉ khác là: bình lọc kín, vỏ bình làm bằng thép hoặc composite.

*Ưu điểm:*

- Gọn, chế tạo tại công xưởng, lắp ráp nhanh, tiết kiệm đất xây dựng thích hợp cho những nơi chật hẹp.
- Áp lực nước sau bể lọc còn dư có thể chảy thẳng lên dài hay cấp trực tiếp cho các hộ tiêu thụ, không cần máy bơm đợt 2.
- Nước có áp lực nên không xảy ra hiện tượng chân không trong lớp lọc, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc chỉ cần 0,4 - 0,6 m, đủ để thu nước rửa không kéo cát lọc ra ngoài.
- Do tổn thất qua lớp lọc có thể lấy từ 3 - 10m, nên có thể tăng chiều dày lớp lọc lên để tăng vận tốc lọc.

Khi lọc trong vận tốc từ 8 - 12 m/h.

Khi lọc nước tuần hoàn vận tốc lọc từ 20 - 35 m/h.

Khi lọc sơ bộ và khử sắt trong nước ngầm, vận tốc từ 8 - 20 m/h.

*Khuyết điểm:*

- Khi xử lý nước sông đã đánh phèn và qua lắng phải dùng bơm, bơm vào bể lọc áp lực, cánh bơm làm phá vỡ bông cặn nên hiệu quả kém.
- Do bể lọc kín, khi rửa không quan sát được nên không khống chế được lượng cát mất đi, bể lọc làm việc kém hiệu quả dần.
- Do bể lọc làm việc trong hệ kín nên không theo dõi được hiệu quả của quá trình rửa lọc
- Khi mất điện đột ngột, nếu van một chiều bị hỏng, hay rò nước hoặc xảy ra tình trạng rửa ngược, đưa cát lọc về bơm.

Do khuyết điểm trên nên ở nhiều nước không dùng bể lọc áp lực để lọc nước đã đánh phèn và đã qua bể lắng, chỉ dùng để lọc sơ bộ nước sông và lọc nước



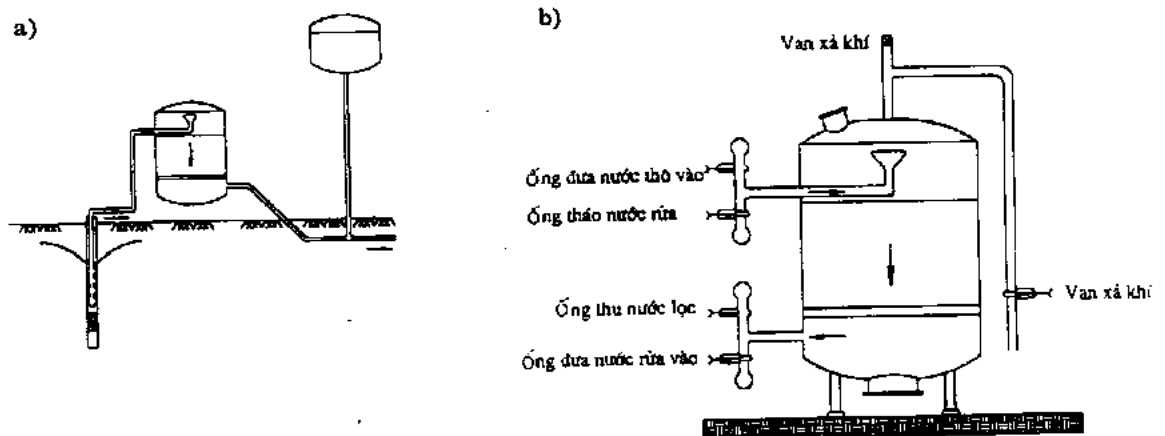
ngâm cấp cho công nghiệp, đòi hỏi chất lượng không cao và công suất trạm giới hạn ở mức dưới 5000 m<sup>3</sup>/ngày hoặc lọc nước tuần hoàn bể bơi.

### 7.11.2. Cấu tạo và các chỉ tiêu vận hành

Hình (7.45a) giới thiệu vị trí bể lọc áp lực trong sơ đồ cấp nước trực tiếp từ giếng khoan.

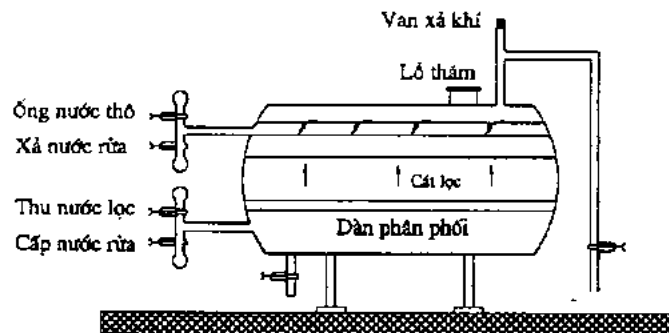
Hình (7.45b) giới thiệu cấu tạo bể lọc áp lực đặt đứng. Bình có dạng hình trụ đứng bằng thép hoặc composite. Đường kính lớn nhất 4 - 5m, diện tích tương ứng 10 - 20m<sup>2</sup>, chiều dày lớp lọc 1,2 - 2m, chiều cao từ mặt cát lọc đến mép phễu thu nước rửa 0,4 - 0,6 m tùy thuộc cường độ rửa.

Kích thước phễu thu nước rửa và phân phối nước lọc tính toán sao cho khoảng cách thu nước xa nhất < 0,7m.



Hình 7.45

a) Sơ đồ làm việc của bể lọc áp lực; b) Bể lọc áp lực đặt đứng

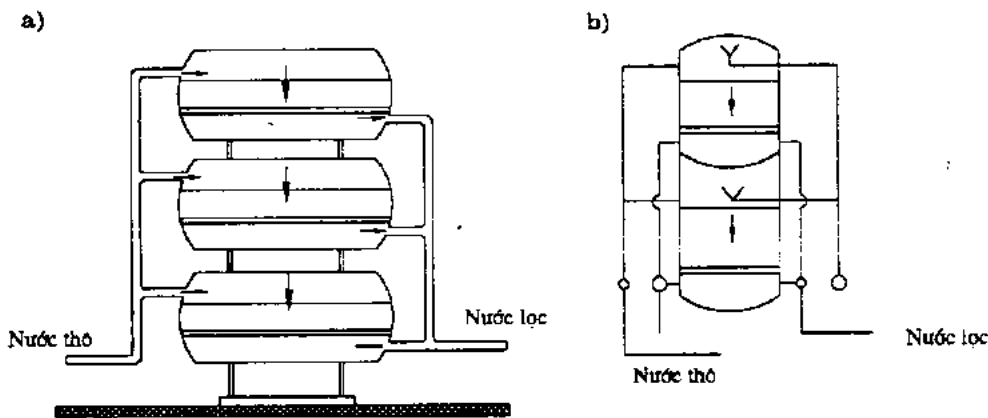


Hình 7.46. Bể lọc áp lực nằm ngang

Hình (7.46) giới thiệu bể lọc áp lực nằm ngang. Đường kính lớn nhất từ 4 - 5m, chiều dài lớn nhất 10 m tương đương diện tích lọc 40 - 50m<sup>2</sup>. Chiều cao lớp lọc từ 0,8 - 1,2 m.

Hình (7.47a) giới thiệu cách sắp xếp bể lọc áp lực nằm ngang ở những nơi hiếm đất xây dựng và hình (7.47b) giới thiệu cách sắp xếp bể lọc đứng khi thiếu mặt bằng xây dựng.

Tính toán bể lọc áp lực cũng giống bể lọc nhanh trọng lực với vận tốc lọc có thể lấy 1,2 - 1,5 lần lớn hơn ứng với tổn thất qua bể lọc có thể đến 8 - 10 m.



Hình 7.47. Cách sắp đặt bể lọc

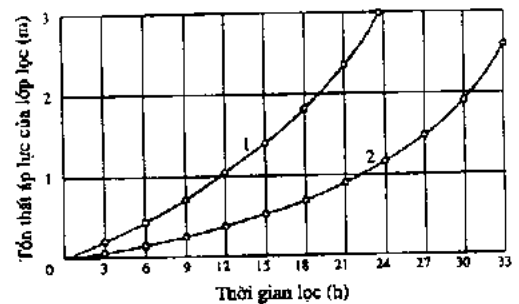
- Khi lọc sơ bộ, lọc thô không phèn và lọc nước tuần hoàn của bể bơi có thể lấy tốc độ 15 - 35m/h.
- Rửa lọc có thể dùng nước thuần túy, hay gió trước, nước sau. Dàn phân phối tính như bể lọc nhanh trọng lực, ống đưa nước vào và ra tính với vận tốc 1 - 1,5m/s.

## 7.12. BỂ LỌC HAI LỚP VẬT LIỆU LỌC

Tầng dung tích chứa cặn bẩn trong các bể lọc nhanh có thể đạt được bằng cách dùng hai lớp vật liệu lọc có đường kính hạt và trọng lượng riêng khác nhau, nhưng phải tính toán để cho lớp trên của vật liệu lọc có đường kính hạt lớn hơn và trọng lượng riêng nhỏ hơn lớp vật liệu lọc nằm dưới.

Thường dùng lớp vật liệu lọc nằm trên là than antraxit còn lớp dưới là cát thạch anh. Lớp vật liệu lọc hạt lớn nằm trên, nên trong bể hai lớp không tạo ra màng lọc rắn chắc như thường thấy trong các bể lọc nhanh một lớp vật liệu lọc là cát hạt bé. Trong lớp vật liệu lọc hạt lớn các lỗ rỗng có thể tích lớn nên dung tích chứa cặn của bể lọc hai lớp lớn hơn dung tích chứa cặn của bể lọc nhanh thông thường 2 - 2,5 lần. Do đó có thể tăng tốc độ lọc hoặc thời gian

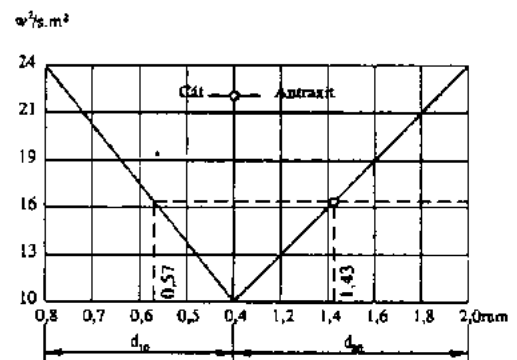
của một chu kỳ lọc. Hình (7.48) vẽ đường biểu diễn tăng tổn thất áp lực trong bể lọc nhanh thường và trong bể lọc hai lớp khi chúng làm việc song song với cùng một nguồn nước và cùng tốc độ 12 m/h. Biểu đồ cho thấy: khi lọc cùng một nguồn nước, thời gian của một chu kỳ lọc ở bể lọc hai lớp hầu như gấp hai lần so với bể lọc nhanh thường. Dùng bể lọc hai lớp để lọc trong hoặc khử màu nước sông hồ đã đánh phèn và qua lắng, nước sau khi đã làm mềm hoặc khử sắt nước ngầm. Dùng bể lọc hai lớp có lợi nhất trong các trường hợp nếu dùng bể lọc nhanh thường thì chu kỳ lọc sẽ rất ngắn (dưới 10 giờ) do cặn bẩn tạo ra trên bề mặt lớp cát một màng lọc rắn chắc. Ví dụ khi lọc nước hồ có chứa nhiều sinh vật phù du, bể lọc hai lớp có chu kỳ lọc thỏa mãn khi lọc nước có tổng hàm lượng cặn không lớn hơn 50 mg/l (kể cả cặn do đánh phèn và hóa chất tạo ra). Vì thế chỉ có thể đưa nước nguồn đã đánh phèn trực tiếp vào bể lọc không qua lắng đối với nước sông có độ đục thấp, nước ở các hồ chứa lớn.



Hình 7.48. Biểu đồ so sánh độ tăng tổn thất trong bể lọc cát và bể lọc hai lớp  
1- một lớp cát lọc;  
2- hai lớp lọc, than antraxit trên, cát ở dưới.

Chiều cao lớp vật liệu lọc trong bể lọc hai lớp chọn 800-1000 mm trong đó chiều cao của lớp than antraxit từ 400 - 600mm. Tốc độ lọc của bể lọc hai lớp có thể lấy đến 10 m/h, tốc độ tăng cường 12 m/h. Chất lượng nước lọc qua bể lọc hai lớp phụ thuộc rất nhiều vào sự thay đổi tốc độ lọc, vì thế phải có thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc có độ tin cậy để giữ được tốc độ không đổi trong suốt chu kỳ lọc.

Vật liệu lọc của bể lọc hai lớp là cát đã được sàng kỹ để phân loại kích thước với cỡ hạt từ 0,5 - 1,2 mm, hệ số không đồng nhất  $k < 2$  và antraxit có kích thước hạt bé nhất 0,8 - 1mm - đường kính hạt antraxit lớn nhất phải lớn gấp ba lần đường kính hạt cát bé nhất.



Hình 7.49. Biểu đồ để chọn kích thước hạt của bể lọc hai lớp

Có thể dùng biểu đồ hình (7.49) để xác định kích thước hạt antraxit khi đã chọn trước kích thước hạt cát hoặc ngược lại.

Nếu chọn đúng thành phần phân hạt giữa cát và antraxit thì khi rửa lọc không xảy ra hiện tượng xáo trộn trên giới hạn giữa hai lớp. Rửa bể lọc hai lớp bằng gió trước nước sau hoặc chỉ dùng nước đi từ dưới lên với cường độ rửa đủ đảm bảo độ giãn nở 50% của toàn bộ lớp vật liệu lọc, tức là cát có độ giãn nở 50% và antraxit cũng có độ giãn nở 50%. Cường độ rửa lọc của bể lọc hai lớp (khi nhiệt độ nước rửa xấp xỉ 20°) có thể tra biểu đồ hình (7.49). Thời gian rửa từ 5 - 6 phút, lượng nước rửa không vượt quá 2 - 2,5% công suất bể lọc. Đưa bể lọc hai lớp vào quản lý, tiến hành như sau: đầu tiên đổ cát thạch anh vào bể đúng cốt thiết kế, cho bể lọc làm việc với một lớp cát liên tục trong một tháng, trong thời gian này phải hút vớt bỏ lớp cát có kích thước bé nằm trên, thay bằng cát mới cho đúng chiều dày quy định, làm như vậy 2 - 3 lần để đảm bảo loại trừ hoàn toàn các hạt cát bé hơn 0,5 - 0,6mm không đúng quy định. Lớp antraxit đổ vào bể lọc phải có chiều dày đều nhau trên toàn bộ diện tích bể. Sau một thời gian ngâm nước (không ít hơn 4 giờ) tiến hành rửa bằng dòng nước đi từ dưới lên để loại các hạt bụi. Hai, ba lần rửa đầu tiên rửa với cường độ 7 - 8 l/s.m<sup>2</sup>. Trong nước rửa không được có không khí để tránh hiện tượng kéo các hạt antraxit ra ngoài. Sau một vài lần rửa các hạt antraxit xốp nhẹ sẽ nổi lên mặt dùng xẻng hút bỏ ra ngoài và thay hạt mới..

### 7.13. BỂ LỌC PHÁ (LỌC SƠ BỘ)

Bể lọc phá dùng để lọc nước có độ đục 50 - 250 mg/l trước khi cho nước vào bể lọc chậm. Lớp cát lọc có chiều dày 600 - 700 mm, và kích thước hạt 1 - 2 mm. Tốc độ lọc trong các bể lọc phá không được lớn hơn 5 m/h khi lọc nước có hàm lượng cặn dưới 100 mg/l và không lớn hơn 3 m/h, khi hàm lượng cặn 100 - 200mg/l, rửa bể lọc phá bằng nước đi từ dưới lên với cường độ 12 - 14 l/s.m<sup>2</sup>, thời gian rửa lọc không lớn hơn 6 - 7 phút. Nước rửa có thể dùng nước nguồn hoặc nước đã qua lọc. Để thu nước lọc hoặc phân phối nước rửa dùng hệ thống phân phối trở lực lớn. Nếu dùng nước nguồn để rửa lọc, để phòng tắc ống phân phối, lỗ trên hệ thống ống phân phối phải có đường kính lớn hơn 5 mm và nước nguồn phải được lọc qua lưới lọc có mắt lưới 2 mm × 2 mm. Thu nước rửa lọc bằng hệ thống máng có mép tràn cao hơn mặt cát lọc 40 - 50 mm. Rửa bể lọc phá hiệu quả nhất là dùng không khí nén kết hợp với nước. Bể lọc phá rửa bằng gió nước kết hợp có thể thay cho bể lắng, và đặt trước bể lọc chậm. Khi rửa bể lọc phá, đầu tiên sục gió trong 7 - 10 phút với cường độ 18 l/s.m<sup>2</sup>, sau đó giảm

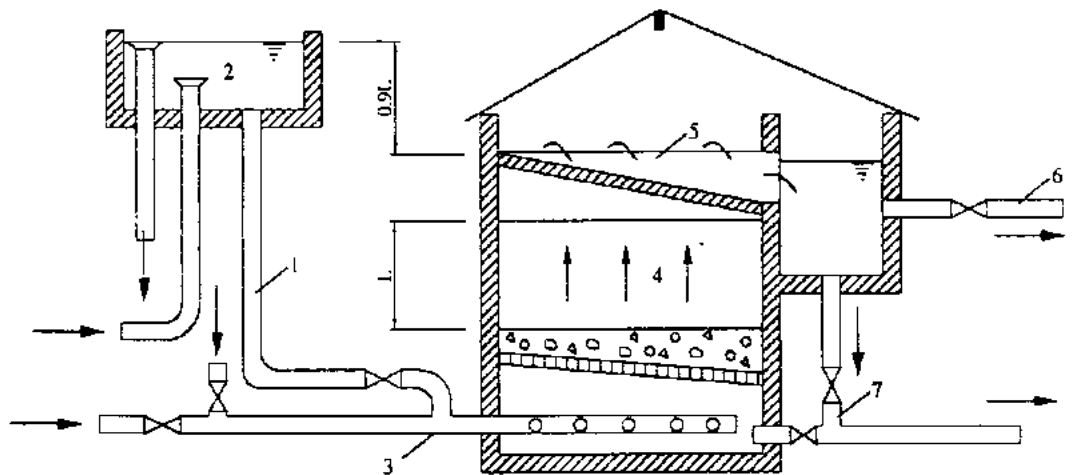
cường độ gió xuống 5 - 7 l/s.m<sup>2</sup> đồng thời dẫn nước rửa vào bể, rửa gió nước phối hợp trong 5 - 7 phút, sau đó ngừng thổi gió và rửa nước thuần túy với cường độ 10 - 12 l/s.m<sup>2</sup> trong thời gian 5 - 7 phút.

### 7.14. BỂ LỌC CÓ DÒNG NƯỚC ĐI TỪ DƯỚI LÊN CÒN GỌI LÀ LỌC NGƯỢC HAY LỌC TIẾP XÚC

Khi rửa bể lọc nhanh bằng nước thuần túy hoặc gió trước nước sau, xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực, các hạt bé nằm trên, hạt lớn nằm dưới, các lớp cát lọc nằm dưới có độ chứa cặn cao hơn các lớp trên. Sau khi trộn đều phen vào nước với liều lượng đủ để giảm thế năng của hạt keo, cho tiếp xúc ngay với môi trường hạt, quá trình dính kết giữa các hạt keo do phen tạo ra trên bề mặt hạt vật liệu lọc diễn ra nhanh và hiệu quả hơn keo tụ trong môi trường thể tích. Vì hai lý do nêu trên, trong kỹ thuật xử lý nước đã áp dụng bể lọc tiếp xúc kết hợp làm nhiệm vụ của bể tạo bông cặn, bể lắng, bể lọc trong một công trình xử lý nước có độ đục thấp  $m_{\max} \leq 150 \text{ mg/l}$  và độ màu cao.

Vật liệu lọc của bể lọc tiếp xúc thường là cát thạch anh thành phần hạt:  $d_{\min} \geq 0,6 \text{ mm}$ ,  $d_{\text{trung bình}} = 0,9 \div 1 \text{ mm}$ ,  $d_{\max} \leq 2 \text{ mm}$ , chiều dày thường chọn 1.2 - 2m.

Rửa lọc bằng nước thuần túy, cường độ rửa 18 l/s.m<sup>2</sup>, độ giãn nở  $e \geq 30\%$ . Rửa gió trước với cường độ 18 - 20 l/s.m<sup>2</sup>, nước sau 10 - 12 l/s.m<sup>2</sup>, thời gian rửa nước từ 6 - 8 phút. Lượng nước rửa chiếm 4 - 10% công suất lọc (với bể lọc nhanh là 0,8 - 2,5 %).



Hình 7.50. giới thiệu sơ đồ cấu tạo và vận hành bể lọc tiếp xúc

- 1- ống dẫn nước thô đã trộn phen. 2- ngăn ổn định áp lực; 3- hệ thống cấp gió và nước rửa lọc; 4- lớp lọc; 5- máng thu nước lọc và thu nước rửa; 6- ống dẫn nước lọc; 7- ống xả nước rửa lọc.

**Xác định vận tốc lọc**

Để cho lớp cát lọc không bị dòng nước làm giãn nở trong quá trình lọc, tổn thất giới hạn của bể lọc phải nhỏ hơn trọng lượng của lớp cát lọc ngâm trong nước.

$$H_{gh} = L(1-m)(\gamma_c - \gamma_n), \quad (7.118a)$$

trong đó: L - chiều dày lớp cát lọc;

m - độ rỗng của lớp cát lọc.  $m \sim 0,4$ ;

$\gamma_c$  - trọng lượng riêng của cát.  $\gamma_c = 2,6$ ;

$\gamma_n$  - trọng lượng riêng của nước.  $\gamma_n = 1$ .

Thay các giá trị bằng số vào (7.118a) rút ra:

$$H_{gh} = 0,96L \quad (7.118b).$$

Tổn thất trong lớp vật liệu lọc  $H = iL$ .

i - độ tăng tổn thất, theo (7.57b) và (7.118 b)

$$i = 5,2 \cdot 10^{-3} \mu V \frac{\omega^2}{m^3} = 0,96.$$

Khi nhiệt độ nước bằng  $10^\circ\text{C}$ ,  $\mu = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ s/m}^2$ , cát lọc có đặc tính  $m_o \sim 0,4$ ,  $\omega_o \approx 40 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , rút ra vận tốc lọc  $v_{gh} = 5,4 \text{ m}$ . Như vậy vận tốc lọc cho phép trong bể lọc tiếp xúc  $v \leq 5 \text{ m/h}$ .

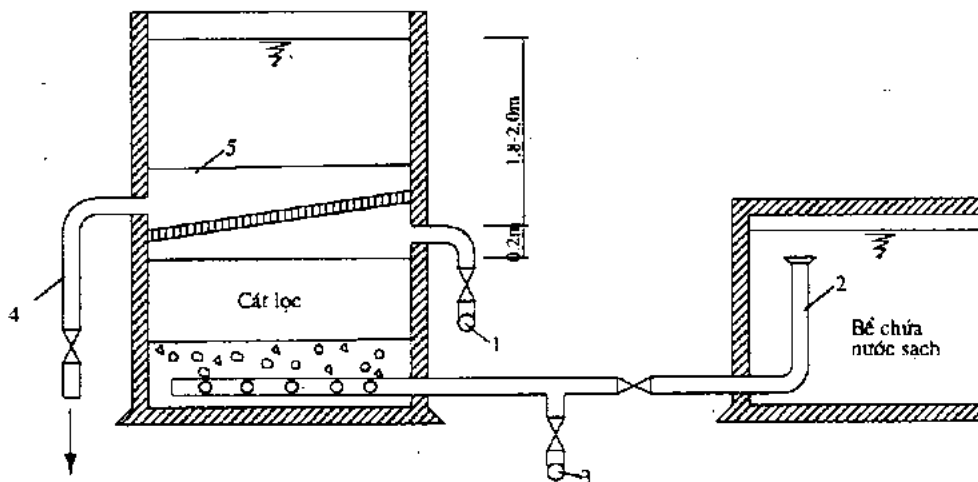
Bể lọc tiếp xúc được áp dụng để xử lý nước ở các trạm có công suất nhỏ, thời gian làm việc 10 - 16 giờ/ngày, thích hợp với các công trình cấp nước cho nông trường, làng xã, có nguồn nước thô là nước suối, nước trong kênh mương thủy lợi dẫn từ hồ chứa về...

**7.15. BỂ LỌC KHÔNG CÓ VAN ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ LỌC**

Bể lọc không có van điều chỉnh tốc độ lọc (hình 7.51) thường được xây dựng ở vùng nông thôn, miền núi, các trạm lẻ có công suất nhỏ. Tốc độ lọc dao động theo lưu lượng nước đưa vào bể, nếu lưu lượng nước thô không thay đổi, tốc độ lọc cũng không thay đổi.

- Ống thu nước lọc dẫn về bể chứa có cốt miệng tràn cao hơn cốt đỉnh lớp cát lọc 0,2m để đảm bảo đầu chu kỳ lọc và trong khi ngừng làm việc lớp cát lọc không bị khô.
- Ống dẫn nước thô vào bể lọc đặt song song với mặt cát lọc và cao hơn mặt cát 0,2m để cho mặt cát lọc không bị xói và phẳng đều.

- Trong quá trình lọc, tổn thất qua lớp lọc tăng lên làm cho lớp nước trên mặt cát lọc tăng cao dần, khi mực nước đạt đến độ chênh giới hạn từ 1,8 đến 2m so với miệng tràn của ống thu nước lọc thì rửa bể. Do tổn thất qua lớp lọc được bù ngay bằng mực nước dâng cao trong bể, nên không xảy ra hiện tượng tạo chân không trong lớp lọc.
- Rửa lọc và cấu tạo các bộ phận chi tiết tính toán như đối với bể lọc nhanh bình thường.



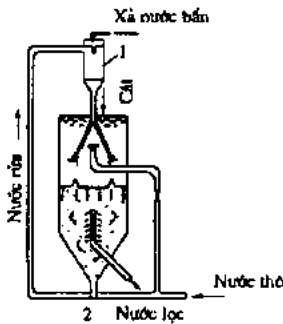
Hình 7.51. Sơ đồ làm việc của bể lọc không có van điều chỉnh tốc độ lọc  
 1- ống dẫn nước thô; 2- ống thu nước lọc về bể chứa; 3- ống cấp nước rửa lọc;  
 4- ống xả nước rửa; 5- máng thu nước rửa lọc.

### 7.16. BỂ LỌC RỬA LIÊN TỤC, BỂ LỌC ÁP LỰC TỰ ĐỘNG RỬA THEO CHU KỲ LỌC VÀ BỂ LỌC KHÔNG VAN KHÓA TỰ ĐỘNG RỬA

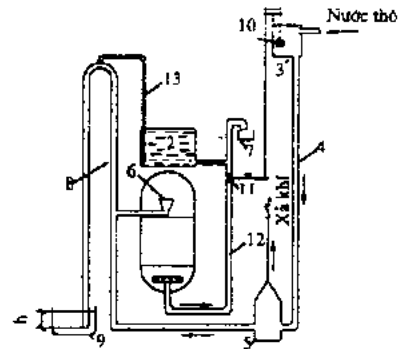
Hình (7.52) giới thiệu bể lọc hồ rửa liên tục, nước thô có áp lực đủ lớn, đi qua ejector (2) đặt ở đáy bể lọc, cát bẩn được thu vào ejector chuyển lên xyclon thủy lực (1) để rửa, nước bắn tháo ra ngoài trên đỉnh xyclon còn cát sạch đi xuống đáy xyclon dẫn trở lại bể lọc.

Bể lọc tự động rửa theo chu kỳ (hình 7.53) gồm: bể lọc áp lực đặt dưới bể chứa nước rửa lọc. Nước nguồn đi vào thùng phát xung lượng (3) đặt cao hơn mặt cát trong bể lọc 3,5 - 4m. Từ thùng (3) theo ống (4), nước đi qua ngăn tách khí (5) rồi vào bể lọc (1) qua phễu thu (6). Nước lọc qua bể lọc (ở thời kỳ đầu sau khi rửa lọc) chảy vào bể chứa nước rửa (2), sau đó chảy vào máng thu nước lọc (7). Theo mức độ tăng tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc, mực nước trong ống (4) và xiphông (8) dâng lên và khi đạt đến trị số tổn thất giới hạn nước nguồn tích lại ở thùng (3) sau đó tràn vào nhánh ở hạ lưu của xiphông đạt

được độ cao  $h$  (m) cao hơn mực nước trong hố thu, sau đó van (9) mở và xiphông làm việc. Do tích nước vào thùng (3), phao (10) nâng lên làm cho van thu nước lọc (11) đóng lại. Lúc đó tất cả nước sẽ đi vào xiphông để mỗi nó. Xiphông rút hết nước ở phần trên bể lọc là làm hạ mực nước ở thùng (3) xuống, phao (10) lại hạ xuống, mở van (11) ra, nước từ bể chứa (2) theo ống (12) đi xuống đáy bể lọc, rửa từ dưới lên. Khi lượng nước dự trữ trong bể chứa (2) được sử dụng hết làm hồ dầu ống (13) không khí chui vào xiphông. Bể lọc ngừng rửa và tự động chuyển sang chế độ làm việc bình thường.



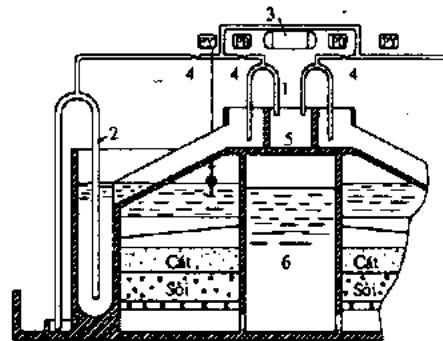
Hình 7.52. Bể lọc rửa liên tục



Hình 7.53. Bể lọc áp lực tự động rửa theo chu kỳ lọc

Hình (7.54) giới thiệu sơ đồ làm việc của bể lọc, không có van khóa, rửa theo chu kỳ lọc (bể lọc greenleaf).

Nước thô từ bể lắng chảy theo máng (5) được xiphông (1) đưa vào bể lọc, khi mực nước thô trong bể lọc dâng cao đạt đến độ chênh giới hạn so với mực nước trong ngăn chứa nước sạch (6), bộ do mực nước PY phát tín hiệu cần rửa lọc. người quản lý điều khiển hệ thống công tác ở hộp điều khiển PB mở van (4) cho khí lọt vào, ngắt không cho xiphông (1) làm việc và mỗi cho xiphông (2) để rút nước rửa lọc. Nước sạch từ ngăn chứa (6) đi vào đáy bể lọc rửa ngược lớp cát lọc, nước rửa được thu vào máng theo xiphông (2) xả ra ngoài. Hết thời gian rửa từ hộp điều khiển PB, điều khiển hệ thống



Hình 7.54. Bể lọc không có van khóa, rửa theo chu kỳ lọc



van (4) để ngắt xiphông (2), mỗi lại xiphông 1 cho bể lọc trở lại làm việc bình thường. Tạo chân không cho hệ thống điều khiển được thực hiện bằng máy chân không (3). Bể lọc greenleaf được xây dựng ở nhà máy nước Cần Thơ và Biên Hòa từ 1972 đến nay vẫn đang hoạt động.

### 7.17. BỂ LỌC CHẬM

Lọc nước qua lớp cát lọc với vận tốc  $v \leq 0,5$  m/h là lọc chậm. Do vận tốc  $v \leq 0,5$  m/h nên lớp trên cùng của cát lọc dày khoảng 2 - 3 cm, cặn bẩn tích lại tạo thành màng lọc. Trong màng lọc chứa vô số các loại vi sinh vật có khả năng lọc và diệt 97 - 99% vi khuẩn có trong nước thô khi lọc qua màng.

*Ưu điểm của bể lọc chậm:*

- Cấu tạo và quản lý đơn giản, giá thành thấp.
- Chất lượng nước lọc tốt và luôn ổn định.
- Không đòi hỏi người vận hành có trình độ nghề nghiệp cao, không tốn năng lượng.
- Bể lọc chậm có thể chịu được những đợt sốc ngắn hạn (2 - 3 ngày) do tăng hàm lượng chất bẩn trong nước thô, cũng như tăng lưu lượng nước thô.

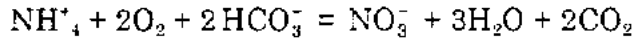
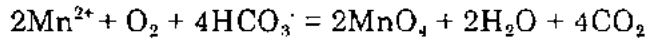
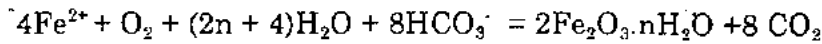
*Nhược điểm của bể lọc chậm:*

- Đòi hỏi diện tích xây dựng lớn.
- Mau bị tắc, trít khi hàm lượng rong, tảo trong nước thô vượt quá mức cho phép.
- Nếu thời gian ngừng hoạt động liên tục quá 1 ngày đêm, xảy ra hiện tượng phân hủy yếm khí màng lọc, tạo ra bọt khí và mùi hôi làm xấu chất lượng nước lọc.

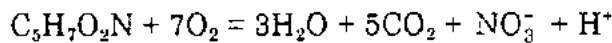
#### 7.17.1. Các quá trình làm sạch cơ học và làm sạch sinh hóa của bể lọc chậm

Hiệu quả làm sạch nước của bể lọc chậm là tổng hợp hiệu quả của các quá trình: *lắng, lọc cơ học, hấp phụ*, gọi chung là *quá trình làm sạch cơ học và quá trình làm sạch sinh hóa*. Quy luật của quá trình làm sạch cơ học trong bể lọc chậm đã được đề cập ở mục (7.4.1), trong mục này chỉ xét hiệu quả làm sạch của quá trình sinh hóa trong bể lọc chậm. Khi nước thô có chứa các tạp

chất sắt  $Fe^{2+}$ , mangan  $Mn^{2+}$ , amôn  $NH_4^+$ , vi khuẩn và các tạp chất hữu cơ khác đi vào bể lọc chậm, trong bể lọc xảy ra các quá trình sinh hóa như sau:



Một phần các chất hữu cơ bị oxy hóa tạo ra năng lượng cung cấp cho vi khuẩn trong quá trình trao đổi chất:



còn một phần chuyển hóa thành tế bào vi khuẩn trong quá trình sinh sản và phát triển của chúng.

Nồng độ các chất hữu cơ trong nước có hạn nên lượng vi khuẩn tồn tại trong bể lọc không lớn. Cuối cùng các chất hữu cơ chứa trong nước đưa vào bể lọc sẽ dần dần phân hủy thành các chất vô cơ như  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  ... và được đưa ra ngoài cùng với nước lọc.

Bể dày tối thiểu của lớp cát lọc để phân hủy hoàn toàn các chất hữu cơ là 0,5m cộng với 0,3 - 0,5m dự trữ để có thể tiến hành rửa bể lọc nhiều lần trước khi thay cát mới hoặc bổ sung thêm vào bể. Lượng oxy cần thiết để khử 1 g  $Fe^{2+}$  là 0,14g, để khử 1 g  $Mn^{2+}$  là 0,29g, để khử 1 g  $NH_4^+$  là 3,6 g và khử 1 g chất hữu cơ là 2,0g.

Bể lọc chậm có ưu điểm cơ bản là khử được các vi sinh vật kể cả vi trùng E.coli và các vi trùng gây bệnh khác. Các vi sinh vật và vi khuẩn dính trên bề mặt hạt vật liệu lọc hấp thụ các chất dinh dưỡng qua màng tế bào để chuyển hóa thành thức ăn và sản phẩm cuối cùng thải ra là các chất vô cơ đơn giản, khi nguồn thức ăn (chất dinh dưỡng hữu cơ) cạn kiệt vi khuẩn buộc phải ăn phần chất hữu cơ có sẵn trong tế bào, do đó trong màng lọc của bể lọc chậm xuất hiện loài vi sinh ăn vi khuẩn. Nhờ quá trình sinh hóa nồng độ các chất hữu cơ giảm đi, vi khuẩn thiếu thức ăn bị tiêu diệt dần và chất lượng nước lọc được đảm bảo.

### 7.17.2. Ảnh hưởng của rong tảo lên quá trình lọc

Do thời gian giữa hai lần rửa lọc rất dài nên dễ tạo điều kiện cho rong tảo phát triển trong lớp nước bảo vệ trên bề mặt lọc, làm dao động hàm lượng oxy trong nước và có thể dẫn đến tình trạng thiếu oxy hòa tan trong nước và thậm

chỉ dẫn đến bằng 0, làm cho nước sau xử lý vẫn còn chứa  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  và các chất gây mùi vị khó chịu.

Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, tảo phát triển mạnh dễ phủ kín bề mặt lọc, cản trở quá trình lọc và rút ngắn thời gian giữa hai lần rửa lọc do trở lực của lớp lọc tăng nhanh. Để tránh hiện tượng đó, thường làm mái che cho bể lọc chậm với mục đích hạn chế sự phát triển của tảo trong bể lọc và hạn chế sự ô nhiễm từ không khí và môi trường xung quanh.

Trong nước thô, sự có mặt của tảo cũng có ảnh hưởng tốt là tảo sử dụng các chất hữu cơ có trong nước để phát triển. Do đó, một số chất hữu cơ bền, khó xử lý chứa trong nước thô được chuyển thành tế bào tảo để phân hủy. Ngoài ra, theo các tài liệu nghiên cứu khác, tảo còn sinh ra một độc tố trong nước làm tăng khả năng diệt vi khuẩn.

### 7.17.3. Chất lượng nước thô cho phép lọc trực tiếp qua bể lọc chậm

Chất lượng nước thô cho phép lọc trực tiếp qua bể lọc chậm để cung cấp cho ăn uống sinh hoạt cơ bản dựa trên tiêu chuẩn chất lượng nước nguồn cho phép khai thác, xử lý để cấp cho sinh hoạt ghi trong bảng (1.5) và với các chỉ tiêu hạn chế sau:

Độ đục < 50 mg/l.	Rêu tảo < 5,10 ASU/ml.
Độ màu ≤ 20 độ.	Sợi amiăng < 10mg/l.
Coliform ≤ 10 <sup>3</sup> ml.	Mùi vị < 3 tính theo (TON).

Nếu nước thô có độ đục, độ màu và hàm lượng rêu tảo, sợi amiăng lớn hơn các giá trị đã nêu, cần phải xử lý để loại bớt trước khi cho vào bể lọc chậm.

### 7.17.4. Chỉ tiêu thiết kế bể lọc chậm

Diện tích lọc 0,2 - 0,15 m<sup>2</sup> cho một người một ngày đêm.

Số bể lọc:  $n = 0,25Q^{0,3}$ , Q tính bằng m<sup>3</sup>/h.

Diện tích một bể lọc thường là 100 - 200 m<sup>2</sup> và phải nhỏ hơn 3000 m<sup>2</sup> - Trong trạm phải có ít nhất hai bể lọc.

Tốc độ lọc	0,1 - 0,3 m/h khi xử lý nước mặt. 0,2 - 0,5 m/s khi xử lý nước ngầm.
Đường kính hạt cát lọc d <sub>10</sub>	0,15 - 0,35 mm, hệ số không đồng nhất k ≤ 2.
Chiều dày lớp cát lọc	1 - 1,5 m.

Thành phần lớp sỏi đỡ:

lớp trên cùng, lớp thứ nhất  $d_{10} = 0,4 \div 0,6$  mm dày 10 cm.

lớp thứ hai:  $d_{10} = 1,5 \div 2$  mm dày 10 cm.

lớp thứ ba:  $d_{10} = 5 \div 8$  mm dày 10 cm.

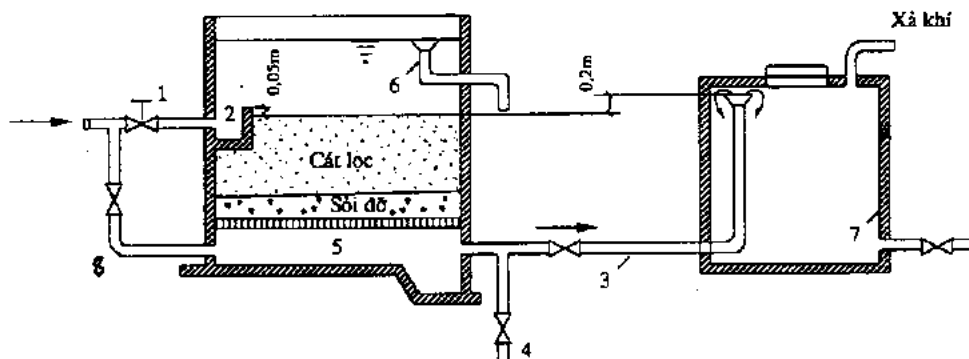
Lớp cuối cùng  $d_{10} = 15 \div 25$  mm với chiều dày tính từ đáy bể lên đến cốt cao hơn lỗ thu nước ở hệ thống ống và máng thu 10 cm.

Chiều cao dành cho lớp nước trên mặt cát lọc từ 1.5 đến 2.0 m và cũng là tổn thất giới hạn của bể lọc chậm, chiều cao bảo vệ của thành bể là 0.2m.

Tổng chiều cao bể lọc từ 2,5 đến 4 m, thường là 3,3 m.

Thu nước lọc bằng hệ thống máng hoặc ống khoan lỗ cấu tạo theo dạng xương cá. khoảng cách giữa các máng hoặc ống ở hai thành bên ống, máng chính không lớn hơn 4 m.

Miệng tràn của ống dẫn nước lọc ra khỏi bể phải đặt cao hơn mặt trên của lớp cát lọc đầu tiên (chưa rửa) 0,2 m. Hình (7.55) giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lọc chậm bằng bê tông cốt thép.



Hình 7.55. Giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lọc chậm

1- ống dẫn nước thô; 2- máng phân phối nước thô dọc bể; 3- ống thu nước lọc về bể chứa có miệng tràn cao hơn mặt cát lọc  $\geq 0,2$  m; 4- ống xả nước lọc đầu và xả kiệt; 5- hệ thống thu nước lọc; 6- ống xả bọt vàng và xả tràn báo hiệu cần phải rửa lọc; 7- bể chứa nước sạch; 8- ống tích nước lán đầu để đuổi khí ra khỏi lớp lọc.

### 7.17.5. Vận hành bể lọc chậm

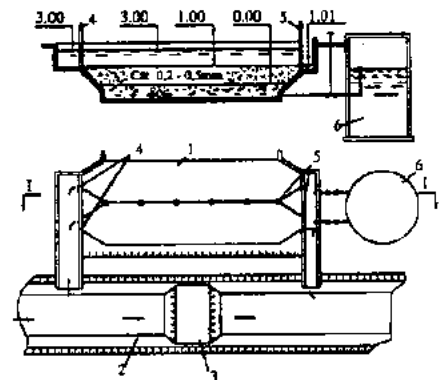
Trước khi đưa bể lọc chậm vào làm việc phải cho nước vào bể từ từ theo chiều từ dưới lên trên để nhúng ướt lớp cát lọc và đuổi không khí ra khỏi các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc, tạo điều kiện tốt cho việc hình thành màng lọc trên bề mặt lớp cát sau này. Sau khi cho nước vào bể lọc chậm theo chiều từ dưới lên

trên đạt đến mức cao hơn mặt cát lọc 200 - 300 mm thì mở van dẫn nước nguồn vào phía trên bể lọc đến cốt thiết kế. Để nước lắng tĩnh khoảng 20 - 30 phút rồi mở van xả nước lọc đầu, điều chỉnh cho bể lọc làm việc đúng tốc độ đã tính toán, khi thấy nước trong thì cho nước lọc vào bể chứa. Sau một thời gian làm việc (20 - 30 ngày) tổn thất qua bể lọc chậm đạt đến giới hạn khoảng 1,5 đến 2 m, thì rửa bể.

Rửa bể lọc chậm tiến hành như sau: đóng van dẫn nước nguồn vào bể, để cho mực nước trong bể rút xuống thấp hơn mặt cát lọc 200 mm, rồi dùng xẻng xúc lớp cát ở trên mặt dày 20 - 30 mm, đem ra ngoài rửa, sau 10 đến 15 lần làm sạch bể như vậy, chiều dày lớp cát lọc giảm xuống còn 500 - 600 mm. Khi đó phải tiến hành rửa toàn bộ lớp cát còn lại và đổ cát sạch vào bể lọc để đảm bảo chiều dày ban đầu. Để cơ khí hóa việc rửa có thể dùng ejector hút cát ra ngoài bể lọc, cho qua xyclon thủy lực để rửa, sau đó lại dùng ejector vận chuyển bằng thủy lực để đưa cát trở lại vào bể lọc.

Ở nông thôn lấy nước ở các kênh thủy lợi hay ở vùng núi lấy nước từ suối có thể thiết kế bể lọc chậm rửa bể mặt bằng thủy lực (hình 7.56).

Bể lọc chậm (1) có hai ngăn đặt song song với kênh thủy lợi hay suối (2). Cổng hoặc đập dâng nước (3) tạo ra độ chênh áp 20 - 30 cm ở trước và sau cổng để đưa nước vào bể lọc chậm. Khi bể làm việc van cửa (4) mở còn van cửa (5) đóng. Nước đi vào bể lọc chậm, lọc qua lớp



Hình 7.56. Bể lọc chậm rửa bể mặt bằng thủy lực

cát với tốc độ 0,2 - 0,3 m/h được thu bằng hệ thống thu nước dẫn về bể chứa (6). Khi lớp cát lọc bị bẩn đòi hỏi phải rửa, thì đóng van thu nước lọc lại và mở hé van cửa (5) ra sao cho mép dưới của cánh van và mặt trên của lớp cát lọc tạo ra khe hở 2 - 3 cm. Khi đó dọc bề mặt lớp cát lọc, nước chảy từ thượng lưu của cổng xuống hạ lưu với tốc độ 0,25 - 0,30 m/s, kéo theo màng lọc của các bẩn nằm trong mặt cát ra ngoài, khi nước trong thì ngừng rửa và lại đưa để lọc về vị trí làm việc. Bể lọc chậm rất chóng bị tắc do sinh vật phù du sinh sống trong nước, do đó khi lọc nước hồ có nhiều phù du phải làm sạch trước bằng cách lọc nước qua lưới lọc trước khi cho vào bể lọc chậm. Để chống rêu

rong và sinh vật phù du sinh ra trong bể lọc chậm, nên làm mái che nắng và che bớt ánh sáng.

### 7.18. QUẢN LÝ VẬN HÀNH BỂ LỌC

Có ba chỉ tiêu theo dõi hàng ngày khi vận hành bể lọc:

- 1- Độ đục của nước lọc;
- 2- Độ dài của chu kỳ lọc;
- 3- Lượng nước rửa lọc so với lượng nước đã lọc được.

**Chỉ tiêu thứ nhất:** độ đục của nước lọc được theo dõi một đến hai giờ một lần bằng thiết bị đo độ đục đặt ở ống dẫn chung đưa nước lọc về bể chứa, truyền trực tiếp về tủ điều khiển hay bàn điều khiển trung tâm, nếu không trang bị bộ đo độ đục tự động phải lấy mẫu nước để phân tích tại phòng thí nghiệm hai giờ một lần. Nếu phát hiện thấy độ đục của nước lọc vượt quá tiêu chuẩn, phải tìm nguyên nhân và khắc phục ngay.

**Chỉ tiêu thứ hai:** độ dài của một chu kỳ lọc phụ thuộc vào chất lượng nước thô, vận tốc lọc và tình trạng của lớp vật liệu lọc sau khi rửa. Giảm độ dài của một chu kỳ lọc có thể do các nguyên nhân sau:

- Do phân loại thủy lực khi rửa làm cho các hạt nhỏ tập trung lên mặt trên cùng của lớp lọc.
- Đường kính trung bình của lớp cát dày 20 cm ở lớp trên cùng quá bé, hoặc đường kính hiệu quả  $d_{10}$  quá bé.
- Nước từ bể lắng sang đục hơn bình thường.
- Lớp cát lọc rửa không sạch, có nhiều chỗ bị bùn vón thành cục.
- Bị hiện tượng chân không trong lớp lọc, bọt khí bám vào hạt cát lọc.
- Lượng phen cho vào nước quá liều lượng cần thiết.

**Chỉ tiêu thứ ba:** lượng nước rửa lọc nếu chỉ chiếm 0,8 - 2% lượng nước lọc mà chu kỳ lọc không bị rút ngắn là đạt yêu cầu, nếu từ 3 đến 5% là quá lớn cần phải xem xét lại toàn bộ lớp vật liệu lọc cường độ và thời gian rửa lọc.

- Thực hiện đúng chế độ rửa lọc với cường độ, thời gian và trình tự rửa thích hợp là điều kiện quyết định đến hiệu quả làm việc của bể lọc.
- Để tránh làm xáo trộn lớp sỏi đỡ khi bắt đầu rửa, phải tăng từ từ cường độ gió, tránh cho gió vào bể lọc một cách đột ngột theo cường độ rửa

ngay giây đầu tiên bằng cách mở van xả ở ống dẫn từ máy gió đến bể lọc (thường đặt ở trước xiphông chống nước dội ngược), cho máy gió chạy, mở từ từ van gió vào bể lọc, sau đó đóng dần van xả gió lại.

- Để giảm đến mức tối đa lượng nước lọc có chất lượng xấu sau khi rửa bể lọc có thể thực hiện bằng hai cách:

*Cách thứ nhất:* cho bể lọc làm việc với tốc độ bằng nửa tốc độ lọc bình thường trong 30 phút đầu tiên.

*Cách thứ hai:* rửa lọc đến lúc nước rửa có độ đục từ 30 - 40 mg/l thì ngừng rửa vì nếu hàm lượng cặn trong nước rửa cao hơn 30 - 40 mg/l, lớp cát lọc chưa được rửa sạch sẽ mau bị tắc. Còn nếu nước rửa có độ đục bé hơn, cát được rửa quá sạch làm bong mất lớp màng hấp thụ hoạt tính bọc sát hạt lọc, khả năng hấp thụ kém, chất lượng nước lọc lúc đầu sẽ xấu.

Người quản lý phải luôn theo dõi lớp cát lọc trước và sau khi rửa: nếu thấy mặt cát lọc nhấp nhô, có bùn đọng trước khi rửa lọc là do phân phối nước vào không đều làm xói bề mặt lớp lọc, nếu quan sát thấy hiện tượng trên sau khi rửa lọc, chứng tỏ việc phân phối gió và nước rửa không đều.

- Theo dõi độ đục nước rửa lọc: trong khi rửa lọc, lấy mẫu nước rửa để đo độ đục một phút một lần, đem kết quả vẽ lên biểu đồ trục tung là độ đục của nước rửa, trục hoành là thời gian rửa. Nếu thấy biểu đồ có giá trị cực đại lớn sau 30 giây đến một phút, sau đó giảm nhanh thì có thể phán đoán: cường độ rửa thích hợp. độ rửa sạch đạt yêu cầu. Nếu giá trị của điểm cực đại nhỏ, độ đục giảm chậm, chứng tỏ cường độ rửa không đủ, cát rửa chưa sạch.
- Từng thời gian lấy mẫu để kiểm tra tình trạng của lớp vật liệu lọc: lấy mẫu vật liệu lọc trước khi rửa và sau khi rửa. Mẫu lấy ở ba điểm bất kỳ trong một bể lọc theo suốt chiều dày lớp lọc.

*Dụng cụ và trình tự lấy mẫu:* dụng cụ lấy mẫu là một ống nhựa cứng, thành mỏng đường kính 40 mm, dài 1,5m - 2,0m trên thành ống khắc độ cách nhau 5cm và ghi khoảng cách cộng dồn tính từ đầu ống đến cuối ống.

Khi lấy mẫu, hạ mực nước trong bể lọc xuống dưới mặt lớp cát, vừa ấn vừa xoay đầu ống nhựa xuống lớp cát lọc sâu 5 cm, sau đó xoay ống cho lỗ rộng ra, vừa rút ống vừa xoay nhẹ, đưa mẫu cát ở trong ống vào một túi ni lông và đánh số mẫu 1- độ sâu 5 cm, tiếp tục lấy mẫu thứ hai ở cùng vị trí lỗ của mẫu

một, vừa ấn vừa xoay ống lấy mẫu sao cho cát ở thành lỗ không chui vào ống, đến độ sâu 15 cm thì từ từ vừa xoay vừa rút ống lên, đổ cát vào bao ni lông và đánh số mẫu 2 - độ sâu từ 5 cm đến 15 cm, lặp lại trình tự như vậy cho đến khi ống lấy mẫu không thể ấn xuống sâu hơn nữa, tức đã đến độ sâu của đỉnh lớp sỏi đỡ.

Dem mẫu thu được phân tích hai chỉ tiêu:

- 1- Đo đường kính trung bình của hạt cát trong mỗi mẫu sẽ biết được sự phân bố thành phần hạt theo chiều cao lớp lọc.
- 2- Lấy 50 ml cát lọc đổ vào bình 500 ml, lần đầu cho vào bình 100 ml nước sạch, khuấy đều với mẫu cát 30 giây sau đó rót nước rửa ra bình khác, tiếp tục làm như vậy bốn đến năm lần, sau đó đo tổng lượng cặn tách ra từ mẫu.

Biết được lượng cặn trong mẫu theo độ sâu của lớp lọc trước và sau khi rửa có thể đánh giá được:

- Độ rửa sạch của lớp lọc theo chiều cao lớp.
- Độ chứa cặn của lớp lọc.

Từ kết quả trên có thể kết luận về tình trạng và khả năng làm việc của lớp lọc, phán đoán tìm cường độ rửa và chế độ rửa thích hợp nhất cho bể lọc.

- Độ hao hụt của cát lọc khi rửa trung bình hàng năm từ 5 - 6%, nếu chiều dày lớp lọc còn lại bằng 90%, chiều dày ban đầu phải bổ sung ngay cát lọc vào cho đủ độ dày thiết kế.
- Độ hao hụt của lớp antraxit trong bể lọc hai lớp có thể từ 8 - 12%, do vậy hàng năm phải bổ sung hạt antraxit vào bể lọc để đảm bảo đủ chiều dày của lớp lọc.

**Vi dụ tính toán:**

Thiết kế bể lọc cho nhà máy nước theo các số liệu sau:

- Công suất nước từ bể lắng sang bể lọc  $Q = 34560 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}$  hay  $Q = 1440 \text{ m}^3/\text{h} = 400 \text{ l/s}$ .

- Cát lọc khai thác tại địa phương có các đặc tính:

$d_{10} = 0,7 \text{ mm}$ ;  $d_{20} = 0,58 \text{ mm}$  (đường kính trung bình của hạt cát sau khi rửa lọc bằng gió trước nước sau nằm ở lớp trên dày 20 cm), hệ số không đồng nhất  $K = 2$ .



- Qua lọc thử trên mô hình với vận tốc  $V = 10$  m/h. Đường kính tương đương của cát trong mô hình  $d_{td} = 1$ mm được các thông số lọc sau:  $b^* = 5,55$  m<sup>-1</sup>;  $a^*/b^* = 0,0415$  m/h.  $A^* = 0,32$ ,  $i_o = 0,8$ . Hàm lượng cặn của nước sau bể lắng  $m = 10$  mg/l qua bể lọc yêu cầu giảm xuống 1 mg/l tức  $C/C_o = 0,1$ .

**Giải:**

1. Tính toán chọn chiều dày lớp cát lọc:

Theo bảng (7.4) chọn tốc độ lọc  $v = 6$ m/h và tính toán kiểm tra với chiều dày lớp cát  $x = 0,7$ m. Độ chênh áp lực qua lớp cát lọc chọn  $H_1 = 2$ m.

- Theo công thức (7.55), (7.56), (7.82) và (7.83) tìm các thông số lọc tương ứng với đường kính tương đương của cát  $d_{td} = 0,7$ , và vận tốc lọc  $v = 6$  m/h.

$$b = b^* \left( \frac{v^*}{v} \right)^{0,7} \left( \frac{d^*}{d} \right)^{1,7} = 5,55 \left( \frac{10}{6} \right)^{0,7} \left( \frac{1}{0,7} \right)^{1,7} = 14,52$$

$$\frac{a}{b} = \left( \frac{a^*}{b^*} \right)^{0,7} \left( \frac{v^*}{v} \right)^{1,7} \left( \frac{d^*}{d} \right)^{0,7} = 0,0415 \left( \frac{10}{6} \right)^{1,7} \left( \frac{0,7}{1} \right)^{0,7} = 0,01$$

$$1 - A = (1 - A^*) \left( \frac{v}{v^*} \right)^{0,5} \left( \frac{d}{d^*} \right)^{0,25} = (1 - 0,32) \left( \frac{6}{10} \right)^{0,5} \left( \frac{0,7}{1} \right)^{0,25} = 0,45$$

$$A = 0,55$$

Tra bảng (7.3) ứng với  $A = 0,55$  tìm được  $F(A) = 6$ .

$$i_o = i_o^* \left( \frac{v}{v^*} \right) \left( \frac{d^*}{d} \right)^2 = 0,8 \left( \frac{6}{10} \right) \left( \frac{1}{0,7} \right)^2 = 1,0.$$

Thời gian có tác dụng bảo vệ của lớp lọc:

$$t_{bv} = \frac{1}{K} \frac{b}{a} \left( x - \frac{X_o}{b} \right).$$

Tra bảng (7.2) với  $C/C_o = 0,1$ ,  $K = 1,51$ ,  $X_o = 3$

$$t_{bv} = \frac{1}{1,51} \cdot \frac{1}{0,01} \left( 0,7 - \frac{3}{14,52} \right) = 32,34 \text{ giờ.}$$

Thời gian đạt đến tổn thất giới hạn:

$$t_{gh} = \varphi \frac{H_1 - x i_o}{i_o F(A)} \cdot \frac{b}{a};$$

$$\varphi = \left( \frac{d + d}{d_{20}} \right)^2 = \left( \frac{0,7}{0,58} \right)^2 = 1,4; F(A) = 6.$$

$$t_{gh} = 1,4 \frac{2 - 0,7 \times 1}{1 \times 6} \cdot \frac{1}{0,01} = 30,33 \text{ giờ.}$$

Ta có  $t_{gh} < t_{bv}$ , bể lọc làm việc an toàn. Chọn chu kỳ lọc  $T = 30$  giờ và như vậy vận tốc lọc 6 m/h, chiều dày lớp cát  $x = 0,7$  m đáp ứng được yêu cầu thiết kế.

- Diện tích lọc cần thiết:  $F = Q/V = 1440/6 = 240$  m<sup>2</sup>.

Số bể lọc cần thiết là:

$$N = \frac{1}{2} \sqrt{F} = \frac{1}{2} \sqrt{240} = 8.$$

Diện tích một bể lọc =  $240; 8 = 30\text{m}^2$ .

Thiết kế bể hình vuông:  $5,4 \times 5,55 \text{ m}$ .

Kiểm tra tốc độ lọc khi làm việc tăng cường:

$$v_{\alpha} = v_c \frac{N}{N-1} = 6 \cdot \frac{8}{7} = 7\text{m/h} < 7,6\text{m/h}.$$

Như vậy là cho phép (xem bảng 7.4).

Rửa lọc bằng phương pháp: rửa gió trước 4 - 5 phút với cường độ  $15 \text{ l/s.m}^2$ , rửa nước sau với cường độ  $10 \text{ l/s.m}^2$  đảm bảo độ giãn nở  $e = 10\%$  ở  $20^\circ\text{C}$ .

- Tính toán hệ thống ống phân phối nước rửa lọc

Dùng hệ thống ống phân phối trở lực lớn. Lưu lượng nước rửa lọc:

$$Q_r = 10 \times 30 = 300 \text{ l/s}.$$

Ống chính của hệ thống phân phối lấy  $d = 600 \text{ mm}$ , vận tốc  $v = 1,1 \text{ m/s}$  (cho phép từ  $1 - 2 \text{ m/s}$ ), đường kính ngoài ống chính  $d = 630\text{mm}$ .

Ống nhánh hàn vào tim ống chính, chiều cao từ đáy bể đến tim ống nhánh là  $630/2 = 315\text{m}$ .

Khoảng cách giữa trục các ống nhánh 2 bên ống chính chọn là  $0,27 \text{ m}$  (cho phép  $0,25 - 0,35\text{m}$ ).

Số ống nhánh cần thiết =  $(5,4:0,27) \times 2 = 40$  ống.

Lưu lượng nước đi vào một ống nhánh chiều dày là  $7\text{mm}$ . Vận tốc ở đầu nhánh  $v = 1,8 \text{ m/s}$  (cho phép từ  $1,8 - 2,2 \text{ m/s}$ ).

- Chiều dài một ống nhánh

$$l_1 = \frac{5,55 - 0,63}{2} \approx 2,46\text{m}.$$

Tổn thất áp lực qua lỗ trên hệ thống ống phân phối để đảm bảo độ phân phối đều 95% tính theo công thức (7.109).

$$H = A \frac{v_c^2}{2g} + 1,25A \frac{v_n^2}{2g}. \text{ Tra bảng (7.6), } A = 12$$

$$H = 12 \cdot 1 \frac{1,1^2}{19,62} + 1,25 \times 12 \frac{1,8^2}{19,62} = 3,22\text{m}.$$

Đường kính lỗ chọn  $d = 10\text{mm}$ .

Diện tích lỗ  $f = 0,785 \text{ cm}^2$ . Tỷ số  $d/\delta = 10/7 = 1,4$ .

Tra hệ số lưu lượng theo bảng (7.7),  $\mu = 0,68$ .

Tổng diện tích lỗ cần thiết tính theo công thức (7.108)

$$\sum f = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gH}} = \frac{0,3}{0,68 \sqrt{19,62 \times 3,22}} = 0,06\text{m}^2 = 600\text{cm}^2.$$

Tổng số lỗ cần thiết:

$$n = \frac{\sum f}{f} = \frac{600}{0,785} = 764 \text{ lỗ.}$$

Số lỗ trên một ống nhánh:

$$n_1 = \frac{764}{40} = 19 \text{ lỗ.}$$

Khoảng cách tim các lỗ:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{2,46}{19} = 0,13 \text{ m.}$$

Lỗ khoan trên ống nhánh thành hai hàng sole nhau, tim lỗ hướng xuống dưới làm thành một góc 45° so với phương thẳng đứng. Khoảng tim lỗ trên một hàng:

$$l_3 = 2l_2 = 2 \times 0,13 = 0,26 \text{ m} = 260 \text{ mm.}$$

Để đẩy không khí ra khỏi hệ thống phân phối, cuối ống chính hàn ống thông khí D30. đầu nhô cao hơn mực nước trong bể lọc.

Chọn chiều dày lớp đỡ:

đường kính hạt sỏi  $d_{16,32}$  là 400mm (mặt trên lớp này cao hơn tim lỗ 100mm)

$$8-16 = 100$$

$$4-8 = 100 \text{ (lớp đặt ống phân phối gió)}$$

$$2-4 = 100$$

Tổng chiều dày lớp đỡ  $H_s = 700 \text{ mm} = 0,7\text{m}$ .

- Tính toán máng thu nước rửa: Bố trí ba máng dọc theo chiều rộng bể, tim các máng cách nhau 1,8m và tim máng cách tường 0,9 m.

Lưu lượng nước rửa đi vào một máng:

$$q_m = 300 : 3 = 100 \text{ l/s} = 0,1 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Máng có đáy hình tam giác, tỷ lệ chiều cao phần chữ nhật của máng đối với nửa chiều rộng lấy bằng  $C = 1,5$ ;  $K = 2,1$ .

Chiều rộng máng xác định theo công thức:

$$B = K \sqrt[3]{\frac{q_m^2}{(1,57 + c)^2}} = 2,15 \sqrt[3]{\frac{0,1^2}{(1,57 + 1,5)^2}} = 0,41\text{m.}$$

Chiều cao phần chữ nhật:

$$h = 0,75B = 0,75 \times 0,41 = 0,307 \text{ m} \approx 0,31\text{m.}$$

Chiều cao toàn bộ máng:

$$h = 1,25 \times 0,41 = 0,51 \text{ m.}$$

Vận tốc tại mặt cắt đầu  $v = 0,59 \text{ m/s}$ .

Máng có độ dốc 1 % về phía cuối.

Chiều cao đầu máng:

$$h = 0,51 - \frac{5,4}{100} = 0,45 \text{ m.}$$

Chiều cao phần chữ nhật phía cuối máng:

$$h = 0,31 - \frac{5,4}{100} = 0,26 \text{ m.}$$

Khoảng cách từ mép máng đến mặt cát lọc:

$$\Delta H = \frac{e}{100} + 0,25 = \frac{20}{100} + 0,25 = 0,45 \text{ m.}$$

Do chiều cao của máng  $h = 0,51 \text{ m}$  cộng với chiều dày  $0,08 \text{ m}$ , ở mặt cát cuối máng, máng sẽ có chiều cao toàn bộ  $H = 0,6 \text{ m}$ . Để cho máng không chạm vào cát, chọn khoảng cách từ mép máng đến mặt cát lọc  $\Delta H = 0,65 \text{ m}$  (tương ứng với giãn nở 40% khi rửa nước thuần túy).

- Máng thu nước đổ vào mương tập trung bố trí ở cạnh bể, chiều rộng mương chọn  $A = 0,7 \text{ m}$ , khoảng cách từ đáy máng đến đáy mương tính theo công thức:

$$H_m = 1,75 \sqrt{\frac{qM^2}{gA^2}} + 0,2 = 1,75 \sqrt{\frac{0,3^2}{9,81 \times (0,7)^2}} + 0,2;$$

$$H_m = 0,65 \text{ m.}$$

- Tính ống phân phối gió: lưu lượng gió cần thiết khi rửa một bể lọc:

$$Q_{\text{gió}} = W.F = 15 \times 30 = 450 \text{ l/s} = 27 \text{ m}^3/\text{phút.}$$

Tốc độ trong ống dẫn gió chính chọn  $v = 20 \text{ m/s}$ .

Diện tích tiết diện ống gió sẽ là:

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,45}{20} = 0,0225 \text{ m}^2.$$

Đường kính ống gió:

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0225}{3,14}} = 0,06 \text{ m.}$$

Chọn ống chính  $D = 70 \text{ mm}$ .

Các ống nhánh đặt cách nhau  $270 \text{ mm}$ . Tổng số ống nhánh cần thiết:

$$n_1 = (5400:270) \times 2 = 40 \text{ ống.}$$

Lưu lượng gió đi vào một ống:

$$q_n = 450:40 = 11,25 \text{ l/s.}$$

Vận tốc qua ống nhánh chọn  $v = 25 \text{ m/s}$ .

Diện tích tiết diện cần thiết của ống nhánh:

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,01125}{25} = 0,00051 \text{ m}^2.$$

Đường kính ống nhánh:

$$d = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00051}{3,14}} = 0,0246 \text{ m.}$$

Chọn  $d = 25$  mm.

Vận tốc gió qua lỗ phân phối chọn  $v = 25$  m/s.

Tổng diện tích lỗ cần thiết:

$$\sum f_1 = \frac{Q}{v} = \frac{0,45}{25} = 0,018 \text{ m}^2 = 180 \text{ cm}^2.$$

Lỗ chọn đường kính  $d = 2$  mm. Diện tích một lỗ  $f = 0,0314$  cm<sup>2</sup>.

Tổng số lỗ cần thiết:

$$n_2 = \frac{180}{0,0314} = 5732 \text{ lỗ.}$$

Số lỗ trên một ống nhánh:

$$n_3 = \frac{5732}{40} = 143 \text{ lỗ.}$$

Chiều dài một ống nhánh:

$$l_n = \frac{5,55 - 0,07}{2} = 2,7 \text{ m} = 2700 \text{ mm.}$$

Lỗ bố trí làm hai hàng so le nhau hướng xuống dưới và làm thành một góc 45° với trục ống. Khoảng cách tìm lỗ trên một hàng,  $L_1 = 2700:(143:2) = 38$  mm.

Ống nhánh hàn vào đáy ống chính và hệ thống phân phối gió đặt trong lớp sỏi cỡ hạt 4 - 8 mm.

Tổng chiều cao bể lọc tính từ đáy bể.

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

trong đó:  $h_1$  - chiều cao lớp đỡ,  $h_1 = 0,70$  m;

$h_2$  - chiều cao lớp cát lọc,  $h_2 = 0,7$  m;

$h_3$  - chiều cao lớp nước trên mặt cát,  $h_3 = 1,2$  m;

$h_4$  - chiều cao dự trữ,  $h_4 = 0,3$  m.

$$H = 0,70 + 0,7 + 1,2 + 0,3 = 2,9 \text{ m.}$$

Hiệu số cốt mực nước trên bể lọc và ống tràn trong bể chứa.

$$\Delta h = h_1 + h_2,$$

$h_1$  - tổn thất qua lớp cát lọc,  $h_1 = 2$  m;

$h_2$  - tổn thất trong hệ thống ống thu và dẫn về bể chứa theo tính toán = 0,3.

$$\Delta h = 2 + 0,3 = 2,3 \text{ m.}$$

- Mương dẫn nước xả khi rửa lọc rộng 0,7 m, đặt sâu dưới đáy bể lọc 0,7 m.

Chiều cao mép máng thu nước rửa lọc tính từ đáy bể lọc lên.

$$H_1 = h_1 + h_2 + \Delta h = 0,65 + 0,7 + 0,65 = 2 \text{ m.}$$

Đáy mương thu tập trung cách đáy bể lọc:

$$H_2 = H_1 - H_m - h.$$

$H_1$  - chiều cao từ đáy bể đến mép máng thu nước rửa,  $H_1 = 2$  m.

$H_m$  - khoảng cách từ đáy máng đến đáy mương thu,  $H_m = 0,65\text{m}$ .

$h$  - chiều cao mặt cắt đầu máng,  $h = 0,51\text{m}$ .

$$H_2 = 2 - 0,65 - 0,51 = 0,84\text{m}.$$

Ống xả đặt thẳng từ đáy mương thu nước tập trung đến mương tháo nước nằm dưới đáy bể lọc, miệng xả cách đáy mương  $0,3\text{m}$  có chiều dài:

$$l = H_2 + 0,7 - 0,3 = 0,87 + 0,4 = 1,24\text{m}.$$

Mức nước xả trong mương tập trung cao hơn đáy mương  $0,3\text{m}$ . Chiều cao xả nước theo ống đứng:

$$H = l + 0,3 = 1,24 + 0,3 = 1,54\text{m}.$$

Vận tốc xả trong ống đứng tính theo công thức:

$$v = \mu\sqrt{2gH}; \mu = 0,8 \text{ (ống dài):}$$

$$v = 0,8\sqrt{19,6 \times 1,54} = 4,4\text{m/s}.$$

Diện tích ống xả đứng:

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{0,3}{4,4} = 0,068\text{m}^2.$$

Đường kính ống:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,068}{4,14}} = 0,294\text{m}.$$

Chọn ống có đường kính trong  $D = 300\text{mm}$ . Nếu dùng van đáy có thể chọn ống bê tông cốt thép.

Xác định tổn thất áp lực khi rửa lọc:

Tổn thất qua lỗ hệ thống phân phối nước rửa tính theo công thức (7.93):

$$h_2 = \left( \frac{2,2}{K_w^2} + 1 \right) \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g}; K_w = \frac{\sum f_e}{f_o} = \frac{0,06}{0,298} = 0,21;$$

$$h_2 = \left( \frac{2,2}{0,21^2} + 1 \right) \frac{1,2^2}{19,62} + \frac{1,8^2}{19,62} = 4,3\text{m}.$$

Tổn thất qua lớp cát và lớp sỏi đỡ tính theo (7.94):

$$h_3 = L + 0,061 H_s W, H_s = 0,7\text{m}; L = 0,7\text{m}; w = 10\text{V/s}; m^2 = 36\text{m}^3/\text{m}^2\text{h};$$

$$h_3 = 0,7 + 0,061 \times 0,7 \times 36 = 1,83\text{m}.$$

Tổn thất trên đường ống dẫn từ bơm rửa đến bể lọc,  $Q = 300\text{V/s}$ ;

$$D = 500\text{mm}, v = 1,7\text{m/s}; 1000j = 8,18; \text{chiều dài } 100\text{m}$$

$$h_4 = 0,1 \times 8,18 = 0,82\text{m}.$$

Tổn thất ở đầu ống hút và đầu ống đẩy của máy bơm rửa tại các chỗ gây ra tổn thất cục bộ chọn  $h_5 = 1\text{m}$ .

Tổng số tổn thất rửa lọc cần thiết:

$$H_1 = h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 4,3 + 1,83 + 0,82 + 1 = 7,95\text{m}.$$

Chiều cao hình học từ mép máng thu nước rửa lọc đến miệng ống thu nước của máy bơm rửa lọc trong bể chứa:

$$H_h = h'_1 + h''_1 = 1,95 + 4,0 = 5,95,$$

trong đó:  $h'_1$  - chiều cao từ mép máng thu đến miệng ống tràn của bể chứa;

$h''_1$  - chiều cao từ miệng tràn đến miệng ống thu nước của máy bơm rửa đặt trong ngăn chứa nước rửa lọc ở bể chứa (lấy bằng chiều cao chứa nước của bể chứa),  $h''_1 = 4\text{m}$

Tổng áp lực cần thiết của bơm rửa:

$$H_b = h_1 + h_h = 7,95 + 5,95 = 13,9\text{m} \sim 14\text{m}.$$

Chọn bơm rửa có lưu lượng  $Q = 300 \text{ l/s}$ ,  $H = 14\text{m}$ .

Trong trạm phải đặt hai bơm, một làm việc một dự phòng.

Nếu chọn ba bơm làm việc trong trạm phải đặt ba bơm, hai làm việc, một dự phòng. Có thể thay bơm dự phòng bằng cách đặt một nhánh lấy nước dự trữ từ trạm bơm đợt II về, nếu trạm bơm có công suất lớn gấp đôi công suất rửa lọc trong giờ phát ít nước nhất. Nếu nơi xây dựng nhà máy nước lợi dụng được độ cao tự nhiên để xây dựng đài chứa nước rửa lọc thì khoảng cách từ đáy đài đến mép máng thu nước rửa lọc phải đảm bảo trị số:

$$H = h_r + h_d,$$

trong đó:  $h_r$  - tổn thất khi rửa lọc,  $h_r = 7,95 \text{ m}$ ;

$h_d$  - chiều cao dự trữ,  $h_d = 2\text{m}$ .

$$H = 7,95 + 2 = 9,95\text{m} \sim 10\text{m}.$$

Thể tích đài đủ để rửa hai bể lọc. Thời gian rửa nước 7 phút.

$$V = \frac{2W.F.60t}{1000} = 0,12 \times 10 \times 30 \times 7 = 264\text{m}^3.$$

Công suất máy bơm đưa nước lên đài thừa rửa lọc tính theo công thức (7.96).

$$q = \frac{(n - 2)V}{n.t}$$

$n$  - số bể cần rửa trong ngày, chu kỳ lọc  $T = 30$  giờ.

Tổng số bể lọc là 8.

Số bể cần rửa  $n = 6$

Thời gian rửa kế tiếp hai bể  $t = 1 \text{ h}$ .

$$q = \frac{(6 - 2) \times 264}{6 \times 1} = 176\text{m}^3 / \text{h} = 44,81 / \text{s};$$

$$H_b = H_1 + H_2,$$

$H_1$  - cao độ hình học từ đáy bể chứa nước sạch đến miệng ống tràn của đài chứa rửa lọc.

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

$h_1$  - chiều cao mực nước trong đài chứa rửa lọc,  $h_1 = 3\text{m}$ ;

$h_2$  - chiều cao từ đáy dài rửa lọc đến mép máng thu nước rửa trong bể lọc,  $h_2 = 10$  m;

$h_3$  - cao độ từ miệng máng thu nước rửa đến đáy bể chứa nước sạch:

$$h_3 = 2,4 + 4,5 = 6,95 \text{ m};$$

$H_2$  - tổn thất trên đường ống và trong trạm bơm,  $H_2 = 2$  m

$$H_0 = 3 + 10 + 6,95 + 2 = 21,95 \text{ m} = 22 \text{ m}.$$

Chọn bơm có  $Q = 48,8$  l/s,  $H = 22$  m. Đặt hai bơm, một làm việc, một dự phòng.

Nếu áp lực ở trạm bơm II đủ thì có thể lấy nước từ trạm bơm II về bể chứa rửa lọc với lưu lượng  $Q = 44,8$  l/s.

Để cấp gió rửa lọc chọn máy bơm nén khí có lưu lượng  $27$  m<sup>3</sup>/phút áp lực gió cần thiết để rửa lọc tính theo mét cột nước.

$$H = h_1 + h_2 + h_3,$$

$h_1$  - tổn thất trong đường ống dẫn gió đến bể lọc và trong hệ thống phân phối gió. Theo tính toán  $h_1 = 0,5$  m;

$h_2$  - áp lực để thắng cột nước và lớp cát lọc trên lỗ phân phối gió:

$$h_2 = \gamma \cdot H_1 + H_2,$$

$\gamma$  - trọng lượng riêng của cát,  $\gamma = 2,6$ ;

$H_1$  - chiều cao lớp cát,  $H_1 = 0,7$  m;

$H_2$  - chiều cao lớp nước từ mặt cát đến mép máng,  $H_2 = 0,65$  m.

$$h_2 = 2,6 \times 0,7 + 0,65 = 2,27 \text{ m}.$$

$h_3$  - áp lực dự trữ,  $h_3 = 0,5$  m.

$$H = 0,5 + 2,27 + 0,5 = 3,27 \text{ m cột nước}.$$



# 8

## KHỬ TRÙNG

---

Ngoài các tạp chất hữu cơ và vô cơ, nước thiên nhiên còn chứa rất nhiều vi sinh vật, vi khuẩn và các loại vi trùng gây bệnh như tả, lỵ, thương hàn. Để ngăn ngừa các bệnh dịch, nước cấp cho sinh hoạt phải được khử trùng. Với các hệ thống cấp nước công nghiệp, cũng cần phải khử sạch các loại vi sinh vật để ngăn ngừa sự kết bám của chúng lên thành ống dẫn nước trong các thiết bị làm lạnh, làm giảm khả năng truyền nhiệt, đồng thời làm tăng tổn thất thủy lực của hệ thống. Các quá trình xử lý cơ học không thể loại trừ được toàn bộ vi sinh vật và vi trùng có trong nước. Để tiêu diệt được toàn bộ vi sinh vật, cần tiến hành các biện pháp khử trùng nước. Theo nguyên lý, các quá trình khử trùng có thể là lý học hoặc hóa học.

### 8.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP LÝ HỌC

#### 8.1.1. Phương pháp nhiệt

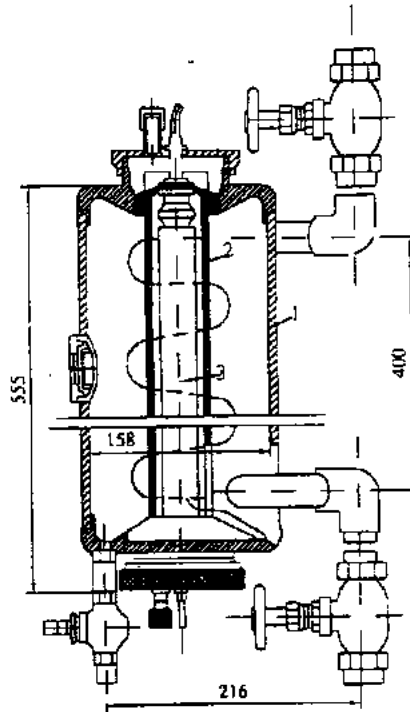
Khi đun sôi nước ở 100°C, đa số các vi sinh vật bị tiêu diệt. Còn một số ít khi nhiệt độ tăng lên cao liền chuyển sang dạng bào tử với lớp bảo vệ vững chắc. Chúng không hề bị tiêu diệt dù có đun sôi liên tục trong vòng 15 đến 20 phút. Để tiêu diệt được nhóm vi khuẩn bào tử này, cần đun sôi nước đến 120°C hoặc đun theo trình tự sau: đun sôi ở điều kiện bình thường 15 đến 20 phút, để cho nước nguội đi đến dưới 35°C và giữ trong vòng hai giờ cho các bào tử phát triển trở lại, sau đó lại đun sôi nước một lần nữa.

Phương pháp nhiệt tuy đơn giản nhưng tốn năng lượng nên thường chỉ được áp dụng ở quy mô nhỏ.

#### 8.1.2. Khử trùng bằng tia cực tím

Tia cực tím (UV) là tia bức xạ điện từ có bước sóng khoảng 4 - 400 nm (nanometer). Độ dài sóng của tia cực tím nằm ngoài vùng phát hiện, nhận biết của mắt thường. Dùng tia cực tím để khử trùng không làm thay đổi tính chất hóa học và lý học của nước.

Tia cực tím tác dụng làm thay đổi DNA của tế bào vi khuẩn, tia cực tím có độ dài bước sóng 254 nm, có khả năng diệt khuẩn cao nhất. Trong các nhà máy xử lý nước, dùng đèn thủy ngân áp lực thấp để phát tia cực tím, loại đèn này phát ra tia cực tím có bước sóng 253,7 nm, bóng đèn đặt trong hộp thủy tinh không hấp thụ tia cực tím, ngăn cách đèn và nước. Đèn được lắp thành bộ trong hộp đựng có vách ngăn phân phối để khi nước chảy qua hộp, được trộn đều để cho số lượng vi khuẩn đi qua đèn trong thời gian tiếp xúc ở hộp là cao nhất. Lớp nước đi qua đèn có độ dày khoảng 6 mm, năng lượng tiêu thụ từ 6000 đến 13000 microwatt/s. Các loại đèn thủy ngân áp lực thấp sản xuất tia cực tím hiện nay có thể phát ra công suất 30000 microwatt/s, độ bền 3000 giờ đến 8000 giờ.



Hình 8.1. Thiết bị tia cực tím dùng để khử trùng nước ở các trạm nhỏ.

1- vỏ thiết bị; 2- hộp thủy tinh; 3- đèn thủy ngân áp lực thấp.

Nhược điểm của thiết bị tia cực tím:

- 1- Chi phí vận hành cao.
- 2- Độ vận đục của nước và chất nhờn bám vào đèn có thể ngăn cản tia cực tím tác dụng vào vi khuẩn, do đó hiệu quả khử trùng thấp.

Công suất tiêu thụ để khử trùng nước tính bằng (W)

$$P = \frac{q \cdot \alpha \cdot K \cdot \lg \left( \frac{P}{P_c} \right)}{1.563,4 \eta_1 \cdot \eta_2} \cdot (W),$$

trong đó:  $q$  - công suất nước đi qua thiết bị ( $m^3/h$ );

$\alpha$  - hệ số hấp thụ tia cực tím của nước ( $cm^{-1}$ ).

Đối với nước ngầm giếng sâu không phải xử lý và sau khi xử lý sắt đạt tiêu chuẩn nước ăn uống  $\alpha = 0,1$ .

Nước suối, giếng thấm đã qua lọc  $\alpha = 0,15$ .

Nước sông, hồ sau xử lý  $\alpha = 0,3$ .

K - hệ số kháng của vi trùng đường ruột MKW s/cm<sup>2</sup> lấy bằng 2500;

P - chỉ số coli của nước trước khi khử trùng (con/lít);

P<sub>0</sub> - chỉ số coli của nước sau khi khử trùng, P<sub>0</sub> ≤ 3 (con/lít);

η<sub>1</sub> - hệ số sử dụng dòng tia, η<sub>1</sub> = 0,9;

η<sub>2</sub> - hệ số sử dụng tia để khử trùng, η<sub>2</sub> = 0,9.

### 8.1.3. Phương pháp siêu âm

Dòng siêu âm với cường độ tác dụng không nhỏ hơn 2W/cm<sup>2</sup> trong khoảng thời gian trên 5 phút có khả năng tiêu diệt toàn bộ vi sinh vật trong nước.

### 8.1.4. Phương pháp lọc

Đại bộ phận vi sinh vật có trong nước (trừ siêu vi trùng) có kích thước 1 - 2μm. Nếu đem lọc nước qua lớp lọc có kích thước khe rỗng nhỏ hơn 1 μm có thể loại trừ được đa số vi khuẩn. Lớp lọc thường dùng là các tấm sành, sứ xếp có khe rỗng cực nhỏ. Với phương pháp này, nước đem lọc phải có hàm lượng cặn nhỏ hơn 2 mg/l.

Khử trùng bằng các phương pháp vật lý, có ưu điểm cơ bản là không làm thay đổi tính chất lý hóa của nước, không gây nên tác dụng phụ. Tuy nhiên do hiệu suất thấp nên thường chỉ áp dụng ở quy mô nhỏ với các điều kiện kinh tế kỹ thuật cho phép.

## 8.2. PHƯƠNG PHÁP HÓA HỌC

Cơ sở của phương pháp hóa học là sử dụng các chất oxy hóa mạnh để oxy hóa men của tế bào vi sinh và tiêu diệt chúng. Các hóa chất thường dùng là: clo, brom, iod, clo dioxit, axit hypoclorit và muối của nó, ozon, kali permanganat, hydro peroxit. Do hiệu suất cao nên ngày nay khử trùng bằng hóa chất đang được áp dụng rộng rãi ở mọi quy mô.

### 8.2.1. Khử trùng nước bằng clo và các hợp chất của nó

#### 1. Bản chất của quá trình khử trùng bằng clo

Clo là một chất oxy hóa mạnh, ở bất cứ dạng nào, nguyên chất hay hợp chất, khi tác dụng với nước đều tạo ra phân tử axit hypoclorit HOCl có tác dụng khử trùng rất mạnh. Quá trình diệt vi sinh vật xảy ra qua hai giai đoạn. Đầu tiên chất khử trùng khuếch tán xuyên qua vỏ tế bào vi sinh, sau đó phản ứng

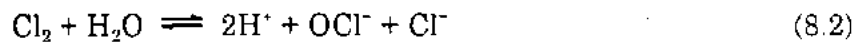
với men bên trong tế bào và phá hoại quá trình trao đổi chất dẫn đến sự diệt vong của tế bào. Tốc độ của quá trình khử trùng được xác định bằng động học của quá trình khuếch tán chất diệt trùng qua vỏ tế bào và động học của quá trình phân hủy men tế bào. Tốc độ của quá trình khử trùng tăng khi nồng độ của chất khử trùng và nhiệt độ nước tăng, đồng thời phụ thuộc vào dạng không phân ly của chất khử trùng, vì quá trình khuếch tán qua vỏ tế bào xảy ra nhanh hơn quá trình phân ly. Tốc độ khử trùng bị chậm đi rất nhiều khi trong nước có các chất hữu cơ, cặn lơ lửng và các chất khử khác.

## 2. Các phản ứng hóa học xảy ra khi cho clo vào nước (clo hóa nước)

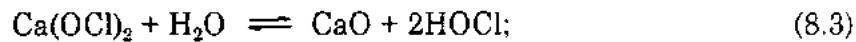
Phản ứng đặc trưng là sự thủy phân của clo tạo ra axit hypoclorit và axit clohydric.



hoặc ở dạng phương trình phân ly.



Khi sử dụng clorua vôi làm chất khử trùng phản ứng sẽ là:



Như đã biết, khả năng diệt trùng của clo phụ thuộc vào sự tồn tại của HOCl. Theo (8.2) và (8.4) sự phân ly của HOCl lại phụ thuộc vào nồng độ ion  $\text{H}^+$  có trong nước, phụ thuộc vào độ pH của nước. Kết quả thực nghiệm cho thấy quá trình thủy phân của clo xảy ra hoàn toàn khi  $\text{pH} > 4$ . Hằng số thủy phân của clo trong nước ở nhiệt độ  $25^\circ\text{C}$  là

$$K = \frac{[\text{HOCl}][\text{H}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{Cl}_2]} = 4,05 \cdot 10^{-4}. \quad (8.5)$$

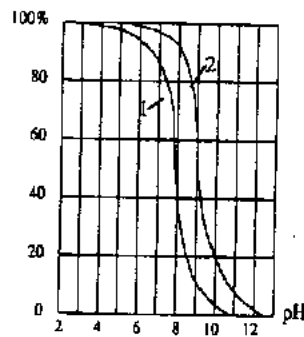
Với HOCl, giá trị của hằng số phân ly thay đổi từ  $1,5 \cdot 10^{-8}$  ở  $0^\circ\text{C}$  đến  $2 \cdot 10^{-8}$  ở  $10^\circ\text{C}$  và  $2,7 \cdot 10^{-8}$  ở  $25^\circ\text{C}$ . Tính theo hằng số phân ly ứng với các giá trị của pH, tỷ số nồng độ (%) giữa HOCl và ion  $\text{OCl}^-$  thay đổi khá mạnh (xem bảng 8.1).

Khi pH tăng, nồng độ HOCl giảm làm cho hiệu quả khử trùng cũng giảm đi tương ứng. Sự tương quan này được thể hiện rõ ở biểu đồ hình 8.2, biểu thị số lượng vi trùng bị diệt sau một khoảng thời gian nhất định khi tiến hành thí nghiệm với cùng một liều lượng clo và các giá trị pH khác nhau của nước.

**Bảng 8.1.** Mức độ phân ly của HOCl phụ thuộc vào các giá trị pH khác nhau của nước ở 20°C

pH	4	5	6	7	8	9	10	11
OCl, %	0.05	0.50	2.50	21.00	75.00	97.00	99.50	99.90
HOCl, %	99.95	99.50	97.50	79.00	25.00	3.00	0.50	0.10

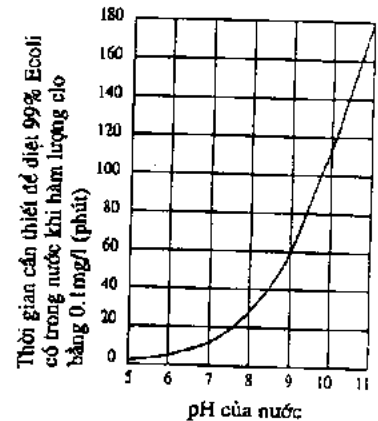
Sự đồng dạng của hai đường cong (1) và (2) ở biểu đồ hình 8.2 cho thấy rằng HOCl là chất khử trùng chính trong các thành phần của clo trong nước. Để quá trình khử trùng nước bằng clo đạt hiệu quả cao nhất, nên tiến hành khi nước có độ pH thấp, trước khi xử lý ổn định nước.



**Hình 8.2.** Tương quan giữa pH với nồng độ HOCl không phân ly (1) và tỷ lệ vi trùng E.coli bị diệt sau 30 phút (2)

**Đường cong 1:** Hàm lượng axit hypochlorit HOCl không phân ly theo pH của nước tính theo %

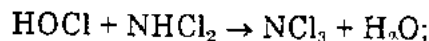
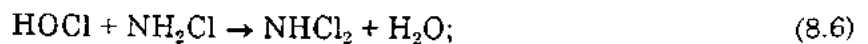
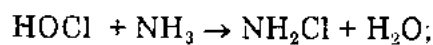
**Đường cong 2:** Số phần trăm E.coli bị tiêu diệt sau 30 phút.



**Hình 8.3.** Tương quan giữa pH và thời gian khử trùng cần thiết

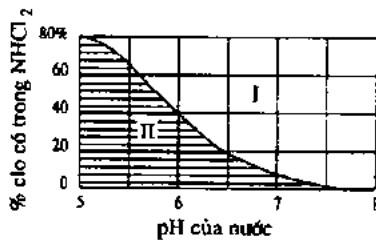
Xét về mặt hiệu quả theo thời gian (hình 8.3) cho thấy để diệt được 99% số E.coli có trong nước bằng liều lượng 0,1 mg/l clo tự do, thời gian cần thiết đã tăng từ 6 ph khi pH = 6 đến 180 ph khi pH = 11.

Khi trong nước có amoniac, muối amoni hay các hợp chất hữu cơ có chứa nhóm amoni, thì clo, axit hypochlorit, ion hypochlorit tham gia vào phản ứng với chúng tạo thành monocloramin và dicloramin.



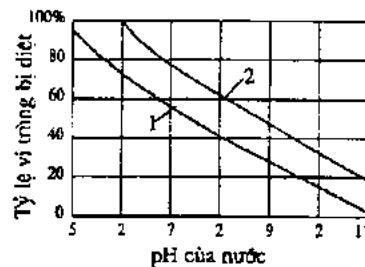
Để kết hợp 1 mg clo tự do thành monocloramin cần 0,2 mg amoniac. Tỷ lệ giữa monocloramin và dicloramin khi cho clo vào nước có chứa amoniac biểu diễn trên hình 8.4. Trị số pH càng cao thì lượng clo kết hợp thành dicloramin càng ít và nồng độ monocloramin trong nước càng cao. Đồng thời khả năng diệt trùng càng giảm đi. Hình 8.5. cho thấy, tương ứng với sự tăng của nồng độ monocloramin, tỷ lệ vi trùng bị diệt giảm đi. Khả năng diệt trùng của monocloramin thấp hơn của dicloramin khoảng ba đến năm lần. So với clo, khả năng diệt trùng của dicloramin lại thấp hơn từ 20 đến 25 lần.

Clo đã kết hợp với amoniac thành cloramin gọi là clo kết hợp, tổng hàm lượng của clo tự do,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HOCl}$ ,  $\text{OCl}^-$  và clo kết hợp gọi là clo hoạt tính.



Hình 8.4. Tỷ số giữa monocloramin (I) và dicloramin (II) ứng với các giá trị pH khác nhau ở 20°C

I : Vùng monocloramin;  
II : Vùng dicloramin.

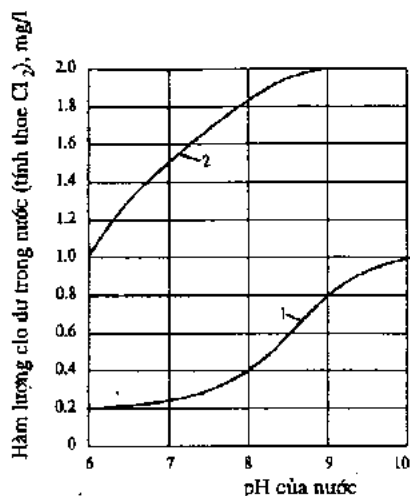


Hình 8.5. Sự thay đổi khả năng khử trùng của cloramin theo pH của nước khi lượng clo là 0,8 mg/l và  $\text{NH}_3$  là 0,2 mg/l

Đường cong 1: Thời gian tiếp xúc 10 phút;  
Đường cong 2: Thời gian tiếp xúc 30 phút.

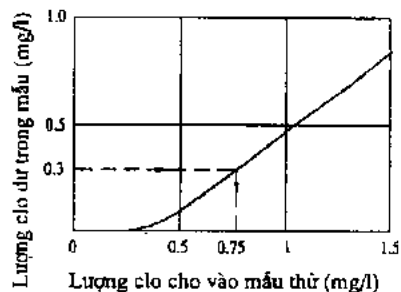
Để đảm bảo cho quá trình khử trùng đạt được hoàn toàn, sau khi khử trùng, cần giữ lại trong nước một lượng clo dư thích hợp. Với các hệ thống cấp nước sinh hoạt, lượng clo dư cần để chống sự nhiễm bẩn trở lại của nước trong mạng lưới đường ống phân phối hoặc nơi tiêu thụ, thường lấy từ 0,2 đến 0,3 mg/l tính theo clo tự do. Do khả năng diệt trùng khác nhau của clo tự do và clo kết hợp, lượng dư cần thiết của chúng trong nước cũng khác nhau (hình 8.6).

Liều lượng clo cho vào nước để đảm bảo sau phản ứng có được lượng clo dư cần thiết thường được xác định trực tiếp bằng thực nghiệm. Lấy năm hoặc sáu bình thủy tinh, mỗi bình đựng một ít nước thí nghiệm, cho vào mỗi bình một lượng clo nhất định (theo trình tự tăng dần liều lượng). Khuấy đều đồng thời các bình rồi để lắng trong bóng tối 30 ph. Sau đó đem phân tích các mẫu để xác định lượng clo dư. Theo kết quả nhận được vẽ biểu đồ hấp thụ clo của nước (hình 8.7).



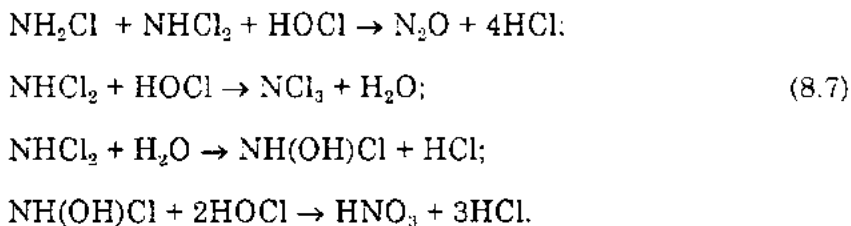
Hình 8.6. Liều lượng dư cần thiết của clo tự do và cloramin ứng với các giá trị pH khác nhau

- 1- Lượng clo tự do trong nước sau 10 phút;
- 2- Lượng cloramin dư cần có sau 60 phút tiếp xúc với nước.



Hình 8.7. Độ hấp thụ clo của nước xác định bằng thực nghiệm

Với biểu đồ (8.7) từ lượng clo dư có thể tìm được lượng clo cần cho vào nước. Ví dụ lượng clo dư là 0,3 mg/l thì lượng clo cần thiết là 0,75 mg/l. Trong trường hợp nước có chứa amoniac hoặc muối amoni, biểu đồ hấp thụ clo của nước có dạng hình (8.8). Ban đầu clo phản ứng với các muối amoni thành cloramin, khi tỷ số phân tử  $Cl_2/NH_4^+ < 1,1$  tạo ra đồng thời monochloramin và dichloramin; tỷ số nồng độ của các cloramin phụ thuộc vào độ pH của nước, (hình 8.4). Như vậy lượng clo dư ban đầu đều ở dạng cloramin - đoạn đường cong trước điểm A trên hình 8.8. Tiếp tục cho clo vào nước sẽ làm cho tỷ số phân tử  $Cl_2/NH_4^+$  tăng lên đến lớn hơn 1,1. Khi đó bắt đầu xảy ra quá trình oxy hóa mono và dichloramin bằng axit hypochlorit theo các phản ứng sau:



Hàm lượng clo dư kết hợp có trong nước bắt đầu giảm theo mức độ cho thêm clo vào nước. Khi tỷ số phân tử  $Cl_2/NH_4^+$  có trong nước tăng lên đến 2 (10 mg  $Cl_2$  trên 1 mgN ở dạng  $NH_4^+$ ), thì toàn bộ cloramin đều bị oxy hóa và hàm lượng clo dư giảm xuống gần đến không (điểm B trên biểu đồ, hình 8.8). Tiếp tục tăng lượng clo cho vào nước sẽ làm cho lượng clo dư tăng dần lên (đoạn

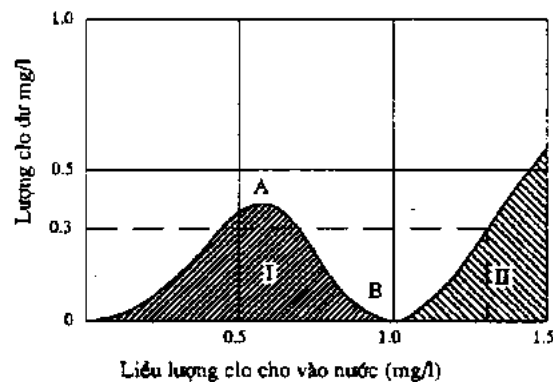
sau điểm B ở biểu đồ hình 8.8). Ở đây toàn bộ lượng clo dư là clo tự do có độ hoạt tính diệt trùng cao. Như vậy khi khử trùng nước có chứa amoniac và muối amoni, muốn đạt được hiệu quả tuyệt đối, cần sử dụng một lượng clo lớn để có được lượng clo dư cần thiết là clo tự do (liều lượng cao hơn tại điểm sục B trên hình 8.8), phương pháp này gọi là clo hóa tới điểm cực trị. Nếu liều lượng clo cần dùng quá lớn do hàm lượng muối amoni trong nước cao, thì có thể chọn liều lượng clo cho vào nước như ở hình 8.6. Nghĩa là sử dụng lượng clo vừa đủ để đảm bảo sau 60 ph tiếp xúc còn được lượng clo dư hoạt tính ở dạng các cloramin. Ví dụ với  $\text{pH} = 6$ , lượng cloramin hoạt tính cần không nhỏ hơn 1 mg/l và 1,5 mg/l khi pH bằng 7.

#### Clo hóa nước với liều lượng cao.

Để khử trùng nước bị nhiễm bẩn nặng, đặc biệt khi trong nước có chứa vi trùng có sức đề kháng cao đối với các chất oxy hóa, và trong trường hợp cần khử màu, mùi, vị của nước, có thể sử dụng clo với liều lượng cao đến 10 mg/l hoặc hơn. Lượng clo lớn vừa đảm bảo khả năng khử trùng hoàn toàn vừa oxy hóa các chất gây mùi vị. Tuy nhiên, sau khi khử trùng trong

nhiều trường hợp lượng clo dư còn lại trong nước khá lớn cho nên cần phải khử bớt clo dư để hạ xuống đến tiêu chuẩn từ 0,3 đến 0,5 mg/l, tránh ảnh hưởng đến người tiêu dùng.

**Clo hóa nước kèm với amoniac hóa.** Khi nước có chứa phenol nếu cho clo vào sẽ tạo ra clophenol có mùi và vị rất khó chịu. Để khắc phục điểm này, cần tiến hành amoniac hóa trước (đưa amoniac vào nước trước khi cho clo). Lượng amoniac hay muối amoni đưa vào nước lấy từ 0,5 đến 1,0 g tính theo ion  $\text{NH}_4^+$  cho 1 g Cl. Cho clo vào nước sau amoniac, chúng sẽ kết hợp thành cloramin, clo sẽ không có khả năng kết hợp với phenol để tạo ra clophenol. Nếu pH của nước thấp, phản ứng tạo ra cloramin sẽ xảy ra chậm. Nên tiến hành amoniac hóa khi pH lớn hơn 7 để tạo điều kiện thuận lợi cho phản ứng, ngăn ngừa phản ứng phụ thành clophenol. Trong nhiều trường hợp sau khi khử trùng, nước còn phải lưu lại một thời gian dài trong bể chứa hoặc trong đường ống

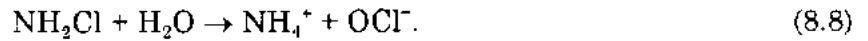


Hình 8.8. Biểu đồ tương quan giữa lượng clo dư và lượng clo cho vào nước khi trong nước có chứa muối amoni

I: monocloramin và dicloramin; II: clo tự do.



dẫn (trên 1,5h) rồi mới đến được nơi sử dụng, để kéo dài thời gian tác dụng diệt trùng của clo, có thể cho thêm amoniac vào nước sau khi đã cho clo vào. Phản ứng tạo ra cloramin và cloramin lại tiếp tục thủy phân thành các ion  $NH_4^+$  và  $OCl^-$  theo trình tự sau:



Ion  $OCl^-$  là chất oxy hóa mạnh. Quá trình phân ly của cloramin diễn ra tương đối chậm, vì thế tác dụng khử trùng trong thời gian đầu thấp hơn so với clo. song điều đó được bù lại bằng thời gian có tác dụng khử trùng dài. Nếu sử dụng clo với amoniac một cách hợp lý sẽ giảm được lượng clo cần dùng và đạt được cả hiệu quả trong việc khử mùi vị. Tỷ lệ giữa liều lượng clo và amoniac được lựa chọn bằng thực nghiệm tùy theo chất lượng nước nguồn: thường lượng amoniac lấy bằng 10 đến 25% lượng clo. Thời gian tiếp xúc tính từ thời điểm khuấy trộn clo và amoniac với nước đến thời điểm sử dụng không ít hơn 1h. So với clo tự do, thời gian tiếp xúc cần thiết lớn hơn hai lần.

### 3. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử trùng nước bằng clo

**Ảnh hưởng của pH.** Như trên đã nêu, độ pH của nước là một trong các yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của quá trình khử trùng bằng clo. Khi pH tăng, hiệu quả khử trùng giảm đi. Bằng thực nghiệm đã xác định được lượng clo dư tối thiểu với các giá trị của pH để diệt trùng hoàn toàn (bảng 8.2).

Bảng 8.2. Lượng clo dư tối thiểu để diệt trùng hoàn toàn

Giá trị pH	Lượng clo dư tối thiểu (mg/l)	
	Clo tự do sau 10 ph tiếp xúc	Clo hoạt tính dạng Cloramin sau 60 ph tiếp xúc
6 - 7	0,2	1,0
7 - 8	0,2	1,50
8 - 9	0,4	1,80
9 - 10	0,8	-
> 10	> 1	-

**Ảnh hưởng của nhiệt độ.** Khi nhiệt độ nước tăng, thì độ nhớt giảm, chuyển động nhiệt tăng lên làm cho quá trình khuếch tán chất khử trùng qua vỏ tế bào vi

sinh vật tăng lên. Với cloramin, nhiệt độ có ảnh hưởng lớn hơn so với clo tự do. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ khử trùng có thể biểu diễn bằng phương trình sau:

$$\lg \frac{t_1}{t_2} = \frac{E(T_2 - T_1)}{RT_1 T_2}, \quad (8.9)$$

trong đó:  $t_1, t_2$  - thời gian tiếp xúc (ph) cần để giảm lượng vi trùng trong nước đến mức yêu cầu tương ứng với nhiệt độ nước  $T_1$  và  $T_2$  ( $^{\circ}\text{K}$ );

E - năng lượng hoạt hóa của chất khử trùng;

R - hằng số khí bằng 1,99 kcal/độ ( $^{\circ}\text{K}$ ).

**Ảnh hưởng của nồng độ.** Khi tăng nồng độ chất khử trùng, thời gian tác dụng sẽ giảm xuống. Tương quan giữa nồng độ và thời gian khử trùng được thể hiện bằng phương trình:

$$C^n t = K, \quad (8.10)$$

trong đó: C - nồng độ chất khử trùng;

t - thời gian cần thiết để diệt lượng vi trùng nhất định;

n - chỉ số mũ;

K - hằng số.

Phương trình (8.10) có thể viết dưới dạng:

$$\lg t = \lg K - n \lg C. \quad (8.11)$$

Từ (8.11) cho thấy  $\lg t$  là hàm số phụ thuộc tuyến tính vào  $\lg C$  và tang góc nghiêng của đường biểu diễn hàm số  $\lg t$  là giá trị của chỉ số mũ n. Trị số n đối với clo và cloramin nằm trong giới hạn từ 0,5 đến 1,5. Nếu coi  $n = 1$  thì từ (8.10) cho thấy khả năng diệt trùng của clo tỷ lệ nghịch với mức độ pha loãng. Nếu nồng độ clo giảm đi hai lần thì thời gian khử trùng cần thiết phải tăng lên gần hai lần. Đối với quá trình oxy hóa phenol,  $n = 6$ , nếu nồng độ giảm xuống hai lần thì thời gian tiếp xúc phải tăng lên  $2^6 = 64$  lần.

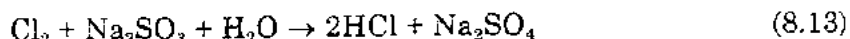
#### 4. Khử clo dư trong nước

Để khử lượng clo tự do còn dư lại trong nước khi clo hóa với liều lượng cao có thể dùng phương pháp hóa học: khử clo thành clorit hoặc phương pháp vật lý: hấp thụ bằng than hoạt tính hoặc làm thoáng.

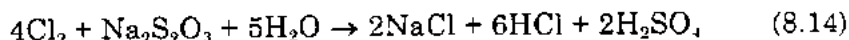
Khử clo dư bằng hóa chất. Đưa khí sunfua  $\text{SO}_2$  vào nước chứa clo dư.



Axit clohydric và axit sunfuric tạo ra sau phản ứng được trung hòa bằng độ kiềm tự nhiên của nước. Để khử hết 1 mg clo dư cần 0,9 mg SO<sub>2</sub>. Khi khử bằng Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>,



Khử 1 mg clo dư cần 3,05 mg Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> tinh thể. Có thể dùng Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> với phản ứng sau:



Để khử 1 mg Cl<sub>2</sub> cần 0,85 mg Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ở dạng tinh thể ngậm 5 phân tử nước. Thành phần hoạt tính của Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trong sản phẩm thương mại từ 30 đến 50%. Trước khi cho Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vào nước phải pha thành dung dịch có nồng độ từ 1 đến 2%, sau đó đưa vào nước bằng các thiết bị định lượng dung dịch. Có thể cho dung dịch Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vào bể chứa nước sạch hoặc ống dẫn nước từ bể chứa đi. Lưu ý rằng chỉ dùng đủ lượng Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cần thiết, dùng quá thừa sẽ làm cho nước có vị khó chịu.

Khử clo dư bằng phương pháp vật lý. Dùng than hoạt tính để hấp thụ clo dư, lọc nước qua lớp than hoạt tính có chiều dày 2 - 2,5 m, kích thước hạt 1,5 - 2,5 mm. tốc độ lọc 20 - 30m/h. Khi lớp than hoạt tính hết khả năng hấp thụ clo, cần rửa than bằng dung dịch kiềm nóng hoặc canxi hypoclorit để hoàn nguyên hoạt độ hấp thụ. Chu kỳ giữa hai lần hoàn nguyên được xác định bằng thực nghiệm cho từng trường hợp cụ thể. Biện pháp làm thoáng chỉ khử được một phần clo hòa tan vì hypoclorit không bay hơi. Khử clo và cloramin bằng làm thoáng chỉ đạt hiệu quả cao khi độ pH của nước nhỏ hơn 5.

### 2.1.5. Các hóa chất khử trùng gốc clo

*Clo nguyên chất*, trong điều kiện bình thường clo là chất khí màu vàng nhạt, có mùi khó chịu và rất độc. Ở nhiệt độ 15°C clo khí bị hóa lỏng dưới áp lực nén 5,75 at. Clo lỏng có màu vàng xanh, trọng lượng riêng 1,43 kg/l, nhiệt dung 0,2262 kcal/kg độ. Độ hòa tan của clo vào nước phụ thuộc vào nhiệt độ nước và áp lực riêng phần của clo (xem bảng 8.3).

Khi áp lực bằng 1at, nhiệt độ nước 10°C, một lít nước hòa tan được ba lít khí clo (9,65g). Trong kỹ thuật xử lý nước, clo thường được dùng ở thể lỏng. Khi sử dụng cho bốc thành hơi rồi mới hòa tan vào nước.

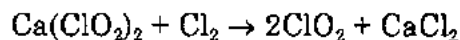
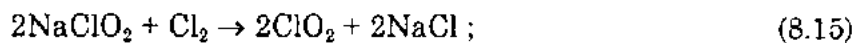
Bảng 8. 3. Độ hòa tan của clo vào nước

Áp lực mm thủy ngân	Nồng độ clo hòa tan (mg/l) theo nhiệt độ nước (°C)						
	0	10	20	30	40	50	90
200	4,8	3,3	2,7	2,3	2,1	1,8	1,4
500		6,9	5,3	4,3	3,6	3,1	2,2
700		9,65	7,3	5,8	4,8	4,1	2,6
1000			9,0	7,3	5,9	5,0	3,3
2000			17,0	13,0	10,2	8,4	5,2

*Canxi hypoclorit*  $Ca(OCl)_2$  là sản phẩm của quá trình làm bão hòa dung dịch vôi sữa bằng clo hơi. Theo lý thuyết 1 kg  $Ca(OCl)_2$  sạch chứa 49,6%  $Cl_2$ , trong sản phẩm thương mại, hàm lượng clo hoạt tính chỉ chiếm từ 30 đến 45%.  $Ca(OCl)_2$  không hút ẩm, có thể bảo quản lâu trong kho tối, khô ráo mà không bị giảm độ hoạt tính.

*Clorua vôi* được sản xuất bằng cách cho clo phản ứng với vôi tôi. Trong clorua vôi có chứa 40 - 45% canxi hypoclorit, lượng clo hoạt tính là 20 - 25%. Clorua vôi dễ hút ẩm và phân hủy khí clo nên cần bảo quản trong các kho kín, khô ráo.

*Clo đioxit*  $ClO_2$  là chất khí màu vàng xanh, hòa tan trong nước và không bền vững dưới ánh sáng.  $ClO_2$  thường được dùng để khử trùng nước có chứa phenol và có hàm lượng chất hữu cơ cao do phản ứng không tạo ra clophenol. clodioxit được sản xuất trực tiếp tại chỗ bằng cách sục khí clo vào dung dịch natri clorit hay canxi clorit đã được axit hóa.



1 kg natri cloxit và 400 g clo hơi tạo ra 750 g  $ClO_2$  ở dạng dung dịch. Khả năng diệt trùng của clo đioxit khi pH = 7 tương đương với clo.

*Natri hypoclorit* (nước javen)  $NaClO$  là sản phẩm của quá trình điện phân dung dịch muối ăn. Nước javen thường có nồng độ clo hoạt tính từ 6 đến 8g/l.

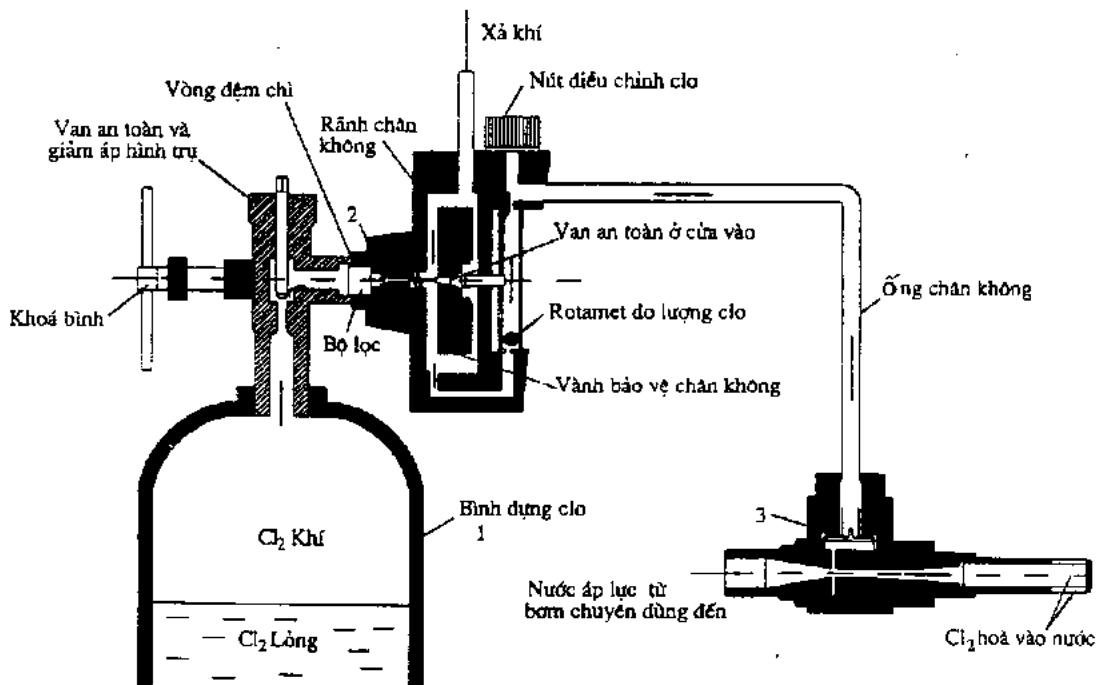
## 6. Thiết bị pha chế clo và hợp chất clo vào nước

Clorator dùng để pha chế định lượng clo hơi vào nước. Theo nguyên tắc hoạt động có thể chia clorator ra làm hai loại: clorator có lưu lượng không đổi -

luôn luôn cho một lượng không đổi khí clo vào nước và clorator có lưu lượng thay đổi tương ứng với lưu lượng nước xử lý. Cả hai loại có thể là clorator áp lực hoặc clorator chân không. Trong clorator áp lực, khí clo hòa vào nước dưới áp lực lớn hơn áp lực khí quyển và áp lực nước trong ống dẫn. Còn trong clorator chân không áp lực khí clo khi hòa vào nước thấp hơn áp lực khí quyển. Do clorator áp lực hay bị rò hơi clo gây nguy hiểm cho người và thiết bị, nên hiện nay clorator chân không được sử dụng chủ yếu.

Trên hình 8.9. là sơ đồ cấu tạo clorator chân không có lưu lượng không đổi. Nguyên lý làm việc như sau:

Dòng nước áp lực từ bơm đến, đi qua ejector (3), tạo ra chân không trong clorator (2). Nhờ độ chênh áp lực trước và sau van chân không làm cho màng nằm trên rãnh chân không di chuyển, nén lò xo để mở van an toàn ở cửa vào. Khí clo từ bình chứa (1) đi qua hệ van an toàn và giảm áp lực, lọc qua bộ lọc giữ lại clo nước, còn lại khí clo, đi vào rãnh chân không, định lượng qua rotamet, đi tiếp vào ống dẫn chân không rồi được hút vào ejector, theo đường ống dẫn nước áp lực đến nơi hòa trộn với nước. Khi ejector (3) không làm việc, trong clorator (2) không còn chân không, độ chênh áp lực bằng không, màng giãn ra, lò xo không bị nén, van an toàn ở cửa vào đóng lại. Toàn hệ thống ngừng làm việc.

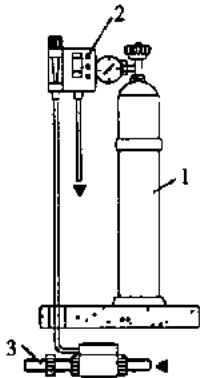


Hình 8.9. Sơ đồ cấu tạo clorator chân không

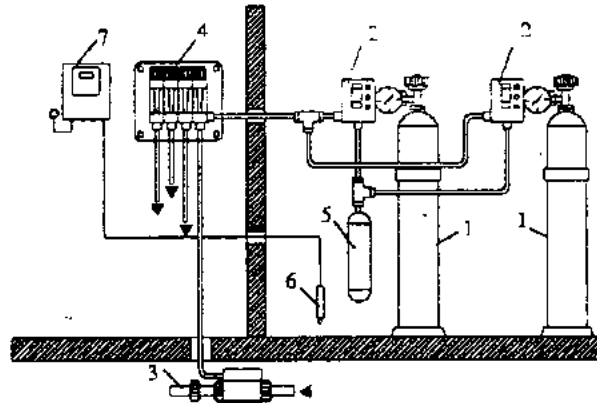
1- bình đựng clo lỏng; 2- clorator; 3- ejector tạo chân không và hòa trộn clo.

Năng suất bốc hơi của clo lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ chung quanh và diện tích bề mặt của bình đựng. Khi diện tích chung quanh của bình hay thùng đựng clo không đủ phải cho làm việc song song nhiều bình đồng thời.

Hình 8.10 giới thiệu sơ đồ lắp thiết bị clorator ở các trạm công suất nhỏ, lượng clo tiêu thụ  $\leq 2\text{kg/h}$ .



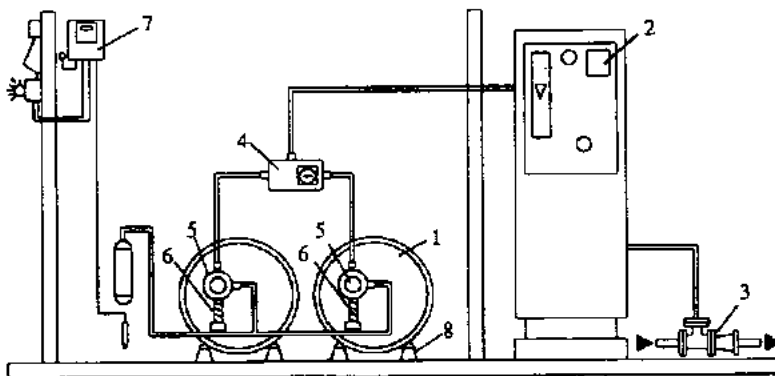
**Hình 8.10. Trạm định lượng clo công suất  $\leq 2\text{kg/h}$**   
1- bình đựng clo; 2- clorator;  
3- ejector.



**Hình 8.11. Trạm clorator công suất vừa và nhỏ**  
1- bình đựng clo; 2- clorator; 3- ejector; 4- bảng phân phối clo đến các điểm hòa trộn khác nhau; 5- bình xử lý clo rò rỉ; 6- bộ dò để phát hiện nồng độ clo trong trạm; 7- thiết bị bảo động khi lượng clo trong không khí quá nồng độ cho phép.

Hình 8.11 giới thiệu sơ đồ lắp đặt thiết bị định lượng clo ở các nhà máy nước công suất vừa và nhỏ, lượng clo tiêu thụ  $2\text{ kg/h} < q < 10\text{ kg/h}$ .

Hình 8.12 giới thiệu sơ đồ lắp đặt thiết bị định lượng clo ở nhà máy nước có công suất vừa và lớn, lượng clo tiêu thụ  $\geq 8\text{ kg/h}$ .



**Hình 8.12. Trạm clorator công suất vừa và lớn**  
1- bình đựng clo; 2- clorator; 3- ejector; 4- thiết bị chuyển đổi giữa các bình làm việc và dự phòng; 5- van chân không an toàn; 6- bộ lọc để giữ lại clo nước; 7- thiết bị bảo động; 8- bể đỡ thùng đựng clo.

Để cấp nước cho ejector (3) hoạt động, lưu lượng và áp lực nước trước ejector lấy theo bảng (4), thường dùng máy bơm riêng, lấy nước từ bể chứa nước sạch bơm về.

**Bảng 8. 4. Áp lực và lưu lượng nước cho ejector (3)**

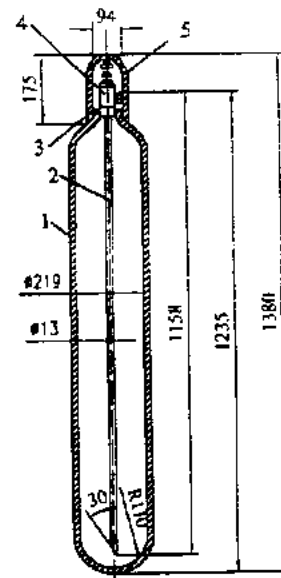
Công suất Max (g/h) $Cl_2$	Lưu lượng nước (l/h)	Áp lực nước cần thiết phụ thuộc vào áp lực đầu ra (bar)	
		áp lực đầu vào ejector (bar)	áp lực nước ở đầu ra ejector (bar)
500	750 - 1.450	4 - 16	0,5 - 6,5
1000	1200 - 2300	4 - 16	0,5 - 6,5
2000	2800 - 4000	4 - 16	0,5 - 6,5
4000	3300 - 4600	4 - 8	0,5 - 3,0
6000	4500 - 6000	4 - 8	0,5 - 3,0
8000	4500 - 6000	4 - 8	0,5 - 3,0
10000	5000 - 75000	4 - 8	0,5 - 3,0

Nếu cho vào bể chứa, áp lực đầu ra chỉ khoảng 0,2 - 0,3 có thể giảm áp lực đầu vào từ 4 bar xuống 3,5 - 3,8 bar.

*Bình chứa clo lỏng.* Để tiện cho việc vận chuyển và bảo quản, khí clo được nén thành thể lỏng trong các bình chứa, áp lực nén 20,0 - 25,0 kg/cm<sup>2</sup>. Theo dung tích các bình được phân thành loại nhỏ chứa từ 35 đến 80 lít clo lỏng (hình 8.13) và loại lớn có dung tích 800 đến 2000 lit dùng cho các nhà máy nước tiêu thụ clo trên 8 kg/ngày (hình 8.13).

*Trạm clorator.* Tổ hợp các thiết bị gồm bình đựng clo, cân, ống và clorator được lắp ráp thành hệ thống đặt trong một hoặc hai phòng để định lượng clo vào nước gọi là trạm clo. Do tính độc hại của hơi clo, trạm phải được cách ly với xung quanh bằng các cửa kín và có hệ thống thông gió riêng. Trong trạm có clorator, đường dẫn clo, bình clo lỏng đặt trên cân bàn. Diện tích trạm clorator tính theo tiêu chuẩn 3 m<sup>2</sup> cho một clorator và 4 m<sup>2</sup> cho một cân bàn. Khi công suất trạm lớn hơn 250 kg clo một ngày phải chia trạm thành các gian riêng biệt, một gian đặt clorator và một gian đặt bình clo lỏng. Các gian đều có cửa thoát dự phòng riêng. Trạm phải được thông gió thường xuyên

bằng quạt với tần suất 12 lần tuần hoàn trong 1h. Không khí được hút ở điểm thấp sát mặt sàn và xả ra ở điểm cao hơn 2m so với nóc nhà cao nhất ở gần trạm. Trong nhà máy nước, trạm phải được bố trí ở cuối hướng gió. Nếu nằm liền trong cụm hóa chất, trạm clorator được ngăn cách với bộ phận khác bằng một buồng trung gian, ở đây có trang bị phương tiện phòng hộ và các thiết bị vận hành, hệ thống bảo hiểm, thiết bị báo nồng độ hơi clo trong buồng công tác. Số lượng clorator trong trạm lấy không ít hơn hai, hệ số dự phòng lấy 50% số clorator hoạt động. Lượng clo dự trữ trong trạm thường xuyên phải đủ cho ba ngày tiêu thụ. Khả năng hóa hơi của clo trong các bình phụ thuộc vào nhiệt độ không khí. Ở nhiệt độ 15°C, ở một bình đường kính 219 mm có thể bốc hơi được từ 0,5 đến 0,7 kg clo trong một giờ, nếu làm nóng bằng nước hoặc không khí đến 40°C, lượng clo bốc hơi đạt đến 3 kg/h. Ngoài ra trong trạm cần có dàn phun và bể chứa dung dịch trung hòa clo khi có sự cố. Dung dịch trung hòa được pha chế theo tỷ lệ 1kg  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  và 2 kg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  cho 1 kg clo lỏng. Dung tích bể phải đủ để trung hòa được hai bình clo. Nồng độ dung dịch tính theo 1 m<sup>3</sup> nước hòa tan được 40 kg  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  và 80 kg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .



Hình 8.13. Sơ đồ bình dụng clo lỏng dung tích 35 đến 80 lít

**Kho dự trữ clo.** Tùy theo cự ly vận chuyển từ nơi sản xuất đến nhà máy nước mà quyết định lượng clo dự trữ. Lượng dự trữ phải đủ cho từ 15 ngày đến 90 ngày sử dụng. Trong kho dự trữ clo cũng phải thực hiện các biện pháp bảo hiểm và an toàn lao động như ở trạm clorator.

**Pha chế clorua vôi và canxi hypoclorit.** Thường sử dụng trong các nhà máy nước có công suất bé hơn 10000 m<sup>3</sup>/ngày. Các hóa chất được bảo quản ở dạng bột, trước khi cho vào nước phải pha thành dung dịch có nồng độ 1- 2%. Đầu tiên hóa chất được hòa tan trong thùng pha đến nồng độ 10% để lắng tách cặn bẩn và tạp chất, sau đó cho vào thùng tiêu thụ pha loãng đến nồng độ 2%. Thể tích các thùng xác định theo công thức.

$$W = \frac{Qat}{100bc}, \quad (\text{m}^3), \quad (8.16)$$



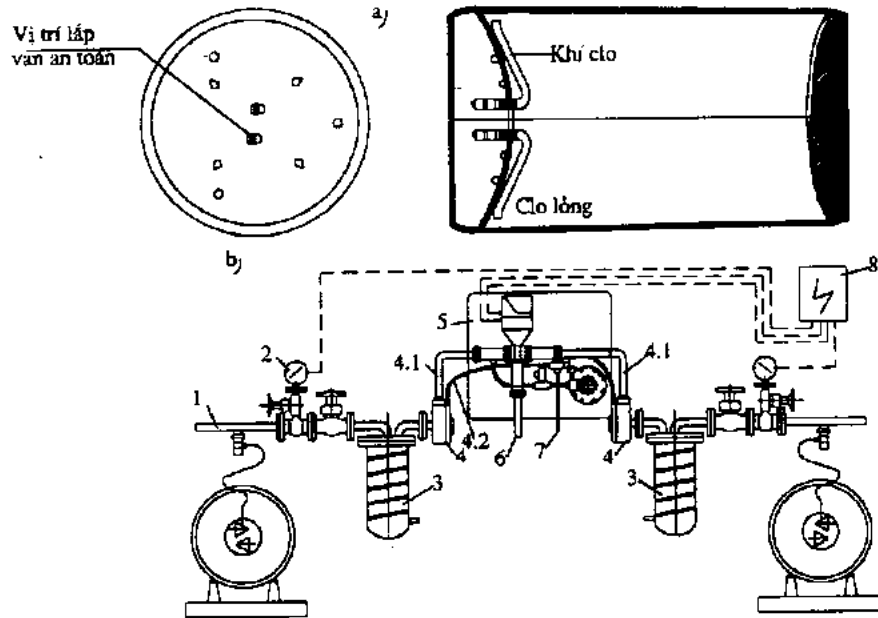
trong đó:  $Q$  - lưu lượng nước xử lý ( $m^3/h$ );

$t$  - thời gian sử dụng cho một lần pha ( $h$ );

$a$  - liều lượng thuốc khử trùng tính theo clo hoạt tính ( $g/m^3$ );

$c$  - hàm lượng clo hoạt tính trong hóa chất (%);

$b$  - nồng độ dung dịch pha (%).



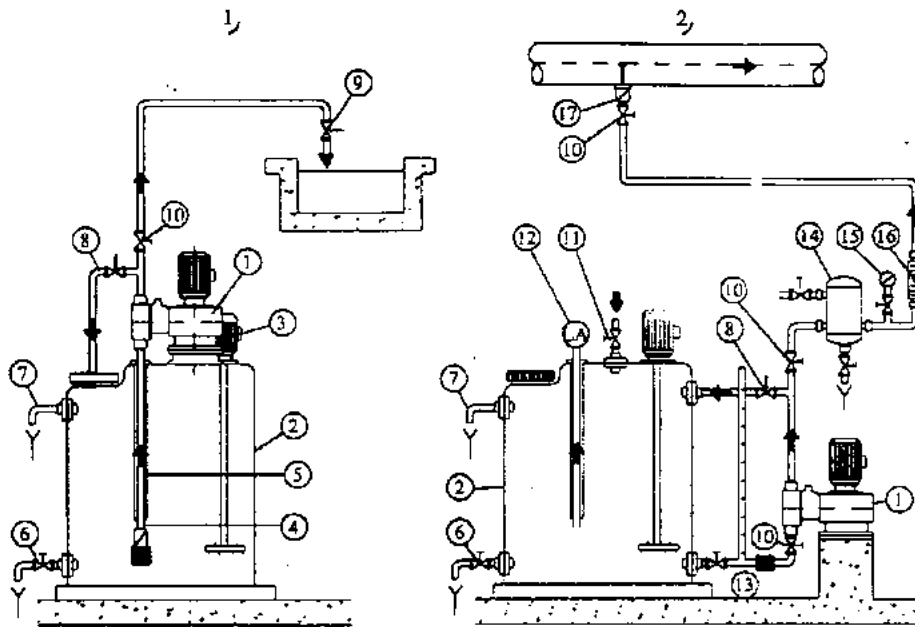
Hình 8.14. Sơ đồ thùng đựng clo lỏng dung tích từ 800 đến 2000 lít

a) Thùng đựng clo lỏng; b) Sơ đồ đấu nối hai bình làm việc song song.

1- ống dẫn khí clo từ bình ra; 2- đồng hồ áp lực; 3- bình lọc nước cho clo; 4- điều chỉnh độ chân không; 4.1- đường rút chân không; 4.2- đường dự phòng; 5- bộ chuyển đổi; 6- đường chân không nối với clorator; 7- đường dự phòng; 8- tủ điều khiển.

Số thùng pha lấy bằng một, số thùng tiêu thụ không nhỏ hơn hai. Từ thùng tiêu thụ, dung dịch được đưa vào nước bằng các thiết bị định lượng - hình (8.15).

*Điều chế nước javen.* Với các trạm cấp nước nhỏ, nhất là vùng ven biển, khi không có điều kiện cung cấp clo và các hóa chất khác, nên xây dựng trạm điện giải để điều chế nước javen. Trạm gồm bể dự trữ muối ướt có cấu tạo như kho phân ướt, các bể pha và bể tiêu thụ. Bể dự trữ muối ướt thường tính cho lượng tiêu thụ từ 30 đến 45 ngày, lượng nước để pha tính theo tỷ lệ  $1 m^3$  cho 1t muối. Độ hòa tan và tỷ trọng dung dịch muối lấy theo bảng 8.5.



**Hình 8.15. Thiết bị định lượng dung dịch hóa chất để khử trùng**

1- bơm định lượng; 2- thùng đựng dung dịch hóa chất khử trùng; 3- máy khuấy; 4- van 1 chiều ở đầu hút của bơm; 5- ống hút; 6- van xả; 7- ống tràn; 8- van điều chỉnh áp lực đặt trên đường tuần hoàn; 9- van điều áp đặt ở đầu ra; 10- van cách ly đặt trên ống đẩy và hút; 11- ống nạp dung dịch vào thùng; 12- bộ đo mức dung dịch trong thùng; 13- đầu hút; 14- thùng ổn định áp lực; 15- đồng hồ đo áp lực; 16- rotamet đo lưu lượng dung dịch; 17- van một chiều.

**Bảng 8.5. Độ hòa tan và tỷ trọng dung dịch của muối ở 20°C**

Nhiệt độ nước (°C)	Độ hòa tan của NaCl		Tỷ trọng dung dịch NaCl ở 20°C		
	Nồng độ (%)	Nồng độ (g/l)	Nồng độ (%)	Nồng độ (g/l)	Tỷ trọng (g/cm <sup>3</sup> )
10	26,35	316,70	5	51,70	1,0345
20	26,43	317,20	10	107,10	1,0707
30	26,56	317,60	15	166,30	1,1087

Dung dịch muối bão hòa được pha thành dung dịch tiêu thụ với nồng độ 100 - 120mg/l. Lượng dung dịch tiêu thụ xác định tương ứng với công suất các bình điện phân. Số lượng bình điện phân lấy với hệ số dự phòng 1,2 - 1,5. Nước javen từ bình điện phân được đưa thẳng vào điểm pha với nước.

### 8.2.2. Khử trùng nước bằng iod

Iod là chất oxy hóa mạnh và thường được dùng để khử trùng nước ở các bể bơi. Là chất khó hòa tan nên iod được dùng ở dạng dung dịch bão hòa. Độ hòa tan của iod phụ thuộc nhiệt độ nước. Ở 0°C độ hòa tan là 100 mg/l. Ở 20°C là 300 mg/l. Khi độ pH của nước nhỏ hơn 7, liều lượng iod sử dụng lấy từ 0,3 đến 1 mg/l. Nếu sử dụng liều lượng cao hơn 1,2 mg/l sẽ làm cho nước có mùi vị iod.

### 8.2.3. Khử trùng nước bằng ion của các kim loại nặng

Với nồng độ rất nhỏ của ion kim loại nặng có thể tiêu diệt được các vi sinh vật và rêu tảo sống trong nước (xem bảng 8.6).

**Bảng 8.6. Nồng độ diệt trùng của ion kim loại nặng.**

Kim loại	Nồng độ cần (mg/l) để tiêu diệt	
	Vi trùng Ecoli	Rêu tảo
Bạc - Ag	0,04	0,05
Đồng - Cu	0,08	0,15
Cadimi - Cd	0,15	0,10
Crôm - Cr	0,70	0,70
Kẽm - Zn	1,40	1,40

Khử trùng bằng ion kim loại nặng đòi hỏi thời gian tiếp xúc lớn. Ví dụ với bạc khi sử dụng 0,03 mg/l khử trùng nước có pH = 7,5 ở 15°C, thời gian cần để khử 99% vi trùng là 177 ph. Tuy nhiên không thể nâng cao nồng độ ion kim loại nặng để giảm thời gian diệt trùng vì ảnh hưởng đến sức khỏe của con người.

### 8.2.4. Khử trùng bằng ozon

Ozon có công thức hóa học là O<sub>3</sub>, ở điều kiện bình thường, ozon là chất không bền vững và bị phân hủy rất nhanh thành khí oxy dạng bền vững O<sub>2</sub>. Bởi vì ozon là chất không bền vững và không thể lưu giữ lâu trong bình chứa nên phải dùng máy sản xuất ozon ngay tại nơi sử dụng.

Ozon được sản xuất bằng cách cho oxy hoặc không khí đi qua thiết bị phóng tia lửa điện, như hiện tượng ta vẫn thấy trong thiên nhiên sau tia chớp của dông bão, không khí trở nên sạch và mát hơn là do tác dụng làm sạch không khí của ozon. Để cấp đủ lượng ozon khử trùng cho nhà máy xử lý nước, dùng máy phát tia lửa điện gồm hai điện cực kim loại đặt cách nhau một khoảng cho không khí chạy qua. Cấp dòng điện xoay chiều vào các điện cực để tạo ra tia hồ quang, đồng thời với việc thổi luồng không khí sạch đi qua khe hở giữa các điện cực để chuyển một phần oxy thành ozon. Nguồn không khí vừa là nguồn cấp oxy vừa là chất điện môi để san đều điện tích phóng ra trên toàn bề mặt điện cực, ngăn cản hiện tượng phóng điện quá tải cục bộ. Sản phẩm phụ của quá trình sản xuất ozon là nhiệt lượng. Luồng không khí đi qua khe hở giữa các điện cực không đủ để làm lạnh (hạ nhiệt) các điện cực, do ở nhiệt độ cao, ozon được sản xuất ra rất dễ bị phân hủy thành oxy do đó cần phải lắp thiết bị làm lạnh điện cực ở máy sản xuất ozon. Có hai loại thiết bị làm lạnh điện cực:

- 1- Làm lạnh bằng không khí.
- 2- Làm lạnh bằng nước.

Dưới tác dụng của tia lửa điện, một phần nitơ phản ứng với nước thành axit nitric có tác dụng ăn mòn kim loại của máy phát, do đó để loại trừ hiện tượng này, không khí trước khi cho vào máy tạo ozon phải được làm sạch để khử hoàn toàn độ ẩm.

Nồng độ ozon trong hỗn hợp khí đi ra khỏi máy phát từ 1 - 2 % tính theo trọng lượng được đưa thẳng vào bể hòa tan và tiếp xúc với nước để khử trùng. Hiệu quả khử trùng phụ thuộc vào chất lượng nước, cường độ khuấy trộn và thời gian tiếp xúc. Dựa vào thời gian tiếp xúc cần thiết từ 4 đến 8 phút, thường thiết kế ba loại bể hòa tan và khuấy trộn ozon vào nước:

- 1- Đi qua lớp lọc nổi.
- 2- Dùng ejector.
- 3- Dùng cánh khuấy để hòa tan khí.

*Ưu nhược điểm của ozon:*

- Ưu điểm:
  - 1- Không có mùi.
  - 2- Làm giảm nhu cầu oxy của nước, giảm nồng độ chất hữu cơ, giảm nồng độ các chất hoạt tính bề mặt.

- 3- Khử màu, phenol, xianua.
  - 4- Tăng nồng độ oxy hòa tan.
  - 5- Không có sản phẩm phụ gây độc hại.
  - 6- Tăng vận tốc lắng của các hạt lơ lửng.
- Nhược điểm:
    - 1- Vốn đầu tư ban đầu cao.
    - 2- Tiêu tốn năng lượng điện.

*Khả năng khử trùng của ozon:*

Độ hòa tan vào nước của ozon gấp 13 lần độ hòa tan của oxy. Khi vừa mới cho ozon vào nước, tác dụng diệt trùng xảy ra rất ít, khi ozon đã hòa tan đủ liều lượng, ứng với hàm lượng đủ để oxy hóa chất hữu cơ và vi khuẩn có trong nước, lúc đó tác dụng khử trùng của ozon mạnh và nhanh gấp 3100 lần so với clo, và thời gian khử trùng xảy ra trong khoảng từ 3 đến 8 giây.

Liều lượng ozon cần để khử trùng nước từ 0,2 - 0,5 mg/l, tùy thuộc vào chất lượng nước đã xử lý. Ozon có tác dụng tiêu diệt virút rất mạnh khi thời gian tiếp xúc đủ dài, khoảng 5 phút.

Khả năng sử dụng ozon trong quy trình xử lý nước:

- 1- Ozon có khả năng khử chất rắn trong nước thô bằng tác dụng oxy hóa và tuyển nổi, bọt cặn nổi lên khi cho ozon hòa tan vào nước thô, các bọt này trong quá trình nổi lên hấp thụ số lớn cặn cứng, hợp chất nitơ và photpho.
- 2- pH của nước thô tăng lên chút ít do  $\text{CO}_2$  được thoát ra.
- 3- Khử màu và độ đục do tác dụng oxy hóa của ozon với các hợp chất tạo màu.
- 4- Chuyển hóa  $\text{NH}_4^+$  thành  $\text{NO}_3^-$ .

Nồng độ ozon trong không khí cao hơn 1 mg/l gây độc hại cho người quản lý vận hành, do đó cần phải có biện pháp phát hiện và phòng ngừa tại gian đặt máy.

## **Phần IV**

---

- . CÁC QUY TRÌNH XỬ LÝ ĐẶC BIỆT: KHỬ KHÍ VÀ TRAO ĐỔI KHÍ, KHỬ SẮT, MANGAN, XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN, LÀM MỀM, KHỬ MUỐI, XỬ LÝ NƯỚC NỒI HƠI VÀ NƯỚC LÀM NGUỘI, XỬ LÝ ỔN ĐỊNH NƯỚC**
-

# 9

## TRAO ĐỔI VÀ KHỬ KHÍ

---

### 9.1. KHÁI NIỆM VÀ MỤC ĐÍCH

Các loại khí hòa tan trong nước có nhiều nguồn gốc khác nhau, đồng thời cũng có nhiều ảnh hưởng đến quá trình xử lý và sử dụng nước. Khi hàm lượng khí cacbonic trong nước cao, nước sẽ không ổn định, có tính ăn mòn cao với bê tông. Khí  $\text{CO}_2$  còn ngăn cản quá trình oxy hóa sắt và mangan trong nước. Nước có chứa hydro sunfua sẽ có mùi vị khó chịu và là môi trường ăn mòn kim loại. Khí  $\text{NH}_3$  hòa tan làm cho lượng clo khử trùng phải dùng tăng lên, khí ứ đọng quá nhiều  $\text{CH}_4$  dễ gây cháy, nổ. Trong công nghiệp, oxy hòa tan trong nước là tác nhân ăn mòn kim loại, ngược lại để khử sắt và mangan trong nước cần có lượng oxy hòa tan cao. Khí clo hoặc ozon hòa tan có tác dụng diệt trùng và oxy hóa một số chất hữu cơ v.v... Vì vậy, trong kỹ thuật xử lý nước, thường tiến hành các biện pháp loại ra khỏi nước một số khí gây hại ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ), đồng thời lại pha thêm vào nước một số khí cần cho các mục đích khác nhau ( $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_3$ ). Các quá trình đó được gọi là quá trình trao đổi khí.

### 9.2. TRAO ĐỔI KHÍ BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC

#### 9.2.1. Bản chất của quá trình trao đổi khí bằng cơ học

Cơ sở của phương pháp dựa trên hiện tượng khuếch tán tự nhiên của các phân tử khí từ môi trường khí sang môi trường nước và ngược lại. Sự khuếch tán này xảy ra ở bề mặt tiếp xúc giữa hai môi trường khí - nước, khi áp suất riêng phần của một chất khí nào đó trong môi trường này nhỏ hơn trong môi trường kia. Nếu áp suất riêng phần hai bên bằng nhau, quá trình trao đổi sẽ ngừng lại. Như vậy trong những điều kiện nhất định, trong nước sẽ tồn tại một lượng khí hòa tan nào đó và gọi là độ hòa tan của khí. Độ hòa tan khí trong môi trường chất lỏng phụ thuộc vào:

- Bản chất của khí với đặc tính riêng là hệ số khuếch tán  $K_D$ ;

- Nồng độ của khí đó trong môi trường khí ( $g/m^3$ ) phụ thuộc vào áp suất riêng phần của nó trong cùng môi trường;
- Nhiệt độ của nước T;
- Lượng tạp chất có trong nước.

#### ■ Ảnh hưởng của nồng độ đến độ hòa tan của khí

Thông thường, môi trường trao đổi chính trong kỹ thuật và tự nhiên là không khí và nước. Nếu sự trao đổi ngừng lại, đã có một sự cân bằng động học giữa hai môi trường và trạng thái đó được đặc trưng bằng độ hòa tan tương ứng gọi là nồng độ bão hòa của khí trong nước. Khi nồng độ của một chất khí trong không khí tăng lên thì nồng độ bão hòa của nó trong nước cũng tăng lên. Sự tương quan giữa nồng độ bão hòa  $C_s$  ( $g/m^3$ ) và nồng độ khí trong không khí  $C_k$  ( $g/m^3$ ) có thể biểu thị bằng công thức:

$$C_s = K_D \cdot C_k \quad (9.1)$$

Hệ số khuếch tán  $K_D$  phụ thuộc vào bản chất của khí (nước), nhiệt độ của nước. Giá trị  $K_D$  cho các chất khí khác nhau ở bảng (9.1). Nồng độ  $C_k$  xác định từ định luật cơ bản của các chất khí:

$$PV = nRT, \quad (9.2)$$

trong đó: P - áp suất riêng phần của khí tính toán trong môi trường không khí (Pa);

V - dung tích của môi trường khí bao gồm toàn bộ các khí trong hỗn hợp ( $m^3$ );

n - số mol của khí tính toán có trong dung tích hỗn hợp V;

R - hằng số chung của khí,  $R = 8,3143 \text{ J/k.mol}$ ;

T - nhiệt độ tuyệt đối ( $^{\circ}\text{K}$ ).

Từ (9.2) rút ra công thức tính nồng độ mol trong không khí :

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{R.T}, \quad (\text{mol}/m^3). \quad (9.3)$$

Để tính nồng độ theo khối lượng, nhân nồng độ mol với trọng lượng phân tử  $M_p$  của khí tính toán:

$$C_k = \frac{n}{V} \cdot M_p = \frac{PM_p}{R.T}, \quad (g/m^3). \quad (9.4)$$

Thay (9.4) vào (9.1)

$$C_s = K_D \cdot \frac{PM_p}{R.T}, \quad (g/m^3). \quad (9.5)$$



Phương trình (9.5) cho thấy nồng độ hòa tan bão hòa của một khí nào đó trong nước phụ thuộc vào áp suất riêng phần của nó trong môi trường khí. Theo định luật Dalton, áp suất riêng phần của một chất khí trong môi trường hỗn hợp khí bằng tích của áp suất môi trường và tỷ lệ dung tích của khí đó trong hỗn hợp. Ví dụ: không khí khô có 20,948% oxy, áp suất không khí ở điều kiện tiêu chuẩn  $P_a = 101.325 P_a$ , áp suất riêng phần của oxy trong không khí sẽ là:

$$P = 101.325 \times 0,20948 = 21.226 P_a.$$

**Bảng 9.1.** Giá trị của hệ số khuếch tán  $K_D$

Các chất khí	Nguyên tử lượng (g/mol)	Hệ số khuếch tán $K_D$			
		°C	10°C	20°C	30°C
Oxy (O <sub>2</sub> )	32,00	0,0493	0,0398	0,0337	0,0296
Sulfua hydro (H <sub>2</sub> S)	34,08	4,690	3,650	2,870	
Cacbonic (CO <sub>2</sub> )	44,01	1,710	1,230	0,942	0,738
Ozon (O <sub>3</sub> )	48,00	0,641	0,539	0,395	0,259
Không khí		0,0288	0,0234	0,0200	0,0170

Trong kỹ thuật, ở các công trình làm thoáng không khí thường bị bão hòa bởi hơi nước, do vậy áp suất riêng phần của các chất khí thực tế bị giảm đi do sự có mặt của hơi nước và tính theo:

$$P' = f(P - P_w), \tag{9.6}$$

trong đó:  $f$  - tỷ lệ một chất khí trong không khí khô;

$P$  - áp suất không khí khô;

$P_w$  - áp suất hơi nước (xem bảng 9.2).

Thay (9.6) vào (9.5) ta được công thức xác định nồng độ bão hòa của các chất khí trong các công trình làm thoáng:

$$C_s = K_D \cdot \frac{f(P - P_w)}{R.T} M_p, (g/m^3). \tag{9.4}$$

Ở đây áp suất không khí và hơi nước thay đổi theo nhiệt độ của môi trường.

Tỷ lệ các chất khí trong không khí khô ở điều kiện tiêu chuẩn (cao độ ngang mực nước biển chuẩn) như sau:

Tên gọi	Ký hiệu	Tỷ lệ %
Nitơ	N <sub>2</sub>	78,084
Oxy	O <sub>2</sub>	20,948
Cacbonic	CO <sub>2</sub>	0,032
Các khí khác		0,936

Bảng 9.2. Áp suất hơi nước trong không khí

Nhiệt độ	°C	0	10	20	25	30
Áp suất hơi nước	kPa	0,611	1,23	2,33	3,17	4,24
	mmHg	4,58	9,21	17,50	23,80	31,80

### ■ Ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ hòa tan của khí

Quá trình hòa tan của khí vào nước đi đôi với việc giải phóng năng lượng. Khi nhiệt độ nước tăng lên, độ hòa tan của khí giảm đi, điều đó được phản ánh ở giá trị của hệ số khuếch tán  $K_D$  (bảng 9.1). Mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ hòa tan của khí chỉ có thể xác định chính xác bằng thực nghiệm.

### ■ Ảnh hưởng của tạp chất trong nước đến độ hòa tan của khí.

Khi trong nước có các tạp chất, độ hòa tan của khí sẽ giảm đi, sự ảnh hưởng đó được biểu thị bằng phương trình:

$$C_s = \frac{K_D}{\gamma} C_k \quad (9.8)$$

Với nước tinh khiết, hệ số ảnh hưởng  $\gamma$  bằng 1. Nếu nồng độ tạp chất tăng, giá trị  $\gamma$  cũng tăng và làm giảm độ hòa tan. Giá trị của hệ số khuếch tán  $K_D$  trong bảng (9.1) tương ứng với trường hợp nước tinh khiết. Tuy nhiên do ảnh hưởng của nồng độ tạp chất đến độ hòa tan của khí không lớn lắm nên trong thực tế có thể bỏ qua.

## 9.2.2. Động học của quá trình trao đổi khí

Khi có hai môi trường khí và nước tiếp xúc với nhau, sự trao đổi xảy ra theo hai chiều. Một số chất khí sẽ được hấp thụ và hòa tan vào nước gọi là chiều thuận, một số khác sẽ tách ra khỏi nước - chiều nghịch. Ta hãy xét một mô hình theo chiều thuận (hình 9.1).

Gọi hai môi trường trao đổi là pha lỏng và pha khí. Theo lý thuyết hấp thụ hai lớp của chất khí, quá trình hấp thụ là hiện tượng khuếch tán nối tiếp của khí qua bề mặt tiếp xúc giới hạn giữa hai pha. Trên bề mặt tiếp xúc, ở cả hai pha đều xuất hiện một lớp màng khuếch tán. Trong lớp màng khuếch tán khí, nồng độ khí giảm dần từ giá trị ban đầu  $C_k$  đến giá trị  $C_{ki}$  tại bề mặt tiếp xúc. Qua bề mặt tiếp xúc, sang lớp màng khuếch tán lỏng, nồng độ khí tiếp tục giảm từ  $C_{Li}$  đến  $C_L$ . Theo định luật của Fick, khối lượng khí vận chuyển qua bề mặt tiếp xúc có diện tích  $F$  trong một đơn vị thời gian tỷ lệ thuận với sự chênh lệch của nồng độ và có thể biểu thị như sau:

- Với pha khí:

$$m = K_k F (C_k - C_{ki}), \text{ (g/s)}. \tag{9.9}$$

- Với pha lỏng:

$$m = K_L F (C_{Li} - C_L), \text{ (g/s)}. \tag{9.10}$$

trong đó:  $K_k, K_L$  - hệ số tách khí riêng của pha khí và pha lỏng (m/s);

$F$  - diện tích bề mặt tiếp xúc giữa hai pha ( $m^2$ ).

Các giá trị  $C_{ki}$  và  $C_{Li}$  về thực chất không xác định được. Tuy nhiên theo (9.1) có thể viết:

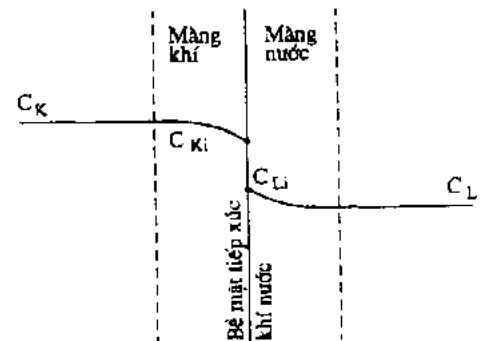
$$C_{Li} = K_D \cdot C_{ki}.$$

Thay vào (9.10) được:

$$m = K_L F (K_D \cdot C_k - C_L), \text{ (g/s)}. \tag{9.11}$$

Trong thực tế việc xác định bằng tính toán hệ số tách khí (hay hấp thụ khí)  $K_L$  và diện tích tiếp xúc  $F$  giữa hai pha khí, nước trong một công trình làm thoáng có thể tích  $V$  là không thể thực hiện được, vì vậy, để xác định các thông số bằng thực nghiệm phải gộp các nhóm thông số lại: Đặt  $K_2 = K_L \frac{F}{V}$  là hệ số kỹ

thuật của quá trình trao đổi khí và để ý rằng:  $C_{Li} = K_D C_{ki} = C_s =$  nồng độ hòa tan bão hòa của khí trong pha lỏng, ta có thể viết phương trình (9.11) dưới dạng:



Hình 9.1. Mô hình nguyên lý hấp thụ khí

$$\frac{m}{V} = \frac{d_c}{d_t} = K_2(C_s - C), \text{ (g/m}^3\text{s)}. \quad (9.12)$$

Tích phân phương trình (9.12) với  $t = 0$ ;  $C = C_0$  ta có:

$$C = C_s - (C_s - C_0)e^{-K_2 t}. \quad (9.13)$$

Từ phương trình (9.13) cho thấy nồng độ  $C$  của một khí nào đó còn lại trong nước sau thời gian làm thoáng  $t$  ở điều kiện tự nhiên phụ thuộc vào nồng độ bão hòa  $C_s$ , vào diện tích tiếp xúc đơn vị  $F/V$  và vào bản chất khí  $K_2$ . Theo phương trình (9.13) ứng với mỗi loại thiết bị làm thoáng đã định, có thể xác định bằng thực nghiệm trị số  $K_2 t$  bằng cách đo nồng độ khí có trong nước khi vào thiết bị  $C_0$  và nồng độ khí có trong nước khi ra khỏi thiết bị  $C$  tính theo phương trình:

$$\lg \frac{C_s - C}{C_s - C_0} = \lg e^{-K_2 t} = -K_2 t \lg e = -0.4343 K_2 t. \quad (9.14)$$

Để có kết quả đúng, cần xác định chính xác nồng độ hòa tan bão hòa của khí  $C_s$  trong điều kiện thực tế.

Giáo sư H.J Pupal Trường đại học Delft (Hà Lan) bằng thực nghiệm trong điều kiện làm thoáng tự nhiên khử  $\text{CO}_2$  ở nhiệt độ nước  $20^\circ\text{C}$ , qua dàn phun mưa cường độ tưới nhỏ hơn  $20\text{m}^3/\text{m}^2$  giờ, với chiều cao dàn  $0,5 - 0,7\text{m}$ , đã xác định được các trị số  $K_2 t$  khử khí  $\text{CO}_2$  và  $K_2 t$  hấp thụ khí oxy (xem bảng 9.3).

**Bảng 9.3. Giá trị  $K_2 t$  thực nghiệm**

TT	Kiểu dàn làm thoáng	$K_2 t$ đối với khí	
		$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
1	Phun qua lỗ, qua khe hẹp rơi trực tiếp xuống sàn	1,12	0,357
2	Phun qua lỗ hoặc khe hẹp rơi xuống dàn ống nhựa $\phi 25$ đặt cách nhau 25 mm thành 10 lớp, lớp trên vuông góc với lớp dưới, tổng chiều cao lớp ống nhựa 250 mm	1,21	0,431

#### Ví dụ tính toán:

Tính nồng độ  $\text{CO}_2$  và  $\text{O}_2$  còn lại trong nước sau khi làm thoáng tự nhiên qua dàn mưa, cường độ tưới  $10\text{m}^3/\text{m}^2$ . Dàn mưa có ba sàn đỡ, sàn trên là tám xẻ khe hoặc khoan lỗ, hai sàn dưới xếp ống nhựa  $\phi 25$  mm cách 25 mm thành 10 lớp vuông góc với nhau với tổng chiều dày 250 mm. Chiều cao giữa các sàn 0,6 m. Nồng độ  $\text{CO}_2$  ban đầu trong nước  $C_0 = 60$  mg/l, nồng độ oxy  $C_0 = 2$  mg/l. Nồng độ bão hòa  $\text{CO}_2$ :  $C_s = 1$  mg/l, của oxy  $C_s = 9$  mg/l.

**Giải:**

1) Khử CO<sub>2</sub> - trị số K<sub>2t</sub> theo kết quả thực nghiệm ở bảng (9.3) có K<sub>2t</sub> toàn phần làm thoáng = K<sub>2t1</sub> + 2 × K<sub>2t2</sub>

$$K_{2t} = 0,357 + 2 \times 0,431 = 1,219.$$

Lượng CO<sub>2</sub> còn lại trong nước sau làm thoáng theo (9.13).

$$C = C_s \cdot (C_s - C_o) e^{-K_2 t};$$

$$C = 1 \cdot (1 - 60) e^{-1,219} = 18,47 \text{ mg/l.}$$

Hiệu quả làm thoáng khí CO<sub>2</sub>:

$$R = \frac{C_o - C}{C_o} = \frac{60 - 18,47}{60} \times 100 = 59,69\%.$$

2) Hấp thụ oxy

$$K_{2t} = 1,12 + 2 \times 1,21 = 3,54;$$

$$C = C_s \cdot (C_s - C_o) e^{-K_2 t};$$

$$C_{O_2} = 9 \cdot (9 - 2) e^{-3,54} = 8,7 \text{ mg/l;}$$

Hiệu quả làm thoáng hấp thụ O<sub>2</sub>:

$$R = \frac{C - C_o}{C_s} = \frac{8,7 - 2}{9} = 74,5\%.$$

### 9.2.3. Làm thoáng cưỡng bức

Trong các phần trước, ta mới xét các quá trình trao đổi ở điều kiện tự nhiên và do vậy động lực của quá trình biến đổi (C<sub>s</sub> - C) được giả thiết là chỉ phụ thuộc vào sự biến đổi của nồng độ khí trong nước. Thực tế khi nồng độ khí trong pha khí giảm thì giá trị nồng độ hòa tan bão hòa C<sub>s</sub> = K<sub>D</sub>C<sub>k</sub> sẽ giảm tương ứng. Động lực của quá trình (C<sub>s</sub> - C) sẽ giảm đi do giá trị C tăng lên còn giá trị C<sub>s</sub> giảm đi. Trong thực tiễn làm thoáng, việc tăng giảm các giá trị trên phụ thuộc vào lượng khí cung cấp, diện tích bề mặt tiếp xúc, thời gian tiếp xúc, điều kiện khuấy trộn. Để làm rõ vấn đề này, ta hãy xét các yếu tố theo đầu vào và ra của công trình. Giả thiết một công trình làm thoáng được cung cấp ở đầu vào lưu lượng không khí Q<sub>k</sub> (m<sup>3</sup>/s) với nồng độ một chất khí C<sub>ko</sub> (g/m<sup>3</sup>), và lưu lượng nước Q<sub>n</sub> (m<sup>3</sup>/s) có chứa cùng chất khí đó với nồng độ C<sub>o</sub> (g/m<sup>3</sup>). Coi lưu lượng khí là không đổi trong quá trình làm thoáng, tại cửa ra của công trình ta có các nồng độ tương ứng C<sub>k1</sub>, C<sub>1</sub> và sự cân bằng vào - ra là:

$$Q_k C_{ko} + Q_n C_o = Q_k C_{k1} + Q_n C_1.$$

Gọi R là tỷ số giữa lưu lượng khí và nước  $R = \frac{Q_k}{Q_n}$  và biến đổi phương trình trên ta có:

$$R = -\frac{C_1 - C_o}{C_{k1} - C_{ko}} = -\frac{\Delta C}{\Delta C_k} \quad (9.15)$$

Biến thiên của nồng độ khí  $\Delta C$  và  $\Delta C_k$  trong hai môi trường ảnh hưởng đến động lực của quá trình làm thoáng. Các giá trị biến thiên lại phụ thuộc vào kiểu công trình làm thoáng.

Tháp làm thoáng có dòng khí và nước đi cùng chiều từ trên xuống. Giả sử tháp làm thoáng có dung tích  $V$  bên trong chất đầy vật liệu tiếp xúc có tổng diện tích bề mặt  $F$ . Lưu lượng nước cần làm thoáng  $Q_n$ , có nồng độ khí đã hòa tan sẵn  $C_o$ . Lượng khí cấp vào tháp  $Q_k$  có nồng độ  $C_{ko}$ .

Nước, khí có cùng vận tốc, và cùng thời gian lưu trong tháp.

Nồng độ khí tương ứng là  $C_k$  và  $C$ .

Xét sự liên hệ giữa nồng độ ở đầu ra  $C_k$  và  $C$  từ phương trình (9.15) ta có:

$$C_k = (C_{ko} + \frac{C_o}{R}) - \frac{C}{R} \quad (9.16)$$

Thay giá trị của nồng độ ở đầu ra  $C_k$  theo công thức (9.16) vào công thức (9.1) ta có:

$$C_s = K_D C_k = C_{so} + C_o \frac{K_D}{R} - C \frac{K_D}{R} \quad (9.17)$$

Biến thiên nồng độ khí trong môi trường lỏng khi làm thoáng đã được xác định theo (9.12)

$$\frac{dC}{dt} = (C_s - C)K_2$$

Thay giá trị của  $C_s$  ở (9.17) vào (9.12) và tích phân theo điều kiện biên  $t = 0$ ,  $C = C_o$  ta có:

$$C = C_o + (C_{so} - C_o) \frac{1 - e^{[-K_2 t (1 + \frac{K_D}{R})]}}{1 + \frac{K_D}{R}} \quad (9.18)$$

trong đó:  $C$  - nồng độ khí có trong nước tại đầu ra ( $g/m^3$ );

$C_o$  - nồng độ khí có trong nước ở đầu vào ( $g/m^3$ );

$C_{so}$  - trị số nồng độ khí bão hòa trong nước ở đầu vào ( $g/m^3$ );

$R$  - tỷ lệ gió trên nước,  $R = \frac{Q_k}{Q_n}$  ;

$t$  - thời gian lưu nước trong dàn (s);

$K_D$  - hệ số khuếch tán;

$K_2$  - hệ số tách khí kỹ thuật;  $K_2 = \frac{F}{V} \cdot K_L$ .

Công trình làm thoáng có dòng ngược chiều - nước từ trên xuống không khí từ dưới lên:

$$K_s = \frac{C_1 - C_o}{C_{so} - C_o} = \frac{1 - e^{\left[-K_2 t (1 + \frac{K_D}{R})\right]}}{1 - \frac{K_D}{R} e^{\left[-K_2 t (1 + \frac{K_D}{R})\right]}} \quad (9.19)$$

trong đó:  $C_{so}$  - nồng độ khí hòa tan bão hòa trong các điều kiện thực tế ( $g/m^3$ );

$t$  - thời gian tiếp xúc,

$$t = \frac{H}{v}, \text{ (s) ;}$$

$H$  - chiều cao công trình làm thoáng;

$v$  - tốc độ trung bình của nước đi qua công trình làm thoáng.

- Tải trọng thủy lực của tháp lấy từ 36 đến  $150 m^3/m^2h$ .
- Tỷ lệ *gió/nước*  $R = 15 \div 60$ .
- Hiệu suất khử khí  $CO_2$  và hấp thụ oxy đạt từ 75 đến 90%.

**Ví dụ tính toán:**

Tính hiệu quả khử khí  $CO_2$  trong tháp làm thoáng cưỡng bức tải trọng thủy lực  $140 m^3/m^2h$ . Tỷ lệ *gió/nước*  $R = 15$ , gió nước đi cùng chiều. Trong tháp bố trí một dàn ống phun cho nước rơi tự do 0,5 m, rồi đi qua 4 lớp sàn đỡ, mỗi sàn đỡ đặt 10 lớp ống  $\phi 25$  cách nhau 25 mm, các lớp ống xếp vuông góc với nhau tạo thành khối dày 250 mm, đáy sàn cách nhau 0,5 m. Nồng độ bão hòa  $CO_2$  trong nước  $C_s = 1 mg/l$ . Nồng độ ban đầu của  $CO_2$  trong nước  $C_o = 60 mg/l$ .

**Giải:**

Ở nhiệt độ  $10^\circ C$  hệ số khuếch tán  $K_D$  của  $CO_2$  tra bảng (9.1):

$$K_D = 1,2; K_D/R = 12/15 = 0,08.$$

$K_2 t$  tra bảng (9.3) có:

$$K_2 t = 0,357 + 4 \times 0,431 = 2,081.$$

Áp dụng công thức (9.18):

$$C = C_o + (C_{so} - C_o) \frac{1 - e^{\left[-K_2 t (1 + \frac{K_D}{R})\right]}}{1 + \frac{K_D}{R}}$$

$$C = 60 + (1 - 60) \frac{1 - e^{\left[-2,081(1+0,08)\right]}}{1 + 0,08}$$

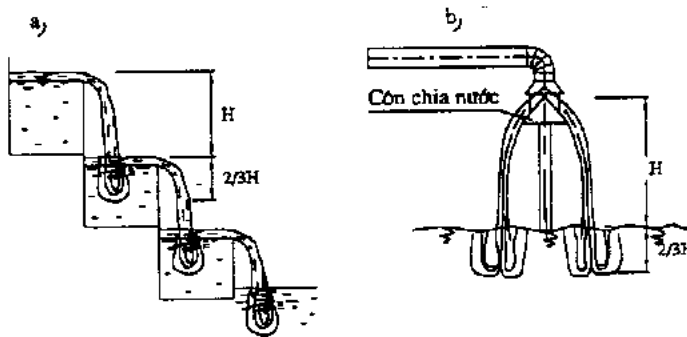
$$C = 60 \cdot 59 \times 0,828 = 60 \cdot 48,9 = 11,1 \text{ gCO}_2/\text{m}^3.$$

Hiệu quả khử khí:

$$R = \frac{60 - 11,1}{60} = 81,5\%.$$

#### 9.2.4. Làm thoáng bằng hệ máng tràn nối tiếp và bằng vòi phun trực tiếp trên mặt nước

Khi làm thoáng bằng máng tràn hay ống phun trực tiếp lên mặt nước, dòng tia nước rơi tự do ở độ cao  $H$  và ngập sâu xuống mặt nước với chiều sâu bằng  $2/3H$ . Diện tích tiếp xúc giữa hai pha *nước, khí*, ngoài diện tích của dòng tia nước, khi rơi tự do tiếp xúc với không khí, khi đi sâu vào thể tích nước kéo theo một lượng khí, tạo thành bọt phân tán trong thể tích nước làm cho bề mặt tiếp xúc đơn vị  $F/V$  tăng lên, tăng hiệu quả làm thoáng.



Hình 9.2. Sơ đồ làm thoáng đơn giản  
a) Máng làm thoáng; b) Ống phun trực tiếp

##### a. Làm thoáng bằng máng tràn

Nồng độ khí  $C$  đối với oxy và  $\text{CO}_2$  trong nước sau làm thoáng tính theo công thức:

$$C - C_0 = K (C_s - C_0). \quad (9.20)$$

Với  $K = 1 - e^{-K_2 t}$  gọi là hệ số hiệu quả của quá trình trao đổi khí.

Với hệ thống  $n$  máng tràn tính theo công thức:

$$C_n = C_s - (C_s - C_0) \left(1 - \frac{K}{n}\right)^n. \quad (9.21)$$

Bằng thực nghiệm đã xác định được hệ số  $K$  đối với oxy:

Đối với nước không nhiễm bẩn

$$K = 0,45 (1 + 0,046 T^\circ)H.$$



Đối với nước bắn

$$K = 0,36 (1 + 0,046 T^\circ)H.$$

Đối với nước thải

$$K = 0,29 (1 + 0,046 T^\circ)H.$$

Các công thức trên đúng cho tải trọng thủy lực từ 6,5 đến 26 l/sm dài của máng tràn. Đối với khí CO<sub>2</sub> khi áp dụng công thức (9.20) có thể lấy K = 0,25 · 0,3 cho mỗi bậc làm thoáng.

**Vi dụ tính toán:**

Nước thô có nhiệt độ 12°C, làm thoáng trên máng tràn ba bậc nối tiếp, chiều cao mỗi bậc 0,5 m. Nồng độ oxy ban đầu C<sub>0</sub> = 2 mg/l. Nồng độ bão hòa C<sub>s</sub> = 10 mg/l. Tính nồng độ oxy trong nước sau làm thoáng.

**Giải:**

Tổng chiều cao làm thoáng H = 1,5 m; n = 3

$$K = 0,45 (1 + 0,046 T^\circ)h = 0,45 (1 + 0,046 \times 12)1,5 = 1,05;$$

$$C_3 = C_s \cdot (C_s - C_0) \left(1 - \frac{K}{n}\right)^n;$$

$$C_3 = 10 \cdot (10 - 2) \left(1 - \frac{1,05}{3}\right)^3 = 7,2 \text{ gO}_2/\text{m}^3;$$

Nếu làm hai bậc ta có: n = 2; h = 0,75 m

$$C_2 = 10 \cdot (10 - 2) \left(1 - \frac{1,05}{2}\right)^2 = 8,0 \text{ gO}_2/\text{m}^3.$$

Như vậy, chọn hai bậc tràn tốt hơn ba bậc tràn.

**b. Làm thoáng bằng ống phun trực tiếp trên mặt nước (hình 9.2b)**

Nồng độ khí C (g/m<sup>3</sup>) còn lại trong nước sau khi làm thoáng tính theo công thức (9.20)

$$C - C_0 = K (C_s - C_0), \tag{9.20}$$

với:

$$K = 1 - e^{-K_2 T_c};$$

$$t_c = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Tăng tải trọng thủy lực, giảm nhanh hệ số hiệu quả K. Bằng thực nghiệm với tải trọng thủy lực 26 l/s của chu vi đáy côn chia nước, các chiều cao rơi H so với mực nước, thu được các giá trị của hệ số K cho trong bảng (9.4).

Bảng 9.4. Giá trị thực nghiệm của hệ số K

Hệ số hiệu quả làm thoáng K ở $t = 20^\circ\text{C}$	Chiều cao từ côn chia đến mặt nước		
	0,65 m	0,95 m	1,3 m
$K_{(\text{CO}_2)}$	0,25	0,32	0,39
$K_{(\text{O}_2)}$	0,4	0,44	0,49
$K_{(\text{O}_2)}/K_{(\text{CO}_2)}$	1,6	1,375	1,257

**Vi dụ tính toán:**

Nhà máy xử lý nước công suất  $12000 \text{ m}^3/\text{ngày} = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ , có 6 bể lọc, lưu lượng nước vào một bể  $484 \text{ m}^3/\text{h} = 23,1 \text{ l/s}$ . Nồng độ  $\text{CO}_2$  trong nước thô  $C_o = 30 \text{ mg/l}$ , nồng độ oxy  $C_o = 2 \text{ mg/l}$ , nồng độ bão hòa  $\text{CO}_2: C_s = 1 \text{ mg/l}$ ;  $C_s \text{ oxy} = 8,2 \text{ mg/l}$ . Xác định nồng độ  $\text{CO}_2$  và oxy còn lại trong nước sau khi làm thoáng trên mặt bể lọc theo sơ đồ hình (9.2).

**Giải:**

Xác định đường kính côn phân phối nước:

- Chu vi đáy côn cần:

$$L = \pi D = \frac{23,1}{26} = 0,89 \text{ m.}$$

- Đường kính đáy côn:

$$D = \frac{L}{\pi} = \frac{0,89}{3,14} = 0,282 \approx 0,3 \text{ m.}$$

Khoảng cách từ đáy côn đến mặt nước:  $H = 0,95 \text{ m}$ .

- Tra bảng (9.2):  $K_{(\text{CO}_2)} = 0,32$ ;  $K_{(\text{O}_2)} = 0,44$ .

Hàm lượng  $\text{CO}_2$  còn lại trong nước sau làm thoáng:

$$C_{(\text{CO}_2)} = C_o + K(C_s - C_o) = 30 + 0,32(1 - 30) = 20,7 \text{ mg/l.}$$

$$C_{(\text{O}_2)} = C_o + K(C_s - C_o) = 2 + 0,44(8,2 - 2) = 4,728 \text{ mg/l.}$$

# 10

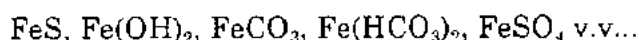
## KHỬ SẮT, KHỬ MANGAN VÀ XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN

---

### 10.1. KHỬ SẮT

#### 10.1.1. Các trạng thái tồn tại tự nhiên của sắt trong các nguồn nước

##### *a. Các hợp chất vô cơ của ion sắt hóa trị II*



- Các hợp chất vô cơ của ion sắt hóa trị III

$\text{Fe(OH)}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  v.v... trong đó keo hydroxyt sắt hóa trị III  $\text{Fe(OH)}_3$  là chất keo tụ, dễ dàng lắng đọng trong các bể lắng và bể lọc. Vì thế các hợp chất vô cơ của sắt hòa tan trong nước hoàn toàn có thể xử lý bằng phương pháp lý học: làm thoáng lấy oxy của không khí để oxy hóa sắt hóa trị II thành sắt hóa trị III và cho quá trình thủy phân, keo tụ  $\text{Fe(OH)}_3$  xảy ra hoàn toàn trong các bể lắng, bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong.

##### *b. Các phức chất vô cơ của ion sắt với silicat, photphat ( $\text{FeSiO(OH)}_3^{+3}$ )*

- Các phức chất hữu cơ của ion sắt với axit humic, fulvic v.v...
- Các ion sắt hòa tan  $\text{Fe(OH)}^+$ ,  $\text{Fe(OH)}_2^0$  tồn tại tùy thuộc vào giá trị thế oxy hóa khử và pH của môi trường.

Các loại phức chất và hỗn hợp các ion hòa tan của sắt không thể khử bằng phương pháp lý học thông thường, mà phải kết hợp với phương pháp hóa học. Muốn khử sắt ở các dạng này phải cho thêm vào nước các chất oxy hóa như: clo,  $\text{KMnO}_4$ , ozon để phá vỡ liên kết và oxy hóa ion sắt thành ion hóa trị III hoặc cho vào nước các chất keo tụ  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al(SO}_4)_3$  và kiềm hóa để có giá trị pH thích hợp cho quá trình đông keo tụ các loại keo sắt và phèn xảy ra triệt để trong các bể lắng, bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong.

### 10.1.2. Số liệu cần thiết để thiết kế trạm xử lý khử sắt

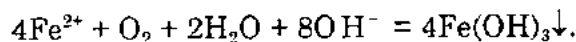
Khi thiết kế trạm khử sắt cần thu thập các số liệu sau:

- Công suất hữu ích của trạm ( $m^3/ngđ$ ), số giờ hoạt động trong ngày hay công suất giờ ( $m^3/h$ ).
- Bơm nước liên tục với lưu lượng đủ lớn để loại trừ hết nước tù đọng, sau đó lấy mẫu ngay tại đầu bơm để phân tích các chỉ tiêu:
  - 1) Độ đục.
  - 2) Độ màu.
  - 3) Độ oxy hóa.
  - 4) Độ kiềm.
  - 5) Độ cứng toàn phần và độ cứng cacbonat.
  - 6) pH.
  - 7) Tổng hàm lượng sắt.
  - 8) Hàm lượng ion sắt hóa trị II.
  - 9) Hàm lượng ion sắt hóa trị III.
  - 10) Hàm lượng silic, poliphotphat và các kim loại nặng.
  - 11) Hàm lượng  $CO_2$  tự do.
  - 12) Hàm lượng  $H_2S$ .
- Kết quả thí nghiệm khử sắt tại chỗ theo phương pháp lý học, hóa học.

### 10.1.3. Lựa chọn dây chuyền công nghệ khử sắt

#### a. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử sắt

Quá trình oxy hóa sắt hóa trị II thành sắt hóa trị III và thủy ngân sắt hóa trị III thành bông cặn  $Fe(OH)_3$  dễ lắng đọng biểu hiện bằng phương trình sau:



Để oxy hóa 1 mg sắt (II) tiêu tốn 0,143 mg oxy.

Tốc độ của quá trình oxy hóa và thủy phân:

$$\frac{dFe^{2+}}{dt} = K[Fe^{2+}][OH^-]^2.[O_2], \quad (10.1)$$

trong đó:  $[O_2]$  - lượng oxy hòa tan trong nước tính bằng phân tử g/l. Tốc độ phản ứng tăng khi nồng độ oxy hòa tan trong nước tăng lên.

K - hằng số tốc độ oxy hóa và thủy phân phụ thuộc vào nhiệt độ, tính chất đệm của dung dịch nước, phụ thuộc vào các chất xúc tác như: cặn  $Fe(OH)_3$  tích lũy trên mặt các hạt vật liệu lọc, hoạt động của vi khuẩn sắt, các muối đồng, mangan oxyt, là những xúc tác làm tăng nhanh rất nhiều (từ 2 đến 3 lần) quá trình oxy hóa và thủy phân sắt;

$[OH]^{-2}$  - tốc độ phản ứng và thủy phân sắt tăng khi tăng pH của nước (nồng độ ion  $OH^{-}$  tăng).

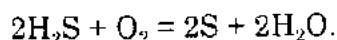
Khi có đủ hàm lượng oxy để oxy hóa sắt, thời gian oxy hóa và thủy phân sắt trên công trình phụ thuộc vào trị số pH của nước theo tiêu chuẩn thiết kế các công trình cấp nước (TCN 33-85) và theo số liệu đúc kết nhiều năm của Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Công nghệ cấp thoát nước thuộc Công ty Tư vấn cấp thoát nước số 2 - Bộ xây dựng có thể lấy như sau:

pH	6,0	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	≥7,5
Thời gian tiếp xúc cần thiết trong bể lắng và bể lọc (thời gian lưu nước) (phút)	90	60	45	30	25	20	15	10
Thời gian tiếp xúc cần thiết (thời gian lưu nước) trong bể lọc tiếp xúc (bể lọc I) và bể lọc trong (bể lọc đợt II) (phút)	60	45	35	25	20	15	12	5

- Tốc độ lọc qua bể tiếp xúc có thể lấy 5 - 20 m/h. tùy thuộc vào thời gian lưu nước cần thiết và lượng cặn cần giữ lại sao cho qua bể lọc đợt I hàm lượng cặn còn lại đi vào bể lọc trong (lọc đợt II)  $\leq 15$  mg/l.
- Tốc độ lọc qua bể lọc trong lấy 3 - 9 m/h tùy thuộc vào chiều dày và cỡ hạt của lớp vật liệu lọc và thời gian lưu nước cần thiết.

#### *b. Các sơ đồ dây chuyền công nghệ khử sắt*

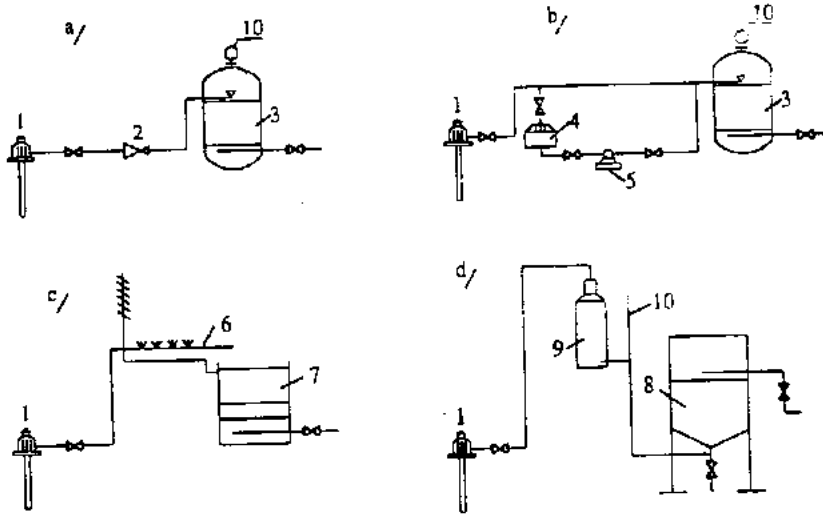
Trong nước ngầm ngoài ion  $Fe^{2+}$  luôn có một lượng chất khử hoặc là hữu cơ hoặc vô cơ biểu thị bằng độ oxy hóa của nước tính theo mg/l oxy. Nếu trong nước có chứa các hợp chất của lưu huỳnh dưới dạng khí  $H_2S$  hòa tan, ion  $HS^{-}$  hoặc  $S^{2-}$ , các hợp chất này là các chất khử đối với hệ sắt (tại  $25^{\circ}C$  thế oxy hóa tiêu chuẩn  $E_o = - 0,48 V$ ) nên có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình oxy hóa sắt.



Oxy còn dư sau phản ứng trên sẽ tiếp tục oxy hóa  $Fe^{2+}$  thành  $Fe^{3+}$ . 1 mg  $H_2S$  tiêu thụ 0,47 mg  $O_2$ . Trong quá trình oxy hóa sắt một phần oxy hòa tan sẽ tham gia vào quá trình phân hủy các chất khử. Vì vậy lượng oxy cần thiết để khử sắt là:

$$(\text{Độ oxy hóa (biểu thị bằng mg/l } O_2) + 0,47 H_2S + 0,15 Fe^{2+}) \text{ mg/l.}$$

### 1. Sơ đồ làm thoáng đơn giản và lọc



**Hình 10.1. Các sơ đồ khử sắt bằng phương pháp làm thoáng đơn giản và lọc**

a) Thu khí bằng ejector lọc qua bể áp lực; b) Làm thoáng bằng thùng hỗn hợp khí;

c) Làm thoáng bằng ống phun mưa; d) Tháp oxy hóa và lọc nổi.

1- trạm bơm giếng; 2- ejector thu khí; 3- bể lọc áp lực; 4- thùng hỗn hợp khí nước; 5- máy bơm ly tâm; 6- ống phun mưa; 7- bể lọc nhanh; 8- bể lọc vật liệu nổi; 9- tháp oxy hóa; 10- xả khí.

Điều kiện áp dụng:

- Độ màu của nước khi chưa tiếp xúc với không khí  $\leq 15$ .
- Hàm lượng  $SiO_2^{2-} \leq 2$  mg/l.
- $H_2S \leq 0,5$  mg/l.
- $NH_4^+ \leq 1$  mg/l.
- Tổng hàm lượng sắt  $\leq 10$  mg/l.
- Nhu cầu oxy = độ oxy hóa +  $0,47 H_2S + 0,15 Fe^{2+} \leq 7$  mg/l.

**Vi dụ tính toán:**

Công suất cần  $10 \text{ m}^3/\text{h} \approx 200 \text{ m}^3/\text{ng}$ .

Tổng hàm lượng sắt 9 mg/l, sắt hóa trị II  $Fe^{2+} = 6$  mg/l, pH = 6,8.

Độ oxy hóa 4 mg O<sub>2</sub>/l;

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ≈ 0, SiO<sub>2</sub> < 1; H<sub>2</sub>S ≈ 0.

Độ kiềm tính theo

CaCO<sub>3</sub> = 25 mg/l < 1 mdg/l.

Có thể áp dụng sơ đồ làm thoáng đơn giản và lọc trực tiếp:

- Lượng oxy cần thiết để khử sắt:

$$4 + 0,15 \times 6 = 4,9 \text{ mg/l.}$$

Hàm lượng oxy trong nước nguồn = 0.

Lượng oxy cần hấp thụ vào nước C = 4,9 mg/l. Đủ điều kiện để áp dụng sơ đồ làm thoáng đơn giản và lọc.

**Giải:**

a. *Tính thiết bị làm thoáng để lấy đủ lượng oxy*

Nếu dùng ejector thu khí, lượng oxy hòa tan được vào nước theo sơ đồ gió nước đi cùng chiều tính theo công thức:

$$C = C_0 + (C_s - C_0) \cdot \frac{1 - e^{\left[ -K_2 t \left( 1 + \frac{K_D}{R} \right) \right]}}{1 + \frac{K_D}{R}}, \quad (9.18)$$

C<sub>0</sub> - hàm lượng oxy có sẵn trong nước trước khi làm thoáng ≈ 0;

C<sub>s</sub> - hàm lượng oxy bão hòa trong nước phụ thuộc vào nhiệt độ và tổng hàm lượng muối chọn theo bảng: C<sub>s</sub> = 8,4.

Lượng oxy hòa tan bão hòa trong nước (g/m <sup>3</sup> ) khi tổng hàm lượng muối < 1000 mg/l.								
Nhiệt độ nước (°C)	18	19	20	21	22	23	24	25
C <sub>s</sub> (g/m <sup>3</sup> )	9,5	9,4	9,2	9,0	8,8	8,7	8,5	8,4

K<sub>D</sub> - hệ số truyền khí vào nước, phụ thuộc vào nhiệt độ.

Hệ số K <sub>D</sub> đối với các chất khí				
Nhiệt độ (°C)	0	10	20	30
O <sub>2</sub>	0,0493	0,0398	0,0337	0,0296
CO <sub>2</sub>	1,710	1,23	0,942	0,738
H <sub>2</sub> S	4,690	3,65	2,87	--
Không khí	0,0288	0,0234	0,0200	0,0179

K<sub>D</sub> = 0,021

K<sub>2</sub> - năng suất truyền tách khí kỹ thuật, K<sub>2</sub> phụ thuộc vào bản chất khí và diện tích bề mặt tiếp xúc của công trình.

Đối với oxygen và  $\text{CO}_2$ :  $K_2 = \frac{A}{V} \times 2.10^{-4}$ .

Đối với  $\text{H}_2\text{S}$ :  $K_2 = \frac{A}{V} \times 1,5.10^{-4}$ .

A - diện tích bề mặt tiếp xúc giữa khí và nước tính bằng diện tích bề mặt phía trong thiết bị làm thoáng cộng với diện tích mặt rỗng của vật liệu có trong thiết bị (tính bằng  $\text{m}^2$ );

V - thể tích thiết bị làm thoáng ( $\text{m}^3$ ). Trong trường hợp lấy khí bằng ejector qua tháp oxy hóa, hoặc dẫn trực tiếp vào bể áp lực lấy  $K_2 = 2.10^{-2}$ ;

t - thời gian làm thoáng, hay thời gian lưu nước và khí trong thiết bị;

$$t = \frac{V}{Q}, (\text{s})$$

Q - lưu lượng nước ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

V - thể tích lưu nước và khí, từ điểm thu khí vào đến điểm xả khí ra, trong sơ đồ thu khí bằng ejector qua tháp oxy hóa hay dẫn vào bể áp lực. Trong ví dụ này thể tích tính theo cấu tạo bằng  $0,4 \text{ m}^3$ ;

Q - lưu lượng  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$t = \frac{0,4}{10} = 0,04 \text{ giờ} = 138 \text{ giây.}$$

$$K_2 t = 2.10^{-2} \times 138 = 2,76.$$

$$R: \text{Tỷ lệ gió/nước} = \frac{Q_{\text{không khí}}}{Q_{\text{nước}}} = 10.$$

Hàm lượng oxy trong nước sau làm thoáng:

$$C_{O_2} = 8,4 \times \frac{1 - e^{-2,76 \left(1 + \frac{0,021}{10}\right)}}{1 + \frac{0,021}{10}} = \frac{0,937}{1,0021} \times 8,4 = 7,85 \text{ mg/l.}$$

$C_{O_2} = 7,85$  có dư để oxy hóa sắt (II) thành sắt (III).

- Nếu làm thoáng đơn giản phun mưa trên máng bể lọc (sơ đồ hình 10.1c) cường độ mưa  $a \leq 10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ , hoặc qua máng tràn, lưu lượng tràn qua mép máng  $q = 6,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{ms}$  đến  $2,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{ms}$ . Lượng oxy trong nước sau làm thoáng tính theo công thức (9.21)

$$C = C_o + (C_s - C_o) \times 0,45 (1 + 0,046 T) h, (\text{mg/l}),$$

$C_s, C_o$  - hàm lượng oxy bão hòa và hàm lượng oxy có trong nước nguồn;

T - nhiệt độ nước ( $^{\circ}\text{C}$ );

h - chiều cao nước rơi (m).

Trong ví dụ:  $C = 0 + 8,4 \times 0,45 (1 + 0,046 \times 25) \times 0,7 = 5,68 \text{ mg/l}$ .

Nhu cầu oxy chỉ cần  $4,9 \text{ mg/l}$  do đó có thể chọn một trong hai sơ đồ làm thoáng nêu trên.



*b. Tính toán bể lọc khử sắt*

Khi thiết kế bể lọc khử sắt phải thỏa mãn đồng thời ba yêu cầu:

- Yêu cầu giữ lại cặn để làm trong nước.
- Yêu cầu thời gian lưu nước đủ để hoàn thành quá trình oxy hóa và thủy phân sắt.

Đặc tính lớp vật liệu lọc theo yêu cầu làm trong				Tốc độ lọc tính toán		Vật liệu lọc	Cường độ rửa
d nhỏ nhất	d lớn nhất	Hệ số không đều	Chiều dày (m)	Bình thường	Tăng cường		
0,8	1,8	1,5 + 2	1	≤ 7	10	Cát	Nước+gió 2 + 4 l/sm <sup>2</sup> . 50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
1	2,2	1,5 + 2	1,3	≤ 9	12	Vật liệu lọc nổi	12 + 14 l/sm <sup>2</sup> rửa nước nổi

- Yêu cầu thời gian tiếp xúc pH = 6,8; thời gian cần T = 20 phút = 0,33 giờ. Chiều dày lớp lọc 1m + 1 (chiều dày lớp nước trên mặt bể lọc cát hoặc lớp nước dưới mặt vật liệu lọc nổi); h = 1 + 1 = 2,0 m.

Vận tốc lọc:

$$v = \frac{h}{T} = \frac{2,0}{0,33} = 6,02 \text{ m/h lấy } 6 \text{ m/h.}$$

Diện tích lọc:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{10}{6} = 1,7 \text{ m}^2.$$

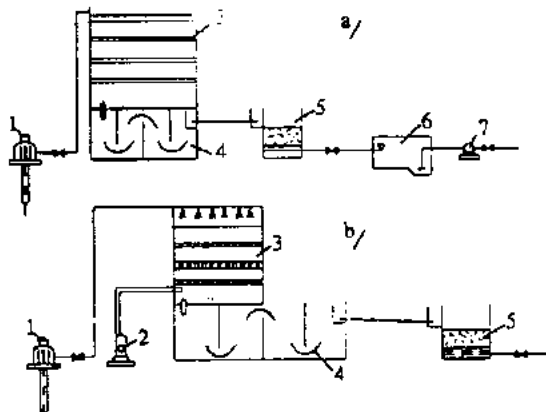
**2. Sơ đồ làm thoáng + lắng hoặc lọc tiếp xúc + lọc trong**

- Điều kiện áp dụng:

$$\text{Độ oxy hóa} \leq \left( \frac{\text{Fe}^{+2}}{28} + 5 \right) \text{ mg/l.}$$

- Nhu cầu oxy = độ oxy hóa + 0,47 H<sub>2</sub>S + 0,15 Fe<sup>2+</sup> < 10 mg/l.
- Tổng hàm lượng sắt ≥ 15 mg/l; tổng hàm lượng muối khoáng < 1000mg/l.
- Hàm lượng SiO<sub>2</sub><sup>2-</sup> ≤ 2 mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ≤ 1,5 mg/l, H<sub>2</sub>S < 1 mg/l.
- Độ kiềm của nước K ≥  $\left( 1 + \frac{\text{Fe}^{+2}}{28} \right)$ .

- pH < 6,8 thì tính toán thiết bị làm thoáng theo điều kiện khử khí CO<sub>2</sub> để tăng pH.
- Độ kiềm của nước K <  $\left(1 + \frac{-Fe^{2+}}{28}\right)$
- pH > 6,8 thì tính toán thiết bị làm thoáng theo điều kiện lấy oxy để khử sắt.



Hình 10.2. Sơ đồ dây chuyền công nghệ khử sắt làm thoáng, lắng hoặc lọc tiếp xúc, lọc trong

a) Dàn làm thoáng tự nhiên; b) Dàn làm thoáng cưỡng bức.

1- trạm bơm giếng; 2- máy quạt gió; 3- dàn làm thoáng (tự nhiên hoặc cưỡng bức); 4- bể lắng hoặc bể lọc tiếp xúc; 5- bể lọc trong; 6- bể chứa nước sạch; 7- trạm bơm đợt II.

#### Vi dụ tính toán:

Lưu lượng cần xử lý  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{h} \approx 2300 \text{ m}^3/\text{ngày}$ .

Tổng hàm lượng sắt = 28 mg/l.

Sắt hóa trị II  $Fe^{2+} = 12 \text{ mg/l}$ .

$SiO_2^{2-} < 1 \text{ mg/l}$ .

Độ oxy hóa: 5,5 mg/l ;  $H_2S \approx 0$  ;  $NH_4 < 1 \text{ mg/l}$ .

Độ kiềm 2,1 mdlg/l  $> \left(1 + \frac{12}{28}\right)$ , pH = 6,5.

#### Giải:

Nhu cầu oxy:  $5,5 + 0,15 \times 12 = 7,3 \text{ mg/l}$ .

Độ kiềm 2,1; pH = 6,5 < 6,8. Tổng hàm lượng sắt 28 mg/l.

Áp dụng sơ đồ làm thoáng khử CO<sub>2</sub> nâng pH, lọc tiếp xúc, lọc trong để khử sắt.

#### a. Tính toán thiết bị làm thoáng

- Xác định tổng hàm lượng CO<sub>2</sub> có trong nước =  $C_o + 1,6 Fe^{2+}$ , trong đó:

1,6 Fe<sup>2+</sup> là lượng CO<sub>2</sub> bổ sung do thủy phân sắt tạo ra, cứ 1 mg sắt Fe<sup>2+</sup> bị thủy phân tạo ra 1,6 mg CO<sub>2</sub> và làm giảm độ kiềm 1 lượng bằng 0,036 mdlg/l.

C<sub>o</sub> - hàm lượng ban đầu của CO<sub>2</sub> trong nước nguồn tính theo công thức:

$$C_o = \frac{44 K_{(độ\ kiềm\ mdlg/l)}}{K_1 \times 10^{pH + \sqrt{\mu}}} \text{ (mg/l)},$$

K - độ kiềm của nước nguồn (mdlg/l), K = 2,1;

μ - lực ion của dung dịch μ = 0,000022 P;

P - tổng hàm lượng muối (mg/l) ≤ 1000 → μ = 0,022;

K<sub>1</sub> - hằng số phân ly bậc 1 của axit cacbonic.

°C	10	20	25	30
K <sub>1</sub>	3,34.10 <sup>-7</sup>	4,05.10 <sup>-7</sup>	4,31.10 <sup>-7</sup>	4,52.10 <sup>-7</sup>

$$C_o = \frac{44 \times 2,1}{4,31 \cdot 10^{-7} \times 10^{6,5 + \sqrt{0,02}}} + 1,6 \times 12$$

$$= 66,1 \text{ mg/l}$$

- Nếu khử khí CO<sub>2</sub> và lấy oxy trên tháp làm thoáng cưỡng bức có cấu tạo như hình (10.3), có chiều cao h = 3 m. Diện tích tiếp xúc đơn vị  $\frac{A}{V} = 100$ . Cường độ tưới 50 ÷ 100 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. Chọn q = 60 m<sup>3</sup>/h.

Diện tích mặt bằng của tháp:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{100}{60} = 1,66 \text{ m}^2.$$

Tháp hoạt động theo sơ đồ gió nước đi ngược chiều. Hàm lượng khí trong nước khi ra khỏi tháp làm thoáng tính theo công thức (9.19)

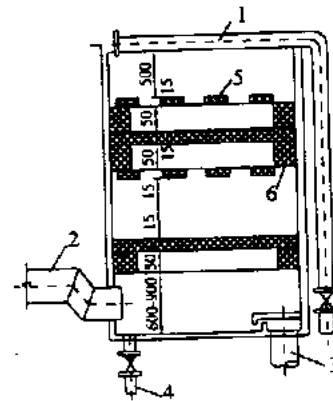
$$C = C_o + (C_s - C_o) \frac{1 - e^{\left[ -K_{2t} \left( 1 - \frac{K_D}{R} \right) \right]}}{1 - \frac{K_D}{R} e^{\left[ -K_{2t} \left( 1 - \frac{K_D}{R} \right) \right]}}$$

R- tỷ lệ gió/nước, R = 20;

C<sub>s</sub>- hàm lượng CO<sub>2</sub> bão hòa trong nước, C<sub>s</sub>= 1 mg/l;

C<sub>o</sub>- hàm lượng CO<sub>2</sub> ban đầu, C<sub>o</sub> = 66,1 mg/l;

K<sub>D</sub>- đối với khí CO<sub>2</sub>, K<sub>D</sub> = 0,942;



Hình 10.3. Tháp làm thoáng cưỡng bức gió nước ngược chiều

- 1- ống phân phối nước; 2- ống cấp gió;
- 3- ống đưa nước sang lắng hoặc lọc tiếp xúc; 4- ống xả đáy; 5- sàn gỗ xếp so le;
- 6- dầm gỗ đỡ các lớp sàn tung.

$$K_2 \text{ - hệ số tách khí kỹ thuật, } K_2 = 2.10^{-4} \times \frac{A}{V} = 2.10^{-2};$$

t - thời gian lưu của nước và khí trong tháp:

$$t = \frac{h}{q} = \frac{3}{60} = 0,05h = 180s;$$

$$C = 66,1 + (1 - 66,1) \frac{1 - e^{\left[-3,6\left(1 - \frac{0,94}{20}\right)\right]}}{1 - \frac{0,94}{20} e^{[-3,6 \times 0,953]}} = 12 \text{ mg/l.}$$

Đối với oxy cũng tính tương tự, được hàm lượng oxy  $\approx 7,9$  mg/l.

- Chọn máy quạt gió có công suất  $Q = 100 \times 20 = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ , tổn thất áp lực  $H \geq 3 \times 100 \text{ mm}$  (tổn thất áp lực gió lấy 100 mm cho 1m chiều cao của dàn).

- Nếu khử khí  $\text{CO}_2$  và lấy oxy trên dàn làm thoáng tự nhiên theo nguyên tắc rơi trọng lực (hình 10.4).

Dàn làm thoáng hình (10.4) gồm hệ thống ống phun tia hoặc máng răng cưa tạo tia nước, cách lớp sàn tung thứ nhất 0,6m, ba lớp sàn tung nước, mỗi lớp sàn tung gồm 10 lớp ống nhựa  $\phi 25 \text{ mm}$  đặt cách nhau 25mm, các lớp xếp vuông góc với nhau theo thứ tự lớp nọ đè so le trực tiếp lên lớp kia (xếp cũi lợn), khoảng cách giữa các sàn tung 0,5 - 0,6m.

- Từ kết quả nghiên cứu ở chương 4 (các quá trình trao đổi khí và khử khí) với cường độ tưới  $q = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ . Có thể tính được hàm lượng  $\text{CO}_2$  còn lại sau dàn mưa theo công thức (4.20).

$$C = C_0 + K(C_s - C_0).$$

- Đối với dàn ống phun tia cách sàn tung thứ nhất

$$C_0 = 66,1 \text{ mg/l}; \quad C_s = 1 \text{ mg/l}; \quad K = 0,3;$$

$$C_1 = 66,1 + 0,3(1 - 66,1) = 46,57 \text{ mg/l.}$$

- Sau lớp sàn tung thứ nhất:

$$C_1 = C_0 = 46,57 \text{ mg/l}; \quad C_s = 1 \text{ mg/l}; \quad K = 0,35;$$

$$C_2 = 46,57 + 0,35(1 - 46,57) = 30,62 \text{ mg/l.}$$

- Sau lớp sàn tung thứ hai:

$$C_2 = C_0 = 30,62 \text{ mg/l}; \quad C_s = 1 \text{ mg/l}; \quad K = 0,35;$$

$$C_3 = 30,62 + 0,35(1 - 30,62) = 20,25 \text{ mg/l.}$$

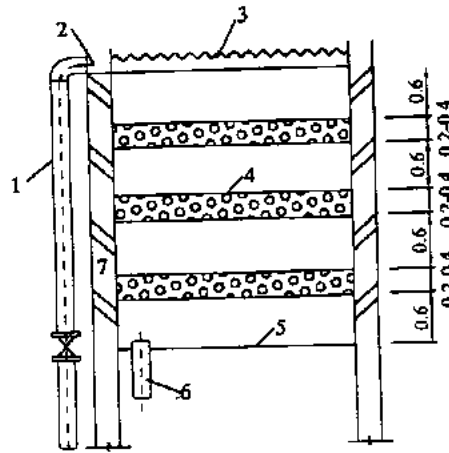
- Sau lớp sàn tung thứ ba:

$$C_3 = C_0 = 20,25 \text{ mg/l}; \quad C_s = 1 \text{ mg/l}; \quad K = 0,35;$$

$$C_4 = 20,25 + 0,35(1 - 20,25) = 13,52 \text{ mg/l.}$$

Diện tích mặt bằng của dàn mưa  $F = \frac{100 \text{ m}^3/\text{h}}{10 \text{ m}^3/\text{h}} = 10 \text{ m}^2$ . Từ kết quả tính cho thấy: dàn

làm thoáng cưỡng bức và dàn mưa làm thoáng tự nhiên có hiệu suất khử khí  $\text{CO}_2$  gần bằng nhau khi diện tích chênh nhau 10: 1,66 = 6 lần.



Hình 10.4. Dàn làm thoáng tự nhiên

1- ống dẫn nước nguồn; 2- máng phân phối chung; 3- máng tràn rãnh cửa (có thể là ống khoan lỗ) để phân phối đều nước theo diện tích; 4- lớp vật liệu tiếp xúc có diện tích bề mặt lớn; 5- sàn thu nước; 6- ống thu nước; 7- nan chóp lấy không khí và ngăn bụi nước.

b. Tính toán bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong:

- Xác định pH sau làm thoáng (chọn dàn làm thoáng cưỡng bức) theo công thức:

$$C = \frac{44K}{K_1 10^{pH + \sqrt{\mu}}} \rightarrow pH = \log \frac{44K}{K_1 C} - \sqrt{\mu} \quad (10.2)$$

C - hàm lượng CO<sub>2</sub> sau làm thoáng = 12 mg/l;

K - độ kiềm sau làm thoáng  $K = 2,1 \cdot (12 \times 0,036) = 1,66$  mdlg/l.

$$pH = \log \frac{44 \times 1,66}{4,31 \times 10^{-7} \times 12} - \sqrt{0,022} = 6,9.$$

- Thời gian cần thiết để hoàn thành quá trình oxy hóa và thủy phân  $t \geq 5$  phút.
- Bể lọc tiếp xúc chọn bể lọc vật liệu nổi,  $d = 1 + 2$  mm, chiều dày 1,5 m, tốc độ lọc 15 m/h, qua bể lọc tiếp xúc hàm lượng cặn còn < 10mg/l, sang bể lọc trong tốc độ 6 m/h, chiều cao lớp lọc 1 m.

$$\text{Thời gian lưu nước } T = \left( \frac{1,5}{15} + \frac{1}{6} \right) \cdot h = \frac{7}{30} \cdot h = 16 \text{ phút, đạt yêu cầu.}$$

3. Sơ đồ kiểm hóa, làm thoáng, lắng hoặc lọc tiếp xúc, lọc trong

Điều kiện áp dụng:

- Nhu cầu oxy = độ oxy hóa + 0,47 H<sub>2</sub>S + 0,15 Fe<sub>2</sub> ≤ 15 mg/l.
- Độ pH của nước sau làm thoáng tính theo công thức (10.2) ≤ 6,5.

Khi cho chất kiểm hóa vào nước như vôi CaO, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> v.v... pH của nước tăng lên, phá vỡ các liên kết của các chất hữu cơ môi trường axit, các ion

$Fe^{2+}$  thủy phân nhanh chóng thành  $Fe(OH)_3$  và kết tủa một phần, lúc này thế oxy hóa khử của hệ  $Fe(OH)_2/Fe(OH)_3$  giảm xuống, oxy có trong nước dễ dàng oxy hóa sắt (II) thành sắt hóa trị III. Hydroxit sắt (III) kết tụ thành bông cặn lớn dễ loại bỏ bằng bể lắng và bị giữ lại hoàn toàn trong bể lọc.

Liều lượng các chất kiềm cần thiết tính theo công thức:

$$CaO = 0,8 CO_2 + 1,8 Fe^{2+} \text{ (mg/l)}, \quad (10.3)$$

trong đó:  $CO_2$  - lượng  $CO_2$  tính theo công thức (10.2) (mg/l):

$Fe^{2+}$  - hàm lượng ion sắt hóa trị II (mg/l).

Các công trình trong dây chuyền công nghệ khử sắt bằng vôi tính toán như các công trình xử lý nước mặt (bể lắng trong, bể lắng ngang, bể lắng đứng, bể lọc tiếp xúc) đảm bảo giữ được từ 80 - 90% tổng lượng cặn trong nước.

Chất kiềm hóa cho vào sau thiết bị làm thoáng để tiết kiệm vì đã khử được một phần hàm lượng  $CO_2$ .

#### 4. Sơ đồ oxy hóa bằng hóa chất, lắng và lọc tiếp xúc, lọc trong

Điều kiện áp dụng:

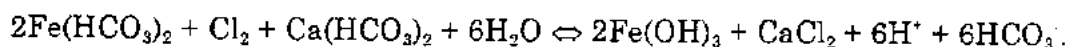
Khi trong nước có chất hữu cơ, các tổ hợp chất hữu cơ tạo thành keo bảo vệ của ion sắt, chúng ngăn cản quá trình thủy phân và oxy hóa sắt. Trong nhiều trường hợp, muốn khử sắt trước hết phải phá vỡ màng bảo vệ hữu cơ bằng tác dụng của các chất oxy hóa mạnh. Đối với nước ngầm khi hàm lượng sắt quá cao đồng thời tồn tại cả  $H_2S$  thì lượng oxy thu được bằng làm thoáng không đủ để oxy hóa toàn bộ  $H_2S$  và sắt, trong trường hợp này cần dùng hóa chất để khử sắt.

Khử sắt bằng clo, có quá trình oxy hóa khử như sau:



Thế oxy hóa khử tiêu chuẩn  $E_0 = 1,36 \text{ V}$ .

Khi cho clo vào nước, clo sẽ oxy hóa sắt (II) thành sắt (III).



Tốc độ oxy hóa của phản ứng:

$$\frac{dFe^{2+}}{dt} = K \frac{[Fe^{2+}][Cl_2]^{1/2}}{[Cl^-][H^+]^3} \quad (10.5)$$

Để oxy hóa 1 mg  $Fe^{2+}$  cần 0,64 mg  $Cl_2$  và đồng thời độ kiềm của nước giảm đi 0,018 mdlg/l.

Từ (10.5) cho thấy tốc độ oxy hóa sắt bằng clo tăng nhanh khi giảm nồng độ ion  $H^+$ , tức là tăng pH của nước(10.4). Tuy nhiên do clo là chất oxy hóa mạnh ( $E_0 = 1,36 V$ ), nên phản ứng oxy hóa sắt vẫn xảy ra nhanh khi độ pH có giá trị lớn hơn hoặc bằng 5.

Khi trong nước có muối hòa tan của các hợp chất amoni, clo tự do trong nước kết hợp với chúng thành cloramin. Thế oxy hóa khử của cloramin  $E_0 = 0,76V$ , bằng một nửa thế oxy hóa khử của clo, vì vậy quá trình oxy hóa bị chậm lại. Với giá trị pH của nước bằng 7, quá trình oxy hóa sắt (II) bằng cloramin kết thúc sau 60 ph. Vì vậy nếu phát hiện trong nước có muối hòa tan của các hợp chất amoni với nồng độ đáng kể thì việc oxy hóa bằng clo là không có lợi (xem hình 10.5).

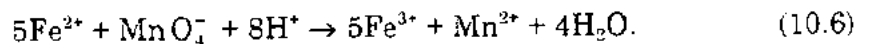
Đồng thời với việc khử sắt bằng clo, các chất hữu cơ cũng được khử khỏi nước, vì vậy liều lượng clo sử dụng sẽ tăng lên. Liều lượng clo bổ sung để khử hữu cơ bằng:

$$a_{Cl} = 0.5[O_2] \text{ (mg/l)}.$$

Trong đó  $[O_2]$  - độ oxy hóa bằng kali permanganat của muối tính chuyển ra oxy.

**Khử sắt bằng kali permanganat ( $KMnO_4$ ).**

Khi dùng  $KMnO_4$ , quá trình khử sắt kết thúc rất nhanh vì cặn mangan (IV) hydroxit vừa được tạo thành lại là nhân tố xúc tác cho quá trình khử sắt. Phản ứng oxy hóa khử của hệ  $KMnO_4$  và sắt diễn ra theo phương trình sau:

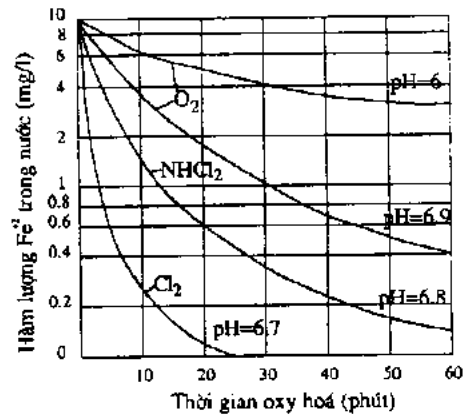


Thế tiêu chuẩn của cặp và của  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  là  $E_0 = 0,77V$ .

Hệ số cân bằng của (10.6):

$$K = \frac{[Mn^{2+}][Fe^{3+}]^5}{[MnO_4^-][Fe^{2+}][H^+]^8} \quad (10.7)$$

Từ (10.7) cho thấy nồng độ ion do phản ứng tạo ra lớn hơn rất nhiều lần ( $10^{3,5}$ ) nồng độ các ion bị oxy hóa. Trong quá trình khử sắt, các ion  $Fe^{3+}$  được



Hình 10.5. Tốc độ oxy hóa Fe<sup>2+</sup> trong nước bằng oxy của không khí, clo và cloramin

tạo thành sẽ thủy phân và tạo bông cặn ngay nên nồng độ ion  $Fe^{3+}$  hòa tan trong nước còn lại không đáng kể. Do đó (10.6) là phản ứng không thuận nghịch, xảy ra nhanh và triệt để. Để khử hết 1 mg  $Fe^{2+}$  cần 0,564 mg  $KMnO_4$ .

Trong nguồn nước mặt, cùng với việc xử lý độ đục và các cặn bản khác bằng clo hóa sơ bộ, kiểm hóa, pha phèn, ion sắt sẽ bị oxy hóa và lắng cùng với các keo, keo tụ cặn bản trong nước tức là việc khử sắt luôn được thực hiện bằng quá trình xử lý nước mặt để loại trừ độ đục của nước.

## 5. Thí nghiệm khử sắt bằng mô hình

Để xác định được quy trình công nghệ khử sắt an toàn và hợp lý nhất cần phải tiến hành công tác thí nghiệm bằng mô hình ngay tại nguồn nước với các trình tự sau:

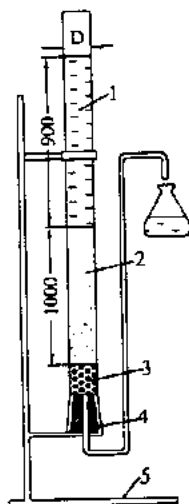
### a. Làm thoáng đơn giản và lọc

Dùng ống lọc thí nghiệm bằng thủy tinh hay nhựa trong (hình 10.6), đường kính tối thiểu 50mm, bên trong đổ lớp cát lọc cỡ hạt 0,8 - 1,8mm, dày 1m. Nước thí nghiệm phải bơm liên tục từ giếng lên với lưu lượng lớn hơn 0,3 lần lưu lượng sẽ khai thác. Dùng ống cao su trích lấy một phần nước để thí nghiệm. Đầu ống cao su đặt cao hơn ống lọc 0,4m. Tốc độ lọc 6 - 8 m/h. Tiến hành lọc liên tục trong 10 ngày để tạo ra trên bề mặt hạt cát một lớp sắt (III) hydroxit. Sau đó giảm tốc độ lọc xuống 5m/h và tiếp tục lọc thêm 7m/h nữa. Tiến hành lấy mẫu nước đã lọc để phân tích theo trình tự: 10 ngày đầu mỗi ngày 1 lần, bảy giờ cuối mỗi giờ một lần. Nếu hàm lượng sắt trong các mẫu cuối đạt yêu cầu thì quy trình đã chọn là phù hợp.

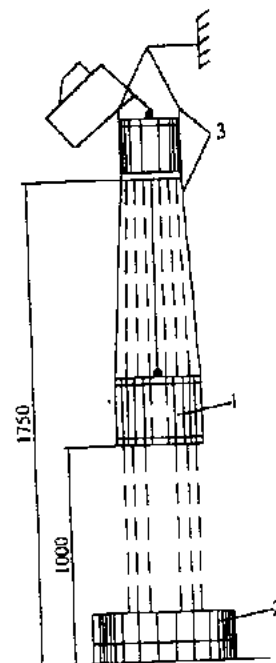
### b. Làm thoáng, lắng tiếp xúc và lọc

Nếu kết quả của quy trình (a) không đạt yêu cầu thì tiếp tục thí nghiệm theo quy trình sau: Dùng các chậu đục lỗ (1) và (2) làm giàn mưa (hình 10.7), chậu (1) có đường kính 100mm, đáy khoan 100 lỗ đường kính 0,5 mm, chậu (2) có đường kính 150 mm, khoan 225 lỗ cùng đường kính 0,5mm. Lấy 5 lít nước từ giếng lên đổ vào chậu theo một cường độ tưới  $10m^3/m^2h$ . Nước chảy xuống chậu (3) để lắng 30 phút rồi lọc qua ống lọc với tốc độ 5 m/h. Tiến hành phân tích mẫu nước trước khi lắng, sau lắng và sau lọc. Lặp lại thí nghiệm nhiều lần với các cường độ tưới, thời gian lắng, tốc độ lọc khác nhau và chọn quy trình đạt các chỉ tiêu tối ưu nhất về khử sắt.





**Hình 10.6.** Sơ đồ ống lọc đường kính 50 mm dùng để thí nghiệm khử sắt  
1- vỏ ống lọc thủy tinh; 2- cát lọc; 3- sỏi đỡ; 4- ống lấy mẫu; 5- giá đỡ.



**Hình 10.7.** Sơ đồ thiết bị làm thoáng  
1- châu làm thoáng; 2- châu lắng; 3- dây đỡ

**c. Làm thoáng, pha vôi, lắng và lọc**

Nếu quy trình (b) vẫn chưa cho kết quả mong muốn cần điều chỉnh độ pH của nước sau làm thoáng bằng cách pha thêm nước vôi bão hòa. Tiến hành thí nghiệm với các liều lượng vôi và thời gian lắng khác nhau và chọn lấy kết quả tối ưu.

**d. Pha clo, lắng tiếp xúc và lọc**

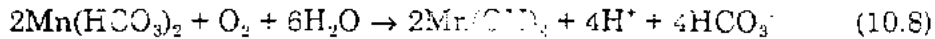
Khi thí nghiệm bằng làm thoáng không đạt hiệu quả khử sắt thì chuyển sang dùng clo để oxy hóa sắt. Lấy năm bình thủy tinh có dung tích 2 lít, đổ đầy nước và pha clo với liều lượng khác nhau vào các bình rồi để lắng 45 phút. Lọc qua ống lọc và lấy mẫu để phân tích. Mẫu nào đạt tiêu chuẩn với liều lượng clo ít nhất sẽ được chọn.

Trong thực tế quá trình khử sắt còn luôn chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố phụ, do vậy để xác định được quy trình tối ưu cần phải tiến hành thí nghiệm ở quy mô bán sản xuất và ngay cả trong quá trình quản lý.

## 10.2. KHỬ MANGAN (Mn)

Mangan thường tồn tại song song với sắt ở dạng ion hóa trị II trong nước ngầm và dạng keo hữu cơ trong nước mặt. Do vậy việc khử mangan thường được tiến hành đồng thời với khử sắt.

Mangan (II) hòa tan khi bị oxy hóa sẽ chuyển dần thành mangan (III) và (IV) ở dạng hydroxit kết tủa, quá trình oxy hóa diễn ra như sau:



Công thức (10.8) cho thấy quá trình khử mangan phụ thuộc vào pH của nước. pH càng cao tức nồng độ ion  $\text{H}^+$  càng thấp thì tốc độ oxy hóa và thủy phân mangan càng lớn. Như vậy quá trình oxy hóa mangan sẽ đạt hiệu quả cao nhất ở một giá trị pH nào đó. Xét phương trình biểu diễn thế oxy hóa khử mangan.

$$E_{\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{2+}} = 1,23 - 0,12 \text{ pH} - 0,03 \lg a_{\text{Mn}^{2+}}, \quad (10.9)$$

trong đó:  $a_{\text{Mn}^{2+}}$  - hoạt độ của ion  $\text{Mn}^{2+}$  trong nước.

$$a_{\text{Mn}^{2+}} = f_{\text{Mn}^{2+}} \times C_{\text{Mn}^{2+}},$$

ở đây:  $f_{\text{Mn}^{2+}}$  - hệ số hoạt độ;

$C_{\text{Mn}^{2+}}$  - nồng độ của ion  $\text{Mn}^{2+}$  trong nước.

Trong môi trường nước, hệ số hoạt độ  $f_{\text{Mn}^{2+}}$  thường có giá trị 0,6. Nếu muốn giảm hàm lượng mangan xuống còn 0,2 mg/l theo tiêu chuẩn vệ sinh ta có:

$$a_{\text{Mn}^{2+}} = 0,6 \times 0,2 \text{ mg/l} = 0,12 \text{ mg/l} = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ iong/l.}$$

Thế oxy hóa khử cần thiết sẽ là:

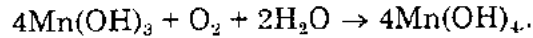
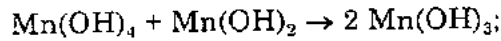
$$E_{\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{2+}} = 1,23 - 0,12\text{pH} - 0,03 \lg 2,2 \times 10^{-6} = 1,29 - 0,12 \text{ pH.} \quad (10.10)$$

Trong thực tế, sau làm thoáng, quá trình oxy hóa diễn ra ngay với các chất dễ bị oxy hóa, do vậy đến mangan thế oxy hóa khử của nước thường chỉ còn lại khoảng 0,2V. Thay vào (10.10) ta thấy rằng để đưa hàm lượng mangan xuống đến 0,2 mg/l, pH của nước phải có giá trị xấp xỉ bằng 9.

Kết quả thực nghiệm cho thấy khi  $\text{pH} < 8$  và không có chất xúc tác thì quá trình oxy hóa mangan (II) thành mangan (IV) diễn ra rất chậm. Độ pH tối ưu thường trong khoảng từ 8,5 đến 9,5.

Tương tự như với sắt, quy trình xử lý mangan cơ bản cũng bao gồm các khâu làm thoáng, lắng và lọc. Trong quá trình lọc, hạt lọc được phủ dần một lớp

mangan hydroxit  $Mn(OH)_4$  tích điện âm, lớp  $Mn(OH)_4$  có tác dụng như chất xúc tác hấp thụ các ion  $Mn^{2+}$  và oxy hóa nó theo phương trình:



Lớp phủ  $Mn(OH)_4$  mới tạo thành lại tham gia vào phản ứng mới và cứ như vậy tạo ra một chu trình phản ứng liên tục. Như vậy hiệu quả khử mangan lại phụ thuộc vào lớp phủ  $Mn(OH)_4$  do chính bản thân quá trình khử tạo ra trên bề mặt hạt cát lọc.

Biểu đồ hình (10.8) cho thấy vai trò quan trọng của lớp xúc tác đến hiệu quả khử mangan bằng oxy. Khi chưa có lớp xúc tác, hiệu quả khử chỉ đạt được với pH lớn hơn 9, nếu có xúc tác phản ứng có hiệu quả ngay từ pH = 8,2.

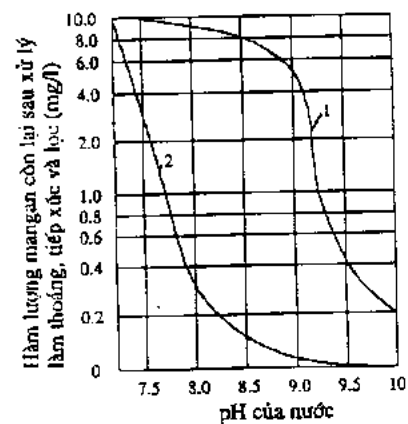
Trong thực tế để sớm đưa bể lọc vào chế độ hoạt động ổn định, cần pha thêm vào nước dung dịch  $KMnO_4$  với liều lượng 1 - 3 mg/l trong vài ngày đầu, hoặc nâng pH của nước lên trên 9.

### Công nghệ khử mangan

#### Phương pháp oxy hóa

Quy trình công nghệ cơ bản cũng giống như khử sắt bao gồm giàn mưa, lắng tiếp xúc và lọc. Riêng phần bể lọc, do phản ứng oxy hóa mangan diễn ra chậm nên lớp cát lọc phải có bề dày 1,2 - 1,5 m. Quy trình rửa lọc phải được lựa chọn trên cơ sở thực nghiệm chính xác, nhằm mục đích giữ lại một lớp màng  $Mn(OH)_4$  bao quanh hạt cát lọc làm màng xúc tác cho chu kỳ tiếp theo. Nếu rửa sạch hạt cát lọc thì vào chu kỳ lọc sau lại cần có thời gian để tạo ra lớp màng xúc tác mới (thường từ 5 - 10 ngày). Để đạt hiệu quả cao, vật liệu lọc nên dùng cát đen (đã được phủ một lớp dioxit mangan).

Trong trường hợp nước có chứa cả sắt và mangan, cần tiến hành thí nghiệm để xác định quy trình xử lý kết hợp. Giàn làm thoáng cần



**Hình 10.8.** Hiệu quả của chất xúc tác trong quá trình khử mangan bằng oxy  
1- xử lý không xúc tác; 2- xử lý có xúc tác

phải đảm bảo đủ lượng oxy hòa tan cho cả quá trình oxy hóa sắt và mangan. Do sắt bị oxy hóa trước nên quá trình oxy hóa mangan sẽ xảy ra ở các lớp cát lọc nằm bên dưới.

Tùy theo tính chất nước nguồn và các điều kiện kinh tế kỹ thuật cho phép, quy trình xử lý kết hợp có thể là:

#### a. Xử lý có xúc tác

Bao gồm làm thoáng, lắng tiếp xúc, bể lọc một hoặc hai lớp. Cơ sở lựa chọn dựa trên điều kiện: nếu sau khi sắt bị oxy hóa hết, độ pH của nước còn giữ được cao hơn 8 thì quá trình oxy hóa mangan sẽ diễn ra thuận lợi. Bể lọc cần có lớp cát với bề dày không nhỏ hơn 1,5 m. Trong trường hợp này dùng bể lọc hai lớp (than antraxit và cát) đạt hiệu quả cao hơn. Ưu điểm của quy trình là chỉ có một cấp bể lọc, cặn  $Mn(OH)_2$  được tạo ra trước sẽ là nhân tố xúc tác cho sự oxy hóa mangan. Tuy nhiên quy trình rửa lọc sẽ rất phức tạp vì nếu rửa sạch cặn sắt nằm ở lớp vật liệu lọc bên trên (cần cường độ rửa lớn) thì khó giữ lại được lớp màng xúc tác  $Mn(OH)_2$  ở lớp cát bên dưới.

#### b. Xử lý không xúc tác

Khi hàm lượng sắt và mangan trong nước đều lớn hoặc không thỏa mãn các yêu cầu của hệ một bậc thì chọn quy trình xử lý hai bậc. Quá trình khử sắt sẽ hoàn thành ở bậc một gồm các khâu làm thoáng, lắng, lọc. Sau đó xử lý nâng pH của nước lên trên 8. Nếu lượng oxy hòa tan còn lại không đủ để oxy hóa mangan tiến hành làm thoáng lại và lọc nước qua bể lọc thứ hai để xử lý mangan. Quy trình này tuy tốn kém hơn về xây dựng nhưng chất lượng và hiệu quả xử lý ổn định. Các bể lọc có chức năng khác nhau rõ ràng, nên vận hành rửa lọc đơn giản hơn.

### Các phương pháp khác để khử mangan

#### a. Phương pháp hóa học

Sử dụng các chất oxy hóa mạnh như clo, ozon,  $KMnO_4$  để oxy hóa  $Mn^{2+}$  thành  $Mn^{4+}$ . clo oxy hóa  $Mn^{2+}$  ở pH = 7 trong 60 đến 90 ph clo dioxit ( $ClO_2$ ) và ozon ( $O_3$ ) oxy hóa  $Mn^{2+}$  ở pH = 6,5 ÷ 7 trong 10 đến 15 phút.

Để oxy hóa 1 mg  $Mn^{2+}$  cần 1,35 mg  $ClO_2$  hay 1,45 mg  $O_3$ . Nếu trong nước có các hợp chất amoni thì quá trình oxy hóa  $Mn^{2+}$  bằng clo chỉ bắt đầu sau khi clo kết hợp với amoni thành cloramin và trong nước còn dư clo tự do. kali

permanganat oxy hóa  $Mn^{2+}$  ở mọi dạng tồn tại (kể cả dạng keo, hữu cơ) thành  $Mn(OH)_4$ .

**b. Phương pháp sinh học**

Sử dụng vật liệu đã được cấy trên bề mặt một loại vi khuẩn có khả năng hấp thụ mangan trong quá trình sinh trưởng. Xác vi khuẩn chết sẽ tạo ra trên bề mặt hạt vật liệu lọc một màng mangan oxit có tác dụng như chất xúc tác trong quá trình khử mangan.

**10.3. XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN**

**10.3.1. Khảo sát và phân loại nguồn nước**

Qua khảo sát đánh giá, vùng nhiễm phèn chiếm 41% diện tích đồng bằng sông Cửu Long, bao gồm vùng Tây Bắc Long An, Đồng Tháp Mười, tứ giác Long Xuyên và vùng Tây sông Hậu. Thời gian nhiễm phèn từ 2 đến 6 tháng. Vào mùa mưa, nước mưa rửa trôi đất phèn, mang theo nhiều sắt, nhôm sunfat và axit mùn hữu cơ. Đặc trưng của nước chua phèn là chứa nhiều ion  $H^+$  và các muối thủy phân mang tính axit như  $AlCl_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$ . Nước chua phèn không có tính chất đệm (hàm lượng ion  $HCO_3^-$  và  $CO_3^{2-}$  không có hoặc rất thấp) nên không thích hợp cho đời sống của các sinh vật sống dưới nước. Các vùng trũng, nước đọng chứa rất nhiều sunfat, ngược lại các vùng có địa hình cao hàm lượng sunfat có trong nước ít hơn.

Do công tác thủy lợi được phát triển với hệ thống kênh rạch chằng chịt, độ phèn và thời gian nước bị nhiễm phèn có giảm đi. Sau khi khảo sát và lấy mẫu phân tích chúng tôi nhận biết và phân loại ba loại nước chua phèn cần có những nghiên cứu xử lý khác nhau:

**1. Loại 1**

Nước ở vùng sâu, ao tù, chưa có hệ thống thủy lợi nội đồng, nước chua phèn có đặc tính:

- Màu : Vàng đục.
- pH : 2,5 - 3,0.
- Độ kiềm : 0 ( $CO_3^{2-} = 0$ ;  $HCO_3^- = 0$ ).
- Hàm lượng sắt: 30 - 120 mg/l.
- Hàm lượng  $SO_4^{2-}$  : 800 - 5000 mg/l.

Ngoài ra loại nước này có nhiều tạp chất mùn hữu cơ, tắm rửa bị rộp da, gây ăn mòn các dụng cụ chứa, không thể uống được.

Nguồn nước này phân bố ở vùng hẹp, chất lượng nước rất xấu, hiện nay dân địa phương không có nhu cầu sử dụng. Nếu xử lý phải dùng hóa chất rất đắt tiền không phù hợp với người dân nông thôn.

## 2. Loại 2

Nước nhiễm phen dọc kênh Vĩnh Tế, kênh Trì Tôn, Ba Thê và một số ở vùng Châu Đốc, Hòn Đất (Kiên Giang), và Tam Nông Đồng Tháp.

Vì có hệ thống thủy lợi nội đồng, các kênh thông với sông lớn do đó nước trong kênh ngọt quanh năm, từ 3 đến 4 tháng đầu mùa mưa, nước chảy ở nội đồng đổ vào các kênh lớn gây hiện tượng nhiễm phen. Nước có đặc tính:

- Màu : Vàng đục, nhiều tạp chất hữu cơ.
- pH : 2,5 - 3,5.
- Độ kiềm : 0 ( $\text{CO}_3^{2-} = 0$ ;  $\text{HCO}_3^- = 0$ ).
- Hàm lượng sắt: 25 - 70 mg/l.
- Hàm lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  : 100 + 380 mg/l.
- Độ mặn: 180 mg/l.
- Các chỉ tiêu khác nằm trong tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt.

Để sử dụng cho ăn uống sinh hoạt cần phải xử lý.

## 3. Loại 3

Nước nhiễm phen dọc kênh Nguyễn Văn Tiếp, kênh Nguyễn Tất Thành (Tiền Giang), kênh Dương Văn Dương, sông Vàm Cỏ Tây (Long An), kênh Vĩnh Tế, kênh T<sub>3</sub>, kênh Hà Giang, (Kiên Giang). Thời gian nhiễm phen từ tháng 2 đến tháng 8 hàng năm, vào cuối mùa khô và đến đầu mùa mưa nước đổ từ nội đồng làm cho hệ thống kênh mương thủy lợi bị nhiễm phen. Nước có đặc tính:

- Màu : trong xanh.
- pH : 2,5 - 2,8.
- Độ kiềm : 0 ( $\text{CO}_3^{2-} = 0$ ;  $\text{HCO}_3^- = 0$ ).
- Hàm lượng sắt : 2 - 10 mg/l.
- Hàm lượng nhôm : 4 - 20 mg/l.
- Hàm lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  : 100 - 400 mg/l.
- Có nhiều tạp chất hữu cơ lơ lửng nhưng nước rất trong.

Để sử dụng cho ăn uống sinh hoạt cần phải xử lý.

### 10.3.2. Đánh giá mức độ độc hại của các chất trong nước

Theo đánh giá của nhân dân trong khu vực, hầu hết người dân đều bị mắc bệnh đau bao tử, các dụng cụ chứa trong nhà đều bị ăn mòn, tắm rửa bị rộp da, loại nước vàng đục có chứa nhiều phen sắt gây cảm giác mỹ quan không tốt, người dân không thích dùng. Loại nước trong xanh có chứa nhiều phen nhôm, pH thấp. Nếu dùng sẽ gây hư hại cho men răng, hệ tiêu hóa vì nước quá chua.

Theo các quan niệm từ trước tới nay, nhôm, sắt, sunfat và mangan là các chất không gây độc cho sức khỏe. Lượng sắt lớn hơn 0,3 mg/l; mangan > 0,1 mg/l sẽ làm hoen ố quần áo và các dụng cụ chứa trong nhà. Lượng nhôm cao sẽ làm nước có màu và gây lắng đọng trong các dụng cụ chứa. Hàm lượng sunfat cao gây vị khó chịu cho nước uống. Nếu nước chứa nhiều sunfat với magie sẽ gây tính nhuận trường. Tuy nhiên, theo tài liệu của Tổ chức Y tế thế giới năm 1993, người ta tìm thấy sự liên quan giữa nồng độ cao của nhôm trong nước uống với các bệnh rối loạn thần kinh, như bệnh Alzheimer. Ngoài ra nhôm còn gây loãng xương cho người già và ảnh hưởng đến chức năng lọc máu của thận. Do vậy, vấn đề khử nhôm, sắt, sunfat và mangan cho nước chua phen cần phải được đặt ra.

Tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt của Bộ Y tế qui định: độ pH = 6,5 + 8,5; nhôm: 0,2 mg/l; sắt tổng cộng 0,3 mg/l; mangan 0,1 mg/l; sunfat 400 mg/l.

### 10.3.3. Các biện pháp xử lý trong dân gian

Qua việc điều tra thăm dò ý kiến của nhân dân trong khu vực, các hộ dân ở đây đều có trữ nước mưa để uống. Về mùa khô họ lấy nước sông lọc qua tro bếp để dùng.

Liều lượng tro thay đổi từ 5 đến 10 g/l nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, nhìn chung tro bếp có khả năng làm tăng pH, tăng độ kiềm  $\text{HCO}_3^-$ , giữ lại một phần sắt, nhôm. Nước qua lắng tro có vị ngọt, uống được nhưng phảng phất mùi tanh.

Tuy nhiên, do lượng tro bếp có giới hạn, thời gian bận nhiều vào công việc đồng áng nên không thường xuyên chuẩn bị được, phần lớn người dân ở đây vẫn muốn có một nguồn nước khác có thể phục vụ ăn uống và sinh hoạt mà chỉ cần thao tác đơn giản, nhanh gọn.

Ngoài ra dân trong khu vực còn truyền nhau kinh nghiệm lọc nước qua lớp bã thơm (dứa) đã được sấy khô. Nước sau khi qua lọc có vị ngọt, làm cho ta có

cảm giác uống được. Tuy nhiên thử nghiệm cho thấy độ pH vẫn còn quá thấp ( $\text{pH} < 4,0$ ), hàm lượng nhôm và sắt không giảm. Do vậy nếu sử dụng loại nước này để uống, nhân dân sẽ đưa vào cơ thể một số độc chất mà không hề hay biết.

Theo các tài liệu xử lý nước, việc xử lý nước chua phèn chưa được đặt ra. Do tính chất nguồn nước quá xấu, mà ở các nơi khác trên thế giới, có thể không có loại nước này, hoặc có điều kiện lựa chọn nguồn nước khác tốt hơn nên vấn đề nước chua phèn không hề được sự quan tâm của giới khoa học.

Thực hiện chủ trương nâng cao đời sống nhân dân khu vực đồng bằng sông Cửu Long, mà việc đầu tiên là cấp nước đủ tiêu chuẩn cho nhân dân sử dụng, chúng tôi mạnh dạn đưa vấn đề nước chua phèn vào chương trình nghiên cứu. Trong ba năm từ 1994 đến hết 1996, và đã áp dụng thành công ở ba trạm cấp nước cho đồn biên phòng thuộc tỉnh Đồng Tháp, sẽ áp dụng cho trạm cấp nước ở huyện Hòn Đất, Kiên Giang.

### 10.3.4. Các phương pháp xử lý

#### 1. Nước loại 1

Phải khử sunfat bằng kiềm hóa và bari để keo tụ thành  $\text{BaSO}_4$ . Lắng và lọc qua giấy. Lượng  $\text{SO}_4^{2-}$  giảm xuống còn 500 - 700 mg/l nhưng không ổn định, liều lượng bari lớn, đắt tiền; ngoài ra không khống chế được bari dư trong nước, điều đó gây độc hại cho người dùng.

Hiện nay chưa tìm được biện pháp xử lý nước chua phèn có lượng sunfat cao.

#### 2. Nước loại 2

Để đưa vào sử dụng nguồn nước này, cần kiềm hóa nước để nâng pH và khử sắt. Trên trạm thực nghiệm  $1\text{m}^3/\text{h}$ , chúng tôi đã dùng kiềm  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  để tạo môi trường cho quá trình keo tụ lượng sắt hòa tan có trong nước, sau đó để lắng và lọc qua bể lọc cát. Nước sau khi xử lý có:

- Độ pH : 6,5.
- Độ kiềm tổng cộng : 50 - 100 mg/l  $\text{CaCO}_3$ .
- Sắt : có vết.
- Các chỉ tiêu khác đạt tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt.

#### 3. Nước loại 3

Để đưa vào sử dụng nguồn nước này, cần kiềm hóa nước để nâng pH, khử nhôm và sắt. Sau khi thí nghiệm kiểm tra hiệu quả xử lý của tro bếp, chúng



tôi nhận thấy sự gia tăng của độ kiềm, độ pH cùng với việc khử một phần nhôm, sắt trong nước sau xử lý là kết quả của:

- Quá trình hòa tan tro bếp trong nước.
- Quá trình hấp phụ các ion sắt, nhôm trên bề mặt hạt tro.
- Quá trình lắng.

Do có quá nhiều thông số thay đổi như chất lượng tro bếp, thời gian lắng nên nước sau xử lý có nhiều biến động về hàm lượng chất khoáng, pH, độ kiềm. Từ cách nhìn nhận bản chất xử lý của tro bếp, chúng tôi tổng hợp hóa chất gồm  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , PAC có tác dụng tạo môi trường để ion  $\text{Al}^{3+}$  chuyển về dạng hydroxyt nhôm và các muối nhôm ở dạng keo như  $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4$ . Ngoài ra hóa chất tổng hợp này còn tạo trong nước nhân keo tụ mang điện tích dương, gây phản ứng đồng keo tụ với các ion sắt và nhôm trong nước. Các ion sunfat là những ion đối, có tác dụng mở rộng vùng phản ứng, nâng hiệu quả keo tụ. Sau khi xử lý, lượng ion  $\text{SO}_4^{2-}$  trong nước giảm đi một phần do hấp phụ trên bề mặt keo và lắng. Đặc biệt hóa chất này tạo được bông cặn to, nặng và dễ lắng. Nước sau lắng được phân tầng rõ rệt. Sau khi xử lý tính chất của nước đạt yêu cầu nước ăn uống và sinh hoạt.

Hóa chất này được tổng hợp từ các hóa chất xử lý nước hiện đang dùng nên không chứa độc chất, không gây hại cho sức khỏe.

# 11

## LÀM MỀM NƯỚC

---

### 11.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ LÀM MỀM NƯỚC

Làm mềm nước là quá trình làm giảm nồng độ của ion canxi và magie là chất gây ra độ cứng của nước. Có nhiều phương pháp làm mềm nước, vì thế phải căn cứ vào mức độ làm mềm cần thiết (độ cứng cho phép còn lại của nước), chất lượng nước nguồn và các chỉ tiêu kinh tế khác để chọn ra phương pháp làm mềm thích hợp nhất.

Để làm mềm nước người ta dùng các phương pháp sau:

- 1) *Làm mềm nước bằng hóa chất*: pha các hóa chất khác nhau vào nước để kết hợp với ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  tạo thành các hợp chất không tan trong nước.
- 2) *Phương pháp nhiệt*: đun nóng hoặc chưng cất nước.
- 3) *Phương pháp trao đổi ion*: lọc nước cần làm mềm qua lớp lọc cationit có khả năng trao đổi ion  $\text{Na}^+$  hoặc  $\text{H}^+$  có trong thành phần của hạt cationit với ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  hòa tan trong nước và giữ chúng lại trên bề mặt của các hạt lớp vật liệu lọc.
- 4) *Phương pháp tổng hợp*: là phương pháp phối hợp hai trong ba phương pháp kể trên (phương pháp thứ nhất và thứ hai, hoặc thứ nhất và thứ ba...).
- 5) *Lọc qua màng bán thấm, thẩm thấu ngược (RO)*.

### 11.2. LÀM MỀM NƯỚC BẰNG HÓA CHẤT

Trong thực tế áp dụng hàng loạt phương pháp xử lý nước bằng hóa chất với mục đích kết hợp các ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  hòa tan trong nước thành các hợp chất không tan dễ lắng và lọc. Các hóa chất thường dùng để làm mềm nước là: vôi, soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , xút  $\text{NaOH}$ , hydroxit bari  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , photphat natri  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ .

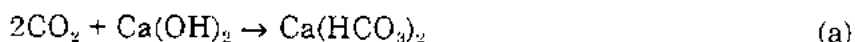
Làm mềm nước bằng hóa chất có thể thực hiện khi đun nóng hoặc không đun nóng nước. Chọn phương án làm mềm nước bằng hóa chất cần phải dựa vào chất lượng nước nguồn, và mức độ làm mềm cần thiết. Trong một vài trường hợp có thể kết hợp làm mềm nước với khử sắt, khử silic, khử photphat...

Ngoài ra trong mỗi trường hợp cụ thể phải dựa trên cơ sở so sánh kinh tế kỹ thuật giữa các phương pháp, đặc biệt là với phương pháp làm mềm bằng cationit.

### 11.2.1. Khử độ cứng cacbonat của nước bằng vôi

Khử độ cứng cacbonat của nước bằng vôi có thể áp dụng trong trường hợp ngoài yêu cầu giảm độ cứng cần phải giảm cả độ kiềm của nước cũng như trong những trường hợp giảm độ kiềm là yêu cầu chính. Phương pháp này có thể kết hợp với phương pháp làm mềm nước bằng Na - cationit để thu được nước có độ cứng bé đến mức cần thiết và có độ kiềm thấp.

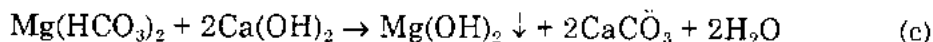
Khi cho dung dịch vôi bão hòa hay sữa vôi vào nước, trước hết chúng kết hợp với  $\text{CO}_2$  hòa tan trong nước tạo thành ion hydrocacbonat theo phản ứng:



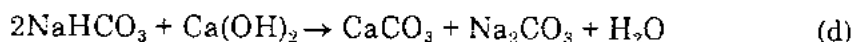
Tiếp tục cho vôi vào nước, vôi sẽ kết hợp với ion hydrocacbonat thành ion cacbonat. Ion cacbonat mới tạo thành kết hợp với ion canxi có trong nước, nếu tích số nồng độ của ion cacbonat và ion canxi lớn hơn tích số hòa tan của  $\text{CaCO}_3$  thì cặn  $\text{CaCO}_3$  sẽ lắng đọng, tách ra khỏi nước.



Để khử độ cứng magie phải pha vào nước một lượng vôi đủ để tạo thành hydroxit magie không tan.

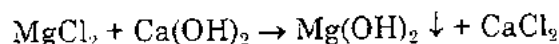
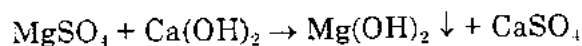


Nếu trong nước có hydrocacbonat natri thì khi pha vôi vào nước sẽ tạo ra cặn  $\text{CaCO}_3$  và cacbonat natri.



Nếu tổng hàm lượng của các ion  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  có trong nước nhỏ hơn tổng hàm lượng của  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  thì sẽ có một lượng magie hòa tan trong nước dưới dạng muối của axit mạnh, ví dụ  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ . Trong trường hợp này nếu xử lý nước bằng vôi thuần túy sẽ xảy ra việc chuyển các muối cứng không

cacbonat của ion magie thành hydroxyt magie không tan đồng thời tạo ra một lượng tương đương muối cứng canxi của các axit mạnh tan trong nước.



Quá trình này làm giảm độ cứng magie nhưng độ cứng tổng không giảm bởi vì ion canxi của vôi hòa tan trong nước thay thế cho ion magie tách ra khỏi nước đúng một lượng tương đương với nó.

Như vậy để giảm độ cứng trong trường hợp này phải pha thêm vào nước một lượng ion  $\text{CO}_3^{2-}$  sao cho tích số nồng độ  $\text{CO}_3^{2-}$  mới cho vào và nồng độ ion  $\text{Ca}^{2+}$  của vôi đã thay thế cho ion  $\text{Mg}^{2+}$  lớn hơn tích số hòa tan của  $\text{CaCO}_3$ .

Giới hạn lý thuyết làm mềm nước bằng vôi khi không đun nóng nước được xác định bằng độ hòa tan của cacbonat canxi và hydroxit magie. Độ hòa tan của cacbonat canxi trong dung dịch đơn chất ở  $0^\circ\text{C}$  bằng 0,15 mdlg/l; ở  $80^\circ\text{C}$  bằng 0,03 mdlg/l, còn đối với hydroxit magie tương ứng bằng 0,4 và 0,2 mdlg/l. Do đó giới hạn lý thuyết làm mềm nước bằng các phương pháp nêu trên khi không có lượng dư ion  $\text{CO}_3^{2-}$  và ion  $\text{OH}^-$  ở  $0^\circ\text{C}$  bằng 0,55mdlg/l và ở  $80^\circ\text{C}$  bằng 0,23 mdlg/l. Thực tế trong nước thiên nhiên độ hòa tan của các hợp chất này phụ thuộc vào thành phần ion của nước, lượng dư các ion  $\text{CO}_3^{2-}$  và  $\text{OH}^-$ .  $\text{CaCO}_3$  cũng như  $\text{Mg(OH)}_2$  có khả năng tạo ra dung dịch quá bão hòa. Nó tiến gần đến trạng thái cân bằng rất chậm ngay cả khi tiếp xúc với pha cứng do cặn  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg(OH)}_2$  tạo ra. Do đó trong nước sau khi làm mềm sẽ còn lại một lượng  $\text{Ca(OH)}_2$  nào đó. Nếu lượng vôi còn lại quá nhiều sẽ làm tăng độ cứng của nước đã được làm mềm và đồng thời làm tăng độ kiềm hydrat của nước. Kết quả của quá trình làm mềm nước bằng cách lắng và lọc các hợp chất cacbonat canxi và hydroxit magie phụ thuộc vào điều kiện cân bằng bão hòa của nước bởi các hợp chất này ở cuối quá trình.

Liều lượng vôi cần pha vào nước để khử độ cứng cacbonat phụ thuộc vào tỷ số của các ion canxi, magie, hydrocacbonat (tính bằng mdlg/l) có trong nước. Nếu nồng độ của ion canxi có trong nước lớn hơn nồng độ của ion hydrocacbonat (hình 11.1a) thì lượng vôi cần thiết để khử độ cứng cacbonat có thể xác định bằng lượng vôi cần thiết để chuyển  $\text{CO}_2$  và ion hydrocacbonat thành ion cacbonat là ion sẽ kết hợp với ion canxi có trong nước thành hợp chất không tan  $\text{CaCO}_3$ . Như đã nói trên trong trường hợp này không cần tính lượng vôi để khử độ cứng magie.

a)	Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup>
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		Cl <sup>-</sup>
b)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup>
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	
	→	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - Ca <sup>2+</sup> )	←	

Hình 11.1. Biểu đồ thành phần giả định của muối trong các nguồn nước khác nhau

Công thức để xác định liều lượng vôi cần thiết khi  $\frac{Ca^{2+}}{20} > \frac{HCO_3^-}{61}$  ( $Ca^{2+}$  và  $HCO_3^-$  tính bằng mg/l) có dạng sau:

$$a_v = 28 \left[ \frac{CO_2}{22} + \frac{HCO_3^-}{61} \pm \frac{a_p}{e} + 0,5 \right] \frac{100}{C_v} \quad (11.1)$$

trong đó:  $a_v$  - liều lượng vôi kỹ thuật (mg/l);

$CO_2$  - hàm lượng  $CO_2$  tự do trong nước (mg/l);

$HCO_3^-$  - nồng độ ion bicarbonat trong nước (mg/l);

$a_p$  - liều lượng phèn ( $FeCl_3$  hay  $FeSO_4$ ) tính chuyển thành sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

$e$  - đương lượng của phèn hoạt tính (đối với  $FeCl_3$ ,  $e = 54$ ; đối với  $FeSO_4$ ,  $e = 76$ );

$C_v$  - hàm lượng vôi tinh khiết CaO trong vôi kỹ thuật (%);

0,5 - lượng vôi dư (mdlg/l) để đảm bảo lắng cặn  $CaCO_3$  khi pH = 9,5.

Số hạng  $\frac{a_p}{e}$  lấy dấu dương khi cho phèn vào nước sau khi cho vôi hay cho

cùng với vôi, lấy dấu âm khi cho phèn trước vôi vì trong trường hợp này khi phèn thủy phân đã làm tiêu hao độ kiềm tự nhiên của nước đi một lượng bằng đương lượng của phèn (xem chương 2).

Trong trường hợp nếu nồng độ của ion canxi có trong nước nhỏ hơn nồng độ của ion hydrocacbonat (tính theo miligam đương lượng/lít) thì liều lượng vôi cần thiết để khử độ cứng cacbonat được xác định xuất phát từ các yếu tố thứ nhất là tạo ra cặn  $CaCO_3$ , thứ hai là lắng cặn hydroxit magie theo đương lượng, tương đương với nồng độ  $Mg(HCO_3)_2$  có trong nước. Theo biểu đồ thành phần

giả thiết của muối trong nước hình (10.1b) thì khi  $\frac{Ca^{2+}}{20} < \frac{HCO_3^-}{61} \left( \frac{Ca^{2+}}{20} + \frac{Mg^{2+}}{12} \right)$  nồng độ  $Mg(HCO_3)_2$  có trong nước bằng:

$$[Mg(HCO_3)_2] = \left( \frac{HCO_3^-}{61} - \frac{Ca^{2+}}{20} \right) \text{mdlg/l.}$$

Trong trường hợp này liều lượng vôi cần thiết được tính theo công thức:

$$a_v = 28 \left[ \frac{CO_2}{22} + 2 \frac{HCO_3^-}{61} - \frac{Ca^{2+}}{20} \pm \frac{a_p}{e} + 1 \right] \frac{100}{C_v} \quad (11.2)$$

$Ca^{2+}$  - nồng độ ion  $Ca^{2+}$  có trong nước (mg/l).

Các ký hiệu còn lại lấy theo công thức (11.1). Lượng vôi dư lấy 1 mdlg/l vì phải chuyển  $Mg(HCO_3)_2$  thành hợp chất không hòa tan  $Mg(OH)_2$ . Để lắng  $Mg(OH)_2$  đòi hỏi phải có độ pH cao hơn trường hợp trên. Nhằm tăng cường quá trình lắng cặn  $CaCO_3$  và  $Mg(OH)_2$  tạo ra khi làm mềm nước bằng vôi người ta cho phen vào nước. Do quá trình làm mềm bằng vôi diễn ra trong khoảng pH > 9 nên không dùng được phen nhôm  $Al_2(SO_4)_3$  vì trong môi trường kiềm  $Al_2(SO_4)_3$  tạo ra aluminat hòa tan (xem chương 2) mà phải dùng phen sắt  $FeCl_3$  hoặc  $FeSO_4$ .

Liều lượng  $FeCl_3$  hay  $FeSO_4$  cần thiết để tăng cường quá trình lắng cặn  $Mg(OH)_2$  và  $CaCO_3$  tạo ra khi khử độ cứng cacbonat của nước có thể xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$a_p = 3 \sqrt[3]{M} \quad (11.3)$$

$a_p$  - liều lượng phen ( $FeCl_3$  hay  $FeSO_4$ ) tính theo sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

M - hàm lượng cặn trong nước làm mềm (mg/l).

Hàm lượng cặn tạo ra khi khử độ cứng cacbonat cần biết để tính liều lượng phen theo công thức (11.3) có thể xác định theo biểu thức sau:

a) Khi  $\frac{Ca^{2+}}{20} > \frac{HCO_3^-}{61}$  (trường hợp dùng công thức (11.1))

$$M = M_0 + 50 \frac{CO_2}{22} + 2 \times 50 \frac{HCO_3^-}{61} + a_v \frac{100 - C_v}{100}, \text{ (mg/l).} \quad (11.4)$$

b) Khi  $\frac{Ca^{2+}}{20} < \frac{HCO_3^-}{61} \left( \frac{Ca^{2+}}{20} + \frac{Mg^{2+}}{12} \right)$  (trường hợp dùng công thức (11.15) và (11.16)).

$$M = M_0 + 50 \frac{CO_2}{22} + 2 \times 50 \frac{HCO_3^-}{61} + 29 \frac{Mg^{2+}}{12} + 50C_v + a_v \frac{100 - C_v}{100}, \text{ (mg/l)}, \quad (11.5)$$

trong đó:  $M_0$  - hàm lượng cặn lơ lửng trong nước nguồn trước khi pha vôi (mg/l);

$CO_2, HCO_3^-$  - hàm lượng  $CO_2$  và hydrocacbonat trong nước nguồn (mg/l);

$a_v$  - liều lượng vôi kỹ thuật tính theo công thức (11.1) và (11.2);

$C_v$  - lượng vôi tinh khiết CaO có trong vôi kỹ thuật (%).

Thường dùng trị số pH của nước sau khi pha vôi để kiểm tra sự diễn biến đúng đắn của quá trình làm mềm nước bằng vôi (kiểm tra liều lượng vôi pha vào nước). Để kiểm tra quá trình làm mềm bằng vôi theo trị số pH cần phải biết trước giá trị nào của pH làm cho quá trình diễn ra nhanh chóng và triệt để. Giá trị này trước hết phụ thuộc vào giá trị pH cân bằng bão hòa của nước bằng cacbonat canxi hay hydroxit magie ( $pH_S$ ). Bởi vì chính  $pH_S$  xác định nồng độ thấp nhất của ion  $OH^-$  để đảm bảo cho quá trình làm mềm xảy ra triệt để. Song trị số thấp nhất này của pH có thể đảm bảo lắng triệt để cặn  $CaCO_3$  và  $Mg(OH)_2$  chỉ sau khi bắt đầu trạng thái cân bằng bão hòa nước bằng cacbonat canxi hay hydroxit magie và như thế đòi hỏi thời gian khá lớn. Để đạt được nồng độ của ion  $Ca^{2+}$  hay  $Mg^{2+}$  còn dư lại trong nước đã làm mềm theo yêu cầu định trước sau một quãng thời gian có thể chấp nhận được, trong công nghệ xử lý nước cần phải có một lượng dư ion  $OH^-$  xác định bằng lượng dư  $\Delta pH$ . Như vậy trị số pH<sub>c</sub> cần thiết để đảm bảo cho quá trình diễn ra với tốc độ yêu cầu gồm 2 trị số

$$pH_c = pH_S + \Delta pH. \quad (11.6)$$

Trị số  $pH_S$  phụ thuộc vào nhiệt độ của nước, hàm lượng ion  $Ca^{2+}$  còn lại trong nước, tổng hàm lượng muối, độ kiềm... Để xác định trị số  $pH_S$  ở cuối quá trình làm mềm nước có thể dùng biểu đồ hình (1.3). Biết nhiệt độ và tổng hàm lượng muối của nước, định trước hàm lượng ion  $Ca^{2+}$  và tổng độ kiềm sẽ còn lại trong nước sau khi làm mềm ta có thể tra biểu đồ hình (1.3) để tính theo công thức (1.43) trị số  $pH_S$  cân bằng bão hòa.

Trong trường hợp khử  $CaCO_3$  thường lấy  $\Delta pH = 0,5$ .

Muốn xác định trị số pH cần thiết để khử độ cứng magie bằng phương pháp lắng cần phải tìm công thức để tính toán trị số  $pH_S$  cân bằng bão hòa của nước bằng hydroxit magie.

Trạng thái cân bằng bão hòa của nước bằng hydroxit magie bắt đầu khi tích số nồng độ ion  $Mg^{2+}$  và  $OH^-$  bằng tích số hòa tan của  $Mg(OH)_2$ .

$$f_{Mg}[Mg^{2+}] f_{OH}^2 [OH^-]^2 = S_{Mg(OH)_2}. \quad (11.7)$$

- $f_{Mg}$  và  $f_{OH}$  - hệ số hoạt tính của ion  $Mg^{2+}$  và ion  $OH^-$  ;
- $[Mg^{2+}]$ ,  $[OH^-]$  - nồng độ trong nước của ion  $Mg^{2+}$  và ion  $OH^-$  ở thời điểm bắt đầu trạng thái cân bằng bão hòa (gam ion/l);
- $S_{Mg(OH)_2}$  - tích số hòa tan của  $Mg(OH)_2$ , là hằng số nhiệt động chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nước, chọn theo bảng (11.1).

Bảng 11.1. Giá trị của  $p S_{Mg(OH)_2} = - \lg S_{Mg(OH)_2}$

Nhiệt độ của nước °C	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80
$p S_{Mg(OH)_2}$	10,61	10,64	10,67	10,71	10,75	10,84	10,96	11,08	11,22	11,36

Từ phương trình tích số ion của nước ta có:

$$f_H[H^+] f_{OH}[OH^-] = K_w, \tag{11.8}$$

rút ra: 
$$f_{OH}[OH^-] = \frac{K_w}{f_H[H^+]}. \tag{11.9}$$

Thay giá trị của  $f_{OH}[OH^-]$  từ công thức (11.9) vào công thức (11.7) ta có:

$$f_{Mg}[Mg^{2+}] \frac{K_w^2}{f_H^2[H^+]^2} = S_{Mg(OH)_2}. \tag{11.10}$$

Lấy logarit phương trình (11.10) ta thu được biểu thức sau:

$$\lg f_{Mg} + \lg[Mg^{2+}] + 2 \lg K_w - 2 \lg[f_H(H^+)] = \lg S_{Mg(OH)_2}. \tag{11.11}$$

Đề ý rằng  $- \lg K_w = pK_w$ ;  $- \lg[f_H(H^+)] = pH$ ;  $- \lg S_{Mg(OH)_2} = pS_{Mg(OH)_2}$ .

Và biểu diễn  $f_{Mg}$  qua lực ion  $\mu$  của dung dịch theo công thức (I - 5) ta có:

$$\lg f_{Mg} = - 0,5Z^2 \sqrt{\mu} = - 0,5 \times 2^2 \sqrt{\mu} = - 2 \sqrt{\mu}$$

( $Z = 2$  hóa trị của  $Mg^{2+}$ ).

Thay các giá trị trên vào công thức (11.11) có thể rút ra công thức để tính  $pH_S$  cân bằng bão hòa của nước bằng hydroxit magie.

$$pH_S = pK_w - \frac{1}{2} p. S_{Mg(OH)_2} - \frac{1}{2} \lg[Mg^{2+}] + \sqrt{\mu}, \tag{11.12}$$

giá trị  $pK_w$  tra bảng (1.2); giá trị  $pS_{Mg(OH)_2}$  tra bảng (11.1).

Nếu biểu diễn nồng độ của ion  $Mg^{2+}$  bằng mg/l thì công thức (11.12) có dạng

$$pH_S = pK_w - \frac{1}{2} p. S_{Mg(OH)_2} - \frac{1}{2} \lg[Mg^{2+}] + \sqrt{\mu} + 2,19. \tag{11.13}$$



Công thức (11.13) có thể viết dưới dạng kí hiệu

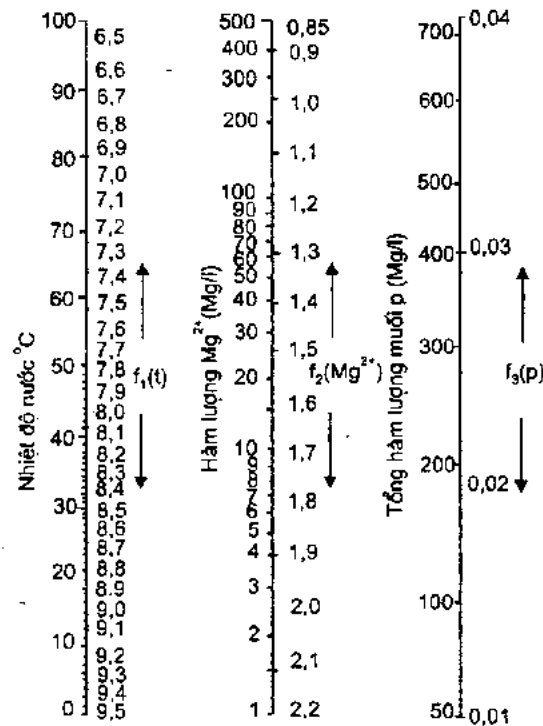
$$pH'_s = f_1(t) + f_2(Mg^{2+}) + f_3(p), \quad (11.14)$$

trong đó:  $f_1(t) = pK_w - \frac{1}{2} p \cdot S_{Mg(OH)_2}$  - là số hạng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nước:

$$f_2(Mg^{2+}) = \frac{1}{2} \lg[Mg^{2+}] + 2,19 - \text{là số hạng phụ thuộc vào nồng độ của}$$

ion  $Mg^{2+}$  tại thời điểm bắt đầu trạng thái cân bằng bão hòa:

$f_3(p) = \sqrt{\mu}$  - là số hạng phụ thuộc vào tổng hàm lượng muối của nước. Để dễ tính toán theo công thức (11.14) thành lập biểu đồ hình (11.2) gồm ba thang. Trên mỗi thang phía trái ghi nhiệt độ nước, nồng độ ion  $Mg^{2+}$  và tổng hàm lượng muối P của nước còn phía phải ghi giá trị của các hàm số tương ứng.



Hình 11.2. Biểu đồ để xác định trị số  $pH'_s$  cân bằng bão hòa của nước bằng hydroxit magie

Sau khi tra theo các thang tương ứng trên hình (11.2) được các giá trị bằng số của các hàm số, theo công thức (11.14) tính ra giá trị của  $pH'_s$ . (giá trị pH ứng với trạng thái cân bằng bão hòa của nước bằng hydroxit magie tính theo lượng ion  $Mg^{2+}$  định trước còn dư lại trong nước sau khi làm mềm).

Để khử  $\text{CaCO}_3$  ra khỏi nước bằng cách lắng khi làm mềm nước bằng vôi trị số  $\text{pH}_s$  thường đòi hỏi từ 9,5 - 9,8, còn để khử  $\text{Mg(OH)}_2$  đòi hỏi  $\text{pH}_s$  cao hơn, thường từ 10,6 - 11,5.

### 11.2.2. Làm mềm nước bằng vôi và soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

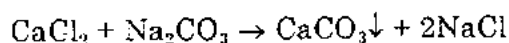
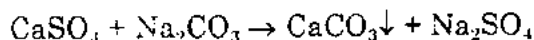
Làm mềm nước bằng vôi và soda là phương pháp có hiệu quả đối với thành phần ion bất kỳ của nước. Khi cho vôi vào nước khử được độ cứng canxi và magie ở mức tương đương với hàm lượng của ion hydrocacbonat trong nước. Nếu cho thêm vôi vào nước sau khi đã chuyển tất cả  $\text{CO}_2$  và ion hydrocacbonat thành ion cacbonat và để lắng xuống dưới dạng hợp chất  $\text{CaCO}_3$  thì tuy trong nước có tạo ra cặn không tan  $\text{Mg(OH)}_2$  làm giảm độ cứng magie, nhưng tổng độ cứng lúc đó không giảm vì  $\text{Ca}^{2+}$  của vôi mới cho vào thay ion  $\text{Mg}^{2+}$  kết hợp với anion của các axit mạnh tạo thành muối canxi của các axit mạnh tan trong nước.



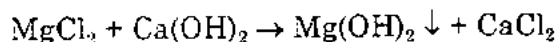
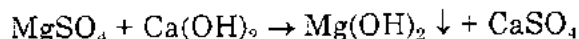
Để làm mềm nước trong trường hợp  $\frac{\text{HCO}_3^-}{61} \left( \frac{\text{Ca}^{2+}}{20} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \right)$ , các ion  $\text{Ca}^{2+}$  và

$\text{Mg}^{2+}$  còn dư nằm trong dạng kết hợp với anion của axit mạnh, ngoài vôi phải cho thêm vào nước hóa chất có chứa ion  $\text{CO}_3^{2-}$  để chuyển lượng ion dư  $\text{Ca}^{2+}$  của vôi thành hợp chất không tan  $\text{CaCO}_3$ . Trong thực tế xử lý nước thường dùng soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Khi cho  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  vào nước ion  $\text{Ca}^{2+}$  còn dư sẽ chuyển thành cặn theo phản ứng:



Còn magie chuyển thành cặn do cho thêm vôi vào theo phản ứng:



Theo các phản ứng trên có thể tính được liều lượng vôi và soda khi làm mềm nước bằng vôi và soda theo các công thức sau:

$$a_v = 28 \left[ \frac{\text{CO}_2}{22} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \pm \frac{a_p}{e} + 0,5 \right] \frac{100}{C_v} \quad (11.15)$$

$$a_x = 53 \left[ \frac{\text{Ca}^{2+}}{22} - \frac{\text{HCO}_3^-}{61} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \pm \frac{a_p}{e} + 1 \right] \frac{100}{C_x} \quad (11.16)$$

trong đó:  $a_x$  - liều lượng soda tính theo sản phẩm kỹ thuật (mg/l);

$C_x$  - hàm lượng  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  trong sản phẩm kỹ thuật (%).

Các ký hiệu còn lại xem công thức (11.1) và (11.2).

Để ý rằng:  $\frac{\text{Ca}^{2+}}{22} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} = C_v$  ( $C_v$ : độ cứng tổng của nước)

còn  $\frac{\text{HCO}_3^-}{61} = C_K$  ( $C_K$ : độ cứng cacbonat).

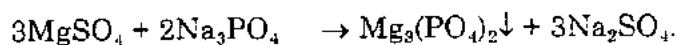
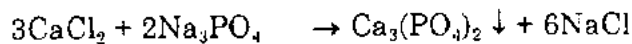
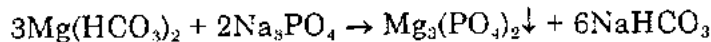
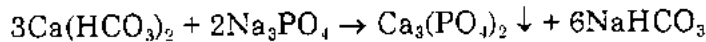
Công thức (11.16) có thể viết như sau:

$$a_x = 53 \left( C_v \pm \frac{a_p}{e} + 1 \right) \frac{100}{C_x} \quad (11.16a)$$

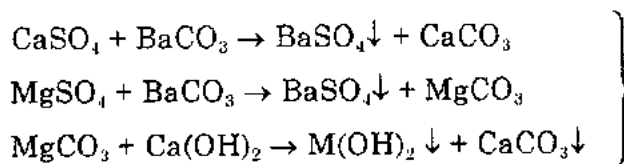
trong đó:  $C_v$  - độ cứng vĩnh cửu hay độ cứng phi cacbonat (mdlg/l).

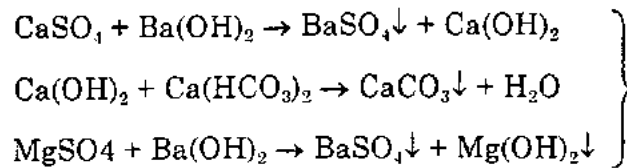
### 10.2.3. Làm mềm nước bằng photphat và bari

Khi làm mềm nước bằng vôi và soda do độ cứng của nước sau khi làm mềm còn tương đối lớn, người ta bổ sung phương pháp làm mềm triệt để bằng photphat. Hóa chất thường dùng là trinatri photphat hay dinatri photphat. Khi cho các hóa chất này vào nước chúng sẽ phản ứng với ion canxi và magie tạo ra muối photphat của canxi và magie không tan trong nước.



Quá trình làm mềm nước bằng photphat để đạt được độ cứng bé thường tiến hành ở nhiệt độ nước lớn hơn  $100^\circ\text{C}$ . Với quá trình này có thể thu được nước sau làm mềm có độ cứng gần  $0,04 - 0,05$  mdlg/l. Do giá thành cao của photphat, nên thường không dùng thuần túy photphat để làm mềm nước mà thường chỉ dùng photphat sau khi đã làm mềm trước bằng vôi và soda. Để khử độ cứng sunfat có thể dùng cacbonat bari  $\text{BaCO}_3$ , hydroxit bari  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  hay aluminat bari  $\text{Ba}(\text{AlO}_2)_2$ . Quá trình làm mềm diễn ra theo các phản ứng sau:





Vì các hợp chất bari cũng có giá thành cao nên phương pháp này chỉ được dùng hạn hữu. Bari là hóa chất độc, do đó không thể dùng để xử lý nước ăn uống.

Trong các hợp chất kể trên của bari, dễ kiếm nhất là cacbonat bari nhưng vì nó có độ hòa tan thấp nên phải dùng với lượng hóa chất đủ lớn và định lượng dưới dạng sữa có các hạt đã nghiền nhỏ. Các hạt nhỏ của cacbonat bari khi pha vào nước có chứa sunfat sẽ bị bao phủ bởi sản phẩm của phản ứng làm giảm khả năng hoạt tính của hạt.

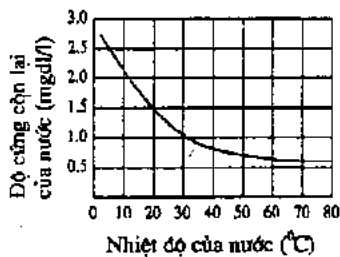
Sữa cacbonat bari có các hạt nặng, lắng nhanh vì thế khi dùng  $\text{BaCO}_3$  phải chọn bể tạo bông khuấy trộn bằng cơ khí. Cặn sunfat bari được tạo ra khi làm mềm nước bằng các hợp chất bari lắng rất chậm, do đó đòi hỏi phải có bể lắng kích thước lớn. Trong thực tế người ta đã áp dụng phương pháp làm mềm nước bằng cacbonat bari theo quy trình sau: Đầu tiên xử lý bằng cacbonat bari để khử độ cứng sunfat và chỉ sau khi lắng mới làm mềm tiếp bằng vôi và soda.

#### 11.2.4. Quy trình công nghệ làm mềm nước bằng vôi và soda

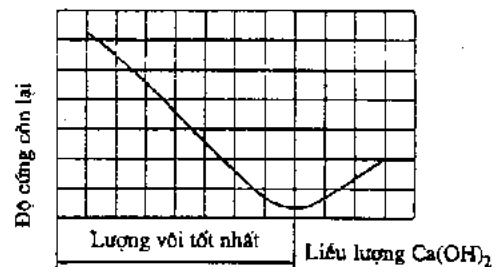
Quá trình tạo ra cặn khi làm mềm nước bằng hóa chất xảy ra theo hai pha. Pha thứ nhất là các phản ứng hóa học của các ion tác dụng với nhau để tạo ra hợp chất khó tan  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; pha này thực tế diễn ra rất nhanh hầu như là tức thời. Pha thứ 2 là quá trình kết tinh các hợp chất khó tan vừa tạo ra và keo tụ chúng thành các bông cặn. Tốc độ của quá trình làm mềm nước được xác định bằng cường độ diễn biến của pha thứ hai. Vì thế để đẩy nhanh quá trình làm mềm nước cần phải tăng cường quá trình tạo ra bông cặn để lắng chúng trong các bể lắng ngang hay lắng trong và lọc. Biện pháp kỹ thuật cơ bản để làm mềm triệt để và đẩy nhanh quá trình làm mềm nước là đun nóng nước, cho dư lượng hóa chất để lắng nước, tạo ra sự tiếp xúc giữa nước làm mềm và cặn lắng tạo ra từ trước. Khi đun nóng nước độ hòa tan của  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  giảm, đồng thời có tác dụng thúc đẩy và hoàn thiện các phản ứng làm mềm. Trên hình (11.3) giới thiệu ảnh hưởng của việc đun nóng nước đến quá trình làm giảm độ cứng còn lại trong nước sau khi đã làm

mềm theo tài liệu thực nghiệm làm mềm nước bằng vôi và soda. Biểu đồ hình (11.3) cho thấy độ cứng của nước sau khi làm mềm đạt gần đến giá trị lý thuyết chỉ khi đun nóng nước đến nhiệt độ cao. Hiệu quả làm mềm nước tăng lên rõ rệt khi đun nước đến nhiệt độ từ 35 - 40°C, tiếp tục đun nóng nước hiệu quả làm mềm tăng rất chậm. Nếu đòi hỏi làm mềm triệt để hơn cần phải đun nóng nước đến nhiệt độ lớn hơn 100°C. Hiệu quả cuối cùng khi xử lý nước bằng vôi thuần túy (khử độ cứng cacbonat) phụ thuộc vào tỷ số của độ cứng tổng và độ kiềm của nước.

Nếu độ cứng tổng lớn hơn độ kiềm thì độ cứng còn lại trong nước sau khi làm mềm sẽ lớn hơn hiệu số giữa độ cứng tổng và độ kiềm một trị số bằng 1 - 1,5 mdlg/l. Khi độ kiềm của nước lớn hơn độ cứng tổng, độ cứng còn lại trong nước sau khi làm mềm sẽ lớn hơn độ hòa tan của  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  một trị số phụ thuộc vào nhiệt độ và lượng vôi dư đã cho vào nước.

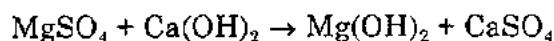


Hình 11.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu quả làm mềm nước bằng vôi và soda



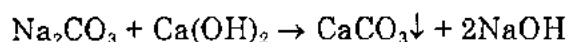
Hình 11.4. Sự phụ thuộc độ cứng dư của nước sau làm mềm vào liều lượng vôi

Trên hình (11.4) giới thiệu biểu đồ đặc trưng sự phụ thuộc của độ cứng còn lại trong nước sau khi làm mềm vào liều lượng vôi. Trên đồ thị tồn tại giá trị cực tiểu của độ cứng dư ứng với liều lượng tối ưu của vôi. Nếu lượng vôi cho vào nước lớn hơn giá trị tối ưu, độ cứng còn lại trong nước sẽ tăng lên vì lượng vôi dư không tham gia vào phản ứng, hoặc chỉ phản ứng với độ cứng magie không cacbonat để chuyển thành độ cứng canxi.



Lượng vôi dư trong những trường hợp này không nên lấy lớn hơn 0,5 mdlg/l.

Khi làm mềm nước bằng vôi và soda lượng vôi dư cũng không nên lấy lớn, tuy rằng ion  $\text{Ca}^{2+}$  của vôi sẽ kết hợp với ion  $\text{CO}_3^{2-}$  của soda thành  $\text{CaCO}_3$ ,



và sẽ không làm tăng độ cứng của nước đã làm mềm, nhưng lượng vôi dư nhiều sẽ tốn  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  và làm tăng độ kiềm hydrat của nước. Trong quản lý, để kiểm tra thường xuyên quá trình làm mềm (kiểm tra liều lượng vôi và soda cho vào nước) tốt nhất là dùng trị số pH. Phải giữ cố định trị số pH của nước bằng trị số pH ứng với độ cứng thấp nhất của nước đã được làm mềm. Sự tiếp xúc của nước với cặn đã tạo ra từ trước có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ, độ triệt để của quá trình làm mềm và độ ổn định của nước. Các hạt cặn có khả năng đẩy nhanh quá trình kết tinh và keo tụ  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  tạo ra khi làm mềm nước thành các bông cặn lớn, vì thế khi cho nước đi qua lớp cặn lơ lửng trong bể lắng thường thu được hiệu quả cao nhất. Nhờ có tiếp xúc với cặn, độ cứng còn lại trong nước thấp hơn khi không cho nước tiếp xúc với cặn từ 0,3 đến 0,5 mdlg/l. Chỉ tiêu quản lý thuận lợi để đánh giá sự đúng đắn liều lượng hóa chất đã cho vào nước và độ hoàn thiện của quá trình làm mềm trong các bể lắng là độ ổn định của nước khi ra khỏi bể lắng. Độ ổn định của nước có thể đánh giá bằng sự thay đổi độ kiềm của nó khi ra khỏi bể lắng và ra khỏi bể lọc.

Chỉ tiêu không ổn định có thể xác định theo công thức:

$$\Delta\text{Ki} = \text{Ki}_1 - \text{Ki}_2,$$

trong đó:  $\Delta\text{Ki}$  - trị số giảm độ kiềm của nước do lắng đọng  $\text{CaCO}_3$  trong bể lắng và trong lớp vật liệu lọc;

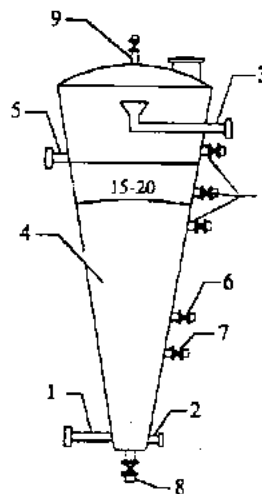
$\text{Ki}_1$  - độ kiềm của nước khi ra khỏi bể lắng (mdlg/l) (độ kiềm của nước xác định trong các mẫu nước đã lọc qua giấy lọc);

$\text{Ki}_2$  - độ kiềm của nước khi ra khỏi bể lọc (mdlg/l).

Trong quản lý nên giữ trị số  $\Delta\text{Ki}$ : khi nhiệt độ của nước thấp hơn  $10^\circ\text{C}$ ,  $\text{Ki}$  không lớn hơn 0,25 mdlg/l, khi nhiệt độ nước  $10 - 20^\circ\text{C}$  không lớn hơn 0,15 mdlg/l và khi nhiệt độ nước  $30 - 40^\circ\text{C}$ ,  $\text{Ki}$  không lớn hơn 0,1 mdlg/l.

Khi làm mềm nước có chứa các cặn bản hữu cơ quá trình kết tinh  $\text{CaCO}_3$  và keo tụ bông cặn bị chậm đi rất nhiều. Nhiều keo hữu cơ tạo thành màng bảo vệ các mầm tinh thể  $\text{CaCO}_3$  và keo hydroxit magie. Ví dụ khi độ oxy hóa của nước 75 - 100 mg  $\text{O}_2$ /l việc tách cặn  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  không thực hiện được, còn độ cứng của nước khi làm mềm bằng vôi và soda chỉ giảm được 15 - 20%. Trong các trường hợp như vậy trước khi làm mềm nước bằng vôi và soda phải khử hết cặn hữu cơ của nước bằng clo hoặc phèn. Thiết bị đơn giản nhất để làm mềm nước bằng vôi hay vôi và soda là bể phản ứng xoáy (hình 11.5).

Nước đi vào phần thu hẹp phía dưới của bể phản ứng qua đầu mút được hàn theo phương tiếp tuyến với thành bể. Nước ra khỏi ống có chuyển động xoáy đi lên phía trên. Trong bể phản ứng xoáy có các hạt tiếp xúc bằng đá hoa nghiền hay cát cỡ hạt 0,2 - 0,3mm với khối lượng 10 kg cho 1 m<sup>3</sup> thể tích của bể. Các hạt tiếp xúc lơ lửng trong dòng nước chuyển động đi lên, các hạt va chạm và cọ sát vào nhau và nhờ vậy quá trình kết tinh CaCO<sub>3</sub> sẽ được tăng cường trên bề mặt của chúng. dần dần quanh hạt (tâm kết tinh) lớp CaCO<sub>3</sub> kết tinh bám vào tầng dần lên, các hạt tiếp xúc biến hành các hạt hình cầu.



**Hình 11.5. Bể phản ứng xoáy**

1- ống đưa nước vào; 2- ống đưa hóa chất vào; 3- ống đưa nước ra; 4- các hạt tiếp xúc; 5- ống đưa các hạt tiếp xúc mới vào; 6- ống xả các hạt tiếp xúc; 7- ống lấy mẫu thử; 8- ống xả khô; 9- van xả khí.

Khí đường kính của hạt tiếp xúc hình cầu đạt đến trị số 1,5 - 2 mm thì xả các hạt tiếp xúc lớn và nặng qua ống (6) đặt ở phần dưới của bể phản ứng, đồng thời cho các hạt tiếp xúc mới vào qua ống (5) đặt ở phần trên. Bể phản ứng xoáy thực tế không giữ được cặn hydroxit magie, vì thế sơ đồ công nghệ gồm bể phản ứng và bể lọc ở phía sau chỉ có thể áp dụng trong trường hợp nếu hàm lượng magie trong nước xử lý không vượt quá 10 - 15 mg/l. Nếu magie trong nước nguồn có hàm lượng lớn cũng có thể dùng bể phản ứng xoáy để khử cặn CaCO<sub>3</sub>, sau đó đặt bể lắng trong để khử cặn hydroxit magie, sau bể lắng trong đặt bể lọc. Tốc độ chuyển động của nước qua tiết diện thu hẹp ở phần dưới lấy từ 0,8 - 1 m/s, góc côn của bể 15 - 20°. Tốc độ đi lên của dòng nước tại mặt cắt ngang với miệng phễu thu nước lấy từ 4 - 6 mm/s. Bể phản ứng xoáy có thể làm việc theo nguyên tắc áp lực hay hờ. Kết cấu bể lắng trong dùng trong trường hợp làm mềm nước và phương pháp tính toán xem chương 6. Bể lắng trong được coi là công trình chủ yếu để tách cặn khi làm mềm nước bằng hóa chất.

Sơ đồ công nghệ làm mềm nước khi dùng bể phản ứng xoáy gồm các công trình và thiết bị sau: kho hóa chất, thiết bị để chuẩn bị dung dịch vôi bão hòa hay sữa vôi, thiết bị hòa tan soda (nếu cần), thiết bị đun nóng nước (nếu áp dụng phương pháp làm mềm bằng hóa chất có đun nóng nước), thiết bị định lượng dung dịch, bể phản ứng xoáy, bể lọc có lớp vật liệu lọc là cát thạch anh.

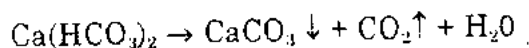
antraxit, đá hoa nghiền v.v... Nếu làm mềm có đun nóng nước, ở trị số pH cao, cát thạch anh có thể bị hòa tan làm tăng lượng silic trong nước, vì thế trong trường hợp này không dùng cát thạch anh mà dùng than antraxit làm lớp vật liệu lọc. Ngoài ra còn có thiết bị để rửa bể lọc (máy bơm rửa, thùng chứa nước rửa), bể chứa nước đã làm mềm, trạm bơm đợt II (nếu cần).

Sơ đồ công nghệ làm mềm nước khi dùng bể lắng trong chỉ khác sơ đồ làm sạch nước thông thường ở chỗ: trước bể lắng trong, bể trộn đứng được thay bằng bể phản ứng xoáy. Bể lắng trong của trạm làm mềm nước chỉ làm việc tốt khi nhiệt độ nước không đổi. Thay đổi đột ngột nhiệt độ nước thậm chí từ 1 - 2° gây ra dòng đối lưu trong bể lắng làm vẩn đục lớp cặn lơ lửng, kéo cặn sang bể lọc. Vì thế trong thiết bị đun nước phải đặt thiết bị đóng mở tự động làm việc theo nhiệt độ nước để giữ nhiệt độ nước không đổi hoặc chỉ thay đổi đều nhiệt độ trong vòng 1 giờ không quá 1°C.

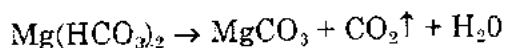
Khi làm mềm nước bằng phương pháp hóa chất, nước ra khỏi bể lắng hay bể phản ứng không ổn định thường gây ra việc lắng cặn CaCO<sub>3</sub> lên bề mặt của lớp vật liệu lọc. Tạo thành lớp rắn chắc, cho nên phải đặc biệt chú ý khi tính toán rửa lọc, trong trường hợp này tốt nhất là đặt thiết bị rửa bề mặt để tăng cường cho quá trình rửa lọc.

### 11.2.5. Làm mềm bằng phương pháp nhiệt

Làm mềm bằng phương pháp nhiệt dựa trên nguyên tắc: khi đun nóng nước cân bằng hợp chất cacbonic chuyển dịch về phía tạo ra cặn không tan cacbonat canxi.

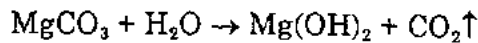


Sự chuyển dịch cân bằng xảy ra do giảm độ hòa tan trong nước của CO<sub>2</sub> khi tăng nhiệt độ nước. Khi đun sôi có thể khử được hoàn toàn khí CO<sub>2</sub> do đó giảm được 1 lượng độ cứng cacbonat. Tuy nhiên không thể khử hoàn toàn độ cứng cacbonat bằng đun sôi mặc dù độ hòa tan của nó rất bé (13 mg/l khi nhiệt độ nước bằng 18°C), và trong nước vẫn có CaCO<sub>3</sub> hòa tan. Khi trong nước có cacbonat magie quá trình biến nó thành cặn xảy ra như sau: đầu tiên tạo ra hợp chất cacbonat magie hòa tan trong nước (110 mg/l ở nhiệt độ 18°C).



Muối MgCO<sub>3</sub> khi tiếp tục đun sôi bị thủy phân tạo thành cặn khó hòa tan Mg(OH)<sub>2</sub> (8,4 mg/l) :





Như vậy khi đun sôi nước, độ cứng cacbonat giảm đi rất nhiều. Đun sôi nước khử được cả độ cứng sunfat canxi (độ hòa tan của nó giảm đến 0,65 g/l ở nhiệt độ 100°C). Cặn tạo ra trong quá trình làm mềm nước bằng hóa chất có đun nóng nước là những bông cặn lớn và nặng, khi đun nóng độ nhớt của nước giảm chúng lắng rất nhanh, vì thế một số chuyên gia cho rằng khi đun nóng nước thì không cần dùng phèn để lắng cặn tạo ra trong quá trình làm mềm nước bằng hóa chất. Ưu điểm của việc đun nóng nước là giảm được hiệu lượng vôi để kết hợp với CO<sub>2</sub> hòa tan trong nước, bởi vì CO<sub>2</sub> đã thoát ra khỏi nước khi đun nóng trước khi cho hóa chất vào nước. Làm mềm nước ở nhiệt độ cao hầu như chỉ dùng khi xử lý nước cấp cho nồi hơi, vì trong trường hợp này lượng nhiệt dùng để đun nóng nước được sử dụng một cách hợp lý. Hóa chất cơ bản dùng để làm mềm nước bằng phương pháp nhiệt là: vôi và soda đôi khi dùng xút và soda. Dùng vôi và soda thường kết hợp với quá trình làm mềm tiếp theo bằng photphat, hay khử silic bằng oxyt magie.

Trạm để làm mềm nước bằng phương pháp nhiệt gồm các công trình sau:

Thiết bị pha và định lượng hóa chất, thiết bị đun nóng nước, bể lắng và bể lọc. Dùng xút thay cho vôi đơn giản được các thiết bị pha và định lượng nhưng giá thành của xút đắt hơn rất nhiều nên thực tế hầu như không dùng xút. Khi đun nóng nước và cho soda với hiệu lượng dư 0,8 mdlg/l có thể giảm độ cứng canxi xuống đến 0,2 mdlg/l, cho dư hiệu lượng vôi 0,1 mdlg/l có thể giảm độ cứng magie đến 0,05 - 1 mdlg/l. Để thu được nước có độ kiềm thấp có thể giữ độ kiềm hydrat trong giới hạn 0,05 - 0,15 mdlg/l. Khi thiết kế bể lắng trong, chọn chiều cao vùng lắng không bé hơn 1,5 m, tốc độ đi lên của nước khi khử silic không lớn hơn 1,7 mm/s, khi khử độ cứng cacbonat không lớn hơn 2 mm/s. Tổng thời gian lưu lại của nước trong bể lắng trong để giảm độ kiềm lấy từ 0,75 - 1 giờ còn khi khử silic lấy từ 1 - 1,5 giờ.

#### Ví dụ tính toán:

Tính toán trạm làm mềm nước bằng hóa chất (dùng vôi và soda không đun nóng nước) có công suất 5000 m<sup>3</sup>/ngày = 208 m<sup>3</sup>/h = 0,038 m<sup>3</sup>/s. Theo tài liệu phân tích nước nguồn: có các chỉ tiêu chất lượng sau: hàm lượng ion canxi (Ca<sup>2+</sup>) = 85 mg/l; (Mg<sup>2+</sup>) = 12,5mg/l.

$$\text{Độ cứng toàn phần: } C_o = \frac{85}{20,04} + \frac{12,5}{12,16} = 5,25 \text{ mdlg/l.}$$

$$\text{Độ kiềm: } (\text{HCO}_3^-) = 225 \text{ mg/l; } K_x = \frac{225}{61,02} = 3,7 \text{ mdlg/l.}$$

$$\text{Độ cứng cacbonat: } C_x = 3,7 \text{ mdlg/l.}$$

Độ cứng vĩnh cửu (không cacbonat):

$$C_v = C_o - C_k = 5,25 - 3,7 = 1,55 \text{ mdlg/l.}$$

Hàm lượng  $\text{CO}_2$  tự do trong nước ở  $10^\circ\text{C}$ , độ kiềm  $K_t = C_k = 3,7 \text{ mdlg/l}$  và  $\text{pH} = 6,9$ , tra biểu đồ (1.2) ( $\text{CO}_2$ ) = 52,5 mg/l. Độ đục của nước nguồn  $M_o = 18,5 \text{ mg/l}$ , độ màu 27,5° cho phen vào nước cùng với vôi.

**Giải:**

- Liều lượng vôi cần thiết để khử độ cứng theo công thức (11.15)

$$a_v = 28 \left[ \frac{52,5}{22} + \frac{225}{61,2} + \frac{12,5}{12,16} + \frac{20}{54} + 0,5 \right] = 215 \text{ mg/l.}$$

Dùng  $\text{FeCl}_3$  phen đương lượng  $e = 54$  ; hàm lượng cặn 18,5 mg/l, sơ bộ chọn  $a_p = 20 \text{ mg/l}$ .

- Số lượng cặn vôi tạo ra khi làm mềm tính theo (11.5):

$$M = 18,5 + 50 \left( 2 \times 3,7 + 1,55 + \frac{52,5}{22} + 0,5 \right) + 29 \frac{12,5}{12,16} + 215 \frac{100 - 70}{100} = 627 \text{ mg/l.}$$

$C_v = 70\%$  hàm lượng CaO trong vôi kỹ thuật.

Liều lượng phen  $\text{FeCl}_3$  cần thiết tính theo (11.3)

$$a_p = 3 \sqrt[3]{627} \approx 20 \text{ mg/l.}$$

Do đó không cần tính lại liều lượng vôi.

- Liều lượng soda cần thiết tính theo (11.16):

$$a_x = 53 \times \left( 1,55 + \frac{20}{54} + 1 \right) \approx 152 \text{ mg/l.}$$

- Vôi cho vào nước dưới dạng sữa vôi, thiết bị định lượng pha chế, kho vôi, phen,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (xem chương 5).

- Lượng vôi dùng trong một ngày

$$G_v = \frac{Q \cdot a_v \cdot 100}{C_v \cdot 1000} = \frac{5000 \times 215 \times 100}{70 \times 1000} \approx 1536 \text{ kg} = 1,536 \text{ tấn/ngày.}$$

- Lượng  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  cần dùng trong một ngày

$$G_x = \frac{Q \cdot a_x \cdot 100}{C_x \cdot 1000} = \frac{5000 \times 152 \times 100}{95 \times 1000} \approx 800 \text{ kg} = 0,8 \text{ tấn/ngày.}$$

- Lượng phen  $\text{FeCl}_3$  cần trong một ngày:

$$G_p = \frac{Q \cdot a_p \cdot 100}{C_p \cdot 1000} = \frac{5000 \times 20 \times 100}{98 \times 1000} \approx 51 \text{ kg} = 0,051 \text{ tấn/ngày.}$$

Do nước có hàm lượng cặn lơ lửng thấp 18,5 mg/l, hàm lượng  $\text{Mg}^{2+} = 12,5 < 15 \text{ mg/l}$ , có thể dùng bể phản ứng xoáy đặt trước bể lọc.

Trong trạm chọn hai bể phản ứng xoáy. Lưu lượng nước đi qua một bể:

$$Q = 208 : 2 = 104 \text{ m}^3/\text{h} = 0,029 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Diện tích mặt cắt ngang ở phần trên của bể phản ứng ngang với miệng phễu thu nước:

$$F_1 = Q_v : v = 0,029 : 0,006 = 4,8 \text{ m}^2.$$

Tốc độ dòng nước đi lên cho phép  $v = 4 - 6$  mm/s.

$$\text{Đường kính phần trên của bể phản ứng: } D_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = 2,45 \text{ m.}$$

Đường kính đáy bể phản ứng chọn  $D_2 = 0,6$  m, do đó diện tích đáy dưới  $F_2 = 0,283$  m<sup>2</sup>. Tốc độ đi lên của nước tại mặt cắt đáy  $v = Q/F_2 = 0,029/0,283 \approx 0,103$  m/s, bé hơn quy định (0,2 - 1 m/s) vì thế cần phải lắp dưới đáy bể một đoạn côn để đảm bảo tốc độ đúng tiêu chuẩn. Góc côn của bể phản ứng chọn 20° (cho phép từ 15 - 20°) chiều cao của phần nón cụt:

$$h = \frac{1}{2} (D_1 - D_2) \cotg \frac{20^\circ}{2} = 5,25 \text{ m.}$$

Thể tích của bể phản ứng:

$$W = \frac{1}{3} h (F_1 + \sqrt{F_1 F_2} + F_2) = \frac{1}{3} \times 5,25 (4,8 + \sqrt{4,8 \times 0,2833} + 0,283) = 11 \text{ m}^3.$$

Trọng lượng cần thiết của các hạt tiếp xúc bằng đá hoa nghiền cỡ hạt 0,2 - 0,3 mm để chất vào một bể phản ứng:

$$G = 11 \times 10 = 110 \text{ kg.}$$

Chọn chiều cao lơ lửng của các hạt tiếp xúc trong bể phản ứng:

$$h_1 = 0,5 h = 0,5 \times 5,25 = 2,6 \text{ m.}$$

Đường kính mặt cắt ngang của bể phản ứng tính từ đáy  $F_2$ :

$$d_1 = 2(h_1 \cdot \tg \frac{\alpha}{2}) + D_2.$$

$$d_1 = 2(2,6 \tg 10^\circ) + 0,6 = 1,5 \text{ m.}$$

Diện tích  $f_1 = 1,767$  m<sup>2</sup>.

Thể tích phần chứa các hạt tiếp xúc của bể phản ứng:

$$W_1 = \frac{1}{3} \times 2,6 (1,767 + \sqrt{1,767 \times 0,283} + 0,283) = 2,4 \text{ m}^3.$$

Độ bão hòa nước của các hạt tiếp xúc:

$$P = 100 \cdot \frac{G}{W_1 \gamma_1 1000} \cdot 100\% \text{ trong nước:}$$

$\gamma_1$  - trọng lượng riêng của các hạt tiếp xúc trong nước,  $\gamma_1 = 1,65 = (2,65 - 1)$ ,

$$P = 100 \cdot \frac{110 \times 100}{2,4 \times 1,65 \times 1000} \approx 97,2\%.$$

Tổn thất áp lực qua 1m lớp hạt tiếp xúc trong bể phản ứng là 0,35 m.

Tổn thất áp lực qua toàn bộ lớp hạt tiếp xúc

$$h_{w_1} = 2,6 \times 0,35 = 0,91 \text{ m.}$$

Tổn thất áp lực khi ra khỏi miệng ống dẫn nước vào bể  $v = 1$  m/s;  $\mu = 0,9$

$$h_{w_2} = \frac{v^2}{\mu^2 2g} = \frac{1^2}{(0,9)^2 \times 19,62} = 0,06 \text{ m.}$$

Tổn thất áp lực qua bể phản ứng xoáy

$$H_w = h_{w1} + h_{w2} = 0,91 + 0,06 = 0,97 \text{ m.}$$

Phần tính toán bể lọc xem chương 7.

Trong quá trình quản lý, phải giữ cố định trị số pH để đảm bảo cho nước sau khi làm mềm có các chỉ tiêu sau:  $\text{Ca}^{2+} = 10 \text{ mg/l}$ ,  $\text{Mg}^{2+} = 4 \text{ mg/l}$ , độ kiềm của nước  $0,5 \text{ mdlg/l}$ . Tổng hàm lượng muối  $150 \text{ mg/l}$  ở nhiệt độ  $10^\circ\text{C}$ .

Đối với  $\text{Ca}^{2+}$ : tra biểu đồ (1.3) rồi tính theo công thức (1.43) ta có:

$$\text{pH}_s = 2,34 \cdot 1 - 0,7 + 8,745 = 9,385.$$

Đối với  $\text{Mg}^{2+}$ : tra biểu đồ (11.2) rồi tính theo công thức (11.14) ta có:

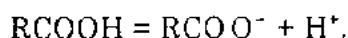
$$\text{pH}'_s = 9,15 + 1,89 + 0,017 = 11,057.$$

Khi đảm bảo pH luôn luôn bằng 11.7 thì hàm lượng  $\text{Ca}^{2+}$  sẽ chắc chắn được đảm bảo theo yêu cầu hoặc thấp hơn.

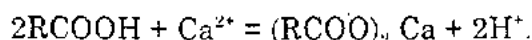
### 11.3. LÀM MỀM NƯỚC BẰNG CATIONIT

#### 11.3.1. Cationit và các phương pháp sử dụng

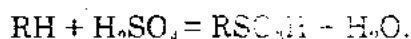
Làm mềm nước bằng cationit dựa trên tính chất của một số chất không tan hoặc hầu như không tan trong nước - cationit, nhưng có khả năng trao đổi ion. khi ngâm trong nước các chất này hấp thụ cation của muối hòa tan lên bề mặt hạt và nhả vào nước một số lượng tương đương cation đã được cày lên bề mặt hạt từ trước. Sở dĩ cationit có tính chất như vậy vì trong thành phần cấu tạo của nó có nhóm trao đổi ion hay còn gọi là nhóm hoạt tính. Để làm ví dụ ta xem xét hạt than đá thường, nó không phải là cacbon đơn thuần mà là hỗn hợp của hợp chất hữu cơ phức tạp gồm: cacbon C, hydro H, oxy O, lưu huỳnh S, nitơ N và nhiều nguyên tố khác. Than đá thực tế không tan trong nước nhưng khi tiếp xúc với oxy hòa tan trong nước bị oxy hóa chậm dần đến việc tạo ra các nhóm oxy hóa khác nhau. Trên bề mặt của than đá tạo ra các nhóm hydroxin hay cacboxin gắn chặt với lõi than. Nếu quy ước gọi lõi không thay đổi này bằng chữ R thì cấu trúc của vật liệu như vậy có thể viết bằng công thức: ROH hay RCOOH tùy thuộc vào nhóm oxy hóa hydroxyn (OH) hay cacboxyn (COOH) được tạo ra trên bề mặt lõi khi oxy hóa. Các nhóm này có khả năng phân ly, nghĩa là trong môi trường nước diễn ra quá trình:



Nếu trong nước tồn tại cation, ví dụ  $\text{Ca}^{2+}$  thì sẽ xảy ra quá trình trao đổi ion:



Khi đó ion  $\text{Ca}^{2+}$  được gắn lên bề mặt lõi than còn ion  $\text{H}^+$  tan vào dung dịch một số lượng tương đương. Quá trình trao đổi có thể xảy ra cả đối với ion khác như  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ... Số lượng nhóm trao đổi ion của than đá thiên nhiên không lớn nhưng có thể tăng nó bằng cách xử lý than đá bằng axit sunfuric, khi đó cùng với quá trình oxy hóa xảy ra cả quá trình kết hợp nhóm sunfua cacbon với lõi than, nghĩa là xảy ra quá trình sunfua hóa theo sơ đồ phản ứng:



Vật liệu thu được (sunfua cacbon) ngoài nhóm cacboxyn, hydroxyn có cả nhóm trao đổi ion sunfua -  $\text{SO}_3\text{H}$ . Tất cả các vật liệu có khả năng trao đổi cation gọi là cationit. Vật liệu có khả năng trao đổi anion gọi là anionit, chúng có các nhóm trao đổi anion khác nhau thường là  $\text{NH}_2$  hay  $\text{NH}$ , các nhóm này kết hợp với nước thành  $\text{NH}_2\text{OH}$ .

Đại bộ phận vật liệu trao đổi ion thuộc loại nhựa tổng hợp. Phân tử của chúng gồm hàng nghìn, đôi khi hàng chục nghìn nguyên tử kết hợp lại với nhau. Vật liệu trao đổi ion là các chất điện ly rắn rất khác nhau. Phụ thuộc vào đặc điểm của nhóm hoạt tính của ionit, những ion di động có khả năng trao đổi có thể tích điện dương hoặc tích điện âm. Khi tích điện dương cation di động là ion  $\text{H}^+$ , cationit như vậy thực chất là một axit đa hóa trị, và anionit có nhóm trao đổi  $\text{OH}^-$  là kiềm đa hóa trị. Độ di động của các ion có khả năng trao đổi bị giới hạn bởi khoảng cách mà với khoảng cách đó, sự liên kết của các ion di động với các ion không di động tích điện trái dấu gắn trên bề mặt của lõi còn chưa bị mất. Không gian giới hạn xung quanh lõi ionit, trong đó có chứa các ion di động có khả năng trao đổi gọi là bầu khí quyển ion của ionit. Dung tích trao đổi của ionit phụ thuộc vào số nhóm hoạt tính trên bề mặt hạt ionit. Bề mặt chỗ lõm, các khe rỗng cũng được coi là bề mặt của hạt ionit. Vì thế ionit có cấu trúc xốp được sử dụng rộng rãi hơn. Cỡ hạt của ionit thường từ 0,3 đến 2,0 mm, đường kính trung bình của các hạt 0,6 - 0,8 mm. Hệ số không đều hạt gần 2 đến 2,5. Nước xử lý có thể làm hòa tan một ít hạt ionit hay chuyển nó sang trạng thái keo, điều này thấy rõ khi để lớp lọc ionit ngâm trong nước xử lý lâu ngày. Thường ionit bền vững trong môi trường axit hơn là trong môi trường kiềm đặc biệt là môi trường có nồng độ cao. Dung tích trao đổi của ionit được xác định hoặc là bằng số lượng ion được hấp thụ trong một đơn vị khối lượng của vật liệu, khi đó gọi là dung tích trao đổi khối lượng của ionit hoặc là bằng số lượng ion được hấp thụ trong một đơn vị thể tích của vật liệu, khi đó gọi là dung tích trao đổi thể tích của ionit.

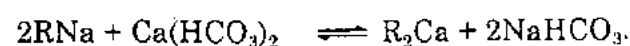
Trong thực tế xử lý nước, thường dùng dung tích trao đổi thể tích, nó được biểu thị bằng số lượng ion (tính bằng gam đương lượng) được hấp thụ trong 1 m<sup>3</sup> vật liệu ionit (đlg/m<sup>3</sup>) hay bằng miligam đương lượng được hấp thụ trong một lít (mdl/l).

Hiện nay công nghiệp hóa học đã sản xuất ra hàng loạt loại vật liệu trao đổi ion khác nhau. Đặc tính của cationit được dùng phổ biến ở Nga và Mỹ giới thiệu trong bảng (11.2).

**Bảng 11.2.** Đặc tính của cationit

Loại vật liệu - cationit	Nhóm hoạt tính	Trọng lượng đổi thành đồng (t/m <sup>3</sup> )		Kích thước hạt (mm)	Khả năng trao đổi toàn phần đlg/m <sup>3</sup>
		Không khí khô	Nở trong nước		
Nhóm sunfua cacbon loại I	SO <sub>3</sub> H	0,55	0,42	0,4 - 1,8	550
KY - 1	SO <sub>3</sub> H	0,6	0,47	0,3 - 2	650
KY - 2	SO <sub>3</sub> H	0,73	0,65	0,3 - 1,2	1700
Ks - 4Π - 2	COOH	0,50	0,40	0,3 - 1	2800
Emberlite IR - 100	SO <sub>3</sub> H	0,6	0,5	0,3 - 1	800
Emberlite IR - 120	SO <sub>3</sub> H	0,75	0,68	0,3 - 1	2000
Emberlite IRC - 50	COOH	0,5	0,42	0,3 - 1	2800

Khi lọc nước qua lớp hạt cationit, nhóm hoạt tính của chúng sẽ tham gia vào phản ứng trao đổi với cation của các muối hòa tan trong nước. Nếu lúc đầu cho lọc qua lớp hạt cationit dung dịch muối NaCl đậm đặc thì cation H<sup>+</sup> của nhóm hoạt tính của cationit sẽ tham gia vào phản ứng trao đổi với cation Na<sup>+</sup> hòa tan trong dung dịch, kết quả ion Na<sup>+</sup> được đẩy lên toàn bộ bề mặt cationit thay cho ion H<sup>+</sup> và cationit biến thành Na - cationit. Sau đó lọc nước qua lớp vật liệu hạt Na - cationit sẽ xảy ra các phản ứng sau:

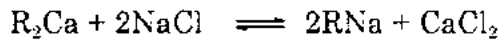




Ký hiệu R chỉ lõi không hòa tan của cationit tổng hợp, quy ước gọi là axit một gốc không tan trong nước. Theo mức độ lọc nước qua lớp cationit trong bể, ngày càng nhiều nhóm hoạt tính của nó được thay thế bằng ion canxi và magie của nước.

Cuối cùng khả năng trao đổi của cationit hoàn toàn bị kiệt vì tất cả các nhóm hoạt tính của chúng đã bị thay thế bằng ion canxi và magie.

Để khôi phục lại khả năng trao đổi của cationit người ta rửa lớp vật liệu lọc bằng dung dịch có nồng độ cao của ion  $Na^+$ , ví dụ dung dịch muối ăn.



Vì phản ứng trao đổi cũng như bất kỳ phản ứng hóa học nào cũng đều tuân theo định luật tác dụng khối lượng nên khi lọc dung dịch muối ăn qua lớp cationit đã sử dụng kiệt, trong bể lọc ngày càng tích lại nhiều ion  $Na^+$ , còn nồng độ  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  ít dần đi, quá trình cân bằng của phản ứng sẽ chuyển dịch về phía phải, kết quả là toàn bộ  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  sẽ bị thay thế bằng ion  $Na^+$ . Ion  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  đã bị thay thế sẽ tan trong dung dịch rồi chảy ra ngoài bể lọc. Quá trình hoàn nguyên tiến hành cho đến khi đại bộ phận nhóm hoạt tính của cationit đã được thay thế bằng ion  $Na^+$ .

Sau khi hoàn nguyên lại tiến hành lọc nước để làm mềm tiếp tục. Quá trình làm mềm bằng Na - cationit có thể giảm được hàm lượng  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  trong nước đến trị số rất bé. Độ kiềm tổng của nước không đổi, cặn sấy khô tăng lên một chút vì đã thay thế một ion  $Ca^{2+}$  hòa tan trong nước có trọng lượng nguyên tử 40,08 bằng hai ion  $Na^+$  trọng lượng nguyên tử:  $2 \times 22,99 = 45,98$ .

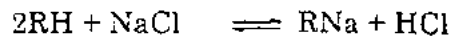
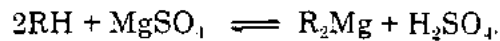
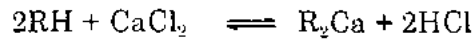
Khi hoàn nguyên cationit bằng dung dịch axit, cation hoạt tính (có khả năng trao đổi) của cationit bị thay thế bằng ion  $H^+$  của axit:



Và cationit biến thành H - cationit.

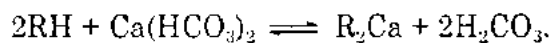
Nếu lọc nước xử lý qua lớp lọc H - cationit thì tất cả cation của các muối hòa tan trong nước sẽ bị hấp thụ lên bề mặt hạt cationit và H - cationit sẽ nhả vào nước một lượng tương đương cation hydro, các muối hòa tan trong nước sẽ biến thành các axit tương ứng:





Độ axit của nước khi lọc qua bể lọc H - cationit sẽ bằng tổng nồng độ muối của các axit mạnh trong nước nguồn. Khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng axit với số lượng không đủ để đẩy hoàn toàn các cation của các muối ra khỏi bề mặt các hạt cationit, thì các hạt cationit nằm trong bể lọc sẽ có hai dạng: trong phần trên là dạng H - cationit, còn phần dưới là dạng Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> - cationit.

Khi lọc nước qua bể lọc như vậy, ở phần trên của bể lọc do kết quả trao đổi cation của các muối với ion H<sup>+</sup>, toàn bộ muối hòa tan trong nước sẽ biến thành các axit tương ứng.



axit cacbonic sẽ bị phân hủy tạo thành CO<sub>2</sub> và nước, và CO<sub>2</sub> đi ra khỏi phạm vi của phản ứng. Trong các lớp dưới của bể lọc sẽ xảy ra phản ứng trao đổi giữa Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> - cationit và các axit.



Kết quả là tất cả các muối không cacbonat sẽ còn lại trong nước, và nước lọc qua bể lọc chỉ khử được độ cứng cacbonat. Quá trình hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng axit với số lượng không đủ để đuổi toàn bộ các cation Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> ra khỏi bề mặt hạt cationit ở trong bể lọc gọi là quá trình hoàn nguyên "đói".

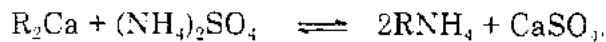
Bể lọc làm việc trong chế độ hoàn nguyên "đói" chỉ khử được độ cứng cacbonat của nước và giảm độ kiềm trong nước đến 0,4 - 0,5 mdlg/l mà không khử được độ cứng không cacbonat (MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>...).

Chọn phương pháp làm mềm nước bằng cationit phải dựa vào yêu cầu đối với chất lượng nước sau xử lý, thành phần muối hòa tan trong nước nguồn. Trong tất cả các trường hợp, khi chỉ cần giảm độ cứng của nước thì phương pháp làm mềm rẻ nhất là Na - cationit. Khi nước nguồn có độ kiềm cao, độ cứng magie cao hay hàm lượng sắt cao thường áp dụng phương pháp phối hợp: đầu tiên làm mềm nước bằng vôi sau đó lọc qua bể lọc Na - cationit. Phương pháp

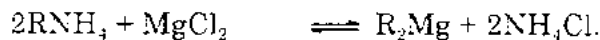
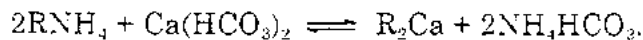


này có hiệu quả khi làm mềm nước của các nguồn nước mặt có độ kiềm cao hơn 3 mdlg/l. Đối với trường hợp trong nước đã làm mềm không cho phép chứa hydrocacbonat natri tạo ra bởi các muối cứng cacbonat khi làm mềm bằng Na - cationit, người ta lọc nước song song hay nối tiếp qua bể lọc H-Na - cationit hoặc làm mềm nước bằng vôi sau đó lọc qua bể lọc Na - cationit. Khi lọc nước song song qua H-Na - cationit, một phần nước qua bể lọc H - cationit, phần còn lại lọc qua Na - cationit. Nước lọc của H - cationit chứa các axit tự do với nồng độ bằng nồng độ của các muối axit mạnh có trong nước nguồn, còn nước lọc qua Na - cationit chứa hydrocacbonat natri với nồng độ tương đương với độ kiềm của nước nguồn. Khi trộn lẫn hai thứ nước này theo tỷ lệ thể tích tính toán, độ axit sẽ trung hòa với độ kiềm, nước hỗn hợp sẽ có độ cứng bé và độ kiềm gần bằng không. Kết quả tương tự cũng có thể nhận được khi lọc nối tiếp H-Na - cationit. Khi lọc nước qua bể lọc H - cationit toàn bộ muối hòa tan trong nước biến thành các axit tương ứng, axit cacbonic phân hủy thành CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>O. Nước qua bể lọc H - cationit sẽ là dung dịch của axit sunfuric và clohydric. Khi lọc dung dịch này qua bể lọc Na - cationit các axit sẽ biến thành các muối natri tương ứng. Và nước sau bể lọc Na - cationit sẽ có độ cứng và độ kiềm bé. Để tiết kiệm axit có thể cho bể lọc H - cationit làm việc trong chế độ hoàn nguyên "đổi".

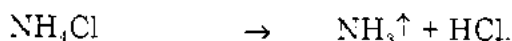
Nếu trong nước làm mềm không cho phép chứa cacbonat natri hay kali nhưng cho phép tồn tại ion amon (ví dụ nước cấp cho các nồi hơi, hơi của chúng không tiếp xúc với đồng và đồng thau) có thể thay H-Na - cationit bằng amon - natri cationit. Khi hoàn nguyên cationit bằng dung dịch muối amoni, nhóm trao đổi của cationit được thay thế bằng ion amon



Khi lọc nước qua amon - cationit các ion của muối cứng Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> sẽ bị hấp thụ trên bề mặt các hạt cationit, và từ cationit nhả vào nước một số lượng tương đương ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.



Khi đun nóng hoặc đun sôi nước đã lọc qua bể lọc NH<sub>4</sub> - cationit, các muối amon sẽ bị phân hủy, amoniac và CO<sub>2</sub> sẽ bay ra theo cùng với hơi.



Axit tạo ra khí phân hủy muối amoni của các axit mạnh sẽ biến nước nổi hơi thành dung dịch axit. Để tránh hiện tượng này cùng với NH<sub>4</sub> - cationit phải cho một phần nước lọc qua Na - cationit nhằm tạo ra xút NaOH khi phân hủy nhiệt cacbonat natri, để trung hòa với axit tạo ra khí phân hủy nhiệt sunfat và clorit amon.

Chỉ tiêu công nghệ của các sơ đồ làm mềm nước bằng cationit khác nhau ghi trong bảng (11.3).

**Bảng 11.3.** Chỉ tiêu công nghệ của các sơ đồ làm mềm nước khác nhau

Sơ đồ công nghệ	Chất lượng nước đã lọc		Chỉ tiêu áp dụng
	Tổng độ cứng (mđlg/l)	Tổng độ kiềm (mđlg/l)	
Na - cationit 1 bậc	0,03 - 0,05	bằng độ kiềm của nước nguồn	Để làm mềm nước không triệt để và không yêu cầu giảm độ kiềm của nước.
Na - cationit 2 bậc	0,01	"	Để làm mềm nước triệt để và để làm mềm nước có độ cứng lớn hơn 6 mđlg/l.
Na - cationit 2 bậc ở giữa có axit hóa và khử khí CO <sub>2</sub>	0,01	0,35	
H - cationit có khử khí và kiềm hóa	0,05	0,35	Để làm mềm nước có hàm lượng Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> đến 1 mđlg/l
Song song H - Na - cationit có bể lọc đệm Na - cationit bậc II.	0,01	0,35	Để làm mềm triệt để nước có hàm lượng Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> không lớn hơn 3 - 5 mđlg/l, Na <sup>+</sup> không lớn hơn 2 mđlg/l.
Nối tiếp H - Na - cationit có bể lọc đệm Na - cationit bậc II.	0,01	0,7	Để làm mềm nước có độ cứng > 6 mđlg/l tổng hàm lượng muối > 700 mg/l. Độ cứng cacbonat < 50% độ cứng tổng.
Nối tiếp H - Na - cationit hoàn nguyên đôi H - cationit.	0,1	0,7 - 1,5	Để làm mềm nước có độ cứng cacbonat > 1 mđlg/l và tổng hàm lượng muối < 1500ml/l.
Làm mềm bằng vôi rồi lọc qua Na - cationit.	0,1	1 - 1,5 (không đun nóng) 0,3 (nếu đun nóng đến 80 - 90°C)	Để làm mềm nước mặt và nước có độ kiềm cao
NH <sub>4</sub> - Na - cationit	0,1	bằng độ kiềm của nước nguồn	Nếu trong nước đã làm mềm cho phép tồn tại ion NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>

### 11.3.2. Lý thuyết cơ bản của quá trình trao đổi ion

Cationit là các axit sunfua cacbon hay cacboxin tổng hợp hữu cơ ở dạng hạt không hòa tan trong nước. Nếu đặt cationit vào một dung dịch muối nào đó thì ion có khả năng trao đổi  $H^+$  của nhóm hoạt tính sẽ tham gia vào phản ứng trao đổi với các cation của các muối hòa tan, và kết quả, một phần ion  $H^+$  của nhóm hoạt tính bị thay thế bởi các cation của các muối hòa tan trong dung dịch. Tuy rằng, đối với vật liệu trao đổi ion, quá trình trao đổi không đạt đến trạng thái cân bằng, nhưng nghiên cứu nó sẽ có lợi bởi vì sẽ rút ra được kết luận để biết được quá trình phản ứng trao đổi sẽ diễn ra bằng cách nào và đến mức độ nào. Phương trình trao đổi thuận nghịch của bất kỳ ion một hóa trị nào cũng có thể viết ở dạng sau:



Chỉ số d và r chỉ ion tương ứng nằm trong dung dịch và nằm trên bề mặt rắn của vật liệu trao đổi ion. Phản ứng trao đổi này tuân theo quy luật tác dụng khối lượng nên ta có:

$$\frac{[A_r^+]}{[B_r^+]} = K \frac{[A_d^-]}{[B_d^+]} \quad (11.17)$$

Khi làm mềm nước sẽ xảy ra phản ứng trao đổi ion natri một hóa trị cho ion canxi hai hóa trị và phương trình viết theo quy luật tác dụng khối lượng sẽ là:

$$\frac{[Ca_r^{2+}]}{[Na_r^+]^2} = K \frac{[Ca_d^{2+}]}{[Na_d^+]^2} \quad (11.18)$$

Từ phương trình (11.18) ta thấy rằng: nồng độ ion  $Na^+$  có trong dung dịch càng ít thì ion  $Ca^{2+}$  được hấp thụ lên bề mặt cationit càng nhiều, quá trình làm mềm càng triệt để. Có thể viết phương trình (11.18) đối với quá trình làm mềm diễn ra trong bể lọc Na - cationit như sau:

$$\frac{\gamma_{Ca} \frac{E_{Ca}}{V_{Ca}}}{\left( \gamma_{Na} \frac{E_{Na}}{V_{Na}} \right)^2} = K \frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \quad (11.19)$$

trong đó:  $E_{Ca}$  và  $E_{Na}$  - nồng độ của ion canxi và natri trong cationit (mđg/l);

$\gamma_{Ca}$ ,  $\gamma_{Na}$  - hệ số tính đến khả năng phản ứng của canxi và natri;

$V_{Ca}$ ,  $V_{Na}$  - thể tích đơn vị của cationit bão hòa bằng canxi và natri (mg/l);

$a_{Ca}$ ,  $a_{Na}$  - nồng độ hoạt tính của can xi và natri trong nước (mdlg/l);

K - hằng số trao đổi ion phụ thuộc vào tỷ số  $a_{Ca}/a_{Na}$ .

Tổng khả năng trao đổi của cationit đối với các cation được hấp thụ trên bề mặt của chúng bằng khả năng trao đổi toàn phần của cationit nên ta có:

$$E_{Na} = E_{tp} - E_{Ca} \quad (11.20)$$

Phương trình (11.19) có thể viết dưới dạng:

$$\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2} \cdot \frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}} \cdot \frac{E_{Ca}}{(E_{tp} - E_{Ca})^2} = K \frac{A_{Ca}}{a_{Na}^2} \quad (11.21)$$

Trị số  $\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2}$  phụ thuộc vào tính chất của cationit và khả năng trao đổi của nó.

Tỷ số của hệ số khả năng phản ứng của canxi, magie, natri trong cationit axit mạnh có thể lấy bằng tỷ số hệ số hoạt tính của các ion này trong dung dịch muối có cùng lực ion như trong cationit. Trị số của tỷ số  $\frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}}$  đối với cationit

nằm trong khoảng 1,27 đến 1,725. Trị số của hằng số trao đổi ion K khi trao đổi ion  $Na^+$  với  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  của nước nằm trong giới hạn từ 1,96 đến 2,23.

Thay vào phương trình (11.21) giá trị trung bình của trị số K,  $\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2} \cdot \frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}}$  và

giải phương trình đối với  $E_{Ca}$  ta nhận được công thức để tính khả năng trao đổi trung bình của cationit đối với canxi, hoặc  $Mg^{2+}$  ứng với các tỷ số nồng độ khác nhau của cation muối cứng và natri trong nước.

$$E_{Ca} = E_{tp} \times \left[ 1 + 0,5 \frac{a_{Na}^2}{a_{Ca}} \left( 1 - \sqrt{\frac{2a_{Ca}}{a_{Na}^2} + 1} \right) \right] = \beta_{Na} E_{tp} \quad (11.22)$$

$$\beta_{Na} = 1 + 0,5 \frac{a_{Na}^2}{a_{Ca}} \left( 1 - \sqrt{\frac{2a_{Ca}}{a_{Na}^2} + 1} \right) \quad (11.23)$$

trong đó:  $\beta_{Na}$  - hệ số kể đến sự giảm khả năng trao đổi của cationit với ion  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  do hấp thụ cation  $Na^+$ . Chọn theo bảng (11.4).

Bảng 11.4. Giá trị của hệ số  $\beta_{Na}$

$C_{Na}^2/C_0$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,5	1	2	3	5	10
$\beta_{Na}$	0,93	0,9	0,88	0,83	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,5

Ghi chú:  $C_{Na}$ : Nồng độ ion  $Na^+$  trong nước xử lý (mdlg/l)

$C_0$ : Độ cứng toàn phần của nước xử lý (mdlg/l).

Khi làm mềm nước trong bể lọc cationit, khả năng trao đổi thực tế của cationit đối với ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  sẽ bé hơn trị số tính toán theo công thức (11.22) và (11.23), bởi vì khi hoàn nguyên cationit trong bể lọc không phải toàn bộ canxi và magie được đuổi ra khỏi cationit, mà một phần khả năng trao đổi ion của cationit sẽ bị mất khi hoàn nguyên và rửa nó bằng nước đã được làm mềm. Kể đến hiện tượng này, khả năng trao đổi khi làm việc của Na - cationit đối với  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  có thể tính theo công thức

$$E_{\text{Na}}^{\text{ly}} = \alpha \cdot \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{ly}} - \varphi C_{\text{m}} \cdot q \quad (11.24)$$

trong đó:  $E_{\text{Na}}^{\text{ly}}$  - khả năng trao đổi khi làm việc trong bể lọc của Na - cationit (đlg/m<sup>3</sup>);

- $E_{\text{ly}}$  - khả năng trao đổi toàn phần của cationit chọn theo đặc tính của cationit do nhà sản xuất cung cấp;
- $\alpha$  - hệ số hiệu quả hoàn nguyên, phụ thuộc vào thời gian hoàn nguyên, lưu lượng đơn vị, nhiệt độ và nồng độ dung dịch hoàn nguyên tính theo công thức (11.46) hay chọn theo bảng (11.5);
- $C_{\text{m}}$  - độ cứng của nước rửa (mdlg/l);
- $q$  - lưu lượng đơn vị của nước rửa thường lấy bằng 4 - 5 m<sup>3</sup> cho 1 m<sup>3</sup> vật liệu cationit;
- $\varphi$  - hệ số kể đến sự làm mềm không toàn phần của nước rửa, khi rửa bể lọc Na - cationit, thường chọn  $\varphi = 0,5$ .

Khi lọc nước nếu ngoài các các muối cứng trong nước còn chứa cả ion  $\text{Na}^+$  qua bể lọc H - cationit thì khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit cũng được tính như Na - cationit khi lọc nước có cùng chất lượng.

Bởi vì trong thời kỳ đầu của quá trình làm việc sau khi hoàn nguyên, cationit hấp thụ không những ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  có trong nước mà còn hấp thụ cation  $\text{Na}^+$ . Ion  $\text{Na}^+$  sau đó sẽ bị các ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  đẩy ra khỏi hạt cationit. Như vậy, khi trong nước có ion  $\text{Na}^+$ , nếu lọc nó qua bể lọc H - cationit thì khả năng trao đổi của H - cationit đối với  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  cũng sẽ bị giảm một trị số giống như khi lọc nước này qua bể lọc Na - cationit.

### 11.3.3. Thời gian làm việc của bể lọc Na - cationit giữa hai lần hoàn nguyên

Sau khi hoàn nguyên và rửa cationit trong bể lọc, các hạt cationit bị phủ một màng nước mỏng. Vì thế để cho các cation của muối cứng hòa tan trong nước có thể tham gia vào phản ứng trao đổi với cation hoạt tính của lớp vật liệu cationit cần phải hoàn thành các quá trình sau:

- a. Khuếch tán muối cứng qua màng nước trên bề mặt hạt cationit.
- b. Khuếch tán muối cứng vào trong hạt cationit.
- c. Trao đổi ion của muối cứng đã khuếch tán được cho cation trao đổi của cationit.
- d. Khuếch tán sản phẩm trao đổi ra bề mặt cationit, qua màng nước vào dòng nước xử lý đang chuyển động qua lớp cationit trong bể lọc.

Tốc độ của các quá trình này và thời gian cần thiết để hoàn thiện chúng phụ thuộc vào nồng độ của muối cứng trong nước làm mềm, hệ số khuếch tán của các muối này qua màng nước trên bề mặt hạt và trong hạt cationit, tốc độ khuếch tán của sản phẩm trao đổi từ hạt cationit ra. Độ cứng của nước làm mềm càng lớn và hệ số khuếch tán của muối cứng trong nước và trong các hạt cationit càng bé thì thời gian đòi hỏi để hoàn thành quá trình làm mềm nước càng lớn.

Chiều dày của lớp cationit mà khi lọc qua nó độ cứng của nước giảm từ trị số ban đầu đến trị số định trước gọi là chiều dày bảo vệ của cationit. Chiều dày lớp bảo vệ của cationit trong bể lọc có thể tính theo công thức:

$$H_{bv} = 0,04 v d^2 \ln C_0 \quad (11.25)$$

trong đó:  $v$  - tốc độ lọc (m/h);

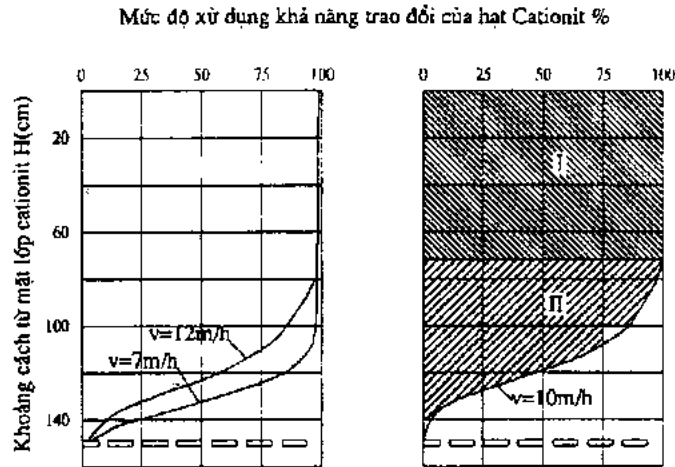
$d$  - đường kính hạt cationit (mm);

$C_0$  - độ cứng toàn phần của nước làm mềm (mdlg/l).

Sau một thời gian làm việc, các lớp cationit nằm ở phía trên trong bể lọc sẽ bị bão hòa bởi các cation của các muối hòa tan trong nước đến trạng thái cân bằng, còn lớp bảo vệ sẽ di chuyển xuống dưới. Khi mép dưới của lớp bảo vệ di chuyển đến giới hạn dưới của cationit, độ cứng của nước ra khỏi bể lọc bắt đầu tăng lên. Hình (11.6) giới thiệu biểu đồ biểu diễn mức độ sử dụng khả năng trao đổi cân bằng của cationit trong bể lọc tại thời điểm muối cứng lọt vào nước đã lọc nghĩa là thời điểm bắt đầu tăng dần độ cứng của nước qua bể lọc. Từ các biểu đồ 11.6 ta thấy rằng: các lớp trên của cationit trong bể lọc, tại thời điểm lọt muối cứng vào nước đã lọc, được bão hòa bởi cation của các muối hòa tan trong nước hầu như đến tình trạng cân bằng, và khả năng trao đổi cân bằng của cationit trong các lớp này được sử dụng hầu như hoàn toàn. Trong lớp bảo vệ phía dưới của cationit, khả năng bão hòa của nó chỉ được sử dụng một phần 50 - 60%.

Bởi vì chiều dày của lớp bảo vệ tăng khi tăng tốc độ lọc và độ cứng của nước thô, nên mức độ sử dụng dung tích hấp thụ của cationit trong bể lọc bị giảm

khi tăng tốc độ lọc, tăng chiều dày của lớp cationit và độ cứng của nước thô. Vì thế để sử dụng tốt khả năng trao đổi của cationit trong bể lọc, cần phải chọn chiều dày của lớp cationit càng lớn khi độ cứng của nước nguồn và tốc độ lọc càng lớn. Nếu định trước chiều cao của lớp cationit trong bể lọc, thì cần phải chọn tốc độ lọc càng bé khi độ cứng của nước thô càng cao.



Hình 11.6. Mức độ sử dụng khả năng trao đổi của cationit trong bể lọc tại thời điểm lọc cation  $Mg^{2+}$  và  $Ca^{2+}$  vào nước lọc

Có thể xác định chiều dày cần thiết của lớp cationit trong bể lọc để đảm bảo thời gian làm việc định trước giữa hai lần hoàn nguyên như sau: Số lượng (gam · đương lượng) muối cứng  $G_1$  mà bể lọc cationit cần phải hấp thụ sau một chu kỳ làm việc giữa 2 lần hoàn nguyên bằng:

$$G_1 = Q(C_0 - C_c) T = F.v (C_0 - C_c) T, \quad (11.26)$$

trong đó:  $Q$  - lưu lượng nước thô cần làm mềm ( $m^3/h$ );

$C_0 - C_c$  - độ cứng ban đầu và độ cứng cuối cùng của nước thô ( $đlg/m_3$ );

$T$  - thời gian làm việc của bể lọc giữa 2 lần hoàn nguyên (giờ);

$F$  - tiết diện bể lọc ( $m^2$ );

$v$  - tốc độ lọc ( $m/h$ ).

Số lượng muối cứng  $G_2$  có thể hấp thụ được trong bể lọc cationit sau một chu kỳ làm việc giữa hai lần hoàn nguyên bằng:

$$G_2 = F.H.E_{cb} - F.H_{lv} \cdot \delta.E_{cb}$$

hay 
$$G_2 = F.E_{cb}(H - \delta.H_{lv}), \quad (11.27)$$

trong đó:  $H$  - chiều dày lớp cationit trong bể lọc (m);

$H_{lv}$  - chiều cao lớp cationit bảo vệ, trong đó khả năng trao đổi cân bằng chỉ được sử dụng một phần (m);

$E_{cb}$  - khả năng trao đổi cân bằng của cationit (gam đương lượng / m<sup>3</sup>) (đlg/m<sup>3</sup>);

$\delta$  - hệ số tính đến sự sử dụng không triệt để khả năng trao đổi cân bằng của cationit trong lớp bảo vệ.

Tại thời điểm lọt muối cứng vào nước lọc thì  $G_1 = G_2$ , ta có:

$$F.v(C_0 - C_c)T = F.E_{cb} \cdot (H - \delta H_{bv}). \quad (11.28)$$

Lấy  $\delta = 0,5$  và ký hiệu  $C_0 - C_c = C_*$ , giải phương trình (11.28) đối với T - thời gian của 1 chu kỳ làm việc của bể lọc cationit giữa hai lần hoàn nguyên ta có:

$$T = \frac{E_{cb} \cdot H}{v \cdot C_*} - \frac{0,5 \cdot E_{cb} \cdot H_{bv}}{v \cdot C_*}. \quad (11.29)$$

Thay vào (11.29) giá trị của  $H_{bv}$  từ phương trình (11.25) ta có:

$$T = \frac{E_{cb} \cdot H}{v \cdot C_*} - \frac{0,02 \cdot E_{cb} \cdot d^2 \cdot \ln C_*}{C_*}. \quad (11.30)$$

Giải phương trình (11.30) đối với H và v, ta thu được phương trình để tính chiều dày cần thiết của lớp cationit trong bể lọc và tốc độ lọc theo các giá trị cho trước T,  $E_{cb}$  và  $C_*$ :

$$v = \frac{E_{cb} \cdot H}{TC_* + 0,02 \cdot E_{cb} \cdot d^2 \cdot \ln C_*}; \quad (11.31)$$

$$H = \frac{vTC_* + 0,02 \cdot E_{cb} \cdot d^2 \cdot v \cdot \ln C_*}{E_{cb}}. \quad (11.32)$$

#### 11.3.4. Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit giữa hai lần hoàn nguyên

Khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng dung dịch axit, phần lớn nhóm hoạt tính của cationit được thay thế bằng ion H<sup>+</sup>. Khi lọc nước cần làm mềm qua bể H - cationit theo chiều từ trên xuống dưới, các ion canxi, magie, natri có trong nước thay thế ion H<sup>+</sup> trên bề mặt hạt H - cationit, còn ion H<sup>+</sup> lại hòa tan vào nước với số lượng tương đương. Bởi vì ion Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> có năng lượng hấp thụ vào hạt cationit cao hơn natri nên sau một thời gian làm việc, trong bể lọc ion Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> sẽ thay thế ion Na<sup>+</sup> đã được hấp thụ từ trước ở các lớp trên của cationit. Khi chuyển động cùng với nước đi xuống phía dưới ion Na<sup>+</sup> lại được hấp thụ bằng các lớp nằm ở phía dưới của H - cationit. Ở các lớp này các cation Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup> còn chưa đi tới bởi vì chúng đã bị hấp thụ ở các lớp trên. Dần dần tuyến hấp thụ canxi và magie di chuyển xuống phía dưới và đồng thời cũng di chuyển cả tuyến hấp thụ Na<sup>+</sup> xuống dưới. Như thế sau một



quãng thời gian kể từ đầu chu trình hoạt động, trong bể lọc H - cationit tạo ra năm vùng: vùng trên các cationit đã bão hòa cân bằng bởi  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$ , dưới vùng này là vùng bảo vệ đối với canxi và magie, trong đó xảy ra sự thay thế ion natri bằng ion canxi và magie, dưới đó là vùng cân bằng bão hòa natri, dưới nữa là vùng bảo vệ đối với ion natri, và dưới cùng là vùng H - cationit còn chưa tham gia vào quá trình trao đổi ion. Lớp trên đã bão hòa cân bằng của H - cationit bằng ion canxi và magie theo thời gian ngày càng tăng lên, đường giới hạn dưới của nó đi dần xuống phía dưới và đồng thời di chuyển cả các vùng còn lại. Qua một quãng thời gian nào đó lớp bảo vệ đối với natri của cationit di chuyển đến giới hạn dưới của H - cationit nằm trong bể lọc, thì bể lọc H - cationit bắt đầu cho lọt natri vào nước lọc, lúc đó độ axit của nước lọc qua bể lọc H - cationit bắt đầu giảm. Nếu ở đầu chu trình độ axit của nước lọc gần với tổng nồng độ của ion  $\text{Cl}^-$  và  $\text{SO}_4^{2-}$  có trong nước, thì sau khi bắt đầu cho  $\text{Na}^+$  lọt vào nước lọc, độ axit của nước sẽ giảm đi một trị số bằng nồng độ của ion  $\text{Na}^+$  có trong nước đã lọt tại thời điểm quan sát. Khi giới hạn dưới của vùng cân bằng bão hòa đối với natri xuống đến mép dưới của vùng H - cationit trong bể lọc, thì toàn bộ ion  $\text{H}^+$  có thể được trao đổi và độ axit của nước lọc sẽ bằng không.

Sau đó trong nước lọc xuất hiện độ kiềm, dần dần độ kiềm đạt đến trị số bằng độ kiềm của nước nguồn. Cuối cùng vùng bảo vệ đối với canxi và magie di chuyển đến mép dưới của lớp cationit trong bể lọc,  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  bắt đầu lọt vào nước lọc.

Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm cho lọt ion  $\text{Na}^+$  vào nước có thể xác định được theo các phương trình cân bằng, tương tự như việc xác định phương trình (11.30) ta có:

$$T_{\text{Na}} = \frac{E_{\text{cb}}^{\text{Na}}}{v \cdot (C_s + C_{\text{Na}})} - \frac{0.025 \cdot d^2 \ln(C_s + C_{\text{Na}})}{(C_s + C_{\text{Na}})}, \quad (11.33)$$

trong đó:  $E_{\text{cb}}^{\text{Na}} = \alpha E_{\text{ip}} - 0.5q(C_s + C_{\text{Na}})$  - khả năng trao đổi cân bằng đối với ion  $\text{Na}^+$ ;

$C_{\text{Na}}$  - nồng độ ion natri trong nước cần làm mềm ( $\text{dlg/m}^3$ );

$\alpha$  - hệ số hiệu quả hoàn nguyên bể lọc H - cationit.

Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm cho lọt muối cứng vào nước lọc xác định theo công thức (11.30).

Thường bể lọc H - cationit khi làm mềm nước hoạt động song song với bể lọc Na - cationit bậc I và làm việc đến thời điểm giảm một lượng nhất định độ axit của nước lọc. Độ axit của nước lọc qua bể lọc H - cationit bằng:

$$C_H = C_{Cl} + C_{SO_4} - C_M = C \cdot C_{Na} \cdot K_{tp} \cdot C_M, \quad (11.34)$$

trong đó:  $C_{Cl}$  và  $C_{SO_4}$  - nồng độ ion  $Cl^-$  và  $SO_4^{2-}$  trong nước cần làm mềm ( $dlg/m^3$ );

$K_{tp}$  - độ kiềm toàn phần của nước cần làm mềm ( $dlg/m^3$ );

$C_M$  - nồng độ các cation  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  trong nước lọc qua bể lọc;

$C_H$  - nồng độ axit tại thời điểm đang xét ( $dlg/m^3$ ), ( $mdlg/l$ ).

Sau  $T_{Na}$  giờ kể từ khi bắt đầu chu kỳ làm việc, nồng độ Natri trong nước lọc bắt đầu tăng lên. Tại thời điểm cho lọt ion  $Ca^{2+}$  vào nước lọc nồng độ ion  $Na^+$  trong nước bằng tổng nồng độ (tính theo đương lượng) của các cation cứng ( $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$ ) và ion  $Na^+$  có trong nước nguồn. Thời gian làm việc của bể lọc H - actionit đến thời điểm nồng độ axit trong nước lọc giảm đến không ( $T_o$ ) có thể tính theo công thức sau:

$$T_o = \frac{0,8 \cdot T_{Ca} \cdot C_H + 1,2 \cdot T_{Na} \cdot K_{tp}}{K_{tp} + C_H}, \quad (11.35)$$

trong đó:  $T_{Ca}$  - thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm cho lọt ion canxi vào nước lọc (h).

Độ axit của nước lọc qua bể lọc H - cationit tại thời điểm bất kỳ sau khi cho lọt ion  $Na^+$  vào nước lọc có thể xác định theo công thức:

$$C_H^T = C_H \cdot K_p \frac{T - 1,2 \cdot T_{Na}}{T_o - 1,2 \cdot T_{Na}} \quad (mdlg/m^3), \quad (11.36)$$

trong đó:  $T$  - thời gian làm việc của bể lọc kể từ đầu chu trình;

$K_p$  - hệ số có thứ nguyên có trị số bằng 1.

### 11.3.5. Độ triệt để của quá trình làm mềm bằng cationit

Độ triệt để của quá trình làm mềm nước được hiểu là độ cứng còn lại trong nước sau khi lọc qua bể lọc cationit.

Khi chiều dày của lớp cationit trong bể lọc Na - cationit vượt quá chiều dày của lớp bảo vệ ứng với tốc độ lọc đã định và độ cứng của nước nguồn, các lớp trên của cationit trong bể lọc làm việc trong điều kiện cân bằng, cationit nằm trong trạng thái cân bằng bão hòa bởi các muối cứng và natri của nước.

Quá trình cân bằng của các phản ứng trao đổi ion được mô tả bằng phương trình (11.18) và (10.19). Thay vào công thức (11.19), giá trị của:

$$E_{Na} = \alpha \cdot E_{tp} \quad (11.37)$$

và 
$$E_{Ca} = (1 - \alpha) \cdot E_{tp} \quad (11.38)$$

$$\text{rút ra: } \frac{\gamma_{Ca} \cdot V_{Na}}{\gamma_{Na}^2 \cdot V_{Ca}} \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha^2} = K \cdot \frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \quad (11.39)$$

Từ đó độ cứng tổng của nước lọc qua bể lọc cationit sẽ bằng:

$$a_{Ca} = \frac{V_{Na}^2 \cdot \gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2 \cdot V_{Ca}} \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha^2} \cdot a_{Na}^2 \quad (11.40)$$

Nồng độ natri trong nước đi vào lớp dưới của bể lọc Na - cationit thực tế bằng tổng nồng độ cation của tất cả các muối hòa tan trong nước, còn trị

$$\frac{V_{Na}^2 \cdot \gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2 \cdot V_{Ca}} \cdot K = \varphi_{Na} \text{ là hằng số đối với mỗi loại cationit.}$$

Khi đó phương trình (11.40) có dạng:

$$C_C^{Na} = \varphi_{Na} \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha^2} P^2, \quad (11.41)$$

trong đó:  $C_C^{Na}$  - độ cứng của nước lọc qua bể lọc Na - cationit (mdlg/l);

$\alpha$  - hệ số hiệu quả hoàn nguyên các lớp cationit nằm phía dưới trong bể lọc;

$P$  - tổng hàm lượng muối của nước cần làm mềm (mdlg/l);

$\varphi_{Na}$  - hằng số trao đổi, theo tài liệu của Clatrico V.A đối với sunfua cationit,  $\varphi_{Na} = 0,00125$  khi trao đổi ion  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  với ion  $Na^+$ .

Độ cứng của nước lọc qua bể lọc H - cationit được xác định bằng phương trình tương tự với phương trình (11.41):

$$C_C^H = \varphi_H \cdot \frac{1-\alpha_H}{\alpha_H^2} A^2, \quad (11.42)$$

trong đó:  $A$  - tổng nồng độ ion  $SO_4^{2-}$  và  $Cl^-$  trong nước cần làm mềm (mdlg/l);

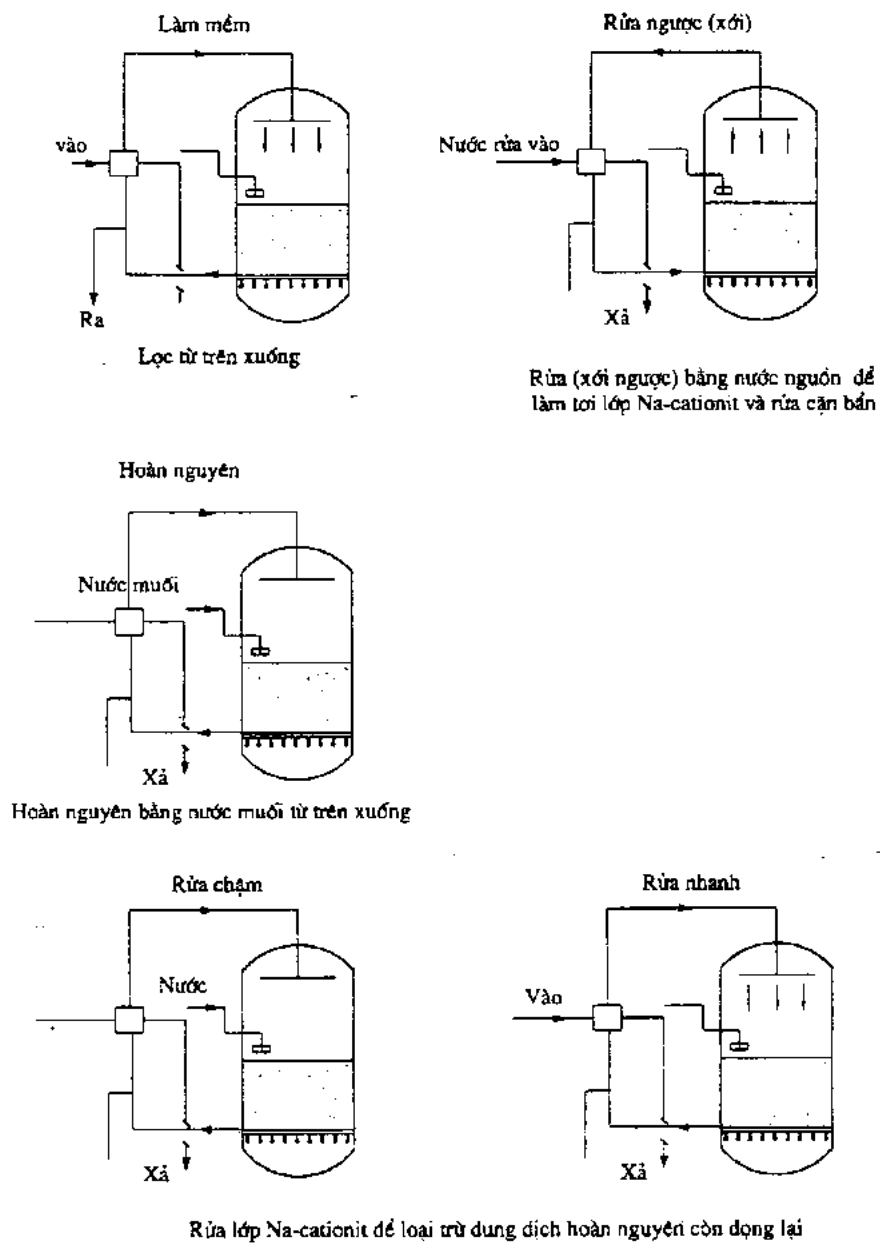
$\varphi_H$  - hằng số trao đổi đối với sunfua cationit gần bằng 0,0014.

### 11.3.6. Các quá trình vận hành bể lọc cationit

Có bốn công đoạn cơ bản trong vận hành bể lọc cationit

- Làm mềm
- Rửa ngược để xối lớp vật liệu
- Hoàn nguyên cationit bằng dung dịch muối NaCl, axit  $H_2SO_4$ , v.v...
- Rửa sạch dung dịch hoàn nguyên.

Sơ đồ quy trình vận hành xem hình (11.7).



Hình 11.7. Sơ đồ quy trình vận hành bể lọc cationit

### 1. Quá trình làm mềm

Nước nguồn theo dần ống phân phối đi từ trên xuống với tốc độ tính toán, khi nước lọc ra có độ cứng tăng trên mức cho phép đã định (thường được báo bằng máy đo tự động theo độ dẫn điện của nước Conductivity) thì ngừng lọc để hoàn nguyên lớp cationit.

## 2. Rửa ngược để xói vật liệu

Trước khi hoàn nguyên, cần phải xói tơi lớp vật liệu để rửa cặn bẩn, có thể dùng nước rửa bể lọc sau khi hoàn nguyên để xói, bởi vì trong nước rửa có chất hoàn nguyên cho nên đồng thời với việc xói, bể lọc đã được hoàn nguyên một phần. Thể tích thùng chứa nước rửa bể lọc Na - cationit sau khi hoàn nguyên lấy không nhỏ hơn  $5m^3$  cho  $1m^2$  diện tích bể lọc cho phép thu và sử dụng gần 50% lượng nước rửa để xói tơi bể lọc.

Nước xói phân phối đều theo diện tích đáy bể bằng hệ thống thu nước lọc. Thời gian xói thường từ 12 đến 15 phút. Cường độ xói chọn theo bảng sao cho toàn bộ lớp cationit kể cả lớp dưới gồm các hạt lớn nhất đều lơ lửng trong dòng nước và có độ dẫn nở 5 - 10%.

Cỡ hạt $D_{90}$ mm	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Cường độ xói $l/s.m^2$	1,5	1,8	2	2,5	3,3	3,5	4	4,5	5

Khoảng cách từ mép máng hay phễu thu đến bề mặt lớp cationit lấy bằng nửa chiều dày của lớp, tốc độ chuyển động của nước trong ống dẫn lấy 1,5 - 2 m/s.

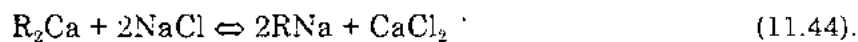
## 3. Hoàn nguyên

Mục đích của việc hoàn nguyên bể lọc cationit là khôi phục lại khả năng trao đổi của cationit.

Mức độ hoàn nguyên cationit được đặc trưng bằng hệ số hiệu quả hoàn nguyên:

$$\alpha = \frac{E_{Na}}{E_{Tp}} \quad (11.43)$$

Nếu phản ứng hoàn nguyên Na - cationit diễn ra theo sơ đồ phản ứng



thì phương trình trao đổi đẳng nhiệt ở cuối quá trình hoàn nguyên có dạng:

$$\frac{E_{Tp}(E_{Tp} - E_{Na})}{E_{Na}^2} = K_{hn} \left[ \frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \right]_{h,n} \quad (11.45)$$

Thay vào phương trình này giá trị  $E_{Na}$  từ phương trình (11.43) thu được:

$$\frac{E_{Tp}^2(1 - \alpha)}{\alpha^2 \cdot E_{Tp}^2} = K_{hn} \left[ \frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \right]_{h,n} \quad \text{và rút ra}$$

$$\alpha_{Na} = \frac{a_{Na}^2}{2K_{h.n} a_{Ca}} \left[ \sqrt{\frac{4K_{h.n} a_{Ca}}{a_{Na}^2} + 1} - 1 \right], \quad (11.46)$$

trong đó:  $a_{Na}$ ,  $a_{Ca}$  - nồng độ natri và các cation muối cứng trong dung dịch hoàn nguyên ở cuối quá trình hoàn nguyên.

Từ (11.46) thấy rằng: hệ số hiệu quả hoàn nguyên  $\alpha$  là hàm số của tỷ số nồng độ natri đối với nồng độ các muối cứng trong dung dịch hoàn nguyên ở cuối quá trình hoàn nguyên. Có thể tăng trị số  $\alpha_{Na}$  đến gần 1 bằng cách tăng nồng độ natri trong dung dịch hoàn nguyên hoặc giảm độ cứng trong dung dịch ở cuối quá trình hoàn nguyên. Tăng nồng độ natri trong dung dịch hoàn nguyên thường dẫn đến việc tăng lượng muối ăn dùng để hoàn nguyên. Vì thế để nâng cao hiệu quả hoàn nguyên thường chỉ tăng nồng độ muối ăn ở cuối quá trình hoàn nguyên. Đầu quá trình dùng dung dịch muối nồng độ 1,5 - 2%, cuối quá trình dùng dung dịch muối 7 - 8%. Khi chọn chế độ hoàn nguyên cần chú ý rằng: để có thể khử được hoàn toàn  $Ca^{2+}$  và  $Mg^{2+}$  ra khỏi các hạt cationit bằng dung dịch muối ăn ở nhiệt độ thấp (10 - 15°) cần không ít hơn 3 lần thay đổi dung dịch hoàn nguyên tiếp xúc với bề mặt các lỗ rỗng trong lớp lọc cationit. Trong thời gian 30 phút, thể tích của dung dịch hoàn nguyên lấy không ít hơn 1,5 m<sup>3</sup> ứng với 1 m<sup>3</sup> thể tích của lớp cationit trong bể lọc. Tăng nhiệt độ của dung dịch hoàn nguyên đến 30 - 40°C, làm tăng nhanh quá trình khuếch tán và cho phép nâng cao hiệu quả quá trình hoàn nguyên.

Số lượng muối ăn để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit một bậc phụ thuộc vào hệ số hiệu quả hoàn nguyên  $\alpha$  có thể chọn theo bảng (11. 5) hoặc tính theo (11.46)

**Bảng 11.5. Giá trị của hệ số  $\alpha$**

Lượng muối đơn vị tiêu thụ $\gamma_m$ để hoàn nguyên cationit tính bằng gam/dlg khả năng trao đổi của cationit	100	150	200	250	300	400
Hệ số hiệu quả hoàn nguyên $\alpha_{Na}$	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9	0,91

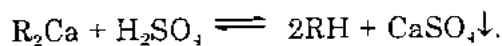
Căn cứ vào độ cứng cho phép còn lại trong nước sau khi làm mềm theo công thức (11.41), có thể tính được hệ số hiệu quả hoàn nguyên  $\alpha_{Na}$  cần thiết, sau đó theo bảng (11.5) chọn ra lượng muối đơn vị để hoàn nguyên.

Đối với bể lọc Na - cationit bậc I trong sơ đồ Na - cationit hai bậc, ta hoàn nguyên bằng dung dịch muối ăn nồng độ 2 - 3% lượng muối tiêu thụ từ

125 - 150 gam NaCl/ 1 gam đương lượng của khả năng trao đổi  $E_{Na}^{lv}$  của cationit, còn đối với bể Na - cationit bậc II hoàn nguyên bằng dung dịch muối 10%, lượng muối đơn vị tiêu thụ bằng 300 - 400 g cho 1 gam đương lượng trao đổi của Na - cationit (lấy trị số lớn của lượng tiêu thụ muối khi làm mềm nước có hàm lượng muối cao). Để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit, đặc biệt là bể Na - cationit bậc II có thể dùng muối ăn không bị nhiễm muối cứng. Nếu dùng muối ăn có độ cứng cao sẽ làm giảm hệ số hiệu quả hoàn nguyên và tăng độ cứng của nước sau khi làm mềm.

Khi làm mềm nước có độ cứng cao ( $>15$  mdig/l) hay có hàm lượng muối cao ( $>350 - 400$  mg/l), cũng như trong trường hợp dùng sơ đồ cationit một bậc, để tiết kiệm lượng muối hoặc axit và để đảm bảo độ triệt để cần thiết của quá trình làm mềm, thường hoàn nguyên bể lọc theo nguyên tắc ngược dòng: khi làm việc bình thường, nước lọc đi từ trên xuống dưới, khi hoàn nguyên cho dung dịch đi từ dưới lên trên. Để tránh hiện tượng kéo các hạt cationit theo dung dịch hoàn nguyên ra khỏi bể lọc thì tốc độ chuyển động của dung dịch hoàn nguyên và nước rửa trong bể lọc không được lớn hơn 8 - 10 m/h, điều này đòi hỏi phải tăng thời gian hoàn nguyên lên một chút. Nhược điểm đó của quá trình hoàn nguyên ngược chiều được bù lại bằng sự sử dụng triệt để dung dịch hoàn nguyên và hoàn nguyên hết được các lớp cationit nằm phía dưới của bể lọc, góp phần nâng cao hiệu quả hoàn nguyên và độ triệt để của quá trình làm mềm.

Hoàn nguyên bể lọc H - cationit có thể thực hiện bằng dung dịch axit clohydric hay axit sunfuric. Khi dùng axit sunfuric nồng độ  $H_2SO_4$  trong dung dịch hoàn nguyên không được vượt quá 1,5%. Nếu nồng độ  $H_2SO_4$  trong dung dịch hoàn nguyên lớn có thể làm lắng đọng thạch cao  $CaSO_4$  trên bề mặt các hạt cationit và trong khe hở của hệ thống ống phân phối và thu nước, vì khi đó tích nồng độ  $SO_4^{2-}$  và  $Ca^{2+}$  sẽ lớn hơn tích số hòa tan của  $CaSO_4$ .



Để tránh lắng đọng thạch cao trong bể H - cationit, khi hoàn nguyên cần cho dung dịch axit qua lớp cationit một cách nhanh chóng và liên tục, còn bể lọc sau khi hoàn nguyên phải rửa sạch ngay bằng nước để loại trừ các sản phẩm hoàn nguyên. Nếu pha hexameta photphat natri vào dung dịch axit  $H_2SO_4$  có nồng độ lớn hơn 1,5% với liều lượng từ 250 - 300 g/m<sup>3</sup> thì có thể tránh được lắng đọng thạch cao khi hoàn nguyên bể lọc.

Hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng dung dịch axit sunfuric 1,5% cho phép đạt được mức độ sử dụng dung dịch hoàn nguyên khá tốt, gần với lý thuyết. nhưng nồng độ thấp của axit trong dung dịch hoàn nguyên thường không đảm bảo hoàn nguyên đầy đủ cationit đặc biệt là cationit có dung tích lớn. Khi cần hoàn nguyên triệt để cationit có dung tích lớn thì phải dùng hoặc là axit clohydric, (giá đắt hơn H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), hoặc áp dụng phương pháp hoàn nguyên theo hai bậc. Đầu tiên hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% hoặc bằng dung dịch NaCl để đuổi phần lớn ion Ca<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup>, sau đó hoàn nguyên bằng dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 - 10% vì SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> không tạo với natri thành hợp chất khó hòa tan trong nước.

Để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit có thể dùng nước biển, dùng dung dịch muối xả ra từ nồi hơi hay các thiết bị bốc hơi khi nước cấp cho nồi hơi là nước biển đã được làm mềm.

Hoàn nguyên bể lọc, amon - cationit bằng dung dịch 2 - 3% sunfat hay clorit amoni: lượng tiêu thụ đơn vị của sunfat amoni khi hoàn nguyên bể lọc amoni cationit lấy bằng 200 gam cho 1 gam đương lượng trao đổi của cationit. Khi áp dụng sơ đồ hai bậc, để hoàn nguyên bể lọc amon - cationit bậc I, lượng tiêu thụ đơn vị sunfat amoni lấy 140 g/dlg, bậc II lấy 250 - 300 g/dlg.

#### 4. Rửa nước sau khi hoàn nguyên hay còn gọi là thời gian xả nước lọc dầu

Cho nước nguồn vào bể lọc với tốc độ chậm 5 - 8 m/h để rửa dung dịch muối hoàn nguyên còn đọng lại trong lớp vật liệu, xả nước lọc dầu đến khi nồng độ ion clo trong nước rửa bằng nồng độ ion clo trong nước nguồn thì ngừng lại và cho bể lọc vận hành với quy trình lọc bình thường. Nên có bể giữ lại 1/2 nước rửa để xối bể lọc.

#### 11.3.7. Tính toán bể lọc Na - cationit

Tính toán công nghệ, bể lọc Na - cationit bao gồm việc xác định tổng diện tích và số bể lọc cần thiết để làm mềm lượng nước yêu cầu có độ cứng nhất định. Tổng diện tích các bể lọc cationit xác định theo công thức sau:

$$F = \frac{Q_{\text{ngày}}}{v_t [T - n(t_x + t_h + t_r)]} \quad (11.47)$$

trong đó:  $Q_{\text{ngày}}$  - lưu lượng có ích của các bể lọc Na - cationit (m<sup>3</sup>/ngày);

T - số giờ làm việc của trạm trong ngày;



$n$  - Số lần hoàn nguyên trong ngày;

$t_x$  - Thời gian xói lớp cationit, thường lấy bằng 0,25 giờ;

$t_h$  - thời gian hoàn nguyên, thường lấy 25 - 30 phút tức là 0,45 - 0,5 giờ;

$t_r$  - thời gian rửa bể sau khi hoàn nguyên 0,75 - 0,83 giờ (50 phút);

$v_t$  - tốc độ lọc tính toán (m/h), xác định theo (11.31)

$$v_t = \frac{E_{iv} \cdot H}{T_1 \cdot C_o + 0,02 E_{iv} d_{80}^2 (\ln C_o - \ln C_c)} \quad (11.31a)$$

$C_o$  - độ cứng toàn phần của nước nguồn (đlg/m<sup>3</sup>);

$C_c$  - độ cứng cho phép còn lại;

$T_1$  - thời gian của một chu kỳ làm việc của bể lọc giữa hai lần hoàn nguyên (h):

$$T_1 = \frac{T}{n} - (t_x + t_h + t_r);$$

$d_{80}$  - đường kính cỡ hạt 80% (đối với cationit dùng để làm mềm nước có thể lấy  $d_{80} = 0,8 \div 1,2$  mm);

$H$  - chiều dày lớp cationit trong bể lọc (m):

Đối với bể lọc Na - cationit áp lực  $H = 2 \div 2,5$  m.

Bể lọc hở  $H = 2,5 \div 4$  m.

Bể lọc hoàn nguyên ngược chiều  $H = 4,7$  m.

Bể lọc Na - cationit bậc II  $H = 1,5$  m;

$E_{iv}$  - khả năng trao đổi cân bằng ở trạng thái làm việc của cationit (đlg/m<sup>3</sup>) tính theo công thức (11.24).

$$E_{Na}^{iv} = \alpha \cdot \beta_{Na} \cdot E_{tp} - \varphi \cdot C_{or} \cdot q,$$

trong đó:  $\alpha$  - chọn theo bảng (11.5) ;

$\beta$  - chọn theo bảng (11.4);

$E_{tp}$  - chọn theo bảng (11.2) ;

$\varphi = 0,5$ ;

$q = 5$  m<sup>3</sup> nước/1 m<sup>3</sup> cationit.

- Tốc độ lọc tính theo công thức (11.31a) không được nhỏ hơn 3 m/h và không được lớn hơn các trị số ghi trong bảng (11.6); ở đây coi tốc độ lọc là tốc độ làm việc bình thường khi tất cả các bể lọc Na - cationit trong trạm đều hoạt động trừ bể lọc dự trữ. Còn tốc độ lọc tăng cường là tốc độ lọc của các bể còn lại trong trạm trong thời gian hoàn nguyên một hay hai bể lọc.

Bảng 11. 6

Độ cứng của nước nguồn (mg/l)	Tốc độ lọc m/h ở chế độ	
	Làm việc bình thường	Tăng cường
0,5 - 1	30 - 25	45 - 35
1 - 3	25 - 20	35 - 30
3 - 6	20 - 15	30 - 25
6 - 10	15 - 10	25 - 20

- Thể tích cần thiết của cationit xác định theo công thức sau:

$$W = \frac{Q_{\text{ngày}} \cdot C_o}{n \cdot E_{\text{iv}}^{\text{Na}}}, \text{ (m}^3\text{)}, \quad (11.48)$$

trong đó: Q - m<sup>3</sup>/ngày ;

C<sub>o</sub> - độ cứng tổng của nước nguồn (đlg/m<sup>3</sup>);

E<sub>iv</sub><sup>Na</sup> - đlg /m<sup>3</sup> ;

n - số lần hoàn nguyên trong ngày.

- Số bể lọc Na - cationit bậc I cần thiết tính theo công thức:

$$m = \frac{4F}{\pi \cdot D^2} + e, \quad (11.49)$$

trong đó: F - tổng diện tích các bể lọc tính theo (11.47) (m<sup>2</sup>);

D - đường kính trong của bể lọc (m), cần chọn đường kính bể lọc sao cho tổng số bể lọc trong trạm là ít nhất nhưng số bể lọc làm việc đồng thời không ít hơn 2;

e - số bể lọc dự trữ trong trạm: chọn e = 1 khi trong trạm có ít hơn 6 bể làm việc đồng thời ; e = 2 khi trong trạm số bể lọc làm việc đồng thời lớn hơn 6.

Khi tính toán bể lọc Na - cationit bậc I: hoặc chọn trước chiều cao lớp cationit H = 2,5m, và cho trước số lần hoàn nguyên trong ngày n. Rồi tính tốc độ lọc theo công thức (11.31a); hoặc chọn trước tốc độ lọc tính toán theo bảng (11.6) và cho trước số lần hoàn nguyên trong ngày rồi xác định chiều dày cần thiết của lớp cationit trong bể lọc theo công thức sau (tương tự công thức 11.32):

$$H = \frac{T_1 \cdot v_1 \cdot C_o}{E_{\text{iv}}^{\text{Na}}} + 0,025 v_1 \cdot d_{80}^2 \ln C_o, \text{ (m)}. \quad (11.50)$$

Tốc độ lọc nước trong bể lọc Na - cationit bậc II  $v_{12}$  chọn trong giới hạn từ 25 - 60 m/h. Chiều dày lớp cationit  $H_2 = 1,5$  m. Lưu lượng hữu ích đúng bằng lưu lượng yêu cầu của đối tượng tiêu thụ nước. Thời gian của một chu kỳ làm việc giữa hai lần hoàn nguyên tính theo công thức (tương tự công thức 11.30).

$$T_2 = \frac{E_{lv}^2 \cdot H_2}{v_{12} \cdot C_{o_2}} - 0,025 \cdot d_{80}^2 \cdot \ln C_{o_2} \quad (11.51)$$

Các ký hiệu trong công thức (11.51) xem giải thích ở công thức (11.31a), chỉ số 2 trong ký hiệu các trị số này tính cho bể lọc Na - cationit bậc II. Khả năng trao đổi khi làm việc của cationit trong bể lọc Na - cationit bậc II (tương tự công thức (11.24) bằng:

$$E_{lv}^2 = \alpha_2 \cdot \beta \cdot E_{lv} \quad (11.52)$$

trong đó:  $\alpha_2$  - chọn trong bảng (11.5), với lượng muối tiêu thụ đơn vị khi hoàn nguyên, 400 g/ 1 đig muối cứng được khử ra khỏi nước;

$\beta$  - chọn theo bảng (11.4), lấy nồng độ natri trong nước bằng tổng nồng độ của canxi, magie, natri và kali trong nước nguồn.

Dùng nước đã lọc qua bể lọc Na - cationit bậc I để rửa bể lọc Na - cationit bậc II sau khi hoàn nguyên.

Độ cứng của nước đưa vào bể lọc cationit bậc II:  $C_{o_2}$  lấy bằng hai lần độ cứng trong nước đã được lọc qua bể lọc bậc một, xác định theo công thức (11.41).

$$C_{o_2} = 2 \cdot \varphi_{Na} \frac{1 - \alpha_2}{\alpha_2} P^2$$

Tổn thất áp lực trong bể lọc cationit có thể lấy theo bảng (11.7).

**Bảng 11.7. Tổn thất áp lực trong lớp cationit**

Tốc độ lọc (m/h)	Tổn thất trong lớp lọc cationit (m) với cỡ hạt bằng mm			
	0,3 - 0,8 (mm)		0,5 - 1,1 (mm)	
	Chiều cao lớp cationit trong bể lọc (m)			
	2	2,5	2	2,5
5	5	5,5	4	4,5
10	5,5	6	5	5,5
15	6	6,5	5,5	6,0
20	6,5	7	6	6,5
25	9	10	7	7,5

### 11.3.8. Tính toán bể lọc H và Na - cationit

Sơ đồ làm mềm nước bằng bể lọc H và Na - cationit được áp dụng trong các trường hợp đồng thời với làm mềm đòi hỏi giảm cả độ kiềm của nước.

Dùng sơ đồ bể lọc H - cationit làm việc song song với bể lọc Na - cationit sau đó khử khí CO<sub>2</sub> trong nước đã trộn lẫn với nhau rồi lọc qua bể lọc Na - cationit bậc II để làm mềm tiếp và để điều chỉnh trị số pH, cho phép giảm độ cứng của nước nguồn xuống 0,01 mdlg/l và độ kiềm xuống 0,35 mdlg/l. Để thu được nước trung hòa phải tính toán lưu lượng nước cấp vào bể H - cationit và Na - cationit sao cho độ kiềm của nước lọc qua Na - cationit đủ để trung hòa độ axit có trong nước lọc qua H - cationit.

Độ axit của nước lọc khi qua bể lọc H - cationit bằng tổng hàm lượng muối của các axit mạnh trong nước nguồn  $\Sigma(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$ . Như vậy tổng lượng axit trong nước lọc qua H - cationit bằng  $Q_H \Sigma(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$ . Còn độ kiềm của nước nguồn khi lọc qua bể lọc Na - cationit không giảm nên tổng lượng kiềm cần khử trong nước lọc qua Na - cationit bằng  $Q_{Na}(K_{Tp} - a)$ ; a là độ kiềm cho phép còn lại trong nước sau làm mềm (mdlg/l).

Để thu được nước trung tính ta phải có:

$$Q_H \Sigma(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) = Q_{Na}(K_{Tp} - a) \text{ và } Q_{tt} = Q_H + Q_{Na};$$

giải phối hợp hai phương trình này ta rút ra

$$Q_H = \frac{Q_{tt}(K_{Tp} - a)}{K_{Tp} + \Sigma(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) - a}; \quad (11.53)$$

$$Q_{Na} = Q_{tt} - Q_H.$$

trong đó:  $Q_{tt}$  - lưu lượng nước tính toán (hữu ích) của trạm (m<sup>3</sup>/h);

$K_{Tp}$  - độ kiềm toàn phần của nước nguồn (mdlg/l);

$\Sigma(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$  - tổng hàm lượng muối của các axit mạnh trong nước nguồn (mdlg/l).

Tốc độ lọc của bể H - cationit  $v_{tt}^H$  xác định theo điều kiện bể lọc làm việc đến thời điểm giảm độ axit trong nước lọc đến không.

$$v_{tt}^H = \frac{E_{iv}^H \cdot H}{T_o(C_o + C_{Na}) + 0,025d_{90}^2 \ln(C_o + C_{Na})}; \quad (11.54)$$

trong đó:  $E_{iv}^H$  - khả năng trao đổi của H - cationit,

$$E_{iv}^H = \alpha_H \cdot E_{tp} - 0,5 q_o(C_o + C_{Na} + C_K) \quad (11.55)$$

- $q_0$  - lưu lượng đơn vị của nước trong dùng để rửa H - cationit sau khi hoàn nguyên bằng  $5 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}^3$  cationit;
- $C_0$  - độ cứng toàn phần của nước nguồn;
- $C_{Na}, C_K$  - nồng độ của natri và kali trong nước nguồn (mg/l);
- $E_{iv}$  - khả năng trao đổi toàn phần của cationit chọn trong bảng (11.2);
- $T_0$  - thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm độ axit trong nước đã lọc giảm đến 0, tính theo (11.35);
- $d_{80}$  - đường kính cỡ hạt 80% của lớp cationit (mm);
- H - chiều cao lớp cationit trong bể lọc H - cationit (m), thường lấy từ 2 - 2,5 m đối với bể bậc I và 1,5 m đối với bể bậc II.
- $\alpha_{11}$  - hệ số hiệu quả hoàn nguyên, phụ thuộc vào lượng tiêu thụ đơn vị của axit có thể chọn theo bảng (11.8).

Bảng 11. 8. Giá trị của hệ số  $\alpha_{11}$ 

Lượng tiêu thụ đơn vị $H_2SO_4$ , $Y_a$ (g/dlg) ion được hấp thụ	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	250
Giá trị của $\alpha_{11}$	0,62	0,68	0,74	0,78	0,81	0,83	0,85	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95

Thể tích cần thiết của lớp cationit trong bể H - cationit:

$$W_H = \frac{Q^H (C_0 + C_{Na}) \cdot 2H}{n \cdot E_{iv}^H} \quad (11.56)$$

trong đó: n - số lần hoàn nguyên trong ngày.

Số bể lọc H - cationit dự trữ trong trạm cũng lấy như đối với trạm chỉ có bể Na - cationit. Tất cả các bể lọc dự trữ phải được chống gỉ để có thể làm việc thay cho H - cationit cũng như Na - cationit.

Bể lọc Na - cationit bậc II trong sơ đồ này cũng tính như bể Na - cationit bậc I trong sơ đồ Na - cationit hai bậc.

Trong quá trình làm việc của bể lọc H - cationit, nước qua bể lọc có độ axit giảm dần tính theo thời gian vì thế để giữ độ kiềm không đổi trong nước hỗn hợp cần phải xây bể chứa lớn, chứa đủ lượng nước để điều hòa với quá trình thay đổi độ axit trong nước lọc qua H - cationit, hoặc đặt van tự động điều chỉnh phân phối lưu lượng giữa hai bể Na - và H - cationit để luôn luôn thu được hỗn hợp nước có tính trung hòa.

Sơ đồ H và Na - cationit nối tiếp.

Khử khí  $\text{CO}_2$  sau bể H - cationit sau đó lọc qua hai bậc Na - cationit được dùng để làm mềm nước có hàm lượng muối cao (lớn hơn 700 - 1000 mg/l). Bể lọc H - cationit phải ngừng để hoàn nguyên khi độ kiềm trong nước lọc qua nó đạt đến 0,5 - 0,7 mdlg/l. Tính toán các bể lọc của sơ đồ này cũng như cách tính các bể lọc trong các sơ đồ trên.

### 11.3.9. Làm mềm nước bằng Na - cationit và Cl - anionit

Làm mềm nước đồng thời giảm độ kiềm của nó có thể thực hiện được bằng cách cho nước lọc qua bể lọc hỗn hợp cationit và anionit hoặc là lọc nối tiếp: đầu tiên qua bể lọc cationit sau đó qua bể lọc anionit. Hai bể lọc này đều hoàn nguyên bằng muối ăn. Bể cationit chuyển thành dạng Na - cationit còn bể anionit chuyển thành dạng Cl - anionit. Khi lọc nước qua bể lọc Na - cationit, ion  $\text{Na}^+$  sẽ trao đổi với cation của các muối cứng của nước, còn lọc qua Cl - anionit nó sẽ hấp thụ tất cả các anion  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{HCO}_3^-$  và nhả vào nước một lượng tương đương anion  $\text{Cl}^-$ .

Độ cứng của nước sau khi làm mềm bằng phương pháp này giảm đến 0,01 mdlg/l, còn độ kiềm giảm đến 0,2 - 0,6 mdlg/l.

Cationit trong bể lọc Na - cationit của sơ đồ Na - cationit và Cl - anionit có thể chọn bất kỳ cationit axit mạnh nào: sunfua cacbon KY - 1 hay KY - 2. Còn anionit trong bể Cl - anionit có thể chọn anionit kiềm yếu hoặc kiềm mạnh.

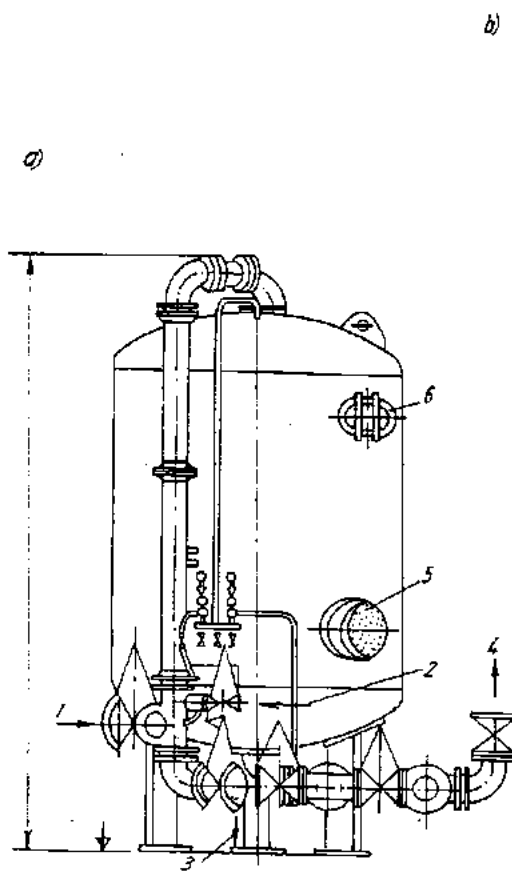
Khả năng trao đổi khi làm việc của cationit xác định theo công thức (11.24) như đối với bể Na - cationit thường. Còn khả năng trao đổi khi làm việc của anionit phụ thuộc vào lượng tiêu thụ đơn vị của muối. Khi hoàn nguyên anionit bằng dung dịch muối 5%, nhiệt độ  $70^\circ\text{C}$ , lượng tiêu thụ đơn vị 170 g/dlg anion được hấp thụ, thì khả năng trao đổi khi làm việc của anionit đối với tổng của  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{HCO}_3^-$  đạt tới  $1000 \cdot 1100 \text{ dl}/\text{m}^3$ .

Còn khi chỉ tính khả năng trao đổi của anionit đối với riêng  $\text{HCO}_3^-$ , lượng tiêu thụ đơn vị của muối đến 500 - 600 g/dlg, thì khả năng trao đổi của anionit không vượt quá  $300 - 500 \text{ dl}/\text{m}^3$ . So với phương pháp làm mềm nước bằng H và Na - cationit, trong trường hợp làm mềm nước để cấp cho nồi hơi áp lực thấp và cấp cho thiết bị bốc hơi thì phương pháp này có các ưu điểm sau: không cần dùng axit và các thiết bị để pha chế và định lượng axit, bảo vệ được các thiết bị khỏi gỉ, kiểm tra và quản lý đơn giản.

Khuyết điểm của phương pháp này là làm tăng hàm lượng clorit trong nước lên một trị số bằng độ kiềm của nước nguồn và nâng cao hàm lượng  $\text{CO}_2$ .

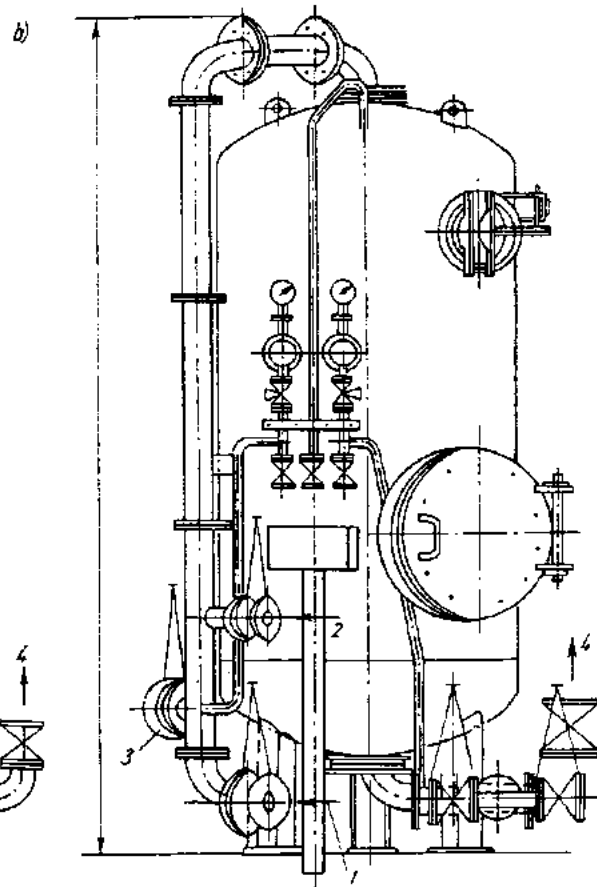
### 11.3.10. Cấu tạo bể lọc cationit

Cấu tạo của bể lọc cationit gồm: Vỏ bể, hệ thống thu nước lọc và phân phối nước để xối lớp cationit, hệ thống phân phối dung dịch hoàn nguyên theo diện tích bể, và hệ thống thu nước rửa và phân phối nước nguồn đều theo diện tích bể. Bể lọc cationit có thể là bể áp lực đặt đứng, đặt nằm ngang hay là bể lọc hở. Thường người ta sử dụng rộng rãi bể cationit áp lực đặt thẳng đứng (hình 11.8).



Hình 11.8a. Bể lọc Na - cationit bậc I  
(áp lực đặt đứng)

1 - ống dẫn nước thô; 2- ống dẫn dung dịch;  
3 - xả nước rửa; 4 - dẫn nước lọc ra; 5 - cửa  
đổ vật liệu hoàn nguyên; 6 - cửa thăm.



Hình 11.8b. Bể lọc áp lực H - cationit đặt đứng

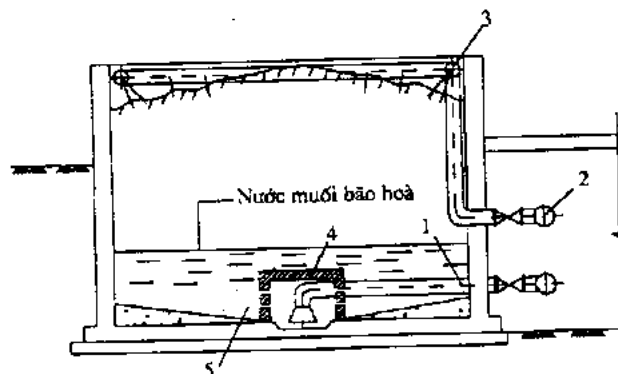
### 11.3.11. Các thiết bị phụ của trạm làm mềm nước bằng cationit

Trong trạm làm mềm nước bằng cationit ngoài các bể lọc cationit cần phải có các thiết bị và công trình để phục vụ việc hoàn nguyên và rửa bể lọc trong quá vận hành như: thùng chứa và kho dự trữ muối và axit, bể chứa nước để xối lớp cationit trong bể lọc, dàn khử khí CO<sub>2</sub>, thùng pha dung dịch axit đậm đặc hay dung dịch muối bão hòa, thiết bị để đưa dung dịch hoàn nguyên vào bể lọc, thiết bị đo và kiểm tra v.v...

Muối dùng để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit được dự trữ trong trạm ở dạng ướt. Muối trong bể dự trữ được hòa tan thành dung dịch bão hòa và dùng dần, phương pháp dự trữ muối ướt có ưu điểm:

- 1) Hàng ngày không phải vận chuyển muối từ kho dự trữ khô đến để pha thành dung dịch, không phải dùng thiết bị pha muối.
- 2) Đảm bảo đưa vào bể lọc dung dịch hoàn nguyên có nồng độ cố định chọn trước, điều này không thể đạt được trong các thiết bị hòa tan muối đặt trước bể lọc, vì nồng độ của nó thay đổi từ cao (lúc bắt đầu hòa tan) đến không (cuối kỳ hòa tan vì lượng muối trong bể hòa tan đã hết).

Trên hình (11.9) giới thiệu sơ đồ bể dự trữ muối ướt.



Hình 11.9. Sơ đồ chuẩn bị dung dịch muối bão hòa để hoàn nguyên bể Na - cationit  
 1 - ống hút của máy bơm; 2 - ống dẫn nước áp lực để hòa tan muối; 3 - ống khoan lỗ phun nước; 4 - máng thu nước muối đã lọc; 5 - lớp sỏi cát lọc d = 2 - 3mm.

Dung tích bể chứa dự trữ muối ướt có thể xác định theo công thức (nồng độ dung dịch muối bão hòa trong kho: b = 26%):

$$W = \frac{Q^{Na} \cdot 24 \cdot C_o \cdot n \cdot \gamma_{in} \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b} \quad (m^3), \quad (11.57)$$

trong đó: Q<sup>Na</sup> - lưu lượng nước qua bể lọc Na - cationit (m<sup>3</sup>/h);

C<sub>o</sub> - độ cứng toàn phần trong nước nguồn (đlg/m<sup>3</sup>);



- $n$  - số ngày cần dự trữ muối, thường chọn từ 15 - 40 ngày;  
 $\gamma_m$  - lượng tiêu thụ muối đơn vị (g/dlg) (tra bảng 11.5).

Lượng muối cần thiết để hoàn nguyên 1 bể lọc Na - cationit tính theo công thức:

$$G_m = \frac{F_{Na} \cdot H \cdot E_{lv}^{Na} \cdot \gamma_m}{1000}, \text{ (kg)}, \quad (11.58)$$

trong đó:  $F_{Na}$  - diện tích bể lọc Na - cationit ( $m^2$ );

$H$  - chiều dày lớp cationit trong bể lọc (m);

$E_{lv}^{Na}$  - khả năng trao đổi cân bằng của Na - cationit trong bể lọc  
 (dlg/ $m^3$ );

$\gamma_m$  - lượng muối tiêu thụ  
 đơn vị (g/dlg) tra bảng  
 (11.5).

- Thể tích thùng đo dung dịch muối bão hòa,  $b_1 = 26\%$  hay thể tích dung dịch muối bão hòa cần cho một lần hoàn nguyên một bể lọc.

$$W_1 = \frac{G_m}{10 \cdot b_1 \cdot \gamma}, \text{ (m}^3\text{)}. \quad (11.59)$$

Khi  $b_1 = 26\%$ ,  $\gamma = 1,201$ :

$$W_1 = \frac{G_m}{10 \times 26 \times 1,201} = \frac{G_m}{292,26}, \text{ (m}^3\text{)}. \quad (11.59a)$$

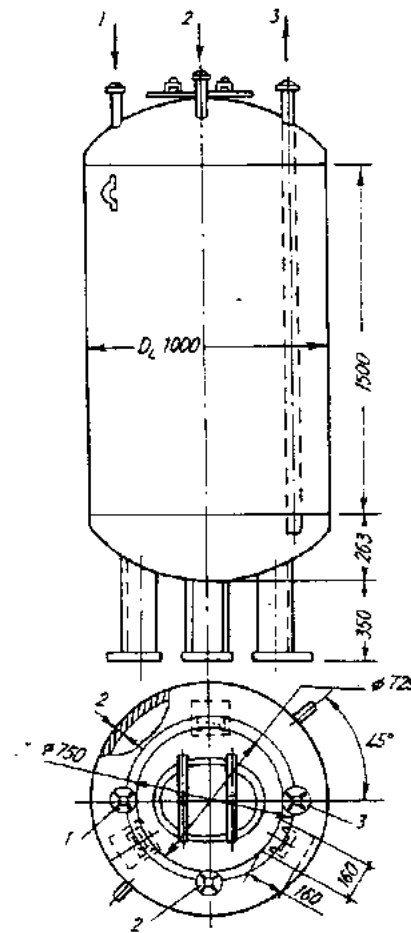
- Thể tích thùng đựng dung dịch pha loãng 8 - 10%

$$W_2 = \frac{G_m}{10 \cdot b_2 \cdot \gamma}, \text{ (m}^3\text{)}. \quad (11.60)$$

Khi  $b_2 = 8\%$ ,  $\gamma = 1,0585$ :

$$W_2 = \frac{G_m}{10 \times 8 \times 1,0585} = \frac{G_m}{84,48}, \text{ (m}^3\text{)}. \quad (11.60a)$$

- Lưu lượng của máy bơm dung dịch hoàn nguyên 8 - 10% vào bể lọc Na - cationit xác định theo công thức:



Hình 11.10. Sơ đồ thùng chứa axit đậm đặc để hoàn nguyên bể H - cationit, dung tích 1,5 $m^3$

- 1 - cấp không khí nén để đưa axit ra;  
 2 - nạp axit vào; 3 - dẫn axit ra

$$q_b = \frac{W_2}{0,45 \div 0,50}, \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (11.61)$$

(0,45 - 0,50) giờ - thời gian hoàn nguyên;

$W_2$  - tính theo (11.60a).

Để hoàn nguyên bể lọc H - cationit thường dùng axit  $H_2SO_4$ . Thiết bị chuẩn bị axit gồm: thùng chứa axit đậm đặc và các thiết bị hút axit đậm đặc từ thùng chứa, pha loãng đến nồng độ yêu cầu rồi chuyển vào bể H - cationit. Trên hình (11.10) giới thiệu sơ đồ thùng chứa axit đậm đặc.

- Thể tích xitec đựng axit đậm đặc dự trữ tính theo công thức:

$$W_x = \frac{Q_H \cdot 24 \cdot C_o \cdot m \cdot \gamma_a \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b \cdot \gamma}$$

$$W_x = 0,0024 \cdot \frac{Q_H \cdot C_o \cdot m \cdot \gamma_a}{b \cdot \gamma}, \text{ (m}^3\text{)}, \quad (11.62)$$

trong đó:  $Q^H$  - lưu lượng nước đi qua bể lọc H - cationit ( $m^3/h$ );

$C_o$  - độ cứng toàn phần của nước nguồn ( $dlg/m^3$ );

$\gamma_a$  - lượng tiêu thụ đơn vị của axit ( $g/dlg$ ), (tra bảng 11.8);

$m$  - số ngày dự trữ;

$b$  - nồng độ axit  $H_2SO_4$  đậm đặc từ 75 - 100%;

$\gamma$  - trọng lượng riêng của axit đặc;  $b = 100\%$ ;  $g = 1,83 t/m^3$ .

- Thể tích thùng đo dung dịch axit đậm đặc cần thiết cho một lần hoàn nguyên 1 bể lọc H - cationit:

$$W_d = \frac{Q_H \cdot C_o \cdot t \cdot \gamma_a}{10.000 \cdot b \cdot \gamma \cdot n}, \text{ (m}^3\text{)}, \quad (11.63)$$

trong đó:  $t$  - thời gian làm việc của bể lọc H - cationit giữa 2 lần hoàn nguyên;

$n$  - số bể lọc H - cationit trong trạm.

- Các ký hiệu còn lại như công thức (11.62).

- Thể tích thùng chứa nước để xối lớp cationit trong bể lọc  $W_x$  phải đảm bảo xối liên tục hai bể và được xác định theo công thức:

$$W_x = 2 \cdot \frac{W \cdot F \cdot t_x \cdot 60}{1.000} = 0,12 W \cdot F \cdot t_x, \text{ (m}^3\text{)}, \quad (11.64)$$

trong đó:  $W$  - cường độ xối ( $l/s \cdot m^2$ ) chọn theo bảng (mục 6 - các quá trình vận hành);

$F$  - diện tích bề cationit ( $m^2$ );

$t_x$  - thời gian xối tính bằng phút, lấy từ 12 - 15 phút.

Đáy thùng phải đặt cao hơn mép máng hoặc phễu thu nước xối trong bể lọc từ 5 - 7m, và phải có biện pháp thu vào thùng này nước rửa và một phần dung dịch hoàn nguyên ra khỏi bể lọc ở cuối quá trình hoàn nguyên.

Để trung hòa độ axit của nước thải khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit có thể dùng vôi cục, đá vôi v.v... Để ngăn ngừa quá trình ăn mòn và phá hoại bề mặt trong và các chi tiết của bể lọc H - cationit bởi nước axit, hoặc phải sản xuất bể H - cationit bằng thép không gỉ chống được dung dịch axit loãng, hoặc phải bảo vệ bằng lớp cách ly chống gỉ đặc biệt.

#### Vi dụ tính toán:

**Vi dụ 1.** Tính toán trạm làm mềm nước bằng Na - cationit với lưu lượng hữu ích cần thiết

$Q = 2400 \text{ m}^3/\text{ngày}$ ;  $Q \text{ giờ} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ ; hàm lượng cặn trong nước nguồn: 6 mg/l; độ màu < 20°.

Độ cứng toàn phần của nước nguồn:  $C_w = 6 \text{ mdlg/l}$  hay  $6 \text{ dlg/m}^3$ .

Độ cứng cacbonat:  $C_K = 1,9 \text{ mdlg/l}$ .

Hàm lượng ion  $\text{Na}^+$  trong nước nguồn  $15 \text{ mg/l} = 15/23 = 0,65 \text{ mdlg/l}$ .

Tổng hàm lượng muối  $P = 7 \text{ mdlg/l}$ .

Độ cứng cho phép sau khi làm mềm: 0,2 mdlg/l.

#### Giải:

Chọn sơ đồ Na - cationit một bậc, vì theo bảng (11.3) độ cứng còn lại sau Na - cationit một bậc có thể đạt tới:  $0,03 \cdot 0,05 \text{ mdlg/l} < 0,2 \text{ mdlg/l}$ .

Nước sau khi làm mềm không yêu cầu giảm độ kiềm ( $K_{\text{so}} = C_K = 1,9 \text{ mdlg/l}$ ).

- Lưu lượng tính toán của trạm lấy bằng lưu lượng hữu ích:  $q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ , vì nước dùng cho nhu cầu bản thân trạm (xối, rửa, pha dung dịch muối v.v... dùng nước nguồn) (vì nước nguồn có độ trong đảm bảo).

- Chọn số lần hoàn nguyên trong ngày:  $n = 2$ .

Thời gian làm việc của bể lọc giữa 2 lần hoàn nguyên:

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot (t_x + t_h + t_r) = \frac{24}{2} \cdot (0,25 + 0,42 + 0,83) = 10,5 \text{ giờ.}$$

- Khả năng trao đổi khi làm việc của Na - cationit theo (11.24)

$$E_{\text{IV}}^{\text{Na}} = \alpha \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{IV}} - \varphi \cdot C_{\text{or}} \cdot q$$

$\alpha$  - Hệ số hiệu quả hoàn nguyên; khi độ cứng cho phép còn lại 0,2 mg/l theo công thức (11.41) ta có:

$$C_c = \gamma_{\text{Na}} \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha^2} \cdot P^2 = 0,2 = 0,00125 \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha^2} \cdot 7^2.$$

Rút ra  $\alpha \approx 0,81$ .

$\beta_{Na}$  - khi hàm lượng  $Na^+$  trong nước nguồn là 0,65 mdlg/l trị số:

$$\frac{C_{Na}^2}{C_o} = \frac{0,65^2}{6} \approx 0,07; \text{ tra bảng (11.4) ta có: } \beta_{Na} = 0,86.$$

$E_{iv}$  - khả năng trao đổi toàn phần của cationit sunfua cacbon loại I (bảng 11.2) bằng 550 đlg/m<sup>3</sup>;

$C_{or}$  - độ cứng của nước rửa (dùng nước nguồn  $C_{or} = 6$  mdlg/l);

$q$  - lưu lượng đơn vị của nước rửa từ 4 - 5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> cationit chọn:

$$q = 4; \varphi = 0,5.$$

$$E_{iv}^{Na} = 0,81 \times 0,86 \times 550 - 0,5 \times 4 \times 6 \approx 370 \text{ đlg/m}^3.$$

- Thể tích cần thiết của cationit tính theo (11.48):

$$W_{\text{sunfua carbon}} = \frac{Q_{\text{ngày}} \cdot C_o}{n \cdot E_{iv}^{Na}} = \frac{2.400 \times 6}{2 \times 370} \approx 19,4 \text{ m}^3.$$

- Chiều dày lớp cationit trong bể lọc chọn bằng  $H = 2,5$  m.

Tốc độ lọc xác định theo công thức (11.31a):

$$v_u = \frac{E_{iv}^{Na} H}{T_1 \cdot C_o - 0,02 E_{iv}^{Na} d_{80}^2 (\ln C_o - \ln C_c)}$$

$$v_u = \frac{370 \times 2,5}{10,5 \times 6 - 0,02 \times 370 \times 0,8^2 \times (\ln 6 - \ln 0,2)} \approx 13 \text{ m/h}$$

$3 < v_u < 15$  m/h (bảng 11.6) đạt yêu cầu.

Diện tích cần thiết của các bể lọc cationit theo (11.47):

$$F = \frac{Q_{\text{ngày}}}{v_u \cdot [T - n(t_x + t_h + t_r)]}$$

$$F = \frac{2.400}{13 \times [24 - 2 \times (0,25 + 0,42 + 0,83)]} \approx 8,8 \text{ m}^2.$$

Chọn 2 bể lọc diện tích mỗi bể  $f = 4,4$  m<sup>2</sup>. Đường kính bể:

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4,4}{3,14}} \approx 2,4 \text{ m}.$$

Trong trạm đặt 3 bể, 2 làm việc, một dự trữ. Tốc độ lọc tăng cường khi 1 bể ngừng làm việc để hoàn nguyên.

$$v_{tc} = v_{tt} \cdot \frac{N}{N-1} = 13 \times \frac{2}{2-1} = 26 \text{ m/h (nằm trong giới hạn cho phép: 25 - 30 m/h)}.$$

Chiều dày lớp cationit: 2,5 m. Thể tích thực tế của cationit:

$$W_{\text{sunfua carbon}} = 8,8 \times 2,5 = 21,2 \text{ m}^3 > 19,4 \text{ m}^3 \text{ (đạt yêu cầu)}.$$

Tổn thất qua lớp cationit chọn theo bảng (11.7):  $H_w \approx 6,5$  m.

Khi tăng cường  $h_w = 10$  m.

Lượng muối tiêu thụ để hoàn nguyên một bể  $Na^+$  - cationit theo (11.58):

$$G_m = \frac{f \cdot H \cdot E_{iv}^{Na} \cdot \gamma_m}{1000} \text{ (kg)}$$

$\gamma_m$  - lượng tiêu thụ muối đơn vị khi  $\alpha_{Na} = 0,81$  (tra bảng 11.5)

$$\gamma_m = 200 \text{ g/dlg.}$$

$$G_m = \frac{4,4 \times 2,5 \times 370 \times 200}{1000} = 405 \text{ kg.}$$

Muối dự trữ ướt trong kho, số ngày dự trữ  $n = 15$  ngày. Dung tích bể chứa muối dự trữ (11.57)

$$W = \frac{Q \cdot 24 \cdot C_o \cdot n \cdot \gamma_m \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b}$$

$$W = \frac{2400 \times 6 \times 15 \times 200 \times 100}{1000 \times 1000 \times 26} = 165 \text{ m}^3.$$

Xây dựng hai bể chứa muối dung tích một bể  $85 \text{ m}^3$ . Sâu 3,5 m. dài 7 m. rộng 4,8m.

Bể xây chìm để xe ben chở muối về có thể đổ thẳng vào bể. Thể tích cần thiết của thùng chứa dung dịch muối 8% để hoàn nguyên một bể lọc tính theo (11.60):

$$W_1 = \frac{G_m}{10 \cdot C \cdot \gamma} = \frac{405}{10 \times 8 \times 1,0585} = 4,8 \text{ m}^3 \approx 5 \text{ m}^3.$$

Lưu lượng của bơm dung dịch muối hoàn nguyên theo (11.62):

$$Q_{bơm} = \frac{4,8}{0,5} = 9,6 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Mỗi lần hoàn nguyên bơm từ kho muối dự trữ ướt một thể tích dung dịch muối bão hòa 26%:

$$W = \frac{W_1 \cdot C}{b} = \frac{4,8 \times 8}{26} = 1,48 \text{ m}^3,$$

- Sau mỗi lần hoàn nguyên một bể Na - cationit, bơm  $1,48 \text{ m}^3$  dung dịch muối bão hòa 26% từ kho muối lên thùng đựng dung dịch hoàn nguyên và pha loãng dung dịch đến thể tích  $4,8 \text{ m}^3$  để có được nồng độ 8%.

Dung dịch muối như vậy được dự trữ sẵn cho lần hoàn nguyên sau.

- Thể tích thùng chứa nước rửa để xối cationit trước khi hoàn nguyên, tính theo (11.64).

$$W_x = 0,12 W \cdot f \cdot t_x = 0,12 \times 3 \times 4,4 \times 1,5 = 24 \text{ m}^3.$$

Lưu lượng bơm nước xối:

$$Q = W \cdot f = 3 \times 4,4 = 13,2 \text{ l/s} = 47,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

- Rửa lớp cationit sau khi hoàn nguyên

Thể tích nước cần thiết:

$$W_{rửa} = q \cdot f \cdot H = 4 \times 4,4 \times 2,5 = 44 \text{ m}^3.$$

Rửa trong thời gian 50 phút = 0,83 h.

Lưu lượng bơm nước rửa cần thiết:

$$Q_b = \frac{44}{0,83} = 52,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Lượng nước tiêu thụ để pha dung dịch muối hoàn nguyên tính với tiêu chuẩn 10 lít nước / 1 kg muối:

$$W_m = \frac{405 \times 10}{1.000} = 4,05 \text{ m}^3.$$

Ngày hoàn nguyên hai lần, trong trạm có hai bể làm việc, như vậy lượng nước nguồn phục vụ cho nhu cầu bản thân công trình sẽ bằng:

$$Q_2 = 2 \times 2 \times (44 + 4,05) = 195 \text{ m}^3$$

(không tính lượng nước xối vì dùng một nửa nước rửa ở cuối quá trình rửa).

Lượng nước nguồn phải bổ sung thêm cho trạm tính theo phần trăm:

$$P\% = \frac{Q_2 \cdot 100}{Q_{\text{ngày}}} = \frac{195 \times 100}{2.400} = 8,05\%.$$

**Ví dụ 2.** Tính toán trạm làm mềm nước công suất hữu ích: 100 m<sup>3</sup>/h hay 2.400 m<sup>3</sup>/ngày.

Chất lượng nước nguồn:

Độ cứng toàn phần  $C_o = 5,0$  mdlg/l.

Độ kiềm:  $K_t = 2,35$  mdlg/l.

Hàm lượng cặn lơ lửng  $\leq 6$  mg/l.

Hàm lượng anion ( $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ ) = A = 2,00 mdlg/l.

Hàm lượng ion  $\text{Na}^+ = 14$  mg/l =  $\frac{14}{23} = 0,6$  mdlg/l.

Độ kiềm cho phép sau làm mềm: a = 0,35 mdlg/l.

Độ cứng yêu cầu: 0,05 mdlg/l.

**Giải:**

Áp dụng sơ đồ H - và Na - cationit làm việc song song vì cùng với giảm độ cứng cần giảm cả độ kiềm của nước.

- Lưu lượng nước đi qua bể lọc H - cationit tính theo (11.53):

$$Q_H = Q_{\text{tt}} \cdot \frac{K_t - a}{K_t + \sum(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) - a}$$

$$Q_H = 100 \times \frac{2,35 - 0,35}{2,35 + 2 - 0,35} = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 50\%Q_{\text{tt}}.$$

Từ độ cứng cho phép sau khi làm mềm 0,05 mdlg/l, theo (11.42) tính ra:  $Q_H = 0,83$ .

Khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit tính theo (11.55):

$$E_{\text{lv}}^H = \alpha_{\text{H}} \cdot E_{\text{lv}} \cdot 0,5q_o (C_o + C_{\text{Na}} + C_{\text{K}});$$

$$E_{\text{lv}}^H = 0,83 \times 550 - 0,5 \times 5 \times (6 + 0,6) = 450 \text{ dl}/\text{m}^3.$$

Thể tích cần thiết của cationit trong bể lọc H - cationit (11.56)

$$W_H = \frac{Q_H (C_o + C_{\text{Na}}) 24}{n \cdot E_{\text{lv}}^H} = \frac{50 \times (6 + 0,6) 24}{2 \times 450} = 8,8 \text{ m}^3.$$

Tốc độ lọc tính toán của bể H - cationit theo (11.54).

Chọn chiều dày của lớp cationit:  $H_{H1} = 2,5$  m, ta có:

$$v_{tt} = \frac{E_{lv}^H \cdot H_{H1}}{T_o \cdot (C_o + C_{Na}) + 0,025 d_{30}^2 \ln(C_o + C_{Na})}$$

$$v_{tt} = \frac{450 \times 2,5}{10,5 \times (6 + 0,6) + 0,025 \times 0,8^2 \times \ln(6 + 0,6)} \approx 15 \text{ m/h.}$$

Diện tích cần thiết của các bể H - cationit:

$$F = \frac{W_{H1}}{H_{H1}} = \frac{8,8}{2,5} = 3,5 \text{ m}^2.$$

Chọn ba bể lọc, hai cái làm việc, một dự trữ. Đường kính bể:  $d = 1,5$  m.

Diện tích một bể:  $f = 1,77 \text{ m}^2$ .

Tổng diện tích thực tế:  $F = 2 \times 1,77 = 3,54 \text{ m}^2$ .

- Tốc độ lọc thực tế đạt được:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{50}{3,54} = 14,4 \text{ m/h} \approx 15 \text{ m/h.}$$

Lượng axit tiêu thụ Ga để hoàn nguyên một bể H - cationit: Với  $\alpha_{H1} = 0,83$ , tra bảng (11.8) ta tìm được lượng tiêu thụ đơn vị của axit  $H_2SO_4$  bằng  $Q_a = 90$  g/dlg. Như vậy:

$$G_a = \frac{f_{H1} \cdot H_{H1} \cdot E_{lv}^H \cdot \gamma_a}{1.000} \text{ (kg)};$$

$$G_a = \frac{1,77 \times 2,5 \times 450 \times 90}{1.000} = 175 \text{ kg.}$$

Lượng axit tiêu thụ để hoàn nguyên hai bể H - cationit (hai lần trong một ngày) sẽ là:

$$175 \times 2 \times 2 = 700 \text{ kg/ngày.}$$

- Thể tích xitec dung axit đậm đặc 100% dự trữ cho 30 ngày tính theo (11.63):

$$W_a = \frac{50 \times 24 \times 6 \times 90 \times 30 \times 100}{1000 \times 1000 \times 100 \times 1,83} = 10,08 \text{ m}^3.$$

- Khi nồng độ axit dự trữ lớn hơn 75% thùng và ống có thể làm bằng thép thường. Khi nồng độ axit bé hơn 75% phải làm bằng thép không gỉ.

- Thể tích thùng đo dung dịch axit đậm đặc cần thiết cho một lần hoàn nguyên một bể lọc H - cationit tính theo (11.63):

$$W_d = \frac{50 \times 6 \times 90 \times 12}{10.000 \times 100 \times 1,83 \times 2} \approx 0,084 \text{ m}^3 \approx 84 \text{ lít.}$$

### 12.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỬ MUỐI VÀ KHỬ MẶN

Giảm lượng muối hòa tan trong nước đến hàm lượng cho phép đối với nước ăn uống gọi là khử mặn; còn giảm lượng muối hòa tan trong nước đến nồng độ bằng một vài mg hay một vài phần mười mg trong một lít gọi là khử muối.

Khử mặn có thể đạt được bằng các phương pháp: Chưng cất, đóng băng, điện phân, lọc nước qua màng bán thấm, chiết li, trao đổi ion. Khử muối có thể đạt được bằng các phương pháp: Chưng cất trong các thiết bị bốc hơi, trao đổi ion, điện phân trong chậu điện giải nhiều ngăn, lọc qua màng bán thấm.

Khi chọn phương pháp khử mặn và khử muối cần phải tính đến: hàm lượng muối của nước nguồn, công suất yêu cầu của trạm khử muối hay khử mặn, giá thành nhiên liệu đốt, giá thành điện năng và giá thành các hóa chất và vật liệu cần thiết. Trong thực tế thường gặp các trường hợp khử mặn đối với nguồn nước có hàm lượng muối từ 2000 đến 35000mg/l. Khi hàm lượng muối trong nước nguồn dưới 2000 - 3000 mg/l kinh tế nhất là khử muối bằng phương pháp trao đổi ion (lọc qua bể lọc cationit và bể lọc anionit). Khi hàm lượng muối từ 3000 - 10000 mg/l dùng phương pháp điện phân. Nếu cần phải khử mặn nước biển có hàm lượng muối từ 10.000 - 35.000 mg/l thì dùng phương pháp chưng cất hay phương pháp làm đóng băng hoặc lọc qua màng bán thấm.

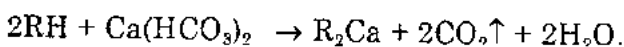
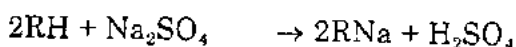
### 12.2. KHỬ MUỐI CỦA NƯỚC BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRAO ĐỔI ION

#### 12.2.1. Nguyên lý và các chỉ tiêu làm việc của trạm lọc ionit

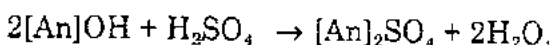
Khử muối của nước bằng phương pháp trao đổi ion tức là lọc nước qua bể lọc H - cationit và OH - anionit. Khi lọc nước qua bể lọc H - cationit do kết quả



trao đổi các cation của muối hòa tan trong nước với các ion  $H^+$  của hạt cationit, các muối hòa tan trong nước biến thành các axit tương ứng.



Và khi lọc tiếp nước đã được khử cation ở bể H - cationit qua bể lọc anionit (OH - anionit), các hạt anionit sẽ hấp thụ từ nước các anion của các axit mạnh như  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  (khí cacbonic được khử ra khỏi nước bằng làm thoáng trước khi cho vào bể OH - anionit) và nhả vào nước một số lượng tương đương anion  $OH^-$



Các axit yếu hòa tan trong nước (axit silixic và axit cacbonic) chỉ được hấp thụ bằng các hạt anionit có nhóm hoạt tính là chất kiềm mạnh và khi trong nước không còn các anion của các axit mạnh ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , v.v...).

Vì thế để khử muối của các axit yếu hòa tan trong nước phải dùng sơ đồ bể lọc ionit 2 bậc. Qua bể lọc H - cationit bậc I khử được phần lớn cation của các muối hòa tan, sau đó lọc tiếp qua bể lọc anionit bậc I với lớp vật liệu lọc là các hạt anionit có nhóm hoạt tính kiềm yếu sẽ khử được anion của các axit mạnh ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , v.v...). Trong các bể lọc H - cationit và anionit bậc II nước được khử muối triệt để hơn, bể lọc anionit bậc II chứa lớp lọc là các hạt anionit kiềm mạnh để hấp thụ anion của các axit yếu ( $SiO_3^{2-}$ , v.v...)

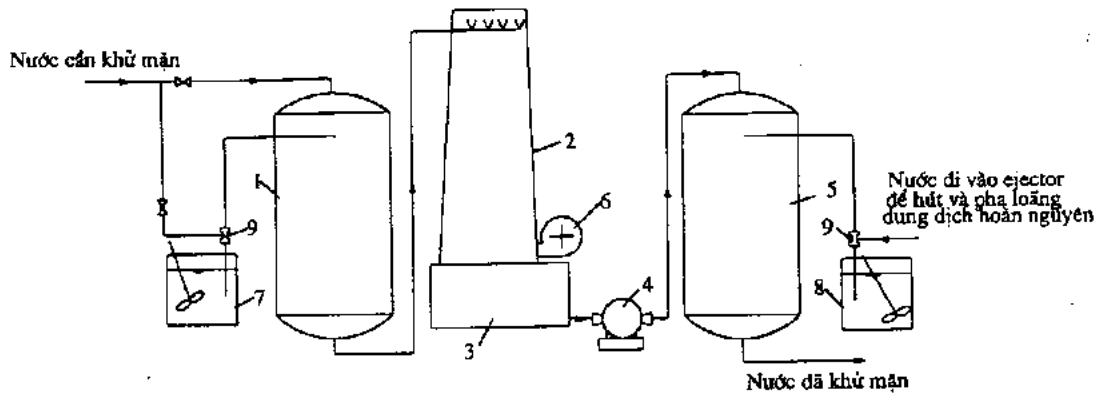
Các bể lọc H - cationit được hoàn nguyên bằng dung dịch axit nồng độ 1 - 1,5%, còn các bể lọc anionit được hoàn nguyên bằng dung dịch kiềm hay soda ( $Na_2CO_3$ ).

Sau khi rửa các bể lọc khỏi các sản phẩm hoàn nguyên, lại đưa bể vào làm việc bình thường để khử muối của nước. Trong các trạm khử muối bằng phương pháp trao đổi ion thường dùng các cationit hữu cơ axit mạnh, còn các anionit dùng cả hai loại: kiềm yếu (ở bể bậc I) và kiềm mạnh (ở bể bậc II).

Hình (12.1) giới thiệu trạm lọc ionit một bậc, được dùng để khử phần lớn muối hòa tan trong nước.

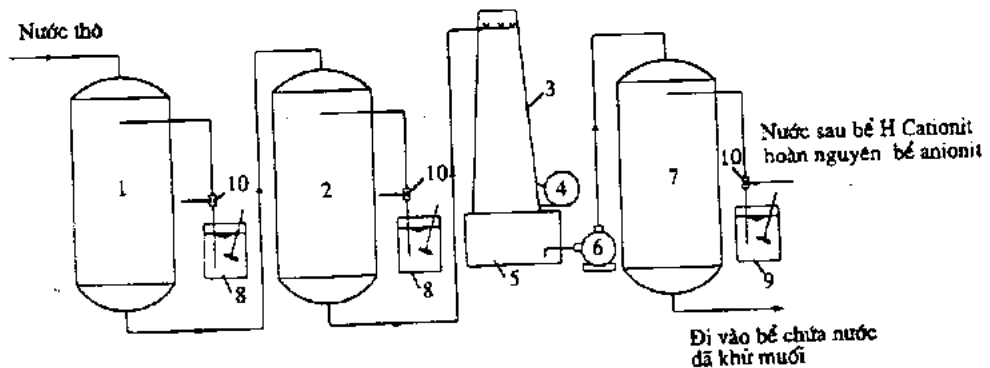
Nếu trong các bể lọc H - cationit dùng cationit là sunfua cacbon còn trong bể lọc anionit dùng anionit kiềm yếu, thì trạm khử muối ionit một bậc có thể

giảm hàm lượng muối hòa tan trong nước từ 100 - 300 xuống còn 2 - 10 mg/l, khi đó hàm lượng axit silixic trong nước thực tế không bị giảm.



Hình 12.1. Sơ đồ trạm lọc ionit một bậc để khử mặn

1 - bể lọc H - cationit; 2 - tháp làm thoáng khử khí CO<sub>2</sub>; 3 - bể tập trung nước; 4 - máy bơm; 5 - bể lọc anionit; 6 - quạt gió; 7 - thùng đựng dung dịch axit hoàn nguyên bể H - cationit; 8 - thùng đựng dung dịch xút để hoàn nguyên bể OH - anionit; 9 - ejector hút dung dịch.



Hình 12.2. Sơ đồ trạm khử muối bằng ionit có hai bậc H - cationit

1 - bể lọc H - cationit bậc I; 2 - bể lọc H - cationit bậc II; 3 - tháp làm thoáng khử CO<sub>2</sub>; 4 - quạt gió; 5 - bể thu nước; 6 - máy bơm; 7 - bể lọc OH - anionit; 8 - thùng đựng dung dịch axit hoàn nguyên bể H - cationit; 9 - thùng đựng dung dịch kiềm để hoàn nguyên bể OH - anionit; 10 - ejector.

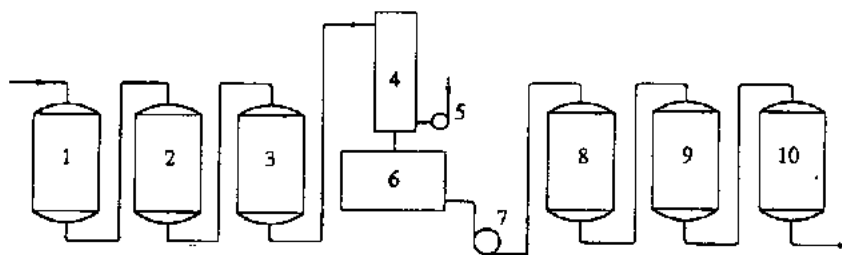
Khử muối hòa tan trong nước theo sơ đồ lọc ionit một bậc không kinh tế, vì bể lọc H - cationit phải ngừng làm việc để hoàn nguyên khi để lọt ion Na<sup>+</sup> vào nước lọc và tiêu tốn một khối lượng lớn nước để rửa bể H - cationit và bể anionit. Trạm ionit một bậc chỉ có thể đạt được hiệu quả khử muối cao khi hoàn nguyên các bể lọc bằng một lượng tiêu thụ đơn vị lớn của axit và kiềm. Để khử một phần muối hòa tan trong nước thường người ta dùng sơ đồ

lọc qua bể H - cationit hai bậc, sau đó khử  $\text{CO}_2$  rồi lọc tiếp qua bể anionit (hình 12.2).

Bể lọc H - cationit bậc I cho làm việc đến khi độ axit trong nước lọc giảm xuống bằng 20% trị số lớn nhất của nó và được hoàn nguyên bằng axit sunfuric với lượng tiêu thụ đơn vị 70 - 75 g/dlg các cation được hấp thụ sau một chu trình làm việc.

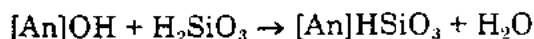
Bể lọc H - cationit bậc II làm việc đến khi cho lọt natri vào nước lọc và được hoàn nguyên bằng một lượng axit cao hơn tiêu chuẩn. thu dung dịch axit ở nửa cuối quá trình hoàn nguyên bể H - cationit bậc II, hòa với nước rửa để xối bể H - cationit bậc I, làm như vậy cho phép tiết kiệm được 15 - 20% lượng axit dùng để hoàn nguyên. Sơ đồ trạm lọc ionit (hình 12.3) với các bể lọc anionit kiểm mạnh cho phép giảm tổng hàm lượng muối hòa tan trong nước xuống từ 1 ÷ 3 mg/l trong đó hàm lượng axit silixic giảm đến 0,05 - 0,15mg/l tính theo  $\text{SiO}_3^{2-}$ .

Để khử muối hòa tan trong nước triệt để hơn người ta dùng sơ đồ lọc ionit hai bậc (hai bậc H - cationit và hai bậc anionit; bể lọc bậc I chứa các hạt anionit kiểm yếu, bậc II chứa các anionit kiểm mạnh). Với sơ đồ này, có thể giảm tổng hàm lượng muối từ 100 - 400 mg/l xuống đến 0,1 - 0,2 mg/l trong đó hàm lượng axit silixic giảm đến 0,02 - 0,1 mg/l. Việc khử hoàn toàn muối hòa tan trong nước có thể đạt được trên các trạm lọc ionit ba bậc (hình 12.3).



Hình 12.3. Sơ đồ trạm ionit để khử hoàn toàn muối hòa tan trong nước

Nước nguồn cần khử muối đã được làm trong đi qua bể lọc H - cationit bậc I sang bể lọc anionit bậc I (2) có lớp lọc là các hạt anionit kiểm yếu. Nước lọc qua bể anionit bậc I đi sang bể lọc H - cationit bậc II (3) rồi chảy vào dàn khử khí  $\text{CO}_2$  (4) có quạt gió (5). Nước sau khi khử  $\text{CO}_2$  tập trung vào bể (6) được máy bơm (7) bơm vào bể lọc anionit bậc II (8) chứa anionit kiểm mạnh. Bể anionit bậc II có nhiệm vụ khử axit silixic hòa tan còn lại trong nước sau bể lọc bậc I:



Anionit kiềm mạnh trong bể lọc bậc II được hoàn nguyên bằng dung dịch xút (NaOH) với nồng độ 2 - 3% ở đầu quy trình hoàn nguyên, và 0,2 - 0,3% ở cuối quy trình hoàn nguyên.

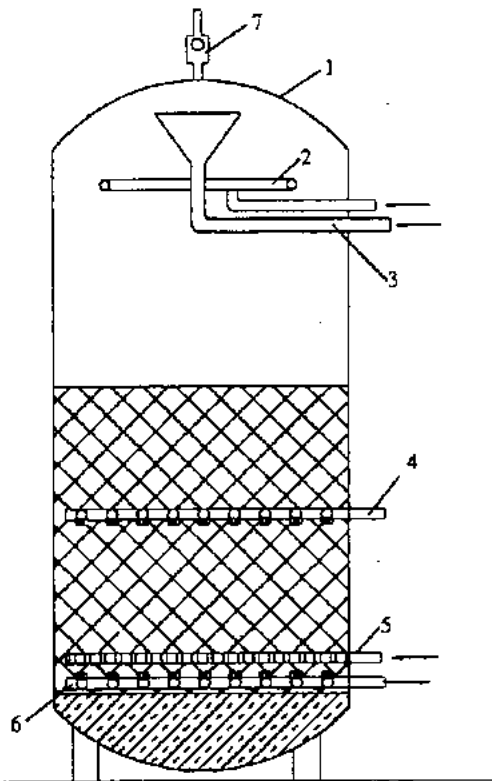
Dung dịch hoàn nguyên sau khi đi qua bể anionit bậc II ngoài xút còn chứa cả silixicat và cacbonat natri. Dung dịch này được dùng lại để hoàn nguyên bể lọc anionit bậc I, chất anionit kiềm yếu không có khả năng hấp thụ axit silixic. Bể lọc H - cationit bậc III (9) dùng để khử  $\text{Na}^+$  còn sót lại trong nước do không rửa sạch các anionit kiềm mạnh sau khi hoàn nguyên. Bể lọc H - cationit bậc III ngoài nhiệm vụ giảm hàm lượng muối còn sót lại trong nước còn cho phép giảm lượng nước đã được khử muối để rửa bể lọc anionit bậc II và nâng cao hiệu quả kinh tế của trạm khử muối. Hoàn nguyên bể H - cationit bậc III bằng dung dịch axit sunfuric 1 - 2%. Bể lọc anionit bậc III (10) dùng để khử các sản phẩm hòa tan và giữ lại các mảnh vỡ của cationit, đồng thời nâng cao mức độ sử dụng anionit của bể lọc bậc II. Khi dùng sơ đồ có bể lọc anionit bậc III, bể lọc anionit bậc II phải ngưng làm việc để hoàn nguyên vào thời điểm nồng độ axit silixic trong nước lọc đạt đến 0,1 - 0,2 mg/l. Hoàn nguyên bể lọc anionit bậc III bằng dung dịch nước amoniac 2 - 4%, bởi vì khi hoàn nguyên nó bằng dung dịch xút (NaOH),  $\text{Na}^+$  sẽ lọt vào nước đã được khử hết muối trong thời kỳ đầu của chu kỳ.

Trạm khử muối bằng các bể lọc ionit ba bậc cho phép giảm tổng hàm lượng muối hòa tan trong nước từ 100 - 500 mg/l xuống 0,02 - 0,1 mg/l trong đó hàm lượng axit silixic giảm đến 0,02 - 0,05 mg/l. Có thể dùng bể lọc với lớp vật liệu lọc là hỗn hợp các hạt cationit và anionit để thay cho hai bể lọc H - cationit và OH - anionit bậc III trong sơ đồ trạm khử muối triệt để bằng các bể lọc ionit ba bậc.

Bổ sung bể lọc hỗn hợp các hạt cationit và anionit (hình 12.4) vào sơ đồ trạm khử muối bằng ionit một bậc hay hai bậc cho phép tăng sự triệt để của quá trình khử muối lên rất nhiều.

Bể lọc ionit có lớp vật liệu hỗn hợp (hình 12.4) khác với bể lọc cationit và anionit thường ở chỗ: Sát đáy bể có hệ thống phân phối gió, và có thêm hệ thống ống đặt trong ionit tại giới hạn phân chia giữa hai lớp anionit và cationit để phân phối dung dịch axit khi hoàn nguyên bể lọc. Khi hiệu chuẩn bể lọc có lớp vật liệu hỗn hợp, đầu tiên đưa vào bể lọc lớp cationit đã được ngâm ướt trong dung dịch muối ăn. Chiều dày lớp cationit lấy đủ lớn để có thể phủ lên hệ thống ống phân phối dung dịch axit hoàn nguyên đặt ở giữa bể

lọc một lớp mỏng. Sau đó đổ lớp anionit lên trên lớp cationit. Trong bể lọc hỗn hợp nên dùng các hạt cationit và anionit có dạng hình cầu. Các hạt ionit phải có kích thước gần như nhau, và hạt cationit phải có kích thước lớn hơn các hạt anionit để đảm bảo có thể phân loại được bằng thủy lực (bằng dòng nước đi ngược từ dưới lên), ngay trước khi hoàn nguyên bể lọc. Khi đưa bể lọc có lớp vật liệu hỗn hợp vào làm việc phải hoàn nguyên trước. Trình tự hoàn nguyên như sau: Đầu tiên chuyển dung dịch xút (với lượng tiêu thụ đơn vị 70 - 90 g/dlg (khả năng trao đổi khi làm việc của anionit) qua hệ thống phân phối dung dịch kiềm (2) đặt ở nửa trên của bể lọc, dung dịch xút đi từ trên xuống dưới đầu tiên qua lớp anionit sau đó qua lớp cationit rồi đi vào thùng chứa dung dịch hoàn nguyên của bể lọc anionit bậc I. Ngay sau khi cho dung dịch kiềm đi qua phải tiến hành rửa ngay anionit bằng nước đã khử muối theo chiều từ trên xuống dưới qua cả hai lớp ionit trong bể lọc. Sau khi cho 6 - 8 m<sup>3</sup> nước rửa qua 1 m<sup>3</sup> anionit với tốc độ rửa 3 - 5 m/h thì bắt đầu chuyển vào bể lọc dung dịch axit sunfuric 3% hay dung dịch axit clohydric 5% qua hệ thống phân phối dung dịch axit (4) đặt ở trên lớp cationit. Thể tích của dung dịch axit tính theo lượng tiêu thụ đơn vị 200 - 250 g axit sunfuric cho 1 dlg khả năng trao đổi khi làm việc của cationit. Sau khi cho toàn bộ dung dịch axit đi qua lớp cationit, tiếp tục rửa bể lọc cho đến khi trong nước rửa không còn ion sunfat. Sau đó khuấy trộn các hạt cationit và anionit bằng không khí



**Hình 12.4.** Sơ đồ bể lọc có lớp vật liệu lọc là hỗn hợp các hạt cationit và anionit

- 1- vỏ bể lọc; 2- hệ thống phân phối dung dịch kiềm;  
3- ống dẫn nước từ bể bậc II vào; 4- hệ thống phân phối dung dịch axit; 5- hệ thống phân phối gió;  
6- hệ thống thu nước

nén. Quá trình khử muối tiếp tục trong bể lọc hỗn hợp tiến hành bằng cách lọc nước đã được khử phần lớn muối hòa tan từ trên xuống dưới. Khi lớp ionit trong bể lọc có chiều dày 2 - 2,5 m, tốc độ lọc lấy 30 - 50 m/h và cần phân chia các hạt cationit và anionit thành hai lớp riêng biệt để hoàn nguyên chúng bằng cách xới toàn bộ lớp ionit trong bể lọc với cường độ 6 - 8 l/s.m<sup>2</sup>, giảm cường độ xới từ từ để cho các hạt cationit lớn và nặng lắng xuống đáy trước, sau đó đến các hạt anionit nhẹ hơn lắng lên trên lớp cationit.

Bể lọc có lớp vật liệu hỗn hợp cho phép khử muối hòa tan trong nước triệt để hơn nhưng lượng tiêu thụ dung dịch để hoàn nguyên cao hơn so với các bể lọc cationit và anionit riêng biệt 50 - 60%.

Các anionit kiềm mạnh dùng khi khử muối triệt để hấp thụ rất mạnh các hợp chất hữu cơ hòa tan trong nước, làm giảm đi rất nhiều khả năng trao đổi của anionit, và quá trình hấp thụ các chất hữu cơ bằng các hạt anionit là quá trình không thuận nghịch, nghĩa là khi hoàn nguyên bằng dung dịch kiềm không khử được các chất hữu cơ đã bám vào hạt anionit; vì thế nước trước khi đưa vào bể lọc ionit để khử muối cần phải khử hết chất hữu cơ hòa tan đến nồng độ 2 - 3 mg/l O<sub>2</sub>, bằng clo hóa nước với liều lượng cao hay bằng cách lọc qua than hoạt tính. Gần đây công nghiệp đã sản xuất được các ionit vừa có khả năng trao đổi ion vừa có khả năng hấp thụ thuận nghịch các hợp chất hữu cơ, nếu dùng các hạt ionit này thì không cần khử chất hữu cơ hòa tan trong nước đến 2 - 3 mg/l (O<sub>2</sub>). Ở Nga có sunfua cationit KY - 23 và anionit kiềm mạnh AB - 17 - 10P, ở Mỹ có anionit emberlite.

Khử muối hòa tan trong nước ngưng tụ có thể dùng sơ đồ lọc đơn giản một bậc (H - cationit, OH - anionit) hoặc lọc nước ngưng tụ qua bể lọc ionit có lớp vật liệu lọc hỗn hợp. Khi khử muối trong nước ngưng tụ, bể lọc cationit được hoàn nguyên bằng dung dịch axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 - 2%. Còn bể anionit nếu đặt sau bể cationit thì được hoàn nguyên bằng dung dịch muối amoniac. Nếu đặt trước bể cationit thì hoàn nguyên bằng dung dịch xút và khử triệt để được axit silixic hòa tan trong nước ngưng tụ.

### 12.2.2. Tính toán các bể lọc ionit

Tính toán bể lọc H - cationit bậc I của trạm khử muối với điều kiện bể lọc làm việc đến thời điểm để lọc Na<sup>+</sup> vào nước lọc tiến hành theo các công thức và chỉ dẫn ở chương làm mềm nước. Khi tổng hàm lượng anion sunfat và clorit (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và Cl<sup>-</sup>) trong nước nguồn vượt quá 2 - 2,5 mdlg/l cần phải áp dụng biện pháp hoàn nguyên bể lọc cationit bằng dòng dung dịch đi ngược từ dưới

lên. Lượng tiêu thụ đơn vị của axit sunfuric để hoàn nguyên bể lọc H cationit bậc I có thể chọn theo bảng (12.1).

**Bảng 12.1.** Lượng tiêu thụ đơn vị của axit  $H_2SO_4$  để hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc I trong trạm khử muối

Tổng hàm lượng $SO_4^{2-}$ và $Cl^-$ trong nước nguồn (mdlg/l)	1	2	4	6	8	10	12	14	16
Lượng tiêu thụ đơn vị $H_2SO_4$ khi hoàn nguyên bình thường (g/dlg)	82	98	130	162	194	226	258	290	322
Lượng tiêu thụ đơn vị $H_2SO_4$ khi hoàn nguyên ngược chiều (g/dlg)	62,5	65	70	75	80	85	90	95	100

Lượng nước rửa đơn vị lấy  $5\text{ m}^3/1\text{ m}^3$  cationit có trong bể lọc.

Với lượng tiêu thụ đơn vị của axit sunfuric ghi trong bảng (12.1) bảo đảm hoàn nguyên được 80 - 93% khả năng trao đổi của cationit ( $\alpha_H = 0,8 - 0,93$ ). Khả năng trao đổi khi làm việc của bể lọc H - cationit bậc I trong trạm khử muối xác định theo công thức:

$$E_{IV}^H = \alpha_H \gamma E_{tp} - 0,5q_0 (C_o + C_{Na} + C_K), \quad (12.1)$$

trong đó:  $\gamma$  - hệ số tính đến sự giảm khả năng trao đổi đối với cation Na của các hạt cationit so với khả năng trao đổi của nó đối với các cation muối cứng ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), thường lấy  $\gamma = 0,8 - 0,9$ .

Các ký hiệu còn lại như trong công thức (11.55)

Bể lọc H - cationit bậc II dùng chủ yếu để khử ion  $Na^+$  lọt qua bể lọc H - cationit bậc I vào nước lọc.

Khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit trong bể lọc bậc II xác định bằng công thức:

$$E_{IV}^H = \alpha_H E_{tp} - 0,5q_0 C_{Na}, \quad (12.2)$$

trong đó:  $C_{Na}$  - hàm lượng ion natri trong nước rửa, có thể lấy bằng 0,2 - 0,25 mdlg/l (dùng nước đã lọc qua bể H - cationit bậc I để rửa). Thời gian làm việc giữa hai lần hoàn nguyên của bể H - cationit bậc II rõ ràng là rất lớn, có thể lấy t, đến 100 giờ.

Tốc độ lọc qua bể H - cationit bậc II lấy là 40 - 50 m/h.

Chiều cao lớp cationit trong bể lọc lấy bằng 1,5 m. Kích thước hạt cationit bé nhất không nhỏ hơn 0,5 - 0,7 mm.

- Ống và các thiết bị khác được tính cho bể lọc làm việc tăng cường (khi hoàn nguyên một bể lọc trong trạm) với tốc độ đến 100 m/h.
- Bể lọc H - cationit bậc III không tính toán mà lấy cấu tạo như bể lọc H - cationit bậc II.
- Lượng tiêu thụ  $H_2SO_4$  để hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc II và bậc III lấy 100g cho 1 g đương lượng tính theo khả năng trao đổi khi làm việc của cationit. Lượng nước rửa đơn vị lấy 8 - 10 m<sup>3</sup> cho 1 m<sup>3</sup> cationit có trong bể lọc.

Dung dịch hoàn nguyên và nước rửa của bể H - cationit bậc II và bậc III được thu vào bể chứa để xối và hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc I.

Tính toán bể lọc anionit bậc I tiến hành như sau:

Thời gian của một chu kỳ làm việc tính từ khi kết thúc việc hoàn nguyên đến khi bắt đầu quá trình hoàn nguyên sau lấy bằng 20 - 22 giờ đối với các bể điều khiển bằng tay, và 9 - 10 giờ đối với bể điều khiển tự động. Thời gian bể lọc anionit phải ngừng làm việc để hoàn nguyên và rửa lấy từ 2 - 2,5 giờ đối với trạm một bậc và lấy bằng 4 giờ đối với trạm có hai và ba bậc. Trong các trạm lọc ionit hai và ba bậc để tiết kiệm kiềm và nước rửa, người ta tiến hành hoàn nguyên theo thứ tự nối tiếp các bể lọc bậc II hoặc bậc III với bể lọc bậc I. Khi đó dùng nước rửa của bể bậc II hoặc bậc III để xối bể anionit bậc I và dùng dung dịch kiềm đã hoàn nguyên của bể lọc anionit bậc II hoặc bậc III để hoàn nguyên bể lọc bậc I.

Khả năng trao đổi khi làm việc của anionit trong bể lọc bậc I được xác định theo công thức:

$$E_{iv}^A = \alpha_A E_{ip}^A - 0,8qA_{io}, \quad (\text{đlg/m}^3), \quad (12.3)$$

trong đó:  $\alpha_A$  - hệ số hiệu quả hoàn nguyên của anionit phụ thuộc vào lượng tiêu thụ đơn vị của dung dịch kiềm. Khi lượng tiêu thụ đơn vị của dung dịch kiềm bằng 60 g/đlg các ion clorit và sunfat được hấp thụ, thì có thể lấy  $\alpha_A = 0,8 \div 0,9$ ;

$E_{ip}^A$  - khả năng trao đổi toàn phần của anionit tính bằng đlg/m<sup>3</sup> anionit trong trạng thái làm việc lấy theo bảng số liệu của hãng sản xuất cấp;



q - lưu lượng đơn vị của nước rửa anionit lấy bằng  $7,5 \text{ m}^3 \text{ nước}/1 \text{ m}^3$  anionit khi sử dụng lại nước rửa của bể bậc II và bằng  $10 \text{ m}^3 \text{ nước}/1 \text{ m}^3$  anionit khi không sử dụng lại nước rửa;

$A_0$  - nồng độ các ion  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{Cl}^-$  trong nước rửa (mdlg/l).

Tốc độ lọc tính toán của bể lọc anionit bậc I xác định theo công thức:

$$v_{II} = \frac{E_{IV}^A \cdot H}{T \cdot A_0 + 0,03 E_{IV}^A \cdot d^2 (\ln A_0 - \ln A_1)} \quad (\text{m/h}). \quad (12.4)$$

trong đó: T - thời gian làm việc của bể anionit giữa hai lần hoàn nguyên (h);

d - đường kính trung bình của hạt anionit (mm);

$A_0, A_1$  - nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{Cl}^-$  trong nước nguồn và trong nước lọc có thể lấy  $A_1 = 0,01 \text{ mdlg/l}$ ;

H - chiều cao lớp anionit trong bể lọc lấy 2 - 2,5 m.

Tổng diện tích các bể lọc anionit bậc I tính theo công thức:

$$F_{A1} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{ngày-dêm}}}{n \cdot T \cdot v_{II}} \quad (\text{m}^2), \quad (12.5)$$

trong đó: n - số lần hoàn nguyên trong một ngày.

Đối với các bể lọc anionit bậc II nếu không dùng để khử axit silixic thì không cần tính toán mà chỉ lấy theo cấu tạo: diện tích bể lọc tính theo tốc độ lọc là 30 - 40 m/h. Chiều cao lớp anionit trong bể lấy bằng 1,5 m.

Nhưng thường bể lọc anionit bậc II với lớp hạt anionit kiềm mạnh, được dùng để khử axit silixic hòa tan trong nước.

Độ chứa silixic tính toán hay là mức độ hấp thụ silixic của anionit kiềm mạnh phụ thuộc vào hàm lượng của silixic trong nước nguồn, vào mức độ làm sạch và vào lượng tiêu thụ đơn vị dung dịch kiềm (xút) dùng để hoàn nguyên anionit, có thể chọn theo cataloge của nhà sản xuất. Tốc độ lọc tính toán của bể lọc anionit bậc II dùng để khử silixic tính theo công thức:

$$v_{II} = \frac{E_{\text{SiO}_2} \cdot H}{T \cdot C_{\text{SiO}_2}^0 + 0,04 E_{\text{SiO}_2} \cdot d^2 (\ln C_{\text{SiO}_2}^0 - \ln C_{\text{SiO}_2}^1)} \quad (\text{m/h}). \quad (12.6)$$

trong đó:  $E_{\text{SiO}_2}$  - mức hấp thụ silixic của anionit (dlg/m<sup>3</sup>);

H - chiều cao lớp anionit trong bể lọc thường lấy bằng 1,5 m;

$C_{\text{SiO}_2}^0$  - nồng độ axit silixic trong nước nguồn (mdlg/l);

$C_{\text{SiO}_2}^1$  - nồng độ axit silixic cho phép còn lại trong nước sạch (mdlg/l);

d - đường kính trung bình của hạt anionit (mm);

T - thời gian làm việc của bể anionit giữa hai lần hoàn nguyên (h),

$T = 18 + 20$  giờ đối với các bể điều khiển bằng tay

$T = 7 + 8$  giờ đối với các bể điều khiển tự động.

Tổng diện tích bề lọc anionit bậc II tính theo (12.5).

Độ triệt để của quá trình khử axit silixic hòa tan trong nước phụ thuộc rất lớn vào lượng tiêu thụ đơn vị dung dịch kiềm để hoàn nguyên anionit. Vì thế, để khử silixic một cách triệt để (giảm nồng độ đến  $0,05 \text{ mg/l SiO}_3^{2-}$ ) lượng tiêu thụ đơn vị của xút (NaOH) phải lấy bằng  $2000 \text{ g/l}$  đlg axit silixic được hấp thụ (gần  $50 \text{ g NaOH}$  cho  $1 \text{ g}$  axit silixic được khử ra khỏi nước). Trong các trường hợp lượng xút (NaOH) chứa trong các dung dịch đã hoàn nguyên bề lọc anionit bậc II hoặc bậc III không đủ để hoàn nguyên bề lọc anionit bậc I (lượng tiêu thụ đơn vị dung dịch xút  $60 - 70 \text{ g/đlg}$ ) thì phải bổ sung vào dung dịch này các dung dịch hoàn nguyên như soda, amoniac có giá thành rẻ hơn xút nhiều lần. Tất cả dung dịch hoàn nguyên phải được pha bằng nước đã được làm mềm. Nếu dùng hoàn nguyên và rửa bề anionit bằng nước cứng, cacbonat canxi sẽ bám vào anionit, sau đó lại bị hòa tan vào nước, làm kém chất lượng của nước.

Để tránh hiện tượng làm nứt vỡ các hạt ionit nên hoàn nguyên và rửa bề lọc bằng dung dịch và nước có nhiệt độ gần với nhiệt độ của nước nguồn.

### 12.2.3. Các thiết bị phụ của trạm khử muối hòa tan trong nước bằng ionit

Dung tích xitec đựng axit, xút đậm đặc để dự trữ trong trạm tính theo công thức:

$$W = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{ngày}} \cdot \sum K \cdot a \cdot m}{10^4 \cdot b \cdot \gamma}, \quad (\text{m}^3), \quad (12.7).$$

trong đó:  $\alpha_1$  - hệ số tính đến lượng nước dùng cho nhu cầu bản thân trạm;

$\sum K$  - tổng lượng cation hay là tổng lượng anion trong nước nguồn tính theo đlg/m<sup>3</sup>.

Các giá trị a, b, m,  $\gamma$  chọn theo bảng (12.2).

Khi không cần khử axit silixic hòa tan trong nước, bề lọc anionit được hoàn nguyên bằng dung dịch soda hay bicacbonat natri. Nếu trạm khử muối có bề lọc anionit kiềm mạnh thì nó được hoàn nguyên bằng dung dịch xút.

Dung tích thùng đo hay lượng dung dịch hoàn nguyên đậm đặc cần thiết cho một lần hoàn nguyên một bề lọc tính theo công thức:

$$W_1 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{gió}} \sum K.t.a}{10^4 b.\gamma.n}, \quad (\text{m}^3), \quad (12.8)$$

trong đó:  $t$  - thời gian làm việc của bể lọc giữa hai lần hoàn nguyên (h);

$n$  - số bể lọc cationit hay anionit làm việc đồng thời;

**Bảng 12.2.** Hóa chất để hoàn nguyên ionit

Hóa chất để hoàn nguyên ionit	Lượng tiêu thụ đơn vị của hóa chất: $a$ (g/dlg)	Số ngày cần dự trữ: $m$	Nồng độ của dung dịch: $b$ (%)	Trọng lượng riêng: $\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )
Axit sunfuric (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	120 - 125	20 - 40	65 - 95,2	1,55 - 1,83
Axit clohydric (HCl)	90 - 95	20 - 40	27 - 30	1,14
Xút (NaOH)	60 - 70	20 - 40	42	1,45
Sođa (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	110 - 120	20 - 40	95	0,95
Bicacbonat natri (NaHCO <sub>3</sub> )	150 - 170	20 - 40	98	0,95

Các ký hiệu còn lại lấy theo công thức (12.7).

- Lưu lượng dung dịch đậm đặc của các chất hoàn nguyên được hút bằng ejectơ để pha loãng khi hoàn nguyên bể lọc ionit tính theo công thức (11.59).
- Thể tích thùng chứa nước để xối lớp ionit trong bể lọc tính theo công thức (11.65).
- Thể tích thùng để thu dung dịch xút sau khi hoàn nguyên bể lọc anionit bậc II làm dung dịch hoàn nguyên cho bể lọc anionit bậc I tính theo công thức:

$$W_2 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{gió}} \sum A.t.a}{10^4 b.\gamma\{Sb_2 + (1-S)b_3\}n}, \quad (\text{m}^3), \quad (12.9)$$

trong đó:  $\gamma$  - l t/m<sup>3</sup>;

$n$  - tổng số bể lọc cationit bậc I và bậc II làm việc đồng thời trong trạm;

$S = 0,6$  - lượng dung dịch NaOH tính bằng số phần đơn vị có nồng độ  $b_2$  là 1,5 - 4% dùng để hoàn nguyên bể anionit trong thời kỳ đầu;

$(1 - S) = 0,4 \cdot$  phần dung dịch NaOH có nồng độ  $b_1$  là 0.2 - 0.3% dùng ở cuối thời kỳ hoàn nguyên bể anionit.

- Thể tích thùng thu dung dịch axit sau khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc II hay bậc III để hoàn nguyên bể lọc bậc I

$$W_3 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{giò}} \cdot \sum K \cdot t \cdot a}{10^4 \cdot n \cdot y \cdot b_1}, \quad (\text{m}^3), \quad (12.10)$$

trong đó:  $b_1$  - nồng độ axit trong dung dịch hoàn nguyên,  $b_1 = 1 \div 1,5\%$ .

- Thể tích thùng thu nước rửa bể cationit và anionit để xối bể ionit trước khi hoàn nguyên tính theo công thức:

$$W_4 = 0.12 W \cdot F \cdot t_x, \quad (\text{m}^3) \quad (12.11)$$

(ký hiệu xem 11.65).

#### 12.2.4. Lượng nước tiêu thụ cho nhu cầu bản thân trạm khử muối

- Lượng nước cần thiết để pha dung dịch hoàn nguyên:

$$Q_1 = \frac{24 Q_{\text{giò}}}{10^4} \left( \frac{\sum K \cdot a_1}{b_1} + \frac{\sum A \cdot a_2}{b_2} \right), \quad (\text{m}^3/\text{ngày}). \quad (12.12)$$

trong đó:  $\sum K$  - tổng nồng độ cation trong nước nguồn tính theo (dlg/m<sup>3</sup>);

$\sum A$  - tổng nồng độ anion của các axit mạnh (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>) (dlg/m<sup>3</sup>);

$a_1$  - lượng tiêu thụ đơn vị của axit (g/dlg);

$a_2$  - lượng tiêu thụ đơn vị của dung dịch kiềm (g/dlg);

$b_1$  và  $b_2$  - nồng độ dung dịch axit và kiềm dùng để hoàn nguyên (%).

- Lượng nước tiêu thụ để xối lớp ionit trong các bể lọc bậc II và bậc III:

$$Q_2 = 0,06 t_x (m_1 n_1 F_{\text{HII}} W_1 + m_2 n_2 F_{\text{AI}} W_2 + m_3 n_3 F_{\text{HIII}} W_3 + m_4 n_4 F_{\text{AII}} W_4 + m_5 n_5 F_{\text{HIII}} W_5 + m_6 n_6 F_{\text{AIII}} W_6), \quad (\text{m}^3/\text{ngày}), \quad (12.13)$$

trong đó:  $t_x$  - thời gian xối thường lấy từ 15 đến 20 phút;

$n_1, n_3, n_5$  - số lần hoàn nguyên của mỗi bể lọc H - cationit bậc I, bậc II, bậc III trong một ngày;

$$n_1 = 1 \div 2;$$

$$n_3 = 0.25;$$

$$n_5 = 0.05;$$

$n_2, n_4, n_6$  - số lần hoàn nguyên các bể lọc anionit bậc I, bậc II, bậc III trong một ngày;

$$n_2 = 1 \div 2;$$

$n_4$  - khí không cần khử silixic lấy bằng 0,25; khí khử silixic

$$n_4 = 1-2;$$

$$n_6 = 0,05;$$

$F_{\text{HI}}, F_{\text{HII}}, F_{\text{HIII}}$  - diện tích bể lọc H - cationit bậc I, II, III ( $\text{m}^2$ );

$F_{\text{AI}}, F_{\text{AII}}, F_{\text{AIII}}$  - diện tích bể lọc anionit bậc I, II, III ( $\text{m}^2$ );

$m_1 \dots m_6$  - số bể lọc của các nhóm tương ứng;

$W_1 \dots W_6$  - cường độ xối lớp ionit trong các bể lọc tương ứng ( $\text{l/s.m}^2$ ).

Trong công thức (12.13)  $m_1 n_1 F_{\text{HI}} W_1$  và  $m_2 n_2 F_{\text{AI}} W_2$  có giá trị bằng không, bởi vì các bể H - cationit và anionit bậc I được xối bằng cách dùng lại nước rửa.

- Lượng nước tiêu thụ để rửa ionit (không tính lượng nước rửa các bể bậc I, vì dùng lại nước rửa bể lọc bậc II để rửa bể bậc I).

$$Q_2 = m_3 n_3 p_{\text{HIII}} q_3 + m_4 n_4 p_{\text{AII}} q_4 + m_5 n_5 p_{\text{HIII}} q_5 + m_6 n_6 p_{\text{AIII}} q_6. \quad (\text{m}^3/\text{ngày}), \quad (12.26)$$

trong đó:  $p_{\text{HII}}, p_{\text{HIII}}$  - thể tích lớp cationit ở trạng thái làm việc ( $\text{m}^3$ );

$p_{\text{AII}}, p_{\text{AIII}}$  - thể tích anionit trong các bể lọc tương ứng ( $\text{m}^3$ );

$q_{\text{HII}}, q_{\text{HIII}}, q_{\text{AII}}, q_{\text{AIII}}$  - lượng tiêu thụ nước rửa đơn vị ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ).

Thường lấy,  $q_{\text{HII}} = 8 \div 10 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ,  $q_{\text{HIII}} = 10 \div 200 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ,

$q_{\text{AII}} = 7 \div 10 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ,  $q_{\text{AIII}} = 10 \div 12 \text{ m}^3/\text{m}^3$  vật liệu ionit có trong bể lọc.

Tổng lượng nước tiêu thụ cho nhu cầu bản thân trạm:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (\text{m}^3/\text{ngày}).$$

Gọi  $\alpha_1$  là hệ số kể đến lượng nước tiêu thụ cho nhu cầu bản thân

$$\alpha_1 = \frac{Q_{\text{ngày}} + Q}{Q_{\text{ngày}}}$$

#### Ví dụ tính toán:

Tính toán trạm khử muối bằng các bể lọc ionit ba bậc với yêu cầu khử triệt để muối hòa tan trong nước. Công suất hữu ích

$$Q_{\text{ngày}} = 1.680 \text{ m}^3/\text{ngày}; \quad Q_h = 70 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Nước nguồn có các chỉ tiêu về hàm lượng muối như sau:

Cation	mg/l	mdg/l	Anion	mg/l	mdg/l
Ca <sup>2+</sup>	199,8	9,96	Cl <sup>-</sup>	84,3	2,37
Mg <sup>2+</sup>	89,1	7,32	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	702,7	14,63
Na <sup>+</sup>	189,2	8,22	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	488,1	7,07
K <sup>+</sup>	8,1	0,20	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	24	0,63
Tổng công	486,2	25,70		1299,1	25,70

Tổng hàm lượng muối khoáng  $M = 486,2 + 1299,1 = 1.785,3 \text{ mg/l} \approx 1,8 \text{ g/l}$ .

**Giải:**

a. *Tính bể lọc H - cationit*

Bể lọc H - cationit tất cả ba bậc đều dùng cationit axit mạnh

Khả năng trao đổi của H - cationit bậc I tính theo (12.1) ta có:

$$E_{lv}^H = \alpha_H \gamma E_{tp} \cdot 0,5q_0 \Sigma K.$$

$$E_{lv}^H = 0,91 \times 0,85 \times 1700 \cdot 0,5 \times 5 \times 25,7 = 1.245 \text{ dl/m}^3.$$

- Thể tích cần thiết của lớp H - cationit tính theo (11.56)

$$W_{HI} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{ngày}} \Sigma K}{n E_{lv}^H} = \frac{1,3 \times 1680 \times 25,7}{2 \times 1.245} \approx 23 \text{ m}^3.$$

Chiều cao của lớp H - cationit trong bể lọc chọn H = 2,5 m.

Tổng diện tích của các bể H - cationit:

$$F = \frac{W_{HI}}{H} = \frac{23}{2,5} = 9,2 \text{ m}^2.$$

Chọn ba bể lọc đường kính 2 m, diện tích một bể 3,14 m<sup>2</sup>.

Tổng diện tích:  $F_t = 3 \times 3,14 = 9,42 \text{ m}^2$ .

Tốc độ lọc khi làm việc bình thường:

$$v = \frac{\alpha_1 Q}{F} = \frac{1,3 \times 70}{9,2} = 10 \text{ m/h.}$$

Tốc độ lọc khi làm việc tăng cường:

$$v_k = v \frac{N}{N-1} = 10 \times \frac{3}{3-1} = 15 \text{ m/h} < 30 \text{ m/h.}$$

- *Tính bể lọc H - cationit bậc II:*

Khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit trong bể bậc II tính theo công thức (12.2).

$$E_{lv}^H = \alpha_H E_{tp} \cdot 0,5q_0 C_{Na} = 0,85 \times 1.700 \cdot 0,5 \times 10 \times 0,2 = 1.444 \text{ dl/m}^3.$$

- Thời gian làm việc giữa hai lần hoàn nguyên (đối với bể bậc II có thể lấy đến 100 giờ) ở đây chọn  $t_1 = 33$  giờ, thời gian rửa và hoàn nguyên khi bình thường 1,5 h, khi làm việc tăng cường ba giờ. Như vậy số lần hoàn nguyên bể H - cationit bậc II trong một ngày:

$$n = \frac{24}{33 + 3} = 0,67$$

Thể tích cần thiết của H - cationit tính theo (11.56):

$$W_{HII} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{\text{ngày}} \Sigma K \cdot Na}{n \cdot E_{lv}^H}.$$

$\alpha_2$  - hệ số tăng lưu lượng ở bể lọc bậc II; ở vị trí này lấy  $\alpha_2 = 1,03$ ;

$\Sigma K \cdot Na$  - hàm lượng Cation  $Na^+$  đi vào bể lọc H - cationit bậc II. Để an toàn ta lấy bằng hàm lượng  $Na^+$  trong nước nguồn:

$$\Sigma K.Na = 8,22 \text{ mdlg/l.}$$

$$W_{III} = \frac{1,03 \times 1.680 \times 8,22}{0,67 \times 1.444} \approx 14,7 \text{ m}^3.$$

Chiều cao lớp H - cationit trong bể lọc chọn bằng 1,5 m.

Diện tích cần thiết của bể lọc:

$$F_{III} = \frac{14,7}{1,5} = 9,8 \text{ m}^2.$$

Chọn ba bể lọc đường kính 2 m, diện tích 1 bể:  $f = 3,14 \text{ m}^2$ .

Tổng diện tích đạt được:

$$F_{III} = 3 \times 3,14 = 9,42 \text{ m}^2.$$

Tốc độ lọc qua bể bậc II:

$$v = 7,6 \text{ m/h.}$$

- Bể lọc H - cationit bậc III không tính toán mà lấy cấu tạo giống bể lọc II. Trong quản lý thời gian làm việc giữa hai lần hoàn nguyên lấy  $t_1 = 440$  giờ.

$$n = \frac{24}{440 + 4} = 0,05.$$

#### b. Tính bể lọc anionit

- Bể lọc anionit bậc I: Khả năng trao đổi khi làm việc của anionit trong bể bậc I, ( $E_{ip}^A = 700 \text{ đlg/m}^3$ ) tính theo công thức (12.3).

$$E_{iv}^A = \alpha_A E_{ip}^A \cdot 0,8qA_{i0}$$

$$\alpha_A = 0,8$$

Nước rửa các bể bậc II được sử dụng lại để rửa bể bậc I, lấy  $A_{i0} = 0,10 \text{ mdlg/l}$  (theo bảng kiểm nghiệm)

$$q = 10 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

$$E_{iv}^A = 0,8 \times 700 \cdot 0,8 \times 7,5 \times 0,1 = 560 \text{ đlg/m}^3.$$

- Vận tốc qua bể anionit bậc I tính theo (12.4):

$$v_{it} = \frac{E_{iv}^A \cdot H}{T \cdot A_{i0} + 0,03 E_{iv}^A d^2 (\ln A_{i0} - \ln A_{i1})}$$

$$T = 9 \text{ h; } n = \frac{24}{9 + 3} = 2.$$

$$v_{it} = \frac{560 \times 2,5}{9 \times 17 + 0,03 \times 560 \times 0,8^2 (\ln 17 - \ln 0,01)} \approx 10,6 \text{ m/h.}$$

Diện tích của các bể anionit bậc I tính theo (12.5).

$$F_{AI} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{ngày}}}{n \cdot t \cdot v_{it}} = \frac{1,30 \times 1.680}{2 \times 9 \times 10,6} = 11,45 \text{ m}^2.$$

Chọn năm bể đường kính 2 m, bốn bể làm việc, một bể dự trữ.

Diện tích các bể làm việc:  $4 \times 3,4 = 12,56 \text{ m}^2$ .

- Bể lọc anionit bậc II dùng để khử axit silixic hòa tan trong nước:

Theo công thức (12.6) tốc độ qua bể anionit bậc II sẽ là:

$$v_{II} = \frac{E_{SiO_2} \cdot H}{T \cdot C_{SiO_2}^0 + 0,04 E_{SiO_2} d^2 (\ln C_{SiO_2}^0 - \ln C_{SiO_2}^1)}$$

Chọn anionit có  $E_{SiO_2} = 50$ .

$$v_{II} = \frac{50 \times 1,5}{8 \times 0,63 + 0,04 \times 50 \times 0,8^2 (\ln 0,63 - \ln 0,002)} = 7,8 \text{ m/h.}$$

Diện tích cần thiết của bể anionit bậc II tính theo (12.5)

$$F_{AII} = \frac{\alpha_2 Q_{\text{ngày}}}{n.t.v_{II}} = \frac{1,03 \times 1.680}{2 \times 8 \times 7,8} \approx 12,70 \text{ m}^2.$$

Chọn bốn bể làm việc, đường kính bể 2 m.

Tổng diện tích :  $4 \times 3,14 = 12,56 \text{ m}^2$ .

Tốc độ lọc tăng cường:

$$v_c = 7,8 \times \frac{4}{3} = 10,4 \text{ m/h.}$$

- Bể anionit bậc III lấy theo cấu tạo với tốc độ lọc 30 m/h.

Chiều cao lớp anionit trong bể 1,5 m.

Diện tích bể:

$$F_{AIII} = \frac{70}{30} = 2,35 \text{ m}^2.$$

Chọn một bể đường kính 2m.

Diện tích  $F_{AIII} = 3,14 \text{ m}^2$ .

Tốc độ lọc thực tế:

$$v = \frac{70}{3,14} = 22,3 \text{ m/h.}$$

### c. Tính toán lượng nước tiêu thụ cho bản thân trạm

Lượng nước dùng để pha dung dịch hoàn nguyên

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{ngày}}}{10^4} \left( \frac{\sum Ka_1}{b_1} + \frac{\sum Aa_2}{b_2} \right)$$

$$Q_1 = \frac{1.680}{10^4} \left( \frac{25,7 \times 120}{1,5} + \frac{17,0 \times 60}{4} \right) = 383 \text{ m}^3.$$

- Lưu lượng nước xối các bể lọc: Trong trạm có thùng và ống dẫn để thu dung dịch hoàn nguyên (ở cuối thời kỳ hoàn nguyên) và nước rửa của tất cả các bể để xối vật liệu lọc, vì vậy ở đây không cần tính lượng nước xối,  $Q_2 = 0$ .

- Lưu lượng nước rửa tính theo (12.14)

$$Q_3 = (0,25 \times 3 \times 3,14 \times 1,5 \times 10) + (1,4 \times 3,14 \times 1,5 \times 8) + (0,05 \times 3 \times 3,14 \times 1,5 \times 15) + (0,05 \times 1 \times 3,14 \times 1,5 \times 10) = 37 + 141 + 10,5 + 2,35 = 190 \text{ m}^3.$$



Trong đó nước để rửa bể lọc bậc III, phải lọc qua bể bậc II

$$Q = 10,5 + 2,5 = 13 \text{ m}^3.$$

Tổng lượng nước tiêu thụ cho bản thân trạm:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 383 + 0 + 190 = 573 \text{ m}^3.$$

Hệ số  $\alpha_1$  đối với bể bậc I:

$$\alpha_1 = \frac{1.680 + 573}{1.680} \approx 1,34 \text{ đã lấy } 1,3 \text{ là phù hợp.}$$

Hệ số  $\alpha_2$  đối với bể bậc II:

$$\alpha_2 = \frac{1.680 + 13}{1.680} \approx 1,01 \text{ đã lấy } 1,03 \text{ là phù hợp.}$$

d. Tính toán các thiết bị phụ

- Dung tích thùng đựng axit đậm đặc  $b = 75\%$ ,  $\gamma = 1,67$ , dự trữ 20 ngày tính theo công thức (12.7)

$$W_u = 1,67 \frac{13 \times 1.680 \times 25,7 \times 120 \times 20}{10^4 \times 75} \approx 110 \text{ m}^3.$$

- Dung tích thùng đựng axit đậm đặc  $b = 42\%$ ,  $\gamma = 1,45$

$$W_k = \frac{1,3 \times 1.680 \times (2,37 + 14,63 + 0,63) \times 60 \times 20}{10^4 \times 42 \times 1,45} \approx 0,75 \text{ m}^3.$$

Thể tích thùng đo dung dịch axit cho một lần hoàn nguyên bể lọc bậc I tính theo (12.8) đối với axit:

$$W_a = \frac{1,3 \times 70 \times 25,7 \times 10,5 \times 120}{10^4 \times 75 \times 1,67 \times 3} = 0,8 \text{ m}^3.$$

Đối với dung dịch kiềm (xút nồng độ 42%) hoàn nguyên bể lọc bậc II,  $a = 2000$ :

$$W_k = \frac{1,3 \times 70 \times 0,63 \times 10,5 \times 2.000}{10^4 \times 42 \times 1,45 \times 4} = 0,5 \text{ m}^3.$$

Thùng đựng nước xối tính theo (11.65) đối với tất cả các bể  $F = 3,14 \text{ m}^2$ .

$$W_x = 0,12 \cdot w \cdot F \cdot t_x = 0,12 \times 5 \times 3,14 \times 15 = 28,3 \text{ m}^3.$$

Mỗi bậc bể lọc ionit đặt một thùng đựng nước rửa, dung tích  $28,5 \text{ m}^3$  để xối các bể trước khi hoàn nguyên.

Công suất máy bơm nước xối bể lọc:

$$Q = w \cdot F = 5 \times 3,14 \text{ l/s} = 15,70 \text{ l/s}; H = 15 \text{ m.}$$

Dung tích thùng đựng dung dịch xút sau khi hoàn nguyên bể bậc II dùng để hoàn nguyên bể anionit bậc I tính theo (12.9)

$$W = \frac{\alpha_1 \cdot Q_h \cdot \sum A \cdot t \cdot a}{10^4 \cdot n \cdot \gamma [Sb_2 + (1 - S)b_3]}$$

$$W = \frac{1,3 \times 70 \times 17,63 \times 10,5 \times 70}{10^4 \times 4 [0,6 \times 2 + 0,4 \times 0,2]} \approx 20 \text{ m}^3.$$

Dung tích thùng đựng dung dịch axit sau khi hoàn nguyên bể H - cationit bậc II để hoàn nguyên bể bậc I, tính theo (12.10)

$$W = \frac{\alpha_1 \cdot Q_h \cdot \Sigma K.t.a}{10^4 n.\gamma.b_1}$$

$$W = \frac{1.3 \times 70 \times 25.7 \times 10.5 \times 120}{10^4 \times 3 \times 1 \times 1.5} = 57.6 \text{ m}^3.$$

Trong ví dụ này, bốn bể anionit bậc II dùng để khử silixic vì thế nó được hoàn nguyên hai lần trong ngày và bốn bể bậc I cũng cần phải hoàn nguyên hai lần trong ngày nên trong trạm cần pha dung dịch xút để hoàn nguyên bể bậc II, còn bể bậc I có thể dùng lại dung dịch xút, sau khi hoàn nguyên bể bậc II, vì thế không cần dùng thêm soda. amoniac hay bicacbonat để hoàn nguyên bể anionit bậc I. Còn đối với các bể H - cationit, có ba bể lọc bậc II; 36 giờ hoàn nguyên một lần tức một ngày rửa hoàn nguyên một lần cho một bể, vậy một ngày đêm cần hoàn nguyên hai lần cho ba bể bậc II. Và có ba bể bậc I ngày hoàn nguyên hai lần, tức ngày cần sáu lần hoàn nguyên bể bậc I.

Tổng số lần hoàn nguyên bể H - cationit trong trạm:  $n = 6 + 2 = 8$  lần. Đã có hai lần dùng lại dung dịch axit đã hoàn nguyên bể bậc II để hoàn nguyên bể bậc I. Như vậy, còn cần phải chuẩn bị dung dịch axit cho 6 lần hoàn nguyên bể H - cationit dùng như đã tính toán ở trên.

## 12.3. KHỬ MUỐI HÒA TAN TRONG NƯỚC BẰNG THẨM THẤU NGƯỢC

### 12.3.1. Khái niệm chung

Thực chất của phương pháp này là: lọc nước qua màng bán thấm đặc biệt bằng axetyl xenlulo. Màng chỉ cho nước đi qua còn các ion của muối hòa tan trong nước được giữ lại. Để lọc được nước qua màng này phải tạo ra áp lực dư ngược với hướng di chuyển nước bằng thẩm thấu, nghĩa là tạo ra áp lực dư trong nước nguồn cao hơn áp lực thẩm thấu của nước qua màng, để nước đã được lọc qua màng không trở lại dung dịch muối do quá trình thẩm thấu.

Màng có thể được làm bằng nhiều loại vật liệu, miễn sao cho có độ dày khoảng 0.05 đến 2 mm và có khả năng tách khỏi dung dịch lỏng các phân tử khác nhau (chất lơ lửng, chất hòa tan hoặc dung môi).

### 12.3.2. Cơ cấu quá trình chuyển dịch qua màng

Có thể chia làm ba nhóm: *lọc, thẩm và thẩm tách.*

#### a. Lọc

Trong trường hợp này người ta sử dụng màng bán thấm, chất hòa tan được giữ lại do sợi màng chỉ cho nước chảy qua (sự chuyển vận đối lưu của dung

môi qua môi trường rỗng). Số lượng các phân tử hòa tan trong nước được giữ lại trên bề mặt của màng rỗng tùy thuộc vào kích thước các lỗ rỗng của màng. Màng lọc lý tưởng chỉ cho phép nước đi qua (thẩm thấu hoàn chỉnh).

#### b. Thẩm

Có khả năng phân chia hỗn hợp bằng cách chọn lọc để chỉ cho đi qua màng một loại phân tử trong hỗn hợp.

#### c. Thẩm tách

Dùng loại màng cho phép đi qua một loại ion chọn lọc, không cho nước đi qua. Các màng này có thể là tự nhiên hoặc màng tích điện. Nếu là màng tích điện, nó chỉ cho phép các ion tích điện ngược dấu đi qua, màng có thể là cationic chỉ cho phép các cation đi qua, hoặc màng Anionic chỉ cho phép anion đi qua.

### 12.3.3. Màng bán thấm hay màng lọc

Với loại màng này, nước được coi là pha chuyển động dưới tác dụng của gradien áp lực, và được phân loại theo kích thước của lỗ rỗng trong màng (hình 12.5).

Ion Phân tử hữu cơ Vi khuẩn virus ← Thẩm thấu ngược (Reverse osmosis)	Polymer ← → Protein Siêu lọc (Ultrafiltration)	→ ← Lọc tinh (Microfiltration)
0,0001 $\mu\text{m}$ 1A° Năng suất lọc 1 - 10 lít/m <sup>2</sup> .bar.h	0,002 $\mu\text{m}$ 20A° 20 - 400 lít/m <sup>2</sup> .bar.h	0,02 $\mu\text{m}$ 200A° 200 - 500 lít/m <sup>2</sup> .bar.h

Hình 12.5. Kích thước và năng suất các loại màng lọc

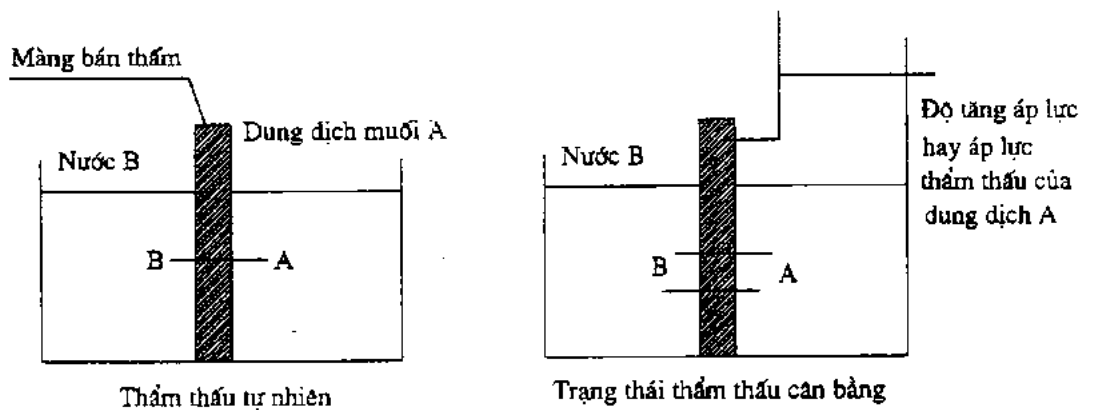
Tuy vậy sự phân chia này cũng chưa chính xác bởi vì tại thời điểm đạt được chế độ siêu lọc và thẩm thấu ngược, rất khó xác định được kích thước lỗ rỗng một cách chính xác bằng các phương pháp đang dùng (kính hiển vi quang học và kính hiển vi điện tử).

### 12.3.4. Thẩm thấu ngược RO

Thẩm thấu ngược sử dụng đặc tính của màng bán thấm là cho nước đi qua trong khi giữ lại các chất hòa tan trừ một vài phân tử hữu cơ rất giống nước

(có trọng lượng phân tử bé và độ phân cực lớn). Hiện tượng thẩm thấu thường xảy ra trong tự nhiên, ví dụ: khi ta ăn mặn, nồng độ muối bên ngoài tế bào tăng cao làm mất cân bằng thế năng hóa học giữa hai phía của màng tế bào, tạo ra áp lực thẩm thấu tự nhiên  $\pi$  làm cho nước từ bên trong ra ngoài để giảm nồng độ muối, tế bào mất nước và ta cảm thấy khát. Trong kỹ thuật khử muối, thực hiện quá trình ngược với quá trình thẩm thấu tự nhiên, gọi là thẩm thấu ngược (xem hình 12.6): ngăn chứa nước B được ngăn cách với ngăn chứa dung dịch muối A bằng màng bán thấm, nếu để tự nhiên nước từ ngăn B sẽ thẩm thấu sang ngăn A dưới tác dụng của độ chênh thế năng hóa học. Khi tăng áp lực nén trong ngăn chứa dung dịch muối A đến một trị số nào đó, nước lại chuyển động ngược từ ngăn A sang ngăn chứa nước B.

Độ chênh áp lực trước và sau màng được thiết lập để tạo ra trạng thái cân bằng gọi là áp lực thẩm thấu của hệ (hình 12.6).



Hình 12.6

Phương trình đơn giản biểu diễn quan hệ giữa áp lực thẩm thấu và nồng độ là:

$$\pi = \Delta C.R.T,$$

trong đó:  $\pi$  - áp lực thẩm thấu (Pa);

$\Delta C$  - khác biệt nồng độ ( $\text{mol}/\text{m}^3$ );

$$\Delta C = \frac{\text{Nồng độ } \text{kg}/\text{m}^3}{\text{Trọng lượng phân tử } \text{kg}/\text{mol}};$$

R - hằng số khí lý tưởng,  $R = 8,314 \text{ (J/mol} \cdot \text{°K)}$ ;

T - nhiệt độ kenvine.

Ví dụ, nồng độ dung dịch  $100 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,  $T = 300^\circ\text{K}$  hỗn hợp có phân tử lượng  $0,05 \text{ kg/mol}$ .

$$\Delta C = \frac{100}{0,05}$$

$$\pi = \frac{100}{0,05} \times 300 \times 8,314 = 50.10^5 \text{ Pa} = 50 \text{ bar}$$

Rõ ràng rằng phân tử có trọng lượng càng bé thì áp lực thẩm thấu càng lớn, khi có cùng một độ chênh nồng độ. Điều này rất cần thiết tại sao áp lực trong hệ thẩm thấu ngược RO lại cao hơn trong hệ siêu lọc UF.

Trong thực tế sản xuất nước tinh khiết từ dung dịch muối, áp lực thẩm thấu của dung dịch phải cao hơn áp lực tính theo lý thuyết ít nhất gấp hai lần. Ví dụ: đối với nước lợ chứa vài gram muối trong một lít nước phải cần áp lực từ 5 đến 30 bar, còn đối với nước biển áp lực cần từ 50 đến 80 bar.

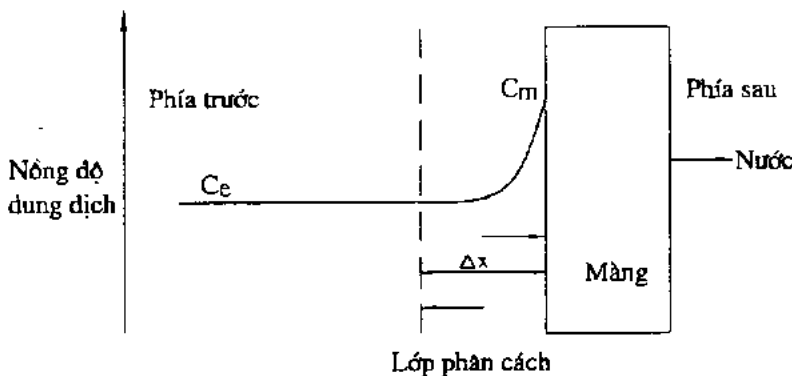
Hiện tượng cần phải chú ý tới là: khi nước đi qua màng, các phân tử và ion hòa tan trong nước được giữ lại và có xu hướng tích tụ lại trên toàn bề mặt của màng, làm tăng nồng độ muối trong dung dịch và tăng áp lực thẩm thấu, dẫn đến chi phí cao về năng lượng và gây ra sự nguy hiểm do hiện tượng kết tủa của một số chất trên màng.

Hiện tượng này gọi là sự phân cực nồng độ của màng và được xác định bằng hệ số

$$\psi = \frac{C_m}{C_e}$$

trong đó:  $C_m$  - nồng độ chất hòa tan trong nước ở lớp tiếp xúc với màng;

$C_e$  - nồng độ các chất hòa tan trong nước đem lọc.



Hình 12.7. Hiện tượng phân cực nồng độ

Hiện tượng phân cực có thể giảm đến mức tối thiểu bằng cách duy trì dòng tuần hoàn sát bề mặt phía trước của màng làm giảm chiều dày lớp phân cách

trước màng và làm suy yếu hiện tượng khuếch tán ion, phân tử đã được giữ lại trên bề mặt màng được lưu lượng tuần hoàn kéo ngược vào dung dịch, biện pháp này được dùng trong công nghiệp để duy trì hệ số  $\psi$  từ 1 đến 1.4.

Đối với dung dịch muối, vận tốc nước và vận tốc dòng muối có thể xác định theo định luật Henry.

- *Đối với nước:*

$$Q_n = K_n \frac{S}{e} (\Delta P - \Delta \pi) K_t,$$

trong đó:  $Q_n$  - lưu lượng nước đi qua màng;

$K_n$  - hệ số thấm của nước qua màng;

$S$  - diện tích bề mặt của màng;

$e$  - chiều dày màng;

$\Delta P$  - độ chênh áp lực qua màng;

$\Delta \pi$  - độ chênh áp lực thẩm thấu của dung dịch trước và sau màng;

$K_t$  - hệ số nhiệt độ.

Từ phương trình trên ta thấy: lưu lượng nước đi qua màng tỷ lệ thuận với gradient áp lực biểu thị bằng độ chênh giữa áp lực thủy lực và áp suất thẩm thấu, thông qua hệ số nhiệt độ  $K_t$ , độ nhớt của nước cũng được đưa vào phương trình tính toán, và độ nhớt giảm khi nhiệt độ tăng.

- *Đối với muối:*

$$Q_m = K_m \cdot \frac{S}{e} \cdot \Delta C \cdot K_t,$$

trong đó:  $Q_m$  - lưu lượng muối qua màng;

$K_m$  - hệ số thấm của màng đối với muối hòa tan;

$S$  - diện tích bề mặt của màng;

$e$  - chiều dày màng;

$\Delta C$  - độ chênh nồng độ ion của dung dịch trước và sau màng

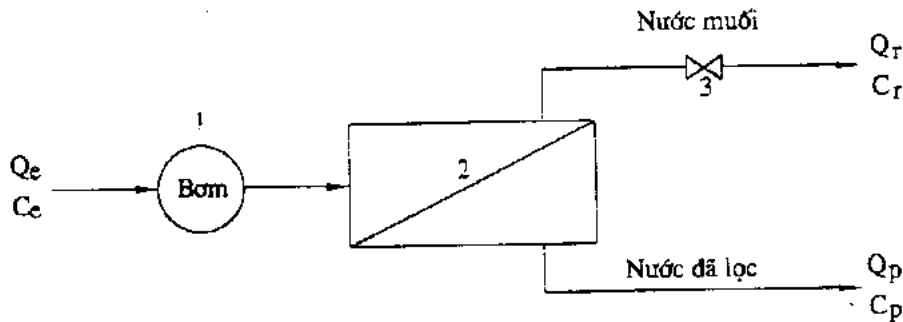
$$\Delta C = C_m - C_p;$$

$K_t$  - hệ số nhiệt độ.

Lưu lượng muối qua màng tỷ lệ thuận với độ chênh nồng độ của dung dịch qua màng, đối với màng đã cho và dung dịch đã biết, giá trị của nó không phụ thuộc vào áp lực. Nồng độ muối trong dung dịch lọc qua màng được biểu thị bằng quan hệ trong 2 công thức trên.

$$C_p = \frac{Q_m}{Q_n} = \frac{K_m C_m - C_e}{K_n \Delta P - \Delta \pi} = \frac{K_m \cdot \psi \cdot C_e}{K_n (\Delta P - \Delta \pi) + K_m}$$

Trong thực tế hệ thống thẩm thấu đơn giản nhất gồm những bộ phận sau:



Hình 12.8

1 - bơm áp lực cao để cấp năng lượng cho hệ; 2 - màng bán thấm (modul) hoặc tổ hợp modul thẩm thấu; 3 - van trên đường xả để duy trì áp lực trong hệ.

### 12.3.5. Khử muối bằng thiết bị lọc thẩm thấu ngược

Quá trình lọc nước qua màng thẩm thấu ngược để khử muối ngày càng được áp dụng rộng rãi cùng với các phương pháp khác như chưng cất, điện phân, trao đổi ion và khử cacbonat.

Cùng với việc khử muối, khi lọc nước qua màng bán thấm các chất hữu cơ hòa tan, vi khuẩn, vi rút cũng được loại trừ, như vậy so với các phương pháp khác như chưng cất, điện phân, trao đổi ion, phương pháp này có ưu điểm là cho chất lượng nước tinh khiết hơn và quá trình sản xuất an toàn hơn.

#### a. Chọn màng lọc

Chỉ tiêu đầu tiên để chọn màng là khả năng để thẩm lọc qua màng của các ion muối khác nhau. Trong bảng (12.7) giới thiệu tóm tắt khả năng thẩm lọc ion qua màng đang có trên thị trường.

#### b. Điều kiện vận hành

Khi thiết kế trạm lọc khử muối bằng lọc qua màng bán thấm, thông số cần xác định trước tiên là tỷ lệ lọc qua màng

$$Y = \frac{Q_p}{Q_e}$$

Áp lực thẩm thấu trung bình trong Modul lọc phụ thuộc vào Y và tỷ lệ với nồng độ:  $\frac{C_r + C_e}{2}$ .

$C_r$  - nồng độ chất hòa tan trong nước tuần hoàn;

$C_e$  - nồng độ chất hòa tan trong nước cấp vào lọc.

**Bảng 12.7.** Khả năng để thẩm lọc ion qua màng (%)

	Nước biển màng áp lực cao	Nước nhiễm mặn áp lực trung bình	Màng áp lực thấp	Màng áp lực rất thấp
Áp lực làm việc (bar)	55 ÷ 100	20 ÷ 40	7 ÷ 20	3 ÷ 10
Ion đơn hóa trị Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup>	0,5 ÷ 1,5	3 ÷ 8	5 ÷ 15	30 ÷ 60
Ion đa hóa trị Ca <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>+2</sup> .	0,1 ÷ 0,5	1 ÷ 3	2 ÷ 5	2 ÷ 20
Chất hữu cơ có trọng lượng phân tử > 300 g	< 2	< 5	< 5	< 5
Chất hữu cơ phân tử lượng 80 - 100g	< 10	< 10	< 15	< 15

Nếu coi lượng nước thẩm lọc qua màng là không đáng kể thì có thể tính:

$$C_r = \frac{100C_e}{100 - Y} \text{ và } \frac{C_r + C_e}{2} = \frac{C_e}{2} \cdot \frac{200 - Y}{100 - Y}$$

Tỷ lệ lọc Y cũng quyết định việc có hình thành vảy lắng đọng trên bề mặt màng hay không. Nếu trong nước lọc có hòa tan chất gồm hai ion.

Ví dụ: Ca<sup>+2</sup> = i; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = j thì nồng độ của hai chất sẽ là:

$$C_{ii} \cdot C_{jj} = \frac{10^4 C_{ei} \cdot C_{ej}}{(100 - Y)^2}$$

Để không tạo ra lắng đọng CaSO<sub>4</sub> trên bề mặt màng thì tích số ion C<sub>ii</sub> · C<sub>jj</sub> phải nhỏ hơn tích số hòa tan S của CaSO<sub>4</sub> ở nhiệt độ tương ứng, trong trạm lọc cần phải phân tích chính xác nồng độ các cặp ion như: CaCO<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, BaSO<sub>4</sub>, FeS, FeSO và sự dao động của chúng theo mùa. Nếu như nồng độ một trong các cặp ion trên trong dung dịch nồng độ C<sub>r</sub> vượt quá tích số hòa tan ở nhiệt độ của nước lọc thì cần phải xử lý trước để giảm bớt như: làm mềm nước để giảm nồng độ kim loại kiềm, khử sắt, khử silic SiO<sub>2</sub>, v.v...



Trước khi cho nước vào lọc qua màng bán thấm trong trạm lọc thẩm thấu cần phải làm trong nước để giảm độ đục xuống dưới 1 NTU, khử vi trùng bằng tia cực tím UV. Tuy vậy trong quá trình vận hành hiện tượng gây ra tắc trít màng là không thể tránh khỏi. Do đó phải làm sạch màng bằng hóa chất khoảng sáu tháng một lần.

Chọn hóa chất để làm sạch màng, phải chú ý là dung dịch hóa chất này không phá hoại cấu trúc của màng. Thường dùng:

- Dung dịch axit citric, amonium citrat ( $\text{pH} = 4 + 8$ ) để hòa tan lắng đọng oxit kim loại.
- Dung dịch axit clohydric, citric để hòa tan lắng đọng cacbonat.
- Dung dịch kiềm enzyme thuốc tẩy ( $\text{pH} = 8 + 11$ ) để loại trừ vật dính bám hữu cơ và vi khuẩn, vi trùng....

### 12.3.6. Sản xuất nước tinh khiết

Nước tinh khiết cần dùng cho các công nghiệp kỹ thuật cao như sản xuất linh kiện bán dẫn, điện tử, sản xuất các loại dược phẩm....

#### *a. Công nghiệp điện tử*

Công nghiệp sản xuất linh kiện bán dẫn và các cấu kiện vi mạch đòi hỏi chất lượng nước tinh khiết rất cao, gần như nước tinh về mặt lý thuyết:

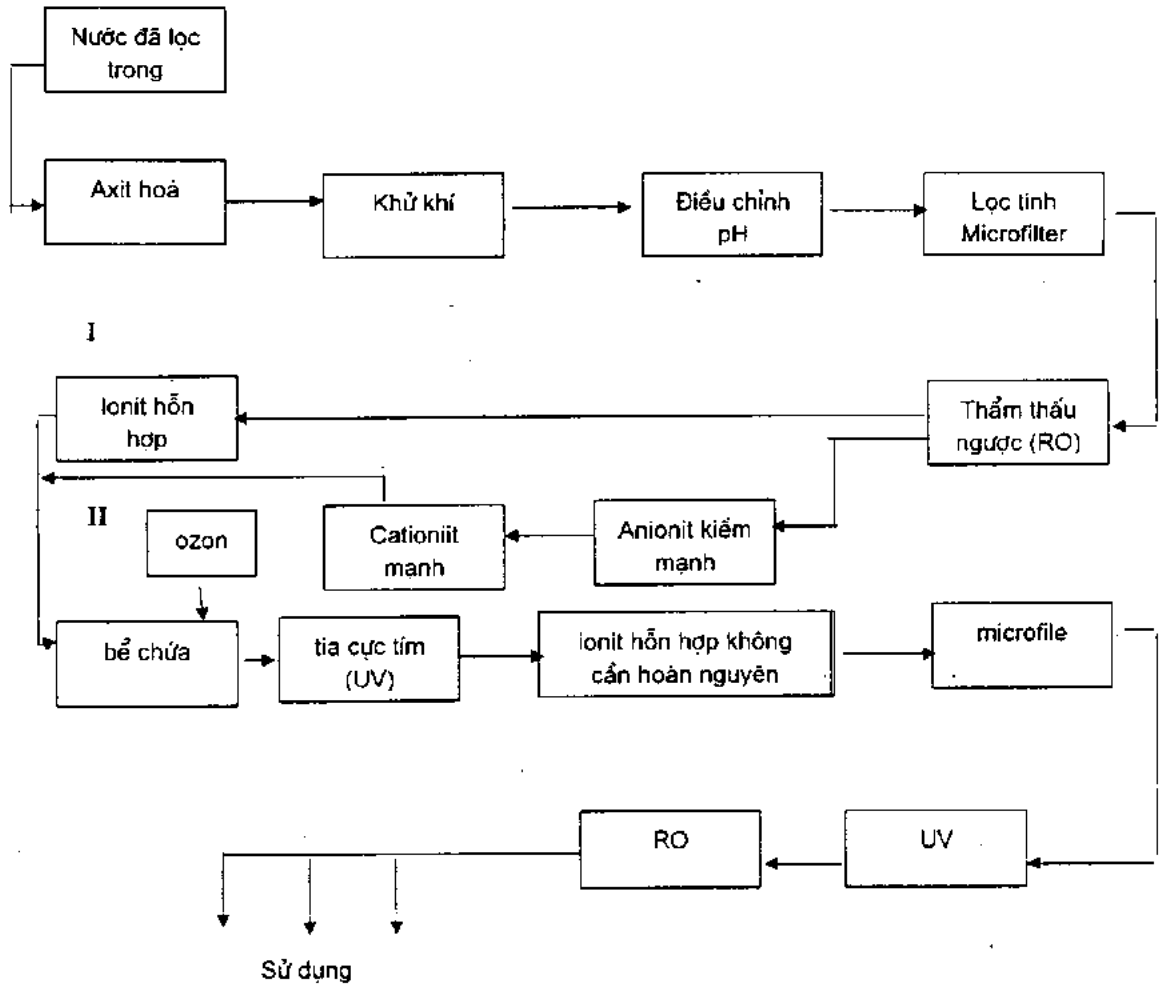
- Tổng lượng hữu cơ cacbon phải  $< 50 \mu\text{g/l}$
- Tổng số vi trùng hiếu khí  $< 10$  con trong 1 lít
- Lượng  $\text{SiO}_2$  hòa tan  $\leq 5 \mu\text{g/l}$
- Oxy hòa tan  $< 0,1 \mu\text{g/l}$  thậm chí đến 0,05
- Độ trở kháng ở  $25^\circ\text{C} \leq 18 \text{ M}\Omega\text{cm}$ .

#### *b. Sơ đồ quy trình xử lý nước có độ tinh khiết cao*

Trong sơ đồ dây chuyền công nghệ trên, tuyến I gồm các thiết bị xử lý sơ bộ, lọc tinh trước khi cho nước vào lọc thẩm thấu ngược. Các thiết bị tuyến II gồm lọc thẩm thấu ngược, qua lọc thẩm thấu ngược, nước đi qua các bể lọc cationit axit mạnh anionit kiềm mạnh đặt riêng rẽ hay đặt trong một bể ionit hỗn hợp để loại trừ các ion có thể còn lọt qua thiết bị RO.

Các thiết bị ionit này phải chọn vật liệu có chất lượng cao, hoàn nguyên bằng dung dịch axit và kiềm có chất lượng cao và đảm bảo độ trong suốt. Tuyến III

gồm các thiết bị ozon để oxy hóa các chất hữu cơ hòa tan còn sót lại và giết chết các vi khuẩn, virus...



Thiết bị tia cực tím để loại trừ ozon còn dư và diệt trùng, lọc qua ionit không cần hoàn nguyên một lần nữa để ổn định nước đảm bảo sức trở kháng dưới  $8M\Omega cm$  và loại trừ các ion bị phân hủy từ các hợp chất do tác dụng của quá trình diệt trùng như S, P, Na... Thiết bị lọc tinh microfilter dùng để loại trừ các mảnh vụn có thể có sau bể lọc ionit, tiếp đến tuyến thiết bị diệt trùng, v.v... để diệt các vi trùng có thể sinh ra trên các đường ống dẫn, thiết bị RO sau cùng đảm bảo lọc toàn bộ các chất hữu cơ và ion còn sót lại.

Trong thiết kế lắp đặt các đường ống, van khóa phải chú ý không để có vùng nước chết và vận tốc trong ống không được nhỏ hơn  $0,1 m/s$  để tránh việc vi trùng có thể sống và phát triển, toàn bộ thiết bị phải được chống ăn mòn gỉ sét ở mặt trong và mặt ngoài ở mức độ cao.

# 13

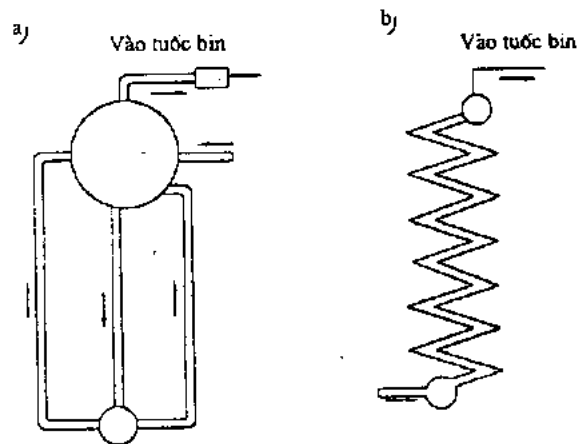
## XỬ LÝ NƯỚC NỒI HƠI VÀ XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH

### 13.1. XỬ LÝ NƯỚC NỒI HƠI

#### 13.1.1. Khái niệm chung

Nồi hơi có cấu tạo khác nhau chủ yếu là do các thiết bị phụ dùng để đốt các nhiên liệu khác nhau (khí, madút, than, đôi khi cả củi). Việc xử lý nước cấp và chế độ hóa nước của *nồi hơi hình trống* và *nồi hơi dòng thẳng* khác nhau về nguyên tắc cơ bản.

- Trong nồi hơi hình trống hơi được tạo ra từ nước tuần hoàn liên tục trong nồi hơi (hình 13.1a).



Hình 13.1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của nồi hơi

a) Kiểu tuần hoàn (hình trống); b) Kiểu dòng thẳng

Nước trong các nồi hơi hình trống là vật tích lũy các cặn bẩn khác nhau của nước cấp, là môi trường để lắng dưới dạng bùn các hợp chất khó hòa tan chưa khử được ra khỏi nước cấp đồng thời là dung tích để điều hòa sự giao động về chất lượng của nước cấp.

Cặn tích lũy trong nước nổi hơi ở dạng hòa tan hay dạng bùn được đưa ra khỏi nổi hơi bằng cách xả thổi định kỳ hay liên tục một phần nước nổi hơi. Thay đổi lượng xả nước nổi hơi có thể điều chỉnh được nồng độ cặn trong nước nổi hơi. Tất cả điều vừa phân tích trên là ưu điểm của nổi hơi hình trống so với nổi hơi dòng thẳng (hình 13.1b).

- Trong nổi hơi dòng thẳng, nước cấp theo đường ống đi vào nổi hơi hoàn toàn biến thành hơi đi vào turbin và do đó trong nổi hơi dòng thẳng không có nước nổi hơi, còn các chất hòa tan trong nước cấp, đều được tách ra khỏi nước, bởi vì lúc đó nước đã hoàn toàn biến thành hơi.

Như vậy sự khác nhau giữa nổi hơi hình trống và nổi hơi dòng thẳng có thể biểu diễn bằng phương trình cân bằng môi trường hoạt động và cân bằng chất hòa tan trong nổi hơi.

Phương trình cân bằng môi trường hoạt động đối với nổi hơi hình trống:

$$D_c = D_h + D_x \quad (13.1)$$

Đối với nổi hơi dòng thẳng:

$$D_c = D_h \quad (13.2)$$

trong đó:  $D_c$  - lượng nước cấp vào nổi hơi (kg);  
 $D_h$  - lượng hơi đi ra khỏi nổi hơi (kg);  
 $D_x$  - lượng nước nổi hơi xả ra ngoài (kg).

Đối với các chất hòa tan có thể thành lập các phương trình cân bằng sau:

$$C_c \cdot D_c = C_h \cdot D_h + C_{n,h} \cdot D_x + R \quad (13.3)$$

$$\text{và} \quad C_c \cdot D_c = C_h \cdot D_h + R, \quad (13.4)$$

trong đó:  $C_c$ ,  $C_h$  và  $C_{n,h}$  - nồng độ chất hòa tan trong nước cấp, trong hơi và trong nước nổi hơi;

$R$  - số lượng chất lắng đọng lại trong các bộ phận nổi hơi.

Đối với nổi hơi kiểu trống số lượng chất hòa tan trong hơi  $C_h$  và số cặn lắng đọng  $R$  có thể giảm được bằng cách tăng lượng nước xả. Trong nổi hơi dòng thẳng khả năng này không có. Do đó tất cả cặn đi vào nổi hơi cùng với nước cấp sẽ theo hơi đi vào turbin, hoặc lắng đọng lại trong hệ nổi hơi, rõ ràng là đối với nổi hơi dòng thẳng  $C_c$  phải rất bé. Tiêu chuẩn hiện tại đối với nước cấp cho hai loại nổi hơi ghi trong bảng (13.1).

**Bảng 13.1. Tiêu chuẩn nước cấp cho nồi hơi (hàm lượng cặn cho phép lớn nhất)**

Chỉ tiêu trung bình $\mu\text{g}$ (micro gam/lit)	Nồi hơi dòng thẳng	Nồi hơi hình trống
Độ cứng ( $\mu\text{g dl/l}$ )	0,2	1
Oxy hòa tan trước thiết bị khử khí ( $\mu\text{g/l}$ )	30	30
pH	$9,1 \pm 0,1$	$9,1 \pm 0,1$
Hàm lượng hidrazin $\text{NH}_2$ ( $\mu\text{g/l}$ )	20 - 60	20 - 60
Axit silic ( $\mu\text{g/l}$ )	15	120
Natri ( $\mu\text{g/l}$ )	5	Không tiêu chuẩn hóa
Sắt ( $\mu\text{g/l}$ )	10	20
Đồng ( $\mu\text{g/l}$ )	5	5
Sản phẩm dầu ( $\mu\text{g/l}$ )	0,1	0,3

### 13.1.2. Sự hình thành cặn bám trong nồi hơi và thiết bị trao đổi nhiệt

Do tác dụng của nhiệt và do quá trình bốc hơi, trong nước nồi hơi diễn ra các quá trình lý hóa khác nhau, một loạt hợp chất bị phân hủy và một loạt hợp chất khác sinh ra v.v... Trong nhiều trường hợp quá trình này dẫn đến sự tạo ra các hợp chất không hòa tan, tách ra khỏi dung dịch bão hòa dưới dạng cặn và trong những điều kiện nhất định biến thành cặn bám hoặc bùn. Chất lắng đọng dính chặt trên bề mặt đun nóng hay làm lạnh có khả năng phá hoại sự làm việc bình thường của nồi hơi hay thiết bị trao đổi nhiệt gọi là cặn bám.

Chất lắng đọng xốp do cặn lơ lửng trong nước nồi hơi được tích lũy và nén lại gọi là bùn. Lắng đọng dạng cặn bám và dạng bùn gây ra mức độ nguy hiểm như nhau đối với sự hoạt động của nồi hơi.

Theo tính chất vật lý có thể đánh giá chất lắng đọng theo các chỉ tiêu: màu, độ cứng, cường độ dính kết với bề mặt kim loại, chiều dày, độ phân phối đều theo bề mặt...

Theo đặc tính hóa học, thành phần của chất lắng đọng thường biểu diễn bằng phần trăm các chất như:  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  và cả lượng cặn bay hơi.

Trong quản lý điều quan trọng là phải biết thành phần của chất lắng đọng, bởi vì nó thường cho phép tìm ra nguyên nhân cặn bám và bùn. Song phân

tích hóa học không thể cho biết chính xác được hợp chất nào có trong thành phần của chất lắng đọng. Lời đáp của câu hỏi này chỉ có thể nhận được khi áp dụng các phương pháp phân tích phức tạp như dùng biểu đồ ronghen, quang học tinh thể và biểu đồ nhiệt. Thành phần hóa học của cặn bám tạo ra trong nồi hơi rất khác nhau, song có thể phân chúng thành bốn nhóm sau:

- 1) *Cặn bám kim loại kiềm thổ chủ yếu bao gồm các hợp chất của canxi và magie*:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ . Tùy thuộc vào số lượng của chất nào có nhiều trong cặn bám mà người ta phân biệt ra cặn bám cacbonat  $\text{CaCO}_3$ , sunfat  $\text{CaSO}_4$ , photphat  $\text{Ca}(\text{PO}_4)$  và vv. Cũng có thể có cặn bám loại hỗn hợp gồm nhiều hợp chất.
- 2) *Cặn bám oxyt sắt*. Trong thành phần của loại cặn lắng đọng này có thể có silicat sắt, photphat sắt  $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ , sắt photphat natri  $\text{NaFePO}_4$ , oxyt sắt  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
- 3) *Cặn bám đồng*: Trong thành phần của cặn bám chứa một số lượng lớn đồng.
- 4) *Cặn bám silicat* có các thành phần khác nhau. Tính chất quan trọng nhất của cặn bám là độ dẫn nhiệt thấp, nó thay đổi phụ thuộc vào cấu trúc và độ rỗng của vật chất lắng đọng từ 0,12 đến 1,2 at/(m.K).

### 13.1.3. Các phương pháp loại trừ cặn bám trong hệ nồi hơi

Để ngăn ngừa việc tạo ra cặn bám trong nồi hơi hình trống dùng các phương pháp sau đây:

- a) Làm mềm triệt để nước cấp cho nồi hơi.
- b) Ngăn ngừa quá trình làm bẩn nước cấp do các sản phẩm của quá trình gỉ kim loại của hệ nồi hơi.
- c) Khử hiện tượng thấm hút nước làm lạnh vào thiết bị ngưng tụ của turbin.
- d) Tổ chức xử lý nước bên trong nồi hơi để giữ chế độ hóa học hợp lý của nồi hơi.
- e) Khử hiện tượng nung quá nhiệt cục bộ trên các ống phát hơi. Phương pháp làm mềm nước, ngăn ngừa sản phẩm gỉ làm bẩn nước cấp... xét trong các chương tương ứng của quyển sách này, ở đây chỉ nghiên cứu quá trình xử lý nước bên trong nồi hơi (nước nồi hơi). Xử lý hay điều

chỉnh chất lượng nước nổi hơi có mục đích chính là ngăn ngừa quá trình cặn bám trên bề mặt đun nóng của nổi hơi. Để thực hiện được mục đích này thường cho vào nước nổi hơi các muối của axit ortophotpho hay etilen điamin (trilon B hóa).

### 1. Photphat hóa nước nổi hơi

Ion canxi  $Ca^{2+}$  đi vào nổi hơi cùng với nước cấp có thể tạo với các anion  $SiO_3^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  các hợp chất khó hòa tan. Silicat canxi  $CaSiO_3$  và Sunfat canxi  $CaSO_4$  chủ yếu lắng trên các bề mặt đun nóng và trở thành cặn rắn chắc (cặn bám). Cacbonat canxi và các hợp chất của canxi với ion  $PO_4^{3-}$  (hydroxylapatit  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$ ) ngược lại tách ra chủ yếu ở dạng bùn, dễ dàng đưa ra khỏi nổi hơi bằng cách xả thổi.

Vì thế trong thực tế người ta cố tạo ra trong nước nổi hơi các điều kiện để cặn canxi có thể tách ra dưới dạng cacbonat hay hydroxylapatit. Muốn vậy phải luôn luôn giữ cho nước nổi hơi có một nồng độ nhất định các ion  $PO_4^{3-}$  và  $CO_3^{2-}$ . Song chế độ kiềm  $CO_3^{2-}$  của nước nổi hơi chỉ có hiệu quả đối với hơi có áp lực dưới 1,6 MPa, còn đối với hơi có áp lực lớn hơn phải dùng chế độ photphat. Điều này được giải thích như sau: ion  $CO_3^{2-}$  bị phân hủy và khi nhiệt độ càng cao sự phân hủy càng mạnh:



Còn ion  $PO_4^{3-}$  có độ bền cao không bị phân hủy trong nước nổi hơi. Photphat hóa chỉ cho phép ngăn ngừa việc tạo ra cặn bám canxi chứ không phải tất cả các loại cặn bám nói chung, bởi vì triphotphat magie  $Mg_3(PO_4)_2$  có khả năng tạo ra cặn bám. Để ngăn ngừa quá trình tạo ra cặn bám canxi nồng độ của ion  $PO_4^{3-}$  trong nước nổi hơi không được thấp hơn giá trị giới hạn  $i$  (mg/kg) xác định theo phương trình.

$$i = N + 0,1 C_{SiO_3^{2-}} + 0,01 C_{SO_4^{2-}} \quad (\text{mg/kg}), \quad (13.5)$$

trong đó:  $N$  - trị số không đổi bằng 5 mg/kg đối với nổi hơi không có bậc bốc hơi, bằng 3 mg/kg đối với các ngăn sạch của nổi hơi có bậc bốc hơi;

$C_{SiO_3^{2-}}, C_{SO_4^{2-}}$  - nồng độ các ion  $SiO_3^{2-}$  và  $SO_4^{2-}$  trong nước nổi hơi.

Nồng độ  $i$  cũng có giới hạn trên: đối với nổi hơi không có bậc bốc hơi không lớn hơn 15, trong ngăn cuối của nổi hơi có bậc bốc hơi không lớn hơn 30 khi đốt bằng nhiên liệu lỏng và không lớn hơn 50 khi đốt bằng các loại nhiên liệu khác. Photphat hóa chỉ dùng cho nổi hơi có quá trình tuần hoàn tự nhiên (nổi

hơi kiểu trống). Khi cho nổi hơi vào làm việc sau khi lắp hay đại tu xong, cần phải đưa photphat vào để tạo ra lượng dư ion  $\text{PO}_4^{3-}$ . Số lượng photphat kỹ thuật  $\Phi_1$  kg cần đưa vào nổi hơi có thể xác định theo công thức gần đúng:

$$\Phi_1 = \frac{V_{nh} \cdot i}{100 \cdot C_\phi}, (\text{kg}), \quad (13.6)$$

trong đó:  $V_{nh}$  - thể tích nước của nổi hơi ( $\text{m}^3$ );

$C_\phi$  - hàm lượng  $\text{PO}_4^{3-}$  trong sản phẩm kỹ thuật (%).

Trong thời gian hoạt động của nổi hơi phải đưa liên tục vào nước cấp một lượng photphat bởi vì một phần của nó sẽ tiêu tốn để kết hợp với các chất tạo ra cặn bám, phần khác thường lớn hơn bị xả ra ngoài cùng với nước xả. Số lượng trinati photphat đưa vào nổi hơi đang hoạt động xác định theo công thức sau:

$$\Phi_2 = \frac{100}{C_\phi} (28,5C_o + P_c \cdot i), (\text{kg}); \quad (13.7)$$

$$\Phi_3 = \frac{D_c}{10 \cdot C_\phi} (28,5 C_o + P_c \cdot i), (\text{kg}); \quad (13.8)$$

$$\Phi_3' = \frac{D_h}{10 \cdot C_\phi} (28,5 C_o(P_h + 1) + P_h \cdot i), (\text{kg}), \quad (13.9)$$

trong đó:  $\Phi_2$  - tính bằng (kg);

$\Phi_3, \Phi_3'$  - tính bằng (kg/h);

$C_o$  - độ cứng của nước cấp (mg/kg);

$D_c$  - số lượng nước cấp (t/h);

$D_h$  - công suất hơi của nổi hơi (t/h);

$P_c$  và  $P_h$  - lượng nước xả nổi hơi tính theo phần nước cấp và tính theo phần hơi;

28,5 - đương lượng của ion  $\text{PO}_4^{3-}$  trong hydroxylapatit.

Trong các công thức nêu trên, số hạng đầu tiên xác định lượng tiêu thụ hữu ích của photphat để kết hợp với chất tạo cặn bám, còn số hạng thứ hai đặc trưng cho tổn thất photphat do nước nổi hơi xả ra ngoài. Khi tính toán định lượng thường phải xác định thể tích  $\text{m}^3/\text{h}$  dung dịch photphat có nồng độ nhất định để chuyển vào nổi hơi. Trong trường hợp này có thể dùng công thức sau:

$$V_\phi = \frac{D_h (28,5C_o(1 + P_h) + P_h \cdot i)}{10 \cdot C_d \cdot \rho_\phi \cdot n}, (\text{m}^3/\text{h}), \quad (13.10)$$

trong đó:  $C_d$  - nồng độ  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  trong dung dịch (%);

$n$  - tỉ số  $C_{\text{PO}_4^{3-}} / C_{\text{Na}_3\text{PO}_4}$  trong sản phẩm thường  $n = 0,579$ ;

$\rho_\phi$  - mật độ của dung dịch trinati photphat ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).



Nếu trong quá trình quản lý tính toán được chính xác lượng tiêu thụ photphat, thì sử dụng công thức (13.11) (13.12) có thể xác định được độ cứng trung bình của nước cấp (mdlg/kg) trong quãng thời gian  $\Delta t$ .

$$C_o = \frac{10\Phi_3 \Delta t C_\phi - D_c \cdot P_c \cdot i \cdot \Delta t}{28,5 \cdot D_c \cdot \Delta t} \quad (13.11)$$

$$C_o = \frac{10\Phi'_3 \Delta t C_\phi - D_h \cdot P_h \cdot i \cdot \Delta t}{28,5 \cdot D_h \cdot \Delta t \cdot (1 + P_h)} \quad (13.12)$$

trong đó: tích số  $\Phi_3 \Delta t$ ,  $D_h \Delta t$ ,  $D_c \Delta t$  tương ứng biểu thị lượng tiêu thụ photphat, lượng hơi sản xuất được và lượng nước cấp vào trong khoảng thời gian  $\Delta t$ .

Cần chú ý rằng độ cứng chính xác có thể tính được chỉ khi xác định chính xác các trị số đưa vào vế phải của công thức.

Nồng độ của dung dịch photphat  $C_\phi$ (%) đưa vào nổi hơi và công suất của máy bơm định lượng  $q$ (l/h) liên hệ với nhau rất chặt chẽ bằng công thức:

$$C_\phi = \frac{100\Phi_3}{q \cdot P_\phi} \quad (13.13)$$

Vì thế không được chọn nồng độ của dung dịch photphat một cách tùy ý không tính toán đến công suất của máy bơm định lượng đã chọn, và lượng tiêu thụ photphat  $\Phi_3$ . Nồng độ dung dịch photphat  $C_\phi$  nên chọn sao cho máy bơm làm việc với công suất 75-80% lưu lượng định mức.

Thể tích thùng định lượng photphat xác định theo công thức:

$$V_{th} = 1,3 \times \frac{\Phi_3 t_1}{10 \cdot C_\phi \cdot \rho_\phi} \quad (13.14)$$

trong đó:  $T_1$  - thời gian giữa hai lần pha dung dịch tính bằng giờ.

**Bảng 17.2. Mức giảm độ kiềm của nước cấp khi photphat hóa**

Chất	Giảm độ kiềm mdlg/kg khi trung hòa đến		Chất	Giảm độ kiềm mdlg/kg khi trung hòa đến	
	$Na_2HPO_4$	$Na_3PO_4$		$Na_2HPO_4$	$Na_3PO_4$
$Na_2HPO_4$	-	0,01 $\Phi$	$Na_5P_3O_{10}$	3,5.10-3 $\Phi$	0,014 $\Phi$
$NaH_2PO_4$	0,01 $\Phi$	0,02 $\Phi$	$(NaPO_3)_6$	0,01 $\Phi$	0,02 $\Phi$

Ngoài trinitrat photphat người ta còn dùng: đinitrat photphat  $Na_2HPO_4$ , hexameta photphat natri  $(NaPO_3)_6$ , tripoli photphat natri  $Na_5P_3O_{10}$ .

pirophotphat natri  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . Poliphotphat trong dung dịch nước bị thủy phân chuyển thành axit photphat  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  và  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Điều đó có nghĩa là khi dùng các loại photphat kể trên độ kiềm của nước cấp bị giảm đi một trị số ghi trong bảng (13.2).

Trong đó  $\Phi$  kí hiệu lượng photphat g/tấn hơi tính ra  $\text{PO}_4^{3-}$  và được xác định theo công thức:

$$\Phi = 28.5 C_o(P_k + 1) + P_n \cdot i.$$

Khi áp dụng chế độ kiềm hóa thuận túy bằng photphat lượng dư photphat trong nước nổi hơi  $i$  (mg/kg) phụ thuộc vào độ kiềm  $K_w$  và độ cứng  $C_o$  của nước cấp, đồng thời phụ thuộc vào khả năng trung hòa  $n$  của axit photphat.  $n$ : biểu thị số đương lượng gam NaOH cần thiết để trung hòa một ion gam  $\text{PO}_4^{3-}$ .

$$i = \frac{95}{P_c} \left( \frac{K_w - 0,1C_o}{n} - 0,3C_o \right) \quad (13.15)$$

Nếu trong nước nổi hơi photphat chỉ tồn tại ở dạng  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  thì khi áp dụng chế độ kiềm hóa thuận túy bằng photphat tỉ số sẽ như sau:

$$40 K_{iFnh} = 0,42i.$$

$$40 K_{t_{onh}} = 0,84i.$$

Trong đó  $K_{iFnh}$  và  $K_{t_{onh}}$  là độ kiềm của nước nổi hơi theo phenolphthalein và độ kiềm tổng (mdlg/kg). Bởi vì chế độ tương ứng với tỉ số này rất khó giữ nên trong thực tế giữ chế độ thỏa mãn tỉ số  $40 K_{t_{onh}} \leq 0.84i$ .

## 2. Xử lý nước nổi hơi bằng các chất tổ hợp

Photphat hóa không loại trừ được oxit sắt, như vậy photphat hóa chỉ tránh được quá trình tạo cặn bám chứ không loại trừ được quá trình tạo bùn. Xử lý nước bằng các chất tổ hợp có thể đảm bảo được chế độ không tạo ra cặn bám và bùn của nước nổi hơi trong những điều kiện nhất định. Dùng chất tổ hợp như etilen diamin axit, muối natri của nó gọi là trilon B. Trilon B hóa nổi hơi kiểu trống tức là đưa vào nước cấp (ống hút của máy bơm) dung dịch trilon B có nồng độ dưới 1,5% đã được kiềm hóa bằng NaOH hay  $\text{NH}_4\text{OH}$  đến trị số  $\text{pH} = 8.5$ . Chất tổ hợp này kết hợp với các cation của chất tạo cặn bám thành hợp chất có độ hòa tan bền vững và có cấu trúc phức tạp. Do đó các hợp chất tạo cặn bám và bùn không xuất hiện. Trilon B kết hợp với sắt thành chất tổ hợp, làm giảm lượng sắt kéo theo hơi và giảm được nồng độ sắt trong nước ngưng tụ (giảm đến 50% so với chế độ photphat hóa). Lượng chất tổ hợp (g/h) để hiệu chỉnh chế độ nước có thể xác định theo công thức.

$$G = (186C_o + 6,7 C_{Fe} + 6C_{Cu}) D_h \cdot 10^2, \text{ (g/h)}, \quad (13.16)$$

trong đó:  $D_h$  - năng suất hơi của nồi hơi (t/h);

$C_o$  - độ cứng của nước cấp (mdlg/kg);

$C_{Fe}$  và  $C_{Cu}$  - nồng độ của sắt và đồng trong nước cấp ( $\mu\text{g/kg}$ ).

Kết quả của việc xử lý bằng chất tổ hợp phụ thuộc vào nhiệt độ của nước nồi hơi và chỉ tiêu chất lượng nước cấp.

### 3. Kiểm hóa nước nồi hơi

Trong quản lý nhiều khi cần phải kiểm hóa nước nồi hơi, nghĩa là cho vào nước cấp vào nồi hơi các hợp chất kiềm khác nhau. Trong thực tế thực hiện việc kiểm hóa nồi hơi trong các trường hợp sau:

- Nước cấp cho nồi hơi rất mềm (nước ngưng tụ và nước xử lý qua cationit).
- Nước cấp cho nồi hơi có độ cứng tương đối cao.

Trong trường hợp thứ nhất đòi hỏi phải kiểm hóa là do yêu cầu của sản xuất (Ví dụ trị số pH thấp của nước cấp, cần phải trung hòa muối amoni của các axit mạnh, khi nó có trong nước nồi hơi, hay phải nâng cao độ kiềm của nước nồi hơi để trung hòa axit photphat).

Trong trường hợp thứ hai: kiểm hóa để ngăn ngừa quá trình tạo cặn bám. biện pháp này gọi là xử lý nước trong nồi hơi. Số lượng hợp chất kiềm cần thiết cho vào nước cấp, xác định theo công thức sau:

$$q'_{ki} = \frac{P_h}{1 + P_h} (K_{i_{cnh}} - K_{i_{tnh}}), \text{ (mdlg/kg)}. \quad (13.17)$$

hay 
$$q''_{ki} = e \cdot \left( \frac{P_h}{1 + P_h} (K_{i_{cnh}} - K_{i_{tnh}}) \right), \text{ (mg/kg)}, \quad (13.18)$$

trong đó:  $K_{i_{cnh}}$  - độ kiềm cần thiết của nước nồi hơi (mdlg/kg);

$K_{i_{tnh}}$  - độ kiềm thực tế trong nước nồi hơi trước khi kiểm tra (mdlg/kg);

$e$  - đương lượng gam của chất kiềm.

Thường dùng xút NaOH để kiểm hóa nước mềm cấp cho nồi hơi vì nếu dùng xoda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ , chúng dễ bị thủy phân trong nước nồi hơi tạo ra khí  $\text{CO}_2$  làm bắn hơi và gây ra tác dụng gỉ trên các tuyến ngưng tụ. Tốc độ thủy phân xoda phụ thuộc vào nhiệt độ của nước nồi hơi tức phụ thuộc vào áp lực hơi. Nếu độ kiềm của nước cấp gồm độ kiềm cacbonat và hydrocacbonat  $K_i = K_{i_c} + K_{i_b}$  thì số lượng  $\text{CO}_2$  chuyển vào hơi sẽ bằng:

$$C_{\text{CO}_2} = 22[Ki_b (1 + \alpha) + \alpha Ki_c]. \quad (13.19)$$

Nếu độ kiềm của nước cấp gồm độ kiềm hydrat và độ kiềm cacbonat thì:

$$C_{\text{CO}_2} = 22 \alpha Ki_c.$$

trong đó:  $\alpha$  - mức độ thủy phân  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tính bằng phần của đơn vị.

Xử lý bên trong đối với nước cứng cấp cho nồi hơi thường áp dụng cho nồi hơi không có vách ống và có áp lực hơi dưới 1.6 MPa và đốt bằng nhiên liệu rắn. thực chất của việc kiểm hóa nước nồi hơi là làm cho các chất tạo cặn  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dưới tác dụng của các hợp chất kiềm kết hợp thành các hợp chất  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ , tách ra khỏi nước dưới dạng bùn dễ xả ra ngoài, và bằng cách ấy ngăn chặn được quá trình tạo cặn bám trên bề mặt đun nóng. Để thu được kết quả thỏa mãn cần phải giữ cho nước nồi hơi luôn luôn có độ kiềm xác định tức là luôn luôn giữ nồng độ nhất định của chất tạo ra bùn lắng. Vì thế khi cho nồi hơi làm việc phải nạp đầy đủ thể tích nồi hơi  $V_{\text{nh}}$  bằng nước cấp và cho vào nó một lượng kiềm xác định theo công thức:

$$q'_{\text{Ki}} = C_1(1 + P_h) + P_h Ki_{\text{nh}}, \quad (\text{mdlg/kg}). \quad (13.20)$$

hay: 
$$q''_{\text{Ki}} = D_h \cdot 10^{-3} [C_1(1 + P_h) + P_h Ki_{\text{nh}}] e, \quad (\text{kg/h}). \quad (13.21)$$

Số lượng bùn rạo ra trong nồi hơi bằng:

$$B' = D_h \cdot (1 + P_h) (50 C_{\text{Ca}} + 29 C_{\text{Mg}}), \quad (\text{g/h}); \quad (13.22)$$

$$B'' = \frac{1 + P_h}{P_h} C_e e, \quad (\text{mg/kg}),$$

trong đó:  $B'$  - số lượng bùn đi vào nồi hơi (g/l);

$C_1$  - độ cứng không cacbonat (mdlg/l);

$B''$  - nồng độ bùn trong nước nồi hơi (mg/kg);

$e$  - đương lượng gam trung bình của  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $e = 50$ ;

$29 C_{\text{Mg}}$  - thành phần của  $\text{Mg}^{2+}$  trong độ cứng tổng.

#### 13.1.4. Tẩy rửa cặn bám trong nồi hơi

Tẩy rửa cặn bám trong nồi hơi hay trên các thiết bị trao đổi nhiệt có thể thực hiện bằng hai biện pháp: *cơ học* và *hóa học*.

Biện pháp cơ học dùng các dụng cụ nạo, phay... phương pháp này được dùng đối với nồi hơi bé và các thiết bị trao đổi nhiệt đơn giản.

Phương pháp hóa học dùng các dung dịch hóa chất kiềm, axit..., làm sạch hóa học trước khi cho nồi hơi hoạt động và trong thời kỳ quản lý.

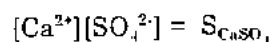
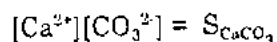
Làm sạch trước khi hoạt động tiến hành trong các nồi hơi mới, hoặc nồi hơi sau đại tu, mục đích làm sạch là khử cặn gỉ, mep vĩa hàn và các cặn bản khác. Làm sạch trong quản lý với mục đích khử các loại cặn bản khác nhau sinh ra trong quá trình hoạt động của nồi hơi. Làm sạch trước khi vận hành bắt đầu bằng việc rửa nước với tốc độ lớn  $1 - 1,5 \text{ m/s}$  đối với nồi hơi có bề mặt thoát nước và  $2 - 2,5 \text{ m/s}$  đối với nồi hơi không có bề mặt thoát nước, đầu tiên rửa bằng nước lạnh, sau đó rửa bằng nước nóng  $100^\circ\text{C}$  theo vòng kín. Thao tác tiếp theo là dùng dung dịch kiềm NaOH nồng độ  $0,5 - 1\%$  để tẩy rửa xilicat, dầu trong nồi hơi kiểu trống và dùng  $\text{NH}_4\text{OH}$  để tẩy rửa nồi hơi dòng thẳng. Sau khi rửa bằng dung dịch kiềm phải xử lý bằng hóa chất để tẩy cặn gỉ sắt. Làm sạch trong quản lý thì không cần rửa nước. Hóa chất sử dụng để tẩy rửa để kiềm và rẻ nhất là axit clohydric HCl. Thường dùng HCl để tẩy rửa các nồi hơi công nghiệp và các thiết bị trao đổi nhiệt, kể cả bộ ngưng tụ của turbin. Song đối với nồi hơi công suất lớn việc sử dụng HCl bị hạn chế do tính ăn mòn và sự phức tạp của sơ đồ làm sạch. Axit hữu cơ có độ ăn mòn thấp hơn nhưng khối lượng cần thiết phải lớn hơn nên việc tẩy rửa rất đắt. Vì thế hợp lý nhất là dùng hỗn hợp EDDT và axit hữu cơ với tỉ lệ 1:1. Việc chọn hóa chất để tẩy rửa trong quá trình quản lý phụ thuộc vào tính chất và cấu trúc của cặn bám. Sau khi khử cặn bám dung dịch được đẩy ra khỏi nồi hơi bằng nước và rửa tiếp bề mặt của nó để khử cặn còn lắng lại. Sau khi rửa phải trung hòa nước axit còn lại bằng dung dịch kiềm. Đối với các nồi hơi công nghiệp kích thước bé có thể dùng biện pháp nấu kiềm  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hay photphat  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  làm cho cặn bám kim loại kiềm thổ mềm ra, sau đó dùng biện pháp cơ học để tẩy rửa.

#### Ví dụ tính toán:

**Ví dụ 1.** Trong nước nổi hơi có chứa các ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{CO}_3^{2-}$  chúng có thể tạo thành cặn  $\text{CaCO}_3$  và  $\text{CaSO}_4$ . Bởi vì cặn  $\text{CaCO}_3$  tạo ra ở dạng bùn còn  $\text{CaSO}_4$  tạo thành cặn bám, nên trong thực tế người ta xử lý nước nổi hơi bằng  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (kiềm hóa) để tạo ra cặn lắng  $\text{CaCO}_3$  mà không cho nó tạo thành  $\text{CaSO}_4$ . Xác định nồng độ ion  $\text{CO}_3^{2-}$  cần thiết để đảm bảo điều kiện trên.

#### Giải:

Đối với dung dịch bão hòa cacbonat canxi và sunfat canxi ta có thể viết được các phương trình:



Cặn sunfat canxi không thể tạo thành nếu đảm bảo điều kiện:

$$[Ca^{2+}] < \frac{S_{CaSO_4}}{[SO_4^{2-}]}$$

Mặt khác đối với dung dịch bão hòa cacbonat canxi, nồng độ canxi  $[Ca^{2+}]$  sẽ bằng:

$$[Ca^{2+}] = \frac{S_{CaCO_3}}{[CO_3^{2-}]}$$

Thay giá trị của  $[Ca^{2+}]$  vào phương trình trên ta thu được:

$$\frac{S_{CaCO_3}}{[CO_3^{2-}]} < \frac{S_{CaSO_4}}{[SO_4^{2-}]}$$

Bất phương trình này quyết định điều kiện để trong nước nổi hơi không tạo ra cặn đóng  $CaSO_4$ , mà chỉ tạo ra cặn  $CaCO_3$ . Giải nó đối với  $[CO_3^{2-}]$  ta có:

$$[CO_3^{2-}] > \frac{S_{CaCO_3} [SO_4^{2-}]}{S_{CaSO_4}}$$

$[Ca^{2+}]$ ,  $[CO_3^{2-}]$ ,  $[SO_4^{2-}]$ : Tính bằng (gam ion/l).

Do đó nồng độ ion  $CO_3^{2-}$  (hay nồng độ  $PO_4^{3-}$  khi photphat hóa) trong nước nổi hơi phụ thuộc vào nồng độ của ion  $SO_4^{2-}$ . Nói chính xác hơn là nồng độ để ngăn ngừa cặn bám của ion  $CO_3^{2-}$  trong nổi hơi khi tiến hành kiểm hóa hay của ion  $PO_4^{3-}$  khi photphat hóa phụ thuộc vào nồng độ trong nước nổi hơi của các ion khác có khả năng tạo với  $Ca^{2+}$  thành cặn bám  $[SO_4^{2-}] + [SiO_3^{2-}]...$

**Vi dụ 2.** Trạm nổi hơi công nghiệp có 2 nổi hơi, công suất hơi của mỗi nổi hơi 3T/h. Dùng nước sông có độ cứng tổng  $C_0 = 2,6$  mdlg/l và độ kiềm cacbonat  $Ki_c = 1,3$  mdlg/l để cấp cho nổi hơi. Xác định lượng tiêu thụ xôđa  $Na_2CO_3$  và nồng độ bùn trong nước nổi hơi khi lượng nước xả nổi hơi  $P_h = 5\%$ . Độ kiềm của nước nổi hơi  $Ki_{nh} = 10$  mdlg/kg;  $e = 43$ .

**Giải:**

Lượng kiềm cần kiệt tính theo công thức (12.33) bằng

$$C_{Na_2CO_3} = C_1 (1 + P_h) + P_h Ki_{nh}, \text{ (mdlg/l)}.$$

$C_1$  - độ cứng không cacbonat ;

$$C_1 = 2,6 - 1,3 = 1,3 \text{ mdlg/l}.$$

$$P_h = 5\% = 0,05 ; K_{nh} = 10.$$

$$C_{Na_2CO_3} = 1,3 \times 1,05 + 0,05 \times 10 = 1,87 \text{ mdlg/kg}.$$

Lượng tiêu thụ  $Na_2CO_3$  bằng:

$$q_{Na_2CO_3} = \frac{C_{Na_2CO_3} e_{Na_2CO_3} \cdot n \cdot D_h}{1.000} = \frac{1,87 \times 53 \times 2 \times 3}{1.000} = 0,6 \text{ kg/h}$$

Mỗi giờ trong nổi hơi tạo ra một lượng bùn tính theo (12.35):

$$B' = D_h (1 + P_h) (50 C_{Ca^{2+}} + 29 C_{Mg^{2+}})$$

$$B' = 3 (1 + 0,05) \times 2,6 \times 43 = 352 \text{ g/h.}$$

Nồng độ bùn trong nước nổi hơi tính theo (XII-36):

$$B'' = \frac{1 + P_h}{P_h} \cdot C_o \cdot e = \frac{1,05}{0,05} \times 2,6 \times 43 = 2348 \text{ mg/kg}$$

**Ví dụ 3.** Độ kiềm của nước cấp  $Ki_c = 12$ . Độ cứng  $C_o = 3$  mkg/kg, nổi hơi làm việc với chế độ kiềm hóa thuần túy bằng photphat với lượng nước xả  $P_h = 3\%$  và lượng dư tiêu thụ của ion  $PO_4^{3-} = 30$  mg/kg. Xác định khả năng giữa chế độ không có dư ion  $OH^-$  khi photphat hóa nước nổi hơi - khả năng trung hòa của dinatri photphat  $Na_2HPO_4$  bằng một, khả năng trung hòa của  $NaH_2PO_4$  bằng hai.

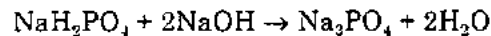
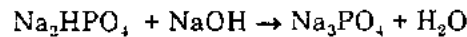
Lượng dư ion  $PO_4^{3-}$  tính theo công thức:

$$i = \frac{95}{100 \cdot n \cdot P_h} (Ki_c - 0,4 C_o)$$

0,4 là hệ số tính đến lượng kiềm và photphat tiêu tốn để tạo ra hydroxylapatit.

**Giải:**

Trung hòa Ion  $OH^-$  (độ kiềm) diễn ra theo phương trình:



Nếu chỉ dùng  $Na_2HPO_4$  để trung hòa thì  $n = 1$ , theo phương trình trên tìm được  $i = 34$  mg/kg, vượt quá trị số tiêu chuẩn cho trong đầu bài  $i = 30$  mg/kg. Do đó cần phải sử dụng hỗn hợp axit photphat. Ví dụ  $Na_2HPO_4$  và  $NaH_2PO_4$  với tỉ số sao cho:

$$n = \frac{95}{100 P_h \cdot i_{tc}} (Ki_c - 0,4 C_o)$$

$i_{tc}$  nồng độ dư tiêu chuẩn của ion  $PO_4^{3-}$ , mg/kg.

Thay giá trị bằng số tìm được  $n = 1,14$ .

Do đó ta có thể lập phương trình:  $1 + 2x = 1,14$  (vì  $n$  của  $Na_2HPO_4 = 1$  còn  $n$  của  $NaH_2PO_4 = 2$ ).

Giải phương trình này tìm được  $x = 0,07$ . Như vậy để có hỗn hợp có thể trung hòa  $OH^-$  với tỉ lệ  $n = 1,14$  ta phải chọn hỗn hợp 1 phân tử  $Na_2HPO_4$  cùng với 0,07 phân tử  $NaH_2PO_4$ .

## 13.2. XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH

Trong thực tế sản xuất, hiện nay đang tồn tại hai loại hệ thống cấp nước cho các thiết bị làm lạnh *hệ thống xả thẳng* và *hệ thống tuần hoàn*.

- **Hệ thống xả thẳng:** Nước từ nguồn được bơm vào đối tượng cần làm lạnh, sau khi làm lạnh thiết bị, máy móc hoặc sản phẩm xả thẳng ra sông hoặc hồ chứa.

- **Hệ thống tuần hoàn:** Nước từ bể chứa bơm vào đối tượng làm lạnh, sau khi làm lạnh thiết bị, máy móc hoặc sản phẩm nhiệt độ của nước tăng lên, người ta cho nước qua dàn phun tiếp xúc trực tiếp với không khí để giảm nhiệt độ của nước xuống nhiệt độ ban đầu rồi tập trung về bể chứa và lại bơm vào thiết bị cần làm lạnh v.v...

### 13.2.1. Nguyên nhân làm giảm hiệu quả của hệ thống làm lạnh

Trong nhiều trường hợp do nước làm lạnh có chất lượng không thỏa mãn yêu cầu sử dụng đã gây ra cặn bám, hoặc rêu, màng sinh vật phủ lên mặt trong thành ống dẫn nước làm lạnh, phá hoại chế độ trao đổi nhiệt của thiết bị, gây tổn thất cho sản xuất. Việc tiến hành làm sạch ống và thiết bị làm lạnh trong quá trình quản lý theo định kỳ gặp nhiều khó khăn: phải ngừng sản xuất, và giữa hai lần cọ rửa, đường ống dẫn có thể bị tắc. Do đó việc xử lý nước để ngăn ngừa việc đóng cặn và rêu lên thành ống và thiết bị là phương pháp an toàn và kinh tế nhất trong quá trình sản xuất.

#### 1. Sự đóng cặn trên bề mặt thiết bị làm lạnh và trên thành ống dẫn

Thành phần chủ yếu của cặn lắng đọng trên các bề mặt làm lạnh là cacbonat canxi  $\text{CaCO}_3$ . Nó được tạo ra do sự phân hủy ion hydrocacbonat có trong nước làm lạnh; ( $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) khi nước bị đun nóng,  $\text{CO}_2$  hòa tan trong nước bị bay hơi, lượng  $\text{CO}_2$  còn lại trong nước thấp hơn nồng độ cân bằng làm cho phản ứng chuyển dịch về phía phải, nồng độ của ion  $\text{CO}_3^{2-}$  trong nước tăng lên, các ion  $\text{Ca}^{2+}$  luôn luôn có trong nước thiên nhiên sẽ tác dụng với ion  $\text{CO}_3^{2-}$  thành  $\text{CaCO}_3$  tạo ra màng rắn chắc trên toàn bộ thành ống của tuyến dẫn nước. Khi nước có trị số pH cao ( $\text{pH} > 10$ ), nước sau khi xử lý bằng vôi để giảm độ cứng cacbonat thì trong thành phần của cặn lắng đọng và cặn bám có cả hydroxit magie ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ).

Sunfat canxi có độ hòa tan tương đối lớn và vì thế rất ít gặp trong thành phần của cặn bám trong các hệ thống cấp nước tuần hoàn. trừ trường hợp nước bị đun sôi trên bề mặt làm lạnh và khi xử lý nước dùng một liều lượng lớn axit sunfuric mà không thực hiện đúng chế độ xả nước để giảm bớt cặn trong hệ thống. Khi trong nước làm lạnh có chứa một lượng lớn axit silic thì trong thành phần của cặn bám có thể có cả silicat canxi và silicat magie.

#### 2. Cặn lơ lửng

Khi nước làm lạnh có hàm lượng cặn lớn (cát, sét, cặn lơ lửng khác) chúng có thể lắng đọng trên các đoạn ống của hệ thống làm lạnh, nếu vận tốc chuyển



động của nước trong ống thấp. Nếu trong hệ thống làm lạnh xảy ra việc tạo cặn bám thì cùng với cacbonat canxi trên bề mặt cần làm lạnh và trên thành ống của hệ thống dẫn nước có thể dính bám cả cặn lơ lửng vì  $\text{CaCO}_3$  ximăng hóa chúng. Việc tích lũy cặn lơ lửng trên bề mặt làm lạnh và trên thành ống có thể xảy ra cả trong trường hợp khi trên thành ống có lớp phủ sinh vật, lớp này sẽ thu hút cặn lơ lửng trong nước, làm dày lớp cặn bám vào thành ống. Trong cả hai trường hợp kể trên, việc tồn tại cặn lơ lửng trong nước làm lạnh là rất nguy hiểm.

### 3. Cặn sắt

Khi trong nguồn nước cấp cho hệ thống làm lạnh có sắt (nước ngầm) thì trong hệ thống ống dẫn, trên bề mặt làm lạnh có thể lắng đọng cặn hydroxit sắt, vì thế cần xử lý sắt trước khi cấp cho hệ thống cấp nước làm lạnh.

### 4. Sự lắng đọng vi sinh vật

Sự tồn tại trong nước các chất làm thức ăn cho vi sinh vật, rêu tảo, và điều kiện nhiệt độ thuận lợi cho vi sinh phát triển là nguyên nhân gây ra lớp phủ sinh vật trên bề mặt làm lạnh.

Sự phát triển của lớp phủ sinh vật đặc biệt mạnh trong các hệ thống làm lạnh khi nước cấp chứa nhiều chất hữu cơ. Sự phát triển của vi sinh vật trên thành thiết bị ở dạng lắng đọng nhầy dính, trong đó có cả cát và cặn lơ lửng. Trong nước làm lạnh có sắt có thể xảy ra quá trình phát triển vi khuẩn sắt, vi khuẩn sắt có khả năng phát triển nhanh và thường làm tắc ống của các thiết bị làm lạnh. Khi trong nước làm lạnh có sun phat, có thể phát triển vi khuẩn khử Sunfat thành  $\text{H}_2\text{S}$  và sunfit làm tăng cường quá trình gỉ ống và thiết bị. Trên các bề mặt hở của hệ thống làm lạnh, trong dàn làm nguội, bể phun có thể có rong, rêu phát triển. Lớp phủ sinh vật làm xấu hoạt động của hệ thống làm lạnh không chỉ phá hoại chế độ trao đổi nhiệt, tăng tổn thất áp lực trong đường ống mà còn làm gỉ ống và thiết bị.

### 5. Gỉ

Oxy hòa tan trong nước làm lạnh ở nhiệt độ cao gây ra hiện tượng gỉ kim loại. Nhân tố khác đẩy mạnh quá trình gỉ là cacbonic, nitrat, clorit và giá trị thấp của trị số pH. Thường quá trình gỉ kèm theo việc tạo ra trên thành ống lớp cặn lắng đọng mấp mô làm xấu quá trình trao đổi nhiệt, tăng tổn thất áp lực trong đường ống, làm giảm lưu lượng của máy bơm cấp nước làm lạnh. Khi dùng ống đồng trong các máy lạnh thường gặp sự phá hoại do khử kẽm. Nhân

tổ cơ bản làm gỉ ống đồng của máy lạnh là hàm lượng cao trong nước của clorit (đặc biệt mạnh khi dùng nước biển), cacbonic và nước có độ axit cao. Khi trong nước có cặn lơ lửng rắn, cứng, bề mặt ống dẫn bị bào mòn, làm cho lớp bảo vệ chống gỉ trên bề mặt thành ống bị phá hoại và quá trình gỉ lại tiếp tục.

### 13.2.2. Xử lý nước trong hệ thống làm lạnh xả thẳng

Cần phải xử lý nước làm lạnh để loại trừ các khả năng tạo cặn bám và gỉ ống như đã kể trên. Để loại trừ cặn lắng, cặn sắt, lớp phủ sinh vật cần áp dụng các biện pháp xử lý nước thông thường lắng, lọc, clo hóa v.v... Trong mục này chỉ nghiên cứu quá trình xử lý để tránh cặn bám  $\text{CaCO}_3$  v.v...

Nếu trong hệ thống xả thẳng xảy ra quá trình cặn bám thì một trong các biện pháp có hiệu quả nhất để loại trừ việc tạo cặn bám là giảm nhiệt độ đun nóng nước làm lạnh bằng cách tăng lưu lượng nước cấp cho máy lạnh. Trong trường hợp việc tăng lưu lượng nước cấp không đạt hiệu quả mong muốn hay là do không đủ nước để tăng đến lưu lượng yêu cầu thì có thể xử lý nước bằng cách: axit hóa hay photphat hóa. Song cần phải chú ý rằng trong hệ thống xả thẳng đòi hỏi lưu lượng lớn do đó hóa chất cần thiết để xử lý cũng rất lớn. Liều lượng axit hay photphat cho vào nước đối với mỗi hệ thống xả thẳng phải xác định bằng thực nghiệm, sao cho trên bề mặt ống của máy lạnh còn tồn tại một lớp màng mỏng của cặn bám  $\text{CaCO}_3$  để bảo vệ cho ống khỏi gỉ.

Do thời gian lưu lại của nước trong các máy lạnh ở các hệ thống xả thẳng ngắn, nên liều lượng axit hay photphat cần thiết chỉ bằng một phần liều lượng cần thiết để làm ổn định hoàn toàn nước. Khi cho vào nước một lượng không đủ axit quá trình phân hủy bicacbonat bị chậm lại tới mức nó không kịp phân hủy trong thời gian nước lưu lại trong các máy lạnh của hệ thống xả thẳng.

Khi photphat hóa, liều lượng photphat cần thiết thường bằng 1 - 2 mg/l tính theo  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Để tính toán khi thiết kế hệ thống làm lạnh xả thẳng có thể dùng biểu đồ hình (1.3) để tính  $\text{pH}_s$  bão hòa của nước bằng cacbonat canxi. Khi xác định  $\text{pH}_s$  theo biểu đồ hình (1.3) cần phải lấy nhiệt độ của nước được đun nóng trong các máy lạnh. Nhờ biểu đồ (1.3) có thể xác định được nước có khả năng tạo cặn bám trong hệ thống xả thẳng, song cặn bám có thể không tạo ra nếu thời gian lưu lại của nước trong máy lạnh quá ngắn, đến mức quá trình tách  $\text{CaCO}_3$  ra khỏi nước còn chưa kịp xảy ra, thì nước đã được xả ra ngoài. Vì thế khi thiết kế hệ thống làm lạnh xả thẳng nếu nước có chỉ tiêu bão hòa

$J \geq 0$  theo nhiệt độ đun nóng trong máy lạnh, thì cần thiết kế hệ thống pha axit nhưng không xây dựng ngay. Hệ thống xử lý ổn định chỉ xây dựng sau khi đã đưa hệ thống làm lạnh xả thẳng vào hoạt động và phát hiện thấy có đóng cặn bám trên bề mặt cần làm lạnh.

Trong phòng thí nghiệm thường đo trị số pH của nước ở nhiệt độ 20 - 25°C khi nước bị đun nóng, trị số pH của nó giảm.

Trị số pH của nước sau khi đun nóng có thể xác định theo công thức:

$$pH_1 = pH_d - a, \tag{13.23}$$

trong đó:  $pH_1$  - trị số pH của nước khi bị đun nóng trong các máy làm lạnh đến nhiệt độ  $t_1$ °C;

$pH_d$  - trị số pH của nước đo được trong phòng thí nghiệm ở nhiệt độ từ 20 - 25°C;

$a$  - trị số hiệu chỉnh chọn theo bảng (13.3).

**Bảng 13.3.** Giá trị của trị số hiệu chỉnh  $a$  khi đun nóng nước từ nhiệt độ  $t_1 = 20 \div 25^\circ\text{C}$  đến  $t_2 = 50 \div 75^\circ\text{C}$ .

Giá trị pH đo được trong phòng thí nghiệm	Trị số hiệu chỉnh $a$ khi độ kiềm tổng của nước tính bằng mg/l				
	0,5	1	2	4	8
Khi đun nóng đến 50°C					
≤ 8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1
8,4	0,3	0,2	0,2	0,15	0,15
Khi đun nóng đến 75°C					
≤ 7,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
7,8	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
8,0	0,3	0,2	0,15	0,15	0,1
8,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,15
8,4	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2

Như đã phân tích ở trên, liều lượng axit để ngăn ngừa việc tạo cặn bám trong hệ thống làm lạnh xả thẳng có thể lấy bằng 50% liều lượng cần thiết để ổn định hoàn toàn nước.

### 13.2.3. Xử lý nước để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật trong hệ thống làm lạnh bằng nước

Để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật trên bề mặt thiết bị và ống làm lạnh bằng nước phổ biến nhất là dùng biện pháp xử lý nước bằng Clo và sunfat đồng.

#### 1. Clo hóa nước làm lạnh

Thường tiến hành clo hóa nước làm lạnh theo từng chu kỳ. Khoảng thời gian giữa hai lần cho clo vào nước và thời gian cho clo vào nước phụ thuộc vào độ bẩn của nước do các chất hữu cơ gây ra và phụ thuộc vào dạng và cường độ phát triển của vi khuẩn trong hệ thống. Chế độ clo hóa trong mỗi trường hợp cụ thể xác định bằng thực nghiệm. Liều lượng clo chọn sao cho khi nước đi qua thiết bị cần làm lạnh xa nhất sau thời gian 30 - 40 phút còn lại khoảng 1 mg/l. Nếu như xác định được thời gian tạo ra lớp phủ sinh vật trên thành ống và bề mặt làm lạnh dày 0,5 mm, thì chu kỳ clo hóa và thời gian của mỗi lần clo hóa có thể chọn theo bảng (13.4).

**Bảng 13.4.** Chu kỳ và thời gian tiến hành clo hóa nước

Thời gian để tạo ra lớp phủ sinh vật dày 0,5 mm (giờ)	Chu kỳ clo hóa (giờ)	Thời gian đạt nồng độ clo hoạt tính 1 mg/l sau khi qua thiết bị xa nhất (phút)
2	2	30 - 40
4	4	30 - 40
8 - 24	8 - 16	30 - 40
48 và lớn hơn	24	60

Khi xả nước làm lạnh đã được clo hóa vào hồ dùng để nuôi cá, có thể gây hại cho sự sống của cá, do đó phải được sự đồng ý của cơ quan hải sản. Lượng clo cần thiết có thể xác định theo công thức:

$$G = \frac{Q \cdot a \cdot t \cdot n}{60 \cdot 100}, (\text{kg/ngày}), \quad (13.24)$$

Q - lưu lượng nước làm lạnh ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

a - liều lượng clo ( $\text{g}/\text{m}^3$ );

t - thời gian tiến hành clo hóa, xác định trong quá trình quản lý tính bằng phút (sơ bộ có thể chọn từ 40 - 60 phút sao cho

nồng độ clo dư sau khi đi qua thiết bị xa nhất trong quãng  
30 - 40 phút còn lại gần  $1 \text{ g/m}^3$ );

n - số lần tiến hành clo hóa trong một ngày.

## 2. Khử lớp phủ sinh vật bằng sunfat đồng

Xử lý nước bằng sunfat đồng được áp dụng để loại trừ sự phát triển của vi sinh vật trong hồ chứa, ngăn ngừa rong rêu trong các dàn, bể làm nguội nước, và trong các thiết bị làm lạnh kiểu phun nước. Tùy theo từng thời kỳ xử lý nước có thể chọn liều lượng sunfat đồng  $1 - 2 \text{ g/m}^3$  tính theo Cu (hay từ  $4 - 8 \text{ g/m}^3$  tính theo  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) chu kỳ xử lý phụ thuộc vào sự phát triển của rong rêu, có thể dao động từ vài tuần đến một tháng. Thời gian đưa dung dịch sun phát đồng vào nước từ 1 - 2 giờ và đưa trực tiếp vào ngay trước dàn hay bể làm nguội nước. Nếu quan sát thấy lớp phủ sinh vật trên thành bể, bề mặt tiếp xúc v.v... thì sau khi xử lý bằng sunfat đồng, tiến hành clo hóa tiếp trong vòng 1 giờ với liều lượng Clo từ  $7 - 10 \text{ mg/l}$  trực tiếp trước dàn làm nguội nước.

### 13.2.4. Xử lý nước để ngăn ngừa quá trình gỉ ống và thiết bị làm lạnh

Để chống gỉ ống và thiết bị trong hệ thống làm lạnh, điều trước tiên là phải chọn ống và thiết bị không bị gỉ, nếu không quá trình gỉ sẽ được đẩy mạnh bằng nước làm lạnh vì: Nó làm việc trong môi trường có nhiệt độ cao, trong nước có hàm lượng oxy hòa tan lớn. Trong hệ thống làm lạnh xả thẳng việc xử lý nước để chống gỉ bị hạn chế bởi lý do kinh tế, vì lưu lượng nước cần thiết lớn, tốn nhiều hóa chất. Trong trường hợp này tốt nhất là xử lý nước bằng vôi hay xoda để tạo lên thành ống và thiết bị một lớp màng bảo vệ  $\text{CaCO}_3$  mỏng rắn chắc, ngăn ngừa sự tiếp xúc trực tiếp giữa nước và kim loại của ống và thiết bị.

Một trong các phương pháp tạo ra màng bảo vệ có khả năng giảm tác dụng gỉ là xử lý nước bằng hexameta photphat hay tripoli photphat natri. Khi cho hệ thống làm lạnh hoạt động, bơm đẩy nước có nồng độ hexameta photphat natri  $100 \text{ mg/l}$  ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), cho tuần hoàn liên tiếp dung dịch trong vòng 10 ngày. Sau đó chuyển sang chế độ xử lý nước bổ sung bằng hexameta photphat natri với liều lượng  $4 - 10 \text{ mg/l}$  ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Xử lý nước bằng liều lượng lớn poli photphat, chúng sẽ bị thủy phân tạo ra orto photphat canxi và magie ở dạng bùn. Vì thế xử lý chống gỉ bằng photphat liều lượng lớn chỉ có lợi trong trường hợp nước có độ cứng thấp. Chế độ photphat hóa đối với mỗi trường hợp riêng biệt phải được xác định chính xác trong quá trình quản lý.

### 13.2.5. Xử lý nước trong hệ thống làm lạnh tuần hoàn

Hệ thống cấp nước tuần hoàn (hình 13.2) gồm dàn làm nguội nước (1), máy bơm tuần hoàn (2) và thiết bị trao đổi nhiệt (3). Nước từ bể chứa của dàn làm nguội được máy bơm tuần hoàn bơm vào thiết bị trao đổi nhiệt, nước lấy nhiệt của sản phẩm công nghệ cần làm lạnh đi vào dàn làm nguội, trong dàn xảy ra sự làm lạnh nước do bốc hơi khí tiếp xúc trực tiếp với không khí. Sau đó nước lại được tập trung về bể chứa và chu trình lại lập lại.

#### 1. Chế độ nước và cân bằng muối trong hệ thống cấp nước tuần hoàn

Một phần nước tuần hoàn đi ra khỏi hệ thống do bốc hơi, phần khác bị mất đi do các giọt nước bắn ra ngoài dàn làm nguội, ngoài ra nước tuần hoàn bị hao hụt do cấp cho sản xuất, cho nhu cầu công nghệ và các nhu cầu khác, theo định kỳ hoặc thường xuyên phải xả bớt một lượng nước để giảm hàm lượng muối trong nước tuần hoàn.

Tất cả lượng nước hao hụt này được bù lại bằng một khối lượng tương đương của nước bổ sung từ nguồn vào:

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (13.25)$$

trong đó:  $P$  - lượng nước bổ sung tính bằng % so với lưu lượng nước của hệ tuần hoàn;

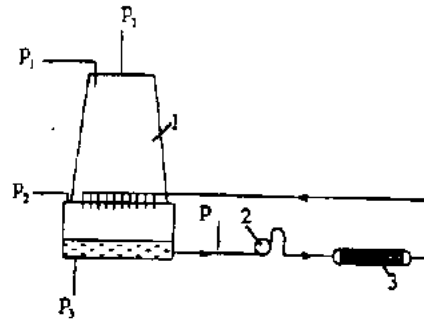
$P_1$  - tổn thất nước do bốc hơi (%);

$P_2$  - tổn thất do các giọt bắn ra ngoài;

$P_3$  - tổn thất nước do xả cặn và do nhu cầu công nghệ.

Tổn thất nước do bốc hơi, do phun bắn ra và xả cặn đặc trưng cho chế độ nước và được gọi là thông số của chế độ nước. Tổn thất do bốc hơi  $P_1$  phụ thuộc vào hàng loạt các thông số và được xác định bằng tính toán. Với độ chính xác thực tế có thể chấp nhận được, tổn thất do bốc hơi có thể xác định theo công thức:

$$P_1 = k \Delta t, \quad (13.26)$$



Hình 13.2. Sơ đồ hệ thống cấp nước tuần hoàn

1- dàn làm nguội nước; 2- máy bơm nước tuần hoàn; 3- thiết bị trao đổi nhiệt

trong đó:  $\Delta t$  - hiệu số nhiệt độ của nước tuần hoàn trước và sau dàn làm nguội;

$k$  - hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ của không khí.

Nhiệt độ của không khí °C	0	10	20	30	40
Giá trị của hệ số $k$	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16

Tổn thất do mưa bắn ra ngoài  $P_2\%$  đối với các dàn làm lạnh khác nhau như sau:

Dàn làm lạnh có hệ thu nước	0,2 - 0,5
Dàn kiểu tháp và dàn phun có lưới	0,5 - 1
Dàn phun hở có cửa chớp	1 - 1,5
Bể phun công suất > 500 m <sup>3</sup> /h	1,5 - 2
Bể phun công suất < 500 m <sup>3</sup> /h	2 - 3

Nếu trong nước bổ sung có chứa muối hòa tan nhưng không lắng đọng thành cặn, không bị tách ra trên thành ống và trong máy lạnh thì ta có sự cân bằng muối của hệ thống, được biểu diễn bằng phương trình:

$$C_{bs} \cdot P = C_{th} (P_2 + P_3) = C_{th} (P - P_1) \tag{13.27}$$

$C_{bs}$  và  $C_{th}$  là nồng độ của muối (hay ion) trong nước bổ sung và trong nước tuần hoàn (mg/l). Khi hệ thống tuần hoàn làm việc do bốc hơi một phần nước  $P_1$ , nên xảy ra sự tăng dần nồng độ muối hòa tan trong nước tuần hoàn.

## 2. Xử lý nước tuần hoàn bằng poli photphat

Xử lý nước tuần hoàn bằng poli photphat cho phép nâng cao độ kiềm của nước tuần hoàn mà không bị đóng cặn bám. Hóa chất dùng để photphat hóa nước làm lạnh thường dùng hexameta photphat natri ( $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ ) và tripoli photphat natri  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ . Áp dụng phương pháp xử lý nước bằng poli photphat trong những trường hợp nước bị đun nóng đến nhiệt độ không vượt quá 60 - 70°C. Khi nhiệt độ cao, quá trình thủy phân mêtaphotphat thành ortophotphat xảy ra nhanh, làm lắng đọng cặn ortophotphat canxi và magie ở dạng bùn và nhiều trường hợp có thể tạo ra lắng đọng cứng. Độ kiềm lớn nhất cho phép của nước tuần hoàn khi xử lý bằng photphat phụ thuộc vào độ kiềm của nước bổ sung, nhiệt độ đun nóng của nước trong các thiết bị trao đổi nhiệt, và hàm lượng trong nước của  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  (độ cứng của nước).

Tăng độ kiềm của nước bổ sung làm giảm mức độ cô đặc muối cho phép, tuy vậy độ kiềm cho phép trong nước tuần hoàn trong trường hợp này lại tăng lên. Tăng nhiệt độ và độ cứng của nước cũng làm giảm hệ số cô đặc muối cho phép. Quy luật này được Cutrerencô phát hiện bằng thực nghiệm, phản ánh trong công thức sau:

$$K_{ncp} = (2 - 0,125 K_{ibx}) (1,4 - 0,01t_1) (1,1 - 0,01C_{obs}), \quad (13.28)$$

trong đó:  $K_{ncp}$  - hệ số cô đặc muối cho phép (không tạo ra cặn);

$K_{ibx}$  - độ kiềm của nước bổ sung (mđlg/l);

$C_{obs}$  - độ cứng của nước bổ sung (mđlg/l);

$t_1$  - nhiệt độ nước nóng trong thiết bị làm lạnh (°C).

Xử lý nước bằng photphat chỉ cho phép giữ trong hệ tuần hoàn một mức độ giới hạn độ cô đặc của muối và độ kiềm, vì thế khi dùng photphat phải tiến hành xả thải để giữ nồng độ muối dưới nồng độ cô đặc cho phép. Lượng nước xả tính theo phần trăm khi xử lý bằng photphat để đảm bảo điều kiện không đóng cặn xác định theo công thức:

$$P_3 = \frac{P_1}{K_{ncp} - 1} - P_2. \quad (13.29)$$

Nếu  $P_2 > \frac{P_1}{K_{ncp} - 1}$  thì điều đó có nghĩa là tổn thất nước do các giọt mưa bắn

ra ngoài dàn làm lạnh đã bảo đảm đưa ra ngoài hệ một lượng muối cần thiết, nên việc xả thải hệ thống không cần thiết nữa. Có thể có trường hợp, mức độ cô đặc muối cho phép  $K_{ncp}$  gần bằng 1 (trường hợp độ kiềm của nước bổ sung bằng hoặc lớn hơn 8 mđlg/l) khi đó lượng nước xả rửa là rất lớn. Số lượng nước xả cần thiết quyết định phạm vi áp dụng phương pháp xử lý bằng photphat và cần phải tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật với phương pháp axit hóa. Trong trường hợp nếu áp dụng phương pháp xử lý bằng photphat đòi hỏi lượng nước xả  $P_3$  quá lớn vì độ kiềm của nước bổ sung cao, thì có thể áp dụng biện pháp xử lý hỗn hợp: axit hóa để giảm độ kiềm của nước bổ sung và sau đó xử lý nước bằng phương pháp hỗn hợp được xác định trong mỗi trường hợp cụ thể bằng lượng nước xả (hay lượng nước bổ sung). Sau khi chọn được lượng nước bổ sung  $P$  (hay  $P_2$ ) có thể xác định được độ kiềm của nước bổ sung sau khi đã axit hóa theo công thức:

$$K_{i_{tot}} = 16 - \frac{8P}{(P - P_1)(1,4 - 0,01t_1)(1,1 - 0,01C_{obs})}. \quad (13.30)$$

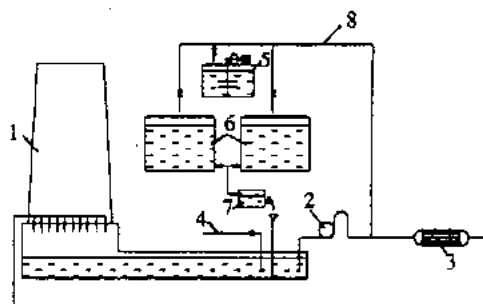


Để bảo đảm cho nước bổ sung có độ kiềm tính theo (13.30) cần cho vào nước bổ sung một lượng axit:

$$a = e(K_{ibx} - K_{i_{\text{m}}}) \frac{100}{C} \quad (13.31)$$

Định lượng photphat vào nước phải tiến hành sao cho khi xử lý chỉ bằng photphat hay bằng phương pháp tổ hợp axit và photphat, nồng độ photphat trong nước tuần hoàn từ 1 - 2 mg/l tính theo  $P_2O_5$ . Chú ý rằng lượng poli photphat trong nước tuần hoàn giảm do thủy phân và tạo ra hợp chất hòa tan của muối orto photphat. Liều lượng meta photphat hay tripoli photphat natri cho vào 1 lít nước bổ sung, khi tính toán sơ bộ có thể lấy 1,5 - 2,5 mg/l  $P_2O_5$  hay 3 - 5 mg/l tính theo sản phẩm kỹ thuật.

Trên hình (13.3) giới thiệu sơ đồ thiết bị hòa tan và định lượng dung dịch photphat. Thùng hòa tan và định lượng, ống, van phải làm bằng vật liệu không gỉ. Nồng độ dung dịch không lớn hơn 1,5% tính theo  $P_2O_5$  và không lớn hơn 3% tính theo sản phẩm kỹ thuật.



**Hình 13.3. Sơ đồ trạm pha và định lượng dung dịch photphat**

1- dàn làm nguội nước; 2- máy bơm tuần hoàn; 3- thiết bị trao đổi nhiệt; 4- cấp nước bổ sung; 5- bể hòa tan photphat; 6- Bể đựng dung dịch tiêu thụ; 7- thiết bị định lượng; 8- cấp nước vào thùng pha và tiêu thụ dung dịch.

# 14

## ĐIỀU CHỈNH CHẤT LƯỢNG NƯỚC

---

### 14.1. KHỬ SILIC

#### 14.1.1. Khái niệm chung

Axit silixic hòa tan trong nước có thể thay đổi từ dạng ion phân tán đến dạng keo phụ thuộc vào trị số pH và nhiệt độ của nước, đồng thời phụ thuộc vào tỉ số của các loại cặn khác có trong nước. Không cho phép dùng nước có chứa silic để cấp trực tiếp cho nồi hơi áp lực cao và một vài ngành sản xuất như: công nghiệp sản xuất xenlulozơ, sợi nhân tạo, luyện các kim loại hiếm và một vài công nghiệp hóa học khác.

Axit silixic là thành phần cơ bản của cặn silicat lắng đọng trên bề mặt nồi hơi và các thiết bị trao đổi nhiệt. Cặn bám silicat có độ truyền nhiệt rất thấp (0,07 - 0,2 kcal/mh) và vì thế làm giảm rất nhiều các chỉ tiêu công nghệ nhiệt của nồi hơi và các thiết bị truyền nhiệt.

Trong các nồi hơi áp lực cao (100 - 170 at) axit silic có khả năng chuyển thành hơi ở dạng phân tử riêng biệt hay nhóm phân tử và đi cùng với hơi vào turbin. Khi giảm áp lực và nhiệt độ, axit silixic có trong hơi lắng đọng thành pha cứng trên cánh quạt của turbin. Vì thế nước có chứa silixic làm giảm hiệu quả hoạt động của nồi hơi và turbin và làm giảm số lượng sản phẩm của hàng loạt ngành sản xuất, cho nên khi cấp nước cho các đối tượng kể trên cần phải khử silic.

Để khử silic trong thời gian hiện nay thường dùng các biện pháp sau:

- Dùng hóa chất.
- Lọc qua lớp hạt có khả năng hấp thụ silic.
- Lọc qua bể lọc anionit.

Việc chọn phương pháp khử silic phụ thuộc vào mức độ yêu cầu cần khử.

### 14.1.2. Khử silic bằng hóa chất

#### ■ Khử silic bằng vôi

Có thể khử một phần axit silic hòa tan trong nước bằng cách lắng hợp chất  $\text{CaSiO}_3$  khi làm mềm nước bằng vôi. Khả năng khử silixic tăng khi tăng lượng vôi dư và tăng nhiệt độ của nước.

Nước cần làm mềm và khử silic được đun nóng trong một dãy bể đến  $80 - 90^\circ\text{C}$  để cho  $\text{CO}_2$  tách ra khỏi nước. Sau đó bão hòa nước bằng vôi. Trong bể phản ứng xoáy diễn ra quá trình tách cặn hydroxit magie, cacbonat và silicat canxi. Sau đó khử lượng vôi dư trong nước bằng cacbonic hóa (dùng khối lò). Cặn cacbonat canxi sạch được thu lại, sấy khô dùng cho công nghiệp sứ và các công nghiệp khác. Xử lý nước theo quy trình công nghệ trên, giảm được hàm lượng silic trong nước xuống còn khoảng  $0,5-0,3\text{mg/l SiO}_3^{2-}$ .

#### ■ Khử silic bằng muối sắt

Khi cho vào nước các muối sắt, chúng tạo ra keo hydroxit sắt hóa trị ba  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  có điện tích dương lớn. Trong nước xảy ra quá trình tác dụng lẫn nhau giữa keo sắt tích điện dương và keo silic tích điện âm tạo thành hạt không mang điện dễ lắng. Lượng tiêu thụ muối sắt cần thiết là  $2\text{ mg Fe}^{3+}$  để khử  $1\text{ mg SiO}_3^{2-}$ . Axit silixic hòa tan bị hấp thụ bằng bông cặn hydroxit sắt. Để giảm hàm lượng silic trong nước từ  $12 - 14\text{ mg/l}$  xuống  $2\text{ mg/l}$  cần  $300 - 350\text{ mg}$  sunfat sắt. Giá trị pH tốt nhất từ  $8,5 - 9,5$  vì thế cùng với muối sắt phải pha thêm vôi vào nước để nâng pH đến trị số tối ưu.

#### ■ Khử silic bằng muối nhôm

Keo âm của axit silixic bị keo tụ bằng keo dương hydroxit nhôm thành cặn lắng trong bể lắng. Bông cặn hydroxit nhôm hấp thụ axit silixic hòa tan trong nước. Quá trình này diễn ra tốt nhất khi cho vào nước aluminat natri với liều lượng  $10 - 15\text{ mg NaAlO}_2$  cho  $1\text{ mg SiO}_3^{2-}$  có trong nước, bởi vì khi cho vào nước sunfat nhôm thường tạo ra kiềm sunfat nhôm không có khả năng hấp thụ axit silixic.

Bông cặn aluminat magie tạo ra khi cho vào nước muối magie đồng thời với phen nhôm có khả năng hấp thụ cao đối với ion  $\text{SiO}_3^{2-}$ .

Quá trình này diễn ra tốt nhất khi nước có trị số  $\text{pH} = 8,5$ .

■ **Khử silic bằng hydroxit magie**

Hydroxit magie có khả năng hấp thụ ion, phân tử và keo của axit silixic hòa tan trong nước. Tốc độ tạo cặn và độ bền của cặn tăng khi tăng nhiệt độ và pH của nước.

Khi cho vào nước 5 - 10 mg MgO ứng với 1 mg  $\text{SiO}_3^{2-}$  có trong nước, hay keo tụ một số lượng tương đương muối magie hòa tan trong nước bằng vôi hoặc xút có thể làm giảm nồng độ  $\text{SiO}_3^{2-}$  trong nước xuống đến 1 mg/l khi đun nóng nước đến nhiệt độ 40°C, và xuống 0,25 mg/l khi nhiệt độ của nước 100 - 125°C. Quá trình diễn ra ở trị số pH của nước là 10,2 - 10,3, vì với trị số pH thấp hơn các hợp chất magie bị hòa tan trong nước.

■ **Khử silic bằng dolomit nung ( $\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$ )**

Khi nung dolomit thiên nhiên có hàm lượng CaO = 27 - 36%; MgO = 13 - 23% ở nhiệt độ gần 750°C thu được vôi dolomit có chứa đến 40% MgO. Khi cho vôi này vào nước sẽ xảy ra quá trình làm mềm độ cứng cacbonat do vôi CaO tác dụng với hydrocacbonat của nước, đồng thời xảy ra quá trình khử silic do oxyt magie (MgO) của vôi dolomit hấp thụ ion  $\text{SiO}_3^{2-}$  hòa tan trong nước.

Lượng tiêu thụ vôi dolomit tính cho 1 mg  $\text{SiO}_3^{2-}$  là 10 - 15 mg MgO khi nhiệt độ nước 40°C, 4 - 6 mg (MgO) khi nhiệt độ nước 70 - 75°C và 2,5 - 3,6 mg khi nhiệt độ nước 98°C. Hàm lượng  $\text{SiO}_3^{2-}$  còn lại trong nước là 2 mg/l khi nhiệt độ 40°C và 0,2 mg/l khi nhiệt độ 98°C.

■ **Khử silic bằng magie oxyt kiềm**

Magie oxyt kiềm dùng để khử silic trong nước là bụi thu được từ khí thải của lò nung magezit ( $\text{MgCO}_3$ ). Trong nó có chứa 70 - 85% MgO, 4,5% CaO, gần 4%  $\text{SiO}_2$  và các oxyt nhôm và sắt. Bụi trước khi dùng phải sàng qua rây có mắt lưới 0,14 mm. Magie oxyt kiềm bị thủy phân trong nước tạo ra hydroxit magie hấp thụ silic hòa tan trong nước, quá trình này diễn ra khi pH > 10 bởi vì khi trong nước có  $\text{CO}_2$ , hydrocacbonat và cacbonat thì hydroxit magie bị hòa tan. Liều lượng magie oxyt kiềm dùng để khử silixic phụ thuộc vào hàm lượng của  $\text{SiO}_3^{2-}$  trong magie oxyt kiềm. Khi nhiệt độ nước 40°C cần 10 - 15 mg magie oxyt kiềm để khử 1 mg  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Hàm lượng  $\text{SiO}_3^{2-}$  còn lại trong nước từ 1 - 1,5 mg/l nếu thời gian tiếp xúc của nước với lớp cặn magie từ 80 - 90 phút. Để thu được hiệu quả khử silic cao, cần lắng nước trong bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng cao 4 - 5 m. Ở đây nhiệt độ giữ vai trò không quan trọng. Nâng cao nhiệt độ trên 50°C chỉ làm tăng rất ít hiệu quả khử silic.

### 14.1.3. Khử silic bằng phương pháp lọc

Nhược điểm của các phương pháp khử silic bằng hóa chất là phải dùng bể lắng trong có thể tích quá lớn. Để giảm khối tích xây dựng người ta áp dụng phương pháp khử silic bằng cách lọc qua lớp lọc gồm các hạt vật liệu có khả năng hấp thụ ion  $\text{SiO}_3^{2-}$  hòa tan trong nước. Khi lọc nước qua lớp hạt oxyt nhôm hoạt hóa và bôxít nghiền có thể giảm hàm lượng silic trong nước 90 - 95%. Độ chứa cặn silic của lớp vật liệu này đến 10 kg/t.

Hoàn nguyên oxyt nhôm hoạt tính bằng xút (80 mg NaOH cho 1 mg  $\text{SiO}_3^{2-}$  được khử). Chất hấp thụ magie có độ chứa silic lớn sản xuất bằng cách nhào trộn bụi magie oxyt kiềm có chứa 90% MgO với dung dịch clorit magie hay axit clohydric thành bột nhão. Tỷ số trọng lượng Mg: Cl trong bột phải đạt được xấp xỉ 1,5:1. Khi sấy ở nhiệt độ 80 - 100°C bột nhão này hóa rắn, sau đó đập vụn ra thành hạt có kích thước từ 0,5 - 1,5 mm cho vào bể lọc. Trước khi cho bể lọc làm việc phải rửa lớp vật liệu hấp thụ bằng dòng nước từ trên xuống dưới với tốc độ 5 - 7 m/h. Nước rửa khử  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  ra khỏi lớp hấp thụ, độ rỗng tăng lên, làm tăng độ chứa silic của lớp lọc. Hiệu quả khử silic tăng khi tăng chiều dày của lớp hấp thụ và tăng nhiệt độ của nước.

Theo tài liệu thí nghiệm của Viện Vogeo Liên bang Nga khi nhiệt độ nước bằng 45°C chiều dày lớp hấp thụ 2,5m bể lọc có thể làm giảm hàm lượng  $\text{SiO}_3^{2-}$  trong nước đã được làm mềm qua bể H - Na cation từ 12,5 xuống 0,05 mg/l khi tốc độ lọc 5m/h và xuống 0,1 - 0,12mg/l khi tốc độ lọc bằng 10 m/h. Độ chứa silic trong 1 tấn chất hấp thụ làm việc đến lúc cạn kiệt là 90 kg/tấn.

Không hoàn nguyên lớp hấp thụ, mà để nó làm việc đến mức kiệt khả năng hấp thụ  $\text{SiO}_3^{2-}$  thì tháo ra ngoài và thay lớp mới vào.

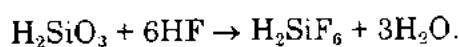
Nếu trong nước có  $\text{CO}_2$  và  $\text{HCO}_3^-$  chất hấp thụ magie dần dần bị hòa tan, làm tăng lượng muối cứng trong nước lọc.

### 14.1.4. Khử silic bằng anionit

Anionit mạnh và trung bình dạng OH có khả năng hấp thụ axit silixic hòa tan trong nước, khi trong nước không có muối của các axit mạnh và  $\text{CO}_2$ . Thường dùng loại anionit R-OH để khử silic kèm theo quá trình khử muối (xem chương XII). Anionit kiềm yếu không có khả năng hấp thụ  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Vì thế khi cần khử  $\text{SiO}_3^{2-}$  trong các quá trình khử muối buộc phải dùng các sơ đồ nhiều bậc. Anion của axit mạnh được khử trên các bể anionit kiềm yếu bậc

một, còn khử tiếp  $\text{SiO}_3^{2-}$  được thực hiện trong các bể anionit kiềm mạnh bậc II, hoàn nguyên bằng xút. Phương pháp này đắt vì giá thành cao của anionit kiềm mạnh và xút, đồng thời phải thay thế thường xuyên anionit kiềm mạnh vì khả năng chứa silic của chúng sau 2 - 3 năm quản lý giảm xuống chỉ còn 50% khả năng ban đầu. Vì thế thường áp dụng phương pháp florua để khử silic trong các anionit kiềm yếu và hoàn nguyên bằng soda.

Cho florua Natri vào nước cần khử muối trước bể lọc H - cationit hay lọc một phần nước đã qua H-cationit qua bể lọc chứa  $\text{AlF}_3$  hay  $\text{CaF}_2$ . Khi đó nước được làm giàu axit florit HF. Axit HF phản ứng với axit silixic tạo thành axit mạnh  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  theo phương trình:



Đến lượt axit mạnh  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  bị hấp thụ bằng anionit kiềm yếu. Dung dịch sau khi hoàn nguyên bể lọc anionit có chứa silic florua natri, flo trong dung dịch này có thể sử dụng lại bằng cách cho amoniac hay cacbonat amoni vào để tạo điều kiện cho  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  thủy phân. Florua amoni natri được cho vào nước trước bể lọc H - cationit.

## 14.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH HÀM LƯỢNG FLO TRONG NƯỚC

Nếu trong nước cấp cho sinh hoạt có hàm lượng flo lớn hơn 1,5 mg/l hoặc nhỏ hơn 0,7mg/l sẽ gây ra bệnh hoại men răng, và khi hàm lượng flo lớn hơn 3 - 5 mg/l ngoài bệnh hoại men răng có thể gây cho trẻ em bệnh thiếu máu, còi xương và có ảnh hưởng xấu đến sự hoạt động của tim mạch và hệ cơ năng. Ở những vùng dùng nước cấp thiếu lượng iod nhưng có lượng flo cao sẽ gây ra bệnh bướu cổ (vì flo đẩy iod ra khỏi tuyến giáp trạng).

Liều lượng flo tốt nhất trong nước ăn uống là từ 0,7 - 1,5 mg/l.

Trong trường hợp trong nước có hàm lượng ion flo lớn hơn 1,5 mg/l cần phải xử lý để khử lượng flo thừa trong nước. mặc dù đó là công việc rất phức tạp vì cho đến hiện nay chưa tìm ra được phương pháp khử flo đơn giản và rẻ tiền.

### 14.2.1. Khử flo dư trong nước

Khử flo trong nước thực hiện bằng phương pháp hóa chất và phương pháp lọc. Dựa trên các quá trình hấp thụ để kết hợp flo thành hợp chất khó hòa tan, lắng cùng với các chất hấp thụ dưới dạng cặn lắng, hoặc hấp thụ flo bằng vật liệu lọc trong các bể lọc khử flo.

### ■ Phương pháp khử flo bằng hóa chất

Biến ion flo thành oxyt florua khó hòa tan của magie, nhôm và flo apatit bằng cách cho cặn  $Mg(OH)_2$ ,  $Al(OH)_3$  và  $Ca_3PO_4$  hấp thụ flo. Để cho  $Mg(OH)_2$  hấp thụ ion flo và lắng thành cặn, ngoài các muối magie, clorua magie còn cho thêm vôi vào nước để nâng pH đến 10. Số lượng  $Mg(OH)_2$  tính bằng mg/l cần giữ lại trong bể lắng để giảm hàm lượng flo từ  $F_1$  đến  $F_2$  mg/l. Có thể xác định theo công thức sau:

$$(Mg(OH)_2) = \frac{F_1 - F_2}{0,03F_1} \quad (14.1)$$

Thường trong nước có hàm lượng flo cao thì hàm lượng muối magie hòa tan lại rất thấp, nên phải cho thêm muối magie vào nước thô.

Lượng muối magie (mg/l) cần cho vào nước khi khử flo thừa xác định theo công thức:

$$a_{Mg} = e [2(F - 1) \cdot C_{Mg}], \quad (14.2)$$

trong đó:  $F$  - hàm lượng flo trong nước thô (mg/l);

$C_{Mg}$  - nồng độ magie trong nước thô (mgdl/l);

2 - lượng tiêu thụ muối magie (mgdl/l để khử 1 mg/l flo);

$e$  - đương lượng của muối magie cho vào nước.

Số lượng vôi cần thiết để lắng hydroxit magie xác định theo công thức:

Khi  $[Ca^{2+}] > K_{to}$

$$a_{CaO} = 28 \left[ 2(Mg^{2+}) + \frac{(CO_2)}{22} + K_{to} + 1 \right] \quad (14.3)$$

Khi  $[Ca^{2+}] < K_{to}$

$$a_{CaO} = 28 \left[ \frac{(CO_2)}{22} + (Mg^{2+}) + (Ca^{2+}) + 1 \right] \quad (14.4)$$

trong đó:  $a_{CaO}$  - liều lượng vôi tính theo CaO (mg/l);

28 - đương lượng gam của vôi CaO;

$(CO_2)$  - hàm lượng  $CO_2$  trong nước (mg/l);

$K_{to}$  - độ kiềm toàn phần của nước, (mgdl/l);

$(Mg^{2+})$  - hàm lượng ion  $Mg^{2+}$  (mgdl/l) trong nước, sau khi cho muối Magie vào để hấp thụ flo;

$(Ca^{2+})$  - hàm lượng ion  $Ca^{2+}$  trong nước (mgdl/l);

1 - lượng vôi dư cần thiết (mgdl/l).

Khi thiết kế trạm khử flo bằng cách lắng  $Mg(OH)_2$  nên dùng bể lắng trong có đáy hình côn hay hình chóp, chiều cao của lớp cặn lơ lửng không bé hơn 2 m và tốc độ đi lên của dòng nước từ 0,2 - 0,25 mm/s. Sau bể lắng trong là bể lọc nhanh thường.

#### ■ Dùng hydroxit nhôm $Al(OH)_3$ để khử flo

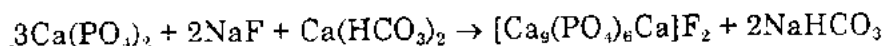
Khi cho phen  $Al_2(SO_4)_3$  vào nước, chúng bị thủy phân tạo thành  $Al(OH)_3$  có khả năng hấp thụ ion flo hòa tan trong nước. Kết quả nghiên cứu ở Viện Vogeo xác định được rằng: quá trình khử flo diễn ra tốt nhất ở khoảng pH từ 4,6 ÷ 5, nên cần phải axit hóa nước trước bể lắng và sau bể lắng trước bể lọc lại phải kiềm hóa. Lượng tiêu thụ  $Al_2(SO_4)_3$  khi pH = 4,6 ÷ 5 cần 25 ÷ 30 mg cho 1 mg flo cần khử.

Do cần một số lượng lớn  $Al_2(SO_4)_3$ , axit và kiềm (vôi) đồng thời phải định lượng thật chính xác các hóa chất này nên phương pháp khử flo bằng cách lắng cặn  $Al(OH)_3$  là phương pháp phức tạp và không kinh tế trong quản lý.

#### ■ Dùng canxi photphat để khử flo

Theo kết quả nghiên cứu của Viện Vogeo:

Khi cho axit orto photphat vào dung dịch nước vôi nồng độ 1% ta sẽ thu được tricanxi photphat dùng để khử flo hòa tan trong nước. Để khử 1 mg flo cần 23 - 30 mg  $Ca_3(PO_4)_2$  và quá trình kết hợp với flo diễn ra theo phương trình:



#### ■ Khử flo bằng phương pháp lọc

Dùng vật liệu hấp thụ dạng hạt như oxyt nhôm hoạt hóa, hydroxylapatit làm lớp vật liệu lọc khử flo, oxyt nhôm hoạt tính do công nghiệp sản xuất. trước khi chất vào bể lọc phải tiến hành hoạt hóa lần thứ hai bằng cách: nung chúng liên tục trong 3 giờ ở nhiệt độ 800°C, sau khi để nguội, ngâm ướt vào dung dịch  $Na_2CO_3$  nồng độ 15%, sau cùng lại sấy khô ở nhiệt độ 800°C trong vòng 30 phút.

Trước khi cho bể lọc làm việc phải xới lớp vật liệu lọc bằng dòng nước đi từ dưới lên trên, hoàn nguyên lại bằng dung dịch NaOH 2%, sau đó trung hòa lượng kiềm dư bằng dung dịch HCl nồng độ 0,5%. Có thể dùng bể lọc hở hay bể lọc áp lực, trong cả hai trường hợp hệ thống phân phối nước rửa và thu nước lọc nên dùng chụp lọc. Trên chụp lọc đổ lớp cát thạch anh cỡ hạt 2 - 4 mm chiều dày 100 - 150 mm để đủ phân phối nước đều hơn. Trên lớp



cát là lớp vật liệu hạt oxyt nhôm hoạt hóa đường kính hạt từ 1 - 3mm, trọng lượng  $5t/m^3$ . Chiều dày lớp oxyt nhôm trong bể lọc áp lực lấy bằng 2m khi hàm lượng flo trong nước nguồn đến 5 mg/l và lấy bằng 3 m khi hàm lượng flo trong nước nguồn 8 - 10 mg/l. Trong các bể lọc hở chiều cao lớp vật liệu lọc lấy bằng 2 - 2,5 m. Chiều cao lớp nước trên lớp vật liệu hạt phải tính toán để đảm bảo độ giãn nở 50% của lớp vật liệu lọc. Phải có biện pháp chống gỉ bề mặt trong của bể lọc, vì lớp vật liệu lọc được hoàn nguyên bằng phen nhôm. Tốc độ lọc không lớn hơn 6 m/h khi làm việc bình thường và không lớn hơn 8 m/h khi làm việc tăng cường. Tổn thất áp lực qua 1 m chiều cao lớp vật liệu lọc khi tính toán chọn từ 0,7 - 1 m. Chu trình lọc kéo dài đến lúc hàm lượng flo trong nước lọc nâng cao đến hàm lượng cho phép 1 mg/l hoặc 1,5 mg/l tùy các trường hợp cụ thể. Thời gian của một chu trình lọc có thể xác định theo công thức:

$$T = \frac{f.H.E}{q.(C_o - C_1)}, \quad (14.5)$$

trong đó: f - diện tích của một bể lọc ( $m^2$ );

H - chiều cao của lớp hấp thụ trong bể lọc (m);

E - dung tích hấp thụ flo khi làm việc của lớp vật liệu lọc lấy từ 900-1000  $g/m^3$ ;

q - lưu lượng nước vào bể lọc ( $m^3/h$ );

$C_o$  - hàm lượng flo trong nước nguồn ( $g/m^3$ );

$C_1$  - hàm lượng trung bình của flo trong nước lọc ( $g/m^3$ )  $C_1 \approx 0,4 g/m^3$ .

Cuối mỗi chu kỳ lọc phải hoàn nguyên lớp vật liệu hấp thụ bằng dung dịch sun phát nhôm. Trước khi hoàn nguyên xới lớp lọc bằng dòng nước đi từ dưới lên, cường độ xới 4 - 5l/s. $m^2$  thời gian xới 15 phút. Để xới có thể dùng nước rửa lọc sau mỗi lần hoàn nguyên. Hoàn nguyên bằng dung dịch  $Al_2(SO_4)_3$  nồng độ 1 - 1,5% tính toán theo sản phẩm  $Al_2(SO_4)_3$  không ngâm nước.

Số lượng phen cần thiết cho một lần hoàn nguyên xác định theo công thức:

$$G = \frac{q.T(C_o - C_1)a}{10b}, \quad (14.6)$$

trong đó: a - liều lượng  $Al_2(SO_4)_3$  cần thiết để khử ra khỏi lớp vật liệu lọc 1g flo khi hoàn nguyên,  $a = 40 + 50 g/g$ ;

b - hàm lượng  $Al_2(SO_4)_3$  trong sản phẩm kỹ thuật.

Dung dịch hoàn nguyên được đưa vào bể lọc từ dưới lên trên với tốc độ 2 - 2,5 m/h. Sau khi kết thúc mỗi lần hoàn nguyên phải rửa bể lọc để tách khỏi vật liệu lọc sản phẩm hoàn nguyên và dung dịch hoàn nguyên. Nước rửa đi từ dưới lên trên, cường độ rửa 4 - 5l/s.m<sup>2</sup>. Có thể thu một nửa lượng nước rửa ở giai đoạn cuối quá trình rửa để xối lớp vật liệu hấp thụ. Cần phải kiểm tra khi trong nước rửa không còn Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> thì mới ngừng quá trình rửa. Bởi vì hàm lượng flo trong nước lọc luôn thay đổi trong một chu kỳ lọc, hàm lượng bé ở đầu chu kỳ và lớn dần vào cuối chu kỳ, vì thế phải bổ xung nước nguồn vào ống tập trung dẫn nước lọc về bể chứa để cho nước trong bể chứa luôn luôn có lượng flo tối ưu (từ 0,7 - 1,5 mg/l). Số lượng nước nguồn cần bổ sung phải tính toán dựa vào kết quả phân tích hàm lượng flo có trong nước lọc của toàn trạm. Số lượng nước nguồn được bổ sung tính theo % tổng lượng nước qua các bể lọc xác định theo công thức:

$$n = \frac{C_y - C_t}{C_o - C_t} 100, \quad (14.7)$$

trong đó: C<sub>y</sub> - hàm lượng flo yêu cầu trong nước cấp (0,7 - 1,5 mg/l);

C<sub>t</sub> - hàm lượng flo thực tế trong nước lọc (mg/l);

C<sub>o</sub> - hàm lượng flo trong nước nguồn (mg/l).

Do các kết quả nghiên cứu các phương pháp khử flo khác nhau, Viện Vogeo đã đề nghị chọn sơ đồ khử flo như sau:

- Đối với nước mặt cần phải lắng trong: dùng phương pháp lắng hydrôxít magie và vôi trong các bể lắng để khử flo.
- Đối với các nguồn nước ngầm không cần lắng: dùng phương pháp lọc qua vật liệu hấp thụ oxyt nhôm hoạt tính để khử flo.

#### 14.2.2. Tăng hàm lượng flo trong nước

Thường hàm lượng flo yêu cầu trong nước ăn uống ở điều kiện khí hậu ôn hòa cần từ 0,9 - 1 mg/l, trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, nóng ẩm từ 0,7 - 0,8 mg/l. Nhiệm vụ xử lý nước là phải đảm bảo được hàm lượng flo trong nước phân tích tại các vòi chênh lệch với hàm lượng quy định không lớn hơn 0,1 mg/l. Để flo hóa nước có thể dùng các hóa chất sau:

Silic florua natri, silic florua amon, florua natri, axit silixic florua, florit canxi. Các hóa chất này có thể định lượng vào nước dưới dạng dung dịch hoặc bột. Liều lượng cần thiết của các hóa chất chứa flo có thể xác định theo công thức:

$$a_r = [na - (F^-)] \frac{100}{K} \frac{100}{C}, \text{ (mg)}, \quad (14.8)$$

trong đó:  $n$  - hệ số phụ thuộc vào vị trí cho hóa chất chứa flo vào nước.

Khi cho vào nước sạch  $n = 1$ , khi cho vào trước bể lọc hay bể lắng trong  $n = 1,1$ ;

$a$  - hàm lượng cần thiết của flo trong nước ăn uống (mg/l);

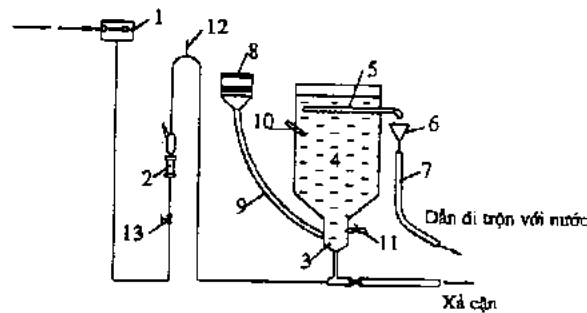
$F^-$  - hàm lượng flo có trong nước nguồn (mg/l);

$K$  - hàm lượng flo trong hóa chất có chứa flo tính theo sản phẩm sạch (%);

$C$  - hàm lượng của chất chứa flo trong sản phẩm kỹ thuật (%).

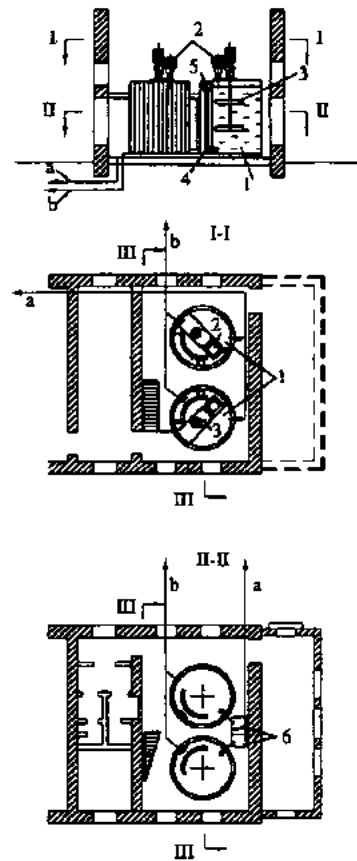
Trên hình (14.1) giới thiệu sơ đồ trạm flo hóa nước dùng bể phản ứng xoáy. Nước đi qua thùng có van cầu (1) giữ mực nước không đổi trong thùng, đi tiếp vào ống đo (2) rồi vào phần dưới của bể phản ứng xoáy (3). Ở đáy luôn luôn có lượng dư 10 kg silic florua natri. Nước đi từ dưới lên trên qua lớp hạt silic florua natri, hòa tan flo đến nồng độ gần bão hòa đi vào phần lắng (4) của bể phản ứng.

Tốc độ đi lên của dòng nước trong phần lắng 0,1 mm/s. Nước được thu bằng ống khoan lỗ (5) qua phễu (6) theo ống mềm (7) và đi vào bể trộn với nước nguồn. Qua từng quãng thời gian nhất định, bổ sung lượng silic florua natri vào bể qua phễu (8) và ống (9). Để đo nhiệt độ nước nguồn và dung dịch silic florua natri dùng nhiệt kế (10). Vòi lấy mẫu thử (1) dùng để kiểm tra lượng silic florua natri còn lại trong bể. Để tránh hiện tượng xìphông, đặt van xả khí (12), và van điều chỉnh lưu lượng (13).



Hình 14.1. Sơ đồ trạm Flo hóa nước dùng bể phản ứng xoáy

Nhược điểm của sơ đồ trên là phải dùng bể phản ứng có thể tích lớn vì tốc độ chuyển động của nước trong nó rất bé. Nồng độ bão hòa flo trong nước dao động theo nhiệt độ của nước. Tốt nhất là định lượng hóa chất chứa flo vào nước dưới dạng dung dịch. Thường dùng các bể hòa tan có máy khuấy cơ khí để hòa tan hóa chất chứa flo, sau đó pha loãng chúng thành dung dịch có nồng độ thích hợp cho việc định lượng trong các thùng tiêu thụ, hình (14.2) giới thiệu sơ đồ trạm pha dung dịch silic flourua natri định lượng vào nước.



**Hình 14.2. Sơ đồ trạm pha dung dịch silic florua natri**

- 1- thùng hòa tan;
- 2- thiết bị định lượng bột silic florua natri;
- 3- máy khuấy ( $n = 60$  vòng/phút);
- 4- ống đưa dung dịch đã lắng hai giờ vào thùng đo;
- 5- phao gắn vào đầu ống 4;
- 6- thùng đo lưu lượng dung dịch silic flourua natri

### 14.3. KHỬ CÁC KHOÁNG CHẤT ĐỘC HẠI CHO SỨC KHỎE CỦA NGƯỜI DÙNG NƯỚC, KHỬ MÙI VỊ VÀ CHẤT HỮU CƠ

#### 14.3.1. Khử các khoáng chất độc hại cho sức khỏe

Hàm lượng của các khoáng chất có khả năng gây độc hại cho sức khỏe được quy định trong tiêu chuẩn vệ sinh của nước ăn uống (TCXD-33-85). Nếu trong nguồn nước cấp hàm lượng các khoáng chất vượt quá tiêu chuẩn quy định thì phải tiến hành xử lý nước để khử chúng trước khi cấp cho người tiêu thụ.

##### 1. Chì (Pb)

Có thể khử ra khỏi nước bằng cách dùng vôi để kiềm hóa, chì sẽ lắng đọng dưới dạng hợp chất không hòa tan  $Pb(OH)_2$ . Vì tích số hòa tan của hydroxit chì  $S_{Pb(OH)_2} = 1,1 \cdot 10^{-20}$ . Hoặc có thể lọc nước qua bể lọc có lớp vật liệu từ tính.

##### 2. Asen (As) hay thạch tín

Nếu tồn tại trong nước dưới dạng hợp chất vô cơ, thì sẽ khử ra khỏi nước bằng cách dùng hydroxit sắt để hấp thụ chúng trong quá trình lắng, lọc. Khi xử lý

nước bằng phen, clorua sắt hay sunfat sắt kèm theo kiềm hóa và làm thoáng để tách  $\text{CO}_2$  thì thạch tín tồn tại ở dạng hợp chất hữu cơ sẽ bị ôxi hóa bằng clo biến thành hợp chất vô cơ, lắng cùng với phen sắt.

### 3. Kẽm (Zn)

Có thể khử ra khỏi nước bằng cách lắng các hợp chất khó hòa tan của kẽm như  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  khi kiềm hóa bằng vôi ( $S_{\text{Zn}(\text{OH})_2} = 7,1 \cdot 10^{-16}$ ) hoặc  $\text{ZnCO}_3$  khi kiềm hóa bằng soda ( $S_{\text{ZnCO}_3} = 1,45 \cdot 10^{-11}$ ).

### 4. Titan (Ti), vanadi (V), vonfram (W), molipden (Mo), berili (Be), coban (Co), niken (Ni), uran (U), thủy ngân (Hg)

Có thể lắng dưới dạng hợp chất không tan của hydroxit của chúng bằng cách kiềm hóa nước hay lọc nước qua bề từ tính.

### 5. Bari (Ba)

Lắng bằng photphat ( $S_{\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2} = 6 \cdot 10^{-34}$ ) hoặc bằng axit sunfuric hay sunfat natri ( $S_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ).

### 6. Bạc (Ag)

Lắng bằng soda hay muối ăn ( $\text{NaCl}$ ).

Phần lớn các kim loại (Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Sn) được tách dễ dàng ra khỏi dung dịch dưới dạng sunfit khi cho vào nước dihydro sunfua  $\text{H}_2\text{S}$  hay sunfua natri. Nhưng khi các kim loại này trong nước có hàm lượng nhỏ thì các keo sunfit của chúng rất khó lắng trong các bể lắng và khó giữ lại bằng bể lọc thường. Vì thế khi khử các kim loại nêu trên dưới dạng hợp chất sunfit của chúng phải tiến hành keo tụ thử để chọn lượng phen và thời gian lắng cho kết quả thích hợp.

### 7. Brom và iod

Brom và iod tồn tại trong nước thiên nhiên dưới dạng  $\text{BrO}_3^{2-}$ , có thể khử ra khỏi nước bằng cách lọc qua bề anionit dạng sunfat.

### 8. Nitrat, nitrit

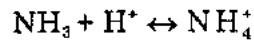
Khử ra khỏi nước bằng anionit dạng Clo.

### 9. Muối amoni và amoniac

Khử ra khỏi nước bằng cách lọc qua bề lọc cationit dạng natri, canxi hay hydro. Phương pháp này đắt bởi vì ion amoni có khả năng hấp thụ kém hơn

nhiều lần so với ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$ . Khi nước có hàm lượng cao ion  $\text{NH}_4^+$  tốt nhất là kiềm hóa nước, sau đó dùng phương pháp làm thoáng cưỡng bức để khử dưới dạng  $\text{NH}_3$ .

Ở môi trường nước, ion amoni  $\text{NH}_4^+$  tồn tại ở dạng cân bằng theo phản ứng:



Hằng số phân ly của  $\text{NH}_4^+$  ở nhiệt độ  $25^\circ\text{C}$ .

$$\frac{(\text{NH}_4^+)}{(\text{NH}_3)(\text{H}^+)} = 10^{9,25}$$

hay: 
$$\frac{(\text{NH}_3)}{(\text{NH}_4^+)} = \frac{10^{-9,25}}{(\text{H}^+)} = 10^{-9,25-\text{pH}}$$

Từ phương trình trên cho thấy: Khi  $\text{pH} \geq 9$ , amoniac tồn tại chủ yếu ở dạng  $\text{NH}_3$ . Do đó, muốn khử amoniac ra khỏi nước bằng làm thoáng, trước tiên phải kiềm hóa để đưa  $\text{pH}$  của nước lên lớn hơn hoặc bằng 9,25, sau đó cho qua tháp làm thoáng cưỡng bức.

### 10. Photphat (*orto, meta, poli v.v...*)

Có trong nước thiên nhiên chủ yếu là do sản phẩm phân bón hóa học, nước thải công nghiệp và các hợp chất tẩy rửa dùng trong sinh hoạt. Có thể hấp thụ photphat ra khỏi nước bằng cách lọc qua lớp hạt oxyt nhôm hoạt hóa, khả năng hấp thụ gần 20 kg  $\text{PO}_4^{3-}$  tấn vật liệu. oxyt nhôm hoạt hóa được hoàn nguyên bằng dung dịch xút và định kỳ rửa bể lọc (một lần rửa sau ba lần hoàn nguyên) bằng dung dịch axit nitơ 1% để chuyển oxyt nhôm thành anionit muối. Photphat với nồng độ 1-2 mg/l  $\text{P}_2\text{O}_5$  hoàn toàn bị khử ra khỏi nước khi làm mềm bằng vôi.

### 11. Radon (Rn)

Khử Radon bằng cách làm thoáng. Độ hòa tan của radon trong nước ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$  áp lực riêng gần 1 kg/cm<sup>2</sup> gần bằng 500mg/l và ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  gần 222 mg/l.

Lượng không khí tiêu thụ để khử radon xác định bằng công thức gần đúng:

$$\ln \frac{C_1}{C_2} = \frac{\rho}{H} \cdot Q, \quad (14.9)$$

trong đó:  $C_1$  và  $C_2$  - nồng độ radon trong nước nguồn và trong nước sau làm thoáng;

$\rho$  - mật độ không khí (mg/l.at);

H - hằng số henri (mg/l.at)  $H = 2200$  khi  $t = 20^\circ\text{C}$ ;

Q - lượng không khí cần thiết để khử radon ( $\text{m}^3/\text{m}^3$  nước).

Khi lượng không khí tiêu thụ  $8 \text{ m}^3/\text{m}^3$  nước có thể giảm hàm lượng radon trong nước từ 100 - 120 lần.

#### 14.3.2. Khử các chất gây ra mùi vị của nước bằng các chất oxy hóa

Dùng phương pháp clo hóa và ozon hóa có thể khử được mùi, vị của nước do quá trình hoạt động sinh sống của vi sinh vật và rong rêu gây ra.

Cần chú ý rằng nếu liều lượng chất oxy hóa (ozon, clo) không đủ thì không những không giảm được mùi vị tồn tại trong nước mà còn làm tăng thêm lên.

Chất oxy hóa làm chết vi sinh vật, giải phóng ra những chất gây mùi vị của nước, do đó cần phải tăng liều lượng clo đủ để oxy hóa tiếp các chất này. Dùng clo để khử mùi vị của nước không phải trong trường hợp nào cũng thu được kết quả tốt. Ví dụ: thế oxy hóa của clo không đủ để oxy hóa sản phẩm khó oxy hóa sẽ gây ra mùi bùn trong nước. Khi trong nước có phenol, clo tạo với phenol thành clophenol có mùi rất khó chịu. Vì thế khi dùng clo để khử mùi vị của nước, liều lượng clo cần phải xác định bằng thực nghiệm. Muốn vậy, lấy một loạt mẫu nước đựng trong các ống thủy tinh hình trụ, cho vào các mẫu nước clo với liều lượng tăng dần. Mẫu đầu cho vào 0,2 mg/l clo, các mẫu sau tăng dần với số lượng bổ sung 0,2 mg/l. Sau khi khuấy trộn nước thử với clo để mẫu lắng trong 30 phút, đem xác định cường độ mùi vị của nước làm liều lượng tính toán. Đôi khi trong mẫu nước thử xuất hiện mùi clo làm lẫn át mùi của nước thiên nhiên, để tránh hiện tượng này (clo đã thực sự khử được mùi của nước chưa hay chỉ có mùi clo lẫn át nó đi, còn thực chất thì mùi vẫn chưa khử được) sau khi clo hóa phải khử mùi clo trong các mẫu thí nghiệm bằng cách cho vào nước chất trung hòa  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  hay tiosunfat natri  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

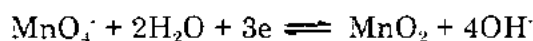
Để ngăn ngừa mùi clophenol (nếu trong nước có phenol) có thể:

- 1) cho quá liều lượng clo để oxy hóa thành axit không mùi,
- 2) dùng amoniac hóa trước.

Việc cho clo quá liều lượng cần phải tiến hành sao cho thời gian tiếp xúc của nước với clo đủ lớn (lớn hơn 2 - 3 giờ), cho clo vào ống hút trạm bơm I còn chất khử mùi clo cho vào ống hút trạm bơm II.

Trong những trường hợp clo hóa không đạt kết quả cao hoặc làm cho nước có mùi, thường áp dụng phương pháp tổ hợp: dùng clo và permanganat kali ( $\text{KMnO}_4$ ). Clo oxy hóa phần lớn các chất hữu cơ của nước, làm giảm liều lượng cần thiết  $\text{KMnO}_4$  xuống còn 0,3 - 0,5 mg/l. Lượng clo dùng để khử mùi vị của nước dao động trong thời hạn rộng từ 1 mg/l đối với nước sạch đến 20-30 mg/l đối với nguồn nước bị nhiễm bẩn mạnh. Trong trường hợp clo hóa không đạt kết quả cao hay không kinh tế vì lượng clo quá lớn và phải dùng amoniac để khử mùi clo với liều lượng lớn v.v... cần kiểm tra khả năng dùng các chất oxy hóa khác như (dioxyl clo, permanganat kali, ozon v.v...) hoặc dùng than hoạt tính để hấp thụ chất gây ra mùi, vị của nước.

Permanganat kali là một trong các chất oxy hóa để khử chất gây ra mùi và vị của nước hiệu quả nhất. Khi cho permanganat kali vào nước có chứa các chất hữu cơ, permanganat sẽ oxy hóa các chất hữu cơ có trong nước.



Thế oxy hóa tiêu chuẩn của  $\text{MnO}_4^-$  trong phản ứng này khi  $\text{pH} = 7$  là  $E_0 = +1,15$  vôn, oxyt mangan hóa trị II tạo ra sau phản ứng sẽ bị thủy phân thành keo  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ , có bề mặt rất phát triển (gần 300  $\text{m}^2/\text{g}$ ) nên có khả năng hấp thụ các chất hữu cơ hòa tan trong nước. Tốc độ oxy hóa các chất hữu cơ hòa tan trong nước bằng permanganat kali tăng khi tăng trị số pH (mặc dù khi tăng pH, thế oxy hóa giảm), vì pH tăng sẽ làm tăng rất nhanh khả năng oxy hóa của một số chất, ví dụ: khi nâng cao pH, phenol biến thành phenolit dễ bị oxy hóa hơn phenol.  $\text{KMnO}_4$  là chất diệt trùng rất tốt, vì thế khi dùng  $\text{KMnO}_4$  không cần dùng clo nữa. Sau khi cho dung dịch  $\text{KMnO}_4$  1-2% vào nước, nước có màu ánh hồng sau chuyển thành màu hung. Liều lượng  $\text{KMnO}_4$  coi là đủ khi mới cho vào nước có màu hồng và chuyển thành màu hung ở quãng giữa chiều dài bể lắng ngang. Trong nhiều trường hợp xử lý nước bằng phương pháp tổ hợp dùng clo với  $\text{KMnO}_4$  hay  $\text{KMnO}_4$  với than hoạt tính cho kết quả tốt và tiết kiệm được lượng hóa chất. Permanganat kali là sản phẩm công nghiệp hòa tan trong nước 30 g/l ở  $10^\circ\text{C}$  và 150 g/l ở  $50^\circ\text{C}$ . Permanganat kali được định lượng vào nước bằng các thiết bị định lượng thông thường.

#### **Khử các chất hữu cơ hòa tan trong nước bằng than hoạt tính**

Lọc nước qua lớp vật liệu lọc là các hạt than hoạt tính, hay cho vào nước bột than hoạt tính là biện pháp tổng hợp nhất để khử các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc thiên nhiên hoặc nhân tạo hòa tan trong nước. Bởi vì các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc tự nhiên có trong nước chỉ biểu hiện gián tiếp bằng độ màu, mùi, vị của nước. Độ màu của nước có thể khử bằng phen, clo hóa v.v...



Còn than hoạt tính là vật liệu đắt tiền chỉ dùng để khử các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc phi tự nhiên có trong nước: do nước thải công nghiệp, sản phẩm phân hủy của phân bón v.v... gây ra.

Bột than hoạt tính dùng để khử các chất hữu cơ gây ra mùi vị của nước có thể định lượng vào nước dưới dạng bột khô hay dạng dung dịch ngay trước bể lắng hay trước bể lọc.

Cho bột than hoạt tính vào trước bể lọc chỉ áp dụng trong trường hợp liều lượng than hoạt tính không lớn hơn 5-7 mg/l. Vì liều lượng lớn bể lọc chóng bị trít. Để giảm tổn thất áp lực trong trường hợp này nên dùng bể lọc hai lớp. Khi liều lượng than hoạt tính cần ít, tốt nhất là cho vào trước bể lọc vì nếu cho vào bể lắng bột than bị lắng nhanh không đủ thời gian tiếp xúc để hấp thụ chất hữu cơ.

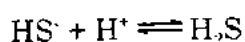
Bột than hoạt tính hòa tan thành dung dịch trong thùng kín có máy khuấy và chỉ giữ dung dịch của than không quá 4 giờ vì ngâm lâu than trong dung dịch nước sẽ làm giảm khả năng hoạt hóa của chúng. Để dẫn dung dịch, có thể dùng ống cao su. Bột than hoạt tính là chất dễ cháy vì thế phải đựng trong thùng kín và trong kho có thiết bị phòng hỏa đặc biệt. Do thời gian tiếp xúc của bột than hoạt tính với nước cần làm sạch không lớn, cho nên chất bị hấp thụ không kịp thấm vào lõi hạt than, vì thế càng nghiền nhỏ bột than hoạt tính thì khả năng hấp thụ của nó càng lớn. Khả năng hấp thụ của bột than hoạt tính được đánh giá gián tiếp bằng trị số phenol của than, tức là số mg bột than cần thiết để giảm nồng độ phenol trong một lít nước từ 0,1mg xuống 0,01 mg từ sau thời gian khuấy trộn 1 giờ. Bột than hoạt tính dùng trong các nhà máy nước phải có trị số phenol không lớn hơn 30.

Lọc nước qua lớp than hoạt tính thường dùng bể lọc áp lực, hạt than có kích thước 1÷1,5÷2 mm chiều dày lớp lọc 1,5 - 2,5 mm, tốc độ lọc 5 - 10 m/h. Tổn thất áp lực qua 1 m chiều dày lớp vật liệu từ 0,4m khi  $d = 2$  mm tốc độ lọc 5 m/h đến 7,2 m khi  $d = 1$  mm tốc độ lọc 10 m/h. Khi sử dụng kiệt khả năng hấp thụ của các hạt than hoạt tính, người ta hoàn nguyên bằng cách nung các hạt than đã được sấy khô đến nhiệt độ 700 - 800°C trong điều kiện thiếu oxi. Tổn thất than mỗi lần nung 2 - 3%, tổn thất hàng năm 7 - 8%. Để đảm bảo sử dụng hết khả năng hấp thụ chất hữu cơ của than hoạt tính, trước khi cho nước vào bể lọc than hoạt tính phải khử hết cặn lơ lửng có trong nước bằng phương pháp keo tụ, lắng và lọc cát. Nâng cao pH làm tăng khả năng hấp thụ chất hữu cơ của than hoạt tính, còn nâng cao nhiệt độ nước xử lý lại làm giảm hiệu quả làm sạch của than hoạt tính.

## 14.4. KHỬ HYDRO SUNFUA (H<sub>2</sub>S) HÒA TAN TRONG NƯỚC

### 14.4.1. Nguyên tắc khử khí H<sub>2</sub>S hoà tan trong nước

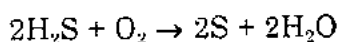
Khí hydro sunfua tồn tại trong nước thiên nhiên ở dạng cân bằng động:



$$\frac{(\text{HS}^-)(\text{H}^+)}{(\text{H}_2\text{S})} = 10^{-7.2}$$

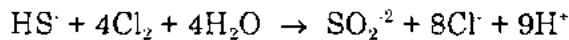
$$\frac{(\text{H}_2\text{S})}{(\text{HS}^-)} = 10^{7.2}(\text{H}^+) = 10^{7.2-\text{pH}}$$

Trong các nguồn nước thiên nhiên cùng với khí H<sub>2</sub>S hòa tan thường có cả ion hydro sunfua HS<sup>-</sup>. Nếu pH của nước lớn hơn 10, khí H<sub>2</sub>S chuyển hoàn toàn sang dạng HS<sup>-</sup> và S<sup>2-</sup> hòa tan. Khi pH của nước ≤ 5, ion HS<sup>-</sup> và S<sup>2-</sup> chuyển hoàn toàn sang dạng khí H<sub>2</sub>S hòa tan trong nước. Vì vậy muốn khử hydro sunfua bằng phương pháp làm thoáng trước hết phải axit hóa để giảm pH của nước xuống gần bằng 5. Trong các dàn làm thoáng chia nước thành các đợt nhỏ hoặc màng mỏng cho tiếp xúc với không khí, vì áp suất riêng phần của khí H<sub>2</sub>S trong không khí bằng không nên khí H<sub>2</sub>S tách ra khỏi nước bay vào không khí. Bằng phương pháp làm thoáng không khử được ion HS<sup>-</sup> hòa tan trong nước, song khi khí H<sub>2</sub>S tách ra khỏi nước, cân bằng giữa H<sub>2</sub>S và ion HS<sup>-</sup> trong nước bị phá hoại và ion HS<sup>-</sup> chuyển một phần thành phân tử H<sub>2</sub>S. Hàm lượng tương đối của H<sub>2</sub>S so với HS<sup>-</sup> trong nước càng lớn thì làm thoáng càng có hiệu quả. Tỷ số phần trăm giữa H<sub>2</sub>S và HS<sup>-</sup> phụ thuộc vào pH của nước. Khi pH ≤ 5 thực tế toàn bộ sunfua nằm ở dạng H<sub>2</sub>S. Vì thế khử hydro sunfua hòa tan trong nước có hiệu quả nhất khi giá trị pH của nước thấp hơn 5. Trị số pH của nước thiên nhiên phụ thuộc vào hàm lượng hòa tan của khí CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong nước. Trong quá trình làm thoáng, ngoài khí H<sub>2</sub>S, khí CO<sub>2</sub> cũng được tách ra khỏi nước, do đó pH của nước tăng lên làm cho H<sub>2</sub>S bị chuyển một phần thành ion HS<sup>-</sup> nên hiệu quả khử H<sub>2</sub>S bằng làm thoáng giảm xuống. Vì thế trị số pH của nước ở cuối quy trình làm thoáng cần phải giữ gần bằng 5. Khi làm thoáng nước cùng với việc tách khí H<sub>2</sub>S thường xảy ra cả quá trình oxy hóa một phần hydro sunfua thành lưu huỳnh.

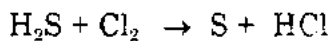


Quá trình oxy hóa hydro sunfua có thể tiếp diễn ở mức độ thấp đến khi tạo ra thio sunfat S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Quá trình oxy hóa tiếp theo sunfat đến sunfit hoặc sunfat bằng làm thoáng khi không có vi khuẩn lưu huỳnh thường không xảy ra. Có

thể làm thoáng nước thô để giảm trị số pH. khi hàm lượng hydro sunfua trong nước cần xử lý dưới 2 - 3 mg/l pH  $\leq$  6,5 + 7. Sau làm thoáng, hàm lượng  $H_2S$  có thể giảm xuống đến 0,3 - 0,5 mg/l. Có thể dùng phương pháp clo hóa nước sau quá trình làm thoáng để oxy hóa lượng  $H_2S$  còn lại trong nước đến sunfat.



Lượng clo tiêu thụ hết 8,4 mg để oxy hóa 1 mg hydro sunfua còn lại trong nước sau làm thoáng (ở dạng  $H_2S$  hay  $HS^-$ ). Quá trình oxy hóa một phần  $H_2S$  ra lưu huỳnh khi hàm lượng hydro sunfua trong nước nguồn 2 - 3 mg/l tạo thành cặn lơ lửng (keo lưu huỳnh) với hàm lượng không vượt quá 0,5 - 1 mg/l. Có thể oxy hóa hydro sunfua bằng clo đến lưu huỳnh.



Lượng tiêu thụ clo 2,1 mg cho 1 mg  $H_2S$ .

Để làm thoáng có thể sục không khí qua lớp nước, phun thành mưa trên các dàn làm thoáng tự nhiên hay cưỡng bức. Dàn làm thoáng có thổi gió là thiết bị gọn và có hiệu quả nhất để khử  $H_2S$  hòa tan trong nước. Cường độ tưới khi vật liệu tiếp xúc trong dàn là vòng sành, sứ  $25 \times 25 \times 3$  mm có thể lấy bằng  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ . Cần chú ý rằng trên bề mặt các vòng sành, sứ tích lũy dần cặn lưu huỳnh là do kết quả của việc phát triển vi khuẩn lưu huỳnh, chúng có khả năng oxy hóa  $H_2S$  thành lưu huỳnh. Ngoài ra do khử đi một phần  $CO_2$  hòa tan trong nước, trên bề mặt tiếp xúc sẽ lắng đọng  $CaCO_3$ . Do đó cần phải chọn vật liệu tiếp xúc có bề mặt trơn nhẵn để cạo rửa cặn lưu huỳnh và  $CaCO_3$  dính bám, có thể dùng vật liệu tiếp xúc là ống nhựa mặt nhẵn, rửa bằng dòng nước hoặc sục gió từ dưới lên như khi rửa bể lọc. Lượng không khí cấp vào dàn khử khi vật liệu tiếp xúc là vòng sành, sứ  $25 \times 25 \times 3$  mm lấy bằng  $15 \text{ m}^3/1 \text{ m}^3$  nước. Chiều cao lớp vòng sành, sứ trong dàn khi hàm lượng  $H_2S$  trong nước dưới 10 mg/l lấy bằng 1,5 - 2 m, khi hàm lượng  $H_2S$  từ 20 - 30 mg/l lấy bằng 2,5 m. Chiều cao của lớp tiếp xúc bằng ống nhựa xếp cũi lợn lấy từ 2 - 2,5 lần lớn hơn chiều cao lớp vòng sành sứ.

Trên các trạm nhỏ có thể dùng dàn làm thoáng tự nhiên cường độ tưới từ  $10 - 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , vật liệu tiếp xúc dùng cọc dạng cục hoặc xỉ đá cỡ hạt 30 - 50 mm. Chiều dày của mỗi lớp tiếp xúc từ 300 - 400 mm khoảng cách giữa các lớp 600 mm. Khi hàm lượng  $H_2S$  dưới 5 mg/l trong dàn đặt ba lớp tiếp xúc, khi hàm lượng  $H_2S$  đến 10 mg/l đặt năm lớp tiếp xúc. Khi hàm lượng  $H_2S$  đến 15 mg/l

phải làm thoáng trong các dàn có thổi gió cưỡng bức. Khi hàm lượng  $H_2S$  trong nước bé phương pháp làm thoáng và clo hóa trở nên không kinh tế bởi vì sau khi làm thoáng trong nước còn lại một vài miligam  $H_2S$  cần phải làm sạch tiếp bằng clo nên rất đắt. Ngoài ra trong nước tạo ra keo lưu huỳnh phải tiếp tục lọc trong. Để khử hoàn toàn  $H_2S$  bằng làm thoáng khi hàm lượng bé tốt hơn là nên giảm trị số pH xuống đến 5. Điều này có thể đạt được bằng cách thổi khói lò có chứa  $CO_2$  vào nước, hoặc là axit hóa nó bằng  $H_2SO_4$  hoặc  $HCl$ . Để khử  $H_2S$  bằng khói lò nên dùng dàn khử có hai tầng. Ở tầng trên khói lò thổi từ dưới lên trên, còn nước phun thành giọt chảy từ trên xuống dưới. Nồng độ  $CO_2$  trong khói lò từ 5 - 15% (trong không khí chỉ có 0,03 - 0,04%). Vì có áp suất riêng phần trong khói lò lớn nên  $CO_2$  hòa tan mạnh vào nước làm giảm trị số pH của nước xuống trong suốt thời gian đi qua ngăn trên của dàn, nhờ vậy tạo ra được điều kiện để chuyển ion  $HS^-$  thành  $H_2S$ . Khí  $H_2S$  tách ra khỏi nước ở ngăn trên cùng với khói lò bay ra ngoài, sau đó nước tràn xuống ngăn dưới có không khí thổi vào ngược chiều nước chảy để khử khí  $CO_2$  và khôi phục lại pH đến trị số ban đầu. Lượng  $H_2S$  còn lại trong nước sẽ được oxy hóa tiếp bằng clo (không lớn hơn 0,3 mg/l).

Để giảm trị số pH của nước có thể dùng  $H_2SO_4$  hay  $HCl$ . Liều lượng axit cần thiết để giảm trị số pH của nước đến 4,3 - 4,5 có thể xác định theo công thức:

$$a = e.Kt \cdot \frac{100}{C_a} \text{ (mg/l) ;}$$

$$a = e.Kt \text{ , (mg/l).} \tag{14.10}$$

trong đó: e - đương lượng của axit (mg/mgdl), đối với axit  $H_2SO_4$ , e = 49

mg/mgdl. đối với  $HCl$  e = 36,5 mg/mgdl;

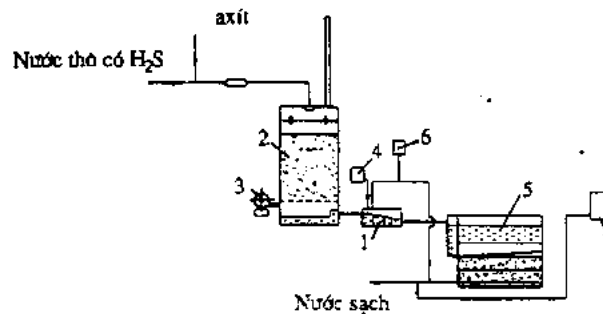
$K_1$  - độ kiềm của nước thô (mgdl/l);

$C_a$  - hàm lượng  $H_2SO_4$  hay  $HCl$  trong sản phẩm kỹ thuật (%).

Thực tế liều lượng axit cần phải xác định tại chỗ trong quá trình quản lý. Nước đã được axit hóa phải làm thoáng trên các dàn thổi gió cưỡng bức để khử  $H_2S$ . Khi đó phần lớn  $H_2S$  bị khử ra khỏi nước đi vào không khí nhưng có một phần nhỏ bị oxy hóa đến lưu huỳnh. Để làm sạch triệt để  $H_2S$  cần phải cho khí clo vào nước sau làm thoáng để oxy hóa nốt lượng  $H_2S$  còn lại. sau đó cho phen vào (liều lượng 20 - 30 mg/l  $Al_2(SO_4)_3$  hay  $FeCl_3$ ) để kết hợp với keo lưu huỳnh tạo thành bông cặn rồi lọc qua bể lọc. Liều lượng clo xác định bằng thực nghiệm sao cho nước đi ra khỏi bể lọc ở cuối quy trình làm sạch chứa lượng clo hoạt tính không lớn hơn 0,5 mg/l. Điều này là cần thiết để ngay trong bể lọc không tạo ra điều kiện khôi phục các hợp chất có chứa lưu huỳnh

tạo ra khí làm thoát đến  $H_2S$ . Do kết quả axit hóa nước để giảm pH xuống đến 5, nên hầu như toàn bộ độ kiềm của nước bị khử và nước mất tính chất đệm, khi clo hóa nước pH tiếp tục giảm và nước có tính chất gây gỉ. Để loại trừ hoạt tính gỉ của nước cần phải xử lý ổn định nước

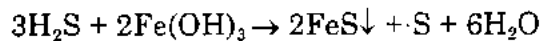
(xem chương xử lý ổn định nước). Sơ đồ của trạm khử khí  $H_2S$  bằng làm thoáng có axit hóa và lọc tiếp qua bể lọc giới thiệu trên hình (14.3).



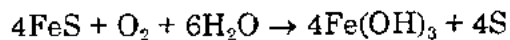
Hình 14.3. Sơ đồ của trạm khử khí  $H_2S$  bằng làm thoáng có axit hóa nước  
1- bể trộn; 2- dàn làm thoáng cưỡng bức;  
3- máy quạt gió, 4- thùng

#### 14.4.2. Khử khí $H_2S$ hòa tan trong nước bằng hydroxit sắt hóa trị III

Khi cho vào nước hydroxit sắt hóa trị III ở dạng huyền phù, nó sẽ kết hợp với  $H_2S$  và ion hydro sunfit  $HS^-$  hòa tan trong nước tạo thành sunfit sắt.

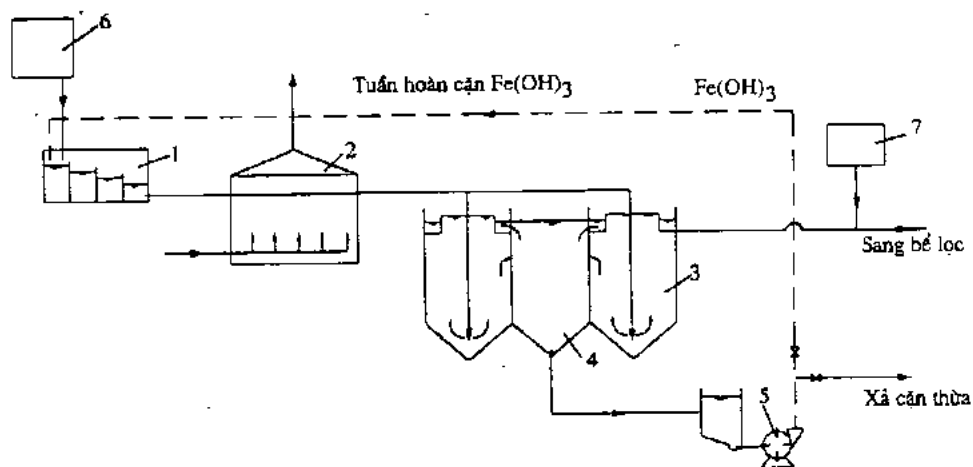


Cặn sunfit sắt tách ra khỏi nước bằng lắng, và có thể hoàn nguyên lại  $Fe(OH)_3$  bằng cách thổi không khí vào cặn:



Có thể dùng quá trình kín sử dụng lại nhiều lần hydroxit sắt hóa trị III bằng cách chuyển luân phiên từ  $FeS$  thành  $Fe(OH)_3$ . Việc sử dụng một lượng cố định  $Fe(OH)_3$  bị hạn chế bởi quá trình làm giàu dần dần cặn  $Fe(OH)_3$  bằng lưu huỳnh tạo ra trong mỗi chu trình chuyển chất. Vì thế cần phải bớt trong mỗi chu trình một lượng  $Fe(OH)_3$  đã bị nhiễm bẩn bởi lưu huỳnh và thay vào đó một lượng sạch  $Fe(OH)_3$ . Trong quá trình sục huyền phù  $FeS$  bằng không khí có thể tạo ra cả tiosunfat, khi pH của môi trường cao hơn 7 - 7,2 chủ yếu là tạo ra nguyên tố lưu huỳnh. Khi có các giá trị pH = 7 - 7,2 quá trình hoàn nguyên  $Fe(OH)_3$  từ  $FeS$  xảy ra trong khoảng thời gian vài phút, đó là tốc độ có thể chấp nhận được đối với các công trình làm việc trong thực tế xử lý nước.

Bằng thực nghiệm đã xác định được rằng không cần thiết phải tách cặn sunfit sắt ra khỏi nước bằng cách lắng rồi sau đó mới hoàn nguyên chúng bằng cách thổi không khí vào. Có thể sau khi cho vào nước  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  và thu được cặn sunfit sắt  $\text{FeS}$  thì sục không khí vào toàn bộ khối lượng nước trong các bể hồ (loại bể aeroten). Khi đó một phần cặn lưu huỳnh nổi trên mặt nước và được tháo ra khỏi bể (tuyển nổi). Ưu điểm của sơ đồ công nghệ này là nước sau khi làm thoáng thu được cặn hydroxit sắt hóa trị III lắng nhanh hơn sunfit sắt (xem hình 14.4).



Hình 14.4. Sơ đồ trạm khử  $\text{H}_2\text{S}$  bằng  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

1- bể trộn; 2- bể làm thoáng; 3- bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng; 4- ngăn tập trung cặn;  
5- bơm tuần hoàn và xả cặn; 6- thùng định lượng  $\text{FeCl}_3$  hay  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 7- clorator

Trên cơ sở thí nghiệm Viện Vogeo - Liên Bang Nga người ta đã kiến nghị các chỉ tiêu tính toán sau:

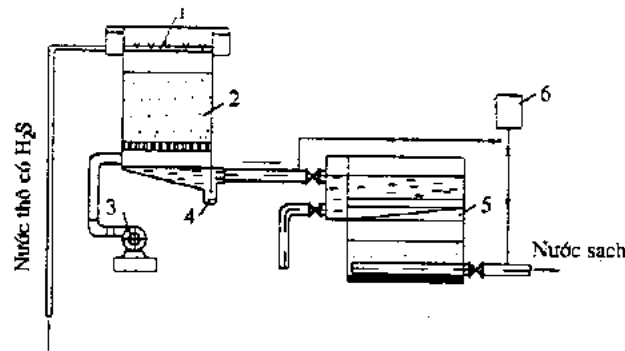
- Nồng độ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  trong nước phải lớn hơn so với lượng  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  cần thiết để kết hợp  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{HS}^-$  thành  $\text{FeS}$  gấp ba lần (3,3 mg Fe cho 1 mg  $\text{H}_2\text{S}$ ). Số lượng muối sắt cần phải bổ sung vào trong mỗi chu trình (tính theo Fe) từ 0,2 - 0,3 mg cho 1mg  $\text{H}_2\text{S}$  cần khử (6 - 9 mg  $\text{FeSO}_4$  hay  $\text{FeCl}_3$  tính theo sản phẩm không ngậm nước cho 1 mg  $\text{H}_2\text{S}$  cần khử).
- Thể tích của ngăn tạo bông dùng làm bể sục gió hoàn nguyên sunfit sắt phải đảm bảo thời gian lưu lại của nước trong bể từ 20 - 30 phút, cường độ sục gió 3 - 5 l/s.m<sup>2</sup> diện tích bể.
- Tốc độ đi lên của dòng nước trong vùng bảo vệ của bể lắng trong lấy bằng 0,8 - 0,9 mm/s. Lưu lượng nước thu cường bức sang ngăn nén cặn từ 20 - 25 %. Nếu xử lý nước dùng cho sinh hoạt thì trước bể lọc cần tiến

hành clo hóa với liều lượng đảm bảo giữ được lượng clo dư hoạt tính trong nước lọc 0,5 mg/l. Thực nghiệm cho thấy rằng phương pháp này khử được hoàn toàn  $H_2S$  hòa tan trong nước khi đi ra khỏi bể lắng trong vì vậy lượng clo tiêu tốn không lớn.

### 14.4.3. Khử $H_2S$ trong nước bằng phương pháp sinh hóa

Khử khí  $H_2S$  hòa tan trong nước bằng phương pháp sinh hóa dựa trên cơ sở oxy hóa  $H_2S$  do hoạt động sống của vi khuẩn lưu huỳnh của bùn hoạt tính và màng sinh vật. Phương pháp này khử  $H_2S$  bằng phối hợp tách một phần khí  $H_2S$  hòa tan trong nước bằng làm thoáng và oxy hóa bằng sinh hóa khi cho nước tiếp xúc với màng sinh vật có cấy vi khuẩn lưu huỳnh. Sơ đồ trạm làm sạch theo quy trình nêu trên hình (14.5)

Nước nhờ thiết bị tưới (1) phun đều vào bể làm thoáng và oxy hóa xi đá (2), màng sinh vật dần dần tạo ra và phát triển trên bề mặt xi. Quạt gió (3) cấp không khí vào phía dưới bể. Sau bể làm thoáng và oxy hóa nước đi qua khóa thủy lực (4) chảy vào bể lọc nhanh (5) để làm sạch lưu



Hình 14.5. Sơ đồ trạm khử  $H_2S$  phối hợp làm thoáng và oxy hóa bằng sinh hóa

huỳnh và các màng vi sinh vật bị kéo ra khỏi bể làm thoáng và oxy hóa. Để làm tốt quá trình làm trong nước, cho phen vào trước bể lọc. Để tránh hiện tượng tạo ra điều kiện yếm khí ở các lớp cát lọc nằm phía dưới bể lọc và để ngăn ngừa hiện tượng khôi phục các hợp chất lưu huỳnh có thể dùng hai phương pháp: cho clo từ clorato (6) vào nước trước bể lọc hoặc rửa lọc bằng không khí nén từ dưới lên trên. Trên cơ sở thực nghiệm bán sản xuất người ta đã rút ra các chỉ tiêu tính toán sau (số liệu của Viện Vogeo):

- 1) Cường độ tưới trong bể làm thoáng và oxy hóa khi hàm lượng  $H_2S$  đến 40 mg/l lấy bằng  $3 - 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , khi hàm lượng  $H_2S$  20 mg/l và gần  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  có thời không khí cưỡng bức.
- 2) Cường độ tưới khi làm thoáng tự nhiên lấy bằng  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  đối với nguồn nước có hàm lượng  $H_2S$  không lớn hơn 20 - 25 mg/l.

- 3) Lưu lượng không khí cấp vào bể khi hàm lượng  $H_2S$  từ 40 - 50 mg/l lấy từ 26 - 30  $m^3/m^3$  nước, tiếp tục tăng lượng không khí không làm tốt hơn việc khử  $H_2S$ .
- 4) Chiều dày của lớp xỉ 2,6 m hệ thống tưới nước phải đặt cao hơn bề mặt lớp xỉ tiếp xúc 0,3 - 0,5 m. Kích thước xỉ từ 50 - 70 mm.
- 5) Áp lực cần thiết của quạt gió từ 60 - 70 mm cột nước. Khi thiết kế bể làm thoáng và oxy hóa bằng sinh hóa phải có biện pháp ngăn ngừa hiện tượng làm trít lớp xỉ bởi cặn  $CaCO_3$  do đã khử đi một phần khí  $CO_2$  hòa tan trong nước khi làm thoáng.

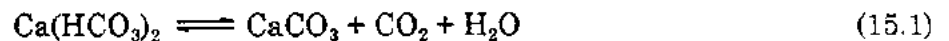


### 15.1. XỬ LÝ ỔN ĐỊNH NƯỚC

Mục đích của việc xử lý ổn định nước là để ngăn ngừa các quá trình xâm thực hoặc lắng đọng  $\text{CaCO}_3$  trong các công trình xử lý và vận chuyển nước.

#### 15.1.1. Các phương pháp đánh giá độ ổn định của nước

Độ ổn định của nước có thể được xác định bằng thực nghiệm hoặc bằng tính toán, dựa vào tương quan của các hợp chất nằm trong thể cân bằng động đặc trưng cho tính chất của nước qua phản ứng thuận nghịch:



- *Phương pháp thực nghiệm.* Để xác định độ ổn định của nước, ban đầu xác định độ  $\text{pH}_0$  và độ kiềm  $K_t$  của mẫu nước sau đó đem bão hòa mẫu nước bằng  $\text{CaCO}_3$  và khuấy đều trong 2 giờ, xác định lại độ pH và độ kiềm K. Bản chất của phương pháp là: Nếu trong nước có dư lượng  $\text{CO}_2$  tự do nó sẽ chuyển một phần  $\text{CaCO}_3$  thành  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  làm cho pH và độ kiềm của nước tăng lên. Ngược lại nếu trong nước quá bão hòa  $\text{CaCO}_3$  thì  $\text{CaCO}_3$  sẽ tách ra khỏi nước ở dạng kết tủa và bám vào bề mặt hạt  $\text{CaCO}_3$  mới đưa vào, làm cho độ kiềm và pH của nước giảm xuống. Chỉ tiêu ổn định của nước được đánh giá bằng biểu thức sau:

$$C_o = \frac{K_{t_0}}{K_t} = \frac{\text{pH}_0}{\text{pH}}, \quad (15.2)$$

trong đó:  $K_{t_0}$  và  $K_t$  - độ kiềm của nước trước và sau khi bão hòa bằng cacbonat canxi;

$\text{pH}_0$  và pH - độ pH của mẫu nước trước và sau khi bão hòa bằng cacbonat canxi.

Nếu giá trị  $C_o = 1$  nước ổn định, lớn hơn 1 thì nước có khả năng lắng đọng  $\text{CaCO}_3$ , nhỏ hơn 1 thì nước có tính xâm thực.

- *Phương pháp phân tích.* Xác định độ ổn định của nước bằng chỉ số bão hòa tính theo công thức:

$$I = \text{pH}_0 - \text{pH}_s \quad (1.44)$$

trong đó:  $\text{pH}_0$  là độ pH của nước cần xử lý,  $\text{pH}_s$  là độ pH cân bằng bão hòa của nước bằng cacbonat canxi và được tính theo công thức (1.42) hoặc (1.43) hay biểu đồ hình (1.3).

Nếu giá trị của chỉ số bão hòa  $I$  tính theo công thức (1.44) gần bằng không (từ 0 đến  $\pm 0,25$ ) thì được coi là ổn định, khi  $I$  có giá trị âm ( $I < -0,25$ ) nước có tính gỉ, khi  $I$  có giá trị dương ( $I \geq + 0,25$ ) nước có khả năng tạo ra lắng đọng cacbonat canxi lên thành ống và thiết bị khi tiếp xúc với nó.

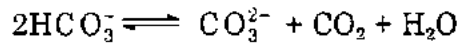
Nước có chỉ tiêu bão hòa dương có thể quy ước gọi là nước không gây tác dụng gỉ, bởi vì nó tạo ra một lớp lắng đọng cacbonat canxi rắn chắc ngăn cách kim loại trên thành ống, không tiếp xúc được với nước làm cho quá trình gỉ dần dần bị đình chỉ. Chỉ tiêu bão hòa dương và tên gọi nước không gỉ không có nghĩa là nước hoàn toàn không gây tác động làm gỉ kim loại. Trong thời kỳ đầu vận chuyển nước theo đường ống khi mà màng bảo vệ cacbonat canxi còn chưa được tạo ra thì nước tiếp xúc trực tiếp với kim loại của thành ống sẽ gây ra quá trình gỉ, cường độ gỉ phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng oxy hòa tan trong nước, nhiệt độ và thành phần muối của nước.

Khi chỉ tiêu bão hòa có giá trị âm, lớp bảo vệ cacbonat canxi không thể tạo ra được, và nước luôn luôn tiếp xúc trực tiếp với kim loại của thành ống gây ra các quá trình làm gỉ kim loại. Vì thế nước có chỉ tiêu bão hòa âm, quy ước gọi là nước gây gỉ. Do kết quả gỉ kim loại của thành ống, trên bề mặt của ống dần dần tạo ra một lớp lắng đọng gỉ sắt, nhưng chiều dày của lớp này thường không đều, xốp và không có khả năng cách ly hoàn toàn nước với kim loại của thành ống. Do có lớp lắng đọng gỉ sắt tạo ra trên bề mặt thành ống, cường độ gỉ có giảm đi ít nhiều nhưng không thể ngăn chặn được hoàn toàn quá trình gây tác động gỉ ống của nước. Như vậy thực chất của việc xử lý ổn định nước là: trong thời kỳ đầu quản lý các đường ống dẫn nước, người ta cho vào nước các hóa chất thích hợp để phủ lên thành ống một lớp màng bảo vệ cacbonat canxi, tức tạo ra chỉ số bão hòa dương của nước. Sau khi tạo ra màng bảo vệ, để giữ nguyên được nó phải xử lý để nước có chỉ tiêu bão hòa bằng không. Nếu việc xử lý nước để có được chỉ tiêu bão hòa dương liên

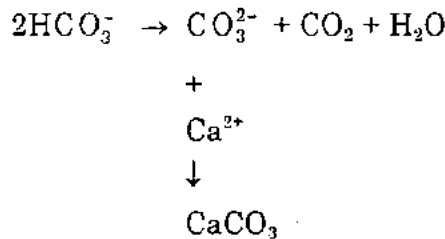
tục trong một thời gian quá dài thì lớp cacbonat canxi tạo ra trên bề mặt trong của ống sẽ quá dày, làm giảm khả năng vận chuyển của ống. Ngược lại sau khi hình thành màng bảo vệ cacbonat canxi, hoàn toàn ngừng việc xử lý để khử tính gỉ của nước, do có CO<sub>2</sub> xâm thực trong nước, nó sẽ hòa tan dần màng bảo vệ và quá trình gây gỉ kim loại thành ống lại bắt đầu. Như vậy việc xử lý ổn định nước là quá trình thay đổi một cách hợp lý tỷ số nồng độ ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> và CO<sub>2</sub> có trong nước.

### 15.1.2. Xử lý ổn định nước bằng axit để ngăn ngừa lắng đọng CaCO<sub>3</sub>

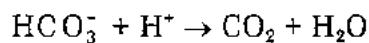
Khi nước ổn định sẽ tồn tại sự cân bằng động giữa các hợp chất cacbonic có trong nước theo phương trình:



Nếu nước có chỉ tiêu bão hòa cacbonat canxi I > 0, chứng tỏ rằng nồng độ CO<sub>2</sub> tự do bé hơn nồng độ cân bằng và để bù lại sự thiếu hụt của CO<sub>2</sub> phản ứng sẽ chuyển dịch về phía phải, khi đó nồng độ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước bị giảm, còn nồng độ CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> và CO<sub>2</sub> thì được tăng lên. Ion CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> được tạo ra sẽ phản ứng với ion Ca<sup>2+</sup> thường có trong nước thiên nhiên, tạo thành cacbonat canxi có khả năng lắng đọng trên thành ống dưới dạng tinh thể. Quá trình này có thể biểu diễn theo sơ đồ sau:



Muốn làm ngừng quá trình tạo cặn CaCO<sub>3</sub> ta phải pha axit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hoặc HCl) vào nước với số lượng đủ đảm bảo độ ổn định của nước. Khi axit hóa, hàm lượng HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước bị giảm còn hàm lượng CO<sub>2</sub> tự do tăng lên theo phương trình:



Để chọn đúng liều lượng axit bảo đảm xử lý ổn định nước một cách chính xác, ta quan sát sơ đồ nguyên tắc giải bài toán này trên hình (15.1).

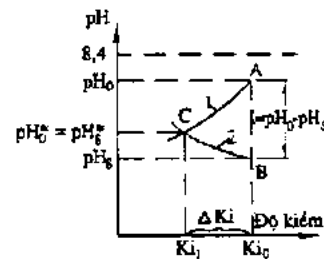
Như đã phân tích trong chương 1, đối với nước thiên nhiên có độ pH < 8,4 độ kiềm thực tế bằng nồng độ ion HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> hòa tan trong nước. Và quy luật thay đổi pH có thể biểu diễn bằng phương trình phân ly bậc một của axit cacbonic:

$$\frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = K_1$$

$$pH = pK_1 - \lg[H_2CO_3] + \lg[HCO_3^-] \quad (15.3)$$

Điểm A của biểu đồ đặc trưng cho tính chất của nước nguồn chưa xử lý, độ kiềm của nó bằng  $Ki_0$  và chỉ tiêu nồng độ ion hydro bằng  $pH_0$ .

Điểm B có tọa độ  $Ki_0$  và  $pH_s$ , còn hiệu số tung độ của điểm A và điểm B bằng chỉ số bão hòa I. Do kết quả axit hóa độ kiềm và pH của nước đồng thời giảm xuống. Quy luật giảm của chúng được đặc trưng bằng đường cong (1). Khi axit hóa nước độ kiềm của nó giảm nhưng lại xảy ra quá trình tăng  $pH_s$  cân bằng bão hòa của nước bằng cacbonat canxi.



Hình 15.1. Biểu đồ ổn định nước khi axit hóa

Sau khi axit hóa, nước trở nên ổn định khi các giá trị độ kiềm và pH của nước bằng các giá trị ghi trên tọa độ điểm cắt nhau C của đường cong (1) và đường cong (2), nghĩa là khi  $pH_0^* = pH_s^*$ . Giá trị độ kiềm của nước ổn định ghi trên hình (15.1) bằng  $Ki_1$ , còn giá trị  $pH_0$  và  $pH_s$  tương ứng bằng  $pH_0^*$  và  $pH_s^*$ . Biết quy luật thay đổi pH và  $pH_s$  khi giảm độ kiềm của nước do axit hóa, nghĩa là biết sự phụ thuộc hàm số  $f_1(Ki) = pH$  và  $pH_s = f_2(Ki)$  ta có thể giải phối hợp hai phương trình này để tìm  $\Delta Ki$  và xác định  $pH_s^*$ ,  $pH_0^*$

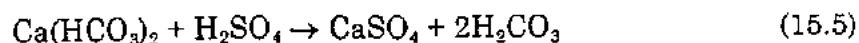
### 1. Xác định liều lượng axit để ổn định nước khi $pH_s < pH_0 < 8,4$

Bởi vì khi  $pH_0 < 8,4$  trị số độ kiềm được xác định bằng nồng độ ion  $HCO_3^-$  hòa tan trong nước nên phương trình (15.3) có thể viết dưới dạng sau:

$$pH = pK_1 + \lg[Ki] - \lg[H_2CO_3] \quad (15.4)$$

( $H_2CO_3$  tính bằng phân tử g/l).

Khi axit hóa nước ví dụ bằng axit sunfuric trong khoảng pH đang xét sẽ xảy ra phản ứng:



Quá trình axit hóa dẫn đến việc giảm nồng độ ion  $HCO_3^-$  và tăng nồng độ của axit cacbonic tự do  $H_2CO_3$  theo tỷ số phân tử 1: 1. Một ion gam  $HCO_3^-$  đúng bằng một đương lượng gam ( $HCO_3^-$ ). Còn 1 phân tử gam  $H_2CO_3$  chứa 2 đương

lượng gam của  $(H_2CO_3)_0$ . Và như vậy khi nâng cao hay giảm độ kiềm của nước lên một trị số  $\Delta K_i$  mdlg/l, nồng độ  $H_2CO_3$  ptg/l sẽ bị thay đổi đi một trị số  $2\Delta K_i$  với dấu ngược lại. Theo phương trình (15.4) ta viết lại theo nồng độ mdlg/l.

$$pH_0 = pK_1 + \lg K_{t0} - \lg(H_2CO_3)_0 - 0,3$$

$$pH_1 = pK_1 + \lg(K_{t0} + \Delta K_i) - \lg(H_2CO_3 - 2\Delta K_i) - 0,3$$

Hiệu số pH của nước xác định theo phương trình:

$$\Delta pH = pH - pH_0 = \lg \frac{K_{t0} + \Delta K_i}{K_{t0}} - \lg \frac{(H_2CO_3)_0 - 2\Delta K_i}{(H_2CO_3)_0} \quad (15.6)$$

trong đó:  $K_{t0}$  - độ kiềm của nước nguồn trước khi xử lý (dlg/l);

$(H_2CO_3)_0$  - hàm lượng cacbonic trong nước trước khi xử lý, phân tử (g/l);

$pH_0$  - giá trị pH của nước trước khi xử lý;

$pH$  - giá trị pH của nước sau khi xử lý.

Khi axit hóa nước chỉ có sự thay đổi của độ kiềm là có ảnh hưởng đến trị số của  $pH_s$  còn sự thay đổi tổng hàm lượng muối là không đáng kể, ta có:

$$\Delta pH_s = \lg \frac{K_{t0}}{K_{t0} + \Delta K_i} \quad (15.7)$$

Từ biểu đồ hình (15.1) ta có:

$$I = -\Delta pH + \Delta pH_s \quad (15.8)$$

Thay giá trị của  $\Delta pH$  và  $\Delta pH_s$  từ các phương trình (15.6), (15.7) vào phương trình (15.8) và giải phương trình đối với  $\Delta K_i$  ta có:

$$\Delta K_i = K_{t0} \left[ \frac{\sqrt{\varphi^2 B + 2\varphi B + I} - (\varphi B + I)}{\varphi B} \right] \quad (15.9)$$

trong đó:  $\Delta K_i$  - gia số của độ kiềm (mdlg/l);

$K_{t0}$  - độ kiềm của nước trước khi xử lý bằng axit (mdlg/l);

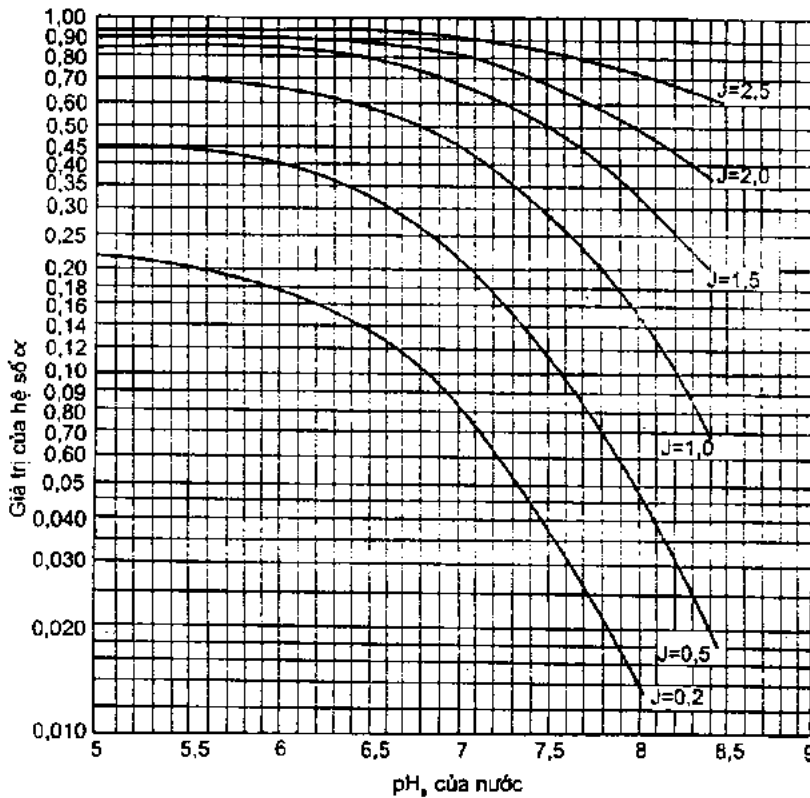
$\varphi$  - tỉ số  $\frac{H_2CO_3}{K_{t0}} = \frac{CO_2}{K_{t0}}$  trong nước trước khi xử lý;

$B$  - hệ số tính toán  $B=10^I$  (số lũy thừa I).

Ta có thể viết công thức (15.9) dưới dạng gọn hơn:

$$\Delta K_i = \alpha K_{t0} \quad (15.10)$$

$\alpha$  - hệ số phụ thuộc vào pH của nước nguồn và chỉ số bão hòa I, giá trị của hệ số  $\alpha$  được xác định theo biểu đồ hình (15.2).



Hình 15.2. Biểu đồ để xác định hệ số  $\alpha$  khi xử lý ổn định nước bằng axit trong trường hợp  $\text{pH}_s < \text{pH}_0 < 8,4$

Liều lượng axit sunfuric hay clohydric kỹ thuật cần thiết để xử lý ổn định nước xác định theo công thức:

$$a = \Delta K_{\alpha} \cdot e \frac{100}{P} = \frac{100 \alpha K_{\alpha} e}{P} \text{ (mg/l)}, \quad (15.11)$$

trong đó: e- đương lượng của axit:

đối với  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ta có  $e = 49 \text{ mg/mdlg}$ ,

đối với  $\text{HCl}$  ta có  $e = 36,5 \text{ mg/mdlg}$ ;

P- hàm lượng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hay  $\text{HCl}$  tinh khiết chứa trong sản phẩm kỹ thuật (%).

## 2. Xác định liều lượng axit để ổn định nước khi $\text{pH}_0 > 8,4 > \text{pH}_s$

Đối với nước sau khi làm mềm bằng vôi hay vôi và soda thường có  $\text{pH}_0 > 8,4 > \text{pH}_s$ . Trong trường hợp này độ kiềm toàn phần của nước được xác định bằng tổng các ion  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  hay  $\text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^-$ . Bằng phân tích xác định được độ

kiểm theo phenoltalein  $F$  và độ kiềm toàn phần  $K_{tp}$ . Như đã phân tích trong chương I khi cho vào nước một lượng axit tương đương với độ kiềm theo phenoltalein xảy ra việc trung hòa các ion  $OH^-$  và chuyển ion  $CO_3^{2-}$  thành ion  $HCO_3^-$ .

Còn trị số  $pH_0$  sẽ giảm xuống bằng 8.4. Và độ kiềm toàn phần lúc đó còn lại bằng:

$$K_{i_1} = K_{t_0} - F \quad (15.12)$$

trong đó:  $K_{i_1}$  - độ kiềm của nước sau khi axit hóa với liều lượng axit bằng độ kiềm của nước tính theo phenoltalein (mdlg/l);  
 $K_{t_0}$  - độ kiềm toàn phần của nước xử lý (mdlg/l);  
 $F$  - độ kiềm của nước nguồn tính theo phenoltalein (mdlg/l).

Sau khi axit hóa nước bằng liều lượng axit tương đương với độ kiềm phenoltalein có thể dùng biểu đồ hình (15.2) để xác định số lượng axit bổ sung cần thiết để làm cho nước ổn định ( $pH_0^* = pH_s^*$ ).

Thứ tự tính toán liều lượng axit để ổn định nước có  $pH_0 > 8,4 > pH_s$  như sau:

- 1) Xác định  $pH_s$  theo biểu đồ hình (1.3) đối với nước nguồn đã được axit hóa với liều lượng axit bằng  $F$  mdlg/l, tức là nước có độ kiềm  $K_{i_1} = K_{t_0} - F$ . Các chỉ tiêu còn lại như nhiệt độ, hàm lượng ion canxi, tổng hàm lượng muối không thay đổi.
- 2) Tính giá trị của chỉ số bão hòa  $I_1$  đối với nước sau khi axit hóa nó với liều lượng axit bằng  $F$  mdlg/l, tức đối với nước có trị số  $pH_0$  giảm xuống bằng 8,4.

$$I_1 = 8,4 - pH_s$$

- 3) Xác định theo biểu đồ hình (15.2) hệ số  $\alpha$  khi  $pH_0 = 8.4$  và trị số của chỉ số bão hòa bằng  $I_1$ .
- 4) Xác định liều lượng toàn phần của axit để ổn định nước theo công thức:

$$a = e (K_{i_1} + F) \frac{100}{P} = e [\alpha(K_{t_0} + F) + F] \frac{100}{P}$$

$$a = e [\alpha K_{t_0} + (1 - \alpha) F] \frac{100}{P}, \text{ (mg/l)} \quad (15.12)$$

### 3. Xác định liều lượng axit để ổn định nước khi $pH_0 > pH_s > 8,4$

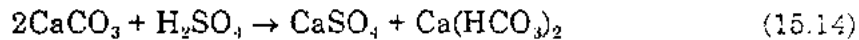
Nước sau khi làm mềm thường gặp  $pH_0 > pH_s > 8,4$ .

Quy luật thay đổi pH khi giá trị của nó lớn hơn 8,4 được xác định bằng phương trình phân ly bậc hai của axit cacbonic.

$$\frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = K_2;$$

$$pH = pK_2 + \lg \frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} \quad (15.13)$$

Khi axit hóa nước bằng  $H_2SO_4$  hoặc  $HCl$  với giá trị pH > 8,4 xảy ra phản ứng



trong đó: nồng độ  $HCO_3^-$  tăng còn nồng độ  $CO_3^{2-}$  giảm theo tỷ số ion gam bằng 1: 1, khi tăng hay giảm một lượng ( $HCO_3^-$ ) mdlg/l thì nồng độ ion gam  $CO_3^{2-}$  sẽ đồng thời bị thay đổi theo chiều ngược lại  $2(HCO_3^-)$  mdlg/l (vì 1 ion gam  $[HCO_3^-]$  bằng một đương lượng gam  $[HCO_3^-]$  còn 1 ion gam  $[CO_3^{2-}]$  chứa 2 đương lượng gam của nó). Và gia số  $\Delta pH$  được xác định theo phương trình:

$$\Delta pH = \lg \frac{[HCO_3^-]_0}{[HCO_3^-]_0 + \Delta[HCO_3^-]_0} + \lg \frac{[CO_3^{2-}]_0 - 2\Delta[CO_3^{2-}]_0}{[CO_3^{2-}]_0} \quad (15.15)$$

Vì độ kiềm tổng  $K_w = [HCO_3^-]_0 + [CO_3^{2-}]_0$  nên sự thay đổi độ kiềm khi axit hóa theo phương trình (15.14) bằng:

$$\Delta K_1 = -\Delta[HCO_3^-]_0 \quad (15.16)$$

Phương trình (15.15) khi thay  $\Delta[HCO_3^-]_0$  bằng  $\Delta K_1$  sẽ có dạng:

$$\Delta pH = \lg \frac{[HCO_3^-]_0}{[HCO_3^-]_0 + \Delta K_1} + \lg \frac{[CO_3^{2-}]_0 - 2\Delta K_1}{[CO_3^{2-}]_0} \quad (15.17)$$

trong đó:  $[HCO_3^-]_0$  và  $[CO_3^{2-}]_0$  là giá trị hàm lượng ban đầu của chúng trong nước nguồn;

$\Delta K_1$ : Sự thay đổi độ kiềm mdlg/l do kết quả axit hóa.

Phối hợp giải phương trình (15.17) và phương trình (15.16) đối với  $\Delta K_1$  dẫn đến công thức:

$$\Delta K_1 = K_{w0} \left[ \frac{\sqrt{(\tau B + 2\sigma B + I)^2 - 8\tau\sigma B(B - I)}}{4\sigma B} - \frac{(\tau B + 2\sigma B + I)}{4\sigma B} \right] \quad (15.18)$$

$$\tau = \frac{[HCO_3^-]}{K_{w0}}$$



Phụ thuộc vào pH của nước nguồn có thể tính theo công thức (1.52).

$$B = 10^1; B = 10^{(8,4 - \text{pH}_s)}$$

$$\sigma = \frac{[\text{HCO}_3^-]_0}{[\text{CO}_3^{2-}]_0}$$

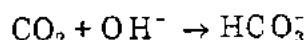
Phụ thuộc vào pH và có thể tính theo công thức (1.50)

Để đơn giản tính toán, liều lượng axit cần thiết để ổn định nước có thể lấy gần đúng bằng độ kiềm của nước tính theo phenolalêin. Lấy như vậy liều lượng axit sẽ hơi cao hơn liều lượng tính toán theo công thức (15.18) một chút bởi vì khi axit hóa với liều lượng bằng độ kiềm F: pH của nước sẽ giảm xuống đến 8,4 trong khi đó chỉ cần giảm pH xuống gần  $\text{pH}_s$  là đủ ( $\text{pH}_s > 8,4$ ). Cho nên trong quản lý cần xác định lại bằng thực nghiệm lượng axit cần thiết để ổn định nước. Để tính toán sơ bộ có thể xác định liều lượng axit theo công thức sau:

$$a = \frac{100e.F}{P} \text{ (mg/l)} \quad (15.19)$$

### 15.1.3. Xử lý nước bằng kiềm để ngăn ngừa quá trình xâm thực

Trong trường hợp nước có chứa  $\text{CO}_2$  xâm thực cần cho vào nước chất kiềm với liều lượng cần thiết để kết hợp một phần  $\text{CO}_2$  thành ion  $\text{HCO}_3^-$  theo phản ứng:



Phương pháp tìm liều lượng cần thiết của kiềm, về nguyên tắc giống phương pháp đã trình bày ở trên nhưng cần chú ý khi kiềm hóa nước có thể gặp hai trường hợp:

- a) Khi nước nguồn có  $\text{pH}_0 < \text{pH}_s < 8,4$
- b) Khi nước nguồn có chỉ tiêu  $\text{pH}_0 < 8,4 < \text{pH}_s$ .

#### 1. Xác định liều lượng kiềm để ổn định nước khi $\text{pH}_0 < \text{pH}_s < 8,4$

Trong trường hợp này quy luật thay đổi pH của nước trong quá trình kiềm hóa tuân theo phương trình phân li bậc I của axit cacbonic vì  $\text{pH} < 8,4$ . Sơ đồ diễn biến của quá trình kiềm hóa giới thiệu trên hình (15.3).

Trong quá trình kiềm hóa  $\text{pH}_0$  của nước được nâng lên đồng thời với độ kiềm  $K_w$  còn  $\text{pH}_s$  thì giảm (ngược với trường hợp axit hóa).

Đường cong 1 đặc trưng cho quy luật thay đổi  $pH_0$  của nước tính theo phương trình (15.6) với dấu ngược lại, còn đường cong 2 tính theo phương trình (15.7) theo dấu ngược lại đặc trưng cho quy luật giảm  $pH_s$  khi kiềm hóa.

Nước ổn định khi  $pH_0 = pH_s$  tương ứng với giá trị tung độ  $pH_0^* = pH_s^*$  (xem hình 15.3).

Hình 15.3. Biểu đồ ổn định nước khi kiềm

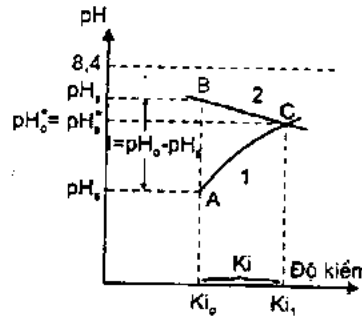
hóa trong trường hợp  $pH_0 < pH_s < 8,4$

Điểm A: Tương ứng với độ kiềm và pH của nước nguồn ( $K_{10}$  và  $pH_0$ );

Điểm B: Tương ứng với độ kiềm  $K_{10}$  và  $pH_s$  của nước nguồn ( $K_{10}$  và  $pH_s$ );

Điểm C: Đặc trưng cho trạng thái ổn định của nước ( $K_1$  và  $pH_0^* = pH_s^*$ );

$\Delta K_1$ : Độ kiềm cần tăng để ổn định nước.



Phối hợp giải phương trình của đường cong (1) và đường cong (2) cho phép tìm công thức để xác định lượng kiềm cần  $\Delta K_1$  để ổn định nước. Khi tìm liều lượng axit đã rút ra phương trình (15.9) và (15.10), cũng làm theo trình tự này để rút ra phương trình xác định số gia cần thiết của độ kiềm khi kiềm hóa:

$$\Delta K_1 = \beta K_{10}, \quad (15.20)$$

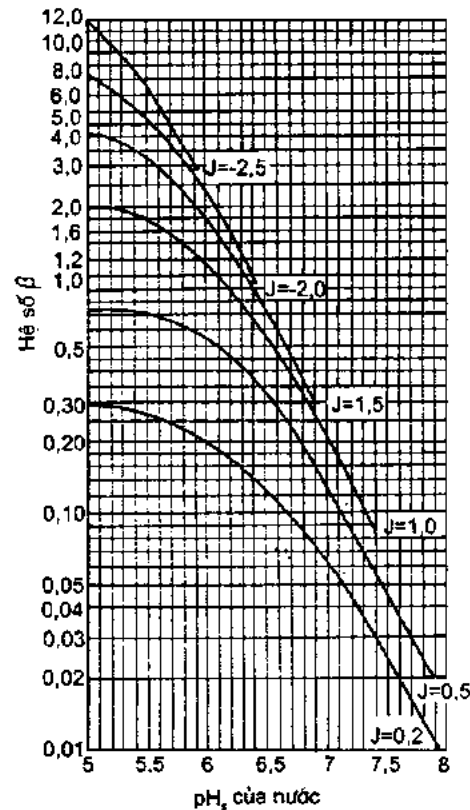
trong đó:  $\beta$  - hệ số phụ thuộc vào  $pH_0$  và chỉ số bão hòa I của nước nguồn xác định theo biểu đồ hình 15.4;

$K_{10}$  - độ kiềm toàn phần của nước nguồn (trước khi kiềm hóa) (mdlg/l).

Liều lượng kiềm xác định theo công thức:

$$a = e \Delta K_1 \frac{100}{P} = e \beta K_{10} \frac{100}{P}, \quad (\text{mg/l}), \quad (15.21)$$

trong đó:  $e$  - đương lượng của kiềm đối với NaOH,  $e=40$  mg/mdlg.



Hình 15.4. Biểu đồ xác định hệ số  $\beta$  khi xử lý ổn định nước bằng kiềm hóa trong trường hợp  $pH_0 < pH_s < 8,4$

đối với  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $e = 53 \text{ mg/mdlg}$ ,

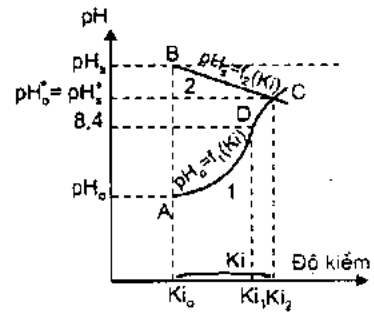
đối với  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $e = 28 \text{ mg/mdlg}$ ;

p - hàm lượng chất kiềm hoạt tính trong sản phẩm kỹ thuật %.

**2. Xác định liều lượng kiềm để ổn định nước khi  $\text{pH}_0 < 8,4 < \text{pH}_s$**

Nước có ít khoáng chất thường có tính gđ cao và có chỉ tiêu  $\text{pH}_0 < 8,4 < \text{pH}_s$ . Sơ đồ thay đổi pH khi kiềm hóa để ổn định nước trong trường hợp này giới thiệu trên hình (15.5).

Trên đoạn AD của đường cong (1) quy luật thay đổi  $\text{pH}_0$  khi kiềm hóa tuân theo phương trình phân li bậc II. Đường cong (2) biểu diễn quy luật thay đổi  $\text{PH}_s$  khi kiềm hóa. Nước ổn định tại điểm giao nhau C của hai đường cong (1) và (2). Phối hợp giải phương trình của đường cong (1) và đường cong (2) rút ra công thức:

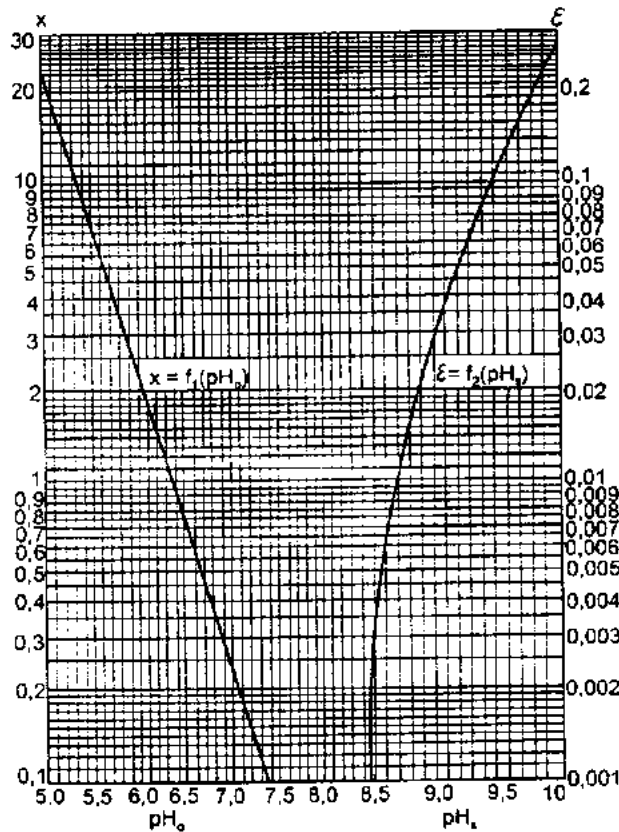


**Hình 15.5. Biểu đồ ổn định nước khi kiềm hóa trong trường hợp  $\text{pH}_0 < 8,4 < \text{pH}_s$ .**

Điểm A: Tương ứng với độ kiềm và pH của nước nguồn (tọa độ  $K_{i0}$  và  $\text{pH}_0$ ).

Điểm B: Có tọa độ  $K_{i0}$  và  $\text{pH}_s$ .

Điểm C: Có tọa độ  $K_{i2}$  và  $\text{pH}_0' = \text{pH}_s'$ .



**Hình 15.6. Biểu đồ để xác định hệ số  $x$  và  $\xi$  khi xử lý ổn định nước bằng kiềm hóa trong trường hợp  $\text{pH}_0 < 8,4 < \text{pH}_s$**

$$\Delta K_t = (\chi + \xi + \chi \xi) K_{t_0} \quad (15.22)$$

trong đó:  $\Delta K_t$  - độ kiềm cần tăng để ổn định nước (mđlg/l);

$\chi$  và  $\xi$  - hệ số phụ thuộc vào  $pH_0$  và  $pH_s$  của nước nguồn, xác định theo biểu đồ hình (15.6);

$K_{t_0}$  - độ kiềm toàn phần của nước nguồn (trước khi kiềm hóa) (mđlg/l).

Liều lượng kiềm xác định theo công thức:

$$a = e (\chi + \xi + \chi \xi) K_{t_0} \frac{100}{P}, \quad (\text{mg/l}). \quad (15.23)$$

#### 15.1.4. Xử lý nước để tạo màng bảo vệ cacbonat canxi

Bằng thực nghiệm đã xác định được rằng, để phủ lên thành ống (1) màng bảo vệ cacbonat canxi với độ bền cần thiết thì phải giữ chỉ tiêu bão hòa I trong giới hạn từ +0,5 đến +0,7. Nếu giữ chỉ tiêu bão hòa I cao hơn +0,7 có thể gây ra hiện tượng tách cặn  $\text{CaCO}_3$  làm vẩn đục nước.

Cần phải quan sát hai trường hợp khi xác định liều lượng kiềm để tạo ra chỉ tiêu bão hòa dương  $I = +0,7$ . Khi pH của nước nguồn nhỏ hơn 7,7 và khi pH của nước nguồn lớn hơn 7,7.

*Trong trường hợp thứ nhất:* khi kiềm hóa nước để thu được  $I = +0,7$ ; trị số pH của nước tăng lên nhưng vẫn bé hơn 8,4. Và do đó quy luật thay đổi trị số pH tuân theo phương trình phân li bậc I của axit cacbonic.

*Trong trường hợp thứ hai:* pH của nước sau khi kiềm hóa sẽ tăng lên đến trị số lớn hơn 8,4. Trong thời gian đầu pH của nước nguồn tăng đến trị số 8,4, sự thay đổi trị số của nó tuân theo phương trình phân li bậc I của axit cacbonic, còn khi  $pH > 8,4$  sự thay đổi tuân theo phương trình phân li bậc II của axit cacbonic. Apenxin U.E đã rút ra công thức gần đúng để xác định liều lượng hóa chất khi kiềm hóa nước để chỉ tiêu bão hòa  $I = +0,7$ .

a. Khi  $pH_s < 7,7$

$$a = \left[ \frac{K_{t_0} C_0 (5 \cdot 10^{-I} - 1)}{220 K_{t_0} 10^{-I} + C_0} \right] \frac{100e}{P}, \quad (\text{mg/l}), \quad (15.24)$$

trong đó:  $K_{t_0}$  - độ kiềm của nước nguồn trước khi kiềm hóa (mđlg/l);

I - chỉ tiêu bão hòa của nước bằng cacbonat canxi ( $I = pH_0 - pH_s$ );

$C_0$  - hàm lượng  $\text{CO}_2$  tự do có trong nước trước khi kiềm hóa (mg/l).

Độ kiềm của nước sau khi kiềm hóa với liều lượng  $a$  (mg/l) tính theo (15.24) sẽ tăng lên một trị số:

$$\Delta K_i = \left[ \frac{K_{t_0} C_0 (5 \cdot 10^{-j} - 1)}{220K_{t_0} 10^{-j} + C_0} \right], \text{ (mdlg/l)}. \quad (15.25)$$

b. Khi  $pH_s > 7,7$

$$a = \left[ \frac{K_{t_0} C_0 (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_0} + \frac{10^{pH_s-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_s-7,7}} \right] \frac{100e}{P}, \text{ (mg/l)}. \quad (15.26)$$

$$\times \left( K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_0 (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_0} \right)$$

trong đó:  $pH_0$  - trị số pH của nước nguồn trước khi xử lý;

$pH_s$  - trị số pH cân bằng bão hòa của nước nguồn bằng carbonat canxi

Độ kiềm của nước sau khi kiềm hóa sẽ tăng lên một trị số:

$$\Delta K_i = \frac{K_{t_0} C_0 (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_0} + \frac{10^{pH_s-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_s-7,7}} \times \left( K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_0 (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_0} \right), \text{ (mdlg/l)}. \quad (15.27)$$

Khi thiết kế các nhà máy mới trong tính toán xác định lượng hóa chất cần thiết cho việc xử lý ổn định nước phải chú ý rằng khi pha phèn vào nước để keo tụ cần bản độ kiềm và hàm lượng  $CO_2$  tự do trong bảng phân tích nước nguồn đã bị thay đổi. Sự thay đổi này kéo theo sự thay đổi  $pH_0$  và chỉ tiêu bão hòa I của nước.

Độ kiềm của nước sau khi pha phèn xác định theo công thức:

$$K_{t_{sa}} = K_{t_0} - \frac{a_p}{e}, \text{ (mdlg/l)}, \quad (15.28)$$

trong đó:  $K_{t_0}$  - độ kiềm của nước nguồn trước khi pha phèn (mdlg/l);

$a_p$  - liều lượng phèn tính theo lượng hoạt tính của sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

$e$  - đương lượng của phèn

đối với  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $e = 57$  mg/mdlg,

đối với  $FeSO_4$ ,  $e = 51$ ,

đối với  $FeCl_3$ ,  $e = 54$ .

Trị số độ kiềm tính theo công thức (15.28) được dùng để xác định trị số  $pH_s$  theo biểu đồ hình (1.3) hay công thức (1.42).

Độ kiềm của nước sau khi kiềm hóa với liều lượng  $a$  (mg/l) tính theo (15.24) sẽ tăng lên một trị số:

$$\Delta K_i = \left[ \frac{K_{t_0} C_o (5 \cdot 10^{-j} - 1)}{220 K_{t_0} 10^{-j} + C_o} \right], \text{ (mdlg/l)}. \quad (15.25)$$

*b. Khi  $pH_S > 7,7$*

$$a = \left[ \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44 K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} + \frac{10^{pH_s-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_s-7,7}} \right] \frac{100e}{P}, \text{ (mg/l)}. \quad (15.26)$$

$$\times \left( K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44 K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} \right)$$

trong đó:  $pH_0$  - trị số pH của nước nguồn trước khi xử lý;

$pH_S$  - trị số pH cân bằng bão hòa của nước nguồn bằng cacbonat canxi

Độ kiềm của nước sau khi kiềm hóa sẽ tăng lên một trị số:

$$\Delta K_i = \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44 K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} + \frac{10^{pH_s-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_s-7,7}} \times \left( K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44 K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} \right), \text{ (mdlg/l)}. \quad (15.27)$$

Khi thiết kế các nhà máy mới trong tính toán xác định lượng hóa chất cần thiết cho việc xử lý ổn định nước phải chú ý rằng khi pha phèn vào nước để keo tụ cần bản độ kiềm và hàm lượng  $CO_2$  tự do trong bảng phân tích nước nguồn đã bị thay đổi. Sự thay đổi này kéo theo sự thay đổi  $pH_0$  và chỉ tiêu bão hòa I của nước.

Độ kiềm của nước sau khi pha phèn xác định theo công thức:

$$K_{t_{oi}} = K_{t_0} - \frac{a_p}{e}, \text{ (mdlg/l)}, \quad (15.28)$$

trong đó:  $K_{t_{oi}}$  - độ kiềm của nước nguồn trước khi pha phèn (mdlg/l);

$a_p$  - liều lượng phèn tính theo lượng hoạt tính của sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

$e$  - đương lượng của phèn

đối với  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $e = 57$  mg/mdlg,

đối với  $FeSO_4$ ,  $e = 51$ ,

đối với  $FeCl_3$ ,  $e = 54$ .

Trị số độ kiềm tính theo công thức (15.28) được dùng để xác định trị số  $pH_S$  theo biểu đồ hình (1.3) hay công thức (1.42).

Nồng độ  $\text{CO}_2$  tự do trong nước sau khi pha phen xác định theo công thức:

$$[\text{CO}_2]_{o1} = [\text{CO}_2]_o + 44 \frac{a_p}{e}, \quad (\text{mg/l}), \quad (15.29)$$

trong đó:  $[\text{CO}_2]_o$  - nồng độ  $\text{CO}_2$  tự do có trong nước nguồn trước khi pha phen (mg/l).

Theo các trị số độ kiềm  $K_{t01}$  và  $(\text{CO}_2)_{o1}$  vừa tính được sau khi pha phen, dùng biểu đồ hình (1.2) và (1.3) để xác định  $\text{pH}_o$  và  $\text{pH}_s$  của nước nguồn sau khi pha phen rồi dùng công thức (1.44) để tính chỉ số bão hòa I.

#### Vi dụ tính toán:

Xác định hiệu lượng kiềm để cấy lên bề mặt trong của thành ống dẫn một lớp màng bảo vệ  $\text{CaCO}_3$ , nước nguồn có chất lượng sau: Nhiệt độ nước  $12^\circ\text{C}$ , hàm lượng  $\text{Ca}^{2+}$ : 40 mg/l, độ kiềm toàn phần của nước nguồn  $K_{t0} = 4$  mdlg/l. Tổng hàm lượng muối 200 mg/l, hàm lượng  $\text{CO}_2$  tự do trong nước 6 mg/l.

Để lắng nước trước khi xử lý ổn định, pha phen với liều lượng 57 mg/l, tính theo phen hoạt tính không ngậm nước  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Kiểm hóa bằng vôi có hàm lượng hoạt tính 75%.

#### Giải:

Xác định độ kiềm của nước nguồn sau khi pha phen theo (15.28)

$$K_{t01} = K_{t0} - \frac{a_p}{e} = 4 - \frac{57}{57} = 3 \quad \text{mdlg/l.}$$

Hàm lượng  $\text{CO}_2$  tự do trong nước nguồn sau khi pha phen tính theo (15.29)

$$[\text{CO}_2]_{o1} = [\text{CO}_2]_o + 44 \frac{a_p}{e} = 6 + \frac{57}{57} \times 44 = 50 \text{ mg/l.}$$

Theo biểu đồ hình (1.2) tra được  $\text{pH}_o = 6,8$  (Khi  $K_{t0} = 3$  và  $[\text{CO}_2]_o = 50$  mg/l). Tìm  $\text{pH}_s$  theo biểu đồ hình (1.3) ta có:

$$f_1(t) = 2,35; \quad f_2(\text{Ca}^{2+}) = 1,6; \quad f_3(K_{t0}) = 1,5; \quad f_4(P) = 8,77.$$

$$\text{pH}_s = f_1(t) \cdot f_2(\text{Ca}^{2+}) \cdot f_3(K_{t0}) + f_4(P) = 2,35 \cdot 1,6 \cdot 1,5 + 8,77 = 8,02.$$

Chỉ số bão hòa của nước:

$$I = \text{pH}_o - \text{pH}_s = 6,8 - 8,02 = -1,22, \text{ nước có tính xâm thực.}$$

Trong trường hợp này  $\text{pH}_o < 8,4$ ,  $\text{pH}_s > 7,7$  nên để tính liều lượng vôi cần thiết cho việc cấy lên thành ống màng bảo vệ  $\text{CaCO}_3$  ta dùng công thức (15.26)

$$a = \left[ \frac{K_{t0} C_o (10^{8,4 - \text{pH}_o} - 1)}{44 K_{t0} 10^{8,4 - \text{pH}_o} + C_o} + \frac{10^{\text{pH}_s - 7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{\text{pH}_s - 7,7}} \times \left( K_{t0} + \frac{K_{t0} C_o (10^{8,4 - \text{pH}_o} - 1)}{44 K_{t0} 10^{8,4 - \text{pH}_o} + C_o} \right) \right] \frac{100e}{P} \text{ mg/l}$$

$$a = \left[ \frac{3 \times 50 \times (10^{1,6} - 1)}{44 \times 3 \times 10^{1,6} + 50} + \frac{10^{0,32} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{0,32}} \times \left( 3 + \frac{3 \times 50 \times (10^{1,6} - 1)}{44 \times 3 \times 10^{1,6} + 50} \right) \right] 28 \times \frac{100}{75}$$

$$a = 44 \text{ mg/l.}$$

Sau một thời gian cho liều lượng với  $a = 44 \text{ mg/l}$  để tạo thành màng bảo vệ  $\text{CaCO}_3$  trên mặt trong của thành ống, phải giảm liều lượng vôi để có chỉ tiêu bão hòa  $I \approx 0$ .

Trong trường hợp này:  $\text{pH}_0 = 6,8 < \text{pH}_1 = 8,02 < 8,4$ .

Để tìm liều lượng vôi dùng công thức (15.21)

$$a = e\beta K_{\text{to}} \frac{100}{P} \text{ (mg/l)}$$

Tra biểu đồ hình (15.4) tìm được  $\beta = 0,33$  (khi  $I = 1,22$ ,  $\text{pH}_0 = 6,8$ )

$$a = 28 \times 0,33 \times 3 \times \frac{100}{75} = 36,5 \text{ mg/l}$$

Khi xử lý nước sông có độ đục cao, độ màu thấp để ổn định nước có thể cho sữa vôi vào bể trộn trước bể lắng ngang hoặc bể lắng trong. Khi xử lý ổn định nước sông có độ màu cao, độ màu của nước cần phải xử lý bằng phèn, nếu đưa vôi vào nước cùng với phèn có thể làm xấu quá trình khử màu và keo tụ (vì quá trình khử màu diễn ra tốt nhất ở khoảng  $\text{pH} = 5,5 - 6$ ).

Trong nhiều trường hợp, để ổn định nước đưa dung dịch sữa vôi vào trước bể lọc hoặc trước bể chứa. Cần phải chú ý rằng khi cho vôi sữa vào trước bể lọc, lượng cặn bản được giữ lại trong bể lọc sẽ tăng lên do cặn không hòa tan có trong sữa vôi.

Khi cần phải nâng trị số pH của nước lên đến  $8 - 8,2$  có thể dùng bất kỳ chất nào trong ba chất kiềm  $\text{CaO}$ , xút  $\text{NaHO}$ , soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  bởi vì trong giới hạn  $\text{pH} < 8,4$  sự nâng cao pH đạt được là do kết hợp  $\text{CO}_2$  tự do có trong nước bằng vôi, xút hay soda.

Đối với nước có độ kiềm thấp liều lượng vôi hay xút bị giới hạn bởi hàm lượng  $\text{CO}_2$  hay  $\text{HCO}_3^-$  có trong nước, bởi vì khi cho thừa xút hoặc vôi so với hàm lượng của  $\text{CO}_2$  và  $\text{HCO}_3^-$  độ kiềm  $\text{OH}^-$  của nước sẽ tăng lên, không giúp cho việc tạo ra trên thành ống lớp màng bảo vệ cacbonat canxi. Liều lượng vôi hoặc xút khi xử lý ổn định nước bị giới hạn bởi trị số xác định theo công thức:

$$a_{\text{ep}} = k \left[ \frac{[\text{CO}_2]_0}{44} + K_{\text{to}} \right], \text{ (mdl/g/l)}, \quad (15.30)$$

trong đó:  $[\text{CO}_2]_0$  - hàm lượng  $\text{CO}_2$  tự do trong nước nguồn (mg/l);

$K_{\text{to}}$  - độ kiềm của nước nguồn (mdl/g/l);

$k$  - hệ số tính đến độ dự trữ của độ kiềm hydrocacbonat bằng  $0,7 - 0,8$ .

Nếu hàm lượng vôi hay xút cho phép tính theo công thức (15.30) nhỏ hơn liều lượng kiềm yêu cầu để xử lý ổn định nước tính theo các công thức từ (15.20) đến (15.27) thì phải xử lý ổn định bằng hai hóa chất vôi và soda hoặc xút và soda.

Liều lượng soda  $a_1$  trong trường hợp này tính theo công thức:

$$a_1 = a_0 - a_{\text{ep}}, \text{ mdl/g/l}, \quad (15.31)$$

$a_0$  - liều lượng kiềm cần thiết để xử lý ổn định nước (mdl/g/l).

Trong quá trình xử lý ổn định nước cần phải thường xuyên kiểm tra quá trình hình thành màng bảo vệ cacbonat canxi trên thành ống. Dùng các điểm quan sát bố trí trên mạng lưới ống, tại đó có thể nhìn hoặc đo màng bảo vệ đã hình thành trên thành ống. Có thể kiểm tra gián tiếp bằng sự thay đổi tổn thất áp lực trong đoạn ống kiểm



tra. Thực nghiệm chỉ ra rằng lúc đầu khi mới tạo ra màng bảo vệ cacbonat canxi, tổn thất áp lực của đường ống giảm xuống do giảm độ nhám tuyệt đối của thành ống, còn khi tiếp tục cho tăng chiều dày lớp màng bảo vệ  $\text{CaCO}_3$  trên thành ống lên thì tổn thất áp lực của đường ống tăng lên. Nếu thực hiện đúng đắn việc xử lý ổn định nước thì chế độ thủy lực tối ưu của đường ống luôn được bảo đảm.

Việc phủ lên thành ống màng bảo vệ  $\text{CaCO}_3$  có thể xảy ra không đều theo chiều dài của đường ống: ở đoạn ở gần với chỗ xử lý nước và các chỗ nhánh rẽ của mạng đường ống, màng cacbonat canxi thường được tạo ra dày hơn so với các đoạn ống khác. San bằng chiều dày của màng cacbonat canxi có thể thực hiện được bằng cách áp dụng chế độ kiểm hóa luân phiên, tức là sau một thời gian kiểm hóa nước với chỉ tiêu bão hòa dương ( $I = +0,7$ ) thì ngừng việc kiểm hóa lại. Vì nước có tính xâm thực nên nó lại hòa tan màng cacbonat canxi do quá trình kiểm hóa vừa tạo ra. Trong đó quá trình hòa tan diễn ra nhanh nhất ở đầu mạng lưới đường ống và ở các đoạn gần nơi xử lý, còn ở các đoạn nằm cuối mạng lưới màng cacbonat không bị hòa tan hay bị hòa tan không đáng kể. Lần lượt luân phiên các chu kỳ kiểm hóa và ngừng kiểm hóa phải được phối hợp với việc kiểm tra có hệ thống sự hình thành màng bảo vệ trên toàn mạng lưới đường ống. Tốc độ chuyển động của nước trong đường ống, để thu được màng bảo vệ rắn chắc, không nên lấy nhỏ hơn 0,9 m/s.

## 15.2. XỬ LÝ NƯỚC ĐỂ CHỐNG ĂN MÒN VÀ ĐÓNG CẶN LÀM TẮC ỐNG

### 15.2.1. Nguyên nhân và các dạng đóng cặn trong đường ống

Khi quản lý mạng lưới đường ống thường phát hiện thấy hiện tượng giảm dần dần khả năng vận chuyển nước của đường ống do trên thành ống có các loại cặn lắng đọng khác nhau. Hiện tượng đóng cặn trên thành ống do tính chất của nước chảy trong ống gây ra.

Cặn đóng trong ống thường có các đặc trưng khác nhau: từ dạng liên tục mịn đều theo toàn bộ chu vi mặt cắt ướt của ống đến dạng gồ ghề thành các mô, gò riêng biệt trên thành ống. Có thể kê ra các dạng cơ bản của cặn lắng đọng và nguyên nhân tạo thành chúng:

#### 1. Lắng đọng dưới đáy

Cặn tạo ra ở phần đáy của ống chủ yếu là do việc vận chuyển nước thô (chưa được làm sạch) gây ra. Lắng đọng đáy còn do tốc độ nước chảy trong ống thấp. Khi nước có chứa sắt, sắt lắng trên thành ống, hydroxit sắt 3 dần dần bị nén chặt và bị "xi măng hóa".

#### 2. Lắng đọng liên tục

Cặn tạo ra khi nước quá bão hòa cacbonat canxi, cặn cứng và gắn chặt vào thành ống. Nếu cùng với quá bão hòa cacbonat canxi, trong nước còn có cả cặn

thô, thì cặn thô sẽ lắng xuống phần dưới của ống và bị đóng thành xi măng bởi cặn  $\text{CaCO}_3$ . Khi đó cặn lắng đọng phân bố lệch tâm, dưới dày, trên mỏng.

### 3. Lắng đọng thành mô, gò, nhấp nhô trong các ống gang và ống thép kết hợp với tác động gây gỉ của nước

Cặn đóng thành các mô, gò riêng biệt không đều cạnh đôi khi chồng lên nhau. Chiều cao của các mô riêng biệt có khi đạt tới 20 mm - 30 mm. Các mô do gỉ lắng đọng lại rất bền vững và gắn chặt với bề mặt trong của thành ống. Vì khuôn sắt trong một số trường hợp đóng vai trò chủ yếu trong việc tạo ra quá trình lắng đọng này.

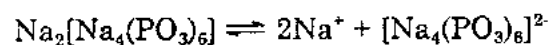
### 4. Lớp phủ sinh vật

Rất nhiều vi sinh vật, rong tảo đi theo nước nguồn vào đường ống dẫn (chủ yếu là nguồn nước mặt) có khả năng sống bám vào thành ống. Khi có điều kiện thuận lợi thường tích lũy và phát triển rất nhanh thành lớp phủ sinh vật trong ống dẫn. Yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến sự phát triển của lớp phủ sinh vật là nhiệt độ của nước, pH, hàm lượng oxy hòa tan và các chất làm thức ăn cho sinh vật. Rất nhiều dạng và loại của lớp phủ sinh vật tạo ra trong các đường ống dẫn nước, đòi hỏi phải áp dụng các biện pháp đặc biệt để ngăn ngừa, phương pháp có hiệu quả nhất là xử lý nước để loại trừ chúng.

#### 15.2.2. Dùng polifotfat để chống gỉ và chống cặn bám trên ống dẫn

Khi nước có tính xâm thực, để bảo vệ ống phải xử lý ổn định nước và trong thời gian đầu quản lý, xử lý cho nước có chỉ tiêu bão hòa  $I = + 0,7$  để tạo ra màng bảo vệ trên thành ống. Nhược điểm của phương pháp này là khó định lượng chính xác chất kiềm để giữ cho màng bảo vệ trên thành ống có độ dày cần thiết, và không tránh khỏi việc lắng bám không đều của cacbonat canxi trên toàn bộ chiều dài mạng lưới ống.

Có thể dùng phương pháp xử lý khác để chống gỉ cho đường ống, đó là phương pháp xử lý dùng hexameta photphat  $\text{Na}_2[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]$ . Thực chất của phương pháp xử lý này là: khi hòa tan hexameta photphat vào nước nó phân li thành hai ion  $\text{Na}^+$  và ion phức  $[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]^{2-}$  theo phương trình:



Khi cho hexameta photphat vào nước thiên nhiên với số lượng bé hơn tổng hàm lượng của các ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , sẽ tạo ra các phức chất không hòa tan  $\text{Ca}[\text{Ca}_2(\text{PO}_3)_6]$ ;  $\text{Mg}[\text{Mg}_2(\text{PO}_3)_6]$ ;  $\text{Fe}[\text{Fe}_2(\text{PO}_3)_6]$ . Các phức chất này dính vào

mặt trong của thành ống thành một lớp màng rắn chắc ngăn ngừa không cho nước tiếp xúc trực tiếp với kim loại của thành ống và do đó ngăn ngừa được quá trình gỉ ống. Bởi vì trong nước thiên nhiên thường chứa nhiều hơn cả là ion canxi nên màng bảo vệ meta photphat được tạo ra chủ yếu là hợp chất không hòa tan  $\text{Ca}[\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3]$ .

Quá trình gỉ ống bị ngăn chặn bằng hexameta photphat xảy ra dần dần theo mức độ tích lũy một số lượng đầy đủ meta photphat canxi trong thành phần của các chất lắng đọng do gỉ gây ra. Càng cho nhiều hexameta photphat vào nước, mức độ ngăn chặn quá trình gỉ ống càng sớm. Sự phân tích hiện tượng lắng đọng trên kim loại chỉ ra rằng: Khi liều lượng hexameta photphat natri nhỏ hơn 25 mg/l, thành phần của màng lắng đọng chỉ bao gồm canxi và sắt. Khi tăng lượng lên đến 50-100 mg/l thì trong thành phần chất lắng đọng chỉ có meta photphat canxi, như vậy chúng tỏ quá trình gỉ bị ngăn chặn rất nhanh đến mức trên mặt kim loại không có cặn gỉ sắt.

Để thu được màng bảo vệ meta photphat canxi, magiê, sắt, rắn chắc trên bề mặt kim loại, phải pha vào nước hexameta photphat natri với số lượng (tính theo  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) không lớn hơn 70 mg/l tính theo mđlg các cation đa hóa trị có trong nước (ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ).

Nếu liều lượng hexameta photphat lớn hơn tiêu chuẩn đã nêu thì có thể tạo ra các hợp chất hòa tan, trong đó nguyên tử natri của ion tổ hợp  $[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]^{2-}$  bị thay thế bằng ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  có trong nước để tạo ra các hợp chất dễ hòa tan  $\text{Na}_2[\text{Ca}_2(\text{PO}_3)_6]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Fe}_2(\text{PO}_3)_6]$ . Các hợp chất này phân li trong nước thành ion  $\text{Na}^+$  và ion phức  $[\text{Me}_2(\text{PO}_3)_6]^{2-}$ . Do đó trên mặt kim loại không được phủ lớp màng bảo vệ, quá trình gỉ lại bắt đầu và tiếp tục cho đến khi trong nước có được một số lượng gỉ sắt đủ để kết hợp với hexameta photphat thành hợp chất khó hòa tan. Từ cơ cấu tác dụng của hexameta photphat natri có thể rút ra phương pháp xử lý nước để ngừa quá trình gỉ trong các đường ống cấp nước công nghiệp (vì trong nước sinh hoạt hàm lượng hexameta photphat cho phép không lớn hơn 2 mg/l) như sau:

- Khi đưa đường ống dẫn hay mạng lưới ống vào hoạt động, trong vài ngày đầu, bơm đầy vào ống dung dịch hexameta photphat natri với nồng độ 100 mg/l  $\text{P}_2\text{O}_5$ , sau đó rửa đường ống bằng nước có hàm lượng hexameta photphat từ 5 - 10 mg/l tính theo  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Trong quản lý thường xuyên giữ liều lượng hexameta photphat trong nước từ 5 - 10 mg/l  $\text{P}_2\text{O}_5$  để duy trì màng bảo vệ ống.

- Liều lượng hexameta photphat natri pha vào nước để ngăn ngừa quá trình gỉ đường ống phải được thường xuyên xác định chính xác bằng thực nghiệm trong quá trình quản lý.
- Nếu nguồn nước có chỉ số bão hòa dương (nước gây lắng đọng  $\text{CaCO}_3$ ) thì cho hexameta photphat vào, quá trình tạo cặn rắn chắc làm tắc nghẽn đường ống sẽ không xảy ra.

Tác dụng ngăn chặn việc tạo cặn  $\text{CaCO}_3$  làm tắc ống trong trường hợp nước có chỉ tiêu bão hòa dương là do: hexameta photphat có khả năng tạo thành màng bao bọc lấy tinh thể cặn lắng đọng  $\text{CaCO}_3$  vừa tách ra khỏi nước không cho chúng tiếp tục lớn lên và không cho chúng dính vào nhau. Thực nghiệm đã xác định được rằng: để ngăn ngừa việc tạo ra cặn  $\text{CaCO}_3$  làm tắc ống cần cho vào nước liều lượng hexameta photphat 1 - 2 mg/l tính theo  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Sở dĩ chỉ cần liều lượng nhỏ hexameta photphat là vì chỉ cần tạo ra các màng mỏng bao bọc chung quanh các tinh thể  $\text{CaCO}_3$  không cho chúng lớn lên và đọng lại, chứ không cần hòa tan hoàn toàn chúng.

Pha chế dung dịch hexameta photphat natri được thực hiện bằng các thiết bị như đã mô tả trong chương 6, thích hợp nhất là dùng khuấy trộn cơ khí vì hexameta photphat hòa tan tương đối chậm.

### 15.2.3. Dùng silicat natri để chống gỉ cho đường ống

Khi cho thủy tinh lỏng ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) vào nước, trên bề mặt trong của thành ống dần dần tạo ra lớp màng bảo vệ.

Thành phần của màng bảo vệ có silicat canxi, silicat magie, do silicat natri phản ứng với ion  $\text{Ca}^{2+}$  và  $\text{Mg}^{2+}$  có trong nước tạo ra.

Ngoài ra khi xử lý nước bằng thủy tinh lỏng xảy ra phản ứng kiềm hóa nước do kết quả thủy phân của thủy tinh lỏng làm chuyển dịch chỉ số bão hòa của nước sang chỉ số dương. Tùy theo chỉ số pH của nước nguồn có thể chọn thủy tinh lỏng với các tỷ số ( $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}$ ) khác nhau. Đối với nước có trị số pH từ 6 - 7

dùng thủy tinh lỏng với tỷ số 2,4 - 2,8, đối với nước có trị số pH từ 7 + 8 dùng thủy tinh lỏng với tỷ số 2,8 - 3,2. Thường lấy liều lượng thủy tinh lỏng bằng 7 - 30 mg/l (tính theo  $\text{SiO}_2$ ) liều lượng lớn dùng cho nước có hàm lượng muối lớn (1.000 - 1.200 mg/l).

Trong vài tuần đầu quản lý nên dùng liều lượng lớn của thủy tinh lỏng để nhanh chóng tạo ra lớp màng bảo vệ trên thành ống. Một số tác giả cho rằng

khi đã hình thành màng bảo vệ có thể giảm liều lượng thủy tinh lỏng xuống 3 - 4 mg/l  $\text{SiO}_2$ .

Nồng độ thủy tinh lỏng trong các thùng dung dịch trước khi pha vào nước không được lớn hơn 3% tính theo  $\text{SiO}_2$ .

#### 15.2.4. Xử lý nước để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật trong đường ống

Biện pháp cơ bản để bảo vệ các đường ống dẫn và các công trình xử lý nước khỏi lớp phủ sinh vật là bảo vệ nguồn cấp nước khỏi bị nhiễm bẩn bởi các chất thải có khả năng kích thích sự phát triển của sinh vật. Không cho phép xả nước bẩn sinh hoạt và công nghiệp chưa được làm sạch vào phía thượng nguồn công trình thu nước, và vào hồ chứa dùng để cấp nước, đồng thời phải bảo đảm cho khu vực xung quanh công trình thu nước không có chất thải sinh hoạt và công nghiệp.

Nếu dùng hồ làm nguồn cấp nước thì trong thời kỳ phát triển của sinh vật, rong, rêu, tảo, phải áp dụng biện pháp xử lý bằng hóa học để tiêu diệt chúng. Để chống lại sự phát triển của sinh vật, rong, rêu trong hồ có thể dùng sunphát đồng rải trực tiếp lên mặt hồ.

Liều lượng gây độc của  $\text{CuSO}_4$  trong từng trường hợp cụ thể phải xác định bằng thực nghiệm, bởi vì liều lượng  $\text{CuSO}_4$  cần thiết phụ thuộc vào dạng sinh vật phù du gây ra độ màu của nước. Liều lượng  $\text{CuSO}_4$  để xử lý nước trong hồ được tính toán với mục đích tạo ra nồng độ yêu cầu trong lớp nước dày 1 - 2 m trên mặt hồ. Bột  $\text{CuSO}_4$  được rắc đều trên mặt hồ bằng máy bay hay bằng xuống máy. Khi tiến hành xử lý nước trực tiếp trên mặt hồ phải được sự đồng ý của các cơ quan bảo vệ sinh vật và cơ quan hải sản.

Trong các trường hợp dùng các biện pháp phòng ngừa không khử hết được lớp phủ sinh vật trong đường ống, phải xử lý nước khi cho vào mạng lưới ống. Phương pháp xử lý phụ thuộc vào các dạng của lớp phủ sinh vật và thành phần hóa học của nước. Xử lý nước để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật nên tiến hành sau khi làm sạch đường ống bởi vì nếu không, xác sinh vật chết có thể tan vào nước làm bẩn nước. Dạng xử lý (liều lượng clo, thời kỳ clo hóa, lọc qua lưới...) đối với từng trường hợp cụ thể cần phải xác định bằng thực nghiệm.

## **Phần V**

---

- **TRANG THIẾT BỊ**
  - **XỬ LÝ NƯỚC THẢI**
  - **QUY HOẠCH VÀ BỐ CHÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC**
-

Chọn các thiết bị đo, điều khiển và thiết kế hệ thống điều khiển các công trình trong dây chuyền xử lý nước do kỹ sư thiết bị và điều khiển chịu trách nhiệm. Kỹ sư thiết kế công nghệ xử lý nước, chủ công trình và các kỹ sư vận hành nhà máy chỉ phải cung cấp các thông số cần đo, nêu được các yêu cầu mà hệ thống thiết bị đo và điều khiển cần thực hiện để đảm bảo quy trình xử lý nước diễn ra theo mong muốn. Với yêu cầu trên, ở chương này không đi sâu vào phân tích các thiết bị và cơ sở lý thuyết điều khiển mà chỉ giới thiệu một cách đơn giản các thiết bị cần dùng và các sơ đồ điều khiển có thể áp dụng để các kỹ sư thiết kế công nghệ xử lý nước và các kỹ sư vận hành quản lý nhà máy nước có thể phối hợp dễ dàng với các kỹ sư thiết bị và điều khiển khi thiết kế lắp đặt và vận hành hệ thống.

### 16.1. BƠM, ĐỘNG CƠ, VAN VÀ CÁC THIẾT BỊ ĐO DÙNG TRONG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC

#### 1. Bơm

Trong hệ thống cấp nước thường dùng bơm li tâm để bơm nước và bơm màng, bơm piston để bơm dung dịch hóa chất. Trong quá trình vận hành thường phải điều chỉnh lưu lượng và áp lực của bơm để đáp ứng các yêu cầu thay đổi trong quá trình dùng nước và hóa chất. Để điều chỉnh lưu lượng và áp lực của bơm thường dùng hai cách:

*Cách 1:* Thay đổi số vòng quay của bơm.

*Cách 2:* Thay đổi mức độ đóng mở của van trên đường ống dẫn.

Thay đổi số vòng quay của bơm được thực hiện bằng cách thay đổi số vòng quay của động cơ điện, còn thay đổi mức độ đóng mở của van trên đường ống dẫn có thể thực hiện bằng tay, bằng động cơ điện nếu là van điều khiển bằng điện, hoặc bằng cách thay đổi vị trí của piston nếu là van điều khiển bằng thủy lực hay khí nén.

## 2. Động cơ

Phần lớn động cơ điện dùng trong hệ thống cấp nước là động cơ điện xoay chiều loại đồng bộ. Vận tốc quay của động cơ đồng bộ xác định theo công thức:

$$n = \frac{120F}{P}, \quad (16.1)$$

trong đó:  $n$  - số vòng quay của động cơ trong 1 phút (v/phút);

$F$  - tần số của dòng điện (số lần đổi chiều dòng điện trong một giây);

$P$  - số cực của động cơ.

Các nhà khoa học và các hãng sản xuất đã chế tạo ra thiết bị tự động biến đổi tần số để thay đổi số vòng quay của máy bơm cho phù hợp với sự thay đổi của lưu lượng và áp lực sử dụng. Ví dụ trong giờ tiêu thụ nước thấp, áp lực nước trong mạng lưới tăng lên làm cho áp lực trên ống dẫn của bơm tăng quá mức quy định, trị số gia tăng áp lực được truyền về bộ xử lý, qua bộ biến tần, tự động giảm tần số của dòng điện, làm giảm vòng quay của máy bơm để giảm áp lực và lưu lượng của bơm đến trị số đã cài đặt trước.

## 3. Van

Các loại van dùng trong hệ thống cấp nước được điều khiển bằng ba cách:

*Cách 1:* Điều khiển bằng tay, dùng sức người tác động vào các cơ cấu truyền động cơ khí để đóng mở và điều chỉnh độ mở của van, cách điều khiển này còn được dùng ở các nhà máy nước nhỏ, cách xa thành phố và các van khóa nhỏ hơn 600mm đặt trên mạng lưới truyền dẫn và phân phối ở những vị trí không phải đóng mở hoặc điều chỉnh thường xuyên.

*Cách 2:* Đóng mở van, điều chỉnh van bằng động cơ điện.

*Cách 3:* Van có cấu tạo để đóng mở và điều chỉnh bằng thủy lực hoặc không khí nén thông qua hệ thống ngăn kéo phân phối. Xem hình (16.1)

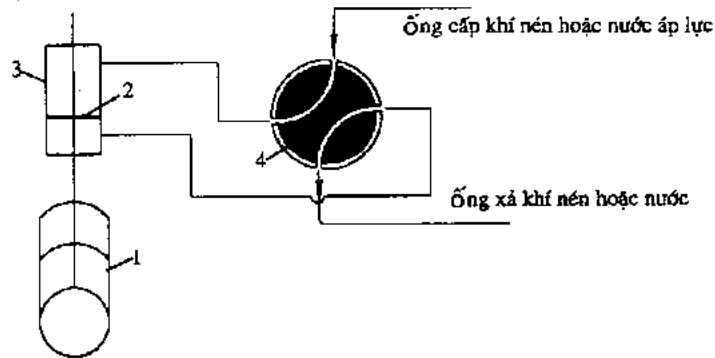
Muốn đóng, mở hoàn toàn van, xoay ngăn kéo phân phối một góc 90°. Để xoay ngăn kéo hoặc dùng tay gạt, hoặc dùng van điện solenoid khi cần điều khiển tự động.

## 4. Thiết bị đo

- Trong hệ thống xử lý nước cấp thường phải đo các thông số sau: áp lực trong ống, mực nước ở công trình thu.



- Trong các công trình xử lý nước phải đo các thông số sau: lưu lượng trạm bơm nước thô, bơm rửa lọc, nước lọc, lưu lượng trạm bơm nước sạch, độ đục nước thô, nước sạch, độ pH, độ dẫn điện của nước khi cần, đo lượng clo dư sau sát trùng, nhiệt độ của nước, nhiệt độ động cơ.



Hình 16.1. Sơ đồ điều khiển van bằng thủy lực hoặc khí nén thông qua ngăn kéo phân phối.

1- van; 2- piston; 3- silanh; 4- ngăn kéo phân phối

## 16.2. THIẾT BỊ ĐO LƯU LƯỢNG

Để đo lưu lượng chất lỏng hay khí chảy trong ống, trong kênh, máng, thường dùng đồng hồ turbin, ống venturi, màng chắn, máng đo tam giác, hay chữ nhật, máng đo parshall, ống đo dùng phao nổi rotamete, nguyên tắc hoạt động và nguyên lý tính toán các loại đồng hồ nêu trên đã được mô tả kỹ trong các sách thủy lực. Khi chọn đồng hồ cần lưu ý: độ chính xác của đồng hồ, khoảng đo  $Q_{max}/Q_{min}$ , ngưỡng đo  $Q \geq Q_{l\grave{a}i\ th\grave{a}u}$ . Điều kiện lắp đặt: chiều dài các đoạn ống thẳng trước và sau đồng hồ theo hướng dẫn của nhà sản xuất, tổn thất áp lực qua đồng hồ, nhiệt độ và tính chất của chất lỏng cần đo v.v...

Khi chất lỏng cần đo có nhiều cặn lơ lửng làm tắc nghẽn cánh quạt, vành đo v.v... và khi cần đo trong khoảng biến đổi rộng  $Q_{max}/Q_{min} \geq 10$  có thể dùng đồng hồ đo điện từ hoặc đồng hồ đo bằng siêu âm.

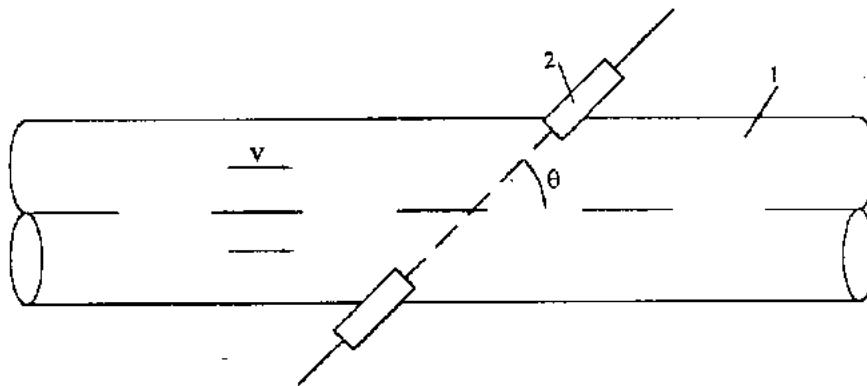
- Đồng hồ đo nước điện từ gồm một đoạn ống dẫn cách điện, trên có gắn hai nam châm điện, phát ra từ trường cố định vuông góc với dòng chảy. Nước được coi là chất dẫn điện, khi đi qua từ trường sinh ra dòng cảm ứng. Theo định luật Faraday có thể tính điện thế của dòng cảm ứng theo công thức:

$$U = KD V H, \quad (16.2)$$

trong đó: K - hệ số tỷ lệ;  
 D - đường kính ống;  
 V - tốc độ dòng chảy;  
 H - cường độ từ trường.

Điện thế của dòng cảm ứng được thu nhận bởi hai điện cực gắn trên ống theo tuyến vuông góc với từ trường và vuông góc với dòng chảy. Đồng hồ đo nước kiểu điện từ có giá thành cao, nhưng chính xác, khoảng đo  $Q_{max}/Q_{min}$  là 10/1, không gây tổn thất thủy lực.

- Đồng hồ đo nước bằng siêu âm (hình 16.2)



Hình 16.2. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của đồng hồ đo nước siêu âm  
 1- ống dẫn nước; 2- thanh dò.

Nguyên lý hoạt động như sau: đặt hai thanh dò có khả năng phát và thu nhận sóng siêu âm ngập trong môi trường nước đang chuyển động, trục nối hai thanh làm thành góc  $\alpha < 90^\circ$  so với trục ống hay với hướng dòng chảy.

Do tác dụng của dòng chảy, nên thời gian thu nhận sóng siêu âm của thanh dò đặt ở phía thượng lưu dòng chảy khi thanh dưới phát ra, khác với thời gian thu nhận sóng siêu âm của thanh dưới do thanh trên phát ra.  $T_1 - T_2 = \Delta t$ .

$$\Delta t = \frac{2.v.d \cos \theta}{C^2}, \quad (16.3)$$

trong đó: v - vận tốc của dòng chất lỏng;  
 d - khoảng cách giữa hai thanh dò;  
 c - vận tốc âm trong chất lỏng cần đo;  
 θ - góc giữa hướng dòng chảy và trục nối hai thanh dò.

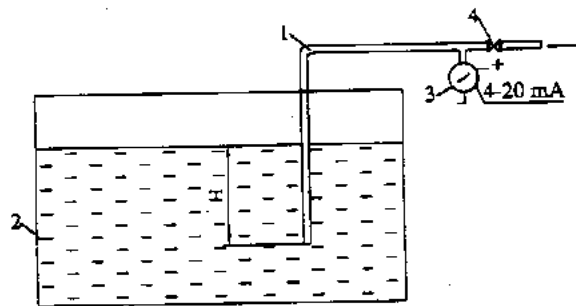
Đồng hồ loại siêu âm lắp đặt dễ dàng, chỉ cần khoan hai lỗ ở hai phía đối diện của ống để lắp hai thanh dò theo quy định của nhà sản xuất và thực hiện việc cân chỉnh cần thiết.

Nhược điểm của đồng hồ siêu âm là khi nước có bọt khí, hoặc có nồng độ cặn lơ lửng thay đổi thì vận tốc truyền âm C thay đổi nên số đo sẽ không chính xác.

### 16.1.2. Thiết bị đo mực nước

Có thể dùng phao nổi đặt trực tiếp trên mặt nước, hoặc dùng ống đo một đầu gắn vào đáy bể, đầu kia để hở thông với khí trời và cao hơn mực nước cao nhất trong bể.

- *Đo mực nước bằng áp lực khí* (hình 16.3)



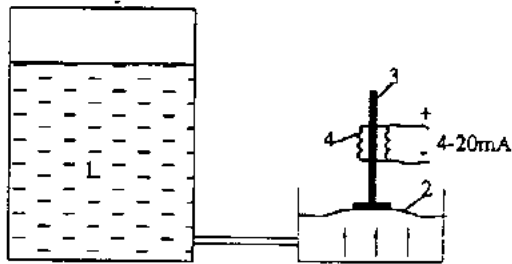
**Hình 16.3.** Sơ đồ lắp thiết bị đo mực nước bằng khí nén

- 1- ống dẫn khí nén; 2- thùng chứa chất lỏng cần đo mực;
- 3- đồng hồ đo áp lực và truyền tín hiệu đo đến bộ xử lý

Thiết bị gồm ống (1) đặt ngập trong chất lỏng ở độ sâu H bằng khoảng dao động lớn nhất có thể của mực chất lỏng trong thùng (2). Khí nén với lưu lượng nhỏ liên tục đi theo ống (1) vào thùng (2) đi ra ngoài, lưu lượng khí nén điều chỉnh bằng van (4) sao cho tổn thất áp lực do ma sát trong ống (1) gần bằng không. Chiều cao mực nước trong thùng H đúng bằng áp lực khí trong ống tác động lên đồng hồ đo (3).

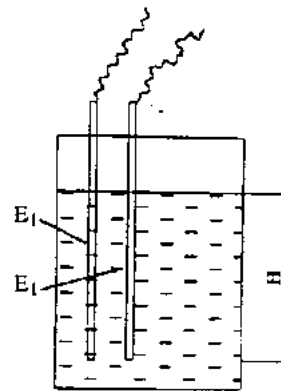
- *Đo mực nước bằng màng chắn* (hình 16.4)

Khi áp lực nước trong thùng (1) thay đổi, lực tác dụng lên màng (2) thay đổi làm chuyển động thành nam châm (3) đặt trong lõi cuộn dây điện cảm ứng (4) làm thay đổi trị số của dòng điện trong cuộn dây.



Hình 16.4. Sơ đồ hoạt động của thiết bị đo mực nước kiểu màng chắn

- 1- thùng đựng chất lỏng cần đo mức; 2- màng chắn;  
3- nam châm; 4- cuộn cảm ứng điện từ.



Hình 16.5. Đo mực nước bằng cặp điện cực

- Đo mực nước bằng cặp điện cực (hình 16.5)

Đặt hai điện cực  $E_1$  và  $E_2$  ngập trong nước ở vị trí song song có cùng độ dài và độ ngập. Điện cực  $E_1$  được bọc bên ngoài bằng plastic. Khi mực nước  $H$  thay đổi, làm thay đổi điện trở kháng giữa hai cực, chênh lệch điện thế được truyền về bộ xử lý.

### 16.1.3. Đo độ chênh lệch áp lực hay độ chênh mực nước, đo tổn thất áp lực

Khi cần đo tổn thất qua bể lọc: đo hiệu số mực nước trong bể lọc và mực nước ở ống thu nước lọc ra, có thể dùng thiết bị đo mực nước kiểu màng, thiết bị đo bằng khí nén, trị số mực nước ở mỗi vị trí được truyền bằng tín hiệu điện có dòng định mức 4 - 20mA về bộ xử lý để so sánh và hiển thị v.v..., có thể đo độ chênh không trên đỉnh xiphông, nếu dùng xiphông để điều chỉnh tốc độ lọc (xem chương bể lọc).

### 16.1.4. Thiết bị đo độ đục

Độ đục của nước biểu thị số lượng cặn lơ lửng có trong nước. Thiết bị đo độ đục dựa trên độ tán xạ của chùm tia sáng khi chiếu qua mẫu nước, cặn lơ lửng trong nước, hấp thụ hoặc làm lệch đường đi của tia sáng, dựa vào nguyên lý này, trong thiết bị đặt một đèn phát các chùm tia sáng, và một tế bào quang điện để đo độ tán xạ và hấp thụ ánh sáng của môi trường rồi chuyển thành tín hiệu điện, tỷ lệ với độ đục của nước. Đơn vị đo độ đục thường thay đổi theo chuẩn số đo của thiết bị và có tên gọi là:

- JTU : Độ đục Jackson  
 NTU : Độ đục Nephelometric  
 FTU : Độ đục Formazin  
 JCU : Độ đục theo nển Jackson

Khi dùng thiết bị phải đọc kỹ hướng dẫn của nhà sản xuất. Độ chính xác của thiết bị đo bị giảm khi cửa kính quang học bị cặn bám và khi trong nước có bọt khí, chất màu hòa tan.

Trong phòng thí nghiệm: có thể xây dựng biểu đồ chuyển đổi từ độ đục theo các thang đo nêu trên sang độ đục biểu thị bằng mg/l đối với mỗi nguồn nước đã có.

### 16.1.5. Thiết bị đo pH

Thiết bị đo pH có hai điện cực và một thanh biến cảm theo nhiệt độ, thiết bị hoạt động dựa trên độ hoạt hóa của ion hydro. Bộ đo pH có thể đặt trực tiếp trong môi trường chất lỏng cần đo.

## 16.2. SỰ CẦN THIẾT CỦA THIẾT BỊ VÀ CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN

Kỹ sư thiết kế cần phải thảo luận với chủ công trình và các kỹ thuật viên vận hành hệ thống để thống nhất việc chọn lựa thiết bị và lựa chọn cách điều khiển để mua sắm và lắp đặt các thiết bị.

Sự lựa chọn dựa trên ba điều kiện:

- Phù hợp với điều kiện địa phương: khí hậu nóng ẩm, trình độ công nhân quản lý vận hành, điều kiện bảo dưỡng và mua sắm thay thế thiết bị, khả năng chính định và hiệu chỉnh thiết bị.
- Hiệu quả kinh tế của từng trang thiết bị đem lại.
- Loại và giá thành của thiết bị phải phù hợp với kinh phí sẵn có và phù hợp với điều kiện phát triển của hệ thống.

Sự cần thiết của hệ thống trang thiết bị có thể chia làm ba loại:

- 1) Các trang bị thiết yếu gồm: đồng hồ đo lưu lượng nước thô, đo lưu lượng nước sạch, đo và điều chỉnh lượng hóa chất pha vào nước, đo pH, điều chỉnh tốc độ lọc, kiểm soát chế độ rửa lọc, máy phát hiện clo rò rỉ v.v...

- 2) Các trang thiết bị tiện ích: làm giảm nhẹ sức lao động về trí óc và chân tay của người vận hành và có thể tiết kiệm được chi phí như dùng hệ thống điều khiển tự động rửa bể lọc, tự động điều khiển các trạm bơm theo chương trình cài sẵn trên máy tính, tự động xả cặn ở bể lắng v.v...
- 3) Trang thiết bị đắt tiền làm hiện đại hóa hệ thống mà không mang lại hiệu quả kinh tế thiết thực.

Ví dụ: Sơ đồ hiển thị sự làm việc của các công trình đơn vị trên bảng điều khiển trung tâm, hệ thống điều khiển và theo dõi từ xa v.v... Các yêu cầu trên đều dựa vào ba hệ thống điều khiển hiện có.

- Thiết bị điều khiển đóng, mở đơn giản.
- Hệ thống điều khiển analog dựa trên các số đo định lượng các thông số vật lý, truyền tín hiệu và điều khiển theo các giá trị của các thông số vật lý đo được.
- Hệ điều khiển kỹ thuật số digital biến đổi các thông số vật lý đo được sang tín hiệu số.

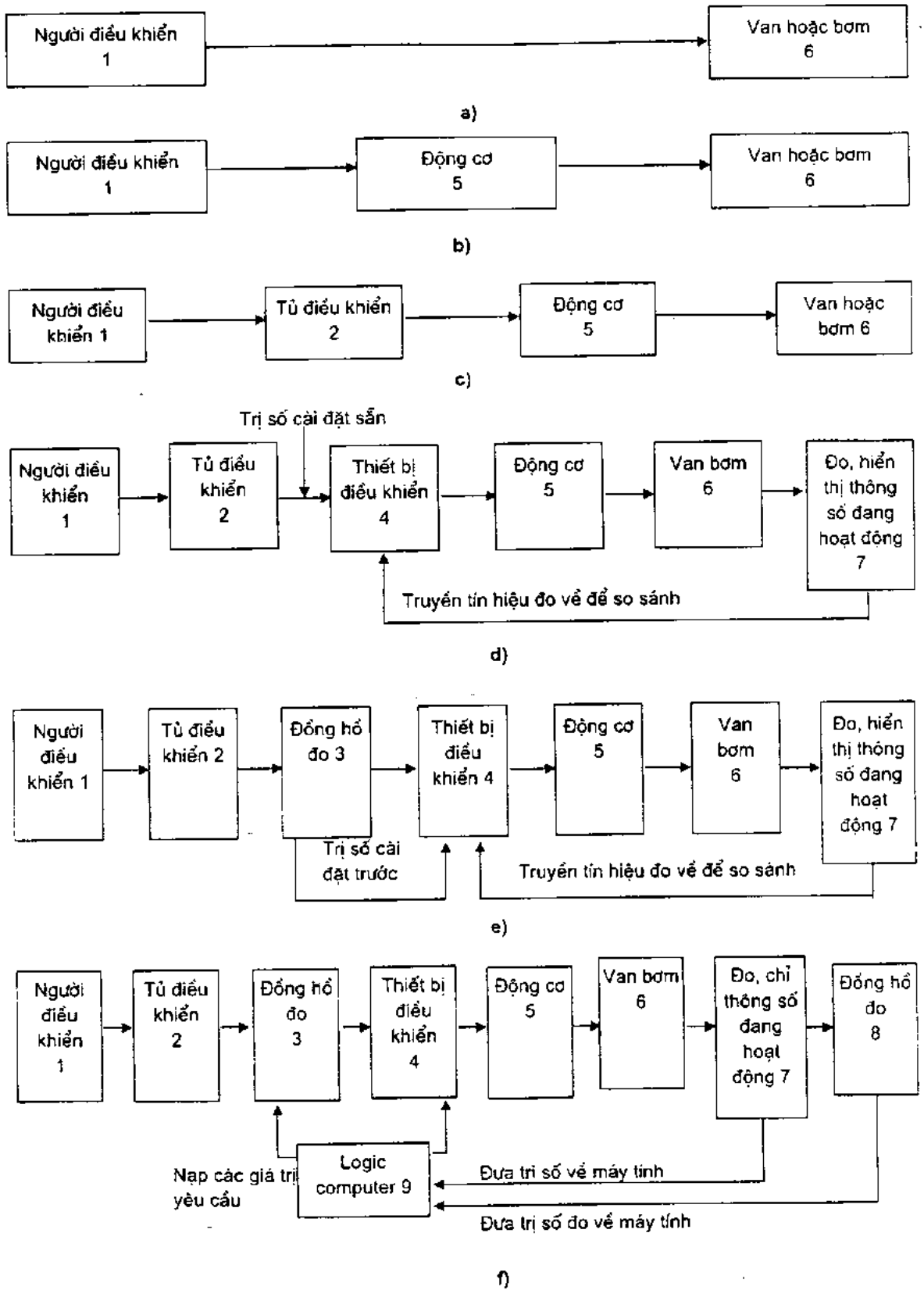
### 16.3. CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN CƠ BẢN

Khi lựa chọn hệ điều khiển người kỹ sư công nghệ nước phải hiểu rõ mục đích, đặc tính thủy lực của quá trình, các thông số và điều kiện làm việc của thiết bị, có ba yêu cầu người kỹ sư phải nhớ khi chọn thiết bị cho hệ điều khiển: bản chất của hệ điều khiển và thiết bị định chọn, mức độ hay khoảng biến thiên của thông số mà thiết bị có thể thực hiện được, giá thành và tính phổ cập của thiết bị.

*Sơ đồ a:* Điều khiển trực tiếp bằng tay

*Sơ đồ b:* Điều khiển bằng tay thông qua động cơ để giảm nhẹ sức lao động và tiết kiệm thời gian.

*Sơ đồ c:* Điều khiển bằng tay một số van để thực hiện một chu trình làm việc, ví dụ: các van điện trong bể lọc, công tác đóng mở tập trung về tủ điều khiển đặt trong hành lang điều khiển trước mỗi bể lọc, khi thực hiện chu trình rửa lọc, người điều khiển, đóng mở các công tác tập trung trên tủ điều khiển, quan sát quá trình rửa và quyết định thời gian thực hiện của mỗi chu trình và là sơ đồ điều khiển mạch hở.



Hình 16.6. Sơ đồ các hệ thống mạch điều khiển

*Sơ đồ d:* Điều khiển tự động hoặc bán tự động theo vòng kín.

Ví dụ: Đo pH để điều chỉnh lượng vôi: cài đặt sẵn trị số pH mong muốn vào bộ điều khiển (4). Thiết bị dò, đo pH (7) đo trị số pH thực tế của quá trình, truyền ngược về bộ điều khiển (4). Bộ điều khiển (4) so sánh với trị số pH đã cài đặt sẵn, nếu có sai lệch, thì ra lệnh cho động cơ (5) điều khiển bơm vôi (6) để thêm hoặc bớt lượng vôi cho vào nước để đạt được trị số pH cài sẵn.

*Sơ đồ e:* Điều khiển tự động theo vòng kín có thông số cài sẵn đặt trước quy trình, ví dụ: Để cho bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng làm việc tốt, cần cố định lưu lượng nước thô vào bể lắng, cài sẵn lưu lượng mong muốn vào bộ điều khiển (4) khi đồng hồ đo lưu lượng (3) báo lưu lượng đo được cho bộ điều khiển (4) nếu có sai lệch với trị số cài sẵn, bộ điều khiển (4) sẽ ra lệnh cho động cơ (5) điều khiển bơm (6) để đạt được trị số mong muốn, thiết bị đo công suất hoặc ampe (7) đo thông số điện của bơm báo về bộ điều khiển (4). Nếu bơm (6) làm việc trong chế độ điện cho phép bộ điều khiển không can thiệp, nếu bơm trong chế độ nguy hiểm bộ điều khiển (4) hoặc ra lệnh ngừng, hoặc đưa bơm về chế độ an toàn.

*Sơ đồ f:* Điều khiển tự động dùng chương trình cài đặt sẵn trong máy tính (9).

Hiện có bốn phương pháp điều khiển: Điều khiển bằng tay, điều khiển bán tự động, điều khiển tự động và hệ điều khiển, giám sát từ xa, các phương pháp đều dựa trên hai mạch điều khiển cơ bản là: điều khiển theo vòng khép kín và điều khiển theo mạch hở (xem hình 16.6).

#### 16.4. CÁC THIẾT BỊ VÀ SƠ ĐỒ ĐIỀU KHIỂN THƯỜNG DÙNG TRONG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC CẤP

Việt Nam là nước đang phát triển vì thế khi chọn thiết bị và hệ điều khiển cần chú ý đến - tính thích hợp theo điều kiện khí hậu, nguồn nhân lực và trình độ vận hành, trình độ quản lý, bảo dưỡng, sửa chữa và tiền mua sắm phụ tùng thay thế. Chú ý rằng: các trang thiết bị điều khiển và hệ thống điều khiển, không ngừng cải tiến và đổi mới với tốc độ rất nhanh. Việc cải tiến, thay thế các thiết bị cũ, lạc hậu bằng thiết bị và hệ thống mới đòi hỏi trình độ quản lý ngày càng cao và tốn rất nhiều tiền, mà nguồn lợi mang lại có thể không bù đắp được. Với hai điều chú ý trên, trong mục này sẽ không giới



thiệu các sơ đồ điều khiển tự động bằng máy tính và điều khiển tự động từ xa theo chương trình cài đặt sẵn.

### 16.4.1. Công trình thu nước

#### 1. Công trình thu nước mặt

Thông số cần đo:

- 1) *Giao động mực nước nguồn*. Thiết bị: có thể dùng thước đo mực nước đặt cố định, phao nổi truyền qua cáp theo hệ ròng rọc đến thang đo để dễ quan sát ghi chép, thiết bị đo mực nước bằng khí nén, trị số đo được truyền theo tín hiệu điện tiêu chuẩn 4 - 20 mA về phòng điều khiển ở trạm bơm nước thô, chú ý khoảng cách cho phép khi truyền tín hiệu để đảm bảo độ chính xác.
- 2) *Độ chênh mực nước trước và sau lưới chắn rác* phục vụ cho việc cọ rửa lưới. Thiết bị: có thể dùng hai thước đo, hai phao nổi, một đặt ở thượng lưu và một đặt ở hạ lưu lưới chắn, độ chênh mực nước ghi nhận bằng mắt thường, khi đạt đến trị số định trước, điều khiển hệ thống rửa lưới bằng tay, có thể đặt hai thiết bị đo mực nước bằng khí nén, kết quả được truyền về phòng điều khiển, báo tín hiệu rửa, nếu điều khiển bằng tay, hoặc ra lệnh điều khiển tự động cho quay lưới và cho chạy bơm phun nước làm sạch lưới, hoặc cho thiết bị cào rác hoạt động v.v... Thời gian rửa cài đặt sẵn trên role thời gian.

#### 2. Công trình thu nước ngầm

Thông số cần đo:

- 1) Dao động mực nước trong giếng để biết được sự thay đổi của mực nước tĩnh.
- 2) Mực nước động theo mùa trong năm và theo công suất bơm.

Thiết bị: có thể dùng *thiết bị đo mực nước khí nén, thiết bị cặp điện cực*. Kết quả đo hiển thị tại chỗ hoặc truyền về phòng điều khiển trong phạm vi độ dài cho phép của tín hiệu điện 4 - 20 mA.

### 16.4.2. Trạm bơm nước thô

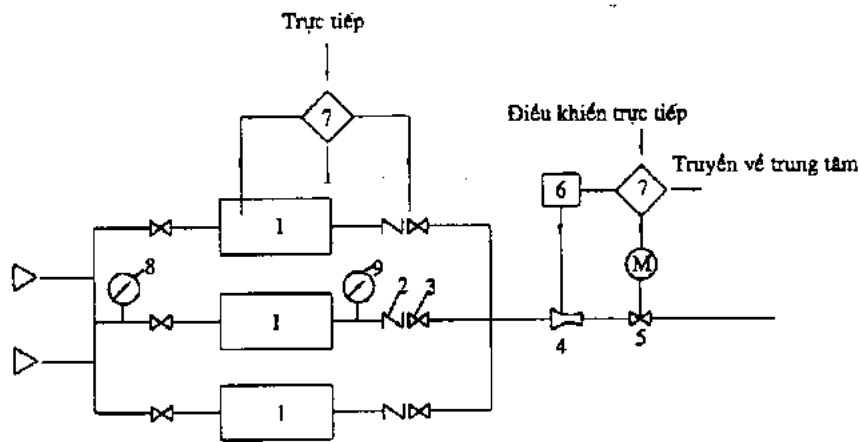
Thông số cần đo: *lưu lượng và áp lực của trạm bơm* để theo dõi hoạt động của bơm và đường ống dẫn. Ví dụ nếu lưu lượng và áp lực bơm đều giảm, chứng tỏ

hiệu suất làm việc của bơm đã giảm cần phải tu sửa, nếu áp lực tăng, lưu lượng giảm có thể do ống dẫn trên đường áp lực bị tắc hoặc độ nhám trên ống dẫn tăng nhanh do ống bị xâm thực v.v...

Nếu trục bơm đặt cao hơn mực nước trong ngăn thu nước, đường ống hút dài, có nhiều chỗ nối, nên đặt đồng hồ đo chân không trên đường ống hút sát máy bơm để xử lý các trường hợp: đồng hồ chân không chỉ đúng trị số, nhưng vẫn không bơm được nước chứng tỏ đường ống hút bị tắc nghẽn.

Trường hợp khi bơm chạy, nước không lên, đồng hồ chân không chỉ độ chân không nhỏ hơn tính toán hoặc bằng không, điều đó chứng tỏ đường ống hút bị khí thâm nhập vào.

Ngoài các thiết bị bảo vệ và đo đếm điện như Ampe, Vol kế, cầu chì, aptomat v.v... khi trạm bơm có từ hai bơm trở lên hình (16.7) nên đặt thêm các thiết bị:



**Hình 16.7. Sơ đồ thiết bị và điều khiển trạm bơm nước thô**

1- máy bơm; 2- van một chiều; 3- van cổng; 4- đồng hồ đo lưu lượng; 5- van lỏng;  
6- thiết bị hiển thị và truyền tín hiệu lưu lượng; 7- bộ điều khiển; 8- đồng hồ đo chân không; 9- đồng hồ đo áp lực.

Đầu dò nước trên mỗi đỉnh bơm và tiếp điểm điện ở van (2) hoặc (3) khi khởi động bất kỳ một bơm nào trong trạm, nếu đầu dò báo về bộ điều khiển bơm chưa mỗi đầy nước thì không khởi động được hoặc tự động ngừng và ở các van (2) hoặc (3) của các bơm chưa hoạt động, nếu tiếp điểm báo ở tình trạng đóng thì bơm mới có thể khởi động, vì nếu không ở tình trạng đóng, ví dụ van một chiều (2) hỏng, nước của bơm đang chạy sẽ quay ngược về bơm đứng yên, làm hỏng máy bơm.

Đồng hồ đo nước (4) đưa tín hiệu về bộ hiển thị (6) rồi truyền tín hiệu vào bộ điều khiển (7) để điều khiển độ đóng mở của van (5) theo lưu lượng đã cài đặt sẵn.

### 16.4.3. Bể trộn và bể phản ứng

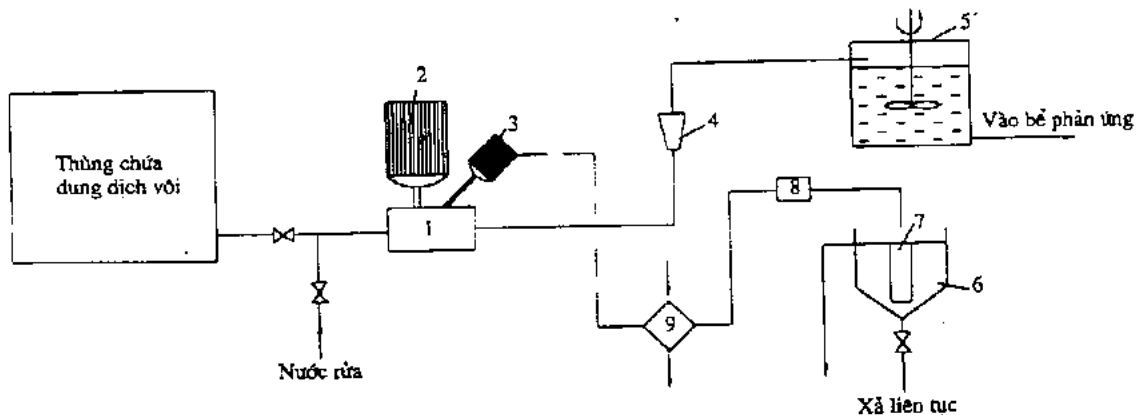
Thường không cần đặt thiết bị đo và điều khiển tự động, ngoại trừ việc điều khiển thay đổi số vòng quay của máy khuấy theo từng mùa khi chất lượng nước thô thay đổi.

### 16.4.4. Nhà hóa chất

Thiết bị đo đếm và định lượng clo xem chương khử trùng. Pha và định lượng vôi, phèn thiết bị đo cần: Đo nồng độ dung dịch vôi, phèn để tính ra lưu lượng cần thiết của dung dịch cần bơm vào nước. Đồng hồ dung dịch đặt trên đường ống dẫn của bơm.

*Thiết bị điều khiển hệ vôi (hình 16.8)*

Nếu chọn hệ điều khiển tự động lưu lượng vôi theo pH của nước sau bể trộn thì: *bể trộn và bình đặt thiết bị đo (6) phải gần nhau, bơm và bể trộn phải gần nhau*, nếu không sẽ bị hiện tượng trễ làm cho động cơ (3) và bơm (1) làm việc trong trạng thái thay đổi không ngừng, chóng hỏng và trị số pH sẽ không ở mức cố định hẳn. Đầu dò pH (7) đo trị số pH của nước đã trộn với dung dịch vôi đưa về bộ hiển thị (8) rồi truyền về bộ điều khiển (9) để điều khiển động cơ (3) làm cho bơm tăng hoặc giảm lưu lượng vôi để giữ trị số pH cài đặt sẵn trong bộ điều khiển.



**Hình 16.8.** Sơ đồ điều khiển tự động lượng vôi cho vào nước để giữ trị số pH cố định

- 1- bơm định lượng; 2- động cơ; 3- động cơ điện từ điều chỉnh lưu lượng bơm;
- 4- đồng hồ đo lưu lượng rotamet; 5- bể trộn; 6- bình đặt thiết bị đo pH;
- 7- đầu dò pH; 8- bộ hiển thị và truyền tín hiệu; 9- bộ điều khiển.

### *Thiết bị điều khiển hệ phèn*

Lượng phèn cho vào nước để đạt hiệu quả keo tụ tốt nhất phụ thuộc vào chất lượng nước thô như: nhiệt độ, độ đục, độ màu, hàm lượng các chất hữu cơ v.v..., phụ thuộc vào hiệu quả làm việc của bể trộn, bể phản ứng và bể lắng. Nếu lấy chỉ tiêu là độ trong của nước sau bể lắng để điều chỉnh tự động lượng phèn cho vào nước thì sẽ không thực hiện được vì thời gian từ lúc trộn phèn vào nước đến sau bể lắng thường kéo dài khoảng hai giờ quá trễ để áp dụng hệ điều khiển tự động.

Vì vậy đối với hệ phèn hiện nay chỉ áp dụng: phương pháp keo tụ thử trong phòng thí nghiệm mỗi ngày, mỗi ca để xác định lượng phèn cho vào nước bằng Jarrest.

Thiết bị đo cần bộ đo nồng độ phèn, đồng hồ đo lưu lượng dung dịch phèn đặt trên đường ống đẩy của bơm.

### **16.4.5. Bể lắng**

Thiết bị đo cần thiết: *độ đục của nước sau lắng* (có thể lấy màu theo giờ để đo trong phòng thí nghiệm); *độ đầy của cặn* trong ngăn chứa cặn để xả kịp thời. Điều khiển xả cặn tự động trong bể lắng có thể dựa vào:

- Thiết bị đo nồng độ cặn đặt ở mức cao nhất có thể trong ngăn chứa cặn, khi cặn đạt đến mức đã định, đầu dò báo về bộ điều khiển, điều khiển tự động mở van xả cặn, thời gian xả cài đặt sẵn bằng role thời gian.
- Theo kinh nghiệm và tính toán, dùng tiếp điểm và role thời gian chọn khoảng thời gian giữa hai lần tự động xả cặn, theo thời gian hoạt động của trạm bơm nước thô.

### **16.4.6. Bể lọc**

Điều chỉnh tốc độ lọc, rửa lọc theo tổn thất giới hạn, hoặc theo nồng độ cặn của nước sau lọc xem chương bể lọc.

### **16.4.7. Trạm bơm đợt II**

Ngoài các thiết bị bảo vệ yêu cầu như trạm bơm nước thô, có thể điều khiển tự động theo mực nước trên đài, theo áp lực trên mạng thông qua bộ biến tần số, hoặc điều chỉnh độ đóng mở của van.

### 16.5. CÁC YÊU CẦU KHI THIẾT KẾ

Khi chọn thiết bị và thiết kế hệ điều khiển người kỹ sư phải có bản thuyết minh mô tả tính năng và quy trình hoạt động của các thiết bị và hệ điều khiển được chọn - lập các bản vẽ:

- 1) Sơ đồ quy trình công nghệ theo mặt cắt dọc nối tiếp các công trình.
- 2) Các sơ đồ của quá trình điều khiển.
- 3) Bảng thống kê số lượng và mô tả đặc tính kỹ thuật các thiết bị.
- 4) Sơ đồ vị trí đặt các tủ điều khiển.
- 5) Sơ đồ của các mạch điều khiển và đường liên hệ giữa chúng.
- 6) Bản vẽ và các yêu cầu chi tiết để lắp đặt thiết bị.

# 17

## XỬ LÝ NƯỚC THẢI RỬA LỌC VÀ BÙN THẢI CỦA BỂ LẮNG

---

Ở các nước phương Tây trước năm 1965 và ở Việt Nam trước 1993, nước thải rửa lọc và bùn xả từ bể lắng ra thường xả xuống hạ lưu công trình thu nước. Từ ngày 27-12-1993 Quốc hội Khóa IX nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam kỳ họp thứ tư đã thông qua luật bảo vệ môi trường, riêng đối với nước thải trước khi xả vào nguồn tiếp nhận là nguồn nước mặt và nguồn nước ngầm phải tuân theo tiêu chuẩn ban hành trong quyết định số 229 QĐ/TDC ngày 25-03-1995 của Bộ trưởng Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường. Theo tiêu chuẩn này nước thải từ nhà máy xử lý nước ra nguồn cấp nước được coi là nước thải của các xí nghiệp công nghiệp xả ra các nguồn cấp nước phải đạt tiêu chuẩn loại A, theo đó BOD < 20mg/l, COD < 50mg/l, cặn lơ lửng dưới 50mg/l và các chất độc hại khác dưới mức cho phép. Vì vậy, khi thiết kế, xây dựng và vận hành nhà máy xử lý nước, phải có công trình làm sạch nước rửa lọc, xử lý bùn trước khi thải ra môi trường.

### 17.1. CHẤT LƯỢNG VÀ SỐ LƯỢNG CHẤT THẢI TỪ NHÀ MÁY NƯỚC

Chất thải của nhà máy nước gồm:

- 1) Rác thải sinh hoạt của công nhân vận hành nhà máy, được thu gom vào các thùng đựng rác và được công nhân vệ sinh thu gom và vận chuyển hàng ngày đến nơi tập trung rác của thành phố.
- 2) Nước thải sinh hoạt từ các nhà vệ sinh, nhà ăn, nhà tắm sau khi được xử lý sơ bộ qua bể tự hoại cho xả ra cống dẫn bùn xả của bể lắng.
- 3) Nước xả bùn từ các bể lắng.
- 4) Nước rửa lọc.
- 5) Nước xả rửa cặn từ các bể hòa tan và định lượng hóa chất vào cống xả bùn của bể lắng.

### 17.1.1. Số lượng và chất lượng nước thải rửa lọc

Số lượng nước rửa lọc thường chiếm 2 đến 3% lượng nước thô, 2% về mùa khô nước ít đục và 3% về mùa lũ, khi nước có nhiều cặn và rong rêu.

Chất lượng nước thải rửa lọc phụ thuộc vào chất lượng nước thô và phụ thuộc vào các công đoạn xử lý bằng hóa chất và hiệu quả làm việc của bể keo tụ, bể lắng. Tính chất điển hình của nước rửa lọc, khi xử lý nước thô bằng phèn nhôm đã qua bể lắng thường có các giá trị sau:

Độ đục 150 đến 250 NTU; hàm lượng BOD từ 2 đến 10mg/l; COD từ 30 đến 150mg/l; tổng hàm lượng chất rắn hòa tan từ 0,01 đến 0,05%; pH = 6,7 - 7,5.

Nước rửa lọc chứa nhiều bông cặn nhỏ được tách ra từ bề mặt các hạt cát lọc, có khả năng keo tụ tốt, lắng nhanh. Nếu để lắng tĩnh 30 phút độ đục của nước rửa lọc giảm từ 210 NTU xuống còn 10NTU, để lắng tĩnh 1 đến 2 giờ. Độ đục giảm từ 210 NTU xuống còn 5 NTU, điều đó chứng tỏ trong nước rửa lọc có nhiều nhân keo tụ, nếu tuần hoàn lại bể trộn, các nhân này sẽ góp phần đẩy nhanh quá trình hình thành bông cặn trong bể phản ứng tạo bông cặn. Nồng độ cặn lơ lửng trong nước rửa lọc thường từ 0,01 - 0,04% theo trọng lượng.

### 17.1.2. Số lượng và chất lượng bùn thải từ bể lắng

Số lượng bùn tích lại ở bể lắng sau một ngày tính theo công thức:

$$G = \frac{Q(C_1 - C_2)}{1000}, (\text{kg}), \quad (17.1)$$

trong đó: G - trọng lượng cặn khô (kg);

Q - lượng nước xử lý ( $\text{m}^3/\text{ngày}$ );

$C_2$  - hàm lượng cặn trong nước đi ra khỏi bể lắng lấy bằng  $10\text{g}/\text{m}^3$ ;

$C_1$  - hàm lượng cặn trong nước đi vào bể lắng

$$C_1 = C_0 + K.a_p + 0,25M + B \quad (17.2)$$

$C_0$  - hàm lượng cặn trong nước thô ( $\text{g}/\text{m}^3$ );

$a_p$  - hàm lượng phèn tính theo sản phẩm không ngậm nước ( $\text{g}/\text{m}^3$ );

K - hệ số tạo cặn từ phèn: Đối với phèn nhôm sạch K = 0,55 đối với phèn nhôm sản phẩm kỹ thuật K = 1, phèn sắt K = 0,8;

M - độ mẫu của nước nguồn tính bằng (độ);

B - lượng cặn không tan trong hóa chất kiềm hóa (vôi, soda v.v...).

Tính chất: bùn trong bể lắng gồm cặn lắng, bùn sét, sắt, mangan, canxi, silic, nhôm, sunfat v.v... thành phần của bùn phụ thuộc vào tính chất của nước nguồn, loại và số lượng hóa chất cho vào nước ở bể trộn và bể phản ứng.

Tính chất đặc trưng của bùn khi xử lý nước sinh hoạt theo dây chuyền công nghệ truyền thống gồm:

BOD là  $30 \div 300$  mg/l, COD là  $30 \div 5000$  mg/l, pH là  $6 \div 8$ , tổng chất rắn  $0,1 \div 4\%$ ,  $Al_2O_3$   $15 \div 40\%$ ,  $SiO_2$   $35 \div 75\%$ , cặn hữu cơ  $15 \div 25\%$ .

Tính chất của bùn cặn tạo ra khi làm mềm nước bằng vôi:

$CaCO_3$  là  $85 \div 93\%$ ;  $Ca(OH)_2$  là  $0 \div 1\%$ ;  $Mg(OH)_2$  là  $0,5 \div 8\%$ ;  $SiO_2$  là  $2 \div 5\%$ .

Bùn cặn trong bể lắng rất khó làm khô, nếu đem rải ra đất, bùn sẽ ngăn không cho rễ cây hút nước và không khí, có thể làm chết cây trồng. Trạng thái của hỗn hợp bùn cặn phụ thuộc vào hàm lượng chất rắn chứa trong bùn:

Hàm lượng chất rắn trong bùn (%)	Bùn cặn xử lý bằng phèn	Bùn cặn khi làm mềm nước bằng vôi
0 - 10	Bùn lỏng	Bùn lỏng
10 - 15	Dạng lỏng xệt	Dạng lỏng xệt
15 - 20	Bùn nhão	Bùn nhão
20 - 25	Bùn nhão lẫn cục	Bùn nhão lẫn cục
25 - 30	Bùn đặc mềm	Bùn đặc mềm
30 - 50	Cục khô vụn	Cục khô vụn

Nồng độ và tỷ trọng của bùn trong các công trình xử lý:

- Bùn lắng ở bể lắng ngang khi xử lý nước bằng phèn, dùng cào cặn xả định kỳ hoặc liên tục trong ngày, có nồng độ từ 0,1 đến 0,5% tỷ trọng  $\gamma = 1,012$  t/m<sup>3</sup>.
- Bùn xả từ các bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng nồng độ 0,1 đến 0,5%, tỷ trọng  $\gamma = 1,01$  t/m<sup>3</sup>.
- Bùn ở bể lắng ngang, xả rửa thủ công, ba đến bốn tháng một lần nồng độ bùn từ 3 đến 4%, tỷ trọng  $\gamma = 1,03 \div 1,04$  t/m<sup>3</sup>.
- Bùn chứa trong các hồ nén bùn, nồng độ ban đầu 3 - 4% sau bốn đến sáu tháng nén có nồng độ gần 15%, sau khi tháo hết nước phơi khô một



đến hai tháng, nồng độ có thể đạt 45% tỷ trọng bùn có nồng độ 15%  
 $\gamma = 1,1$ ; nồng độ 30%  $\gamma = 1,25$ ; nồng độ 40%  $\gamma = 1,3$ ; 45%  $\gamma = 1,35$  t/m<sup>3</sup>.

## 17.2. CÁC GIẢI PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI RỬA LỌC VÀ BÙN CẶN

### 17.2.1. Xả nước thải và bùn vào cống thoát nước bản của thành phố

Ở các thành phố có nhà máy xử lý nước thải chung, có thể hợp đồng với công ty thoát nước để xả bùn và nước thải vào hệ thống cống dẫn nước thải chung của thành phố, lượng cặn trong nước thải của nhà máy nước không tạo ra lắng đọng trên mạng lưới cống, không làm tăng đáng kể lượng cặn và đặc biệt là không có ảnh hưởng xấu đến quá trình xử lý sinh học của nhà máy xử lý nước thải. Chi phí cho việc xả nước và bùn thải từ nhà máy nước vào hệ thống cống của thành phố, ví dụ ở nam California tính như sau:

$$\text{Chi phí} = 375 \text{ USD} \times [(0,0034 \text{ gpd}) + (0,115 \text{ COD ppd}) + (0,3595 \text{ SS ppd})]$$

trong đó: gpd - lưu lượng xả tính bằng gallon trong một ngày;

COD ppd - trọng lượng COD xả ra trong một ngày tính bằng pound;

SS ppd - trọng lượng cặn lơ lửng xả ra trong một ngày tính bằng pound.

### 17.2.2. Tuần hoàn lại nước rửa lọc, xả bùn ra hồ cô đặc, nén và phơi khô bùn

#### 1. Tuần hoàn lại nước rửa lọc

Ở các nhà máy nước, nước thô phải bơm từ xa về, nguồn nước thô hạn chế, đất chật thì việc tuần hoàn lại nước rửa lọc là hợp lý và hiện nay đã trở nên phổ biến khi xây dựng nhà máy nước.

Công trình trong hệ thống tuần hoàn nước rửa lọc gồm: bể chứa để điều hòa lượng nước xả khi rửa lọc, máy bơm chìm đặt trong bể điều hòa, bơm nước rửa lọc lên bể trộn.

Khi chọn lưu lượng bơm tuần hoàn dựa vào các điều kiện sau:

#### a. Lưu lượng tuần hoàn

Để đảm bảo khi bơm tuần hoàn làm việc gián đoạn, không ảnh hưởng đến chế độ thủy lực của các công trình xử lý, do tăng hoặc giảm lưu lượng quá mức quy định thì:

$$q_{th} \leq 5\% Q$$

và để đảm bảo bơm hết nước rửa lọc trong 24 giờ

$$q_{th} \geq \frac{W}{24}, (m^3/h),$$

trong đó: W- tổng lượng nước rửa trong một ngày.

**b. Thể tích bể điều hòa lưu lượng rửa**

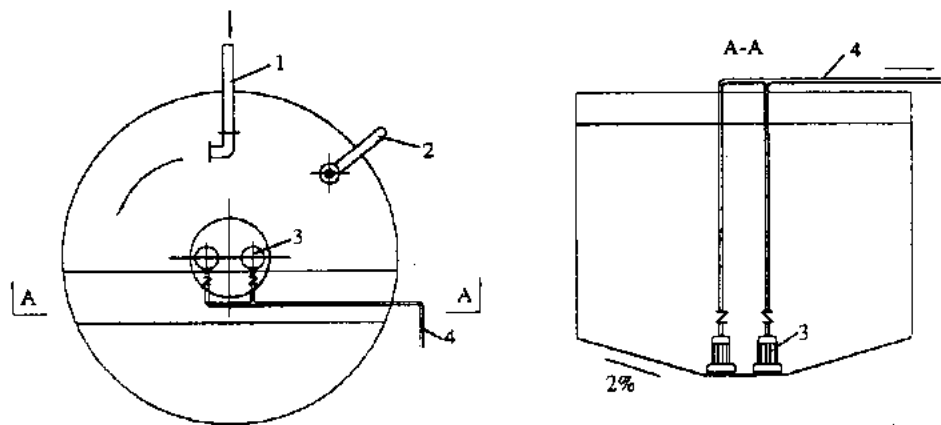
$$V = n V_r - n q_{th} t, (m^3), \tag{17.3}$$

trong đó: n - số bể lọc cần rửa trong một ngày;

$q_{th}$  - lưu lượng bơm tuần hoàn ( $m^3/h$ );

t - thời gian giữa hai lần rửa các bể kế tiếp nhau thường từ 0,45 đến 1 giờ;

$V_r$  - thể tích nước rửa một bể lọc.



**Hình 17.1. Sơ đồ bể điều hòa lưu lượng nước rửa**

- 1- ống xả nước rửa lọc vào bể; 2- ống tràn; 3- máy bơm chìm thoát nước;
- 4- ống dẫn nước lên bể trộn.

- Khi rửa gió nước đồng thời: pha 1 rửa gió + nước, cường độ nước  $2 \text{ l/s m}^2$  rửa trong 5 phút, pha 2 rửa nước cường độ  $5 \text{ l/s m}^2$  trong 5 phút.

$$V_r = \frac{2 \text{ l/sm}^2 \times 60 \text{ s} \times 5}{1000} F + \frac{5 \text{ l/sm}^2 \times 60 \times 5}{1000} F = 2,1F, (m^3),$$

F - diện tích một bể lọc ( $m^2$ ).

- Khi rửa gió trước, nước sau, cường độ nước  $12 \text{ l/s}$  rửa trong 6 phút

$$V_r = \frac{12 \times 60 \times 6}{100q} F = 4,32F, (m^3).$$

- Khi rửa nước thuần túy cường độ  $16 \text{ l/s m}^2$  rửa trong 8 phút

$$W_r = \frac{16 \times 60 \times 8}{1000} F = 7,68F$$

- Bể điều hòa lưu lượng (hình 17.1) thường có cấu tạo dạng tròn, ống dẫn nước rửa vào có miệng xả song song với chu vi bể, khi nước vào tạo thành chuyển động xoay, xói và hòa cặn vào hố thu của bơm.
- Trong quá trình vận hành, người quản lý phải thường xuyên theo dõi lượng cát từ bể lọc theo nước rửa, xả vào bể điều hòa, nếu thấy cát nhiều, phải xem xét lại chế độ rửa lọc, hoặc tăng cao mép máng thu nước rửa lên hoặc giảm cường độ rửa lọc.

### Vi dụ tính toán:

Tính toán bể điều hòa và bơm tuần hoàn nước rửa lọc cho nhà máy nước công suất  $12.000 \text{ m}^3/\text{ngày} = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ , có 5 bể lọc, diện tích 1 bể  $20 \text{ m}^2$ . Rửa lọc bằng gió nước đồng thời, bể lọc ngày rửa một lần, một ngày rửa 5 bể. Thời gian rửa hai bể kế tiếp nhau là 1 giờ, năm bể rửa trong 5 giờ.

### Giải:

- Chọn lưu lượng tuần hoàn

$$q_{th} \leq 5\%Q \leq \frac{500}{20} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Lượng nước rửa trong 1 ngày  $W = n \times 2,1F = 5 \times 2,1 \times 20 = 210 \text{ m}^3$

$$q_{th} > \frac{210}{24} = 8,75 \text{ m}^3$$

Chọn lưu lượng bơm tuần hoàn  $q_{th} = 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Thể tích bể điều hòa tính theo (17.3).

$$V = nV_r - nq_{th} \times t = 5 \times 2,1 \times 20 - 5 \times 15 \times 1 = 135 \text{ m}^3$$

Bể tròn, cao 3m. Diện tích mặt bằng:

$$f = \frac{135}{3} = 45 \text{ m}^2$$

$$D = 7,5 \text{ m}; H = 3 \text{ m}.$$

## 2. Hồ cô đặc, nén và phơi khô bùn

Hồ cô đặc, nén và làm khô bùn phải có dung tích đủ chứa lượng bùn từ nhà máy nước xả ra trong 4 đến 6 tháng mùa lũ.

- Chiều sâu hồ thường chọn  $1,2 - 1,8 \text{ m}$ .
- Đáy hồ có độ dốc  $1 - 2\%$  về phía cửa tháo nước ra.
- Hình dáng mặt bằng của hồ có thể bất kỳ, nhưng tốt nhất là hình chữ nhật, chiều dài lớn hơn bốn lần chiều rộng.

- Thành và đáy hồ lát đá hộc miết mạch xi măng hoặc lát bê tông tấm, miết mạch bằng vữa xi măng atsfan để chống sỏi lở và ngăn không cho nước bản thấm vào nguồn nước ngầm.
- Đáy hồ đổ lớp sỏi cỡ hạt 16 - 32mm, dày 200mm, trong lớp sỏi đặt hệ thống ống khoan lỗ, cấu tạo hình xương cá để rút nước. Trên lớp sỏi đổ hai lớp sỏi nhỏ, lớp thứ nhất đường kính 4 - 8mm, dày 100mm; lớp thứ hai đường kính 1 - 2mm, dày 100mm.

Hệ thống thụ nước làm bằng ống nhựa loại rẻ tiền, vì ống hay bị tắc trít, và khi lấy cạn ra khỏi hồ thường bị phá hỏng, hàng năm phải thay mới. Xây dựng ít nhất là hai hồ, chung quanh hồ phải có đường ô tô có thể đi lại để vận chuyển bùn, tốt nhất cạnh hồ nên có bãi trung chuyển bùn, bùn khô vét từ hồ lên tập trung ở bãi chung chuyển, ô tô lấy bùn từ bãi chung chuyển đem đi chôn lấp.

- Vận tốc nước bùn chảy trong ống dẫn từ cửa xả của bể lắng vào hồ không nhỏ hơn 0,75m/s.
- Diện tích mặt hồ tính theo tải trọng nén bùn trong thời gian 3 - 5 tháng từ 100 kg/m<sup>2</sup> đến 120 kg/m<sup>2</sup> tính theo lượng bùn khô.
- Đầu hồ phía đưa nước bùn vào phải đặt thiết bị để giảm vận tốc nước, tránh xói bùn đã lắng trong hồ.
- Thường xuyên tháo hoặc bơm lớp nước trong trên mặt lớp bùn lắng ra khỏi hồ.

Khi hồ đã chứa đầy bùn cạn, đem bơm chìm đi động, đặt vào hố tập trung nước ở đầu ra, bơm hết nước để làm khô lớp cạn chứa trong hồ, khi trên mặt bùn xuất hiện các vết nứt nẻ sâu 10 - 20cm có thể xúc bùn khô ra ngoài, sau đó chỉnh sửa lại các lớp sỏi đỡ và hệ ống rút nước ở đáy hồ, rồi cho hồ trở lại làm việc.

- Để làm khô cạn có thể xây dựng sân phơi bùn hay sử dụng, máy ép bùn kiểu băng tải, tính toán và chỉ tiêu thiết kế xem tài liệu "Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải" Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2000.

#### Ví dụ tính toán:

Tính toán thiết kế hồ cô đặc, nén và làm khô bùn cho nhà máy xử lý nước cấp cho sinh hoạt công suất 20.000 m<sup>3</sup>/ngày. Nguồn nước sông: độ đục 4 tháng mùa lũ C<sub>o</sub> = 500 mg/l; 8 tháng mùa khô C<sub>o</sub> = 50 - 300 mg/l.

- Liều lượng phèn pha vào nước a = 30 mg/l. Độ màu M = 10 độ.

- Liều lượng phèn vôi để kiểm hóa  $b = 10 \text{ mg/l}$ , lượng cặn không tan  $7 \text{ g/m}^3$ .
- Nhà máy thiết kế bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng, ngày xả cặn 1 lần.

**Giải:**

Lượng cặn khô xả ra hàng ngày tính theo (17.1)

$$G = \frac{Q(C_1 - C_2)}{1000}, (\text{kg})$$

$$Q = 20.000 \text{ m}^3/\text{ngày} \quad C_2 = 10 \text{ g/m}^3$$

$$C_1 = C_0 + Ka_p + 0,25M + B = 500 + 0,55 \times 30 + 0,25 \cdot 10 + 7 = 525 \text{ g/m}^3$$

$$G = \frac{20.000(525 - 10)}{1000} = 10.300 \text{ kg / ngày}$$

Lượng bùn cặn nén trong bốn tháng mùa lũ:

$$G_2 = 4 \times 30 \times 10.300 \text{ kg} = 1.236.000 \text{ kg}$$

Diện tích mặt hồ cần thiết:

$$F = \frac{G_2}{a} = \frac{1.236.000 \text{ kg}}{110 \text{ kg / m}^3} = 11.236 \text{ m}^2$$

Chọn hồ hình chữ nhật: chiều rộng bằng 1/4 chiều dài

$$4B^2 = 11.236 \text{ m}^2 \rightarrow B = 53 \text{ m}; L = 53 \text{ m} \times 4 = 212 \text{ m}$$

- Bùn chứa trong hồ bốn tháng, đến mùa khô, rút nước ra khỏi hồ, để phơi bùn trong ba tháng, nồng độ bùn khô đạt 25%, tỷ trọng bùn  $\gamma = 1,2 \text{ t/m}^3$

Thể tích bùn khô trong hồ

$$V = \frac{G_2}{\gamma} = \frac{1.236}{1,2} = 1.030 \text{ m}^3$$

- Chiều cao bùn khô trong bể

$$h = \frac{1.030}{11.236} = 0,092 \text{ m}$$

Lượng cặn khô xả ra hàng ngày  $G = 10.300 \text{ kg}$ , nồng độ cặn: 0,4% tỷ trọng  $1.011 \text{ t/m}^3$

Trọng lượng dung dịch cặn xả ra hàng ngày

$$G_3 = \frac{10.300 \text{ kg} \times 100}{0,4} = 2.575.000 \text{ kg} = 2575 \text{ tấn}$$

Thể tích bùn loãng xả ra trong 1 ngày:

$$V = \frac{2.575}{1,011} = 2.546,98 = 2.547 \text{ m}^3$$

Chiều cao bùn loãng trong hồ

$$h = \frac{2.547}{11.236} = 0,227 \text{ m}$$

Chiều sâu phần chứa cặn:  $h_{\text{cặn}} = 0,227 + 0,092 = 0,319 \text{ m}$

Nếu chiều sâu của hồ

$$H = h_{\text{day}} + h_{\text{chứa cặn}} + h_{\text{dự trữ}} = 1,5 \text{ m}$$

trong đó:  $h_{\text{đáy}}$  - gồm chiều cao 3 lớp sỏi = 0,4m;

$h_{\text{dự trữ}}$  - gồm chiều cao dự trữ = 0,3m

$$h_{\text{chứa cặn}} = H - h_{\text{đáy}} - h_{\text{dự trữ}} = 1,5 - 0,4 - 0,3 = 0,8\text{m}$$

Hồ có thể chứa cặn trong hai mùa lũ, tức hai năm vét hồ một lần. Trong nhà máy làm hai hồ chiều rộng mỗi hồ  $B = 53\text{m}$

$$\text{Tổng chiều rộng hai hồ} = 2B + 3C = 2 \times 53 + 15 = 121\text{m}$$

C- chiều rộng một làn xe tải = 5m

$$\text{Tổng chiều dài } L = l + 2C = 212 + 10 = 222\text{m}$$

Phải có biện pháp chống rong rêu và muỗi phát sinh trong hồ.

# 18

## QUY HOẠCH VÀ BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC

---

### 18.1. TẦM QUAN TRỌNG CỦA CÔNG VIỆC

Nhà máy xử lý nước là thành phần quan trọng trong hệ thống các công trình cấp và phân phối nước. Nhà máy nước là trung tâm điều khiển để đảm bảo số lượng và chất lượng nước cấp của hệ thống, vì thế công tác quy hoạch và bố trí mặt bằng nhà máy nước, bố trí các công trình phụ trợ là công việc rất quan trọng để cho công tác vận hành là kinh tế nhất và công việc quản lý bảo dưỡng được dễ dàng nhất. Nếu chọn sai vị trí và bố trí sắp xếp các công trình trong nhà máy không hợp lý có thể dẫn đến chi phí lớn trong xây dựng và hao tổn năng lượng trong quá trình vận hành, đôi khi dẫn đến giảm số lượng và chất lượng nước cấp.

### 18.2. CHỌN VỊ TRÍ NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC

#### 18.2.1. Các điều kiện cần xem xét

Khi xem xét chọn vị trí nhà máy xử lý nước phải dựa vào các yếu tố sau:

- 1) Quy hoạch chung cư khu vực cấp nước và hướng phát triển của khu vực.
- 2) Các điều kiện thuận lợi và hạn chế của môi trường xung quanh.
- 3) Các công trình thành phần nằm trong nhà máy xử lý nước.
- 4) Điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn tại khu đất định chọn.
- 5) Tác động của môi trường xung quanh đến nhà máy và tác động của nhà máy đến môi trường xung quanh.

#### 18.2.2. Các điều kiện quy hoạch và cảnh quan môi trường

Đây là nhân tố chính cần xem xét cân nhắc khi tiến hành quy hoạch hệ thống cấp nước cho các thành phố, thị xã, khu công nghiệp lớn, vị trí của nhà máy

nước cần được tính toán cho phù hợp với yêu cầu trước mắt và tương lai, phù hợp với phương hướng và tốc độ phát triển của các khu vực sử dụng nước, xem xét đến khả năng thay đổi chất lượng nguồn nước thô trong tương lai, để chọn vị trí và khu đất có thể dễ dàng xây dựng bổ sung các công trình xử lý mới. Vị trí nhà máy nước phải phù hợp với cảnh quan của môi trường xung quanh và phù hợp với áp lực kinh tế của máy bơm và ống dẫn nước thô, máy bơm và ống dẫn nước sạch.

### 18.2.3. Các công trình thành phần nằm trong nhà máy xử lý nước

Khi chọn mặt bằng khu đất để xây dựng nhà máy nước phải xác định được trước các công trình xử lý cần xây dựng, các công trình phụ trợ cần thiết cho quá trình vận hành bảo dưỡng và quản lý nhà máy, diện tích cần thiết dành cho mỗi công trình đơn vị, hướng phát triển trong tương lai. Sơ bộ có thể xem xét các vấn đề sau:

- a) Công suất của nhà máy - đợt một và các đợt xây dựng trong tương lai.
- b) Dây chuyền xử lý: đợt đầu và trong tương lai khi chất lượng nguồn nước có biến động.
- c) Kho dự trữ hoá chất ở dạng khô hay dạng ướt, phương thức vận chuyển vào kho.
- d) Bể chứa nước xả rửa lọc, tuần hoàn lại hay xử lý để xả ra hạ lưu công trình thu nước.
- e) Xử lý cặn của bể lắng, dùng hồ chứa cặn hay các công trình xử lý cặn cơ giới.
- f) Bể chứa nước sạch đặt trong hay ngoài khu vực nhà máy, công suất và diện tích của bể chứa.
- g) Vị trí của trạm bơm nước thô, trạm bơm nước sạch.
- h. Cung cấp điện: dùng điện của khu vực qua trạm biến thế đặt trong khu vực nhà máy hay đặt ngoài. Nguồn điện dự phòng là điện lưới khu vực hay trạm phát điện diesel kể cả kho chứa nhiên liệu đốt.
- i) Công trình thu nước đặt trong hay ngoài khu vực nhà máy.
- k) Trụ sở Công ty cấp nước các bộ phận kinh doanh và hành chính đặt trong hay ngoài khu vực nhà máy.



Nghiên cứu các vấn đề trên để tính toán sơ bộ diện tích khu vực nhà máy kể cả diện tích mạng lưới đường giao thông nội bộ, đường vào nhà máy, độ dốc đường, mái dốc ta luy, diện tích kho bãi để ống và phục tùng, xưởng sửa chữa nếu cần, diện tích trồng cây cảnh và cây xanh tạo cảnh quan và bảo vệ sinh thái khu vực. Sơ bộ có thể chọn diện tích xây dựng nhà máy nước theo bảng (18.1).

**Bảng 18.1.** Diện tích cần thiết để xây dựng nhà máy nước theo dây chuyền công nghệ truyền thống không kể diện tích bể chứa nước sạch, hồ chứa và nền cạn của bể lắng, không kể diện tích khu nhà hành chính của Công ty cấp nước

Công suất nhà máy xử lý nước x 1000 m <sup>3</sup> /ngày	Diện tích xây dựng cần thiết tính theo (ha)
Nhỏ hơn 5	1
5 đến 20	2
21 đến 35	3
36 đến 50	4
Lớn hơn 50	Phụ thuộc vào các yêu cầu cụ thể

#### 18.2.4. Các điều kiện địa hình địa chất, thủy văn

Các điều kiện địa hình, địa chất và thủy văn cần xem xét là:

##### 1. Quan hệ giữa công trình thu, trạm bơm nước thô, nhà máy xử lý và hệ thống mạng lưới phân phối nước

- Ở các nhà máy xử lý nước ngầm: nguồn nước thô lấy từ các giếng mạch sâu nên chọn vị trí đặt nhà máy nước nằm giữa hoặc càng gần khu vực bãi giếng khai thác càng tốt.

Vì: - Giảm được áp lực đẩy của các bơm chìm đặt trong giếng.

- Ống dẫn nước thô ít bị tắc, trit do lắng đọng cát và cặn sắt.

- Ở các nhà máy lấy nước mặt: vị trí nhà máy nước có thể đặt cùng khu vực với trạm bơm nước thô hoặc đặt ở quãng giữa trạm bơm nước thô và mạng lưới phân phối, tùy thuộc vào điều kiện địa hình và áp lực đẩy cho phép của trạm bơm nước thô và trạm bơm nước sạch, vì khi tăng áp lực ở trạm bơm lên lớn hơn 70m, đường ống ngoài trạm bơm phải chịu áp lực làm việc lớn hơn 6 kg/cm<sup>2</sup> phải chọn ống có chất lượng cao hơn, giá thành tăng cao.

## 2. Điều kiện thủy lực

Cao độ và địa hình khu vực đặt nhà máy xử lý nước tốt nhất là thoả mãn điều kiện nước tự chảy từ công trình đầu đến công trình cuối mà ít phải đào, đắp, độ dốc tự nhiên của khu đất có thể tạo ra độ chênh từ 4,5 đến 7m là tốt nhất. Nếu có các đồi để đặt nhà máy nước, với đủ diện tích mặt bằng và đường dẫn lên nhà máy có độ dốc không quá 9%, có độ cao đủ để nước tự chảy vào mạng lưới và áp lực trạm bơm nước thô không vượt quá  $7 \text{ kg/cm}^2$  thì nên chọn các vị trí này.

## 3. Đường vào nhà máy

Nhà máy nước nên đặt ở khu vực có đường giao thông thuận tiện, ít phải làm đường mới, và đường mới làm phải phù hợp với quy hoạch mạng lưới giao thông của khu vực, thuận tiện cho việc vận chuyển nguyên vật liệu khi xây dựng và vận chuyển hoá chất, thiết bị khi quản lý vận hành sau này.

## 4. Bảo vệ chống lũ lụt

Cao độ khu vực đặt nhà máy nước luôn phải cao hơn cốt đỉnh lũ 100 năm xảy ra một lần.

## 5. Điều kiện địa chất và cao độ mực nước ngầm

Khi chọn vị trí nhà máy nước nên tránh những khu đất có mực nước ngầm cao, là bãi lấp của đầm lầy trước đây, hoặc các bãi đá học, đá tảng, để tiết kiệm tiền đầu tư xây dựng nhà máy.

## 6. Điều kiện cung cấp điện và dịch vụ điện thoại

Vị trí đặt nhà máy nước nên chọn ở khu vực gần đường điện quốc gia hoặc lưới điện khu vực và có đường cáp điện thoại đi gần để giảm kinh phí xây dựng.

### 18.2.5. Đánh giá tác động môi trường

Khi lựa chọn địa điểm nhà máy xử lý nước phải xem xét các vấn đề môi trường sau:

#### 1. Tác động của nhà máy nước đến môi trường xung quanh

- Tiếng ồn và bụi, ảnh hưởng đến đất, rác thải ra khu vực chung quanh khi xây dựng nhà máy.

- Bụi của vôi, độ an toàn khi vận chuyển và định lượng clo đến môi trường xung quanh trong quá trình quản lý vận hành nhà máy, ảnh hưởng của tiếng ồn của máy bơm, máy gió trong quá trình quản lý vận hành nhà máy.
- Ảnh hưởng của nước thải, bùn thải của nhà máy đến cây trồng và nguồn nước của khu vực chung quanh.

## 2. Ảnh hưởng của môi trường bên ngoài đến nhà máy

- Các loại khói bụi sinh hoạt và công nghiệp ảnh hưởng đến nhà máy.
- Ảnh hưởng của các loại rác thải và nước thải của khu vực chung quanh.
- Độ rung của xe tải và các máy móc lớn khi xây dựng và khai thác khu vực xung quanh.
- Điều kiện địa chấn và động đất.
- Theo quy định của luật môi trường Việt Nam, việc chọn vị trí công trình thu, vị trí nhà máy xử lý nước phải có báo cáo đánh giá tác động môi trường và báo cáo phải được các cấp có thẩm quyền phê duyệt.

## 18.3. BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC

### 18.3.1. Các tài liệu cần có

Khi bố trí mặt bằng nhà máy nước phải dựa vào các tài liệu sau:

- Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước đã được chọn và các công trình bổ xung cần thiết (nếu có) trong tương lai.
- Kinh nghiệm model đơn nguyên các công trình xử lý phục vụ cho các đợt xây dựng phát triển nâng công suất nhà máy.
- Hệ thống ống, máng dẫn và phân phối để đảm bảo phân phối và thu đều nước giữa các bể lắng, và giữa các bể lọc với nhau.
- Sơ đồ đường ống dẫn nước giữa các công trình, sơ đồ hệ thống ống dẫn hóa chất, hệ thống cấp điện và điện thoại, mạng lưới thoát nước nội bộ.
- Các yêu cầu và các công trình phục vụ khác như : kho hóa chất, bãi để vật liệu, đường giao thông và vận chuyển nội bộ, nhà điều hành trung tâm, hồ lắng và xử lý cặn, nước thải.

### 18.3.. Các yêu cầu khi bố trí mặt bằng nhà máy xử lý nước

a) Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước và trắc dọc cao trình mực nước trong các công trình xử lý kế tiếp nhau theo chiều nước chảy

Sơ đồ dây chuyền công nghệ và trắc dọc cao độ mực nước phải thể hiện được các nội dung sau :

- 1- Tất cả các trình trong dây chuyền xử lý phải được thể hiện đầy đủ và chính xác theo trình tự kế tiếp nhau.
- 2- Đường ống kỹ thuật nối các công trình theo chiều nước chảy.
- 3- Đường ống dẫn hóa chất và điểm cho hóa chất vào trộn với nước.
- 4- Vị trí của các đồng hồ đo lưu lượng, đo áp lực và lấy mẫu kiểm tra chất lượng nước.
- 5- Vị trí của các trạm bơm, máy thổi gió.
- 6- Trên sơ đồ cao trình ghi rõ cốt cao độ mực nước cốt đỉnh, cốt đáy của từng công trình đơn vị, làm cơ sở cho công tác san nền và thoát nước khi thiết kế mặt bằng nhà máy (xem hình 18.1).

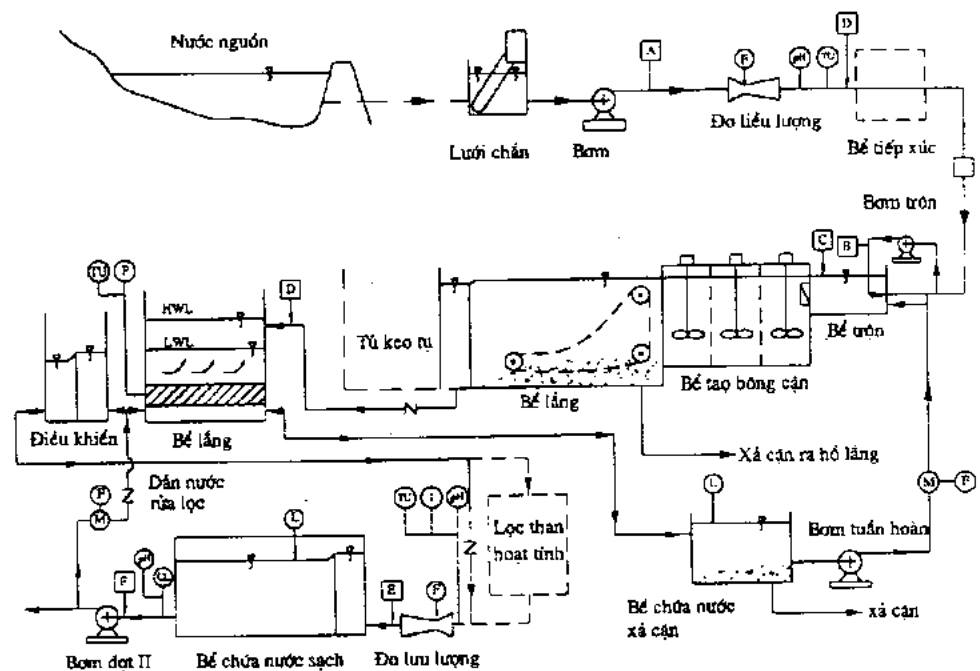
b) Bố trí đầy đủ lối đi để kiểm tra, vận hành và quản lý tất cả các công trình đơn vị trong nhà máy nước cụ thể

- 1- Lối đi và chỗ đủ rộng để đóng mở, thay thế phụ tùng van, khóa và thiết bị, chỗ nâng cầu khi sửa chữa.
- 2- Lối đi bao quanh bể lọc, bể lắng, bể phản ứng tạo bông cần chiều rộng tối thiểu 700mm và phải có lan can tay vịn làm bằng bê tông hoặc thép không gỉ.
- 3- Các thang và bậc thang lên công trình phải có chiều rộng tối thiểu 750mm, chiều rộng mỗi bậc 190 - 250mm.
- 4- Nhà đặt máy phát điện dự phòng và kho nhiên liệu phải ở xa trung tâm điều khiển vận hành để tránh tiếng ồn và có khoảng cách ly phòng cháy an toàn.
- 5- Bố trí các điểm lấy nước áp lực ở những vị trí hợp lý để cọ rửa bể lắng, bể lọc, bể tạo bông và cọ rửa lối đi.
- 6- Bố trí bãi để chứa vật liệu lọc khi cần thay thế.
- 7- Các mương đặt ống hóa chất, cấp điện, ống nước kỹ thuật phải có độ dốc thoát nước tốt để thoát ra hệ thống cống.

c) Có đủ đất dự phòng cho các đợt phát triển trong tương lai.

d) Các đường ống dẫn hóa chất nên bố trí để có chiều dài ngắn nhất và không bị gấp khúc, nên bố trí trong một mương dẫn chung cho cả hệ ống phục vụ.

Để thực hiện được quy định này, nên bố trí nhà pha định lượng hoá chất gần với bể trộn. Đầu các ống dẫn hoá chất phải được nối với đường ống kỹ thuật dẫn nước áp lực, để thổi xả thông tắc ống khi cần (nhất là ống dẫn với sữa).



Hình 18.1. Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước (ví dụ)

Ghi chú : — các công trình xây dựng đợt 1

----- công trình có thể bổ xung trong tương lai

A - hóa chất để oxy hóa sơ bộ có thể là clo, ozôn;

B - Phèn;

C: chất kiềm hóa

D: Chất hấp phụ có thể là bột than hoạt tính;

E - clo sát trùng

e) Các công trình vệ sinh như: ống dẫn bùn cặn, bể xí tự hoại, nhà vệ sinh phải kín nước, và đặt xa các công trình xử lý.

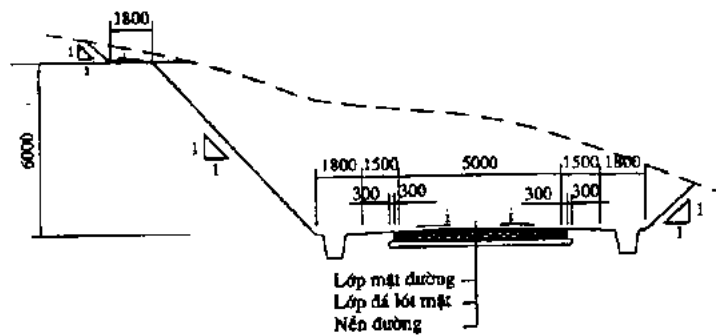
Trong nhà máy phải bố trí đủ nhà và thiết bị vệ sinh phục vụ cho người vận hành và quản lý, ở những nhà máy lớn phải có nhà vệ sinh phục vụ khách tham quan.

### 18.3.3. Các công trình phụ trợ

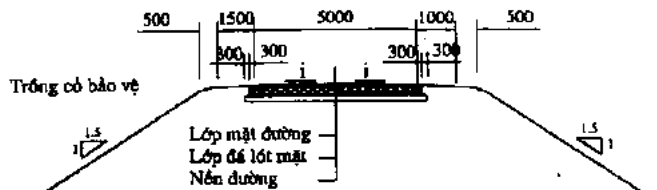
#### 1. Đường quản lý

Đường đi vào nhà máy và đường giao thông trong nội bộ nhà máy phải là đường nền đá, mặt tráng nhựa hay bê tông. Đường chính đi vào nhà máy phải có chiều rộng lòng đường 5m, dọc hai bên đường để chiều rộng 1,5m mỗi bên làm thảm cỏ. Độ dốc mặt đường phải nhỏ hơn 9%. Đường giao thông trong nội bộ nhà máy và đường ra công trình thu nước có chiều rộng lòng đường 4m. hai bên lề đường đặt các tấm bó vỉa bằng bê tông đúc sẵn để ngăn cản lòng đường và thảm cỏ hai bên, tạo điều kiện tốt cho việc thu và thoát nước mưa ở mặt đường.

Tất cả các công trình trong nhà máy phải đặt cách mép bó vỉa hai bên đường ít nhất một mét. Đường nội bộ có bán kính quay 15m và lớn hơn tùy thuộc vào chiều dài xe tải chở ống, phụ tùng thiết bị và hóa chất. Tại điểm kết thúc của đường phải có bãi đủ rộng để quay xe. Ta luy hai bên đường ở các đoạn đào hoặc đắp phải được trồng cỏ dày mịn để giữ đất, chống xói lở và tạo cảnh quan. Hình (18.2) giới thiệu mặt cắt ngang điển hình của đường.



Mặt cắt ngang đường ở đoạn phải đào



Mặt cắt ngang đường ở đoạn phải đắp

Hình 18.2. Mặt cắt ngang của đường

## 2. Nhà và bãi để xe

Trong nhà máy nước phải có nhà để xe đạp, xe máy của cán bộ công nhân vận hành và bãi để xe cho khách là cán bộ cấp trên xuống làm việc, cán bộ kiểm tra của các ngành liên quan như : vệ sinh dịch tễ, môi trường, điện lực và của khách tham quan.

## 3. Trồng cây tạo cảnh quan

- Trồng cỏ cây cảnh ở tất cả các bãi trống (trừ bãi để vật liệu lọc, sân bóng chuyền, cầu lông, tennis) để chống bụi và tạo cảnh quan sạch, đẹp.
- Trồng cây hai bên đường vào và đường đi chính trong nhà máy lưu ý không cho lá rụng, quả rụng rơi và các công trình xử lý và kho chứa hóa chất.
- Có sân bãi trước nhà điều hành để trồng cột cờ, và tổ chức mít tinh khi cần.

## 4. Hệ thống thoát nước mưa

Các bãi cỏ, bãi để vật liệu và mặt đường phải có độ dốc để nước mưa chảy đến cửa thu của hệ thống thoát nước mặt, đặt dọc theo đường hoặc cắt ngang các bãi. Khoảng cách giữa các hố thăm trên hệ thống thoát nước không được lớn hơn 40m. Các hố thăm phải được đậy kín bằng tấm đan bê tông hoặc nắp gang đúc sẵn. Độ dốc tối thiểu của cống thoát là 0,5%.

Khi cống thoát nước có độ dốc lớn hơn 30% phải làm giếng chuyên bậc và hệ máng tiêu năng để giảm bớt lực xói lở của dòng chảy. Nước mưa được xả ra hồ lắng bùn hoặc vào suối, mương dẫn xuống phía hạ lưu công trình thu nước. Cống dẫn dung dịch bùn xả từ bể lắng ra, ống dẫn nước xả rửa lọc, nước xả khi tháo khô các công trình phải được thiết kế tuân theo các điều chỉ dẫn trong thiết kế mạng lưới ống thoát nước bản.

## 5. Mạng lưới ống cấp nước

Trong nhà máy nước phải có mạng lưới cung cấp nước kỹ thuật và sinh hoạt. Nước sạch lấy từ bể chứa hoặc đài chứa nước rửa lọc cấp cho các nhu cầu : pha hóa chất, làm vệ sinh các công trình xử lý, cấp cho các nhà vệ sinh và sinh hoạt ăn uống tắm rửa của công nhân quản lý vận hành.

Trên mạng cấp nước đặt các họng lấy nước cứu hỏa  $\Phi 100$  theo yêu cầu và tiêu chuẩn phòng chữa cháy của cơ quan cứu hỏa địa phương. Mạng ống cấp

nước trong nhà máy có thể làm bằng ống sắt tráng kẽm, ống gang dẻo, hoặc ống nhựa.

## 6. Cổng và hàng rào bảo vệ

Hàng rào bảo vệ chung quanh nhà máy cao hơn 2,5m đỉnh hàng rào có móc thép nhọn chống vượt tường cả hai phía từ ngoài vào và từ trong ra. Nếu trụ sở công ty và bộ phận kinh doanh, hành chính đóng trong khu vực nhà máy nước thì phải xây tường cách ly giữa hai khu vực, tường cao từ 1,5m trở lên, chỉ để một cửa thông giữa hai khu có chiều rộng  $B \leq 3m$ . Cổng vào nhà máy làm hai cửa: cửa chính rộng 5m để xe ô tô đi qua và cửa bên rộng 1m để công nhân đi ra vào trong các ngày làm việc. Cảnh cổng chính có nhà thường trực, bảo vệ, nên có nhà vệ sinh gần cạnh nhà bảo vệ.

### 18.3.4. Hệ thống cấp điện và thông tin liên lạc

Trạm biến thế điện nên đặt gần trạm bơm nước sạch là công trình có công suất tiêu thụ điện lớn nhất, có vị trí thuận tiện và an toàn để dẫn cáp cao thế từ ngoài vào, có khoảng cách ly bảo vệ và đường vào kiểm tra an toàn do Sở điện lực quy định.

Nhà máy nước phải có nguồn điện dự phòng, nếu không phải có trạm máy phát diesel riêng. Hệ thống cột điện chiếu sáng trong và xung quanh nhà máy được thiết kế theo tiêu chuẩn nhà máy sản xuất công nghiệp. Trong nhà máy nước phải có mạng lưới điện thoại nội bộ qua tổng đài, đảm bảo liên lạc tốt nhất với bên ngoài và giữa các bộ phận với nhau.

### 18.3.5. Nhà quản lý điều hành

Nhà quản lý điều hành đặt trong nhà máy nước để thực hiện các nhiệm vụ sau.

- Quản lý và phối hợp vận hành giữa các công trình xử lý
- Điều hành về mặt hành chính các hoạt động của nhà máy
- Quản lý kỹ thuật thuộc lãnh vực xử lý nước
- Là công trình có khả năng tạo dáng kiến trúc, mỹ quan cho nhà máy.

Trong nhà điều hành thường có các phòng sau:



- Tiền sảnh nơi trưng bày mô hình, nội quy và các chỉ dẫn cần thiết của nhà máy, là nơi tập kết, chờ đợi của khách từ ngoài đến làm việc và khách tham quan. Trước tiền sảnh nên có sân và có vị trí để cột cờ.
- Các phòng phục vụ công tác quản lý: như hành chính, kỹ thuật, lưu trữ v.v..
- Phòng thí nghiệm.
- Kho để thiết bị chuyên dùng.
- Xưởng sửa chữa thiết bị, phụ tùng.
- Nhà vệ sinh nam, nữ.

Diện tích các phòng bố trí trong nhà điều hành có thể tham khảo số liệu trong bảng (18.2).

**Bảng 18.2.** Diện tích yêu cầu của các phòng bố trí trong nhà điều hành (tính bằng m<sup>2</sup>)

Công suất nhà máy (m <sup>3</sup> /ngày)	Tiền sảnh	Hành chính	Phòng thí nghiệm	Kho	Xưởng cơ điện	Phòng thư viện, lưu trữ	Phòng kỹ thuật	Phòng họp	Phòng trực giao ca
Nhỏ hơn 5.000	15	10	15	10	20	10	10	20	15
5.000-30.000	20	10	20	15	25	10	15	20	15
31.000-50.000	30	15	30	15	35	15	15	25	20

Nhà tắm và phòng vệ sinh bố trí theo tầng nhà

### 18.3.6. Nhà hoá chất

Các nhà kho dự trữ hoá chất, gian đặt các bể pha và thiết bị định lượng cho mỗi loại hoá chất, nên có vách ngăn cách biệt nhau và có đường xe vận chuyển vào riêng biệt cho từng loại hoá chất. Nhà hoá chất nên đặt cạnh bể trộn, cuối hướng gió, có các thiết bị an toàn chống cháy nổ thích hợp.

### 18.3.7. Bể chứa nước rửa lọc, bể lắng bùn

Bể chứa để tuần hoàn lại nước rửa lọc nên đặt gần cụm xử lý, bể lắng cận xả từ các công trình xử lý ra nên đặt ra ngoài hàng rào nhà máy và có cửa xả ra suối hoặc kênh dẫn xuống hạ lưu công trình thu nước.

## 18.4. TRẠM BƠM ĐỢT II VÀ BỂ CHỨA NƯỚC SẠCH

### 18.4.1. Bể chứa nước sạch

Nước dùng để rửa bể lọc, pha hoá chất, phục vụ vệ sinh, dự trữ cứu hoả, được chứa trong bể chứa nước sạch hoặc đài nước rửa lọc. Thể tích nước cần thiết cho tiếp xúc khử trùng, dung tích nước điều hoà cho mạng lưới được chứa trong bể chứa nước sạch, dung tích và vị trí của bể chứa nước sạch được xác định theo yêu cầu chung của toàn hệ thống cấp nước. Nếu bể chứa nước sạch đặt trong khu vực nhà máy nước thì nên đặt gần bể lọc và gần trạm bơm đợt II. Cốt mực nước trong bể chọn phù hợp với điều kiện địa hình, cao độ mực nước ngầm và có thể tự mồi cho các máy bơm đợt II.

### 18.4.2. Trạm bơm đợt II

Trạm bơm đợt II thường được thiết kế để đặt các máy bơm, phân phối nước ra mạng tiêu thụ, bơm nước rửa lọc, bơm nước kỹ thuật, máy gió rửa lọc và các tủ điều điện điều khiển v.v...

Thiết kế bố trí các máy bơm, thiết kế trạm bơm phụ thuộc vào số lượng, kích thước của bơm, đáp ứng việc phân phối nước theo yêu cầu về công suất và độ tin cậy (xem trang tài liệu thiết kế và vận hành trạm bơm).

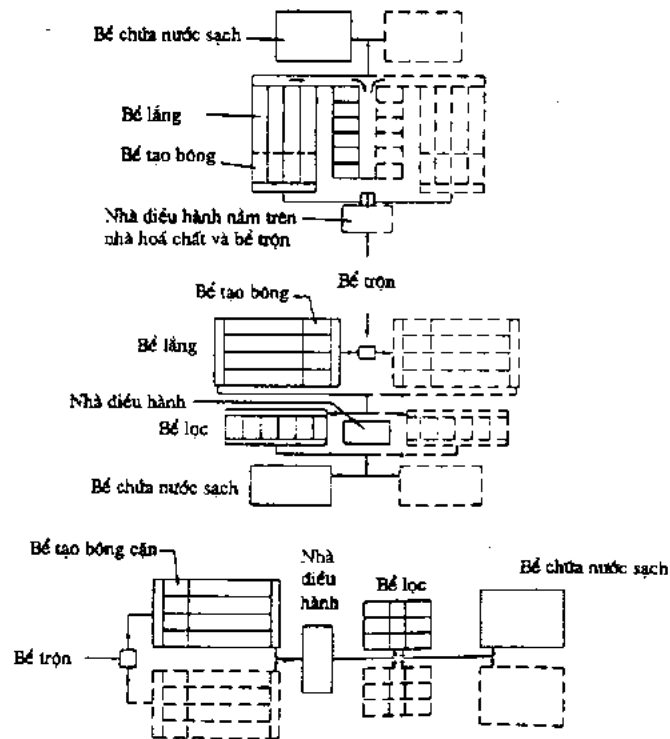
Khi bố trí vị trí trạm bơm đợt II trong nhà máy xử lý nước nên xét các yêu cầu sau :

- Diện tích choán chỗ và chiều cao của trạm bơm.
- Cao độ trục bơm so với cốt mực nước thấp nhất trong bể chứa.
- Cốt nền trạm bơm.
- Chọn vị trí trạm bơm thuận tiện và an toàn cho việc bố trí các tuyến cáp điện, ống hút và ống đẩy, chừa hành lang sửa chữa thiết bị trên ống.
- Lối vào và cửa đủ rộng để xe tải có thể tiếp cận trạm bơm. Khi cần tháo dỡ bốc xếp máy bơm và phụ tùng trong quá trình sửa chữa và thay thế các bộ phận của trạm bơm.
- Trước trạm bơm phải có vị trí để đặt các thiết bị hoặc tháp chống va.
- Trạm bơm phải có không gian dự trữ cho các đợt phát triển trong tương lai.
- Trạm bơm và nhà điều hành là hai công trình tạo dáng kiến trúc và cảnh quan chung cho nhà máy xử lý nước.

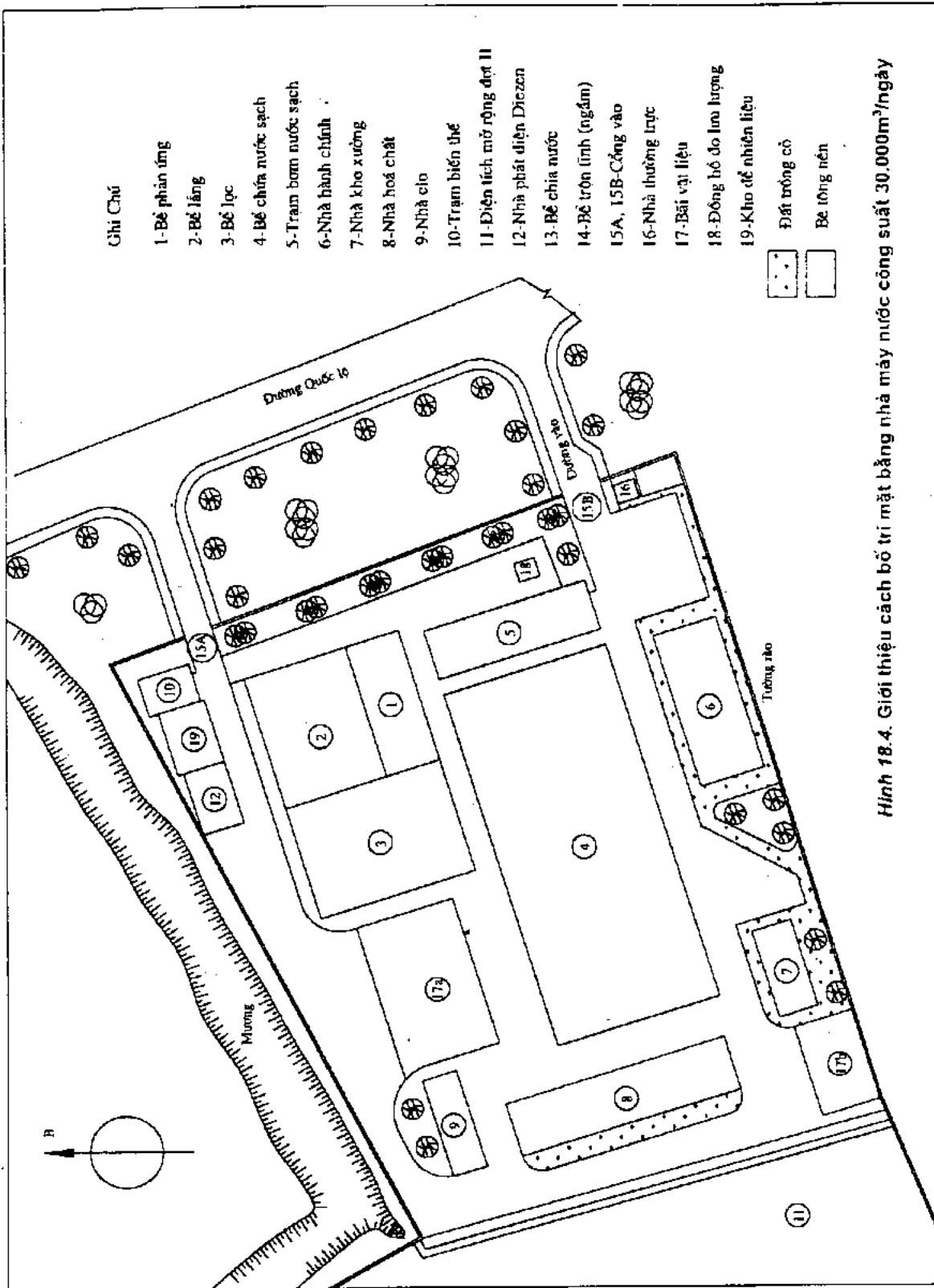
### 18.5. TÓM TẮT CÁC YÊU CẦU BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY NƯỚC

Khi bố trí mặt bằng nhà máy nước nên xem xét tám yêu cầu cơ bản sau:

- *Thứ nhất:* Kinh phí chuẩn bị mặt bằng là ít nhất, kết cấu móng công trình bền vững và ít tốn kém, công tác đào đắp là ít nhất.
- *Thứ hai:* Thi công dễ dàng nhất, tránh đặt đường ống quá sâu và cắt ngang các công trình.
- *Thứ ba:* Tự động phân phối để lưu lượng nước vào các đơn nguyên của công trình.
- *Thứ tư:* Các công trình dễ dàng liên hệ với nhau và có thể tập trung điều khiển, quan sát các công trình trong hệ thống
- *Thứ năm:* Các công trình có tải trọng khác nhau phải có khoảng cách an toàn chống lún lệch, nút võ công trình.
- *Thứ sáu:* Bố trí giao thông nội bộ hợp lý thuận tiện trong khai thác, an toàn khi có sự cố khắc phục nhanh hậu quả.



Hình 18.3. Sơ đồ bố trí cụm xử lý nước trong nhà máy



Hình 18.4. Giới thiệu cách bố trí mặt bằng nhà máy nước công suất 30.000m<sup>3</sup>/ngày

- *Thứ bảy:* Phù hợp với điều kiện khí hậu, có đủ đất để phát triển trong tương lai.
- *Thứ tám:* Có kiến trúc và cảnh quan phù hợp với kiến trúc và cảnh quan môi trường xung quanh, tuân theo luật bảo vệ môi trường trên.

Hình (18.3) giới thiệu ba cách bố trí mặt bằng cụm xử lý trong nhà máy nước. Hình (18.4) giới thiệu cách bố trí mặt bằng nhà máy nước công suất 30.000m<sup>3</sup>/ngày.

## PHỤ LỤC

### ĐỘ HÒA TAN, TRỌNG LƯỢNG PHÂN TỬ, ĐƯƠNG LƯỢNG GAM CỦA MỘT SỐ CHẤT THƯỜNG GẶP TRONG CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

Tên gọi	Công thức hóa học	Trọng lượng phân tử	Đương lượng gam	Trọng lượng niêng	Độ hòa tan của chất tinh bảng gam trong 100 g dung dịch nước
Nhôm	Al	26,97	-	2,7	Hòa tan trong môi trường kiềm, axit HCl và H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Không hòa tan trong các axit nitơ
Hydroxit nhôm	Al(OH) <sub>3</sub>	77,99	25,996	2,423	1,5.10 <sup>-4</sup> (ở 20°C)
Sunfat nhôm (không ngậm nước)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	342,15	57,62	2,7	26,6 (20°C)
Sunfat nhôm (ngậm 18.H <sub>2</sub> O)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .18H <sub>2</sub> O	666,42	111,07	1,52	26,6 (20°C)
Kali nhôm	KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .12H <sub>2</sub> O	474,45	158,15	1,751	5,7 (20°C)
Amoniac	NH <sub>3</sub>	17,032	17,032	0,638	1 g nước (khi 20°C áp lực 760 mm Hg hòa tan 0,526 g amoniac)
Bari	Ba	137,36	-	3,6	phân hủy nước
Hydroxit bari	Ba(OH) <sub>2</sub> .8H <sub>2</sub> O	315,5	157,75	1,66	3,36 tính theo oxit bari (20°C)
Sunfat bari	Ba(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	233,5	116,75	4,5	2,3.10 <sup>-4</sup> (18°C)
Cacbonat bari	BaCO <sub>3</sub>	197,4	98,7	4,3	1,62.10 <sup>-4</sup> (18°C)
Sắt	Fe	55,84	-	7,86	hòa tan trong axit loãng
Hydroxit sắt hai	Fe(OH) <sub>2</sub>	89,86	44,93	3,4	9,6.10 <sup>-3</sup> (18°C)
Hydroxit sắt ba	Fe(OH) <sub>3</sub>	106,86	35,62	-	4,8.10 <sup>-8</sup> (18°C)
Sunfat sắt hai	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	287,02	139,01	1,89	2 (18°C)

Tên gọi	Công thức hóa học	Trọng lượng phân tử	Đương lượng gam	Trọng lượng riêng	Độ hòa tan của chất tinh bằng gam trong 100 g dung dịch nước
Sunfat sắt ba	$\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$	399,89	60,55	3,1	-
Clorua sắt hai	$\text{FeCl}_2$	126,76	63,38	2,99	34,8 (20°C)
Clorua sắt ba	$\text{FeCl}_3$	162,22	54,07	2,8	47,9 (20°C)
-	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	270,32	90,1	-	47,9 (20°C)
Kali	K	39,104	-	0,86	phân hủy nước
Nitrat kali	$\text{K}_2\text{NO}_3$	101,11	101,11	2,1	24 (20°C)
Hydroxit kali	KOH	56,11	56,11	2,12	51,7 (15°C)
Sunfat kali	$\text{K}_2\text{SO}_4$	174,27	87,135	2,67	10,08 (20°C)
Clorua kali	KCl	74,56	74,56	1,989	25,5 (20°C)
Canxi	Ca	40,07	-	1,55	phân hủy nước
Sunfat canxi	$\text{CaSO}_4$	136,14	68,07	2,97	$20,2 \cdot 10^{-2}$ (18°C)
Thạch cao	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	172,16	86,08	2,32	$20,2 \cdot 10^{-2}$ (18°C)
Carbonat canxi	$\text{CaCO}_3$	100,7	50,04	2,71	$1,3 \cdot 10^{-3}$ (18°C)
Photphat canxi	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	310,29	51,71	-	-
Hydroxit canxi	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	74,09	37,05	2,08	12,3 tính theo CaO (20°C)
Silicat canxi	$\text{CaSiO}_3$	116,13	58,07	2,92	không hòa tan
Hydrocacbonat canxi	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	162,12	81,06	-	-
Magie	Mg	24,32	-(12,16)	1,74	-
Hydroxit magie	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	58,34	29,17	2,36	$8,4 \cdot 10^{-4}$ (18°C)
Sunfat magie	$\text{MgSO}_4$	120,39	60,19	2,66	26,6 (20°C)
-	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,50	123,25	1,68	26,6 (20°C)
Clorua magie	$\text{MgCl}_2$	95,24	47,72	-	-
Oxit magie	MgO	40,32	20,16	-	-
Natri	Na	23	(23)	0,97	phân hủy nước

Tên gọi	Công thức hóa học	Trọng lượng phần tử	Đương lượng gam	Trọng lượng riêng	Độ hòa tan của chất tinh bằng gam trong 100 g dung dịch nước
Xút	NaOH	40,01	40,01	-	51,7 (15°C)
Hydrocacbonat natri	NaHCO <sub>3</sub>	84,01	84,01	2,21	8,76 (20°C)
Cacbonat natri	NaCO <sub>3</sub>	106	53	2,5	17,8 (20°C)
-	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .10H <sub>2</sub> O	286,16	143,08	1,5	17,8 (20°C)
Sunfat natri	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142,07	70,03	2,67	16,1 (20°C)
Silicat natri	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	122,06	61,03	2,4	hòa tan mạnh
Photphat natri	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> .12H <sub>2</sub> O	380,23	126,74	1,63	9,51 (15°C)
Muối ăn	NaCl	58,46	58,46	2,17	36,13 (25°C)
Bạc	Ag	107,88	-(107,88)	10,5	-
Clorua bạc	AgCl	143,34	143,34	5,66	1,54.10 <sup>-4</sup> (21°C)
Clo	Cl <sub>2</sub>	70,91	35,46	2,49	1 thể tích nước 4,5 thể tích clo
Axit clohydric	HCl	36,47	36,47	1,269	-
Permanganat kali	KMnO <sub>4</sub>	158,08	158,04	2,703	6,0 (20°C)
Sunfat đồng	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	249,72	124,86	2,99	16,2 (15°C)
Axit sunfuric	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98,08	49,04	-	-
Ion cacbonat	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	60,01	30,01	-	-
Ion hydrocacbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61,02	61,02	-	-
Cacbonic	CO <sub>2</sub>	44,01	22,01	-	-



# TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. CẤP NƯỚC MẠNG LƯỚI BÊN NGOÀI VÀ CÔNG TRÌNH  
Tiêu chuẩn thiết kế 20 TCN.33.85.
2. *Trịnh Xuân Lai*  
TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH TRONG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC SẠCH.  
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
3. *Trịnh Xuân Lai (chủ biên), Đồng Minh Thu*  
XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO SINH HOẠT VÀ CÔNG NGHIỆP.  
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1988.
4. *Nguyễn Công Thành*  
XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN.  
Hà Nội, 1992.
5. *Nguyễn Ngọc Dung*  
XỬ LÝ NƯỚC CẤP  
Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1999.
6. *Trần Hiếu Nhuê, Trần Đức Hạ, Đỗ Hải, Ứng Quốc Dũng, Nguyễn Văn Tín*  
CẤP THOÁT NƯỚC.  
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1996.
7. *Nguyễn Thị Thu Thủy*  
XỬ LÝ NƯỚC CẤP SINH HOẠT VÀ CÔNG NGHIỆP  
Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
8. *Klatrocô B.A, Apenxin U.E.*  
OTRISTKA PRIROTNUX VOD  
Moxkva, 1970.
9. *Minx D.M.*  
TEORITRECSKA OSNOVA TECHNOLOGI OTRISKA VOĐU  
Moxkva, 1964.

10. DEGREMONT WATER TREATMENT HAND BOOK  
1991 Sixth Edition.
11. *Susumu Kawamura*  
INTEGRATED DESIGN OF WATER TREATMENT.
12. *Japan water works Association*  
DESIGN CRITERION FOR WATER WORKS FACILITIES  
1969.
13. *Prof. dr-ing HJ Pöpel*  
AERATION AND GAS TRANFER  
Technische universiteit Delft, 1986.
14. *Prof Ir L. Huisman*  
RAPOD FILTRATION  
Technische universiteit Delft, 1986
15. *Prof L. Huisman*  
SEDIMENTATION AND FLOTATION  
Delft universiteit of Technische, 1986.
16. *Mc. Graw*  
WATER TREATMENT PLANT DESIGN  
Hill Inc Second Edition.

# MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
LỜI TỰA .....	III
LỜI NÓI ĐẦU .....	V

## PHẦN I

- Khái niệm về phân loại nguồn nước
- Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng nguồn nước
- Các quá trình và dây chuyền công nghệ xử lý nước

<i>Chương 1.</i> CHẤT LƯỢNG NƯỚC THIÊN NHIÊN (NGUỒN NƯỚC) DÙNG ĐỂ CẤP NƯỚC .....	3
1.1. Các loại nguồn nước dùng để cấp nước.....	3
1.2. Tính chất và các chỉ tiêu về chất lượng nước .....	5
1.3. Các chỉ tiêu lý học.....	6
1.4. Các chỉ tiêu hóa học.....	7
1.5. Các chỉ tiêu vi sinh .....	34
1.6. Yêu cầu đối với chất lượng nước.....	35
1.7. Tiêu chuẩn chất lượng nước mặt dùng làm nguồn cấp nước .....	36
1.8. Tiêu chuẩn chất lượng nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt .....	37
1.9. Ví dụ tính toán.....	40
 <i>Chương 2.</i> CÁC QUÁ TRÌNH VÀ SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN .....	 45
2.1. Mục đích của các quá trình xử lý nước.....	45

2.2. Chất lượng nước thô thích hợp với các quá trình xử lý nước .....	45
2.3. Các quá trình xử lý nước .....	46
2.4. Các sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước.....	57

---

## PHẦN II

---

- Các quá trình keo tụ làm sạch nước
- Các hóa chất sử dụng trong xử lý nước
- Cách pha chế và định lượng

<i>Chương 3.</i> KEO TỤ CHẤT BẨN TRONG NƯỚC BẰNG PHÈN.....	63
3.1. Bản chất lý hóa của quá trình keo tụ.....	63
3.2. Động học của quá trình keo tụ .....	73
3.3. Dùng các hóa chất phụ để tăng cường quá trình keo tụ.....	85
<i>Chương 4.</i> HÓA CHẤT DÙNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC CÁC THIẾT BỊ PHA CHẾ ĐỊNH LƯỢNG.....	89
4.1. Các hóa chất dùng để xử lý nước.....	89
4.2. Thiết bị hòa tan phèn .....	94
4.3. Thiết bị tôi vôi, pha chế sữa vôi và dung dịch vôi bão hòa .....	101
4.4. Thiết bị pha chế dung dịch soda, xút, hexameta photphat natri ..	103
4.5. Thiết bị khuấy trộn bằng khí nén .....	103
4.6. Kho chứa hóa chất .....	107
4.7. Thiết bị định lượng hóa chất vào nước.....	108
4.8. Ví dụ tính toán.....	111

---

## PHẦN III

---

- Các quy trình và công trình xử lý nước truyền thống:  
trộn hóa chất, tạo bông cặn, lắng, lọc, khử trùng nước

<i>Chương 5.</i> TRỘN VÀ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN.....	119
5.1. Trộn và bề trộn .....	119

5.2. Bể phản ứng tạo bông cặn .....	132
5.3. Bể phản ứng tạo bông cặn cơ khí .....	141
5.4. Quản lý vận hành .....	148
<b>Chương 6. QUÁ TRÌNH LẮNG VÀ BỂ LẮNG</b> .....	151
6.1. Các loại cặn lắng, các loại bể lắng, vị trí bể lắng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước .....	151
6.2. Lắng các hạt cặn không có khả năng keo tụ .....	154
6.3. Lắng các hạt cặn keo tụ.....	178
6.4. Lắng li tâm và xyclon thủy lực.....	212
6.5. Tuyển nổi .....	216
<b>Chương 7. QUÁ TRÌNH LỌC VÀ BỂ LỌC</b> .....	227
7.1. Khái niệm chung .....	227
7.2. Vật liệu của bể lọc hạt .....	229
7.3. Vật liệu đỡ.....	232
7.4. Lý thuyết cơ bản của quá trình lọc nước .....	233
7.5. Quy luật tăng tổn thất áp lực khi lọc nước qua lớp vật liệu hạt ...	251
7.6. Xác định các thông số lọc bằng thực nghiệm .....	260
7.7. Tính toán công nghệ bể lọc .....	263
7.8. Chọn thời gian của chu kỳ lọc .....	268
7.9. Rửa lọc .....	271
7.10. Bể lọc nhanh hở .....	295
7.11. Bể lọc áp lực.....	306
7.12. Bể lọc hai lớp vật liệu lọc.....	308
7.13. Bể lọc phá (lọc sơ bộ).....	310
7.14. Bể lọc có dòng nước đi từ dưới lên còn gọi là lọc ngược hay lọc tiếp xúc.....	311
7.15. Bể lọc không có van điều chỉnh tốc độ lọc .....	312
7.16. Bể lọc rửa liên tục, bể lọc áp lực tự động rửa theo chu kỳ lọc và bể lọc không van khóa tự động rửa .....	313
7.17. Bể lọc chậm .....	315
7.18. Quản lý vận hành bể lọc.....	320

<i>Chương 8. KHỬ TRÙNG</i> .....	331
8.1. Các phương pháp lý học.....	331
8.2. Phương pháp hóa học.....	333

---

## PHẦN IV

---

- Các quy trình xử lý đặc biệt: Khử khí và trao đổi khí, khử sắt, mangan, xử lý nước chua phèn, làm mềm, khử muối, xử lý nước nổi hơi và nước làm nguội, xử lý ổn định nước

<i>Chương 9. TRAO ĐỔI VÀ KHỬ KHÍ</i> .....	355
9.1. Khái niệm và mục đích.....	355
9.2. Trao đổi khí bằng phương pháp cơ học .....	355
<i>Chương 10. KHỬ SẮT, KHỬ MANGAN VÀ XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN</i> .....	367
10.1. Khử sắt.....	367
10.2. Khử mangan (Mn).....	382
10.3. Xử lý nước chua phèn .....	385
<i>Chương 11. LÀM MỀM NƯỚC</i> .....	391
11.1. Khái niệm chung về làm mềm nước.....	391
11.2. Làm mềm nước bằng hóa chất.....	391
11.3. Làm mềm nước bằng cationit .....	409
<i>Chương 12. KHỬ MUỐI VÀ KHỬ MẶN</i> .....	445
12.1. Các phương pháp khử muối và khử mặn .....	445
12.2. Khử muối của nước bằng phương pháp trao đổi ion .....	445
12.3. Khử muối hòa tan trong nước bằng thẩm thấu ngược.....	463
<i>Chương 13. XỬ LÝ NƯỚC NỔI HƠI VÀ XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH</i> .....	473
13.1. Xử lý nước nổi hơi .....	473
13.2. Xử lý nước cấp cho các thiết bị làm lạnh.....	485

<i>Chương 14. ĐIỀU CHỈNH CHẤT LƯỢNG NƯỚC</i> .....	497
14.1. Khử silic.....	497
14.2. Các phương pháp điều chỉnh hàm lượng flo trong nước.....	501
14.3. Khử các khoáng chất độc hại cho sức khỏe của người dùng nước, khử mùi vị và chất hữu cơ.....	507
14.4. Khử hydro sunfua (H <sub>2</sub> S) hòa tan trong nước.....	513
 <i>Chương 15. XỬ LÝ ỔN ĐỊNH NƯỚC</i> .....	521
15.1. Xử lý ổn định nước.....	521
15.2. Xử lý nước để chống ăn mòn và đóng cặn làm tắc ống.....	536

---

## PHẦN V

---

- Trang thiết bị
- Xử lý nước thải
- Quy hoạch và bố trí mặt bằng nhà máy xử lý nước

<i>Chương 16. THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN</i> .....	543
16.1. Bơm, động cơ, van và các thiết bị đo dùng trong hệ thống cấp nước.....	543
16.2. Thiết bị đo lưu lượng.....	545
16.2. Sự cần thiết của thiết bị và các hệ điều khiển.....	549
16.3. Các hệ điều khiển cơ bản.....	550
16.4. Các thiết bị và sơ đồ điều khiển thường dùng trong nhà máy xử lý nước cấp.....	552
16.5. Các yêu cầu khi thiết kế.....	557
 <i>Chương 17. XỬ LÝ NƯỚC THẢI RỬA LỌC VÀ Bùn THẢI CỦA BỂ LẮNG</i> .....	559
17.1. Chất lượng và số lượng chất thải từ nhà máy nước.....	559
17.2. Các giải pháp xử lý nước thải rửa lọc và bùn cặn.....	562
 <i>Chương 18. QUY HOẠCH VÀ BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC</i> ...	569
18.1. Tầm quan trọng của công việc.....	569

18.2. Chọn vị trí nhà máy xử lý nước .....	569
18.3. Bố trí mặt bằng nhà máy xử lý nước .....	573
18.4. Trạm bơm đợt II và bể chứa nước sạch .....	580
18.5. Tóm tắt các yêu cầu bố trí mặt bằng nhà máy nước .....	581
PHỤ LỤC .....	585
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	599



TS. TRỊNH XUÂN LAI

# CẤP NƯỚC

TẬP 2

## XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN CẤP CHO SINH HOẠT VÀ CÔNG NGHIỆP

<i>Chịu trách nhiệm xuất bản</i>	:	PGS, TS. TÔ ĐĂNG HẢI
<i>Biên tập</i>	:	THANH ĐỊNH, LAN PHƯƠNG
<i>Kỹ mỹ thuật</i>	:	ĐỖ PHÚ
<i>Sửa bản in</i>	:	THANH NGÀ
<i>Trình bày bìa</i>	:	HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
70 TRẦN HƯNG ĐẠO - HÀ NỘI



HỘI CẤP THOÁT NƯỚC VIỆT NAM (VWSA)  
Thành viên chính thức Hội nước Quốc tế (IWA)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc bộ sách  
xuất bản năm 2001 và 2002

ĐÃ XUẤT BẢN NĂM 2001

- \* CẤP NƯỚC VÀ VỆ SINH  
NÔNG THÔN
- \* CẤP NƯỚC  
TẬP 1 - MẠNG LƯỚI CẤP NƯỚC
- \* THOÁT NƯỚC  
TẬP 1 - MẠNG LƯỚI THOÁT NƯỚC

*Xuất bản năm 2002*

- \* CẤP NƯỚC  
TẬP 2 - XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN CẤP CHO SINH HOẠT  
VÀ CÔNG NGHIỆP
- \* THOÁT NƯỚC  
TẬP 2 - XỬ LÝ NƯỚC THẢI
- \* CẨM NANG KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ QUẢN LÝ DỰ ÁN
- \* MÁY BƠM VÀ TRẠM BƠM CẤP THOÁT NƯỚC
- \* VẬN HÀNH VÀ BẢO DƯỠNG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC
- \* CƠ SỞ HOÁ HỌC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC CẤP THOÁT  
VÀ NƯỚC THẢI

TỔ CHỨC BIÊN SOẠN

**HỘI CẤP THOÁT NƯỚC VIỆT NAM**  
VIETNAM WATER SUPPLY AND SEWERAGE ASSOCIATION (VWSA)

95 VÂN HỒ 3 - HAI BÀ TRUNG - HÀ NỘI  
Tel: 84.4.9745097, Fax: 84.4.9745 100, Email: vkquyen@hn.vnn.vn