

CHƯƠNG 3

CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÀ SỰ Ô NHIỄM NƯỚC DƯỚI ĐẤT

§1. TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Tính chất vật lý của nước dưới đất gồm có: nhiệt độ, độ trong suốt, màu, mùi, vị, tỷ trọng, tính nhớt, tính dẫn điện, tính phóng xạ.

1. *Nhiệt độ* của nước biến đổi trong phạm vi rất lớn tùy thuộc cấu trúc địa chất địa chất thủy văn, lịch sử phát triển địa chất, điều kiện địa lý tự nhiên và động thái của nguồn cung cấp. Ở Việt Nam nhiệt độ của nước dưới đất thường biến đổi trong phạm vi 18-20° đến 26-28°C. Ở các vùng có hoạt động núi lửa trẻ và hiện đại hoặc nước dưới đất ở độ sâu lớn đi lên, nhiệt độ có thể trên 100°C. Nước có nhiệt độ từ 35-37°C là loại nước có giá trị nhất dùng để chữa bệnh (tắm), do có nhiệt độ gần với thân nhiệt.

2. *Độ trong suốt* của nước dưới đất tùy thuộc lượng khoáng chất hòa tan trong nước, hàm lượng các hỗn hợp cơ học, các chất hữu cơ và các chất keo. Theo mức độ trong suốt chia ra: 1. trong suốt; 2. hơi đục; 3. đục; 4. rất đục. Độ trong suốt của nước được xác định bằng cách đổ đầy nước vào một ống nghiệm không màu có đáy bằng, cao 30-40cm rồi nhìn từ trên miệng ống nghiệm xuống, so sánh với dung tích chuẩn bằng nước cất.

3. *Màu* của nước dưới đất tùy thuộc thành phần hóa học, các tạp chất có mặt. Phần lớn nước dưới đất không màu, nước cứng có màu phớt xanh da trời, các muối oxit sắt và hydro sunfua làm cho nước có màu xanh da trời phớt lục, các hợp chất humic hữu cơ làm cho nước nhuộm màu phớt vàng, các phân tử lơ lửng làm cho nước màu phớt xám.

4. *Mùi*. Nước dưới đất thường không có mùi. Mùi thường liên quan hoạt động của các vi khuẩn phân hủy các chất hữu cơ: hiđrô sunfua làm cho nước có mùi trứng thối, nước tù đọng trong các giếng gia cố bằng gỗ có mùi thiu ôi khó chịu, nước đầm lầy có mùi "đầm lầy" đặc biệt.

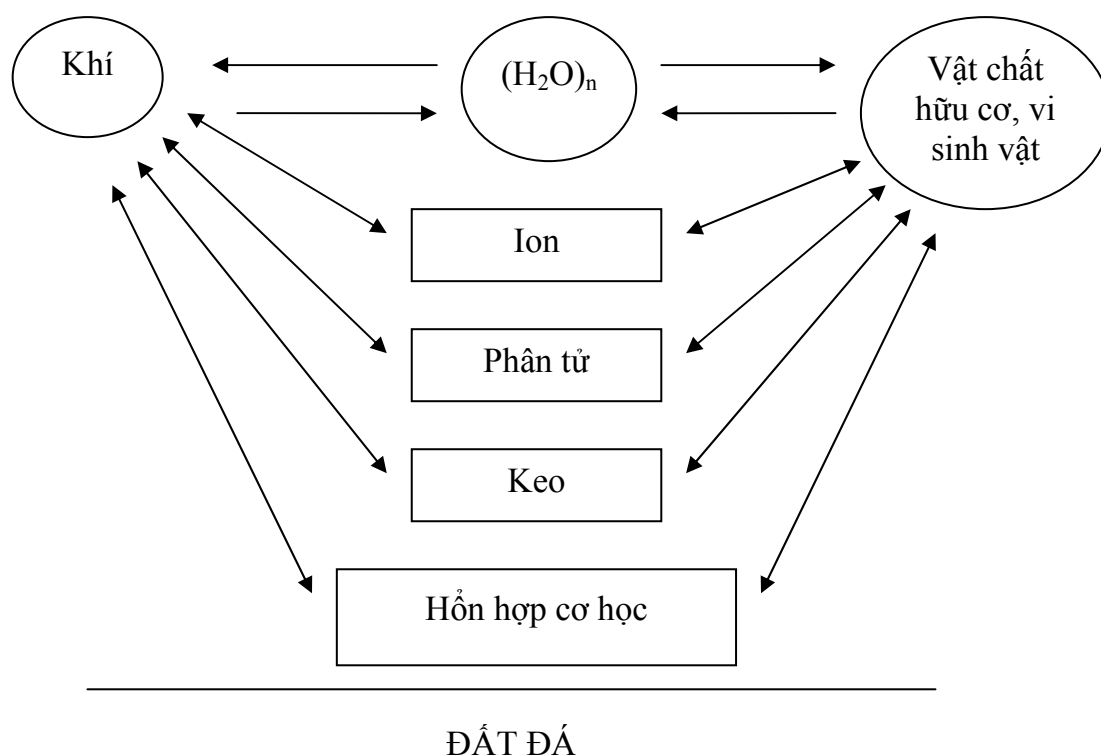
5. *Vị* của nước dưới đất là do các hợp chất muối khoáng hòa tan, các khí và tạp chất có mặt trong nước. Nước có chứa bicacbonat canxi và magiê và cả khí cacbonic thì có vị dễ chịu; phần lớn các chất hữu cơ làm cho nước có vị ngọt; vị mặn do có mặt lượng clorua natri đáng kể; vị đắng do có sunfat magiê và natri, vị gỉ sắt do chứa các ion sắt.

6. *Tỷ trọng* của nước xác định bằng tỷ số giữa trọng lượng với thể tích của nước trong điều kiện nhiệt độ nhất định. Tỷ trọng của nước bằng 1 tương ứng tỷ trọng của nước cất ở nhiệt độ 4°C. Tỷ trọng của nước phụ thuộc vào nhiệt độ, lượng muối và khí hòa tan, các phân tử lơ lửng. Tỷ trọng của nước thay đổi từ 1,0 đến 1,4g/cm³.

§2. THÀNH PHẦN CỦA NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Nước dưới đất là một hệ thống hóa lý rất phức tạp, luôn biến đổi tùy thuộc vào thành phần, mức độ, hoạt tính của các hợp phần tham gia vào trong nước và các điều kiện nhiệt động học. Phức hợp muối - ion của nước dưới đất bao gồm các nguyên tố chính, các nguyên tố vi lượng, các nguyên tố phóng xạ. Ngoài ra còn

chứa các hợp chất hữu cơ và các vi sinh vật, các khí hòa tan trong nước cũng như các chất keo và hỗn hợp cơ học (hình 3.1).



Hình 3.1. Sơ đồ nước thiên nhiên

I. THÀNH PHẦN MUỐI - ION CỦA NƯỚC DƯỚI ĐẤT

1. Các cách biểu diễn kết quả phân tích thành phần hoá học của nước

Để nghiên cứu thành phần của nước dưới đất người ta thường tiến hành phân tích thành phần hoá học của nước. Kết quả phân tích thường được biểu diễn bằng một trong các cách: trọng lượng ion, đương lượng ion và phần trăm đương lượng.

Cách biểu diễn thường dùng phổ biến nhất là khối lượng ion. Bằng cách này, kết quả phân tích được tính bằng gam hay miligam trong một lít nước (g/l; mg/l) đối với nước nhạt và nước lợ. Đối với nước mặn dưới đất thường biểu diễn theo gam trong một kilôgam hay một trăm gam nước.

Đương lượng ion là cách biểu diễn mà cho chúng ta biết được tính chất của nước và hiểu rõ mối quan hệ giữa các ion trong mỗi kết quả phân tích cụ thể. Để chuyển miligam/lit của một ion thành miligam đương lượng/lit cần lấy số miligam/lit chia cho đương lượng của ion đó. Đương lượng ion là tỷ số giữa nguyên tử lượng và hoá trị của nguyên tố. Ví dụ, kết quả phân tích một mẫu nước cho thấy khối lượng của ion canxi là 5 mlg/lit. Đương lượng ion của canxi là $40,08/2=20,04$; như vậy, miligam đương lượng của ion canxi là: $5:20,04 = 0,25 \text{ mgđl/lit}$.

Để có khái niệm về quan hệ giữa các ion và so sánh các loại nước có độ khoáng hoá khác nhau, người ta chuyển dạng biểu diễn theo các miligam đương lượng thành phần trăm miligam đương lượng, nghĩa là tỷ số phần trăm của một ion nào đó so với tổng cation và anion có trong nước.

2. Thành phần các nguyên tố chính của nước dưới đất

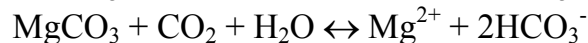
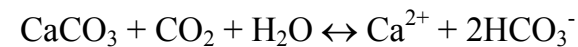
Khác với nước mặt, do tiếp xúc trực tiếp với đất đá nên nước dưới đất là một dung dịch hóa học rất phức tạp, chứa hầu hết các nguyên tố có trong vỏ quả đất. Tuy nhiên, các nguyên tố và ion đóng vai trò chủ yếu chỉ khoảng 10 loại, đó là: Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ .

Ion clo (Cl^-) thường chứa một lượng ít trong vỏ trái đất. Clorua là hợp phần cơ bản chỉ tồn tại trong các khoáng vật của đá macma và biến chất: mica, hornblende, opxidian, ... Nguồn cung cấp ion clo chủ yếu từ các khí núi lửa, các bồn biển cổ, sự hòa tan các muối mỏ, ... Do độ hòa tan của các muối clorua khá cao nên chỉ trầm đọng khi đóng băng và khi bốc hơi. Các ion clo ít có khả năng trao đổi ion hấp thụ và tác dụng lên các yếu tố sinh vật nên nó là thành phần tương đối ổn định trong nước dưới đất.

Ion sunfat (SO_4^{2-}) tương đối phổ biến trong nước dưới đất, đặc biệt trong nước khoáng hóa yếu. Ion sunfat có thể được tích tụ trong nước do sự hòa tan thạch cao và anhidrit, sự oxy hóa các hợp chất lưu quỳnh (pirit, ...) và các khoáng vật sunfat khác. Ion sunfat nguồn gốc sinh vật không bền vững khi có mặt oxy tự do và trong điều kiện thích hợp thường xảy ra quá trình khử oxy để cho sunfua hydro.

Ion bicacbonat (HCO_3^-) và cacbonat (CO_3^{2-}). Các ion này, đặc biệt là HCO_3^- phổ biến có mặt trong nước nhạt và nước hơi mặn với hàm lượng không cao.

Ion bicacbonat có trong nước dưới đất là do đá vôi, dolomit, sét vôi bị rửa trôi bởi nước có chứa khí CO_2 :



Ion cacbonat rất ít khi tồn tại trong nước dưới đất hoặc chỉ có lượng nhỏ so với ion HCO_3^- .

Ion natri (Na^+) phổ biến rộng rãi trong nước dưới đất đặc biệt trong các phức hệ chứa nước dưới sâu và là cation phổ biến nhất. Nguồn cung cấp natri trong nước dưới đất là nước biển và đại dương, quá trình phong hóa của đá xâm nhập, sự hòa tan các tinh thể muối phân tán trong đất, các phản ứng trao đổi ion.

Ion kali (K^+) ít gặp trong nước dưới đất dù muối kali có độ hòa tan lớn. Nguyên nhân là do kali tham gia vào quá trình tạo khoáng vật thứ sinh, bị đất sét hay các thực vật hấp thụ. Nguồn ion kali của nước dưới đất là do quá trình phong hóa các đá xâm nhập và các khoáng vật có chứa kali hoặc do hòa tan các muối kali.

Ion magiê (Mg^{2+}) thường có hàm lượng không lớn trong nước dưới đất. Magiê có mặt chủ yếu liên quan với nước biển hoặc khí quyển, do các khoáng vật chứa magiê bị phân hủy hay dolomit rửa trôi.

Ion canxi (Ca^{2+}) gặp trong nước dưới đất với độ khoáng hóa khác nhau. Trong nước nhạt và nước khoáng hóa cao ion canxi thường tạo nên các hợp chất với ion cacbonat (nước bicacbonat) hoặc ion sunfat (nước sunfat) và trong các loại nước muối nồng độ cao - với ion clo. Ion canxi đi vào trong nước dưới đất do quá trình phong hóa các đá xâm nhập, đặc biệt là sự rửa trôi của đá vôi, dolomit, thạch cao, anhidrit.

Ca^{2+} và Mg^{2+} trong nước làm cho nước có tính cứng, gây ra sự đóng cặn cacbonat trong nồi hơi, ấm nước. Tổng lượng Ca^{2+} và Mg^{2+} có trong nước là tổng độ cứng. Phần Ca^{2+} và Mg^{2+} bị kết tủa khi đun sôi nước gọi là độ cứng tạm thời. Phần Ca^{2+} và Mg^{2+} không bị kết tủa khi đun sôi gọi là độ cứng vĩnh viễn. Theo O.A.Alekin có thể chia nước dưới đất theo độ cứng như sau:

nước rất mềm	< 1,5	mgđl
nước mềm	1,5 – 3	mgđl
nước hơi mềm	3 – 6	mgđl
nước cứng	6 – 9	mgđl
nước rất cứng	> 9	mgđl

trong đó 1mg đương lượng tương đương 20,04mg/l Ca^{2+} hay 12,16mg/Mg $^{2+}$.

Ion hydro (H^+) chủ yếu do nước và các axit phân ly ra: $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Ion H^+ trong nước làm cho nước có tính axit, nồng độ H^+ được biểu thị bằng độ pH ($\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$). Theo giá trị pH, chia nước dưới đất làm 5 loại:

nước có tính axit mạnh	pH < 5
nước có tính axit	pH = 5-7
nước trung tính	pH = 7
nước có tính kiềm	pH = 7-9
nước có tính kiềm mạnh	pH > 9

Đại bộ phận nước dưới đất có tính kiềm yếu và trung tính. Chỉ trong những vùng có khoáng sản kim loại nước mới thông thường có tính axit.

Ion nitrit (NO_2^-) phân bố khá rộng rãi trong nước mặt, nước dưới đất nhưng thường chỉ một lượng rất nhỏ. Hàm lượng axit nitrit trong nước dưới đất cao là do các quá trình oxy hóa các hợp chất amoniắc, sự phân hủy các chất hữu cơ hay do khử các natriat để thành nitrit. Sự oxy hoá các hợp chất amoniắc thường do các hoạt động của vi khuẩn nitrit gây nên. Lượng ion NO_2^- lớn hơn chứng tỏ các vi khuẩn sinh bệnh (dịch tả, thương hàn, ..) có trong nước.

Ion nitrat (NO_3^-) có trong nước dưới đất do các vật chất hữu cơ chứa nitơ bị oxy hóa hoàn toàn. Các muối nitrat có hàm lượng rất nhỏ trong nước dưới đất và không gây hại đến cơ thể con người nhưng khi có mặt thường kèm theo các ion nitrit và amôn nên vẫn phải khống chế hàm lượng NO_3^- khi sử dụng.

Ion amôn (NH_4^+) thành tạo do quá trình sinh hóa với sự tham gia của vi khuẩn khử nitrit trong các điều kiện hiếm khí. Sự có mặt ion amôn có nguồn gốc hữu cơ chứng tỏ có sự phân hủy các chất hữu cơ có chứa nitơ và đó là dấu hiệu nhiễm bẩn của nước.

Silic do độ hòa tan thấp, nên tuy là nguyên tố phổ biến nhất trong vỏ trái đất nhưng có hàm lượng trong nước nhỏ, thường ở dạng oxit silic và axit silic.

Sắt. Trong vỏ Trái đất sắt khá phổ biến, chứa nhiều trong các khoáng vật như piroxen, amfibon, manhêtit, pirit, biotit, granat... Khi bị phong hóa chúng sẽ giải phóng một lượng sắt khá lớn thường chuyển thành các oxit sắt hòa tan yếu và vững bền. Trong nước dưới đất các hợp chất sắt thường tồn tại dưới dạng protoxit (Fe^{2+}) hoặc oxit (Fe^{3+}). Các hợp chất của protoxit sắt trong nước không bền vững, khi gặp

oxy sẽ bị oxy hóa tạo thành hydroxit sắt ở dạng keo trong nước. Các hợp chất chứa sắt trong nước làm cho nước có vị tanh khó chịu.

Nhôm tuy phổ biến trong vỏ trái đất nhưng có hàm lượng nhỏ trong nước là do khả năng di chuyển yếu trong nước dưới đất.

3. Thành phần các nguyên tố vi lượng của nước dưới đất

Các nguyên tố vi lượng là các nguyên tố hóa học hay các hợp chất của chúng chứa trong nước dưới đất với hàm lượng nhỏ hơn 10mg/l. Các nguyên tố vi lượng thường không quyết định kiểu hoá học của nước, nhưng nó ảnh hưởng rất lớn đến các tính chất đặc trưng cho thành phần của nước. Mặc dù chiếm lượng rất nhỏ nhưng chúng có ảnh hưởng lớn đến sự diễn biến của các quá trình sinh học.

Các nguyên tố vi lượng bao gồm các nguyên tố Li, B, F, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, Sr, Mo, I, Ba, Pb v. v...

Các nguyên tố vi lượng như I, F, Zn, Cu, Co, B,.. có ảnh hưởng lớn đến hoạt động của người, động và thực vật. Trong một số vùng do thiếu hay thừa một số nguyên tố vi lượng trong nước và đất đã gây một số bệnh cho người, ví dụ, bệnh bướu cổ do thiếu iốt trong cơ thể.

Hàm lượng các nguyên tố vi lượng như I, Br, B, Li, .. trong nước dưới đất cao có thể khai thác như một nguyên liệu khoáng sản.

Các nguyên tố phóng xạ. Những nguyên tố phóng xạ chủ yếu gồm U, Rn, Ra và một số đồng vị phóng xạ như K^{40} , H^3 , C^{14} . Chúng thường có lượng rất nhỏ trong nước.

4. Độ khoáng hóa của nước

Độ khoáng hóa của nước là tổng hàm lượng các chất khoáng phát hiện được khi phân tích hóa học nước. Còn lượng cặn khô đặc trưng cho hàm lượng các muối khoáng không bay hơi hòa tan trong nước và một phần các hợp chất hữu cơ.

Độ khoáng hóa có thể tính theo lượng cặn khô khi đốt nóng nước ở nhiệt độ 105-110°C. Lượng cặn khô biểu thị bằng mg/l hay g/l. Lượng cặn khô xác định được thường khác tổng độ khoáng hoá tính toán do một số chất khí bay hơi khi nung và do thành phần các chất hữu cơ ở trong nước.

Để tránh hiện tượng hydrat hóa làm cho hàm lượng cặn khô tăng lên, khi lượng ion magiê, sunfat, clo có nhiều trong nước thì thường cho thêm một ít soda (Na_2CO_3) đã sấy ở nhiệt độ 180°C, các muối clorua, sunfat canxi, magiê khi đó sẽ chuyển thành cacbonat làm cho cặn khô không có hiện tượng ngậm nước.

Độ khoáng hóa của nước là một chỉ tiêu quan trọng để phân loại nước dưới đất, vì khi độ khoáng hóa thay đổi, thành phần hóa học của chúng cũng thay đổi theo. Dựa theo độ khoáng hóa có thể phân loại nước thành các nhóm sau:

1. Siêu nhạt	<0,2	g/l
2. Nhạt	0,2-1	g/l
3. Lợ	1-3	g/l
4. Hơi mặn	3-10	g/l
5. Mặn	10-35	g/l
6. Muối	> 35	g/l

5. Biểu diễn các kết quả phân tích hóa học nước:

1. Công thức Kurlov

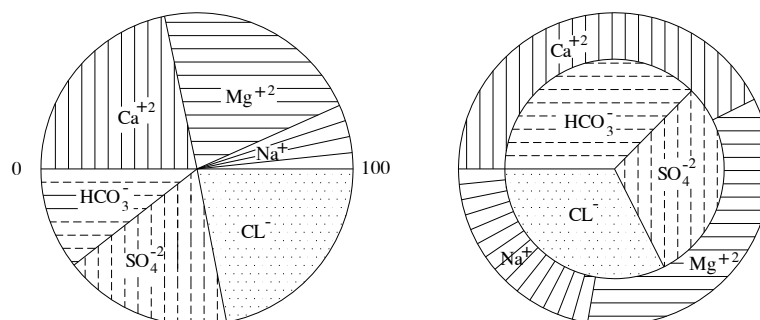
Công thức Kurlov biểu diễn dưới dạng một phân số: tử số ghi hàm lượng các ion âm (anion) bằng % mgđ/l theo thứ tự giảm dần, mẫu số - các ion dương (cation), cũng theo thứ tự như vậy đối với các ion có hàm lượng lớn hơn 10% mgđ/l. Phía trước phân số, từ phải sang trái ghi độ khoáng hóa M(g/l), các thành phần đặc biệt (khí, các nguyên tố vi lượng) bằng g/l. Phía sau phân số ghi lần lượt nhiệt độ (T), độ pH và lưu lượng nước (m³/ngày). Ví dụ:

$$\text{HBO}_{0,001}^2 \text{CO}_{1,9}^2 \text{M}_{2,5} \frac{\text{HCO}_{59}^3 \text{SO}_{29}^4 \text{Cl}_{12}}{\text{Ca}_{60} \text{Mg}_{25} \text{Na}_{14}} T_{14} \text{pH}_{6,8} Q_{300}$$

Tên gọi nước theo thành phần có hàm lượng lớn hơn 25% mgđ/l theo thứ tự từ lớn đến bé, từ các anion đến cation. Tên nước ở ví dụ trên là bicacbonat sunfat canxi mạnh.

2. Đồ thị vòng tròn Tolxtikhin (hình 3.2)

Bán kính vòng tròn biểu thị độ khoáng hóa, các anion và cation tính bằng % mgđ/l; anion biểu diễn ở nửa vòng tròn dưới còn cation nửa vòng tròn trên. Thứ tự biểu diễn với cation là Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ còn anion là HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻. Đôi khi biểu diễn thành hai vòng tròn, vòng ngoài là cation, vòng trong là anion (theo chiều kim đồng hồ).

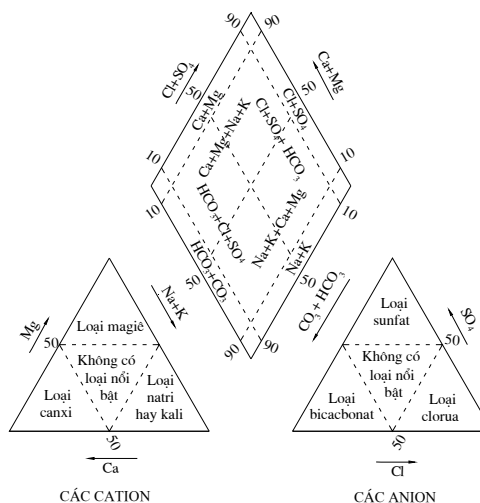


Hình 3.2 Đồ thị Tolxtikhil

3. Biểu đồ Piper

Các ion chính trong nước tự nhiên gồm có Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ và Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻ và SO₄²⁻. Nếu gộp hai cation K⁺ và Na⁺ vào một thì ta có 3 nhóm cation. Tương tự nếu ta gộp hai anion HCO₃⁻ và CO₃²⁻ thì có 3 nhóm anion. Dùng 2 biểu đồ tam giác ta có thể biểu thị phần trăm của mỗi cation hay anion (hình 3.3). Sau khi xác định được các điểm biểu thị số phần trăm nồng độ của cation và anion trên

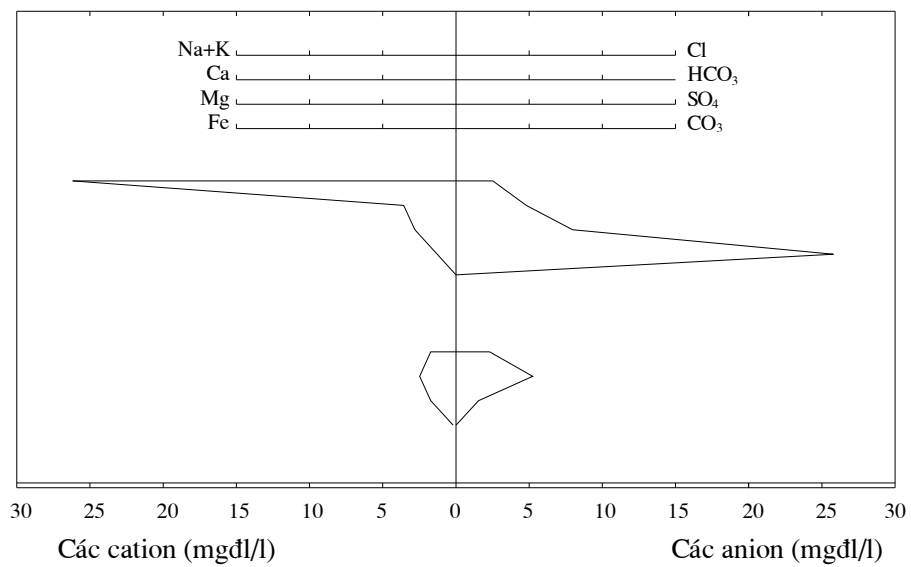
hai biểu đồ tam giác, chiếu song song với các trục Mg và SO_4 lên trường hình thoi. Điểm giao nhau của chúng biểu thị thành phần của nước.



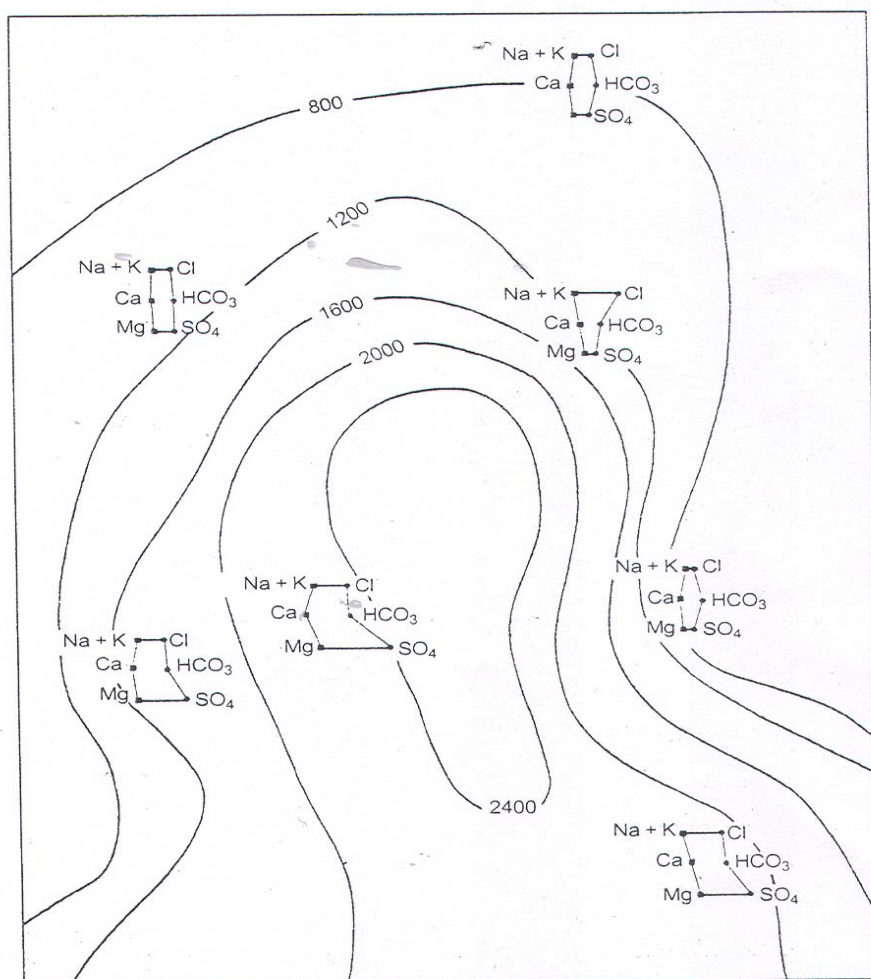
Hình 3.3 Biểu đồ Piper

4. Biểu đồ Stiff

Biểu đồ Stiff được biểu diễn thông qua một hệ trục với 4 trục nằm ngang, có chiều tăng về hai phía, biểu diễn thành phần của các cation ở bên trái và các anion ở bên phải và một trục thẳng đứng đi qua giá trị 0 của các trục nằm ngang. Trục thẳng đứng không tỷ lệ, chỉ để xác định giá trị 0 của các trục nằm ngang. Thành phần của các cation và anion thể hiện bằng mgdl/l, được nối với nhau tạo nên một đa giác khép kín (hình 3.4). Trục nằm ngang dưới cùng cho sắt và cacbonat thì tùy chọn vì trong nhiều loại nước, chúng gần bằng không. Biểu đồ Stiff tiện lợi khi so sánh nhanh bằng mắt các loại nước, vùng đa giác càng rộng thì nồng độ các ion càng khác xa nhiều. Hình 3.4b trình bày các biểu đồ Stiff thể hiện trên bản đồ thủy địa hoá của một vùng.



Hình 3.4 Biểu đồ Stiff



Hình 3.5 Bản đồ thủy địa hoá, biểu diễn bằng biểu đồ Stiff.

II. CÁC KHÍ HÒA TAN TRONG NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Các khí phổ biến nhất trong nước dưới đất là oxy (O_2), cacbonic (CO_2), sunfua hydro (H_2S), hydro (H_2), metan (CH_4), cacbua hydro nặng, nitơ (N_2) và các khí hiếm. Các khí này tồn tại dưới dạng hòa tan hay tự do. Khi áp suất giảm, khí hòa tan dễ chuyển sang dạng tự do.

Oxy (O_2) chủ yếu có nguồn gốc khí quyển, một phần được thoát từ thực vật trong quá trình quang hợp. Trong nước dưới đất, oxy ở dạng phân tử hòa tan với hàm lượng 0-15mg/l. Hàm lượng oxy giảm dần theo chiều sâu.

Cacbonic (CO_2) ở dạng khí cacbonic tự do trong nước do nước hấp thụ từ không khí của khí quyển hoặc do các quá trình sinh hóa xảy ra trong các lớp đất đá, tách ra trong quá trình núi lửa hoạt động và biến chất. Khi hàm lượng khí CO_2 tự do lớn hơn hàm lượng cân bằng thì nước có tính ăn mòn cacbonat dẫn đến phá hủy đất đá, bê tông và bê tông cốt thép.

Sunfua hydro (H_2S) tồn tại trong nước dưới đất dưới dạng khí H_2S , ion hydro sunfit HS^- và sunfua S^{2-} . Sunfua hydro được tích tụ trong nước dưới đất là do quá trình khử sunfat trong môi trường clorua hydro với sự tham gia của các vi khuẩn hiếm khí, khử sunfat hoặc trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao (nhiệt biến chất).

Thông thường hàm lượng sunfua hydro thấp trong nước dưới đất ít khi vượt quá 50mg/l; ở các mỏ dầu, hàm lượng của chúng có thể đạt đến 1000-2000 mg/l.

Hydro (H_2) ở trong nước dưới đất được hình thành do quá trình phân ly nước, do phân hủy các chất hữu cơ hoặc thủy phân các muối kim loại nặng (sunfat sắt, đồng, nhôm, ...) trong môi trường oxy hóa các quặng sunfua.

Metan (CH_4) và *cacbua hydro nặng* trong nước dưới đất được thành tạo do kết quả của quá trình sinh hoá khi phân huỷ các chất hữu cơ, chủ yếu trong các mỏ dầu, các bồn chứa than; ngoài ra còn gặp trong các đầm lầy, bãi than bùn. Hàm lượng CH_4 trong nước dưới đất có thể đạt tới 50cm³/l.

Nitơ và các khí hiếm (heli, neon, argon, kripton và xenon) đều là những khí trơ.

III. CÁC CHẤT HỮU CƠ VÀ VI SINH VẬT TRONG NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Các chất hữu cơ trong nước dưới đất rất đa dạng, phụ thuộc vào thể giới sinh vật của vùng. Các chất hữu cơ cần chú ý gồm có: các axit humic, bitum, fenon, các axit béo, naptinat, cacbon hữu cơ, nitơ hữu cơ ... Nguồn cung cấp các chất hữu cơ cho nước dưới đất là nước mưa, khí quyển, nước mặt, thổ nhưỡng, nước biển, bùn biển, đất đá các vỉa dầu, than, than bùn, ... Trong nước nằm nông thường gặp các chất hữu cơ có nguồn gốc động vật và sản phẩm phân huỷ thực vật. Chúng thường là các hợp chất humic phức tạp dưới dạng các dung dịch keo làm cho nước có màu phớt vàng. Nước này không gây tác hại đến cơ thể con người nhưng do có mùi vị khó chịu nên không cho phép dùng để ăn uống. Nước dưới đất giàu các chất hữu cơ không dùng trong các nồi hơi.

Các vi sinh vật trong nước dưới đất thường là các vi khuẩn đơn bào hoặc đa bào (hiếm hơn). Các vi khuẩn này tham gia tích cực vào thành phần hóa học của nước, tác dụng lên các hợp chất hữu cơ và vô cơ. Một số vi khuẩn không gây tác hại, một số khác lại gây bệnh cho người.

Các ví dụ tính toán

Ví dụ 1: Kết quả phân tích thành phần hóa học của mẫu nước cho các giá trị (bằng mg/l): $\text{Na}^+=78$, $\text{K}^+=9$, $\text{Ca}^{2+}=89$, $\text{Mg}^{2+}=24$, $\text{Fe}^{2+}=0,2$, $\text{Cl}^-=125$, $\text{SO}_4^{2-}=83$, $\text{NO}_3^-=5$, $\text{HCO}_3^-=276$, $\text{CO}_3^{2-}=0$. Tổng độ khoáng hóa $M=10\text{g/l}$, nhiệt độ nước $T^\circ\text{C}=30^\circ\text{C}$. Viết công thức Kurlov và gọi tên nước đó.

Bài giải

Tính %mgđl của mẫu nước và ghi vào bảng.

Cation	Nội dung tính			Anion	Nội dung tính		
	mg/l	mg.đl/l	%đl		mg/l	mg.đl/l	%đl
Na^+	78	3,39	34	Cl^-	125	3,53	36
K^+	9	0,23	2	SO_4^{2-}	83	1,73	17
Ca^{2+}	89	4,44	44	NO_3^-	5	0,08	1
Mg^{2+}	24	1,97	20	HCO_3^-	276	4,52	46
Fe^{2+}	0,2	0,01	-	CO_3^{2-}	0	-	-
Tổng số	200,0	10,04	100	Tổng số	48,9	9,86	100

Công thức Kurlov của mẫu nước đó là:

$$M_{10} \frac{\text{HCO}_{46}^3 \text{Cl}_{36} \text{SO}_{17}^4}{\text{Ca}_{44} \text{Na}_{34} \text{Mg}_{20}} T_{30}$$

Đó là loại nước bicacbonat clorua canxi natri magiê

Ví dụ 2. Viết công thức Kurlov và gọi tên nước theo kết quả phân tích thành phần hóa học nước dưới của hai mẫu nước sau:

Mẫu nước A: $M=1,5\text{g/l}$, nhiệt độ 22°C , CO_2 tự do = $0,5\text{mg/l}$, thành phần các ion theo % mgđl là $\text{Ca}^{2+}=58\%$, $\text{Mg}^{2+}=25,6\%$, $\text{Na}^+=14,9\%$, $\text{HCO}_3^-=54\%$, $\text{SO}_4^{2-}=37,5\%$, $\text{Cl}^-=15,4\%$.

Mẫu nước B: $M=13,8\text{g/l}$, nhiệt độ 18°C , thành phần các ion theo % mgđl là $\text{Mg}^{2+}=25\%$, $\text{Na}^+=53\%$, $\text{HCO}_3^-=9,3\%$, $\text{SO}_4^{2-}=19,5\%$, $\text{Cl}^-=69,5\%$.

Bài giải

Công thức Kurlov:

$$\text{- cho mẫu nước A: } \text{CO}_{0,5}^2 M_{1,5} \frac{\text{HCO}_{54}^3 \text{SO}_{37,5}^4 \text{Cl}_{15,4}}{\text{Ca}_{58} \text{Mg}_{25,6} \text{Na}_{14,9}} T_{22^\circ\text{C}}$$

Tên mẫu nước: "Bicacbonat sunfat canxi magiê"

$$\text{- cho mẫu nước B: } M_{13,85} \frac{\text{Cl}_{69,5} \text{SO}_{19,5}^4}{\text{Na}_{53} \text{Mg}_{25} \text{Ca}_{20,1}} T_{18^\circ\text{C}}$$

Tên nước: Clorua natri magiê

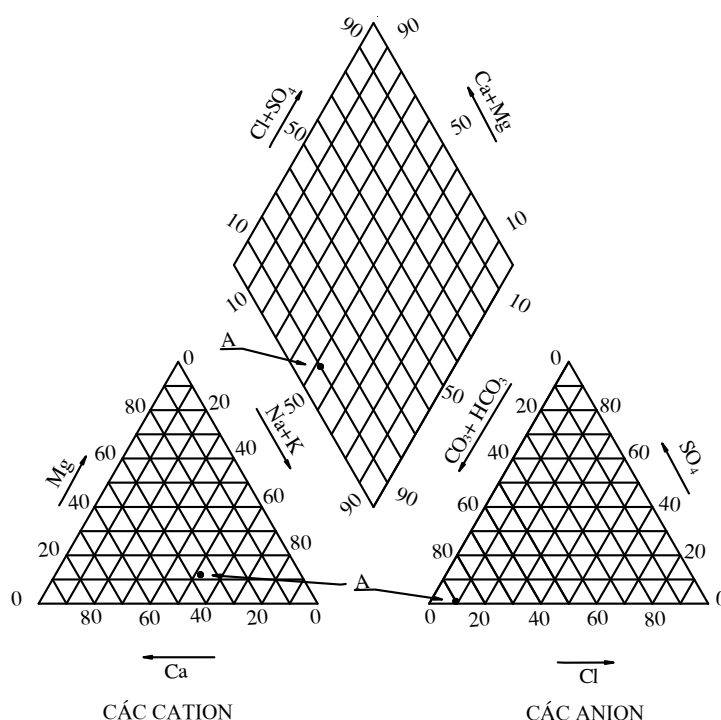
Ví dụ 3. Hãy biểu diễn các kết quả phân tích nước sau trên biểu đồ tam giác Piper.

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	HCO_3^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	Cl^-
--	------------------	------------------	---------------	--------------	------------------	--------------------	--------------------	---------------

mg/l	23	4,7	35	4,7	171	0	1,0	9,5
mgđl/l	1,15	0,39	1,52	0,12	2,80	0	0,02	0,27

Bài giải: Tính phần trăm mgđl của mỗi nhóm cation và anion theo phần trăm tổng

Cation	mgđl/l	%đl	Anion	mgđl/l	%đl
Ca^{+}	1,15	36	Cl^{-}	0,27	9
Mg^{2+}	0,39	12	SO_4^{-}	0,02	1
$\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$	1,64	52	$\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^{-}$	2,80	90
Tổng	3,18	100	Tổng	3,09	100



Hình 3.6 Biểu đồ Piper

Do sai số khi phân tích và các thành phần phụ không được báo cáo nên đương lượng tổng các cation và anion không phải lúc nào bằng nhau.

Từ các kết quả tính lượng phần trăm đương lượng của mỗi nhóm ion, trên biểu đồ biểu thị thành phần hoá học của nước (hình 3.3) chiếu theo các trục tương ứng chúng ta xác định được điểm A. Điểm A được đánh dấu trên biểu đồ.

§3. CÁC TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC

I.TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG NƯỚC CHO MỤC ĐÍCH ĂN UỐNG VÀ SINH HOẠT

Khi đánh giá chất lượng nước cho mục đích ăn uống và sinh hoạt thường đánh giá theo các yêu cầu sau:

- Nước không chứa các nguyên tố độc hại với hàm lượng quá mức có thể gây tác hại đối với sức khỏe con người;
- Nước không chứa các vi khuẩn gây bệnh;
- Nước gây cảm giác dễ chịu khi sử dụng;
- Thành phần nước không ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người và không chứa các thành phần nhiễm bẩn quá quy định.

Nước có độ khoáng hóa nhỏ quá hay lớn quá đều không có lợi, vì vậy tùy theo điều kiện của mỗi quốc gia, người ta quy định tiêu chuẩn chất lượng nước tối

ưu đối với sức khỏe của con người. Ở Mỹ và một số nước Châu Phi quy định độ tổng khoáng hóa nước dùng cho ăn uống không quá 0,5g/l, ở Liên Bang Nga cho phép tới 1,5g/l, UNESCO quy định nhỏ hơn 1,5g/l. Ở nước ta, tiêu chuẩn nước sạch dùng cho sinh hoạt (không dùng cho mục đích ăn uống) được Bộ Y tế quy định theo Quyết định số 09/2005/QĐ-BYT như sau:

TIÊU CHUẨN VỆ SINH NƯỚC SẠCH

(Ban hành kèm theo Quyết định số 09/2005/QĐ-BYT)

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị tính	Giới hạn tối đa	Phương pháp thử	Mức độ kiểm tra
I. Chỉ tiêu cảm quan và thành phần vô cơ					
1	Màu sắc	TCU	15	TCVN 6187 -1996 (ISO 7887 -1985)	I
2	Mùi vị		Không có mùi vị lạ	Cảm quan	I
3	Độ đục	NTU	5	TCVN 6184 -1996	I
4	pH		6,0-8,5	TCVN 6194 - 1996	I
5	Độ cứng	mg/l	350	TCVN 6224 -1996	I
6	Amoni (tính theo NH_4^+)	mg/l	3	TCVN 5988 -1995 (ISO 5664 -1984)	I
7	Nitrat (tính theo NO_3^-)	mg/l	50	TCVN 6180 -1996 (ISO 7890 -1988)	I
8	Nitrit (tính theo NO_2^-)	mg/l	3	TCVN 6178 -1996 (ISO 6777 -1984)	I
9	Clorua	mg/l	300	TCVN 6194 -1996 (ISO 9297 -1989)	I
10	Asen	mg/l	0,05	TCVN 6182-1996 (ISO 6595-1982)	I
11	Sắt	mg/l	0,5	TCVN 6177 -1996 (ISO 6332 -1988)	I
12	Độ ô-xy hoá theo KMnO_4	mg/l	4	Thường quy kỹ thuật của Viện Y học lao động và Vệ sinh môi trường	I
13	Tổng số chất rắn hoà tan (TDS)	mg/l	1200	TCVN 6053 -1995 (ISO 9696 -1992)	II
14	Đồng	mg/l	2	TCVN 6193-1996 (ISO 8288 -1986)	II
15	Xianua	mg/l	0,07	TCVN 6181 -1996 (ISO 6703 -1984)	II
16	Florua	mg/l	1,5	TCVN 6195-1996 (ISO 10359 -1992)	II
17	Chì	mg/l	0,01	TCVN 6193 -1996 (ISO 8286 -1986)	II
18	Mangan	mg/l	0,5	TCVN 6002 -1995 (ISO	II

				6333 -1986)	
19	Thủy ngân	mg/l	0,001	TCVN 5991 -1995 (ISO 5666/1 -1983 ISO 5666/3 -1989)	II
20	Kẽm	mg/l	3	TCVN 6193 -1996 (ISO 8288 -1989)	II
II. Vi sinh vật					
21	Coliform tổng số	vi khuẩn /100ml	50	TCVN 6187 - 1996 (ISO 9308 - 1990)	I
22	E. coli hoặc Coliform chịu nhiệt	vi khuẩn /100ml	0	TCVN 6187 - 1996 (ISO 9308 -1990)	I

Nước dùng cho mục đích ăn uống được Bộ Y tế quy định theo quyết định số 1329/2002/BYT/QĐ:

TIÊU CHUẨN VỆ SINH NƯỚC ĂN UỐNG

(Ban hành kèm theo Quyết định của Bộ trưởng Bộ Y Tế số 1329/2002/BYT/QĐ)

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị tính	Giới hạn tối đa	Phương pháp thử	Mức độ giám sát
I. Chỉ tiêu cảm quan và thành phần vô cơ					
1	Màu sắc	TCU	15	TCVN 6185 -1996 (ISO 7887 -1985)	A
2	Mùi vị		Không có mùi vị lạ	Cảm quan	A
3	Độ đục	NTU	2	TCVN 6184 -1996 (ISO 7027 -1990)	A
4	pH		6,5-8,5	AOAC hoặc SMEWW	A
5	Độ cứng	mg/l	300	TCVN 6224 -1996	A
6	Tổng chất rắn hoà tan (TDS)	mg/l	1000	TCVN 6053-1995 (ISO 9696 -1992)	B
7	Nhôm	mg/l	0,2	ISO 12020-1997	B
8	Amoni (tính theo NH ₄ ⁺)	mg/l	1,5	TCVN 5988 -1995 (ISO 5664 -1984)	B
9	Antimon	mg/l	0,005	AOAC hoặc SMEWW	C
10	Asen	mg/l	0,01	TCVN 6182-1996 ISO 6595-1982	B
11	Bari	mg/l	0,7	AOAC hoặc SMEWW	C
12	Bo, tính chung cho cả Borat và Axit boric	mg/l	0,3	ISO 9390-1990	C

13	Cadimi	mg/l	0,003	TCVN 6197-1996 ISO 5961-1994	C
14	Clorua	mg/l	250	TCVN 6194 -1996 (ISO 9297 -1989)	A
15	Crom	mg/l	0,05	TCVN 6222-1996 ISO 9174-1990	C
16	Đồng	mg/l	2	TCVN 8288-1986 (ISO 6193 -1996)	C
17	Xianua	mg/l	0,07	TCVN 6181 -1996 (ISO 6703 -1984)	C
18	Florua	mg/l	0,7-1,5	TCVN 6195-1996 (ISO 10359 -1992)	B
19	HydroSunfua	mg/l	0,05	TCVN 10530- 1992	B
20	Sắt	mg/l	0,5	TCVN 6177 -1996 (ISO 6332 -1988)	A
21	Chì	mg/l	0,01	TCVN 6193 -1996 (ISO 8286 -1986)	B
22	Mangan	mg/l	0,5	TCVN 6002 -1995 (ISO 6333 -1986)	A
23	Thủy ngân	mg/l	0,001	TCVN 5991 -1995 (ISO 5666/1 - 5666/3 -1983)	B
24	Molybden	mg/l	0,07	AOAC hoặc SMEWW	C
25	Niken	mg/l	0,02	TCVN 6180-1996 ISO 8288-1986	C
26	Nitrat	mg/l	50	TCVN 6180 -1996 (ISO 7890 -1988)	A
27	Nitrit	mg/l	3	TCVN 6178 -1996 (ISO 6777 -1984)	A
28	Selen	mg/l	0,01	TCVN 6183-1996 ISO 9964-1-1993	C
29	Natri	mg/l	200	TCVN 6196-1996 ISO 9964-1-1993	B
30	Sunphat	mg/l	250	TCVN 6200-1996 ISO 9280-1990	A
31	Kẽm	mg/l	3	TCVN 6193 -1996 (ISO 8288 -1989)	C
32	Độ ô-xy hoá	mg/l	2	Chuẩn độ bằng KMnO ₄	A

Chú ý rằng các tiêu chuẩn vệ sinh về nước thường được thay đổi theo thời gian theo hướng nâng cao yêu cầu để nhằm mục đích nâng cao chất lượng cuộc sống.

II. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC TƯỚI

Khi đánh giá mức độ phù hợp của chất lượng nước dùng để tưới cần xem xét các nhân tố sau: tổng độ khoáng hóa, thành phần muối, tỷ lệ một số loại muối trong nước, bản chất và thành phần thổ nhưỡng và lớp dưới thổ nhưỡng, địa hình vùng tưới, vị trí của mực nước ngầm, lượng nước để tưới và phương pháp tưới, loại thực vật và khí hậu của vùng.

Cần lưu ý là phần lớn các chất tan trong nước tưới được giữ lại trong lớp thổ nhưỡng. Để duy trì độ màu mỡ của thổ nhưỡng thì lượng muối bị giữ lại này phải được lấy đi bằng rửa nhát trên mặt hoặc chuyển xuống nước ngầm ở phía dưới. Nếu mực nước ngầm dâng lên quá cao thì muối thoát xuống nước ngầm có nguy cơ vận chuyển trở lại lên mặt đất do mao dẫn. Vùng thoát nước tự nhiên hay nhân tạo có thể sử dụng nước lợ để tưới (M có thể tới $5 \div 7$ g/l), vùng thường xuyên được rửa nhát cũng có thể dùng nước lợ để tưới, lượng muối tồn tại trong đất sẽ được nước mưa hòa tan và mang đi. Theo V.A Kôvđa khi hàm lượng muối có hại trong đất lên đến $1,5 \div 1,7\%$ thì đa số cây trồng không phát triển và không mọc mầm. Các nước ở Trung Cận Đông, Bắc Phi thường xuyên dùng nước lợ để tưới, ở Mỹ và Isarel còn thử nghiệm dùng nước biển để tưới. Khi tổng độ khoáng hóa của nước lên tới $5 \div 7$ g/l thì lượng nước tưới nên vượt quá yêu cầu $15 \div 20\%$.

Khả năng chịu muối của thực vật khác nhau. Người ta chia thực vật ra các loại có mức chịu đựng khác nhau để có thể sử dụng nước tưới có hàm lượng muối khác nhau:

- Kém chịu đựng: chanh, đào, mơ, mận, bưởi, cam, lê, táo; đỗ xanh, cần tây, củ cải, đậu các loại.

- Chịu đựng trung bình: dưa đỏ, chà là, vải, lựu; dưa chuột, bí xanh, cà rốt, khoai tây, súp lơ, bắp cải, cà chua, ngô, lúa, thầu dầu, ...

- Chịu đựng tốt: dưa, măng tây, củ cải đường, bông, cói, ...

Hiện nay, để đánh giá chất lượng nước tưới, thường dùng các chỉ số sau:

- + Tổng độ khoáng hóa. Thường dùng nước có độ khoáng hóa không quá $1 \div 1,5$ g/l để tưới. Khi hàm lượng muối từ $1,5 \div 3$ g/l cần phải phân tích thành phần các muối hòa tan. Tiêu chuẩn giới hạn của nhiều nước là 5 g/l.

- + Thành phần muối. Muối natri là muối có hại nhất cho cây trồng. Mức độ tác hại các muối natri (theo tỷ số trọng lượng):

Na_2SO_4 : NaCl : $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1: 3: 10$.

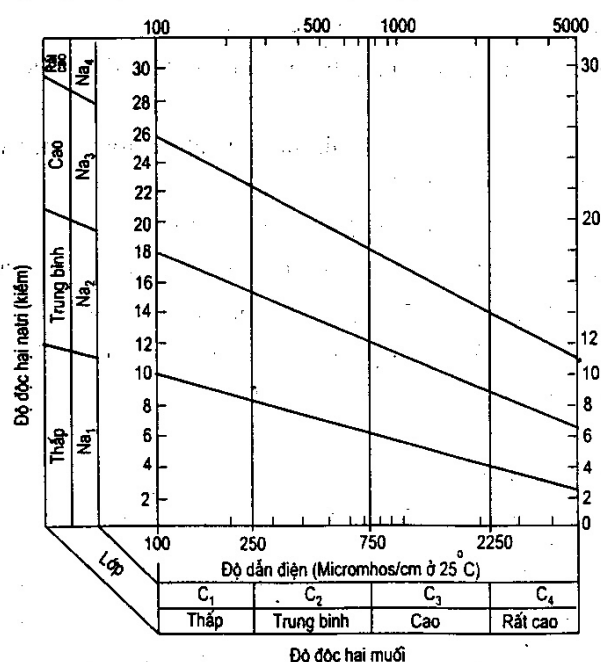
Đối với thổ nhưỡng thoát nước tốt, giới hạn hàm lượng muối natri như sau: Na_2CO_3 - 1000 mg/l, NaCl - 2000 mg/l, Na_2SO_4 - 5000 mg/l. Khi có mặt đồng thời các muối này thì tiêu chuẩn giới hạn cho từng loại muối phải giảm xuống. Nếu hàm lượng xô đa trong nước cao, người ta cho thêm thạch cao vào để biến Na_2CO_3 thành muối Na_2SO_4 ít hại hơn.

Các hợp chất nitơ, photphat, kali không có hại đối với cây trồng, mà còn tăng độ màu mỡ của đất. Bo là nguyên tố vi lượng đối với cây trồng, tuy nhiên khi hàm lượng Bo vượt quá yêu cầu của cây trồng thì sẽ có hại. Hàm lượng Bo cho phép đối với thực vật chịu Bo kém, trung bình và tốt tương ứng là 1,0; 2,0 và 3,0 mg/l.

Bảng 3.1 Công thức tính hệ số tưới

Thành phần hóa học của nước	Công thức tính hệ số tưới K_a
Có mặt clorua natri. Hàm lượng Na^+ nhỏ hơn hàm lượng Cl^-	$K_a = \frac{288}{5rCl^-}$
Có mặt clorua và sunfat natri. Hàm lượng Na^+ lớn hơn Cl^- nhưng nhỏ hơn tổng hàm lượng các axit mạnh	$K_a = \frac{288}{rNa^+ + 4rCl^-}$
Có mặt clorua, sunfat và cacbonat natri. Hàm lượng Na^+ lớn hơn hàm lượng ion của các axit mạnh	$K_a = \frac{288}{10rNa^+ - 5rCl^- - 9rSO_4^{2-}}$

Theo tài liệu phân tích hóa học nước, có thể đánh giá chất lượng nước theo hệ số tưới K_a (theo Priklonski V.A). Hệ số tưới được biểu thị bằng chiều cao cột nước (tính bằng inse, 1 inse bằng 2,54cm), khi cột nước này bốc hơi thì để lại lượng kiềm đủ lớn làm cho thổ nhưỡng trở nên có hại tới chiều sâu 1,2m đối với đa số cây trồng. Hệ số tưới có thể tính theo công thức kinh nghiệm cho các loại nước có thành phần hóa học khác nhau (bảng 3.2). Hàm lượng ion tính theo mgđ/l.



Hình 3.7. Biểu đồ đánh giá chất lượng nước phục vụ cho tưới

Theo giá trị K_a nước tưới rất tốt khi lớn hơn $18 \div 6$, đạt yêu cầu $5,9 \div 1,2$ và không đạt yêu cầu $< 1,2$

Ở Mỹ thường sử dụng tỷ lệ hấp thụ natri (SAR):

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{(rCa^{2+} + rMg^{2+})/2}}$$

Hàm lượng các ion tính theo mg đ/l.

Biểu đồ đánh giá chất lượng nước theo SAR để phục vụ nông nghiệp ở trong hình 3.7. Chất lượng nước đánh giá theo tiêu chuẩn SAR thấp hơn so với tiêu chuẩn hệ số tưới. Ở Ấn Độ, nước tưới có độ khoáng hóa dưới 1g/l được coi là tốt, 1÷3 g/l là ít thích hợp, 3÷7g/l là không thích hợp, 7÷10g/l là rất không thích hợp.

ở Anh, nước không thích hợp khi độ tổng khoáng hóa trên 1,6 g/l, còn ở Mỹ là trên 2,0 g/l.

III. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC CHO MỤC ĐÍCH XÂY DỰNG

Đối với bê tông của các kết cấu bê tông và bê tông ít cốt thép, khả năng xâm thực khử kiềm, xâm thực axit nói chung, xâm thực cacbonic, xâm thực magiê, xâm thực sunfat của nước phụ thuộc vào loại công trình (chịu áp lực hay không chịu áp lực), điều kiện môi trường xung quanh bê tông và kích thước của kết cấu mà có các tiêu chuẩn xâm thực khác nhau như ở trong bảng 3.2. Nước được coi là có tính xâm thực nếu trị số ứng với các loại xâm thực nào đó sai khác (lớn hơn, hoặc nhỏ hơn) các trị số ghi trong bảng 3.2. Các giá trị a và b trong bảng 3.2 được xác định theo bảng 3.3.

Các tiêu chuẩn xâm thực sunfat của môi trường nước đối với bê tông của các kết cấu bê tông và bê tông ít cốt thép chế tạo bằng xi măng pooc lăng và xi măng pooc lăng puzolan chống sunfat cũng như xi măng pooc lăng xỉ, nước được coi có tính xâm thực nếu lượng ngậm ion SO_4^{2-} , tính bằng mg/l, vượt quá các trị số ghi trong bảng 3.4 (không phụ thuộc vào lượng ngậm ion Cl^-).

Thứ tự	Loại xam thực của môi trường nước	Công trình không chịu áp										Công trình chịu áp			Ghi chú
		Điều kiện của môi trường xung quanh bề tổng										Không phụ thuộc vào điều kiện của môi trường xung quanh bề tổng			
		Nguồn nước lộ thiên hoặc đất có hệ số thấm lớn hơn 10m/ngày + đêm					Đất có hệ số thấm nhỏ hơn từ 10 đến 0,1m/ngày + đêm					Đất có hệ số thấm nhỏ hơn 0,1m/ngày + đêm			
		Kích thước nhỏ nhất của kết cấu (bề dày) tính bằng mét													
		Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Trị số tiêu chuẩn tương ứng với ximăng pooclang và ximăng pooclang chống sunfat. Độ kiềm bicarbonat đối với ximăng pooclang puzolan và ximăng pooclang xi không quy định	
1	Độ kiềm bicarbonat (xam thực khử kiềm) tính bằng mg đương lượng/l (hoặc độ) nhỏ hơn	1,5 (4 ^o)	0,7 (2 ^o)	Không quy định	0,7 (2 ^o)	Không quy định	Không quy định	0,7 (2 ^o)	Không quy định	Không quy định	2 (6 ^o)	1 (3 ^o)	Không quy định	Đối với tất cả các loại ximăng Như trên	
2	Chỉ số pH (xam thực axit nổi chung) bề hơn	6,5	6,2	5,7	6	5,5	5	4,5	4	4		6,5			
3	Lượng ngậm axit cacbonic tự do (xam thực cacbonic) tính bằng mg/l, lớn hơn	$a[Ca] + a[Ca^{++}] + b + 20$	$a[Ca] + a[Ca^{++}] + b + 20$	$a[Ca] + b + 40$	$a[Ca] + b + 20$	$a[Ca] + b + 40$	Không quy định	$a[Ca] + b + 20$	$a[Ca] + b + 40$	Không quy định	$a[Ca] + b$	$a[Ca] + b + 20$			
4	Lượng ngậm muối Magé (xam thực Magé) tính đối ra ion Mg ⁺⁺ , tính bằng mg/l, có xét đến lượng ngậm ion. - SO ₄ ⁺ l tính bằng mg/l, lớn hơn	$4.000 - SO_4^+ l$	$5.000 - SO_4^+ l$	$6.000 - SO_4^+ l$	$5.000 - SO_4^+ l$	$6.000 - SO_4^+ l$	$5.000 - SO_4^+ l$	$6.000 - SO_4^+ l$	$5.000 - SO_4^+ l$	$6.000 - SO_4^+ l$	$4.000 - SO_4^+ l$	$4.000 - SO_4^+ l$			

Thứ tự	Loại xâm thực của môi trường nước	Công trình không chịu áp												Công trình chịu áp			Ghi chú
		Điều kiện của môi trường xung quanh bề tổng												Không phụ thuộc vào điều kiện của môi trường xung quanh bề tổng			
		Nguồn nước lộ thiên hoặc đất có hệ số thấm lớn hơn từ 10 đến 0,1 m/ngày + đêm						Đất có hệ số thấm nhỏ hơn 0,1 m/ngày + đêm									
		Kích thước nhỏ nhất của kết cấu (bề dày) tính bằng mét															
		Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5	Nhỏ hơn 0,5	Từ 0,5 đến 2,5	Lớn hơn 2,5				
	Trong mọi trường hợp khí lượng, ngậm ion Mg ²⁺ lớn hơn....	1.500	2.000	2.500	2.000	2.500	3.000	3.000	3.000	3.500	4.000	1.500	2.000	2.500	Trị số tiêu chuẩn xâm thực ứng với xi măng poocăng không chống sunfat và xi măng poocăng puzzle; đồng thời cũng ứng với xi măng poocăng xi. Đối với xi măng poocăng, xi măng poocăng puzzle chống sunfat và xi măng poocăng xi có khả năng chống sunfat cao theo số liệu thí nghiệm tương ứng, các tiêu chuẩn xâm thực được tra trong bảng 1.5.		
5	Lượng ngậm sunfat (xâm thực sunfat), tính đối ra ion [SO ₄ ²⁻], tính bằng mg/l - Khí lượng ngậm ion Cl ⁻ nhỏ hơn 1.000 mg/l, lớn hơn - Khí lượng ngậm ion Cl ⁻ lớn hơn 1.000 mg/l, lớn hơn Trong tất cả các trường hợp khí lượng ngậm ion [SO ₄ ²⁻] lớn hơn	300	400	500	300	400	500	500	500	400	500	250	300	400			

Ghi chú: Như ghi chú ở cuối bảng

Bảng 3.4 Các trị số a và b

Độ kiềm bicacbonat		Tổng lượng ngậm các ion CL' và SO'' (mg/l)											
Tính bằng độ	Tính bằng mg đương lượng/l	0-200		201-400		401-600		601-800		801-1000		>1000	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	1,0	0,00	15										
4	1,4	0,01	16	0,01	17	0,01	17	0	17	0	17	0	17
5	1,8	0,04	17	0,04	18	0,03	17	0,02	18	0,02	18	0,02	18
6	2,1	0,07	19	0,06	19	0,05	18	0,04	18	0,04	18	0,04	18
7	2,5	0,10	21	0,08	20	0,07	19	0,06	18	0,06	18	0,05	18
8	2,9	0,13	23	0,11	21	0,09	19	0,08	18	0,07	18	0,07	18
9	3,2	0,16	25	0,14	22	0,11	20	0,10	19	0,09	18	0,08	16
10	3,6	0,20	27	0,17	23	0,14	21	0,12	19	0,11	18	0,10	18
11	4,0	0,24	29	0,20	24	0,16	22	0,15	20	0,13	19	0,12	19
12	4,3	0,28	32	0,24	26	0,19	23	0,17	21	0,16	20	0,14	20
13	4,7	0,32	34	0,28	27	0,22	24	0,20	22	0,19	21	0,17	21
14	5,0	0,36	36	0,32	29	0,25	26	0,23	23	0,22	22	0,19	22
15	5,4	0,40	38	0,36	30	0,29	27	0,26	24	0,24	23	0,22	23
16	5,7	0,44	41	0,40	32	0,32	28	0,29	25	0,27	21	0,25	24
17	6,1	0,48	43	0,44	34	0,36	30	0,33	26	0,30	25	0,28	25
18	6,4	0,54	46	0,47	37	0,40	32	0,36	28	0,33	27	0,31	27
19	6,8	0,61	48	0,51	39	0,44	33	0,40	30	0,37	29	0,34	28
20	7,1	0,67	51	0,55	41	0,48	35	0,44	31	0,44	30	0,38	29
21	7,5	0,74	53	0,60	43	0,53	37	0,48	33	0,46	31	0,41	31
22	7,8	0,81	55	0,65	45	0,58	38	0,53	34	0,49	33	0,44	32
23	8,2	0,88	58	0,70	47	0,63	40	0,58	35	0,53	34	0,48	33
24	8,6	0,96	60	0,76	49	0,68	42	0,63	37	0,57	36	0,52	35
25	9,0	1,04	63	0,81	51	0,73	44	0,67	39	0,61	38	0,56	37

Bảng 3.5

Điều kiện của môi trường xung quanh bê tông	Kích thước nhỏ nhất (chiều dày) của kết cấu (m)	Lượng ngậm ion SO ⁻² ₄ (mg/l)			
		Công trình không chịu áp		Công trình chịu áp	
		Xi măng pooc lăng chống sunfat	Xi măng puzlan, pooc lăng xỉ chống sunfat	Xi măng pooc lăng chống sunfat	Xi măng puzlan, pooc lăng xỉ chống sunfat
Nguồn nước lộ thiên hoặc đất có hệ số thấm lớn hơn 10 m/ngđ	Nhỏ hơn 0,5	3.000	4.000	2.500	3.500
	Từ 0,5 đến 2,5	3.500	4.500	3.000	4.000
	Lớn hơn 3,5	4.000	5.000	3.500	4.500
Đất có hệ số thấm từ 10 đến	Nhỏ hơn 0,5	3.500	4.500	3.000	4.000
	Từ 0,5 đến 2,5	4.000	5.000	3.500	4.500

0,1 m/ngđ	Lớn hơn 3,5	4.500	5.500	4.000	5.000
Đất có hệ số thấm nhỏ hơn 0,1 m/ngđ	Nhỏ hơn 0,5	4.000	5.000	3.500	4.500
	Từ 0,5 đến 2,5	4.500	5.500	4.000	5.000
0,1 m/ngđ	Lớn hơn 3,5	5.000	6.000	4.500	5.500

§4. SỰ Ô NHIỄM NƯỚC DƯỚI ĐẤT

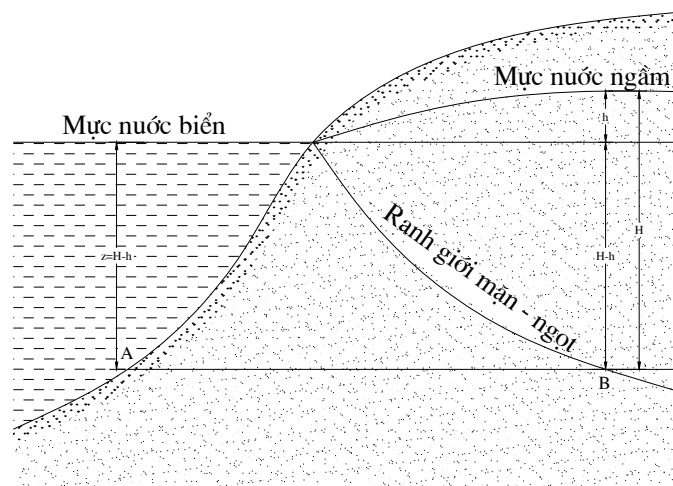
I. SỰ NHIỄM MẶN

Ở chương 1, §6, mục 4 đã nói, trong các vùng đồng bằng ven biển hoặc thậm chí ở vùng hải đảo vẫn tìm thấy nước dưới đất là nước ngọt để khai thác sử dụng. Ở các vùng đó tầng nước ngọt nằm trên tầng nước mặn và giữa chúng tồn tại ranh giới mặn – ngọt. Ranh giới mặn – ngọt biến đổi phụ thuộc vào các yếu tố tự nhiên (sự thay đổi dòng cung cấp, lượng nước mưa ngấm xuống,...) và nhân tạo (lượng nước hút ra khi khai thác).

Ranh giới mặn – ngọt có thể xác định theo hai phương pháp, đó là phương pháp dựa vào nguyên lý cân bằng thủy tĩnh của Ghybel – Herzberg và phương pháp xét bài toán thủy động. Sau đây chúng ta xác định ranh giới mặn ngọt theo cả hai phương pháp đó.

1. Xác định ranh giới mặn – ngọt theo nguyên lý cân bằng thủy tĩnh của Ghybel – Herzberg

Giả sử tầng nước ngọt nằm trên tầng nước mặn không vận động, tồn tại ranh giới mặn - ngọt giữa tầng nước mặn và nước ngọt (bỏ qua đối khuếch tán).



Hình 3.8 Sơ đồ xác định ranh giới mặn - ngọt theo nguyên lý Ghybel-Herzberg

Lấy điểm A ở độ sâu z dưới mặt nước biển (hình 3.8). Áp lực thủy tĩnh ở điểm A sẽ bằng:

$$P_A = (H - h)\rho_m g \quad (3.1)$$

Ở điểm B trong lục địa trên đường ranh giới mặn – ngọt ở cùng độ sâu, áp lực thủy tĩnh do nước ngọt gây ra sẽ bằng:

$$P_B = Hg\rho_n \quad (3.2)$$

Theo nguyên lý Ghybel – Herzberg $P_A = P_B$, do đó:

$$(H - h)\rho_m g = Hg\rho_n \quad (3.3)$$

trong đó: ρ_m, ρ_n - mật độ của nước mặn và nước ngọt;
 g - gia tốc trọng trường.

Từ các phương trình trên, chúng ta nhận được:

$$z = H - h = h \frac{\rho_n}{\rho_m - \rho_n} = G.h \quad (3.4)$$

Nếu lấy $\rho_m = 1,025 \text{ g/cm}^3$; $\rho_n = 1,000 \text{ g/cm}^3$ thì $H = 40h$; $H-h = 40h$.

Như vậy, muốn xác định được ranh giới mặn-ngọt ta chỉ việc xác định chiều cao mực nước h . Việc xác định này đơn giản bằng các hố khoan nông.

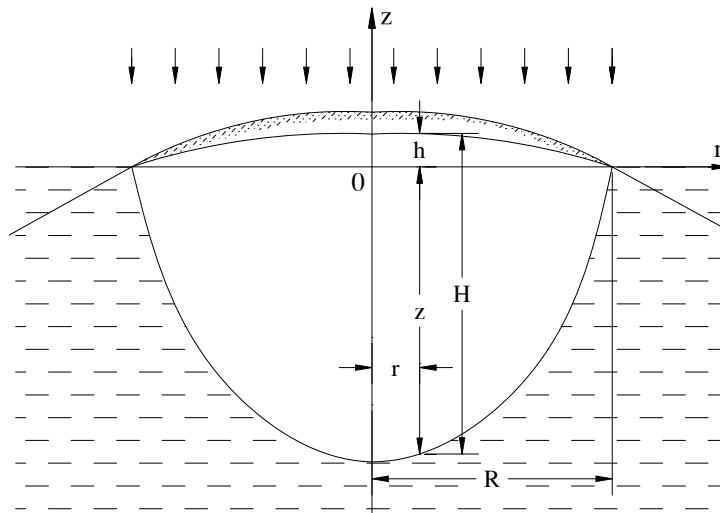
Phương pháp này áp dụng cho cả hai trường hợp: xác định ranh giới mặn – ngọt ở vùng hải đảo và vùng đồng bằng ven biển.

2.Xác định ranh giới mặn – ngọt theo bài toán thủy động.

Phương pháp xác định ranh giới mặn – ngọt theo nguyên lý cân bằng thủy tĩnh nêu trên cho kết quả không chính xác, biểu hiện rõ nhất là ở khu vực đường bờ. Theo phương pháp đó, ranh giới mặn – ngọt phải giao với mực nước ngầm tại đúng vị trí đường bờ, tuy nhiên thực tế ranh giới mặn – ngọt phát triển ra tận ngoài khơi, tại điểm cách đường bờ một đoạn là x_0 . Điều đó là do dòng nước dưới đất chuyển động theo hướng từ đất liền ra biển đẩy nước mặn ra xa. Khoảng cách x_0 càng xa khi lưu tốc của dòng chuyển động càng lớn. Sau đây chúng ta xem xét một cách cụ thể.

a/ Trường hợp cho hải đảo.

Giả sử hòn đảo có dạng hình tròn bán kính R , được cung cấp bởi lượng mưa thấm bổ cập thường xuyên cho nước ngầm là W (hình 3.9).



Hình 3.9 Sơ đồ xác định ranh giới mặn-ngọt cho hải đảo

Theo định luật Darcy, lưu lượng của dòng ngầm thoát ra phía biển là:

$$Q = -2\pi kr(z + h) \frac{dh}{dr} \quad (3.5)$$

trong đó k là hệ số thấm; h là chiều cao của nước ngọt trên mực nước biển; z là độ sâu của ranh giới nước ngọt kể từ mực nước biển; $z = H - h$.

Mặt khác, lưu lượng cũng có thể tính theo công thức:

$$Q = \pi r^2 W \quad (3.6)$$

Cân bằng 2 phương trình trên ta có:

$$-2\pi kr(z+h) \frac{dh}{dr} = \pi r^2 W \quad (3.7)$$

Từ công thức (3.4) ta lại có: $dh = \frac{dz}{G}$; thay vào phương trình trên và biến đổi thu được:

$$-zdz = \frac{WG^2}{2k(1+G)} r dr \quad (3.8)$$

Tích phân phương trình trên trong khoảng $r \div R$ ta thu được công thức tính độ sâu ranh giới mặn – ngọt:

$$z^2 = \frac{WG^2(R^2 - r^2)}{2k(1+G)} \quad (3.9)$$

Vì trong phương trình (3.7) có hai hàm h và z đều cùng biến đổi theo r không thể giải được nên đã sử dụng quan hệ (3.4) để chuyển về một hàm, hơn nữa, khi lấy tích phân xác định phương trình (3.8) ta đã gán cho nó điều kiện $r \rightarrow R$ thì $z \rightarrow 0$, vì vậy, theo kết quả tính toán này mực nước ngầm và ranh giới mặn ngọt vẫn giao nhau tại đúng vị trí đường bờ. Sự khác nhau về ranh giới mặn - ngọt xác định theo phương pháp này so với phương pháp cân bằng thủy tĩnh nếu có chỉ còn ở phần trên đảo.

b/ Trường hợp cho vùng đồng bằng ven biển.

Năm 1964 Glover đã giải bài toán này theo một cách khác và đưa ra công thức xác định ranh giới mặn – ngọt như sau:

$$z^2 = \left(\frac{G.q}{k} \right)^2 + \frac{2Gqx}{k} \quad (3.10)$$

ở đây: q - lượng tiêu thoát từ tầng chứa nước tại bờ biển trên một đơn vị chiều rộng; k - hệ số thấm của tầng chứa nước.

Với kết quả này ranh giới mặn – ngọt không giao nhau tại vị trí đường bờ mà cách bờ một đoạn x_0 ra phía biển.

Chiều rộng bề mặt thoát nước kể từ đường bờ x_0 xác định theo công thức:

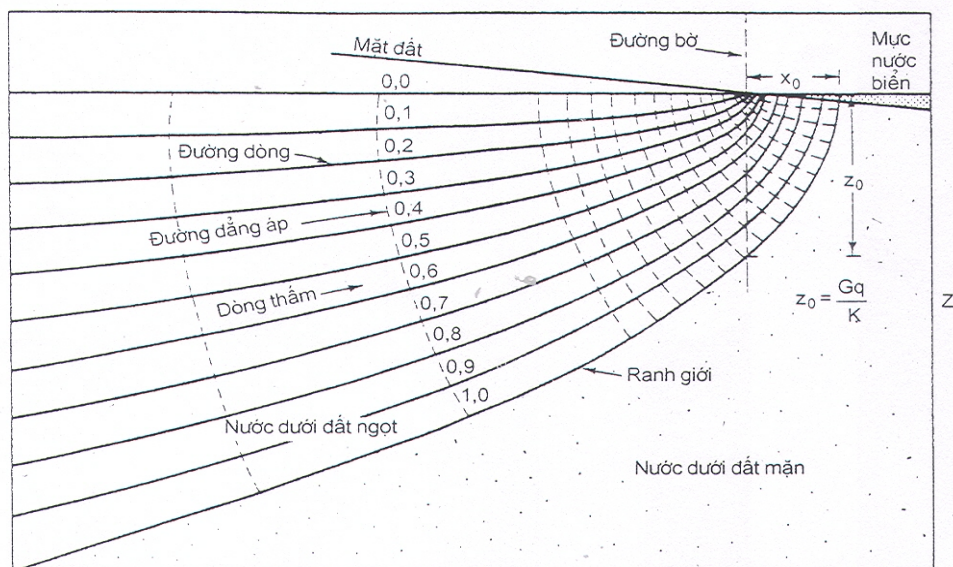
$$|x_0| = \frac{G.q}{2k} \quad (3.11)$$

Và chiều cao mực nước ngầm tại khoảng cách x từ bờ biển:

$$h = \sqrt{\left(\frac{q}{k} \right)^2 + \frac{2qx}{Gk}} \quad (3.12)$$

Tại vị trí đường bờ, độ sâu ranh giới mặn – ngọt z_0 là:

$$z_0 = \frac{Gq}{k}$$



Hình 3.10. Sơ đồ quan hệ giữa nước nhạt và nước mặn ở bờ biển.

Từ các công thức (3.11), (3.12) ta thấy rằng độ sâu ranh giới mặn - ngọt phụ thuộc vào lượng nước thấm bổ cập (đối với trường hợp hải đảo) và lưu lượng dòng nước ngầm. Khi lưu lượng giảm độ sâu ranh giới sẽ giảm. Chính vì vậy, khi ta khai thác nước ngọt từ giếng khoan, ranh giới mặn – ngọt sẽ tiến dần đến hồ khoan. Vấn đề là phải thiết kế lưu lượng khai thác sao cho ranh giới chỉ tiến đến một mức độ nào đó thì cố định, tức là tạo được một sự cân bằng mới.

3. Xác định lưu lượng đơn vị của dòng nước ngọt

Khi thiết kế khai thác nước dưới đất trong vùng ven biển và hải đảo, lưu lượng khai thác được chọn như sau:

$$Q_{kt} = \alpha \cdot Q_{tn}$$

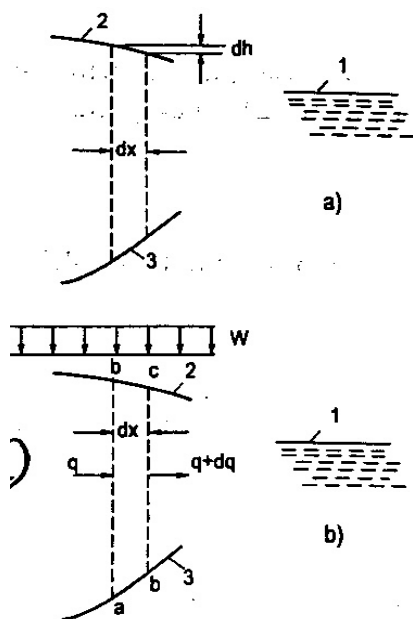
trong đó α là hệ số sử dụng nguồn nước ($\alpha < 1$).

Phải chọn α bảo đảm sao cho tạo được cân bằng mới mà không làm cho giếng bị nhiễm mặn. Để phục vụ cho việc thiết kế, tính toán lưu lượng tự nhiên Q_{tn} có thể sử dụng phương pháp Girinxki N.N. để xác định lưu lượng tự nhiên đơn vị q .

Girinxki N.N (1948) đã đưa ra các công thức tính toán để xác định lưu lượng của dòng nước ngầm. Khi thành lập các phương trình này, Girinxki đã dùng các giả thiết sau:

- Ranh giới mặn – ngọt là đường cong (không xét đới hỗn hợp do khuếch tán).
- Thành phần vận tốc thấm theo phương thẳng đứng và lực mao dẫn không đáng kể; dòng nước dưới đất coi là dòng phẳng 1 chiều, tầng chứa nước đồng nhất.

a) Xác định lưu lượng dòng nước ngầm ven bờ biển không xét đến lượng nước thấm bổ cập.



Hình 3.11. Sơ đồ tính toán của Girsinski. 1. Mực nước biển; 2. Bề mặt tự do của nước ngọt; 3. Ranh giới giữa nước ngọt lục địa và nước biển
ta sẽ có:

Lấy hai mặt cắt thẳng đứng cách nhau một đoạn dx (hình 3.11) theo định luật Darcy,

$$q = -kH \frac{dh}{dx} \quad (3.13)$$

trong đó dh - tổn thất áp lực giữa các mặt cắt, H – chiều dày tầng chứa nước ngọt. Vì khi x biến đổi cả h và H đều cùng biến đổi. Để có thể giải được bài toán cần phải khử một hàm. Chấp nhận sai số, sử dụng quan hệ thủy tĩnh theo nguyên lý Ghybel – Herzberg, thay giá trị H từ công thức (3.4) vào công thức (3.13) ta có:

$$q = -k \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} h \frac{dh}{dx} \quad (3.14)$$

Tách biến số và tích phân từ mặt cắt 1 đến mặt cắt 2 cuối cùng ta nhận được:

$$q = k \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \quad (3.15)$$

Khi mặt cắt 2 ở vị trí đường mực nước biển thì $h_2=0$,

$$q = k \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} \cdot \frac{h_1^2}{2L} \quad (3.16)$$

ở đây L - khoảng cách từ đường mực nước biển đến điểm nghiên cứu.

Như vậy, chỉ bằng một hồ khoan nông ta có thể xác định được lưu lượng của dòng nước ngọt ở dưới đất.

b/ Xác định lưu lượng dòng nước ngầm vùng ven biển khi có mưa ngấm xuống

Từ chương 2, /3, mục II khi xác định phương trình vi phân cơ bản của dòng thấm ngang không áp ta đi đến công thức (2.16):

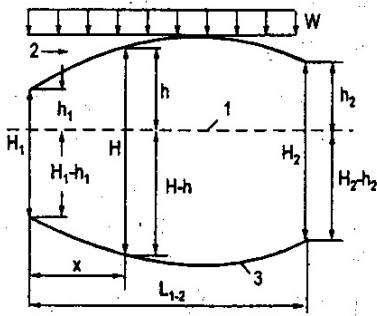
$$-\frac{\partial q_x}{\partial x} - \frac{\partial q_y}{\partial y} + W = \mu \frac{\partial h}{\partial t}$$

Vì dòng thấm của nước dưới đất ở đảo là dòng thấm một chiều hướng từ tâm đảo ra đường bờ nên thành phần $\frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$; vì dòng ổn định nên $\frac{\partial h}{\partial t} = 0$ và

$q_x = -kH \frac{dh}{dx}$; nên công thức trên có thể viết lại:

(3.17)

Sử dụng công thức (3.4) để đưa về cùng một hàm ta có:



Hình 3.12

$$k \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} \frac{\partial \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right)}{\partial x} + W = 0 \quad (3.18)$$

$$\frac{k}{2} \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} \frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} + W = 0$$

$$\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} = -\frac{2}{k} \frac{\rho_m - \rho_n}{\rho_m} W$$

$$h^2 = -\frac{\rho_m - \rho_n}{k\rho_m} Wx^2 + C_1x + C_2 \quad (3.19)$$

Dùng điều kiện biên để khử các hằng số tích phân và biến đổi ta đi đến công thức:

$$h^2 = h_1^2 + \frac{h_2^2 - h_1^2}{L} x - \frac{1}{k} \frac{\rho_m - \rho_n}{\rho_m} W x (L - x)$$

$$(3.20)$$

Đây là công thức tính chiều cao mực nước ngầm ngọt so với mực nước biển. Lấy đạo hàm phương trình trên và biến đổi ta có:

$$-kh \frac{dh}{dx} = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} + \frac{\rho_m - \rho_n}{\rho_m} W \left(\frac{L}{2} - x \right)$$

Thay h ngoài dấu vi phân ở vế trái bằng H từ công thức (3.4) ta có:

$$-kH \frac{dh}{dx} = k \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} + W \left(\frac{L}{2} - x \right) \quad (3.21)$$

Vế phải của phương trình chính là q , vì vậy, ta có công thức tính lưu lượng của dòng nước ngầm ngọt ở vùng ven biển:

$$q = k \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_n} \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} + W \left(\frac{L}{2} - x \right)$$

$$(3.22)$$

II. CÁC Ô NHIỆM NƯỚC DƯỚI ĐẤT KHÁC

Một trong những vấn đề nóng bỏng của thời đại chúng ta là bảo vệ môi trường trong đó có môi trường nước. Những vấn đề chống nhiễm bẩn của nước (nước mặt và nước dưới đất) đang được chú ý đặc biệt.

Sự nhiễm bẩn nước dưới đất là sự thay đổi chất lượng của nước (các tính chất vật lý, thành phần hóa học và các tính chất sinh học) làm nước đó không thể sử dụng được nữa. Nồng độ cho phép giới hạn của một thành phần nào đó và độ tổng

khoáng hóa của nước là tiêu chuẩn đánh giá mức độ nhiễm bẩn của nước thiên nhiên.

Sự nhiễm bẩn của nước dưới đất phụ thuộc vào những nhân tố sau: nguồn nhiễm bẩn (nước thải công nghiệp, sinh hoạt, bãi rác, ...) cường độ khai thác nước dưới đất, điều kiện địa chất thủy văn của tầng chứa nước.

Nghiên cứu sự ô nhiễm nước dưới đất để từ đó có biện pháp bảo vệ lâu dài tài nguyên nước dưới đất là rất cần thiết.

1. Các nguồn gây ô nhiễm

Nguồn ô nhiễm nước dưới đất rất đa dạng, phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên, xã hội của một vùng và có thể thay đổi theo quá trình phát triển kinh tế của vùng đó. Sau đây chúng ta xem xét các nguồn gây ô nhiễm chính.

a) Hàm cầu tự hoại và hố ga

Nhiều vùng nông thôn và ngoại vi thành phố thường dùng hàm cầu tự hoại thay thế cho “nhà vệ sinh khô” truyền thống trước đây. Hàng ngày một lượng nước lớn chảy qua hàm cầu tự hoại thấm xuống đất. Trong hàm cầu tự hoại diễn ra quá trình phân hủy kỵ khí các chất hữu cơ. Chất thải lỏng thoát ra từ hàm cầu tự hoại thấm qua đới thông khí tới mực nước ngầm và lan toả, xâm nhập vào các giếng gia đình. Nước thải hàm cầu tự hoại chứa nhiều vi khuẩn và vi rút, nó là yếu tố chính gây bệnh lây nhiễm như viêm gan vi rút, thương hàn, viêm ruột, dạ dày ...

Các hàm cầu tự hoại có thể làm ô nhiễm nước dưới đất trong các vùng:

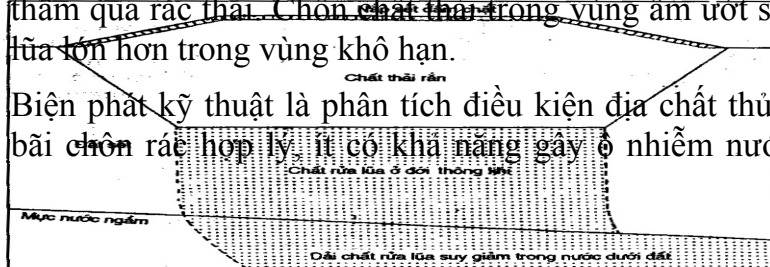
- Có mật độ dân số cao
- Lớp đất thấm nước trên đá gốc quá mỏng
- Đất có tính thấm tốt như sỏi, sạn, cát
- Mực nước ngầm nông. Trong các vùng có các điều kiện như trên không được dùng hàm cầu tự hoại mà phải có một giải pháp kỹ thuật khác để xử lý chất thải.

b) Bãi chứa rác thải

Chôn vùi trong đất là cách xử lý phổ biến nhất đối với rác thải thành phố, bùn từ các công trình xử lý nước thải và nước thải công nghiệp. Các chất thải phóng xạ, độc hại và nguy hiểm cũng được xử lý bằng chôn vùi trong đất. Nước mưa thấm qua chất thải, hòa tan với chất lỏng có trong chất thải và rửa lũa các hợp chất tạo ra một chất lỏng rửa lũa. Chất lỏng này có thể ngấm từ bề chứa xuống tới mực nước ngầm gây ra ô nhiễm nước ngầm. Nếu chất thải chôn vùi dưới mực nước ngầm, nước ngầm chuyển động có thể rửa lũa các hợp chất từ chất thải càng làm ô nhiễm nguồn nước ngầm nhanh hơn.

Khi dung dịch rửa lũa từ bãi rác hòa trộn với nước dưới đất sẽ hình thành một dải ô nhiễm lan rộng theo hướng chảy của nước dưới đất. Càng đi xa khỏi nguồn ô nhiễm, nồng độ chất ô nhiễm giảm do phân tán thủy động nhưng diện ô nhiễm càng rộng. Thể tích chất lỏng rửa lũa sinh ra là một hàm của lượng nước thấm qua rác thải. Chôn chất thải trong vùng ẩm ướt sẽ tạo ra thể tích chất lỏng rửa lũa lớn hơn trong vùng khô hạn.

Biện pháp kỹ thuật là phân tích điều kiện địa chất thủy văn cẩn thận để chọn vị trí bãi chôn rác hợp lý. Nó có khả năng gây ô nhiễm nước dưới đất nhất. Các bãi rác



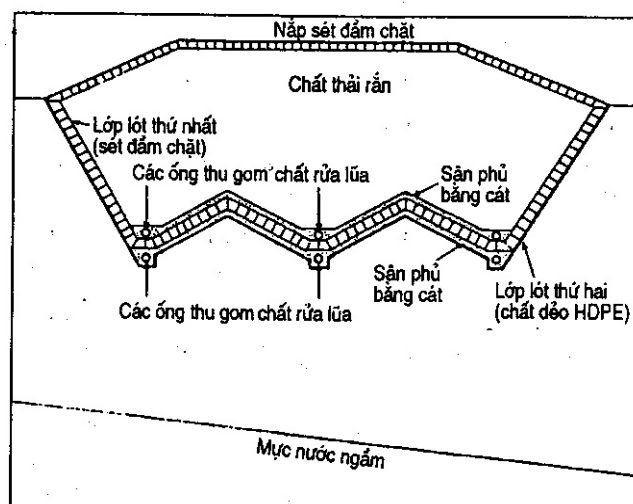
Hình 3.13 Sự ô nhiễm do bãi chứa rác thải

được thiết kế sao cho giảm tối thiểu sự hình thành chất lỏng rửa lũa cũng như lượng chất lỏng rửa lũa thoát đi từ bãi. Chất lỏng rửa lũa có thể được thu gom và xử lý.

Khi thiết kế xây dựng bãi chôn rác thải tùy từng điều kiện cụ thể có thể chọn một trong hai kiểu bãi chôn rác thải sau đây:

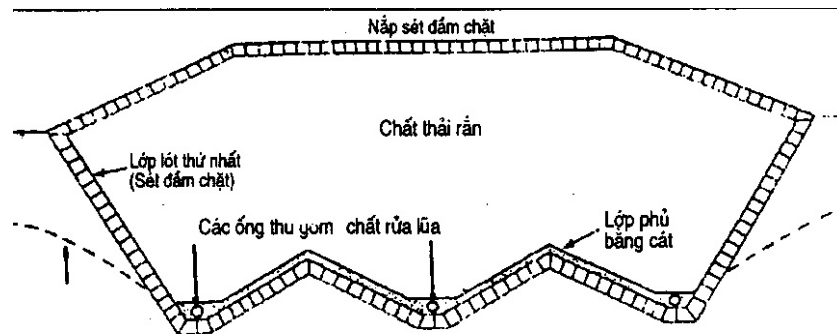
- Bãi chôn rác thải mà sự ô nhiễm giảm tự nhiên. Bãi chôn rác mà sự ô nhiễm giảm tự nhiên là bãi chứa rác dựa hoàn toàn vào các quá trình tự nhiên để làm suy giảm mọi sự hình thành chất lỏng rửa lũa. Những vùng mà nền đất cấu tạo chủ yếu từ đất sét, mực nước ngầm sâu thích hợp cho kiểu bãi này. Khi xây dựng bãi chứa rác trong những vùng đó, chất lỏng rửa lũa thấm qua đới thông khí dày, một mặt do sét có tính thấm nhỏ nên thấm chậm, mặt khác sẽ bị suy giảm nồng độ chất ô nhiễm do quá trình hấp phụ. Đất sét có khả năng hấp phụ các chất ô nhiễm từ chất lỏng rửa lũa rất tốt. Thêm vào đó, dùng đất sét sẵn có phủ lên bãi chứa rác và đầm chặt sẽ hạn chế rất nhiều sự hình thành chất lỏng rửa lũa.

- Bãi chôn rác có thu hồi, xử lý chất lỏng rửa lũa. Ở những vùng không có điều kiện thuận lợi như trên thì thường phải xây dựng các bãi chôn rác thải có lớp lót ở đáy (hình 3.14). Người ta thiết kế ở đáy của bãi những lớp lót sao cho thu hồi được chất lỏng rửa lũa tạo ra để hạn chế sự ô nhiễm nước ngầm. Các lớp lót làm bằng đất sét đầm chặt, dày 0,9÷3m, có hệ số thấm nhỏ hơn 10^{-7} cm/s hoặc màng chất tổng hợp như HDPE. Có một hệ thống thu gom chất lỏng rửa lũa bao gồm lớp phủ bằng cát hay sạn sỏi với các đường ống thoát nước được khoan lỗ nằm trên lớp lót. Đáy lớp lót dốc về phía vùng thấm cho phép. Chất lỏng rửa lũa tiêu thoát qua hệ thống thu gom đến một bể chứa hay hố ga rồi đến nơi xử lý. Hệ thống lớp lót bằng đất sét có thể thu gom 70% đến 80% chất lỏng rửa lũa tạo ra. Phần còn lại sẽ ngấm qua lớp lót. Một lớp lót kép và hệ thống thu gom chất rửa lũa thứ hai nằm dưới (có thể là màng nhựa hay lớp sét) để thu hồi nốt phần còn lại đó.



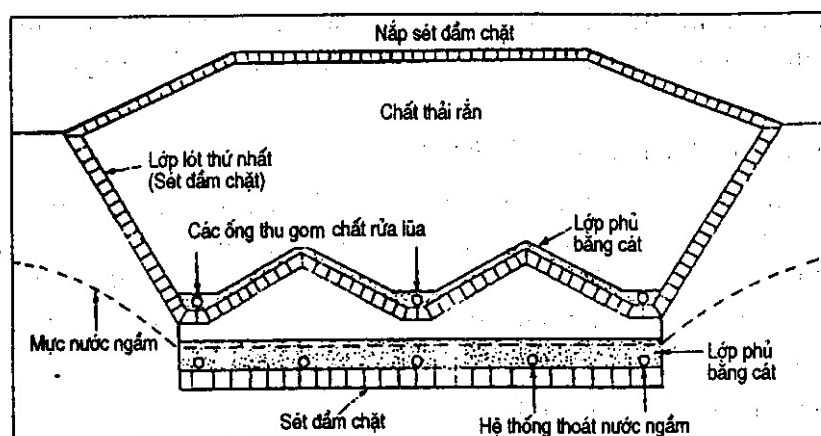
Hình 3.14. Bãi chôn rác có lớp lót kép thu gom chất lỏng rửa lũa

Trong các khu vực mực nước ngầm cao và đất thấm kém (10^{-6} cm/s) có thể đặt hố rác ở đới bão hòa (hình 3.15). Lớp lót ở đáy và vách hố làm bằng đất sét đầm chặt để giảm lượng nước ngầm vào hố. Bố trí hệ thống thu gom chất lỏng rửa lũa lẫn nước ngầm vào hố.



Hình 3.15. Bãi chôn rác trong đới bão hòa

Để hạn chế lượng nước bị ô nhiễm phải xử lý, trong những vùng có mực nước ngầm cao người ta đặt các thiết bị thoát nước ngầm dưới lớp lót (hình 3.16) để hạ thấp mực nước ngầm xuống dưới lớp lót, không cho thấm vào hố chôn rác. Một hệ thống thu gom chất rửa lũa được đặt ở phía trên lớp lót. Nước thoát từ các thiết bị thoát nước ngầm phải được giám định để xem có bị ảnh hưởng do chất lỏng rửa lũa thoát qua lớp lót không. Nếu có thì phải xử lý trước khi tiến hành thoát nước.

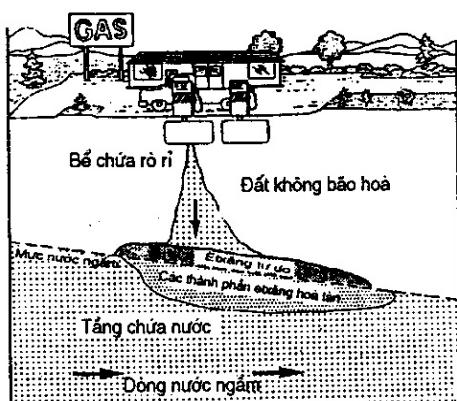


Hình 3.16. Bãi chôn rác có hệ thống thoát nước ngầm

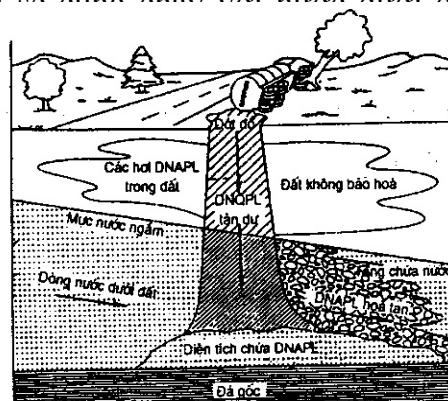
c) Đồ tràn hóa chất và rò rỉ từ bể ngầm

Sự ô nhiễm nước dưới đất bởi các chất vô cơ và hữu cơ khác nhau còn có thể do đồ tràn hóa chất xảy ra do tai nạn giao thông khi vận chuyển hoặc do rò rỉ từ các bể chứa. Các hóa chất di chuyển qua đất với tốc độ không giống nhau tạo các dải ô nhiễm phức tạp.

Tuy
nước
chứ



nước thì sẽ cũng chảy với nước dưới đất
tỷ trọng
7 chất



Hình 3.17. Các chất lỏng hữu cơ như xăng không tan trong nước và nhẹ hơn nước có xu hướng nổi trên mực nước ngầm khi bị đổ rớt

Hình 3.18. Các chất lỏng hữu cơ như trichloroethylene chỉ hòa tan ít trong nước và nặng hơn nước, có thể lắng chìm xuống đáy tầng chứa nước khi bị đổ rớt

d) Công nghiệp khai thác

Việc khai thác và chế biến quặng kim loại và than là một nguồn ô nhiễm cho cả nước mặt và nước dưới đất. Việc khai thác và nghiền quặng phơi bày lớp phủ và đá thải cho quá trình ôxy hoá. Ôxy hoá pirit - một khoáng vật phổ biến, sẽ tạo ra axit sunfuric. Nước thoát ra từ các bãi vật liệu thải và quặng thải làm cho nước mặt, nước dưới đất có độ pH thấp. Nước có pH thấp thoát qua vật liệu và quặng thải có thể rửa lũa kim loại nặng, canxi, magiê, natri và sunfat hòa tan. Công nghiệp khai thác và chế biến uran, thori có thể phóng thích các chất đồng vị phóng xạ vào khí quyển, nước mặt, nước dưới đất.

Ở vùng than Quảng Ninh, nước ngầm, nước mặt đều bị ô nhiễm bởi than. Trong quá trình khai thác và vận chuyển, than rơi vãi bị nghiền nát thành bụi do xe chạy tung vào không khí sau đó hoà vào nước mưa làm ô nhiễm nước ngầm và nước mặt.

e) Các nguồn gây ô nhiễm nước dưới đất khác

Các nguồn gây ô nhiễm nước dưới đất khác bao gồm nước thải sinh hoạt, nước thải của các nhà máy, các khu công nghiệp, nghĩa địa và các bãi chôn súc vật, các hoạt động nông nghiệp, các muối làm tan băng đường quốc lộ,...

2. Cơ chế ô nhiễm

Trong nghiên cứu ô nhiễm nước dưới đất sự hiểu biết lý thuyết cơ bản về chuyển động của các chất hòa tan trong nước dưới đất là rất cần thiết. Đó là một quá trình rất phức tạp và có thể biểu thị bằng toán học.

Có hai quá trình cơ bản khống chế sự vận chuyển các chất hòa tan:

+ Khuếch tán – là quá trình mà ion cũng như phân tử hòa tan trong nước chuyển động từ vùng có nồng độ cao hơn đến vùng có nồng độ thấp hơn.

+ Cuốn theo – là quá trình nước dưới đất vận động mang theo chất hòa tan, làm cho các chất hòa tan lan toả.

a) Sự khuếch tán

Sự khuếch tán của một chất hòa tan trong nước được mô tả bằng các định luật Fick.

Định luật Fick thứ nhất mô tả dòng chất hòa tan trong điều kiện động thái ổn định:

$$F = -D \frac{dC}{dx} \quad (3.23)$$

ở đây: F – dòng khối của chất hòa tan cho đơn vị diện tích trong đơn vị thời gian;

D – hệ số khuếch tán (diện tích/thời gian);

C – nồng độ hòa tan (khối lượng/thể tích);

$\frac{dC}{dx}$ - gradien nồng độ (khối lượng/thể tích/khoảng cách).

Dấu âm thể hiện sự chuyển động từ nơi có nồng độ cao hơn tới nơi có nồng độ thấp hơn. Với các cation và anion chính trong nước, D có phạm vi từ 1×10^{-9} đến $2 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

Trong điều kiện động thái không ổn định, tức là nồng độ chất ô nhiễm thay đổi theo thời gian, có thể áp dụng định luật Fick thứ hai:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (3.24)$$

ở đây: $\frac{\partial C}{\partial t}$ - thay đổi nồng độ theo thời gian.

Cả hai định luật trên mô tả sự khuếch tán trong môi trường chất lỏng của dòng một chiều.

Trong môi trường lỗ rỗng, sự khuếch tán không diễn ra nhanh như ở trong môi trường nước vì các ion phải đi theo các đường đi dài hơn, ngoài ra sự khuếch tán chỉ xảy ra trong các lỗ rỗng mở, do vậy phải dùng hệ số khuếch tán hiệu quả D^* :

$$D^* = W.D \quad (3.25)$$

ở đây: W – hệ số kinh nghiệm, được xác định bằng thực nghiệm trong phòng thí nghiệm; W = 0,5 đến 0,01 với các nhóm chất không bị hấp phụ trên bề mặt khoáng.

Lưu ý rằng khi nước dưới đất không chảy, sự khuếch tán các chất hòa tan vẫn xảy ra.

b) Sự cuốn theo

Như đã định nghĩa ở trên, sự cuốn theo là quá trình nước dưới đất vận động mang theo các chất hoà tan. Như vậy, tốc độ lan truyền của chất hoà tan bằng tốc độ thấm và được xác định bằng định luật Darcy:

$$v_x = \frac{k}{n_e} \frac{dh}{dl} \quad (3.26)$$

ở đây: v_x – tốc độ thấm trung bình; k – hệ số thấm; n_e - độ rỗng hiệu quả; $\frac{dh}{dl}$ - gradien thủy lực.

§ 5. BẢO VỆ VÀ PHỤC HỒI CHẤT LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Một khi nước dưới đất đã bị ô nhiễm thì phải mất nhiều năm sau khi loại trừ nguồn ô nhiễm, các quá trình tự nhiên mới khử được chất ô nhiễm khỏi tầng chứa nước. Vì vậy, chúng ta phải can thiệp để nhanh chóng khôi phục chất lượng của nước dưới đất. Phục hồi chất lượng nước dưới đất là áp dụng các giải pháp để trả lại chất lượng của nước như trạng thái ban đầu khi chưa bị ô nhiễm. Phục hồi chất lượng nước được thực hiện qua hai bước, đó là không chế nguồn ô nhiễm và xử lý dải ô nhiễm.

I. CÁC BIỆN PHÁP KHÔNG CHẾ NGUỒN Ô NHIỄM

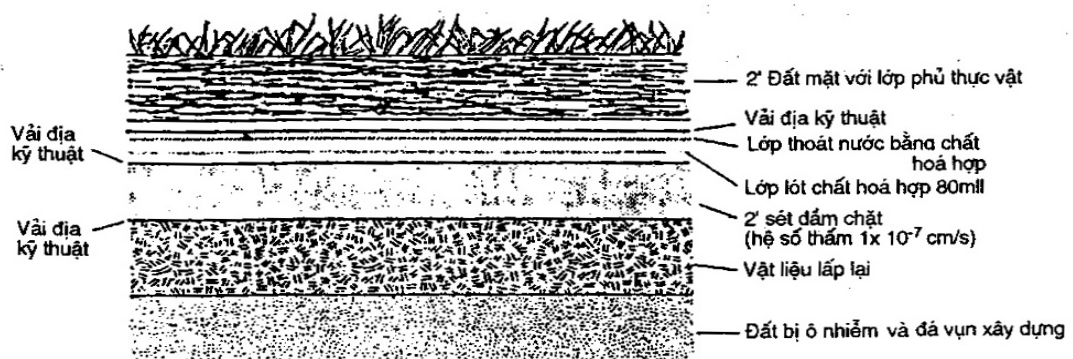
Khống chế nguồn ô nhiễm là áp dụng các giải pháp nhằm mục đích cách ly nguồn ô nhiễm, loại trừ khả năng chất ô nhiễm lan toả trên diện rộng. Để đạt được mục đích đó có thể áp dụng các biện pháp sau đây:

1/ Đào và di chuyển nguồn ô nhiễm đi. Đây là biện pháp đơn giản nhất nhưng không phải lúc nào cũng thực hiện được vì nhiều lý do như khối chất ô nhiễm lớn, điều kiện đào bỏ không cho phép,...

2/ Xử lý nước mặt. Như đã phân tích ở bài §4, II, mục 1, do nước mưa thấm qua nguồn gây ô nhiễm tạo chất lỏng rửa lũa thấm xuống gây ô nhiễm nước dưới đất nên để hạn chế khả năng lây lan, một trong các biện pháp hữu hiệu là không cho nước mặt thấm qua nguồn ô nhiễm bằng hệ thống tiêu thoát hoặc làm các lớp chống thấm che phủ trên nguồn gây ô nhiễm. Lớp che phủ có thể làm bằng đất sét đầm chặt, màng chất dẻo tổng hợp, bê tông, atphan, ... hình 3.19 cho thấy một nắp phủ nhiều lớp. Biện pháp xử lý nước mặt rất hiệu quả đối với trường hợp khi nguồn gây ô nhiễm nằm trên mực nước ngầm. Trong trường hợp này, khi che phủ tốt, nước mặt không thấm qua thì chất ô nhiễm không có điều kiện đạt đến mực nước ngầm để lan toả gây ô nhiễm trên diện rộng.

Hình 3.19. Kết cấu nắp phủ nhiều lớp thấm kém

3/ Xử lý nước ngầm. Đối với trường hợp các nguồn gây ô nhiễm nằm dưới mực nước ngầm, xử lý nước ngầm sẽ là biện pháp hiệu quả hơn. Các biện pháp xử lý nước ngầm gồm có:



- Làm tường chống thấm trước nguồn gây ô nhiễm. Tường chống thấm có thể là tường hào đất sét, khoan phụt vữa, tường cừ (hình 3.20b). Tường chống thấm có tác dụng ngăn không cho nước ngầm thấm qua nguồn ô nhiễm gây ô nhiễm trên diện rộng.

- Khoan phụt tạo lớp chắn rò rỉ ở đáy và hai bên thành của nguồn gây ô nhiễm (hình 3.20c). Giải pháp này thường được dùng khi nguồn ô nhiễm ngập không sâu dưới mực nước ngầm.

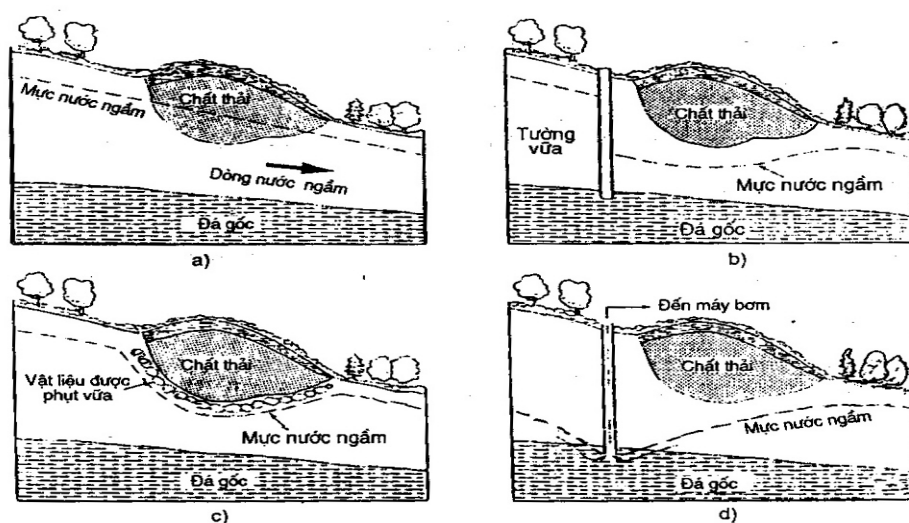
- Bơm hút nước hạ thấp mực nước ngầm thấp hơn nguồn gây ô nhiễm (hình 3.20d). Giải pháp này thường chỉ áp dụng tạm thời để chờ xử lý dài ô nhiễm vì rằng không thể duy trì bơm hút nước lâu dài, sẽ rất tốn kém về kinh phí.

II. CÁC BIỆN PHÁP XỬ LÝ DÀI Ô NHIỄM

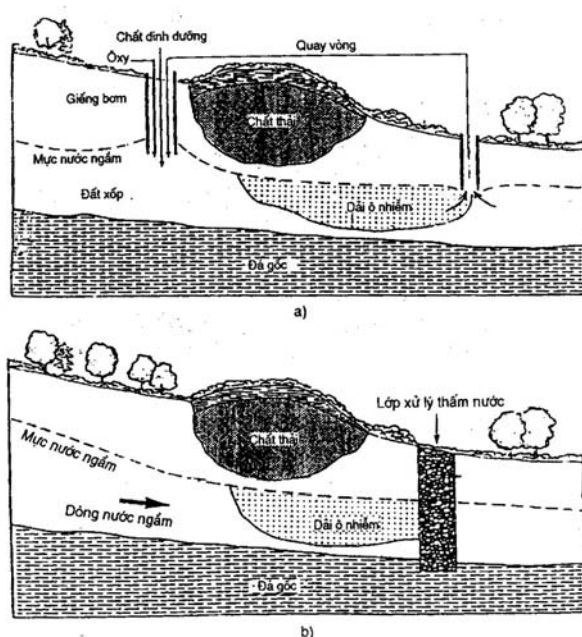
Sau khi đã cách ly nguồn ô nhiễm thì nhiệm vụ còn lại là xử lý nước dưới đất đã bị ô nhiễm để phục hồi chất lượng của chúng. Có thể áp dụng các biện pháp sau đây:

1/ Phục hồi tự nhiên.

Sau khi đã khống chế nguồn ô nhiễm có thể không áp dụng bất cứ một biện pháp xử lý nào mà để cho các quá trình tự nhiên làm phục hồi chất lượng nước. Do sự bổ sung tự nhiên, nước đã bị ô nhiễm sẽ bị rửa trôi dần khỏi tầng chứa nước. Tuy nhiên, quá trình đó sẽ rất lâu dài, thậm chí có thể hàng chục đến hàng trăm năm mới có thể khôi phục hoàn toàn.



Hình 3.20. Các phương pháp khống chế nguồn ô nhiễm.



Hình 3.21. Các phương pháp xử lý tại chỗ.

2/ Xử lý dải ô nhiễm tại chỗ bằng hóa học hay sinh học:

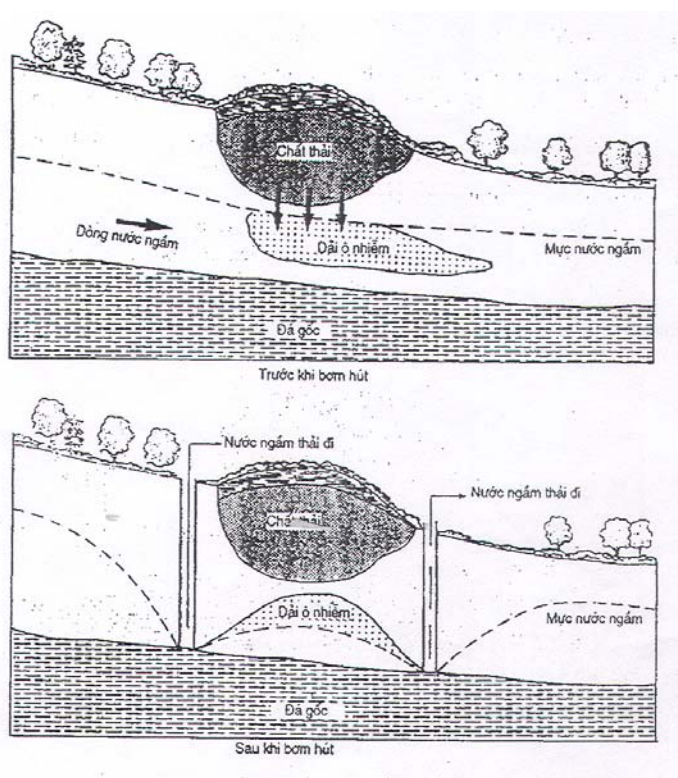
- Bơm các chất dinh dưỡng và oxy vào tầng chứa nước để thúc đẩy quá trình biến đổi sinh học (hình 3.21a). Các chất này theo dòng thấm đi

qua dải ô nhiễm gây ra các phản ứng hoá học hoặc các quá trình sinh học làm loại bỏ chất ô nhiễm.

- Đặt một lớp xử lý thấm nước trên đường di chuyển của dải ô nhiễm để tạo điều kiện cho các dạng xử lý tiếp xúc như trao đổi ion hay trung hòa (hình 3.21b). Dòng chất lỏng của dải ô nhiễm khi thấm qua lớp xử lý thấm sẽ được “lọc sạch” trước khi tiếp tục hành trình của nó ở trong đất.

3/ Dùng giếng hút để loại bỏ nước bị ô nhiễm (hình 3.22).

Nước hút ra sẽ được xử lý trước khi trả lại lòng đất. Các biện pháp xử lý có thể là cho bay hơi vào khí quyển trong một tháp khử khí, hấp thụ trên than hoạt tính và xử lý sinh học. Khi thiết kế hệ thống giếng hút phải tính toán sao cho vừa bắt được dải ô nhiễm nhưng đồng thời vừa phải lấy đi càng ít nước không bị ô nhiễm càng tốt.



Hình 3.22. Dùng giếng hút nước để loại bỏ nước ô nhiễm

III. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CHẤT LƯỢNG NƯỚC

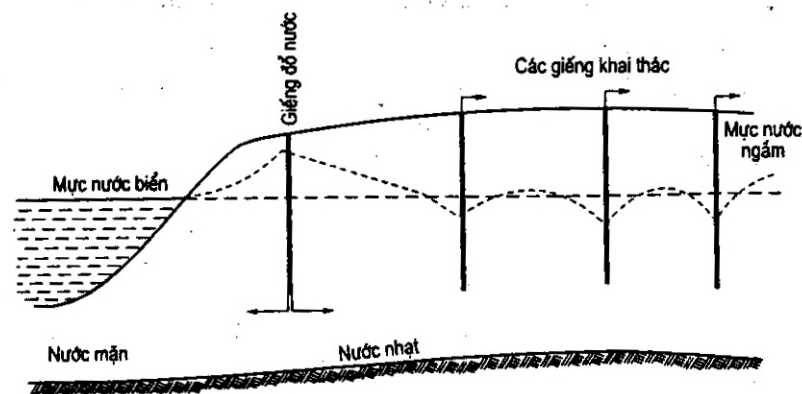
Một trong các vấn đề quan trọng nhất của việc quản lý nước dưới đất là bảo vệ chất lượng nước ở tầng chứa nước. Một khi tầng chứa nước đã bị ô nhiễm thì phải mất rất nhiều thời gian và tiền của mới có thể khôi phục được chất lượng nước, vì vậy, phải có các biện pháp bảo vệ tầng chứa nước không bị ô nhiễm.

Một khía cạnh quan trọng để ngăn chặn ô nhiễm nước dưới đất là xác định được miền cung cấp của tầng chứa nước. Cần giám sát chặt chẽ các nguồn có khả năng ô nhiễm ở khu vực này. Giám sát các giếng bỏ hoang, cần lấp lại các giếng này để không tạo điều kiện cho chất ô nhiễm xâm nhập vào tầng chứa nước. Hiện nay ở Hà Nội tầng chứa nước qp (tầng đang khai thác) đang bị ô nhiễm do các hố khoan

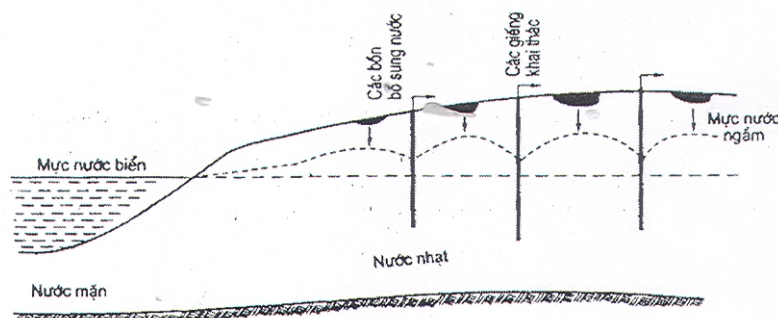
khảo sát địa chất công trình cho xây dựng nhà cao tầng không được hoành triệt, tạo điều kiện cho các nguồn ô nhiễm xâm nhập sâu vào tầng chứa nước.

Để bảo vệ tầng chứa nước chống nhiễm mặn có thể ngăn chặn bằng cách quy định khoảng cách và lưu lượng hút của các giếng. Mục tiêu nhằm tránh tạo ra một gradien thủy lực nghiêng từ đối nước bị ô nhiễm về phía bãi giếng. Nếu tầng chứa nước nhạt nằm trên nước mặn, lưu lượng bơm phải nhỏ để tránh hút nước mặn từ bên dưới, hình thành phễu ngược.

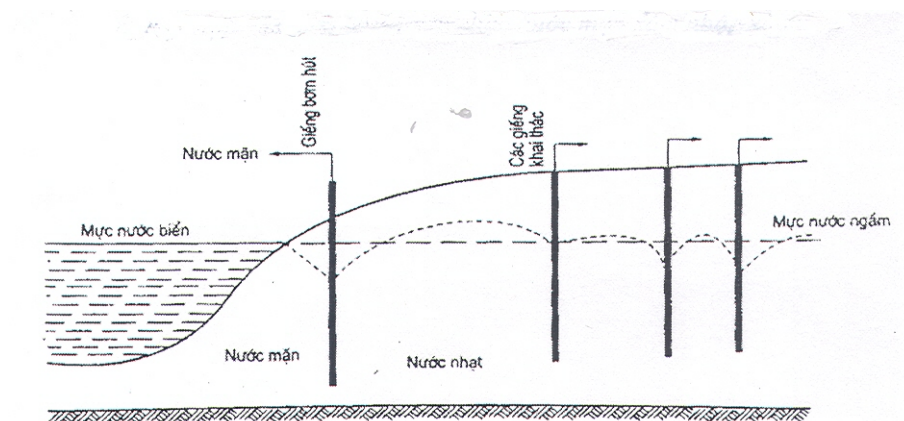
Có thể dùng các giếng bơm ép để tạo một gờ áp lực ngăn chặn nước biển xâm lấn ở tầng chứa nước không áp ven biển (hình 3.23) hoặc bổ sung nước nhân tạo trong vùng các giếng khai thác tạo mực nước ngầm ở trên mực nước biển nhằm ngăn chặn nước mặn xâm nhập vào (hình 3.24), hay dùng các giếng bơm hút tại bờ biển để tạo máng sụt ở mực nước ngầm (hình 3.25) – máng sụt hoạt động như một dải chắn nước mặn xâm nhập xa hơn.



Hình 3.23. Bổ sung nước nhân tạo bằng giếng đổ hoặc ép nước ở một tầng chứa nước không áp ven biển. Nước bổ sung nhân tạo duy trì mực nước ngầm ở trên mực nước biển để ngăn chặn nước mặn xâm nhập vào.



Hình 3.24. Bổ sung nước nhân tạo bằng các bồn nước ở một tầng chứa nước không áp ven biển. Nước bổ sung nhân tạo duy trì mực nước ngầm ở trên mực nước biển để ngăn chặn nước mặn xâm nhập vào



Hình 3.25. Dùng giếng hút ở phía bờ để tạo máng sụt mực nước ngầm ngăn chặn nước mặn xâm nhập vào giếng khai thác.

Câu hỏi, bài tập:

- Kết quả phân tích thành phần hóa học của một mẫu nước cho trong bảng sau:

Thành phần, mg/l	Nồng độ	Thành phần, mg/l	Nồng độ
Na^+	70	Cl^-	121
K^+	10	SO_4^{2-}	85
Ca^{2+}	82	NO_3^-	7
Mg^{2+}	26	HCO_3^-	262
Fe^{2+}	0,2	CO_3^{2-}	0
Tổng độ khoáng hoá, mg/l	10000	Nhiệt độ	30^0

- Biểu diễn kết quả trên dưới dạng công thức Kurlov, đồ thị vòng tròn Tolxtikhin, biểu đồ Piper và biểu đồ Stiff.
 - Nhận xét ưu và nhược điểm của mỗi cách biểu diễn
- Kết quả khảo sát của hai hố khoan bố trí theo tuyến vuông góc với bờ, cách bờ biển 80 và 100m cho thấy cao độ mực nước ngầm theo thứ tự là 3 và 4m. Tuy nhiên, biểu ghi chép kết quả có ghi chú rằng số đọc cao độ mực nước ngầm trong hố khoan ở gần bờ biển hơn có thể có nhầm lẫn. Tầng đất đồng nhất có hệ số thấm $K = 15\text{m/ngđ}$. Khối lượng riêng của nước mặn và nước ngọt lần lượt là 1,025 và 1,00 g/cm^3 .
 - Xác định ranh giới mặn - ngọt tại hai vị trí trên theo nguyên lý cân bằng Ghybel – Herzberg
 - Xác định ranh giới mặn - ngọt theo bài toán thủy động. So sánh hai kết quả và cho nhận xét.
 - Về mùa mưa khi có nước mưa cung cấp thường xuyên người ta đo được mực nước ngầm ổn định trong 2 hố khoan dâng cao

0,5m. Xác định ranh giới mặn - ngọt theo bài toán thủy động khi cường độ nước mưa cung cấp $w = 0,005 \text{ m/ngđ}$.

3. Phân biệt không chế nguồn ô nhiễm và xử lý giải ô nhiễm và nêu các giải pháp tương ứng.



CHƯƠNG 4: KHẢO SÁT, NGHIÊN CỨU NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Nước dưới đất là một tài nguyên thiên nhiên trong vỏ quả đất. Khác với khoáng sản rắn chỉ phân bố từng vùng độc lập, nước dưới đất có thể gặp bất cứ chỗ nào. Tuy nhiên, để có thể khai thác nước dưới đất với khối lượng lớn và lâu dài, chất lượng tốt thì không phải chỗ nào cũng có thể thực hiện được. Vì vậy, cần phải tiến hành khảo sát địa chất thủy văn. Khảo sát địa chất thủy văn là tìm kiếm, thăm dò các mỏ nước đạt yêu cầu về trữ lượng và chất lượng. Công tác thăm dò mỏ nước dưới đất bao gồm các dạng công tác khảo sát chủ yếu được trình bày dưới đây.

§1. CÁC CÔNG TÁC THĂM DÒ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

I. ĐO VẼ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

1. Khái niệm

Đo vẽ địa chất thủy văn là tiến hành thu thập các tài liệu về nước dưới đất tại các điểm lộ địa chất thủy văn trong các hành trình đã định trước. Tại các điểm lộ này, cần quan sát, mô tả nghiên cứu và thu thập thông tin về nước dưới đất. Các điểm lộ nước dưới đất có thể là:

- Các mạch nước chảy ra
- Các giếng và lỗ khoan thăm dò trước đây.

- Các công trình thu nước dưới đất đang hoặc không còn hoạt động
- Các dòng và vũng nước mặt
- Các hiện tượng địa chất do hoạt động của nước dưới đất gây ra.

Ngoài ra trong quá trình đo vẽ địa chất thủy văn cũng cần quan tâm đến đất đá chứa nước, địa mạo, thực vật, ... vì chúng quyết định đến sự tồn tại các mỏ nước.

Nội dung đo vẽ và ghi chép tại các điểm lộ bao gồm: số liệu điểm lộ, vị trí, hình thức xuất lộ, độ cao chỗ xuất lộ mạch nước, độ sâu mực nước dưới đất tại các giếng, hố khoan, cấu trúc địa chất, đặc trưng tầng chứa nước, lưu lượng, lấy mẫu nước để phân tích thành phần hóa học, thành phần khí, động thái và qui mô sử dụng, ...

Công tác đo vẽ địa chất thủy văn thường do các kỹ sư địa chất thủy văn thực hiện, thông thường là đi bộ theo các hành trình, ngoài ra có thể sử dụng các phương tiện khác mà cho phép tiếp cận được các điểm lộ phân bố trên toàn bộ khu vực đo vẽ.

Hiện nay ngoài cách thức đo vẽ theo các tuyến hành trình, còn có thể đo vẽ địa chất thủy văn bằng cách chụp ảnh bằng máy bay hay vệ tinh (viễn thám). Nước dưới đất thường tập trung trong các đới nứt nẻ của đá. Trên ảnh hàng không, ảnh vệ tinh, có thể xác định được các vết khe nứt - dạng tuyến tự nhiên theo độ màu thay đổi của đất đá, sự thẳng hàng của các kiểu thực vật, các đoạn sông hay thung lũng thẳng, chỗ sụt lún mặt đất theo tuyến, ...

Khối lượng công tác đo vẽ ĐCTV phụ thuộc vào mức độ phức tạp điều kiện tự nhiên của lãnh thổ đo vẽ, mức độ nghiên cứu, mức độ lộ của đá gốc, của mạch nước và tỷ lệ đo vẽ. Khối lượng công tác đo vẽ được thể hiện ở số lượng các công trình khoan đào, số điểm khảo sát và số km hành trình.

Kết thúc công tác đo vẽ kỹ sư địa chất thủy văn chỉnh lý các kết quả thu thập được, mang lên bản đồ kết hợp với các kết quả khảo sát của các phương pháp khác để lập nên bản đồ địa chất thủy văn.

2. Bản đồ địa chất thủy văn

Các kết quả đo vẽ địa chất thủy văn và của các công tác khác trong quá trình điều tra địa chất thủy văn được chỉnh lý và lập thành bản đồ địa chất thủy văn. Trên bản đồ địa chất thủy văn thể hiện sự phân bố các tầng (hoặc phức hệ) chứa nước có ghi tuổi địa chất, diện tích cung cấp và thoát nước, các vỉa nước xuất lộ trên mặt, lượng và chất nước, độ khoáng hóa của nước đối với tầng chứa nước thứ nhất kể từ mặt đất. Đối với trường hợp trong cùng một vùng có nhiều tầng chứa nước được nghiên cứu, để khỏi làm rối bản đồ người ta thành lập những bản đồ phụ cho các tầng chứa nước đó.

Tầng nước dưới đất được thể hiện bằng các đường thủy đẳng cao (đối với nước ngầm), thủy đẳng áp (đối với nước có áp). Thành phần hoá học của nước được thể hiện bằng các biểu đồ quaternary tại vị trí các điểm lộ nghiên cứu nước (các hố khoan, các mạch rỉ, các giếng,...). Độ giàu nước được thể hiện bằng các con số ở các điểm lộ nước, ví dụ, lưu lượng lớn nhất, tỷ lưu lượng của giếng,...

Ngoài các thông tin nêu trên, trên bản đồ địa chất thủy văn còn cần phải phản ánh các yếu tố địa hình, địa chất... có liên quan với địa chất thủy văn và có ảnh hưởng đến quy luật hình thành và phân bố của nước dưới đất.

Theo tỷ lệ người ta chia bản đồ địa chất thủy văn ra làm các loại: bản đồ địa chất thủy văn khái quát, bản đồ địa chất thủy văn khu vực và bản đồ địa chất thủy văn tỉ mỉ. Theo ý nghĩa sử dụng chia làm 2 loại: bản đồ địa chất thủy văn tổng hợp và bản đồ địa chất thủy văn chuyên môn.

Bản đồ địa chất thủy văn khái quát (1:100000 – 1:500000 đôi khi 1:200000) và bản đồ địa chất thủy văn khu vực (1:200000 – 1: 100000, đôi khi 1:50000) thường là bản đồ địa chất thủy văn tổng hợp. Nó phản ánh đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn trên toàn bộ lãnh thổ hoặc một phần lãnh thổ của cả nước và nhằm những mục đích chung. Để thành lập, dùng bản đồ địa chất cùng tỷ lệ đã được chỉnh lý và tinh giảm đến mức cần thiết theo yêu cầu của bản đồ địa chất thủy văn làm nền và đưa các yếu tố của nước dưới đất lên bản đồ: diện tích phân bố các tầng và phức hệ chứa nước, các lớp cách nước cùng tuổi địa chất của chúng, diện tích các miền cung cấp, dòng chảy và thoát nước dưới đất, chiều sâu thế nằm của các tầng, phức hệ chứa nước và các lớp cách nước, hướng vận động của nước dưới đất; các điểm lộ của nước dưới đất; số lượng và chất lượng nước dưới đất.

Bản đồ địa chất thủy văn tỷ mỉ (1:25000 và lớn hơn) thường là bản đồ địa chất thủy văn chuyên môn, trên đó có thể tổng hợp phản ánh các yếu tố địa chất thủy văn hoặc chỉ phản ánh một số đặc điểm nào đó của nước dưới đất theo yêu cầu sử dụng chuyên môn của bản đồ.

Ở vùng lớp phủ Đệ Tứ phát triển thì ngoài bản đồ địa chất thủy văn đối với đá gốc trước Đệ Tứ, còn lập bản đồ địa chất thủy văn riêng đối với lớp phủ Đệ Tứ.

Cùng với bản đồ địa chất thủy văn còn thành lập các mặt cắt địa chất thủy văn để phản ánh sự biến đổi các đặc trưng địa chất thủy văn theo chiều sâu ở tuyến cắt nào đó. Các mặt cắt chọn theo phương vận động chủ yếu của nước dưới đất; cắt từ miền cung cấp đến miền thoát nước của tầng hay phức hệ chứa nước chủ yếu hay theo phương cắt qua nhiều đơn vị chứa nước của vùng nghiên cứu.

Để tránh rườm rà, đôi khi cần lập ra các bản đồ phụ trợ cùng tỷ lệ để phản ánh riêng biệt một số yếu tố nào đó của nước dưới đất: bản đồ thủy đẳng cao, thủy đẳng áp, bản đồ thủy hóa, bản đồ về mức độ phong phú nước, bản đồ phân vùng địa chất thủy văn,...

II. PHƯƠNG PHÁP THĂM DÒ ĐỊA VẬT LÝ.

Phương pháp thăm dò địa vật lý là dựa trên sự nghiên cứu các trường vật lý và các quá trình vật lý khác nhau phân bố theo không gian của vỏ quả đất để thu thập các thông tin về nước dưới đất. Đặc trưng trạng thái và cường độ của các trường vật lý phụ thuộc vào tính chất của đất đá trong sự liên quan chặt chẽ đến nước dưới đất; sự khác biệt về thành phần, tính chất các lớp đất đá chứa nước càng nhiều thì sự khác nhau theo tham số vật lý nào đó (mật độ, điện trở,...) của chúng càng lớn và ranh giới địa chất càng dễ phân biệt. Các trường nghiên cứu có thể là trường thiên nhiên tồn tại trên vỏ quả đất hoặc hình thành bằng phương pháp nhân tạo (trường dao động đàn hồi khi va chạm, nổ,...).

Phương pháp thăm dò địa vật lý có thể tiến hành trên mặt đất, trên máy bay, trong giếng khoan. Các phương pháp thăm dò địa vật lý gồm có: thăm dò điện, thăm dò địa chấn; thăm dò nhiệt, thăm dò từ, thăm dò trọng lực, thăm dò phóng xạ, thăm dò rada, thăm dò siêu âm. Trong số các phương pháp trên, trong địa chất thủy văn phổ biến nhất là thăm dò điện và thăm dò địa chấn. Sau đây sẽ trình bày tóm lược hai phương pháp thăm dò đó.

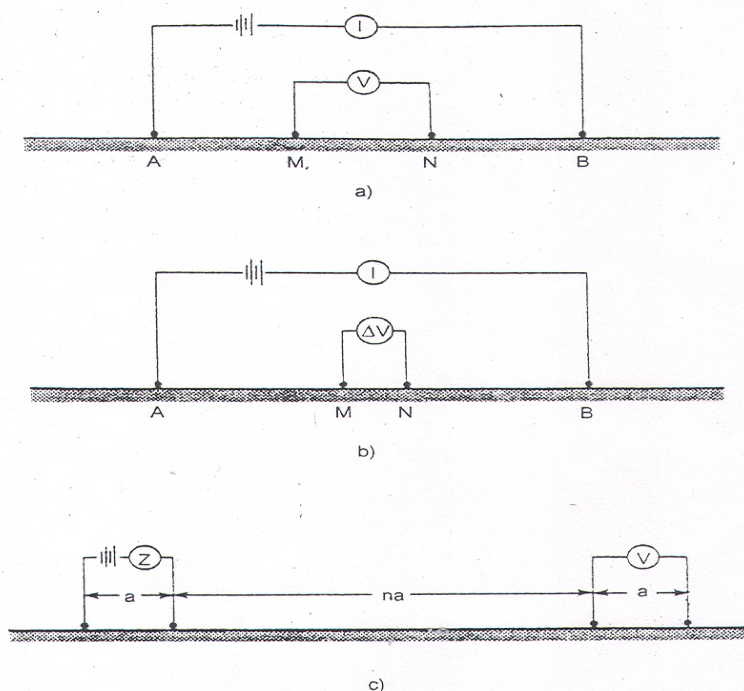
1. Phương pháp thăm dò điện.

Cơ sở để áp dụng có kết quả thăm dò điện là sự phân dị đất đá theo khả năng truyền điện, được đặc trưng bằng các tham số: điện trở suất, hằng số cách điện, độ phân cực kích thích, trường phân cực tự nhiên. Dựa vào loại điện trường và kỹ thuật tiến hành có các phương pháp đo điện cơ bản sau: dòng điện một chiều; dòng điện xoay chiều tần số thấp, tần số trung, tần số cao, trường không ổn định,...

Trong số các phương pháp thăm dò địa vật lý điện sử dụng rộng rãi nhất là phương pháp đo điện trở suất và đo độ truyền dẫn điện từ trường.

Cơ sở của phương pháp đo điện trở suất là định luật Ôm. Dòng điện một chiều hay dòng điện xoay chiều tần số rất thấp hoặc dòng điện ắc quy được phát trực tiếp qua hai điện cực kim loại vào trong đất. Điện thế trong đất được đo giữa hai điện cực kim loại khác cũng đóng vào trong đất. Do đã biết dòng điện chạy qua đất (I) và hiệu điện thế giữa hai điện cực (ΔV) dựa vào định luật Ôm có thể tính điện trở suất của vật liệu đất giữa hai điện cực. Vì vật liệu không bao giờ đồng nhất và truyền điện thẳng đứng nên giá trị tìm được chỉ là điện trở suất biểu kiến $\bar{R}$.

Các điện cực có thể bố trí theo kiểu cách đều Wenner ($\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB}$), kiểu Schlumberger ($\overline{AB}$ bằng hay lớn hơn 5 lần $\overline{MN}$) hay bố trí theo cặp, trong đó khoảng cách giữa các điện cực trong một cặp là a và khoảng cách giữa các cặp là na



(hình 4.1).

Hình 4.1: a) kiểu bố trí cách đều Wenner; b) kiểu bố trí Schlumberger; c) Kiểu bố trí theo cặp.

Giá trị điện trở suất biểu kiến $\bar{R}$ được xác định tương ứng cho các kiểu bố trí như sau:

$$\text{Kiểu cách đều Wenner: } \bar{R} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

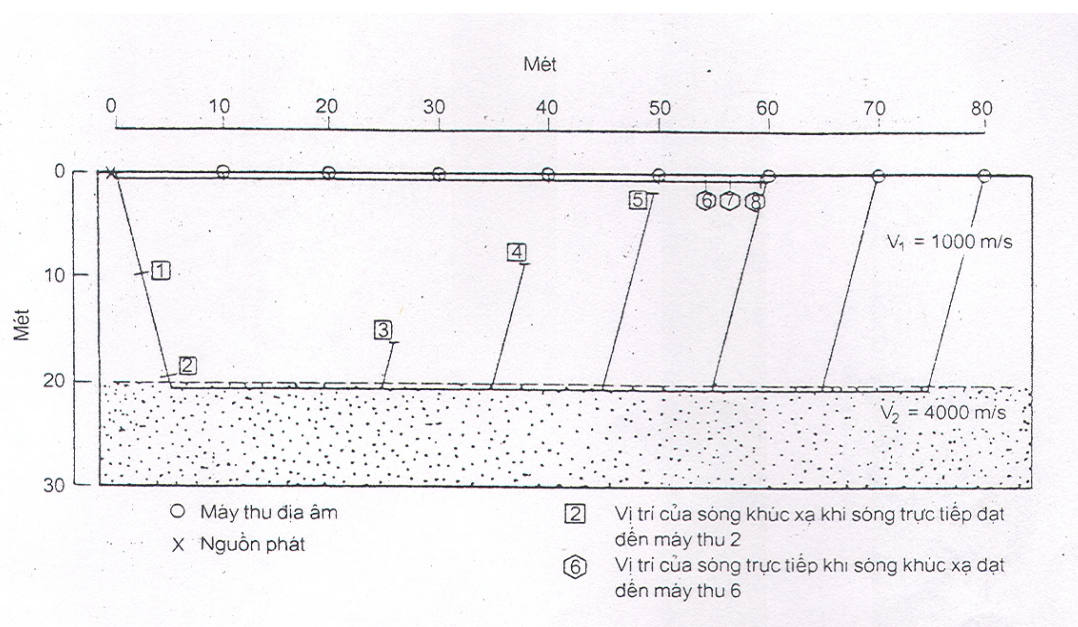
$$\text{Kiểu bố trí Schlumberger: } \bar{R} = \pi \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\text{Kiểu bố trí theo cặp: } \bar{R} = n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I}$$

Từ kết quả đo điện trở suất biểu kiến, thiết bị sẽ diễn giải kết quả để xác định các thông tin địa chất và địa chất thủy văn. Phương pháp đo điện trở suất được sử dụng hữu hiệu để nhận biết các đứt gãy kiến tạo, lòng sông bị chôn vùi và vùng nước mặn tiếp xúc với nước ngọt ở dưới đất.

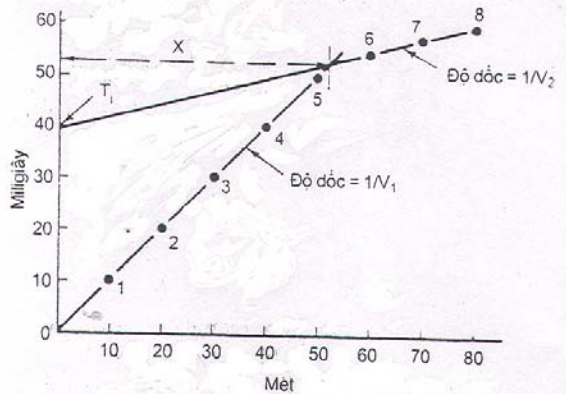
2. Phương pháp thăm dò địa chấn

Các phương pháp thăm dò dùng sóng địa chấn nhân tạo truyền trong đất được sử dụng rộng rãi để xác định độ sâu và độ nghiêng của đá gốc, độ sâu mực nước ngầm và trong một số trường hợp, xác định sơ bộ thành phần thạch học. Dưới đây sẽ trình bày một ứng dụng của phương pháp thăm dò địa chấn để xác định chiều dày lớp vật liệu hạt rời phủ trên đá gốc bằng phương pháp địa chấn khúc xạ.



Hình 4.2 Đường truyền của sóng khúc xạ và sóng trực tiếp. Sóng trực tiếp đạt đến 5 máy thu đầu trước sóng khúc xạ nhưng từ máy thu thứ sáu thì sóng khúc xạ đến trước. Các chữ số nằm trong ký hiệu chỉ khoảng cách truyền theo các đường sóng

Nguồn phát sóng địa chấn có thể là khối thuốc nổ nhỏ nhồi trong một hố khoan nông hay một cú đập búa tạ trên tấm thép nằm trên mặt đất. Sóng địa chấn được thu nhận bởi các máy thu đặt trên mặt đất thành tuyến kéo dài từ nguồn phát. Khi phát nổ, sóng địa chấn lan truyền trong đất đến các máy thu dưới dạng sóng trực tiếp và sóng khúc xạ. Sóng trực tiếp là sóng bề mặt, truyền thẳng từ nguồn phát đến các nguồn thu. Sóng khúc xạ là sóng lan truyền vào trong đất, khi gặp các ranh giới thì



Hình 4-3: Đồ thị khoảng cách-thời gian đến của sóng địa chấn đối với môi trường 2 lớp. Các chữ số ký hiệu các máy thu

khúc xạ mới đến các máy thu. Khi lớp dưới là vật liệu chặt hơn lớp trên sóng sẽ truyền trong nó với vận tốc nhanh hơn sóng trực tiếp ở lớp trên, vì vậy, các nguồn thu ở gần nguồn phát sẽ nhận được sóng trực tiếp trước (vì quãng đường truyền ngắn hơn) nhưng bắt đầu từ nguồn thu thứ i nào đó sẽ tiếp nhận được sóng khúc xạ trước (hình 4.2). Căn cứ thời điểm phát sóng, thời điểm nguồn thu tiếp nhận được sóng đến trước và khoảng cách của các nguồn thu đến nguồn phát sóng sẽ xác định được vận tốc truyền của các loại sóng.

Lập đồ thị quan hệ giữa thời gian sóng đầu tiên đến máy thu với khoảng cách từ nguồn phát đến máy thu. Kéo dài đồ thị của đoạn sóng khúc xạ cắt trục tung tại điểm có giá trị T_1 (gọi là thời gian chặn), chiều dày của lớp đất phía trên có thể tính theo một trong hai công thức dưới đây:

$$z_1 = \frac{T_{i1}}{2} \frac{V_1 \cdot V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (4.1)$$

hay

$$z_1 = \frac{X_1}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_1 + V_2}} \quad (4.2)$$

Ngoài trường hợp mô hình 2 lớp nêu trên, người ta đã lập được công thức tính chiều dày các lớp đất cho mô hình nhiều lớp.

III.KHOAN ĐÀO THẨM DÒ

Khoan thăm dò là biện pháp khảo sát phổ biến nhất và có tầm quan trọng đặc biệt khi nghiên cứu sự biến đổi các điều kiện địa chất và địa chất thủy văn theo độ sâu: các lớp đất đá, nước dưới đất, hiện tượng địa chất vật lý,...

Tùy thuộc vào giai đoạn thăm dò lỗ khoan địa chất thủy văn được chia ra các loại sau: a/ lỗ khoan tìm kiếm; b/ lỗ khoan thăm dò; c/ thăm dò khai thác; d/ lỗ khoan quan trắc.

Lỗ khoan tìm kiếm được khoan trong giai đoạn tìm kiếm nước dưới đất. Mục đích của khoan là để nghiên cứu mặt cắt địa chất - địa chất thủy văn tổng hợp, để phân chia và nghiên cứu định tính, định lượng các tầng chứa nước được khoan qua.

Lỗ khoan thăm dò được khoan trong quá trình thăm dò những đơn vị chứa nước triển vọng đã được vạch ra trong giai đoạn tìm kiếm để nghiên cứu thành phần thạch học, chiều sâu, chiều dày và những đặc trưng về số lượng và chất lượng của những đơn vị chứa nước kể trên.

Lỗ khoan thăm dò - khai thác được thực hiện trong giai đoạn thăm dò tỷ mỷ và được bố trí tại những nơi dự định đặt các lỗ khoan khai thác khi mặt cắt địa chất và độ phong phú nước của đất đá tại những vị trí đó đã xác định một cách tin cậy trong những giai đoạn nghiên cứu trước. Các lỗ khoan này sau khi phê chuẩn trữ lượng sẽ được giữ lại làm giếng khai thác nước.

Lỗ khoan quan trắc nhằm mục đích quan trắc dài ngày động thái của nước hoặc quan trắc mực nước trong quá trình bơm thí nghiệm.

Cấu trúc lỗ khoan địa chất thủy văn phụ thuộc vào mục đích sử dụng của chúng và phải bảo đảm các yêu cầu sau: 1/ tiến hành khoan có hiệu quả và an toàn; 2/ bảo đảm cho phép nghiên cứu mọi tầng chứa nước khoan qua, khi cần thiết cho phép cách lý tốt giữa các tầng chứa nước; 3/ cho phép sử dụng dễ dàng dụng cụ đo và thiết bị bơm trong lỗ khoan; 4/ ổn định và bền vững trong mục đích sử dụng; 5/ bảo đảm sửa chữa được dễ dàng. Trừ các lỗ khoan thăm dò – khai thác và lỗ khoan quan trắc, các hố khoan còn lại sau khi hoàn thành nhiệm vụ khảo sát cần phải được lấp lại.

Trong quá trình khoan thăm dò địa chất thủy văn phải:

- theo dõi và mô tả các mẫu đất đá, tình trạng dung dịch khoan
- đo mực nước xuất hiện và mực nước ổn định
- theo dõi tốc độ khoan và những hiện tượng, sự cố xảy ra, đánh dấu các độ sâu mất dung dịch, độ sâu xuất hiện nước dâng, thay đổi tính chất của dung dịch,...

Tùy theo giai đoạn khảo sát và mức độ phức tạp về điều kiện địa chất thủy văn mà mạng lưới thăm dò, cự ly, độ sâu, số lượng công trình thăm dò có thể thay đổi. Trong địa chất thủy văn, các hố khoan thăm dò sau khi dùng để nghiên cứu thành phần, tính chất đất đá của tầng chứa nước, chúng được dùng để thí nghiệm địa chất thủy văn hiện trường như hút nước, đổ nước, ép nước.

IV. THÍ NGHIỆM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN HIỆN TRƯỜNG

Thí nghiệm địa chất thủy văn hiện trường là các phương pháp thí nghiệm trong hố khoan, hố đào nhằm xác định các thông số của tầng chứa nước. Các thí nghiệm địa chất thủy văn hiện trường bao gồm hút nước, ép nước, đổ nước trong hố khoan. Thí nghiệm đổ nước để xác định hệ số thấm k ; thí nghiệm hút nước nhằm xác định các thông số k , T , a , μ ; thí nghiệm ép nước để xác định lưu lượng hấp thụ q , hệ số thấm k . Chi tiết về các phương pháp này có thể tham khảo trong các tài liệu “Phương pháp điều tra địa chất thủy văn” của Klimentov P.P, tiêu chuẩn ngành 14TCN 83:2001 “Quy trình xác định tính thấm nước của đất đá bằng phương pháp thí nghiệm ép nước, đổ nước trong hố khoan”,... Ở đây chỉ trình bày phương pháp hút nước – là phương pháp chủ yếu trong địa chất thủy văn.

Thí nghiệm hút nước là phương pháp tin cậy nhất để xác định các thông số tính toán địa chất thủy văn cơ bản của tầng chứa nước. Nó được áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu địa chất thủy văn phục vụ cung cấp nước và cả khi điều tra địa chất thủy văn cho các lĩnh vực khác. Thực chất thí nghiệm hút nước là dùng các

thiết bị bơm hút nước ra từ các giếng khoan. Dựa vào lưu lượng hút ra, kích thước thấu hạ thấp mực nước, đường kính giếng và chiều dày của tầng chứa nước có thể tính các thông số địa chất thủy văn theo các công thức thủy động lực.

Thời gian kéo dài hút nước được xác định bởi mục đích hút nước và điều kiện địa chất thủy văn (tính thấm, mức độ đồng nhất, tính chất thủy lực ..). Rõ ràng tốt nhất nên thí nghiệm đến khi vận động của nước đến lỗ khoan đạt đến động thái ổn định (điều kiện này nhanh chóng đạt được khi lỗ khoan hút nước ở gần sông hay trong lớp chứa nước rất phong phú nước). Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp để đạt được ổn định phải hút rất lâu dài gây tốn kém nên thường người ta chỉ thí nghiệm với động thái không ổn định.

Khi hút nước với 2 hoặc 3 trị số hạ thấp mực nước thì nên bắt đầu từ trị số nhỏ đến lớn. Riêng với tầng chứa nước là đá nứt nẻ, carst hóa có nhiều vật chất lấp nhét và khoan bằng dung dịch sét thì ngược lại, nên hút từ $S_{\max}$ đến $S_{\min}$ nhằm rửa sạch vật chất lấp nhét và dung dịch sét trong các khe nứt ở gần lỗ khoan.

Trong quá trình bơm hút nước đo lưu lượng và mực nước hạ thấp theo thời gian. Đồng thời với quan trắc lưu lượng và mực nước tại tất cả các lỗ khoan, cần đo nhiệt độ nước và nhiệt độ khí, lấy mẫu nước để phân tích thành phần hóa học nước, phân tích vi trùng.

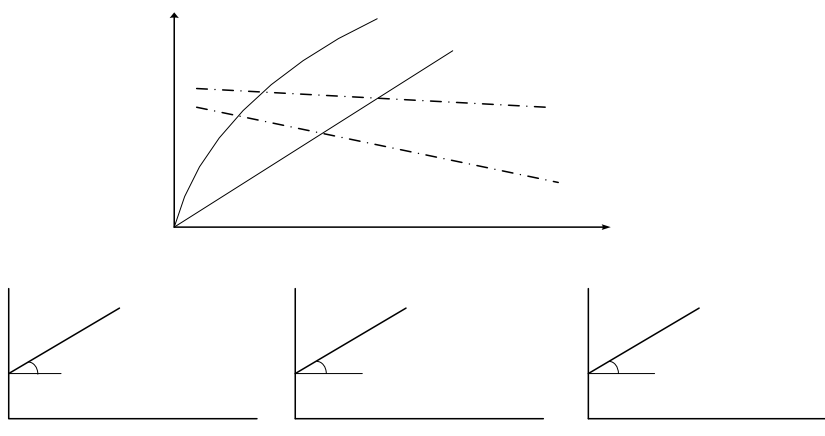
Từ các kết quả đo tiến hành chỉnh lý và tính toán các thông số địa chất thủy văn. Lập biểu đồ biến đổi lưu lượng, mực nước theo thời gian, tức là các đồ thị quan hệ $Q=f(s)$ và $q=f(s)$ để xác lập phương trình đường cong lưu lượng (hình 4.4). Nếu đồ thị $Q=f(s)$ là thẳng thì phương trình đường cong lưu lượng $Q = q.S$. Nếu đồ thị $Q=f(s)$ là cong thì lập tiếp đồ thị bổ sung:

$$S_0 = \frac{S}{Q} = f(Q), \text{ nếu là thẳng dạng phương trình sẽ là: } S=aQ+bQ^2 \quad (4.3)$$

$$\lg Q=f(\lg S), \text{ nếu là thẳng dạng phương trình là: } Q = q\sqrt[m]{S} \quad (4.4)$$

$$Q=f(\lg S), \text{ nếu là thẳng dạng phương trình là } Q=a+b\lg S \quad (4.5);$$

a, b, m, q là các hệ số của đường cong lưu lượng xác định bằng đồ thị hoặc bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Ở Việt Nam thường chỉ tiến hành hút nước với 2 đến 3 trị số hạ thấp mực nước nên cách duy nhất tìm thông số của phương trình đường cong là phương pháp đồ giải (hình 4.4). Các đường cong lưu lượng xác định được bằng thí nghiệm hút nước sẽ giúp cho các nhà thiết kế lựa chọn lưu lượng khai thác hợp lý bảo đảm không làm suy thoái nguồn nước.



Hình 4.4: Đường cong lưu lượng $Q=f(s)$; $q=f(s)$.

Thí nghiệm hút nước, ngoài mục đích xác định đường cong lưu lượng nêu trên, còn để xác định các chỉ tiêu đặc trưng của tầng chứa nước k , T , μ , a . Cách tính các chỉ tiêu này theo kết quả thí nghiệm hút nước với động thái không ổn định xem chương 2, §5, II.

§2. CÁC GIAI ĐOẠN THĂM DÒ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

Khảo sát địa chất thủy văn tiến hành nhằm bảo đảm lựa chọn hợp lý nguồn nước cấp và vị trí để xây dựng nhà máy nước, đưa ra cơ sở chắc chắn để đánh giá và dự báo điều kiện làm việc của nhà máy nước tương lai trong suốt thời gian khai thác về tất cả các mặt và có được số liệu cần thiết để thiết kế xây dựng nhà máy nước.

Thường có các giai đoạn khảo sát nhau: tìm kiếm, thăm dò sơ bộ, thăm dò tỷ mỉ và thăm dò khai thác. Phụ thuộc lượng nước yêu cầu, mức độ phức tạp của điều kiện địa chất thủy văn và mức độ nghiên cứu có thể kết hợp một vài giai đoạn thành một giai đoạn hoặc bỏ qua một số giai đoạn, tuy nhiên phải có cơ sở luận chứng rõ ràng cho việc thực hiện đó.

I. GIAI ĐOẠN TÌM KIẾM

Giai đoạn tìm kiếm là làm sáng tỏ sơ bộ điều kiện địa chất thủy văn, quy luật hình thành và phân bố nước dưới đất toàn vùng để lựa chọn các khoảng tiềm năng để tiến hành thăm dò sơ bộ. Công tác tìm kiếm có tác dụng tốt ở vùng có mức độ nghiên cứu địa chất thủy văn chưa đầy đủ, khi số liệu đã có không đủ cơ sở để phân chia các khoảng có triển vọng khai thác nước dưới đất.

Bước quan trọng nhất của công tác tìm kiếm là thu thập tài liệu, tổng hợp và phân tích các tài liệu địa chất - địa chất thủy văn để đánh giá mức độ nghiên cứu của khu vực. Với các vùng có mức độ nghiên cứu tốt về địa chất thủy văn thì đôi khi nhiệm vụ tìm kiếm có thể chỉ bằng công tác phân tích tài liệu trong phòng, còn trong các trường hợp khác, sau khi phân tích định hướng tài liệu đã có, nhiệm vụ tìm kiếm có thể giảm bớt một phần.

Ở những vùng có mức độ nghiên cứu địa chất - địa chất thủy văn chưa đầy đủ, công tác tìm kiếm bao gồm đo vẽ địa chất thủy văn hoặc đo vẽ địa chất - địa chất thủy văn tổng hợp tỷ lệ 1:250.000 – 1: 50.000 (chủ yếu là 1: 50.000), khoan các lỗ khoan tìm kiếm, địa vật lý lỗ khoan, bơm thử, phân tích nước và đất đá, theo dõi và phân tích điều kiện làm việc của nhà máy nước đang hoạt động trong vùng, thu thập tài liệu địa chất thủy văn, khí tượng thủy văn, đo đạc thủy văn, tiến hành công tác trắc địa, ... Diện tích tìm kiếm thường bố trí gần đối tượng sử dụng nước, nếu không có nguồn nước dưới đất ở gần thì chọn vùng tìm kiếm ở xa hơn.

Các lỗ khoan tìm kiếm nước và nghiên cứu cấu trúc địa chất nên bố trí thành tuyến vuông góc với phương cấu trúc, vị trí của chúng phụ thuộc vào tài liệu đo vẽ và thăm dò địa vật lý mặt đất. Với vùng có lớp phủ dày thì chủ yếu dựa vào công tác địa vật lý và khoan, kết hợp với hút nước thử.

Công tác tìm kiếm cho các số liệu đủ để phân chia các tầng chứa nước và các khoảng có triển vọng cho công tác thăm dò sơ bộ, đưa ra các dự báo về trữ lượng khai thác trong mỗi khoảng, xác định tính kinh tế và trình tự khai thác trong mỗi khoảng, xác định tính kinh tế và trình tự các công tác tiếp theo.

II. THĂM DÒ SƠ BỘ

Thăm dò sơ bộ là nghiên cứu, xác định các đặc điểm cơ bản về điều kiện địa chất - địa chất thủy văn của tầng chứa nước; xác định và sơ bộ đánh giá các nguồn hình thành trữ lượng khai thác, các thông số địa chất thủy văn tính toán, điều kiện vệ sinh và kinh tế kỹ thuật của việc khai thác nước, tổng trữ lượng nước (trữ lượng động, trữ lượng tĩnh) và trữ lượng khai thác. Đánh giá trữ lượng theo các cấp C_1 , C_2 đôi khi B, trong phạm vi một hoặc một vài khoảng triển vọng để khai thác.

Đo vẽ địa chất thủy văn thường ở tỷ lệ 1:25.000 được tiến hành khi điều kiện tự nhiên phức tạp, các tầng chứa nước nghiên cứu nằm không sâu nhằm làm sáng tỏ điều kiện phân bố, điều kiện cấp và thoát nước, các điều kiện và nhân tố làm ô nhiễm nước. Tài liệu đo vẽ tổng thể và tài liệu địa vật lý theo diện tích làm sáng tỏ vị trí các tuyến hố khoan hoặc hố khoan đơn. Với các mỏ nước khác nhau khoảng cách các tuyến thăm dò từ 1,0 đến 5,0km, khoảng cách các lỗ khoan trên tuyến 0,5 – 3km.

Các lỗ khoan thăm dò ngoài nhiệm vụ lấy mẫu đất đá và để đo địa vật lý nhằm nghiên cứu địa chất và phân tầng địa chất thủy văn còn được sử dụng để hút nước thử, lấy mẫu nước (phân tích hóa học đơn giản và toàn diện, phân tích các chất độc hại và đánh giá điều kiện vệ sinh). Tiến hành các nghiên cứu về điều kiện cấp nước của tầng chứa nước, quan hệ thủy lực với nước mặt, giữa các tầng chứa nước với nhau, điều kiện thủy lực học và vệ sinh của các khoảng.

Kết quả của công tác thăm dò sơ bộ là đánh giá được trữ lượng khai thác nước dưới đất của các khoảng triển vọng, trữ lượng khai thác theo các cấp công nghiệp, so sánh điều kiện thủy động lực, vệ sinh và kinh tế kỹ thuật việc khai thác nước ở từng khoảng và lập luận để tiến hành thăm dò tỷ mỷ.

III. THĂM DÒ TỶ MỶ

Thăm dò tỷ mỷ nhằm lập luận cơ sở thiết kế xây dựng nhà máy nước tương lai, đánh giá trữ lượng khai thác nước theo các sơ đồ hợp lý của nhà máy nước thiết kế theo các cấp trữ lượng, luận chứng cơ sở để huy động vốn thiết kế và xây dựng nhà máy nước. Thăm dò tỷ mỷ chỉ tiến hành khi có đơn đặt hàng (của các cơ sở sử dụng nước), có sự đồng ý của Cục Quản lý nước, các cơ quan địa phương và trung ương về vệ sinh và bảo vệ môi trường, Vị trí các diện tích thăm dò tỷ mỷ, được tiến hành trên các khoảng mà thăm dò sơ bộ đã chỉ ra, có xét đến chất và lượng của cơ sở sử dụng nước, các yêu cầu của cơ sở sử hữu đất đai, có sự tư vấn của cơ quan thiết kế nhà máy nước và sự đồng ý của các cấp chính quyền địa phương (Sở Khoa học và Công nghệ, Sở Nhà đất và chính quyền địa phương).

Ở các khoảng bố trí nhà máy nước, thu được các tài liệu tin cậy để đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất ở cấp cao (A+B) theo yêu cầu và tài liệu để thiết kế nhà máy nước mới hay mở rộng nhà máy nước đang hoạt động.

Tổ hợp công tác trong giai đoạn tỷ mỷ gồm: khoan các lỗ khoan thăm dò, thăm dò – khai thác, quan trắc; tiến hành thí nghiệm hút nước (đơn và chum), khai thác thử, đo vật lý lỗ khoan, quan trắc động thái nước dưới đất và nước mặt, đo đặc thủy văn và trắc địa, khảo sát chuyên môn khoảng khai thác, nghiên cứu các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật.

Vị trí các hố khoan thăm dò – khai thác (thường dùng để hút nước thí nghiệm – khai thác thử) và cấu trúc của chúng phải đảm bảo sự sử dụng tiếp theo như là một

trong những lỗ khoan khai thác của nhà máy nước. Các lỗ khoan thăm dò và quan sát chuyển thành lỗ khoan quan trắc động thái nước dưới đất trong quá trình khai thác. Hút nước tự nhiên được tiến hành ở tất cả các lỗ khoan thăm dò, thăm dò khai thác chủ yếu trên bãi giếng.

Kết quả thăm dò tỷ mỷ phải đảm bảo chính xác hóa điều kiện và nguồn hình thành trữ lượng khai thác nước dưới đất, sơ đồ bố trí các lỗ khoan khai thác, các lỗ khoan dự trữ, các lỗ khoan quan trắc, đánh giá trữ lượng cấp cao và lập luận cơ sở dự báo điều kiện làm việc của nhà máy nước tương lai (động thái, lưu lượng các lỗ khoan, sự thay đổi mực nước và chất lượng nước, các chỉ số kinh tế – kỹ thuật của hoạt động nhà máy nước). Kết quả thăm dò tỷ mỷ phải được sử dụng để lập báo cáo tổng kết theo yêu cầu của Hội đồng trữ lượng, kết quả các công tác đã thực hiện và đánh giá trữ lượng khai thác theo các cấp công nghiệp (A+B) và cấp triển vọng (C_1 , C_2). Thăm dò tỷ mỷ được xem là kết thúc khi Hội đồng trữ lượng hoặc các cơ quan địa phương và trung ương có thẩm quyền duyệt trữ lượng khai thác nước dưới đất.

IV. THĂM DÒ KHAI THÁC

Thăm dò khai thác nhằm mục đích bảo đảm giám sát thích đáng về mặt địa chất thủy văn việc xây dựng các nhà máy nước, lập luận chế độ và phương pháp khai thác hợp lý hơn, chính xác hóa điều kiện địa chất thủy văn mỏ nước dưới đất ở khoảng khai thác, đánh giá lại trữ lượng khai thác nước dưới đất, lập luận về điều kiện mở rộng, phát triển tiếp theo của nhà máy nước và biện pháp bảo vệ nước dưới đất khỏi bị khô kiệt và nhiễm bẩn.

Nghiên cứu địa chất thủy văn giai đoạn này bắt đầu từ việc thu thập tài liệu địa chất thủy văn chuyên môn và thí nghiệm trong thời gian thi công các lỗ khoan khai thác nước và các lỗ khoan quan trắc động thái đến việc tiến hành tổ hợp các nghiên cứu cần thiết để kiểm tra và điều khiển liên tục chế độ hoạt động của nhà máy nước trong suốt thời gian khai thác. Tổ hợp công tác trong giai đoạn này bao gồm: quan trắc có hệ thống động thái nước mặt và nước dưới đất, chế độ khai thác các lỗ khoan nhà máy nước (thay đổi mực nước, thành phần hóa học của tầng nước khai thác và các tầng nước liên quan, lưu lượng các lỗ khoan). Quá trình tiêu hao trữ lượng; tiến hành thí nghiệm thăm (đặc biệt khi mở rộng diện tích hoặc tăng công suất nhà máy nước), lấy mẫu nước để nghiên cứu và kiểm tra; Khi cần thì phải khoan thêm các lỗ khoan thăm dò và quan trắc bổ sung, tiến hành công tác trắc địa đo đạc thủy văn, công tác thí nghiệm để bổ sung nhân tạo trữ lượng nước dưới đất, áp dụng các biện pháp tăng công suất các lỗ khoan nhà máy nước.

Với các nhà máy nước đang hoạt động thì kiểm tra hoạt động và chế độ khai thác từng lỗ khoan khai thác, chính xác hóa điều kiện địa chất thủy văn, đánh giá lại trữ lượng khai thác ở cấp cao hơn, giải quyết hữu hiệu nhiệm vụ mở rộng nhà máy nước, biện pháp bổ sung nhân tạo trữ lượng nước dưới đất và bảo vệ nước dưới đất khỏi bị nhiễm bẩn.

§3. MỎ NƯỚC DƯỚI ĐẤT

I. KHÁI NIỆM MỎ NƯỚC

Mỏ nước dưới đất được hiểu là những phần trên cùng của vỏ quả đất mà trong phạm vi của nó dưới tác động của các nhân tố tự nhiên hay nhân tạo diễn ra sự tích tụ nước dưới đất với khối lượng và chất lượng đảm bảo để sử dụng chúng một

cách hợp lý trong nền kinh tế quốc dân. Mỏ nước dưới đất có thể là mỏ nước khoáng, mỏ nước nóng và mỏ nước ngọt. Trong chương trình cấp thoát nước chúng ta quan tâm các mỏ nước ngọt.

Quy mô của một mỏ nước ngọt có thể rất khác nhau. Nó có thể là mỏ nước nằm trong các cấu trúc địa chất lớn – các bồn chứa nước actêzi hoặc các mỏ nước nhỏ trong phạm vi một đới đứt gãy kiến tạo hay một lưu vực nước ngầm của một con sông nhỏ,...

II. PHÂN CHIA NHÓM MỎ NƯỚC DƯỚI ĐẤT THEO ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

Nhóm I: Những mỏ có điều kiện địa chất thủy văn đơn giản. Nước dưới đất tàng trữ trong các lớp chứa nước có thể nằm ổn định, chiều dày ít biến đổi, đất đá đồng nhất. Đánh giá chính xác các nguồn hình thành trữ lượng khai thác nước dưới đất trong quá trình thăm dò cũng như tính toán có căn cứ sự thay đổi chất lượng nước trong quá trình khai thác.

Nhóm II: Những mỏ có điều kiện địa chất thủy văn phức tạp. Nước tồn tại trong các lớp chứa nước có thể nằm tương đối ổn định, chiều dày biến đổi hoặc không đồng nhất về tính thấm (nứt nẻ hay cách thức không đồng đều). Một phần nguồn hình thành trữ lượng khai thác được nghiên cứu chính xác trong quá trình thăm dò, còn một phần là áng chừng. Xác định gần đúng bằng tính toán sự thay đổi chất lượng nước có thể xảy ra trong quá trình khai thác.

Nhóm III: Những mỏ có điều kiện địa chất thủy văn rất phức tạp. Các tầng chứa nước rất không đồng nhất về tính toán, có diện phân bố cục bộ, hoặc trong những nơi có chiều dày thay đổi và bị phức tạp bởi các phá hủy kiến tạo. Xác định gần đúng các nguồn hình thành trữ lượng khai thác trong quá trình thăm dò và chỉ xác định sơ bộ sự thay đổi chất lượng nước có thể xảy ra.

§4. TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Trữ lượng nước dưới đất của một vùng là tổng lượng nước dưới đất có ở vùng đó xét theo một khía cạnh nào đó. Khi nghiên cứu nước dưới đất với mục đích khai thác sử dụng người ta chia trữ lượng nước dưới đất thành hai loại:

I. TRỮ LƯỢNG THIÊN NHIÊN

Trữ lượng thiên nhiên của nước dưới đất là tổng toàn bộ lượng nước dưới đất của một vùng. Dưới góc độ thủy động học, trữ lượng thiên nhiên được chia ra trữ lượng tĩnh và trữ lượng động.

1) Trữ lượng tĩnh Q_T :

Trữ lượng tĩnh là thể tích nước trọng lực có trong tầng chứa nước, được xác định theo công thức:

$$Q_T = \mu V \quad (4.6)$$

trong đó: μ - hệ số nhả nước của đất đá, V - thể tích đất đá bão hoà nước.

2) Trữ lượng động Q_d :

Trữ lượng động là lượng nước chảy qua tiết diện dòng thấm trong một đơn vị thời gian hay lượng nước cung cấp hàng năm của tầng chứa nước. Trữ lượng động của nước dưới đất được xác định theo các phương pháp sau đây:

- Theo lượng nước mưa ngấm xuống:

$$Q_d = 10 \alpha NF \quad (4.7)$$

ở đây: Q_d - trữ lượng động được bổ xung hàng năm do nước mưa ngấm xuống, $m^3/\text{năm}$;

α - hệ số ngấm, % lượng mưa;

N- lượng mưa hàng năm;

F- vùng cung cấp cho nước dưới đất, km^2 .

- Theo biến đổi lưu lượng sông được nước dưới đất cung cấp:

Phương pháp này tiến hành vào mùa khô, khi đó về cơ bản sông được nước dưới đất cung cấp.

$$q_d = \frac{q_2 - q_1}{L} \quad (4.8)$$

ở đây: q_d - trữ lượng động của nước dưới đất cho dòng thấm dọc theo bờ có bề rộng là đơn vị, $l/s.m$;

q_2 - lưu lượng sông được nước dưới đất cung cấp ở tuyến hạ lưu, l/s ;

q_1 - lưu lượng sông được nước dưới đất cung cấp ở tuyến thượng lưu, l/s ;

L- khoảng cách giữa hai tuyến, m.

- Theo hệ số thấm, bề dày và độ dốc gradien của dòng thấm:

$$Q_d = k.J.h_{tb}B \quad (4.9)$$

ở đây: k- hệ số thấm của tầng chứa nước, $m/ngđ$;

h_{tb} - bề dày trung bình dòng thấm, m;

B- bề rộng dòng thấm, m;

J- độ dốc thủy lực của dòng thấm.

II. TRỮ LƯỢNG KHAI THÁC

Trữ lượng khai thác nước dưới đất là khối lượng nước dưới đất được khai thác hợp lý về mặt kinh tế kỹ thuật với chế độ khai thác cho trước xác định, có chất lượng phù hợp với yêu cầu trong suốt thời gian tính toán sử dụng nước. Trữ lượng khai thác chiếm chỉ một phần của trữ lượng thiên nhiên.

Tùy thuộc mức độ nghiên cứu và mức độ tin cậy của việc xác định của chỉ số trên, người ta chia ra 4 cấp trữ lượng khai thác nước dưới đất: A, B, C_1 và C_2 (Bảng 4.1). Do thăm dò tỷ mỷ, trữ lượng khai thác cấp A và cấp B gọi là cấp công nghiệp và trên cơ sở của cấp này cho phép thiết kế và xây dựng nhà máy nước, còn trữ lượng cấp C_1 và C_2 xác định theo công tác tìm kiếm và thăm dò sơ bộ, được gọi là cấp triển vọng và dùng để quy hoạch triển vọng khai thác nước dưới đất.

Thông thường khi yêu cầu dùng nước nhỏ hơn nhiều so với trữ lượng thiên nhiên của tầng chứa nước thì không cần xét đến trữ lượng thiên nhiên. Tuy nhiên, trong trường hợp tầng chứa nước không có nguồn cung cấp thì trị số trữ lượng thiên nhiên sẽ có ý nghĩa rất lớn, và bất kỳ trường hợp nào không nên để cạn mất phần trữ lượng tiềm nằm dưới mực nước ngầm thấp nhất. Trong trường hợp thật cần thiết phải sử dụng một phần trữ lượng kiệt thì cần có tính toán kỹ hơn.

Bảng 4.1: Các cấp trữ lượng khai thác nước dưới đất

Cấp trữ	Mức độ thăm dò và nghiên cứu	Cơ sở để tính trữ lượng
---------	------------------------------	-------------------------

lượng		
A	Sáng tỏ hoàn toàn về : - điều kiện thể nằm, cấu trúc địa chất, giá trị mực nước, mực áp lực của tầng chứa nước, tính thấm của đất đá chứa nước. - điều kiện cung cấp của tầng chứa nước - khả năng phục hồi trữ lượng khai thác - quan hệ nước dưới đất của tầng nghiên cứu với nước mặt, nước của các tầng chứa nước khác. - khả năng sử dụng nước có chất lượng theo yêu cầu trong suốt thời gian sử dụng nước.	- tài liệu các lỗ khoan, hút nước thí nghiệm, hút nước khai thác thử hoặc lưu lượng của các nhà máy nước (trường hợp mở rộng hoặc nâng công suất nhà máy nước đang hoạt động) - phân tích thành phần hóa học nước dưới đất bảo đảm đạt chất lượng theo yêu cầu.
B	Sáng tỏ những đặc điểm chủ yếu về: - điều kiện thể nằm, cấu trúc địa chất và điều kiện cấp nước của các tầng chứa nước - quan hệ nước dưới đất vùng nghiên cứu với nước mặt và nước các tầng chứa nước khác - xác định gần đúng nguồn trữ lượng thiên nhiên hình thành nên trữ lượng khai thác - khả năng sử dụng nước có chất lượng theo mục đích đã định	+ các lỗ khoan thăm dò để hút nước thí nghiệm đơn và các lỗ khoan dùng để tính trữ lượng cấp A. + theo tổng lưu lượng thực hút của các lỗ khoan đơn hút nước thí nghiệm ở các thời điểm khác nhau có tính đến sự tương hỗ giữa chúng + theo tổng lưu lượng tính toán của các lỗ khoan dùng để lập luận trữ lượng cấp A với giá trị hạ thấp mực nước ngoại suy lớn hơn thực tế (để tính cấp A) có tính đến sự tương hỗ giữa chúng + theo công suất tính toán của nhà máy nước khai thác bằng các lỗ khoan thăm dò với trị số hạ thấp mực nước lớn hơn trị số hạ thấp mực nước thực tế hoặc đưa vào tính toán các lỗ khoan thiết kế bổ sung mà chúng có thể được bố trí theo sơ đồ khai thác đã được chấp thuận trên diện tích khoáng khai thác
C ₁	sáng tỏ những đặc tính chung về: - cấu trúc địa chất, điều kiện thể nằm, sự phân bố của các tầng chứa nước. - chất lượng nước ở mức độ đảm bảo giải quyết sơ bộ vấn đề về khả năng sử dụng chúng theo nhiệm vụ đặt ra	- điều kiện địa chất thủy văn, tài liệu hút nước thử từ các lỗ khoan thăm dò – tìm kiếm cho các mục đích khác nhau và nguồn trữ lượng thiên nhiên (trữ lượng động) mà chúng có thể là nguồn phục hồi trữ lượng khai thác nước dưới đất + theo giá trị lưu lượng của dòng ngầm tự nhiên, cân bằng nước và trữ lượng tĩnh của các tầng chứa nước đang xem xét, có tính đến các nguồn khác có khả năng phục hồi trữ lượng khai thác mà trong quá trình khai thác sẽ trở thành nguồn cung cấp nước dưới đất cho nhà

		máy nước. + sự tương tự giữa diện tích nghiên cứu với khoảng đã được nghiên cứu kỹ để thiết kế nhà máy hoặc các khoảng đã có nhà máy nước hoạt động theo tỷ công suất trên đơn vị diện tích hoặc tỷ công suất theo chiều rộng mặt cắt dòng ngầm + ngoại suy tính toán địa chất thủy văn với trữ lượng cấp cao (A, B)
C ₂	- số liệu chung nhất về địa chất và địa chất thủy văn - chất lượng nước dưới đất xác định theo kết quả phân tích mẫu ở các vị trí khác nhau của tầng hoặc bằng cách so sánh tương tự với các khoảng đã được thăm dò của tầng chứa nước đó	- điều kiện địa chất thủy văn cụ thể, từ các giá trị trữ lượng động và tĩnh của cân bằng nước, so sánh tương tự địa chất thủy văn với các diện tích đã được nghiên cứu kỹ hơn và ngoại suy từ trữ lượng cấp cao hơn. - sử dụng tài liệu hút nước thử, thí nghiệm hoặc khai thác của bất cứ công trình nào có trong vùng nghiên cứu (lỗ khoan, mỏ, giếng, nhà máy nước ...) và các nguồn lộ liên quan tầng chứa nước cần nghiên cứu.

Trữ lượng khai thác có thể ước tính bằng cách so sánh tương tự với các giếng làm việc tốt trong điều kiện địa chất và địa chất thủy văn tương tự.

III. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TRỮ LƯỢNG KHAI THÁC NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất nhằm thu thập những tài liệu, số liệu chứng minh cho khả năng khai thác nước dưới đất với lưu lượng và chất lượng đảm bảo yêu cầu trong thời gian tính toán khoảng 25 – 30 năm (thường lấy 27 năm = 10^4 ngđ cho dễ tính) hoặc dài hơn. Dự báo được độ giảm hay vị trí mực nước động trong các lỗ khoan của nhà máy nước. Có bốn phương pháp đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất chủ yếu: phương pháp thủy động lực, phương pháp thủy lực, phương pháp cân bằng và phương pháp tương tự địa chất thủy văn.

a) Phương pháp thủy động lực: sử dụng các công thức từ các phương trình toán lý và thủy động phù hợp sơ đồ tính mô phỏng điều kiện thực tế.

Chúng được giải bằng phương pháp giải tích, đồ thị hoặc mô hình có sử dụng máy tính điện tử. Phương pháp này có khả năng dự báo sự thay đổi mực nước động trong lỗ khoan khai thác theo thời gian.

Xét đến sự cân bằng nước và khả năng phục hồi trữ lượng trong điều kiện tự nhiên và điều kiện khai thác.

Nhược điểm của phương pháp này là phải trung bình hóa số liệu về tính thấm, đơn giản hoá điều kiện thực tế khi lập sơ đồ tính, không có khả năng xét đến quá trình thay đổi của môi trường, bỏ qua nhiều yếu tố ảnh hưởng đến trữ lượng khai thác nên số liệu dự báo nhiều khi không sát thực tế.

b) *Phương pháp thủy lực*: sử dụng và ngoại suy các hàm số thực nghiệm thu được trong quá trình thí nghiệm thăm. Thường áp dụng hữu hiệu trong những điều kiện địa chất thủy văn phức tạp như đá nứt nẻ và cactơ hóa, đới phá hủy kiến tạo, đất đá bờ rời cấu tạo phức tạp và tính thấm không đồng nhất.

Bằng các phương trình thực nghiệm thể hiện được sự vận động phức tạp của nước dưới đất do tác động của nhiều yếu tố (tính thấm, điều kiện vận động, cung cấp và thoát nước,...), dự báo sự biến đổi mực nước, lưu lượng và ảnh hưởng do can nhiễu giữa các lỗ khoan,...

Nhược điểm cơ bản nhất là không dự báo được mực nước thay đổi theo thời gian và khả năng phục hồi trữ lượng khai thác nước dưới đất. Khối lượng công tác thí nghiệm tương đối lớn (tiến hành dài ngày với nhiều đợt hạ thấp mực nước ...) nên cần kết hợp với phương pháp cân bằng và phương pháp thủy động lực.

c) *Phương pháp cân bằng*: dựa trên cơ sở cân bằng nước vùng nghiên cứu nên cho phép đảm bảo phục hồi trữ lượng khai thác nước dưới đất trong điều kiện dòng ngầm có kích thước hạn chế.

Trữ lượng khai thác Q_{kt} được xác định theo công thức sau:

$$Q_{kt} = \alpha_1 Q_{tn} + \alpha_2 \frac{V_{tn}}{t} + \alpha_3 Q_{nt} + \alpha_4 \frac{V_{nt}}{t} + Q_{bx} \quad (4.10)$$

trong đó: Q_{tn} và Q_{nt} - nguồn trữ lượng động thiên nhiên và nhân tạo;

V_{tn} và V_{nt} - trữ lượng tĩnh tự nhiên và nhân tạo được sử dụng trong thời gian khai thác t ;

Q_{bx} - nguồn trữ lượng bổ xung trong thời gian nhà máy nước hoạt động;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ - các hệ số sử dụng nguồn trữ lượng thiên nhiên và nhân tạo tương ứng.

Khi $Q_{kt} < Q_{tn} + Q_{nt} + Q_{bx}$, vận động của nước dưới đất tới các lỗ khoan của nhà máy nước nhanh chóng đạt trạng thái ổn định. Khi không có nguồn bổ sung nhân tạo ($Q_{nt} = 0, V_{nt} = 0, Q_{bx} = 0$), trữ lượng khai thác chủ yếu hình thành từ nguồn trữ lượng động tự nhiên Q_{tn} và trữ lượng tĩnh tự nhiên V_{tn} . Khi đó nếu $Q_{kt} > Q_{tn}$, nước vận động đến các lỗ khoan nhà máy luôn ở trạng thái không ổn định (do trữ lượng tĩnh tự nhiên luôn bị giảm) và nhà máy chỉ hoạt động theo chế độ khai thác định kỳ.

d) *Phương pháp tương tự địa chất thủy văn*: chứng minh về sự tương tự giữa điều kiện tự nhiên và sử dụng nước của vùng đã được nghiên cứu kỹ hay đang khai thác nước với vùng phải khảo sát.

Mức độ tương tự có thể hoàn toàn hay từng phần về: nguồn hình thành, trữ lượng khai thác, điều kiện tàng trữ nước, cấu trúc địa chất, thành phần đất đá chứa nước, điều kiện cấp nước,... Dùng các hệ số thể hiện sự khác nhau giữa hai vùng. Phương pháp này khá hữu hiệu khi so sánh với vùng đang được khai thác, sử dụng nước dưới đất.

Trong các điều kiện địa chất thủy văn phức tạp, cần sử dụng tổng hợp một vài phương pháp đánh giá trữ lượng, điều này giúp cho việc xác định các công tác khảo sát, nghiên cứu cần tiến hành để có được các số liệu đầy đủ ban đầu cho việc đánh giá trữ lượng.

IV. QUẢN LÝ NƯỚC DƯỚI ĐẤT

Công tác quản lý nước dưới đất bao gồm đề ra chế độ khai thác hợp lý cũng như áp dụng các biện pháp làm tăng trữ lượng của nước dưới đất, nâng cao năng suất giếng khai thác nước.

1. Bổ sung nhân tạo

Bổ sung nhân tạo trữ lượng nước dưới đất là dùng biện pháp kỹ thuật để chuyển một lượng nước nhạt trên mặt thành nước dưới đất. Việc bổ sung nhân tạo rất cần thiết ở các vùng khai thác nước mãnh liệt, trữ lượng tự nhiên đang bị cạn dần cũng như các vùng không có mỏ nước có trữ lượng công nghiệp. Chuyển nước mặt thành nước dưới đất, sau đó khai thác có nhiều ưu điểm hơn khi sử dụng tiếp nước mặt: nước được lọc trong hơn, phần lớn vi trùng bị chết do thay đổi môi trường sống, thành phần gây bẩn được đất đá hấp phụ.

Để bổ sung nhân tạo trữ lượng nước dưới đất có thể dùng công trình chuyển nước nhạt vào tầng chứa nước, công trình khai thác nước và công trình phù trợ cho việc chuyển nước mặt đến vị trí bổ sung trữ lượng, xử lý nước cấp.

Công trình chuyển nước mặt nhạt vào tầng chứa nước còn gọi là công trình thấm. Chúng có thể ở dạng hở - các mương, các hồ và dạng kín - lỗ khoan, giếng, galeri hoặc lỗ khoan nằm ngang. Công trình hở được xây dựng ở các vùng có tầng chứa nước không bị phủ hay có lớp cách nước phủ khá mỏng. Có thể đào hoặc đắp thành mương, hồ, ao sao cho có đáy thấm nước và mực nước ở cao hơn mực nước ngầm hay mực áp lực. Nước trong hồ, mương chỉ thấm qua đáy mà không thấm qua bờ. Các công trình thấm kín là các lỗ khoan ép nước hay hấp thụ nước được dùng để bổ sung nước cho các tầng chứa nước có áp nằm sâu hơn. Dùng máy bơm để ép nước hay cho nước tự chảy vào các lỗ khoan.

Công trình khai thác nước và công trình phù trợ về cơ bản giống như các công trình thường sử dụng để khai thác nước dưới đất và nước mặt.

Việc cho nước tràn bề mặt bằng cách đắp các đập thấp chắn ngang các dòng tạm thời thoát ra từ các dãy núi có thể làm mực nước dưới đất dâng cao trên một vùng rộng lớn. Biện pháp này tiến hành khi vùng có lớp đất trên mặt có tính thấm nước, mực nước ngầm ở sâu, mặt đất bằng phẳng và tầng chứa nước được bổ sung có khả năng chuyển nước đủ lớn để chuyển nước ra khỏi vùng lan truyền. Tưới cũng là một dạng bổ sung nhân tạo khi nước tưới vượt quá yêu cầu của cây cối. Nước thải từ các bể tự hoại có thể ngấm qua đới không bão hòa và bổ sung cho nước dưới đất.

Bằng cách bổ sung nhân tạo, ta có thể cải tạo tầng chứa nước lợ rất phổ biến ở các đồng bằng châu thổ nước ta thành các mỏ nước nhạt.

2. Sử dụng kết hợp nước mặt và nước dưới đất

Trong các hệ sông suối - tầng chứa nước, rõ ràng không hợp lý nếu chia tách riêng hoạt động quản lý nước mặt và nước dưới đất. Nước có thể thấm từ sông vào tầng chứa nước hoặc từ tầng chứa nước vào sông nên việc quản lý nước dưới đất và nước mặt cho các cơ quan riêng biệt sẽ có thể làm cạn kiệt tổng nguồn nước do sử dụng quá mức. Khi lượng cầu vượt quá lượng cung thì đòi hỏi quản lý nước dưới đất và nước mặt như là các thành phần của một hệ thống nhất, có quan hệ qua lại cực kỳ quan trọng. Việc bơm hút quá mức các tầng chứa nước ở gần sông thì làm giảm lượng nước bổ sung bình thường của hệ tầng chứa nước. Hiệu quả tích lũy của

nhiều nguồn bơm hút nước giếng có thể làm sụt giảm nguồn nước tổng. Hoàn cảnh xấu thêm nếu việc hút nước dưới đất dẫn đến giảm dòng nước mặt.

Từ những nhận thức trên rõ ràng phải thống nhất việc quản lý sử dụng tổng hợp nguồn nước nói chung. Phải có một mô hình quản lý thống nhất, tối ưu. Ở nước ta trước đây việc quản lý tài nguyên nước thuộc Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn. Từ năm 2003 thành lập Bộ Tài nguyên và Môi trường, vấn đề quản lý về mặt Nhà nước tài nguyên nước được chuyển sang đó trong khi việc xây dựng khai thác sử dụng tài nguyên nước mặt vẫn là chức năng của Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn. Vì vậy, việc thống nhất quản lý tài nguyên nước, sử dụng kết hợp nước mặt và nước dưới đất gặp những khó khăn nhất định.

3. Quản lý nhà nước việc khai thác nước dưới đất

Nước dưới đất là tài nguyên quốc gia. Để bảo đảm phát triển bền vững tài nguyên nước dưới đất cần phải có một thiết chế chặt chẽ về mặt nhà nước trong việc quản lý khai thác nước dưới đất. Quản lý chặt chẽ khai thác nước dưới đất sẽ hạn chế việc khai thác bừa bãi làm suy giảm trữ lượng và chất lượng nước dưới đất. Trong khi chúng ta chưa có điều kiện kinh tế, kỹ thuật để bổ sung nhân tạo nguồn nước dưới đất hoặc khai thác và trữ nước theo chu kỳ thì càng phải tăng cường quản lý việc khai thác nước dưới đất. Ở Việt Nam hiện nay đã thực hiện việc đăng ký và cấp phép khai thác nước dưới đất, tuy nhiên chỉ mới ở quy mô lớn, cho các doanh nghiệp khai thác công nghiệp. Đối với việc khai thác quy mô nhỏ, cho các giếng đơn lẻ, các giếng gia đình thì chưa thể quản lý xuể. Đó là một bức xúc cần phải được giải quyết sớm.

§5. MÔ HÌNH HOÁ NƯỚC DƯỚI ĐẤT

I.KHÁI NIỆM MÔ HÌNH NƯỚC DƯỚI ĐẤT

1. Giới thiệu

Nước dưới đất có thể được nghiên cứu trực tiếp bằng các công trình thăm dò, bằng các phương pháp nghiên cứu thực nghiệm ở hiện trường như đã trình bày ở các chương trên. Tuy nhiên, nước dưới đất cũng có thể được nghiên cứu một cách gián tiếp bằng phương pháp mô hình hoá. Mô hình hoá là một phương pháp hiện đại, giải quyết được nhiều vấn đề mà các phương pháp nghiên cứu trực tiếp đối tượng không thể giải quyết được. Mô hình hóa quá trình thấm giữ vai trò rất quan trọng trong nghiên cứu và tính toán quá trình thấm của nước dưới đất vì nó cho phép xét đến và đưa vào bài toán những hoàn cảnh điều kiện tự nhiên và kỹ thuật phức tạp khi giải các bài toán thấm. Nếu như trước đây mô hình hoá chỉ được dùng để nghiên cứu một vài trường hợp đơn giản của dòng thấm tự nhiên hoặc để kiểm nghiệm một vài kết quả của phương pháp tính toán thấm, thì ngày nay được coi là một trong những phương pháp tin cậy nhất được áp dụng rộng rãi trong hầu hết các lĩnh vực tính toán địa chất thủy văn. Mô hình hoá có thể giải các bài toán dòng thấm trong đới thông khí, dòng dịch chuyển khuếch tán vật chất hay nhiệt độ dưới đất, có thể giải các bài toán thuận để dự báo sự biến đổi của áp lực và lưu lượng của dòng thấm, hay bài toán ngược để xác định các điều kiện biên và các thông số địa chất thủy văn của môi trường thấm; có thể giải các bài toán thấm đến công trình cụ thể nào đó hoặc bài toán thấm khu vực với sự tác dụng tổng hợp của hệ thống công trình và các nhân tố tự nhiên khác.

Thực chất của phương pháp mô hình hoá là mô phỏng dòng thấm bằng những mô hình toán học hoặc mô hình vật lý dựa vào sự tương tự về toán học hoặc về mặt vật lý giữa quá trình thấm và các quá trình vật lý khác.

Khi nghiên cứu một hệ dòng nước dưới đất, ta còn triển khai một mô hình nhận thức, chẳng hạn có thể mô tả một hệ nước dưới đất đang tồn tại trong trầm tích cát và sỏi sạn, trên mặt đá gốc bằng phẳng. Với mô hình này thì không thể mô tả đầy đủ được tất cả các chi tiết rất nhỏ của hệ thực. Tuy nhiên, các mô hình nhận thức giúp ta hiểu được hành vi của hệ thấm.

Các mô hình nhận thức thì tĩnh, chỉ mô tả được điều kiện hiện thời của hệ thấm. Để dự đoán các hành vi trong tương lai, cần sử dụng một số mô hình động học: mô hình tỷ lệ vật lý, mô hình tương tự và mô hình toán học.

2. Các loại mô hình động học

Để nghiên cứu nước dưới đất hiện có thể áp dụng các loại mô hình sau đây:

1. *Mô hình thực hay còn gọi là mô hình tỷ lệ* tức là nghiên cứu bằng chính đối tượng đó nhưng trên mô hình thu nhỏ, chẳng hạn cho nước thấm trong bể chứa cát. Một trong những vấn đề quan trọng khi nghiên cứu bằng mô hình tỷ lệ là phải xác định tỷ lệ mô hình hợp lý để từ kết quả thu được trong mô hình có thể suy ra thực tế mà không làm “biến dạng” bản chất của vấn đề. Khi nghiên cứu quá trình thấm của nước dưới đất bằng mô hình tỷ lệ cần phải xác định các hệ số tỷ lệ sau đây:

- Hệ số tỷ lệ kích thước K_L :

$$K_L = \frac{L_{nh}}{L_{mh}}$$

- Hệ số tỷ lệ vận tốc K_v :

$$K_v = \frac{V_{nh}}{V_{mh}}$$

- Hệ số tỷ lệ thời gian K_t :

$$K_T = \left(\frac{M_{nh}}{t_{nh}} \right) / \left(\frac{M_{mh}}{t_{mh}} \right)$$

Trong các công thức trên L_{nh} , V_{nh} , M_{nh} , t_{nh} tương ứng là kích thước, vận tốc, khối lượng nước, thời gian của nguyên hình (đối tượng thực); L_{mh} , V_{mh} , M_{mh} , t_{mh} tương ứng là kích thước, vận tốc, khối lượng nước, thời gian trong mô hình.

Phải chọn các hệ số tỷ lệ nói trên một cách hợp lý. Nếu các hệ số tỷ lệ quá chênh lệch có thể làm biến dạng dòng thấm, không phản ánh đúng quá trình thực tế sẽ xảy ra trong tự nhiên.

2. *Mô hình tương tự*. Mô hình tương tự là dùng một loại vật liệu khác thay thế đưa vào mô hình để nghiên cứu đối tượng dựa vào sự tương tự của các quá trình vật lý xảy ra trong chúng. Tùy theo loại vật liệu sử dụng người ta chia ra làm hai loại mô hình tương tự:

a) Mô hình điện. Sự vận động của nước dưới đất xảy ra dưới tác dụng của chênh lệch áp lực hoặc cột nước cũng tương tự như sự truyền điện xảy ra dưới tác dụng của hiệu điện thế. Trong vật lý, sự dẫn điện tuân theo định luật Ohm:

$$I = gU$$

trong đó I – cường độ dòng điện; g - độ dẫn điện (conductance), $g = 1/R$; R - điện trở; U - hiệu điện thế.

Trong địa chất thủy văn, sự vận động của nước dưới đất tuân theo định luật Darcy:

$$V = kJ$$

trong đó V – vận tốc; k – hệ số thấm; J - độ dốc thủy lực

Rõ ràng giữa trường điện và trường vận động của nước dưới đất có sự tương tự. Sự tương tự này là cơ sở để xây dựng các mô hình điện dùng để nghiên cứu nước dưới đất. Cường độ dòng điện trong mô hình biểu thị vận tốc của dòng thấm trong nguyên hình. Hiệu điện thế trong mô hình tương ứng thế thủy lực, còn độ dẫn điện tương tự hệ số thấm của môi trường. Trên cơ sở sự tương tự cơ bản này người ta tổ hợp các thiết bị điện để tạo nên các mô hình mô phỏng các bài toán thấm phức tạp trong tự nhiên. Vật liệu dẫn điện dùng trong mô hình để nghiên cứu có thể là dung dịch, giấy dẫn điện hoặc các hệ thống tụ điện và điện trở.

Cũng như đối với mô hình thực, khi xây dựng mô hình tương tự điện phải xác định các hệ số tỷ lệ hợp lý để mô hình phản ánh đúng quá trình trong tự nhiên cần nghiên cứu. Các hệ số đó là:

$$K_1 = \frac{M}{q}; \quad K_2 = \frac{h}{E}; \quad K_3 = \frac{Q}{I}$$

trong các công thức trên:

M – thể tích nước, m^3

h – cột nước, m

Q – lưu lượng nước, $m^3/ngđ$

q - điện tích, coulomb

E - điện thế, volt

I – cường độ dòng điện, amp.

b) Mô hình chất lỏng nhớt (mô hình Hele - Shaw). Mô hình chất lỏng nhớt là mô hình tương tự mà thay vì nghiên cứu trực tiếp vật liệu nước người ta dùng một chất lỏng nhớt, ví dụ glicerol hoặc dầu. Người ta đặt hai tấm kính dựng đứng song song nhau cách nhau một khoảng là b , hai đầu được gắn thùng đựng chất lỏng. Môi trường thấm được thay bằng các quả cầu thủy tinh đường kính bằng nhau. Tạo chênh lệch thế để chất lỏng vận động trong môi trường đó. Loại mô hình này áp dụng tốt để nghiên cứu sự vận động của các chất lỏng có trọng lượng riêng khác nhau, ví dụ như trong trường hợp nhiễm mặn ở vùng bờ biển hoặc sự tiêm nhập nước thải vào trong tầng chứa nước. Hệ số tỷ lệ cần xác định trong trường hợp này là hệ số tỷ lệ vận tốc K_v và hệ số tỷ lệ chiều dài K_L :

$$K_v = \frac{V_{nh}}{V_{mh}}; \quad K_L = \frac{L_{nh}}{L_{mh}}$$

trong đó: V_{nh} - vận tốc của nước; $V_{nh} = \frac{\rho_n \cdot gk}{\mu_n} \frac{dh}{dx}$

$$V_{mh} - \text{vận tốc của chất lỏng nhớt trong mô hình. } V_{mh} = \frac{b^2 \rho_{mh} g}{12 \mu_{mh}} \cdot \frac{dh}{dx}$$

L_{nh} - chiều dài dòng thấm trong nguyên hình

L_{mh} - chiều dài dòng thấm trong mô hình

$\rho_n, \rho_{mh}, \mu_n, \mu_{mh}$ - mật độ và độ nhớt của nước và của chất lỏng nhớt.

g - gia tốc trọng trường

k - hệ số thấm của nước trong nguyên hình.

dh/dx - độ dốc thủy lực.

3. *Mô hình toán.* Mô hình toán là sự mô tả một quá trình thực đã được khái quát hoá bằng các biểu thức toán học. Nguyên lý chung của các mô hình toán nước dưới đất là dựa vào quy luật chứa và chảy. Bằng các phương pháp giải tích, phương pháp sai phân hữu hạn, phần tử hữu hạn và lý thuyết thống kê giải tìm nghiệm của các phương trình toán đó. Mô hình toán giải bằng phương pháp giải tích được gọi là luôn là mô hình giải tích. Mô hình toán được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn hoặc phần tử hữu hạn gọi là mô hình số.

Để giải mô hình giải tích, ta cần biết các điều kiện ban đầu và điều kiện biên của bài toán thấm. Các điều kiện này cần đơn giản đủ để có thể giải trực tiếp phương trình thấm. Các mô hình giải tích đã được phát triển để mô phỏng dòng thấm tới giếng và sông suối, dòng nhiệt và dòng vận chuyển khối.

Các mô hình giải tích có thể giải nhanh chóng, chính xác và không tốn kém trên một máy tính tay hay máy vi tính nhỏ có lập trình. Chỉ cần một số lượng tối thiểu số liệu vì tất cả các khu vực thuộc một thông số đều được cho cùng một giá trị (một giá trị hệ số thấm trung bình cho một tầng chứa nước). Lý thuyết giếng ảo được dùng khi bài toán liên quan với một biên hay trường hợp nhiều giếng.

Đối với trường hợp khi các điều kiện biên phức tạp hoặc các thông số biên đổi thì không thể giải được bằng phương pháp giải tích. Trong trường hợp đó có thể dùng phương pháp sai phân hữu hạn hoặc phần tử hữu hạn. Các phương trình được sắp xếp lại trong một số dạng đại số như các xấp xỉ số và lời giải nhận được cũng là những giá trị gần đúng. Các phương trình phổ biến nhất ở dạng ma trận và được giải trên một máy tính xử lý số. Cũng vì vậy, các phương pháp này gọi là phương pháp số và các mô hình này được gọi là mô hình số như đã nói ở trên. Các mô hình số là một trong những phát triển quan trọng nhất của địa chất thủy văn 15 năm gần đây. Vì vậy, sau đây sẽ đề cập kỹ hơn về mô hình số.

Mô hình thống kê của dòng thấm là mô hình toán được lập dựa trên lý thuyết thống kê. Chúng đã được dùng để xác định các trường cột nước và vận tốc cũng như các bài toán về vận chuyển khối các chất hoà tan. Trong các trường hợp khi đối tượng nghiên cứu không xác lập được bằng phương trình lý thuyết thì bằng các số liệu quan trắc có thể xác lập bằng phương pháp xử lý thống kê.

3. Các áp dụng của mô hình nước dưới đất

Các mô hình nước dưới đất được áp dụng cho bốn loại bài toán sau đây: dòng nước dưới đất, dòng vận chuyển chất hòa tan, dòng nhiệt và biến dạng tầng chứa nước.

Các mô hình số bắt đầu với phương trình cơ bản của dòng nước dưới đất. Nó được giải để tìm sự phân bố cột nước trong tầng chứa nước. Các mô hình vận chuyển chất hòa tan có thêm một phương trình về sự biến đổi nồng độ hóa học trong nước dưới đất. Các phương trình vận chuyển nhiệt sử dụng một phương trình về sự truyền nhiệt trong tầng chứa nước. Các mô hình biến dạng tầng chứa nước kết hợp

phương trình thấm với các phương trình khác mô tả các biến đổi cấu trúc vật lý của tầng chứa nước với các thay đổi về cột nước của tầng chứa nước.

Có hai loại mô hình: các mô hình liên quan với dòng thấm qua môi trường lỗ rỗng (tầng cát, sỏi...) và các mô hình liên quan dòng thấm qua môi trường nứt nẻ (đá kết tinh nứt nẻ ...). Các mô hình cho dòng thấm có hai hay nhiều chất lỏng không thể trộn lẫn và cho cả dòng thấm bão hòa và không bão hòa.

Các mô hình dòng thấm nước dưới đất được dùng để nghiên cứu dòng thấm ổn định khu vực trong các hệ tầng chứa nước, sự biến đổi cột nước thủy lực do các biến đổi về lưu lượng chảy đi và chảy đến; các biến đổi cột nước ở gần một bãi giếng, hệ giếng tiêu nước, giếng bơm ép nước hay các bồn thấm và các tương tác nước mặt - nước dưới đất.

Các mô hình vận chuyển chất hòa tan được dùng khi nghiên cứu sự xâm nhập của nước biển, chuyển động rửa lũa từ khu chôn rác thải và các vị trí xử lý chất thải khác, các dải ô nhiễm từ các hố thấm, chuyển động của các chất phóng xạ từ các điểm chôn chất thải phóng xạ, chuyển động của thuốc trừ dịch hại từ các cánh đồng nông nghiệp và các dạng ô nhiễm nước dưới đất khác.

Các mô hình vận chuyển nhiệt được dùng để phân tích tác động nhiệt do trữ chất thải mức độ phóng xạ cao, do trữ năng lượng nhiệt trong các tầng chứa nước và do tác động bơm nhiệt từ nước dưới đất. Lún sụt mặt đất do bơm hút nước dưới đất được nghiên cứu bằng các mô hình biến dạng.

II. CÁC MÔ HÌNH SỐ

1. Mô hình sai phân hữu hạn.

Mô hình sai phân hữu hạn có thể áp dụng cho rất nhiều bài toán khác nhau trong địa chất thủy văn. Ở đây, để minh họa cho việc giải thích bản chất của phương pháp sai phân hữu hạn ta chọn bài toán cơ bản là phương trình dòng thấm ngang không áp. Ở chương 2, §, II ta đã xác lập được phương trình tổng quát dòng thấm ngang không áp cho trường hợp động thái không ổn định (công thức 2.17):

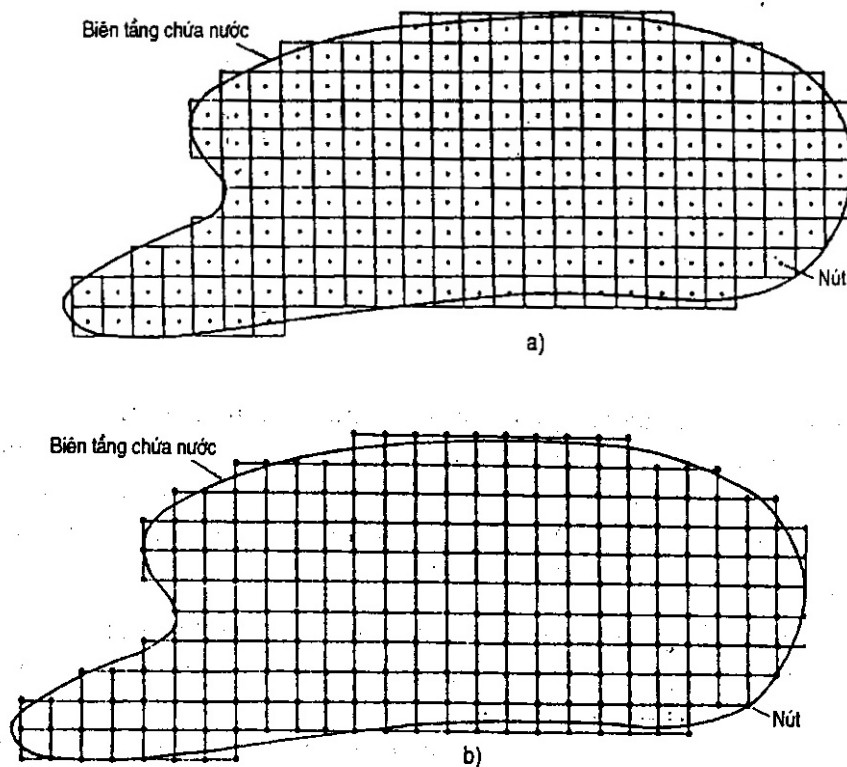
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y h \frac{\partial h}{\partial y} \right) + W = \mu \frac{\partial h}{\partial t}$$

Đối với trường hợp dòng thấm ổn định phương trình sẽ trở thành:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y h \frac{\partial h}{\partial y} \right) + W = 0$$

(4.11)

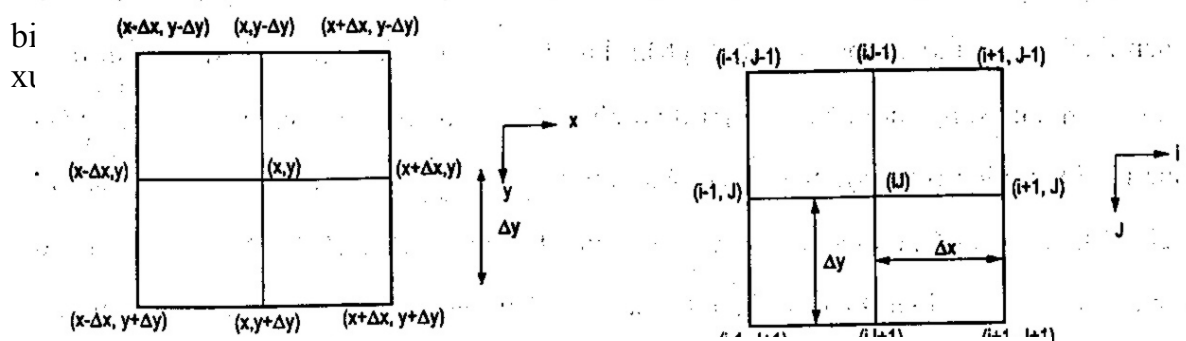
Đây là phương trình vi phân đạo hàm riêng hai biến không thể giải được bằng phương pháp giải tích, vì vậy, trong chương 2 chúng ta đã đơn giản hoá, đưa về bài toán một hướng và môi trường thấm đồng nhất ($K=\text{const}$) để giải tức là ta chỉ giải được cho các trường hợp đặc biệt. Ở đây chúng ta áp dụng phương pháp sai phân hữu hạn để giải luôn bài toán tổng quát này.



Hình 4.5 Lưới sai phân hữu hạn của một miền thấm
a) lưới tâm ô lưới; b) lưới tâm mắt lưới

Để tìm lời giải cho phương trình liên tục nêu trên ta chia miền thấm thành lưới gọi là lưới sai phân hữu hạn. Trong mỗi ô lưới môi trường được coi là đồng nhất, nghĩa là trong ô đó các thông số được coi là không đổi. Tại mỗi ô lưới được viết một phương trình dạng (4.11) với các ẩn số là chiều cao mực nước h tại các điểm nút của ô đó. Điểm nút có thể là tâm của mỗi ô hoặc là điểm giao của các đường lưới. Khi điểm nút nằm ở tâm ô lưới thì lưới đó gọi là lưới tâm ô lưới (hình 4.5a) còn trường hợp kia gọi là lưới tâm mắt lưới (hình 4.5b). Việc chọn loại lưới nào phụ thuộc vào các điều kiện biên. Lưới tâm ô lưới rất hữu hiệu khi lưu lượng xác định qua một biên, còn lưới tâm mắt lưới thích hợp nhất cho các trường hợp mà cột nước được xác định tại biên.

Vị trí các nút trong lưới được thể hiện bằng các ký hiệu riêng. Hình 4.6a cho thấy lưới sai phân hữu hạn, định tâm theo (x, y) . Các điểm kề cận trên lưới đặt cách khoảng Δx về phía phải hay trái và khoảng Δy về phía trên hay dưới; x là dương về phía phải và y hướng xuống là dương.



Hình 4.6 Ký hiệu vị trí ô lưới của lưới thấm.

a) vị trí của ô trong lưới thấm; b) ký hiệu máy tính cho ô lưới

Cột bên trái cột i là $i - 1$ và bên phải cột i là $i + 1$. Với n ô lưới sẽ có n phương trình có chứa ẩn số h tại điểm nút của ô. Các phương trình này được viết dưới dạng sai phân như sau:

$$\frac{(h_{i-1,j} - 2h_{i,j} + h_{i+1,j}))}{(\Delta x)^2} + \frac{(h_{i,j-1} - 2h_{i,j} + h_{i,j+1}))}{(\Delta y)^2} = -\frac{W}{T} \quad (4.12)$$

trong đó: Δx và Δy - khoảng cách giữa các nút theo hướng x và y ;

W - lượng nước thấm bổ cập đơn vị;

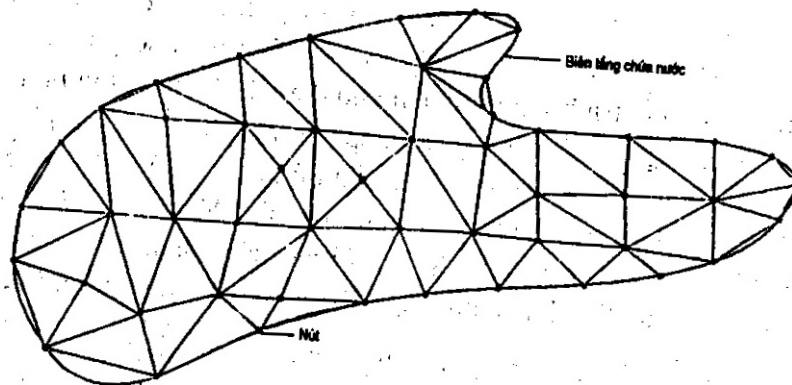
T - hệ số dẫn nước của tầng chứa nước

Như vậy bằng cách này chúng ta đã thay môi trường liên tục được mô tả bằng một phương trình thành tập hợp n môi trường con với hệ n phương trình khác nhau, điều đó có nghĩa rằng chúng ta đã rời rạc hoá môi trường thấm. Phương trình vi phân đã được thay bằng phương trình đại số. Việc giải nó không còn khó khăn ngoại trừ khối lượng lớn vì số phương trình rất lớn.

Phương trình sai phân hữu hạn được giải bằng phương pháp lặp. Dựa trên cơ sở các giá trị cột nước đã biết ở biên cộng với các dự đoán ban đầu, phương trình (4.12) được giải cho mỗi nút trên cơ sở các giá trị tại bốn nút bao quanh. Một chương trình máy tính sẽ chạy tìm lời giải theo các bước sai phân hữu hạn, sao cho đối với mỗi nút, không kể nút thứ nhất và nút cuối cùng, sẽ có một số nút kề nhau giá trị cột nước được dựa trên giả thiết ban đầu trong khi các nút kề nhau còn lại, giá trị cột nước đã được tính lại bằng phương trình (4.12). Một khi cột nước tại mỗi nút đã được tính lại, ta xác định hiệu số giữa các cột nước giả thiết ban đầu và tính lại. Quá trình lặp tiếp diễn cho đến khi hiệu số lớn nhất trong các giá trị cột nước ở mỗi phép lặp so với ở phép lặp tiếp sau nhỏ hơn một số giá trị định trước được xem là tiêu chuẩn hội tụ. Khi lời giải đã hội tụ thì phương trình đã được giải. Lời giải là gần đúng vì tiêu chuẩn hội tụ là một giá trị hữu hạn nào đó. Giá trị này càng nhỏ thì số phép lặp càng lớn và vì thế thời gian cần để đạt lời giải càng lâu. Cần cân nhắc một hoàn cảnh thực tế giữa độ chính xác của lời giải và khoảng thời gian máy tính tiêu phí để đạt nó.

2. Mô hình phần tử hữu hạn

Mô hình phần tử hữu hạn là một cách tiếp cận khác của mô hình số của dòng nước dưới đất. Tầng chứa nước được chia thành các ô đa giác, có thể là tam giác. Hình 4.7 cho thấy các phần tử hữu hạn của một tầng chứa nước đã được mô hình hóa. Các tam giác giao nhau tại các nút, đó là các điểm mà các giá trị chưa biết như cột nước sẽ được tính toán. Giá trị cột nước bên trong mỗi phần tử được xác định bằng cách nội suy các điểm nút.



Hình 4.7 Lưới phần tử hữu hạn cho một tầng chứa nước

Cơ sở toán học cho phương pháp phần tử hữu hạn phức tạp hơn nhiều so với phương pháp sai phân hữu hạn. Hầu hết các lời giải phần tử hữu hạn dựa trên phương pháp của Galekin. Nếu như trong phương pháp sai phân hữu hạn bằng thủ thuật toán thay phương trình vi phân đạo hàm riêng bởi hệ các phương trình sai phân để giải thì trong phương pháp phần tử hữu hạn thay vì phải giải phương trình vi phân sẽ giải tìm các tích phân.

Các mô hình phần tử hữu hạn tỏ ra có một số ưu việt hơn so với mô hình sai phân hữu hạn khi các bài toán có một biên di chuyển, chẳng hạn như khi mực nước ngầm dao động, di chuyển chất thải. Mô hình phần tử hữu hạn còn có ưu điểm là linh hoạt hơn trong mô phỏng dạng hình học của hệ tầng chứa nước so với phương pháp sai phân hữu hạn và yêu cầu số nút ít hơn.

3. Hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình

Khi xây dựng mô hình số, một trong những bước quan trọng là kiểm tra và hiệu chỉnh mô hình để đánh giá mô hình đưa ra có phù hợp thực tế hay không trước khi áp dụng để giải các bài toán thực tế.

a) Hiệu chỉnh mô hình

Hiệu chỉnh mô hình thực chất là giải bài toán ngược. Một mô hình được hiệu chỉnh bước đầu bằng cách lấy các giá trị ban đầu của các thông số mô hình và giải theo mô hình để xem nó tái hiện một số điều kiện đã biết của tầng chứa nước đúng đến mức nào. Hầu hết các mô hình ban đầu được hiệu chỉnh đối với cột nước dưới đất ở trạng thái ổn định. Cần có một bản đồ mực nước ngầm hay mặt thủy đẳng áp cho loại hiệu chỉnh này. Vì số liệu này biết chính xác hơn sự phân bố các thông số của tầng chứa nước hoặc lượng bổ sung nước, nên các giá trị về thông số tầng chứa nước và sự bổ sung nước được thay đổi cho tới khi mô hình tái hiện gần đúng các điều kiện mực nước ngầm hay mặt thủy đẳng áp đã biết.

b) Kiểm tra mô hình

Một khi mô hình đã lập xong, cần kiểm tra mô hình vì thường đạt được cùng một kết quả khi thay đổi đồng thời 2 thông số. Việc kiểm tra tiến hành bằng cách so sánh với các trường hợp đã biết. Ví dụ khi hút nước từ giếng, nếu đã biết mực nước theo thời gian cùng vị trí và lưu lượng bơm của các giếng thì kiểm tra mô hình xem nó có tái hiện những biến đổi mực nước đã biết hay không bằng cách đưa vào các diễn biến lấy nước đã biết. Nếu điều đã biết không tái hiện với độ chính xác mong muốn thì phải thay đổi các thông số mô hình để hiệu chỉnh lại mô hình bằng nhóm các thông số mô hình mới, rồi tiến hành kiểm tra lại, thử tự lặp lại cho tới khi đạt yêu cầu.

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình đòi hỏi nhiều thay đổi số liệu trong các thông số lập mô hình. Các mô hình số có thể tính lại dễ dàng với các số liệu mới. Đó là lý do chủ yếu khiến các mô hình số hầu như đang thay thế toàn bộ các dạng mô hình khác. Sự tăng nhanh của công suất máy tính và sự giảm giá thành các máy vi tính đã đặt ra khả năng giải các mô hình số một cách ít tốn kém và dễ dàng.

III. CÁC MÔ HÌNH THÔNG DỤNG HIỆN NAY

Phần lớn các mô hình máy tính được phát triển từ các cơ quan nghiên cứu hơn là từ các nhà địa chất thủy văn chuyên nghiệp. Việc sử dụng các mô hình đã công bố, do đã được "chỉnh lại những sai sót" nên sẽ cho các kết quả chính xác trong điều kiện thực tế phù hợp, trong thời gian nhanh chóng và chi phí thấp. Các kết quả áp dụng sẽ dễ được thừa nhận do mô hình đã được sử dụng rộng rãi, hơn là dùng một chương trình mô hình tuy đã được phát triển nhưng hoàn toàn mới. Điều này có thể rất quan trọng nếu các kết quả mô hình được dùng để chỉ đạo hay giải quyết tranh chấp. Dưới đây trình bày một số mô hình thông dụng hiện nay.

1. Mô hình Mc Donald và Harbaugh (MODFLOW) (Mc Donald & Harbaugh, 1984) là mô hình sai phân hữu hạn cực kỳ đa năng cho dòng nước dưới đất. Đó là mô hình dòng thấm ba hướng và các lớp có thể là nước ngầm, nước có áp hay kết hợp cả hai. Mô hình mô phỏng sự bổ sung nước, thoát - bốc hơi nước, bổ sung nước khu vực, dòng thấm tới giếng, dòng thấm tới thiết bị tiêu nước và dòng thấm qua đáy sông. Nó được lập từ một loạt các môđun riêng rẽ, độc lập; người dùng sẽ chọn các môđun cần cho hệ riêng đang được nghiên cứu và có thể chọn các phương pháp giải khác nhau.

Chương trình được viết bằng FORTRAN nên cần có một số kiến thức về ngôn ngữ này để dùng format các dữ liệu đưa vào mô hình. Mô hình sử dụng đơn giản và có sẵn các đĩa mềm để dùng trong một máy tính IBM tương thích. Cần bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên ít nhất là 250K, nhưng được 640K thì tốt hơn. Tốc độ giải sẽ tăng nhanh nếu máy tính có một bộ đồng xử lý toán học (một chip máy tính được cắm thêm vào bảng chính của máy tính).

2. Mô hình Konikow và Bredehoeft (MOC) (Konikow & Bredehoeft, 1978) là mô hình vận chuyển chất hòa tan được dùng rộng rãi. Nó dựa trên một lưới sai phân hữu hạn và dùng phương pháp đường đặc trưng cho chất hòa tan. Là mô hình hai hướng có thể tích các thay đổi của nồng độ theo thời gian gây ra do tác dụng mang theo, khuếch tán thủy động và hỗn hợp.

Chương trình MOC đã được cải tiến để đưa vào các tác dụng phân hủy phóng xạ, hút thấm cân bằng và trao đổi ion. Chương này cũng được ghi trên đĩa mềm để dùng trên máy vi tính IBM tương thích. Cần có bộ nhớ toàn bộ là 640K. Đã có một bộ xử lý trước hỗ trợ cho việc cài đặt chương trình và nhập số liệu.

3. Mô hình vận chuyển bão hòa - không bão hòa (SUTRA) (Voss 1984) là mô hình phần tử hữu hạn mô phỏng sự chuyển động chất lỏng và sự chuyển các chất hòa tan do phân hủy hoặc vận chuyển năng lượng trong điều kiện bão hòa hoặc không bão hòa. Trong kiểu vận chuyển chất hòa tan, nó có thể bị hấp phụ vào môi trường rỗng cũng như bị phân hủy hay sản sinh. Ngoài ra mô hình có thể mô phỏng dòng chất lỏng có trọng lượng riêng biến đổi như nước biển hay nước rửa lửa. Nó có

thể mô phỏng kiểu vận chuyển nhiệt như sự dẫn nhiệt ở dưới đất, các hồ chứa địa nhiệt và độ trữ nhiệt trong các tầng chứa nước.

4. Mô hình RNDWALK là một mô hình khác về vận chuyển chất hòa tan được sử dụng rộng rãi. Đó là mô hình lần theo dấu vết hạt, trong đó chương trình máy tính sẽ chuyển các hạt biểu thị chất ô nhiễm theo phương ngang, rồi sau đó khuếch tán chúng theo một phân bố chuẩn để xét đến sự khuếch tán.

5. Mô hình SEEP/W là sản phẩm phần mềm phân tử hữu hạn dùng để phân tích dòng thấm của nước dưới đất, sự tiêu tan áp lực nước lỗ rỗng dư và bài toán cố kết. Mô hình sử dụng cho từ bài toán thấm ổn định bão hòa đơn giản cho tới các bài toán thấm không ổn định bão hòa - không bão hòa phức tạp.

6. Mô hình CTRAN/W là sản phẩm phần mềm phân tử hữu hạn dùng để mô hình hóa sự di chuyển chất ô nhiễm. CTRAN/W có thể dùng phân tích các bài toán đơn giản như theo dõi các hạt di chuyển do nước vận động cho tới các vấn đề phức tạp liên quan quá trình khuếch tán, phân tán, hấp phụ và phân hủy phóng xạ.

Các mô hình SEEP/W và CTRAN/W nằm trong phần mềm GEO-SLOPE do Công ty địa kỹ thuật Quốc tế GEO-SLOPE International phát hành 1997 nhằm giải quyết các bài toán địa kỹ thuật và địa kỹ thuật môi trường, hiện được sử dụng rộng rãi ở nước ta cũng như nhiều nước trên thế giới (Mỹ, Canada, Anh,...)

Câu hỏi, bài tập

1. Mục đích, nội dung của các giai đoạn thăm dò địa chất thủy văn?
2. Thế nào là trữ lượng khai thác nước dưới đất? các cấp trữ lượng khai thác?
3. Vì sao trước khi sử dụng các mô hình số phải qua bước kiểm tra hiệu chỉnh mô hình? Cách hiệu chỉnh mô hình?

