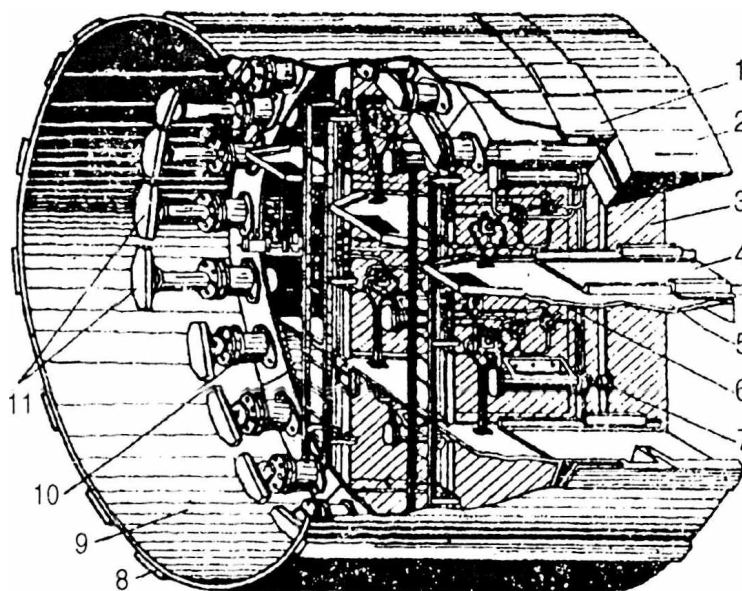


Chương 9

THI CÔNG HẦM BẰNG KHIÊN VÀ MÁY ĐÀO LIÊN HỢP

§1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KHIÊN

Khiên có thể coi là vì chống bằng thép được dịch chuyển theo chu kỳ dưới tác dụng của các kích thủy lực. Vòng vỏ đầu lắp dưới sự bảo vệ của áo khiên làm gối tựa cho các kích. Hình dạng tiết diện ngang của khiên phụ thuộc vào hình dạng của tiết diện vỏ hầm, do đó có thể là tròn, elíp, yên ngựa và chữ nhật. Áp dụng phổ biến hơn là khiên tròn vì thế ta khảo sát tỉ mỉ loại này.



Hình 9.1: Dạng chung của khiên

1. vòng gối; 2. vòng lưỡi; 3. vách ngăn đứng;
4. sàn di động; 5. vách nằm ngang;
6. kích sàn; 7. kích gương; 8. Bàn đệm;
9. áo khiên; 10. Kích khiên; 11. Đế kê của kích

Mặc dầu các giải pháp kết cấu của khiên có thể là rất khác nhau trong sơ đồ của chúng có thể chia làm các bộ phận cơ bản sau (hình 9.1): vòng lưỡi, vòng gối tựa, phần đuôi, các vách ngăn và kích khiên.

Vòng lưỡi dùng để cắt một phần đất mềm rời và để ngăn ngừa sụt lở.

Vòng gối tựa trực tiếp liên với vòng lưỡi dùng để đặt các kích thủy lực của khiên và kích đào, các ống và các công cụ để điều chỉnh.

Phần đuôi là một áo mỏng nhô ra theo kiểu công son về phía hầm để che chắn khu vực lắp ráp trên toàn chu vi vỏ hầm hoặc là chỉ ở phần nóc hầm.

Các vách ngăn theo phương ngang và phương đứng chia khiên ra thành từng ngăn công tác, cần thiết để thi công một cách an toàn trên toàn gương hầm.

Các kích khiên dùng để di chuyển khiên và trong một số trường hợp để đẩy ép nó với mục đích là đào đất.

Kết cấu khiên nói chung hoặc từng bộ phận cần phải đáp ứng các điều kiện địa chất công trình và công nghệ đào hầm.

Đối với khiên có các yêu cầu cơ bản sau đây:

Đối với mọi điều kiện đào hầm, kết cấu khiên cần phải bền, cứng, đảm bảo không thay đổi hình dạng hình học của tiết diện vỏ hầm.

Khi đào trong các đất đá đòi hỏi phải đào cơ giới thì kết cấu của khiên cần phải đảm bảo bố trí và gắn được các thiết bị đào vào nó.

Trong các đất rời và chảy kết cấu của khiên cần cho phép đặt các thiết bị chuyên dụng để chống đỡ gương đào và xúc bốc một phần đất ở trong hầm khi đẩy khiên.

Khi giao cắt với đá cứng đòi hỏi phải khoan nổ mìn, khiên và các thiết bị phụ (sàn di động) cần phải có kết cấu tin cậy.

Khi dọc theo tuyến hầm có đất đá khác nhau và cả trong tiết diện ngang hầm đất đá cũng khác nhau thì kết cấu khiên cần đảm bảo khả năng bố trí hoặc loại bỏ một phần vì chống gương...

Kết cấu khiên về nguyên tắc là kết cấu lắp ghép đảm bảo tổ hợp lại được một cách thuận lợi trong hố móng hoặc trong điều kiện ngầm, trừ trường hợp khi kích thước bé, kết cấu khiên có thể hàn hoàn toàn.

Vòng lõi cần có phần đỉnh (nóc) dày hơn, kích thước của nó phụ thuộc vào mức độ ổn định của đất đá. Trong các loại đất không ổn định phần đỉnh dày hơn đó có thể lớn hơn trong và một số trường hợp là di chuyển được.

Vòng gối tựa cần đủ rộng để bố trí các kích khiên; trong một số trường hợp riêng rẽ để tăng chiều dài khiên với mục đích bố trí ở trong đó các thiết bị cơ khí người ta sử dụng hai vòng gối hoặc một vòng có mở rộng.

Phần đuôi cần che chở được cho $1 \div 2$ vòng vỏ hầm với lượng dự trữ đủ đảm bảo an toàn cho công tác tháo lắp (tháo khiên được tiến hành trong trường hợp thay thế các cấu kiện hỏng của vỏ hầm).

Các vách ngăn của khiên cần bố trí với việc tính toán để tiến hành công tác đào, xúc đất một cách thuận lợi, cũng như trong một số trường hợp, có xét đến việc bố trí các thiết bị lắp ráp vỏ hầm; ngoài ra vách ngăn đóng vai trò các cấu kiện làm cứng cho kết cấu khiên.

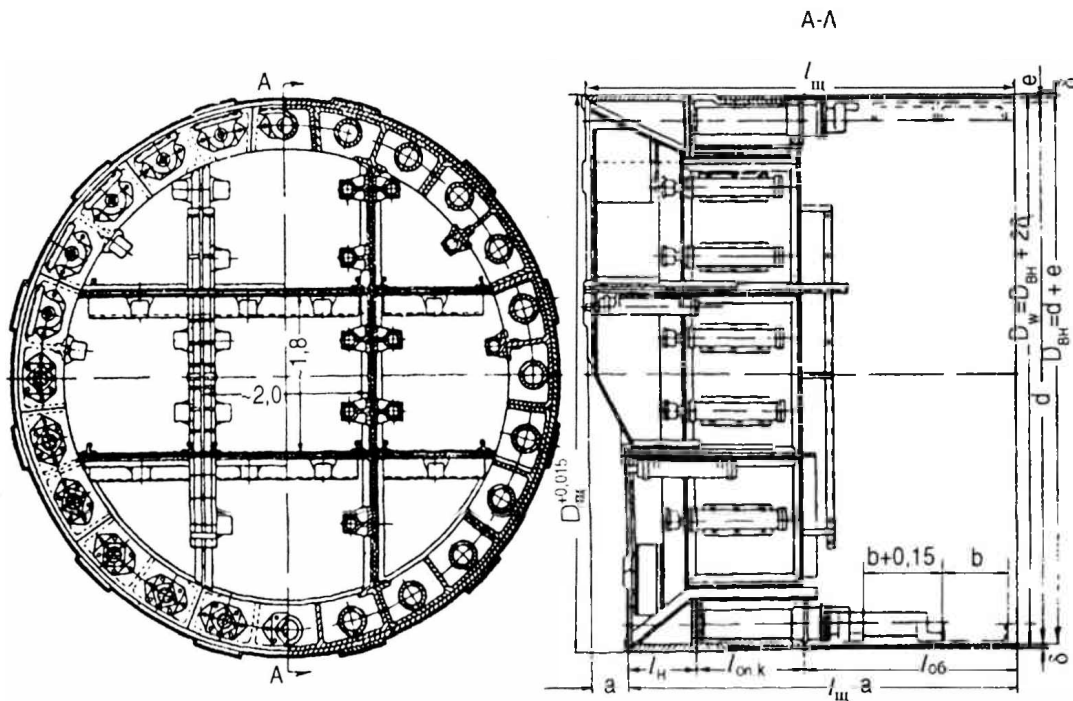
Các kích thủy lực của khiên cần bố trí và gắn vào vòng gối tựa một cách đều đặn và song song với trục của khiên, điều đó là cần thiết để điều khiển chính xác và vận hành đúng dấu khiên theo tuyến đã định sẵn.

§2. XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA KHIÊN

Các kích thước hình học cơ bản của khiên được xác định phụ thuộc vào đường kính vỏ hầm, vào các điều kiện của môi trường bao quanh và loại thiết bị cơ giới đào

hầm. Khi xác định kích thước của khiên thông thường các yếu tố sau đây cần được tính đến:

Đường kính ngoài của vỏ khiên D_{III} (hình 9.2) phụ thuộc trực tiếp vào đường kính hầm d xây dựng ở trong đuôi khiên. Giữa mặt ngoài của vỏ và mặt trong của áo khiên cần xem xét trước một khe hở thi công e . Khe hở này là cần thiết để lắp ghép vỏ hầm một cách thuận lợi và để đảm bảo độ sai lệch không lớn của trục khiên khỏi hướng của trục hầm khi đào đoạn cong của hầm. Trị số trung bình của khe thi công thoả mãn hai điều kiện này là gần bằng 0.8% đường kính ngoài của vỏ hầm, khe hở này thường lấy khi cấu tạo khiên.



Hình 9.2: Kết cấu khiên không cơ giới hóa

Như vậy, đường kính ngoài của áo khiên là:

$$D_{III} = d + e + 2\delta = 1,08d + 2\delta \quad (9.1)$$

ở đây δ là chiều dày của áo khiên.

Chiều rộng vòng lưới của khiên L_{II} có thể dao động trong một phạm vi đã biết phụ thuộc vào mức độ ổn định của địa tầng bị cắt qua. Trong đất đá ổn định trị số này cần đủ để người thợ đào hầm làm việc an toàn và thuận lợi.

Kích thước 1 - 1,2 mét là thoả mãn điều kiện trên. Trong môi trường rời rạc, chiều rộng yêu cầu của phần lưới được điều chỉnh bởi các điều kiện phụ thêm của vị trí mái dốc trước mặt dưới một góc sạt trong phạm vi lưới khi gương không gia cố.

Bề rộng của vòng gối tựa $L_{on,K}$ được xác định bởi chiều dài của xi lanh kích khiên, bố trí ở trong vòng gối tựa, loại trừ phần đầu có các thiết bị làm chặt. Theo các thông số cấu

tạo và các số liệu kinh nghiệm, bề rộng của vòng gối có thể lấy bằng hai lần trị số bước làm việc của kích khiên, tức là bằng 2 lần bề rộng của vòng vỏ hầm b.

$$L_{on.K} = 2b$$

Chiều dài của phần đuôi khiên $L_{o\delta}$ bằng tổng của ba trị số:

$$L_{o\delta} = l_1 + l_2 + l_3$$

ở đây l_1 là chiều dài trần của vỏ, lấy bằng bề rộng một vòng vỏ hầm khi đào trong địa tầng ổn định, còn khi đào trong địa tầng không ổn định thì bằng bề rộng hai vòng vỏ có dự trữ không lớn

$$l_1 = (1,2 - 2,2) b;$$

$l_2 = 0,15 \div 0,2$ mét là chiều dài khoảng trống giữa gối kích và mặt phẳng của sườn vòng của vỏ hầm.

$l_3 = 0,6 \div 0,7$ mét là chiều dài của phần đầu và phần gối của kích khiên.

Chiều dài tổng cộng của khiên:

$$L_{tt} = L_H + L_{on.K} + L_{o\delta} \quad (9.2)$$

Tỉ số giữa chiều dài tổng cộng của khiên và đường kính khiên đặc trưng cho mức độ điều hoà của khiên.

Đối với các khiên không cơ giới hoá đường kính trung bình (5 - 7m), tỉ lệ này kiến nghị lấy bằng 0,75, đối với các khiên đường kính lớn lấy bằng 0,45. Tỷ lệ này đảm bảo độ điều hoà, đủ ổn định của khiên khi di chuyển theo tuyến định trước. Sự phát triển theo chiều dài của các khiên chuyên dụng và khiên cơ giới hoá phụ thuộc vào dạng thiết bị bố trí ở bên trong, và vào phương tiện làm chặt khe hở thi công. Với những khiên đường kính không lớn, chiều dài thường lớn hơn đường kính và không bị hạn chế bởi những tỉ lệ xác định nêu trên, bởi vì thành phần và kích thước các bộ phận cơ bản của khiên vẫn không đổi. Những khiên như thế chủ yếu là để xây những hầm thuỷ lợi và hầm thị chính thẳng có chiều dài không lớn với độ dốc rất bé, nơi mà độ ổn định của nó được xem là chỉ tiêu quan trọng nhất của khiên.

§3. KHIÊN ĐƯỜNG KÍNH LỚN

1. Mô tả chung

Khiên thông thường để đào các hầm nối ga metro đường kính 5,7 ÷ 6,7 mét là kết cấu bằng thép lắp ghép, có tất cả các cấu kiện cơ bản được nhắc đến ở phần trên.

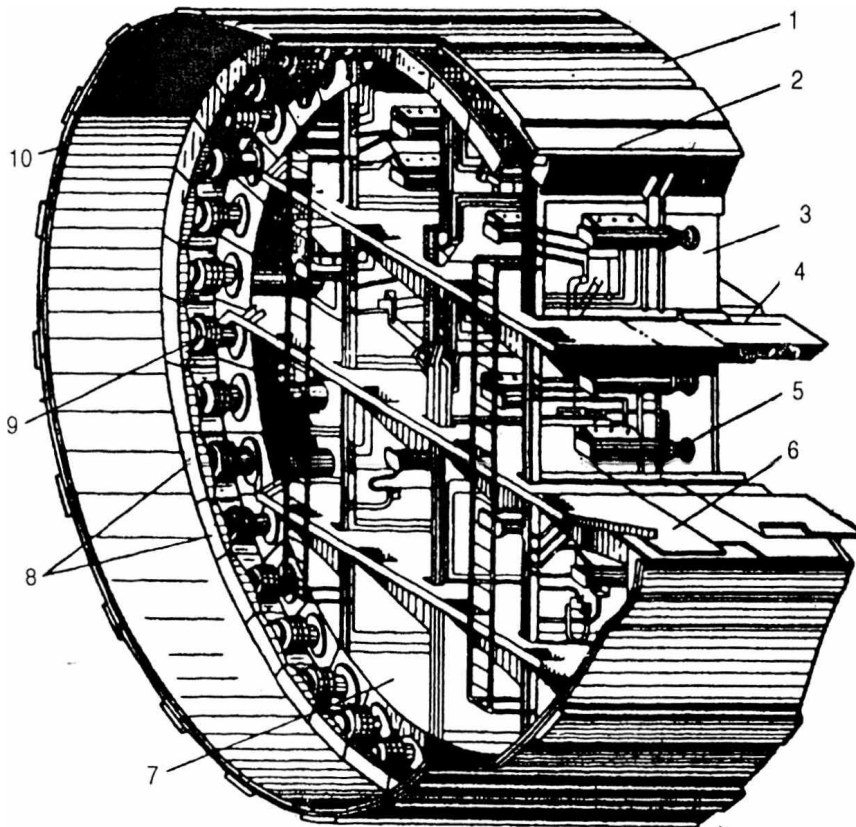
Công dụng cơ bản của các khiên như thế là đảm bảo tiến hành an toàn công tác đào và lắp ghép, vì thế các cấu kiện kết cấu của khiên cần tuân theo yêu cầu này chủ yếu.

Bằng việc chia khiên ra làm 9 ngăn làm việc nhờ hai vách ngang và hai vách đứng tạo nên các điều kiện cần thiết để thực hiện nhiệm vụ đào đất đá. Việc lắp ghép vỏ hầm được tiến hành dưới sự bảo vệ tin cậy của phần đuôi khiên.

Các khiên sử dụng để xây dựng các hầm ga metro và hầm đường sắt tuyến đơn là điều thú vị của kết cấu khiên, đường kính của nó từ 8,5 đến 9,75 mét.

Khiên ga (hình 9.3) có thể làm ví dụ của kết cấu nhiều tầng có gương hở để đào hầm trong điều kiện địa tầng ổn định. Khiên có dạng và tiết diện như vậy được sử dụng để xây dựng hầm ga metro và hầm đường sắt tuyến đơn.

Về quan hệ cấu tạo khiên này là tương tự như khiên đào các hầm nối ga.

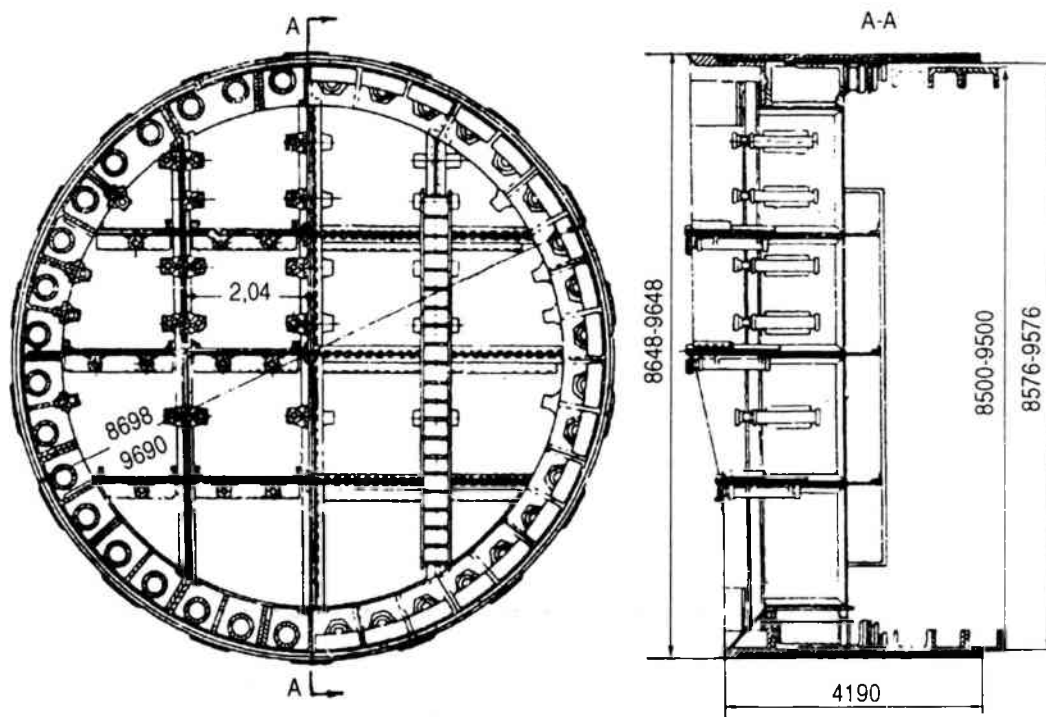


Hình 9.3: Dạng chung của kích đào các ga metro

1. Vòng lưới; 2. Vòng gói; 3. Vách đứng; 4. sàn di động; 5. kích gương;
6. vách nằm ngang; 7. tấm thép bảo vệ; 8. vòng đỡ của kích; 9. kích khiên; 10. áo khiên.

Điểm khác với khiên hầm nối ga là kết cấu khiên ga (hình 9.4) là có nhiều vách ngăn tạo nên 12 ÷ 14 ô làm việc. Việc phân chia ba vách nằm ngang đảm bảo chia vòng gói kê của khiên làm 4 tầng chiều cao trung bình gần 2m. Việc bố trí các vách đứng có thể thực hiện theo hai sơ đồ.

Theo một trong hai sơ đồ đó, khiên được chia bởi ba vách đứng thì tạo nên trên mỗi tầng 4 ô độc lập, bề rộng mỗi ô chừng 2m. Việc phân chia các vách phụ thuộc vào điều kiện có thể bố trí trên khiên một hoặc hai thiết bị lắp các mảnh vỏ hầm.



Hình 9.4: Kết cấu của khiên đào ga metro

Theo sơ đồ khác trong khiên, dùng để đào hầm trong địa tầng ổn định hơn, cho phép bố trí chỉ hai vách đứng, điều đó làm cho ngăn công tác rộng hơn. Trong hàng loạt trường hợp vách đứng giữa của tầng dưới có thể bỏ đi với mục đích sử dụng máy xúc ở trong gương khiên. Một đặc biệt khác nữa trong kết cấu khiên là dùng vỏ nhiều lớp (xem hình 9.7b).

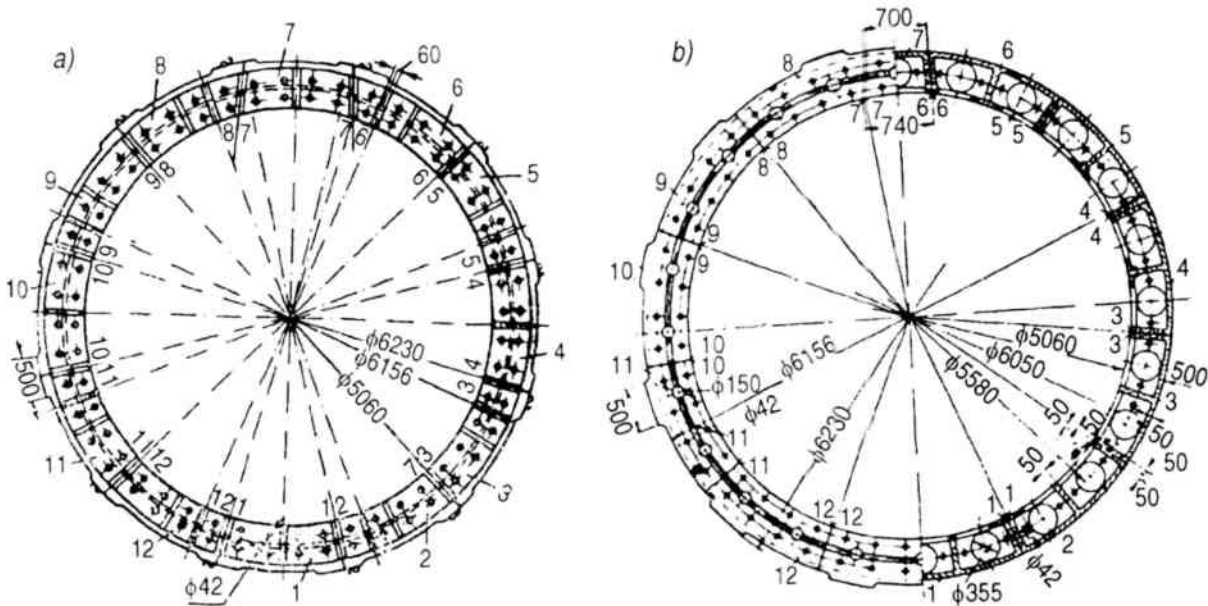
Kết cấu chịu lực của khiên gồm các vòng lưởi và vòng gối tựa làm việc cùng với nhau nhờ việc liên kết chúng với nhau bằng bulông và liên kết mộng. Trong các khiên thông thường các vách ngăn nằm ngang cũng đưa vào kết cấu chịu lực như là một thanh căng. Vật liệu để làm khiên là các loại thép mác CJL-2; C₁.2 và C₁.3 (mác thép Liên Xô cũ) và các thép có tính năng tương tự.

2. Các cấu kiện

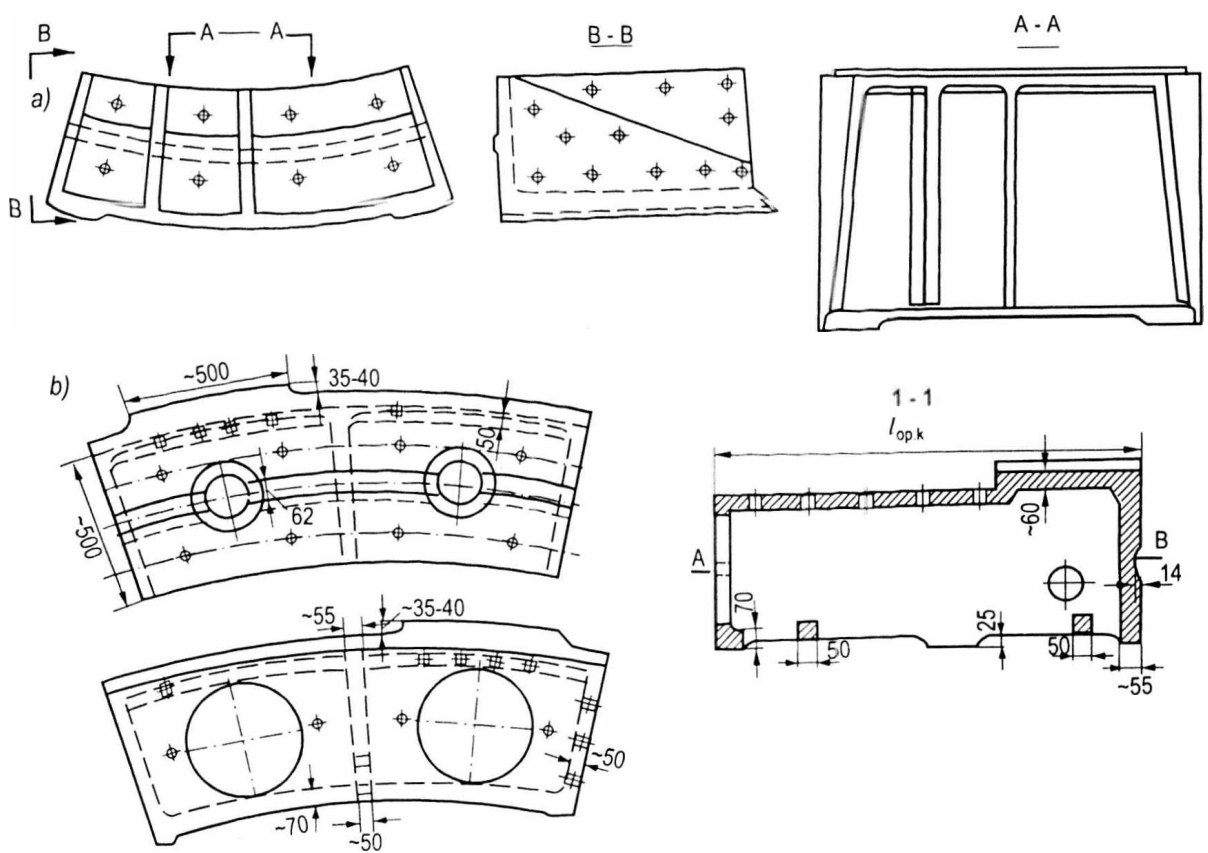
Vòng lưởi (hình 9.5a) lập từ 10 ÷ 18 cấu kiện, nối với nhau bằng bulông thô. Theo các điều kiện lắp ráp ngầm việc chia vòng lưởi ra làm các cấu kiện được thực hiện theo nguyên tắc phân chia vỏ hầm bằng gang. Vì vậy mối nối của tất cả các khối tiêu chuẩn đều có hướng bán kính và có góc ở tâm là như nhau. Mối nối của khối khoá và khối cạnh là không theo bán kính.

Phần tổ đúc của vòng lưởi trong tiết diện theo phương bán kính là dạng sắt góc không đều cạnh (hình 9.6a), vách ngăn của khối đúc là để nối vào vòng gối tựa.

Ở mỗi một cấu kiện có một sườn cứng dạng tam giác bố trí dọc theo trục của kích khiên để trực tiếp tiếp nhận áp lực của khiên. Ở những chỗ nối của các vách ngang và vách đứng sườn có dạng chữ nhật.



Hình 9.5: Kết cấu chịu lực của khiên
 a) Phần lữi; b) Vòng gờ.



Hình 9.6: Các chi tiết của khiên
 a) Phần lữi; b) Vòng gờ

Mỗi cấu kiện theo mặt ngoài đều được trang bị một đoạn đúc phụ thêm được bố trí đối diện với các bản đệm mối nối của áo khiên để đảm bảo chúng không bị mài mòn khi

di chuyển khiên. Chiều dày của vách phân tổ đúc lấy từ $40 \div 65\text{mm}$ còn sườn cứng thì từ $40 \div 60\text{mm}$.

Vòng gối tựa (xem hình 9.5b) cũng gồm các khối giống như vòng lõi, nối với nhau. Chiều dài của cấu kiện khoá (theo cung tròn) của vòng gối tựa thường lấy ngắn hơn một chút, còn chiều dài của cấu kiện dưới cùng thì lại dài hơn tương ứng. Điều đó được giải thích là cấu kiện trên cùng cần nhẹ hơn để đơn giản hoá việc lắp ráp.

Để đảm bảo cùng làm việc của vòng lõi và vòng gối tựa thường xem xét các mộng đưa ép chặt vào các khe vòng.

Tiết diện theo phương bán kính của vòng gối tựa có dạng mặt cắt hở một vòng lõi tiếp xúc với một trong những vách thẳng đứng của nó (hình 9.6b). Trong vòng gối tựa có các sườn cứng bố trí ở hai bên của kích khiên.

Hướng của tất cả các mối nối của các cấu kiện của vòng gối đều là theo phương bán kính trừ mối nối của khối đỉnh với khối cạnh, mối nối của những phân đoạn này theo điều kiện triệt tiêu một phần những sai lệch so với phương bán kính.

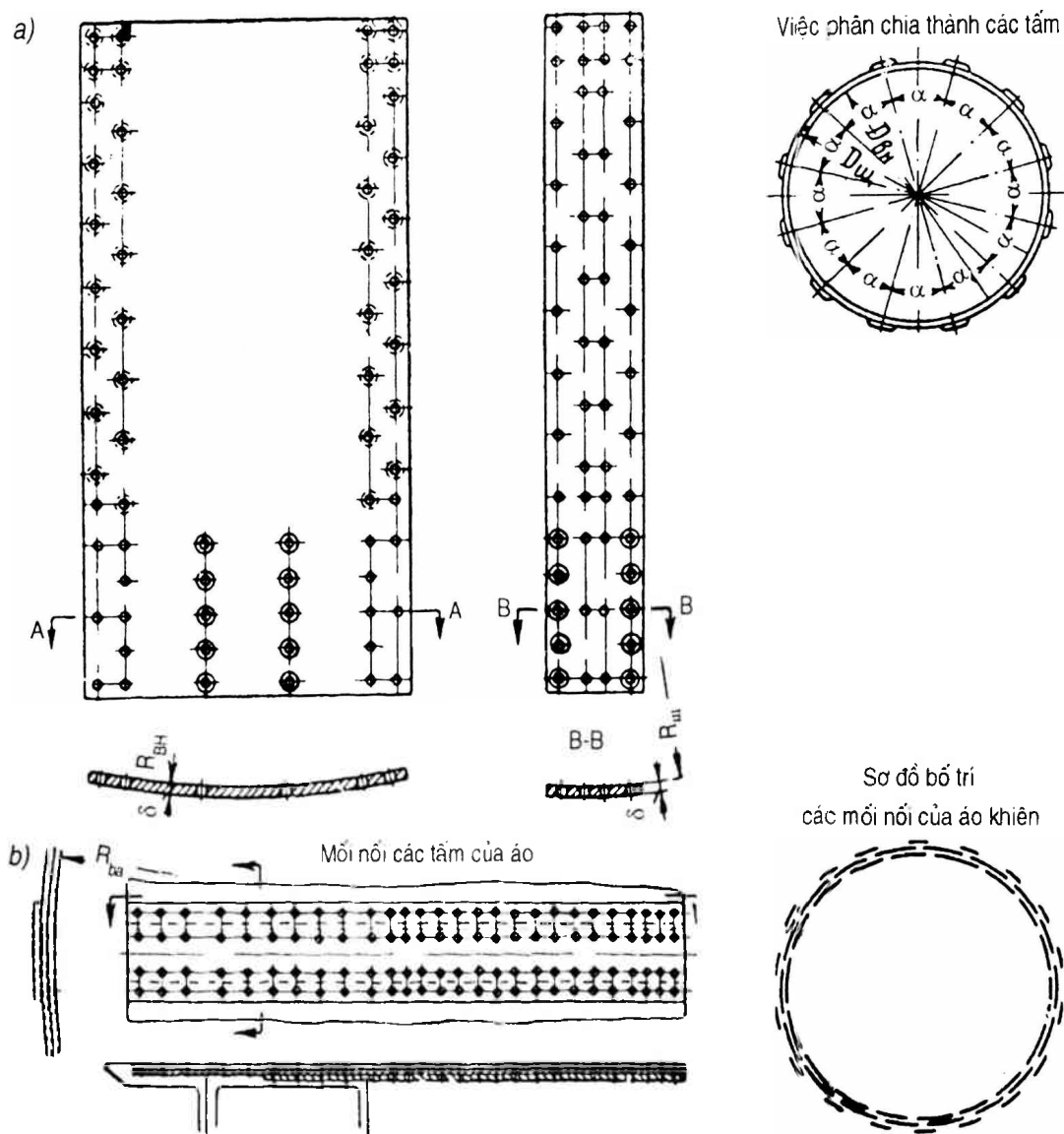
Trên phần phía trước của mặt ngoài, các cấu kiện của vòng gối tựa có phần đúc dày ra (đối diện với phần đúc dày thêm trên phân đoạn của phần lõi) để chặn các bản đệm mối nối của vỏ khiên. Trên phần lớn của mặt ngoài vòng gối tựa có hốc lõm để đặt các lá thép của áo khiên. Trên lưng các cấu kiện của vòng gối tựa có chừa lỗ theo đường kính ngoài của kích khiên.

Vách ngoài ở chỗ tăng cường vỏ khiên có chiều dày $50 \div 60\text{mm}$ còn vách đứng dày $50 \div 70\text{mm}$.

Vỏ khiên (hình 9.7) cũng là kết cấu lắp ghép gồm các lá thép nối với nhau bằng các bản đệm. Trong vỏ một lớp các lá thép như vậy được người ta gắn lên vòng gối tựa nhờ bulông và vít. Trong vỏ nhiều lớp thì người ta gắn lên vòng gối tựa cả bố các lá thép, còn gắn lên vòng lõi thì chỉ một lớp ngoài cùng. Điều đó được giải thích là mối nối dọc giạt cấp được tạo nên sẽ tạo điều kiện làm việc tốt hơn cho kết cấu chịu lực của khiên. Chính do đặc điểm nhiều lớp của vỏ mà nó được chế tạo và lắp ráp ở nhà máy. Các cấu kiện của vỏ được chế tạo bằng cách cán - uốn các lá thép riêng rẽ rồi hàn điện chúng lại với nhau thành bố các lá thép, điều đó đòi hỏi hoàn thành các công đoạn này trong nhà máy với độ chính xác cao.

Tất cả các mối nối của bố các lá thép người ta làm hết sức chu đáo có xét đến trình tự lắp ghép chúng trong điều kiện ngâm. Việc nối các cấu kiện như vậy với nhau qua một bản đệm được người ta thực hiện nhờ ốc vít có đầu chìm hướng vào bên trong khiên để tạo khả năng tháo rời khiên.

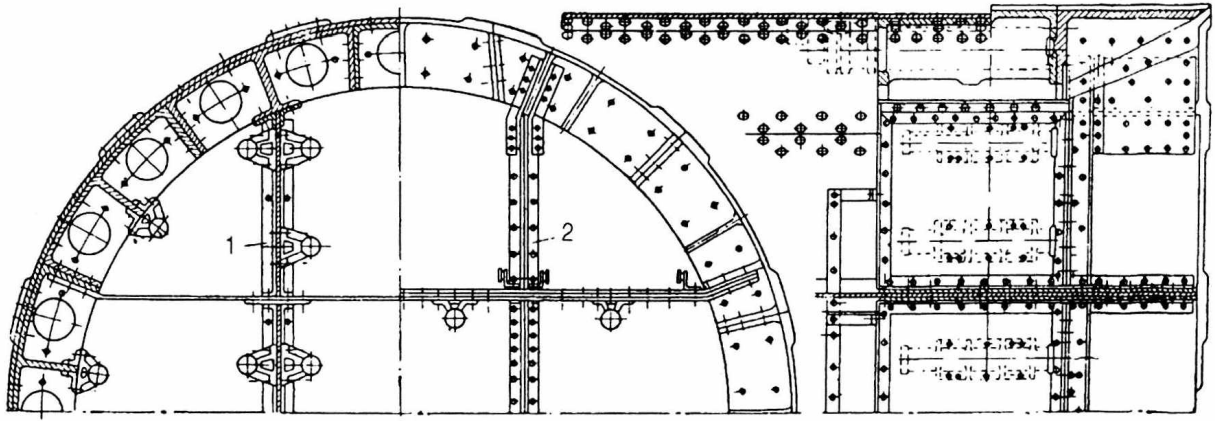
Các vách ngăn (hình 9.8) có ý nghĩa về mặt kết cấu khác nhau. Các vách ngang đóng vai trò thanh căng của kết cấu chịu lực. Chúng thuộc loại kết cấu quan trọng và được nối vào sườn cứng bằng bulông tinh ren kép. Thông thường các vách này được chế tạo từ thép tấm dày 18 - 20mm, có số lượng mối nối là tối thiểu, bố trí so le.



Hình 9.7: Áo khiên
a) Một lớp; b) Nhiều lớp

Các vách đứng đóng vai trò thanh giằng của kết cấu chịu lực và thiết bị giữ cho gia cố gương. Mỗi một vách đứng được lập từ các cấu kiện riêng rẽ theo chiều dài, số lượng của những cấu kiện này bằng số tầng của khiên. Chiều dày của thép tấm là 18 - 20mm. Trong phạm vi vòng lưởi tất cả các vách đều gồm ba lớp. Giải pháp kết cấu như vậy được giải thích bởi việc cần tăng cường các vách trong phạm vi vòng lưởi, trực tiếp tiếp nhận sức kháng mặt khi di chuyển khiên.

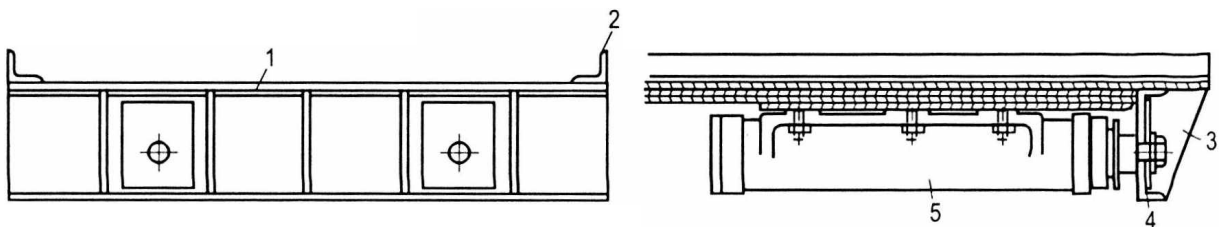
Các cấu kiện ba lớp của vách được chế tạo trong các điều kiện nhà máy, ở dạng bó, có gia cường các thép góc và thép U (xem hình 9.8). Việc nối các vách và sườn cứng của kết cấu chịu lực đảm bảo khả năng lắp ráp trong điều kiện chật hẹp và đưa vách vào làm việc. Việc nối các cấu kiện chế sẵn của vách người ta thực hiện bằng các bulông lắp ráp. Trong các tấm của vách nằm ngang có chừa sẵn các lỗ để cho các ống thủy lực và các phễu chui qua để thải đất đá.



Hình 9.8: Kết cấu các vách của khiên

1. vách ngăn của vòng gối; 2. vách ngăn của vòng lưỡi

Các sàn di động (hình 9.9) là các tấm thép được gia cường ở hai cạnh bằng các thép góc. Các thép góc lùa vào hướng và được nối cứng với các vách ngang. Từ phía trước mỗi tấm có gắn một thép [, là gối tựa cho một hoặc hai kích sàn di động. Gối tựa này cũng dùng để chống giữ đá ở trước gương vì thế nó được gia cường thêm các vách cứng.



Hình 9.9: Các sàn di động

1. Tấm thép; 2. Thép góc; 3. Vách cứng; 4. Thép [; 5. Kích gương

Việc di chuyển sàn được thực hiện từ từ theo công tác đào đất đá ở trước gương đến một bề rộng của 1 vòng vỏ hầm. Nhờ có sàn di động mà trong quá trình đào gương sàn được tiếp xúc liên tục với gương và đảm bảo sự độc lập hoàn toàn với các băng bên cạnh của khiên.

Các sàn di động được lắp trên tất cả các vách ngang trong phạm vi của từng ô công tác. Khi đó mỗi sàn ở giữa, để tránh nghiêng lệch, được di chuyển bằng hai kích, còn các sàn bên thì chỉ bằng một kích.

Tải trọng tính toán cho sàn lấy trọng lượng của hai người cùng với thiết bị thi công và trọng lượng của $0,5\text{m}^3$ đất.

Các tấm thép bảo vệ: là các cấu kiện phụ của khiên, được bố trí trên toàn chu vi bên trong của kết cấu chịu lực, hoặc chỉ ở các ô phía dưới để giảm nhẹ sự làm việc của khiên bằng phương pháp cắt và để bảo vệ các kích khiên.

Các cấu kiện kết cấu vừa khảo sát và phương pháp nối chúng, đặc trưng cho các khiên thường kích thước bất kỳ, được minh họa trên ví dụ một khiên đã được sử dụng để xây dựng các hầm metro.

3. Nguyên tắc tính toán

Kết cấu chịu lực của khiên làm việc trong các điều kiện của một chế độ nặng nhọc dưới tác dụng của áp lực đất và các ứng lực động không thấy trước được, phát sinh khi khiên bị xiên lệch. Vì thế với tư cách là tải trọng tính toán người ta lấy một loại tải trọng gọi là tải trọng sự cố xác định bằng trọng lượng một cột đất (chiều cao không lớn hơn 50m). Tải trọng này người ta phân bố đều lên hình chiếu của khiên lên phương nằm ngang (kể cả vỏ khiên) và làm việc đồng thời của cả vòng lưỡi và vòng gối tựa.

Mối nối các vách với kết cấu vòng được coi là khớp. Trong tính toán đưa vào không chỉ các vách ngang làm việc chịu kéo, mà đặt cả các vách đứng theo cấu tạo.

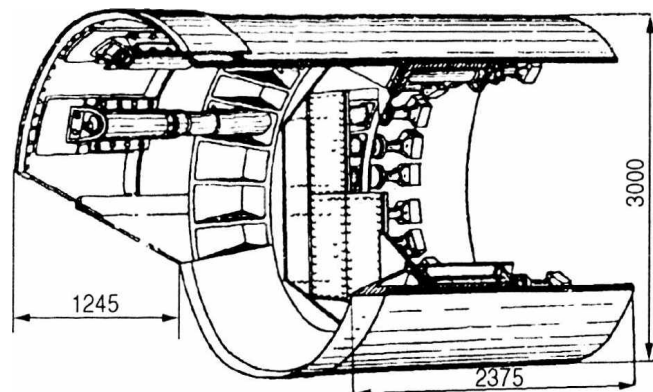
Khiên được tính như một hệ phẳng bằng các phương pháp thông thường của cơ học kết cấu có sử dụng các điều kiện đối xứng của tải trọng và kết cấu.

Việc lựa chọn tiết diện của các cấu kiện đúc được tiến hành chủ yếu xuất phát từ khả năng thực hiện chúng trong nhà máy (chiều dày của nó không nhỏ hơn 20mm). Điều đó trong một loạt trường hợp dẫn đến không sử dụng hết khả năng làm việc của vật liệu, nhưng cần được xem xét như để tiếp nhận các tác động không tính toán được.

§4. KHIÊN ĐƯỜNG KÍNH NHỎ

Cùng với các khiên đường kính trung bình và lớn khiên đường kính nhỏ cũng được sử dụng rộng rãi, đường kính của chúng 3,6; 3,0; 2,6 và 1,5 mét (chủ yếu để xây dựng các hầm kỹ thuật đô thị và hầm thủy lợi).

Khiên đường kính 3,0 mét (hình 9.10) lần đầu tiên áp dụng ở Liên Xô cũ trên công trường xây dựng các hầm thị chính ở Matxcova, là kết cấu lắp ghép từ các cấu kiện dạng tấm có vỏ hai lớp phủ trên suốt chiều dài khiên. Phần lưỡi và vòng gối tựa gồm 6 cấu kiện thép. Để nâng cao độ cứng của khiên giữa phần cơ bản và kết cấu chịu lực có bố trí các sườn (vách).

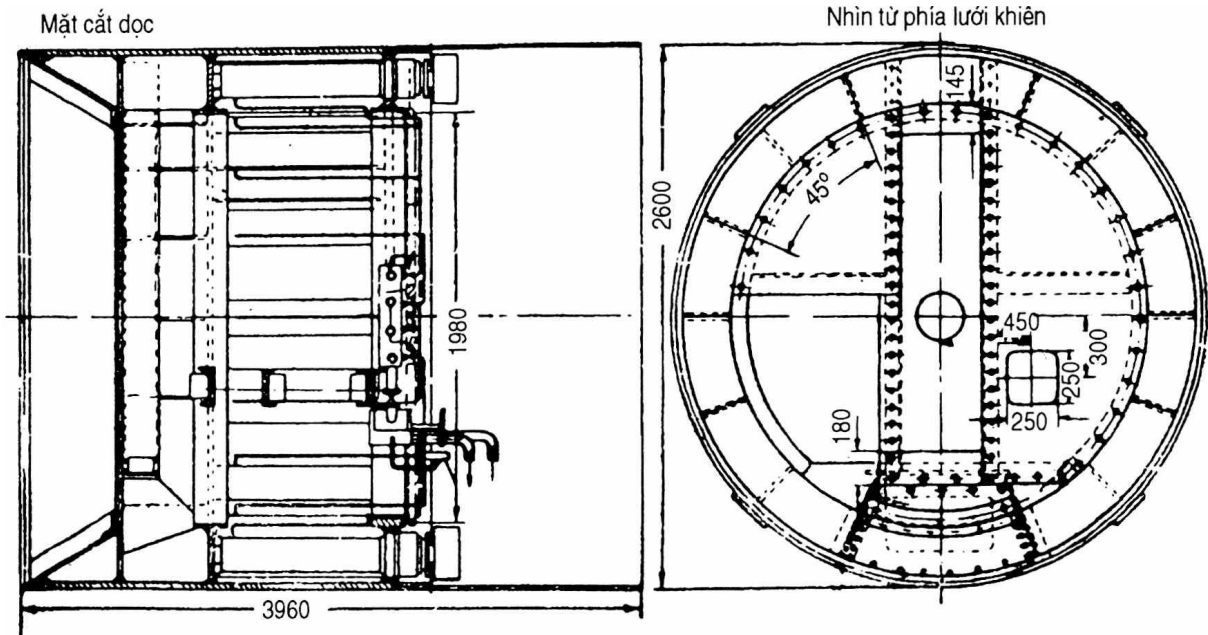


Hình 9.10: Dạng chung của khiên đường kính 3m

Đặc điểm chính của khiên là phân di chuyển hờ, dẫn động bằng 4 kích thủy lực. Chiều dài phần đuôi khiên với vòng vỏ hầm rộng 26cm được lấy là 1,04 mét và với vòng vỏ hầm rộng 60cm là 1,70 mét.

Với kết cấu đã cho khiên được tổ hợp ở xưởng; trọng lượng của khiên là 19 tấn, hạ qua một giếng vào vị trí tập kết.

Khiên đường kính 2,6 mét (hình 9.11) khác với khiên vừa khảo sát trên là kết cấu hàn nguyên cả vòng.



Hình 9.11: Kết cấu của khiên đường kính 2,6m

Vỏ của khiên được đưa vào làm một phần của kết cấu chịu lực với mặt trong của nó có bố trí ba sườn dạng vòng, tạo nên vòng lưới và vòng gối tựa. Tại mặt phẳng của sườn vòng phía trước có vách chắn kín có chừa 4 lỗ kích thước 250×250 mm để đào trong bùn. Trong vách có bố trí các cửa kích thước 650×900 mm. Các cửa này có thể mở để vào gương và để thu gom bùn. Khi đào trong đất ổn định tất cả vách chắn này có thể được tháo đi.

Với mục đích cơ giới hoá thi công trong khiên có xem xét đến khả năng đặt các thiết bị đào; vì vậy trong vách trước mặt có một lỗ van làm việc, và một lỗ khác để vận chuyển, còn trong vòng gối tựa có các dầm ngang để đặt máy.

Ở các sườn vòng cũng chừa các lỗ để cho các kích chống xuyên qua.

Trọng lượng chung của khiên (kể cả kích) là gần 14 tấn. Kích được vận chuyển đến và hạ qua giếng ở dạng đã tổ hợp sẵn.

§5. BÁN KHIÊN

1. Mô tả chung

Để đào hầm trong địa tầng hỗn hợp cứng ở dưới, mềm hoặc ổn định trung bình ở trên, tiết diện đào hợp lý của hầm là dùng khiên có tiết diện không khép kín, hay còn gọi là bán khiên.

Bán khiên là một vì chống thép di động có hình dạng như phần trên của tiết diện ngang của hầm.

Đất đá tự nhiên được đào cẩn thận trước mỗi lần di chuyển của bán khiên; các gối toàn khối được xây dựng trước trong hang dẫn, hoặc trong các hầm đường kính không lớn và các kết cấu lắp ghép nhân tạo được xây dựng khi đào các hầm bên đều có thể làm nền cho bán khiên.

Các công tác đào phần trên của hầm được tiến hành dưới sự bảo vệ của kết cấu bán khiên bằng thép. Phần dưới của tiết diện khi có các gối kê được đào như phương pháp đào hở với việc sử dụng các thiết bị cơ giới cỡ lớn. Đây chính là ưu điểm của phương pháp này.

Các công tác lắp ráp được thực hiện tuân tự trong các phần bên trên và phần bên dưới hoặc đồng thời trên toàn tiết diện.

Để đào hầm nhịp lớn, ví dụ, ga metro một vòm có thể dùng bán khiên dạng elíp hay dạng hộp. Trong các hang dẫn hoặc trong hầm bố trí trước theo hai bên hang, cần xây tường gối tựa. Những hầm như thế có thể đào bằng khiên thường hoặc khiên cơ giới hoá đường kính 3 ÷ 5 mét và gia cố bằng vỏ nhẹ. Các tường gối tựa được đưa vào thành phần của kết cấu ga trong tương lai.

Sau khi xây dựng và củng cố các tường gối người ta chuyển sang đào bằng bán khiên cùng với việc tháo từng bộ phận của vỏ hầm bên. Việc đào nhân ở giữa thường được tiến hành sau khi kết thúc toàn bộ công tác lắp ráp.

Trong thực tế xây dựng hầm ở Liên Xô cũ bán khiên đã được sử dụng khi xây dựng các ga métro đất sâu và khi sửa chữa các hầm đường sắt. Thực tế xây dựng hầm ở các nước ngoài khác đã có hàng loạt ví dụ về việc áp dụng bán khiên để xây dựng những hầm lớn trong đô thị và các đoạn đường dẫn vào hầm dưới nước nhịp đến 15 mét.

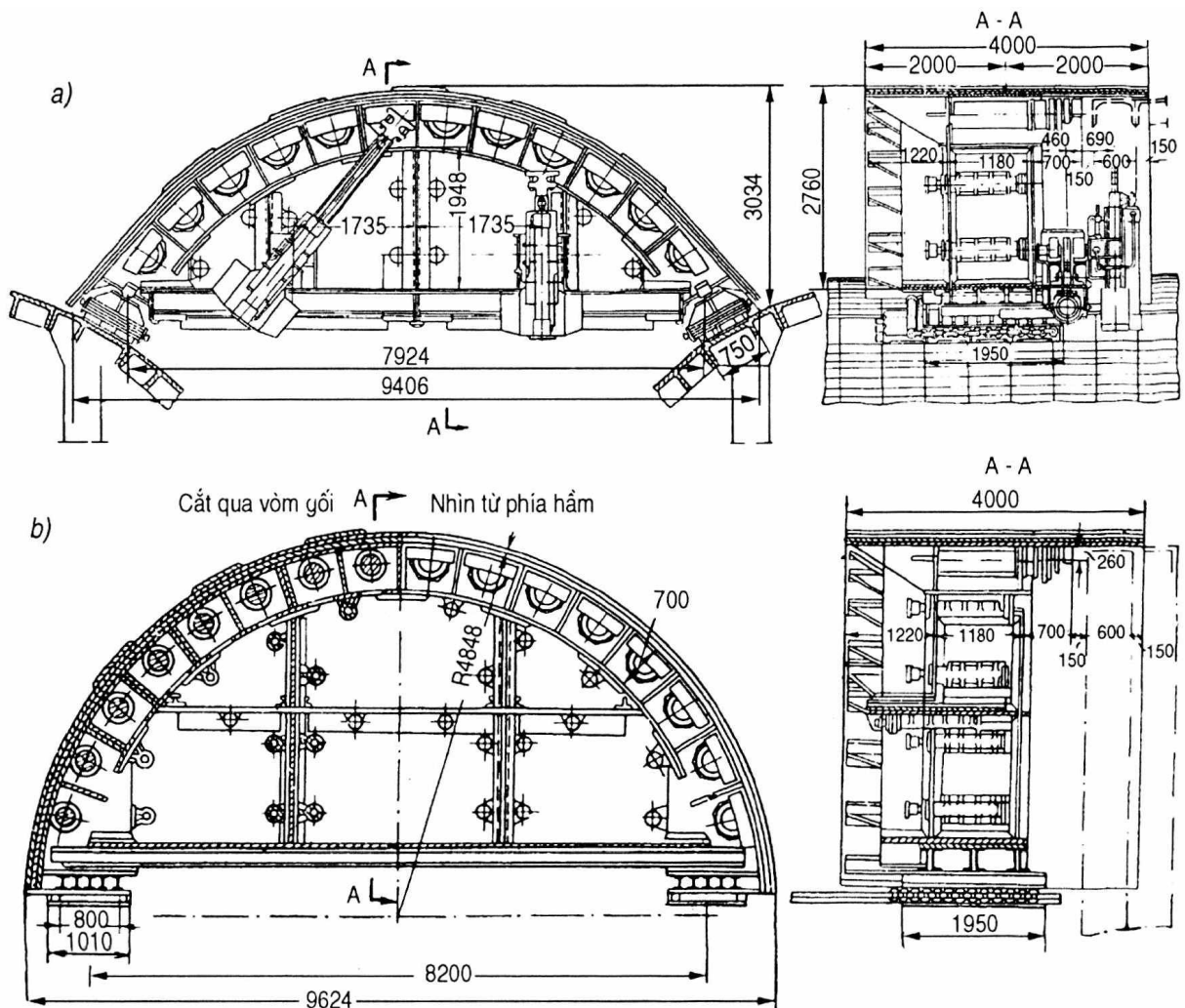
Bán khiên có thể được sử dụng khi xây dựng các hầm nối ga, các ga metro dạng khác nhau cũng như các hầm tiết diện lớn có công dụng bất kỳ khác.

2. Kết cấu

Bán khiên để đào phần giữa của ga metro dạng cột (hình 9.12) là một vì chống di động bằng thép có dạng vòm có thanh căng từ những cấu kiện khá lớn dạng kết cấu hàn.

Các kết cấu cơ bản của bán khiên gồm: Vỏ; vòm tựa có thanh căng, đồng thời làm sàn để đào đất đá ở trong gương; các vách ngăn, làm việc như sàn treo, chia bán khiên thành các ô riêng rẽ. Các vách đứng, lập từ các tấm thép ($\delta = 30\text{mm}$) được gia cường bằng các thép góc làm gối kê để chống đỡ gương đào bằng cách kích thuỷ lực.

Vòm gối tựa chia bán khiên theo chiều dài ra làm phần đuôi và phần lưỡ. Phần đuôi được tạo nên bởi một áo thép, còn phần lưỡ cũng là áo thép này nhưng được gia cường bằng các thép góc làm sườn cứng, theo chiều ngược lại với mỗi kích khiên. Để có thể lắp ráp bán khiên trong điều kiện chật hẹp ngầm và để chuyên chở thuận lợi kết cấu áo, vòm tựa, thanh căng được lắp từ các cấu kiện lớn bằng bulông.



Hình 9.12: Kết cấu của bán khiên

a) Dùng cho ga ba vòm của ga metro dạng cột;

b) Dùng cho ga hai - ba vòm, hầm thành phố và hầm trên đường ô tô

Vỏ và vòm tựa được tạo nên từ 6 ÷ 7 cấu kiện lắp ghép có chứa hai kích khiên. Mỗi một cấu kiện lắp ghép là một kết cấu hàn dạng hộp có trang bị các sườn cứng ở biên và vách giữa bằng thép bản ($\delta = 22 \div 30\text{mm}$).

Ở các cấu kiện gối được bố trí các vách dọc ($\delta = 30\text{mm}$) dùng làm chỗ để lắp ghép thanh căng. Thanh căng lập từ 6 - 8 thép U (N^o24-26) được phủ thép tấm dày ($\delta = 20 \div 22\text{mm}$) và tạo nên sàn công tác).

Phần gối của bán khiên có các khớp, đảm bảo phân bố đều áp lực lên các dầm kê với bất kể góc nghiêng nào của dầm kê. Mặt phẳng gối dưới dầm kê được tạo nên nhờ các đệm thép đặt trên mặt phẳng trượt của vì chu bin của hầm bên qua các nêm.

Sau mỗi lần di chuyển bán khiên phần trên đệm, cấu tạo từ ba phần và hai dầm kê được di chuyển sang phần lườn.

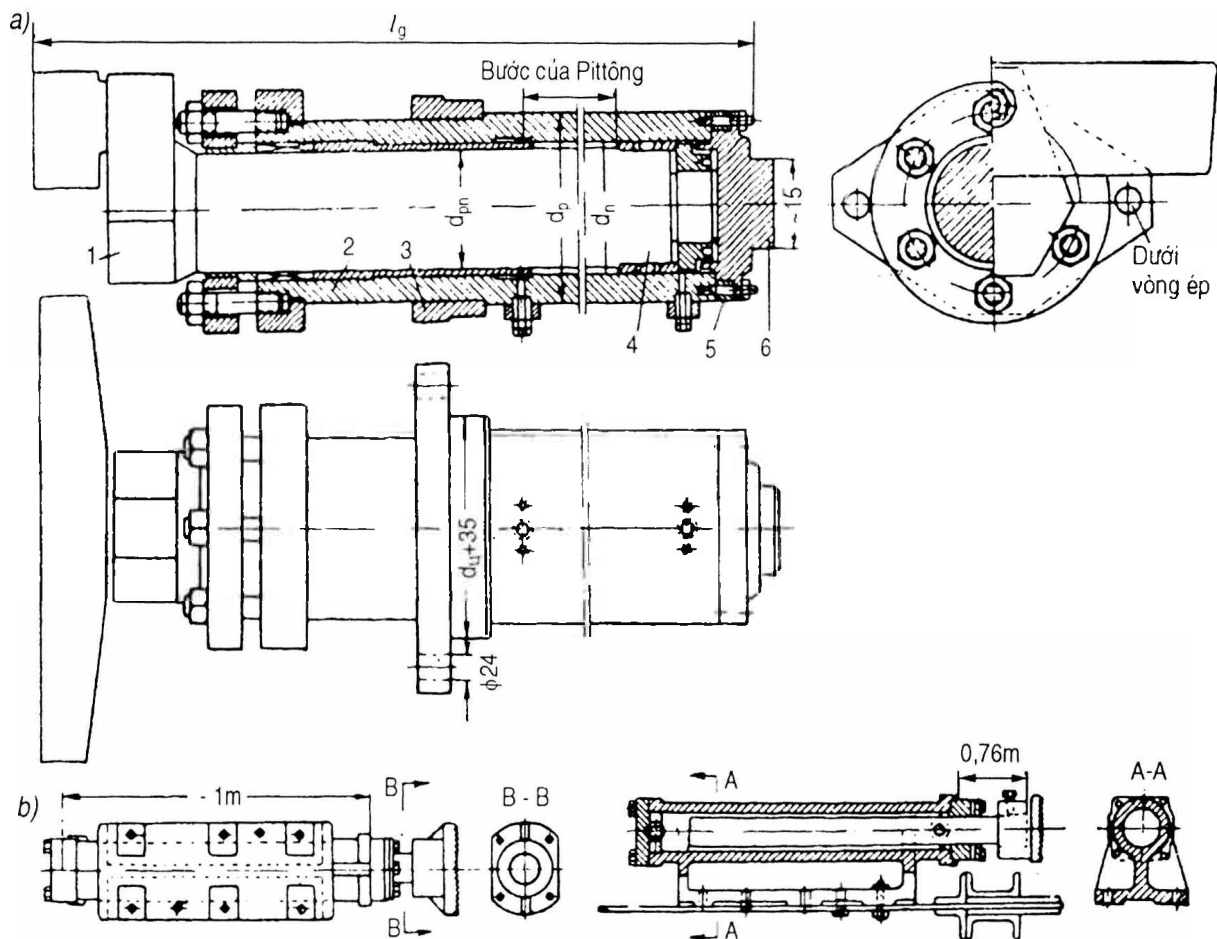
Khi xây dựng các ga metro hai hay ba vòm cũng như hầm ô tô hoặc hầm thành phố có thể áp dụng bán khiên dạng nửa vòng tròn (xem hình 9.12b). Ở kết cấu như vậy có thể

sử dụng phần gối dạng dầm kê hoặc dạng trượt. Khi trượt thì phần kê là một bó các dầm dọc kê lên một tấm thép và được sử dụng trong đất dẻo.

§6. THIẾT BỊ THỦY LỰC CỦA KHIÊN

1. Kích thủy lực của khiên

Những kích này (hình 9.13a) dùng để di chuyển khiên theo chu kỳ phù hợp với mức độ xây dựng các vòng vỏ hầm. Vị trí của các kích trong vòng gối tựa như một nguyên tắc là phân bố đều, điều đó đảm bảo khả năng di chuyển khiên đúng theo tuyến đã định trước. Cũng không loại trừ khi đào trong địa tầng không ổn định đôi khi người ta bố trí một số lượng lớn kích trong phần dưới của khiên.



Hình 9.13: Các kích khiên

a) Kích khiên; b) Kích gương

1. Đế kích; 2. xilanh; 3. vòng xích; 4. pittông; 5. dây tháo ra được

Kích thủy lực lập từ ống thép hình trụ 2 có mặt xích 3, nhờ nó mà kích được gắn vào vách của vòng gối tựa. Trục của kích được bố trí song song tuyệt đối với trục khiên, điều đó được đảm bảo bằng việc đưa đầu nhô dạng trụ 6 của kích vào lỗ ở vách đối diện của vòng gối tựa.

Từ phía mặt phẳng làm việc của kích có tạo nên một đế 5 có thể tháo ra được, cho phép điều chỉnh độ khít của vòng pistông mà không cần phải tháo kích ra khỏi khiên, nhờ nó mà rút ngắn đáng kể thời gian sửa chữa.

Trong thành phần của kích còn có đế kích 1 với pistông 4 trên đó có gắn vòng pistông và măng xét, đảm bảo mức độ khít theo yêu cầu, điều đó ngăn chảy dầu áp lực cao từ khoang làm việc sang khoang không làm việc. Vòng (xecmăng) cùng với phốt (măngxét) được ép vào đầu cần của đế nhờ các rông đen và ốc bắt vít vào vòng đế của kích. Đế xuyên qua mặt bích phía trước cũng được làm chặt khít đặc biệt. Trong thành phần bộ phận làm chặt này có: vỏ ống định hướng, vòng chèn dạng đóng và vòng ép được gá vào nhờ vít giữ.

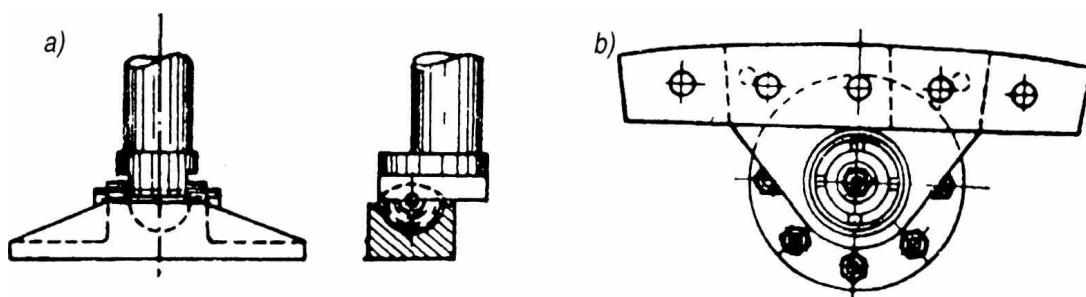
Để cấp dầu vào kích trong xi lanh có hai lỗ tương ứng với các bước tiến lên và ngược lại của xi lanh, như vậy kích khiên là thuộc loại máy thủy lực hoạt động kép. Với tư cách là chất lỏng làm việc người ta dùng nước cùng với các phụ gia chống rò rỉ, dầu kỹ thuật. Việc sử dụng chúng đảm bảo sự làm việc lâu dài của kích.

Kích thủy lực được bố trí vào khiên như thế nào đó để xi lanh khi cấp dầu sẽ chuyển động về phía trước cũng chính là dịch chuyển toàn bộ khiên về phía trước. Gối kê đế kích ở vị trí bất động và gối đó chính là mặt phẳng đầu của vòng vỏ hầm.

Để truyền đúng đắn áp lực của kích lên vỏ hầm dạng này hay dạng khác phần gối của đuôi kích phải có hình dạng sao cho đảm bảo nén đồng đều vỏ hầm.

Ví như với vỏ hầm lắp từ các khối đặc việc truyền ứng lực xảy ra gần như theo trục của kích vì thế phần gối có dạng đối xứng.

Trong trường hợp dùng vỏ không đặc (có sườn) phần gối của đế kích cần có dạng lệch tâm để truyền áp lực theo khả năng gắn vào áo của vỏ hầm tránh làm hỏng (vỡ các sườn). Bởi vì trong trường hợp này chính đế của kích phải chịu uốn dưới ảnh hưởng của mômen uốn, điều này cần phải xét đến khi quyết định chiều dài của cánh tay định hướng và đường kính của đế kích. Để đảm bảo tựa đúng đắn kích lên mặt phẳng đầu của vỏ hầm dạng bất kỳ trong trường hợp kích có nghiêng lệch nào đó việc nối khớp giữa đế đệm và vòng đuôi của kích được áp dụng một cách hợp lý (hình 9.14a).



Hình 9.14: Phần gối của đế kích
a) Đế tựa; b) Băng chèn làm chặt

Thường thường các băng thép để giữ vữa được ép lên vỏ hãm (hình 9.14b) được gắn vào phần gối của đế kích. Khi chuyển động tất cả các kích các băng thép này tạo nên một vòng kín đẩy lên khe hở thi công giữa vỏ và khiên.

2. Các kích chống gương và kích sàn công tác

Những kích này (xem hình 9.13b) là các máy thủy lực hoạt động kép. Các kích được cấu tạo sao cho khi di chuyển khiên, chúng chịu áp lực của dầu, nhưng lực vượt trội của kích khiên làm di chuyển cưỡng bức đế của kích gương vào xi lanh của chúng bằng cách ép chặt chất lỏng lại. Nhờ đó mà áp lực đồng đều và cố định lên gương được đảm bảo. Trong mỗi ô làm việc của khiên thường bố trí một số chèn kích để đảm bảo chống đỡ gương một cách tin cậy và thuận lợi. Ngoại trừ ở các ô góc, nơi mà chỗ không đủ, có thể dùng số lẻ các kích chống gương. Điều này có làm khó khăn cho công tác chống lại gương. Khi đào trong địa tầng bền, ổn định không đòi hỏi phải chống gương, thì không cần bố trí các kích gương.

Vai trò của các kích sàn là di chuyển các sàn đi động. Việc bố trí nó như đã nêu ở trên.

Kết cấu của các kích phụ là tương tự như các kích khiên nhưng theo tính chất làm việc và sự phân bố của chất lỏng chúng khá khác nhau.

Ví như, ở kích khiên (xem hình 9.13a), khi đi thẳng (tiến) chất lỏng chỉ cấp vào khoang làm việc. Khi đó áp lực P_n được phát triển bằng tích của áp suất chất lỏng q với diện tích của tiết diện ngang pistông F tức là:

$$P_n = qF, \text{ (kg)}$$

Việc ép chất lỏng từ khoang không làm việc ra thì không thể hiện sức cản lại.

Khi thực hiện chiều ngược lại, áp lực tương ứng $P_{o\delta}$ lên diện tích vành khăn của pistông f trong khoang không làm việc được xác định như sau:

$$P_{o\delta} = qf \text{ (kg)}$$

Thông thường theo các thông số cấu tạo người ta lấy:

$$f = 0,25F$$

Đối với kích gương cần phải tuân theo điều kiện cơ bản là khả năng di chuyển cưỡng bức đế kích khi di chuyển khiên. Tình huống đó xác định trước sự liên hệ liên thủy lực liên tục giữa các ngăn làm việc và ngăn không làm việc của kích. Do đó khi di chuyển kích về phía trước chất lỏng đồng thời cấp vào cả hai khoang và có áp lực cả hai phía lên pistông, có diện tích tiết diện ngang không bằng nhau là F_z và f_z . Kết quả lực ép kích P_z (kg) có thể được xác định như là sự khác nhau của các áp lực này, tức là bằng:

$$P_z = q(F_z - f_z) \text{ (kg)} \quad (9.3)$$

3. Việc cấp năng lượng

Các kích khiên và kích gương làm việc không phụ thuộc vào nhau, cần phải cung cấp năng lượng từ hai nguồn độc lập.

Áp lực yêu cầu của chất lỏng làm việc của các kích khiên được đảm bảo từ trạm năng lượng là trạm bơm được bố trí trong phạm vi hầm trên một xe phụ hoặc trực tiếp trên khiên.

Cường độ của áp lực trong mạng thủy lực phụ thuộc vào các điều kiện địa chất, nơi dùng khiên để đào cũng như phương pháp thi công đã chọn.

Trong trường hợp sử dụng khiên như là công cụ để cắt đất mềm hoặc ép đất lỏng, có một phần chui vào trong hầm, thì áp lực của chất lỏng làm việc người ta lấy đến 350 - 400at và lớn hơn. Trong các điều kiện thông thường thì nó chỉ giới hạn ở trị số $150 \div 200$ at.

Để đưa các kích sàn và kích gương vào làm việc áp lực của chất lỏng chỉ là $30 \div 50$ at là đủ. Khi đào trong địa tầng không ổn định, nơi cần phải chống gương một cách liên tục người ta sử dụng trạm thủy lực chuyên dùng làm nguồn năng lượng, giữ áp lực cố định trong mạng trực tiếp bằng một bộ tích tải trung gian. Bộ tích này nhận chất lỏng làm việc từ trạm bơm. Chất lỏng được nén tạo áp lực lên chân kích, đẩy nó lên cùng với tải chất vào phần bên trên. Sau khi tự động đưa bơm vào làm việc cùng với tải trọng, tạo nên áp lực không đổi với trị số đã cho. Để giảm kích thước khuôn khổ của thiết bị, bố trí trực tiếp ở trong hầm, có thể sử dụng bộ tích kiểu khí nén.

Khi đào trong các loại địa tầng không có áp lực chủ động lên gương, tức là, nơi không cần phải có kích gương, nguồn năng lượng cho các kích sàn có thể lấy từ bơm chính. Để đảm nhiệm chức năng này thiết bị cần có các van và ống nhánh phụ thêm.

Bơm thủy lực áp lực cao dùng khi đào bằng khiên có kích thước khuôn khổ không lớn và có thể đặt trên một xe phụ hoặc trực tiếp trên ô công tác của khiên.

Năng suất của bơm được thiết lập phụ thuộc vào số lượng và kích thước của các kích mà nó phục vụ và trong khoảng $5000 \div 15000$ at//phút.

4. Mạng và máy thủy lực

Các ống thủy lực dùng để dẫn chất lỏng có áp lực đến khiên và các kích phụ và để hồi các chất lỏng sau khi làm việc về bơm.

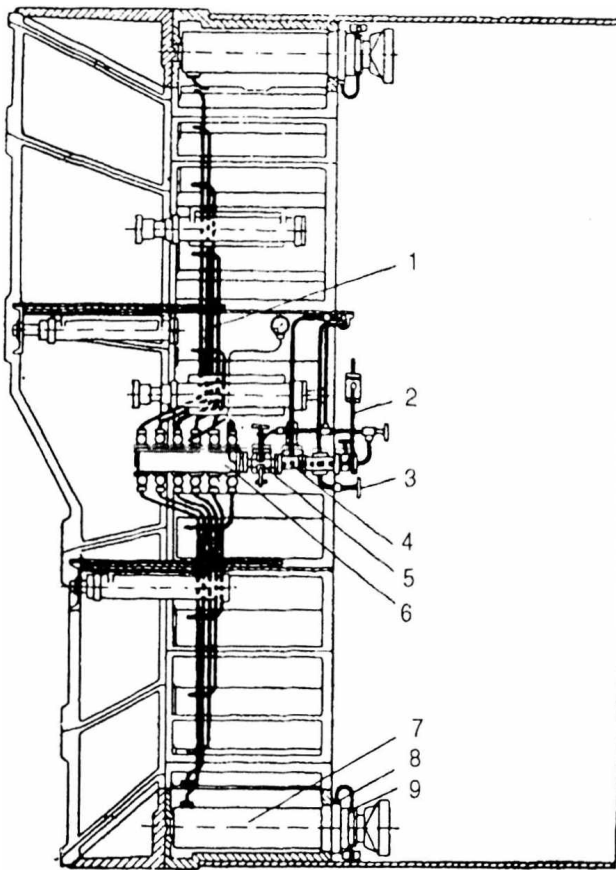
Tuỳ thuộc vào công dụng của kích, phụ thuộc vào áp lực người ta chia làm hai hệ: hệ áp lực cao và hệ áp lực trung bình. Hệ áp lực cao tạo nên chu kỳ làm việc kín của chất lỏng - từ bơm đến kích khiên và ngược lại; hệ áp lực trung bình là từ thiết bị áp lực đến các kích phụ và ngược lại.

Mạng áp lực cao (hình 9.15) là một hệ ống đi từ bơm đặt trên xe (hoặc trên khiên) đến các van khởi động và điều chỉnh trên khiên và tiếp theo là đến từng kích khiên. Phần đầu của đường chất lỏng là đi theo các ống thép nối khớp nằm giữa xe và khiên, và đi vào van tiếp nhận 3 của đường dẫn chất lỏng áp lực cao trên khiên, tiếp theo qua van an toàn 4, van ba nhánh chính 5 và bộ phân phối 6 với các van tương ứng với số lượng kích, từ đó theo ống 1 đến khoang làm việc của kích khiên 7. Để đảm bảo bước tiến về phía trước của kích người ta đặt ở một vị trí xác định tay điều khiển của van ba nhánh và van

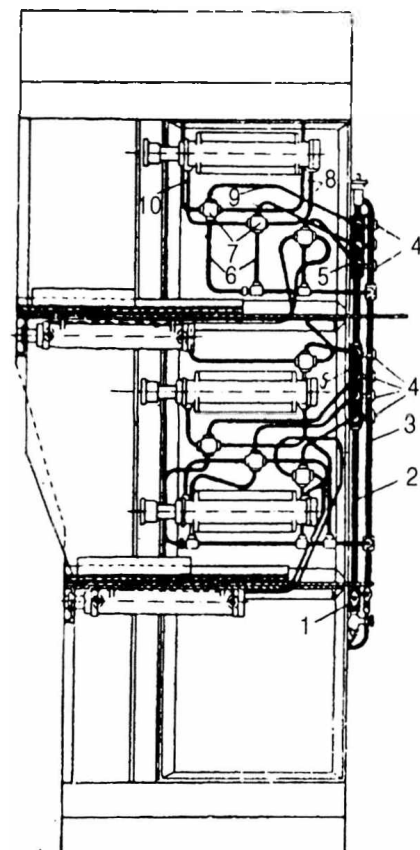
kích tương ứng. Khi đó chất lỏng có thể lấp đầy khoang làm việc của tất cả các kích của một nhóm kích nhất định và từng kích bất kỳ, điều đó tạo nên khả năng điều khiển khiên. Để đưa đế kích về vị trí xuất phát cần phải chuyển áp lực vào khoang không làm việc, từ đó chuyển hướng nó qua van ba nhánh về mạng hồi.

Sự chuyển động đồng thời của một nhóm kích theo hướng tiến của kích (tương ứng với quá trình nén các cấu kiện vỏ hầm mới lắp) và hướng ngược lại để xây lắp tuần tự các cấu kiện vỏ với một van ba nhánh là không thể thực hiện được, bởi vì khi đóng chất lỏng làm việc bất kỳ đều qua van này.

Từ phía khoang không làm việc của mỗi kích khiên ống hồi 9 được nối rẽ nhánh vào khâu nối 8 bố trí trên ống chung, theo nó chất lỏng đi vào van và nhánh theo ống nối 2.



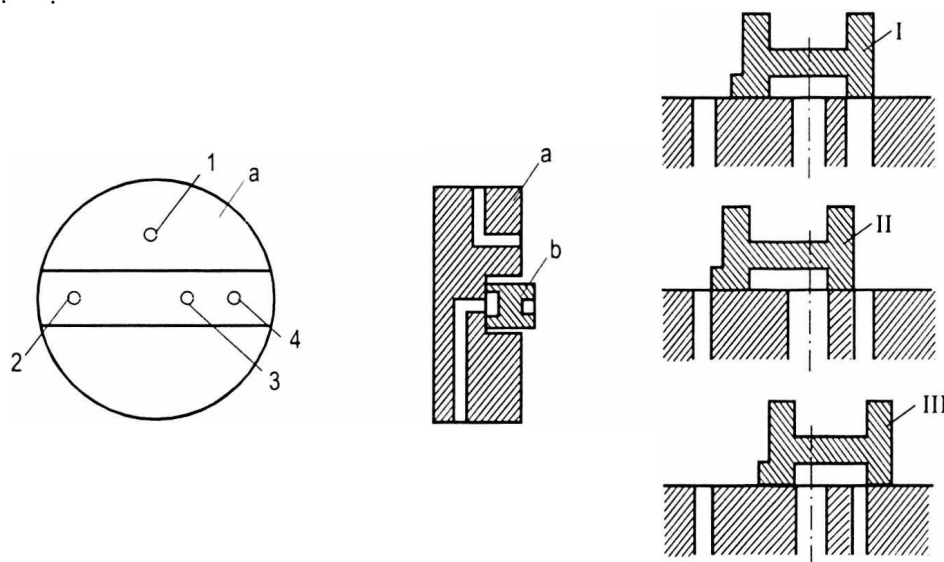
Hình 9.15: Mạng thủy lực áp lực cao



Hình 9.16: Mạng thủy lực áp lực trung bình

Mạng áp lực trung bình (hình 9.16) là một hệ ống cùng với các van tương ứng nằm giữa thiết bị áp lực và các kích phụ. Chất lỏng đi vào khiên theo các ống nối với các thiết bị bằng dạng khớp ở khâu cuối cùng, tiếp xúc với van tiếp nhận 1. Từ đó theo ống 2 chất lỏng đi vào bộ phận phối 5, van 4 và ống 9 đến cụm điều khiển 7. Tiếp theo chất lỏng theo ống 8 và 10 đến từng kích. Cũng theo những ống này chất lỏng trở về qua bộ điều khiển và theo ống 6 về ống hồi chung 3 tiếp theo về thiết bị áp lực.

Thiết bị điều khiển (hình 9.17) dùng để phân phối chất lỏng áp lực trung bình vào các xi lanh của các kích phụ khi tiến, cũng như để hồi chất lỏng khi để kích thực hiện bước ngược lại.



Hình 9.17: Bộ điều khiển đóng ngắt mạng thủy lực

Sơ đồ nguyên tắc của thiết bị điều khiển bao gồm một đĩa a có 4 lỗ 1, 2, 3, 4, trong đó ba lỗ sau là trùng với rãnh mà nắp đậy b dịch chuyển nhờ một tay nắm có khối truyền động lệch tâm. Nắp đậy này tùy thuộc vào vị trí I, II, III của nó mà nhóm lỗ này hay nhóm lỗ khác bị đóng lại. Qua lỗ 1 thường xuyên mở, chất lỏng đi vào bộ điều khiển. Lỗ 2 và 4 để lưu thông chất lỏng tương ứng với khoang không làm việc và khoang làm việc của kích. Lỗ 3 dẫn về ống hồi. Với thiết bị phân phối như vậy bước tiến về phía trước của kích được đảm bảo do độ chênh áp lực của chất lỏng được cấp đồng thời vào hai phía của pistông. Để kích có thể tồn tại đàn hồi trong xilanh mà không mất trạng thái ứng suất của hệ. Việc điều khiển các kích phụ được thực hiện theo từng ô của khiên và thực hiện bằng việc nghiêng tay quay về phía mong muốn.

§7. THIẾT BỊ LẮP CÁC KHỐI VỎ HẦM

1. Khái niệm chung

Để cơ giới hoá lắp ráp vỏ hầm, tiến hành dưới đuôi khiên người ta sử dụng các thiết bị chuyên dùng, phân loại theo năng lượng dẫn động, sơ đồ động học, hình dạng kết cấu và vị trí lắp đặt.

Theo dấu hiệu thứ nhất các máy lắp đặt vỏ hầm được chia ra làm máy thủy lực, điện khí nén và máy liên hợp.

Theo sơ đồ truyền động máy lắp đặt vỏ hầm chia ra làm máy kiểu đòn bẩy và máy loại cung tròn bố trí trên một kết cấu gối tựa hoặc trực tiếp trên khiên.

Khi bố trí các máy lắp đặt trên thiết bị gối tựa không phụ thuộc vào khiên một tổ hợp độc lập được tạo nên để làm hàng loạt chức năng khác nhau. Một tổ hợp như vậy có

chức năng chính là lắp ráp vỏ hầm, sử dụng để bố trí các thiết bị khác nhau và làm giá công tác để tiến hành các công tác chính phụ khác nhau.

Để triệt tiêu sự cản trở lẫn nhau giữa thi công lắp đặt các cấu kiện vỏ và thải đất đá người ta sử dụng tổ hợp thiết bị có trục rỗng. Bên trong trục người ta bố trí băng tải để chuyển đất đá từ gương ra phía hầm. Với mục đích rút ngắn quá trình, đôi khi người ta sử dụng hai cánh tay đòn của thiết bị. Theo sơ đồ một người ta bố trí chúng bên cạnh vách đứng của khiên với tính toán thế nào đó để giữa chúng có vùng trung hoà không bị giao cắt bởi các cánh tay đòn trong quá trình làm việc. Trong vùng này người ta bố trí băng tải. Theo sơ đồ khác hai cánh tay đòn người ta bố trí trên trục rỗng (xem hình 9.20 dưới đây).

Trong trường hợp sử dụng vỏ hầm từ các khối đặc thì thiết bị được dùng để giữ trên giá vòm các vòng chưa khép kín của vỏ hầm.

Sơ đồ kết cấu của thiết bị phụ thuộc vào vật liệu và dạng vỏ hầm được sử dụng, vào kích thước tiết diện ngang và mức độ cơ giới hoá thi công. Phụ thuộc vào các yếu tố này người ta thiết lập các gối ở mức cao hơn hoặc trực tiếp trên phần đáy của hầm (xem hình 9.21). Trọng lượng bản thân của thiết bị loại một cần được xét đến khi tính toán vòng vỏ, còn sơ đồ hai thì tựa một cách thuận lợi hơn đối với sự làm việc tĩnh của vỏ không tham gia vào sự tác động đàn hồi tương hỗ với địa tầng, bởi vì trọng lượng bản thân của thiết bị được truyền lên phần đáy của hầm.

Diện công tác rộng trong phần dưới của hầm và có khả năng đặt kịp thời các thanh căng là ưu điểm của thiết bị theo sơ đồ thứ nhất.

Việc bố trí trên thiết bị các trạng bị cơ bản cần được thực hiện theo nguyên tắc cân bằng theo phương dọc và phương ngang với tất cả các trạng thái làm việc, sử dụng an toàn và thuận tiện nhất.

Thành phần các trạng thiết bị và việc khai thác chúng cần đáp ứng các điều kiện kẹp giữ và tiến hành thi công an toàn.

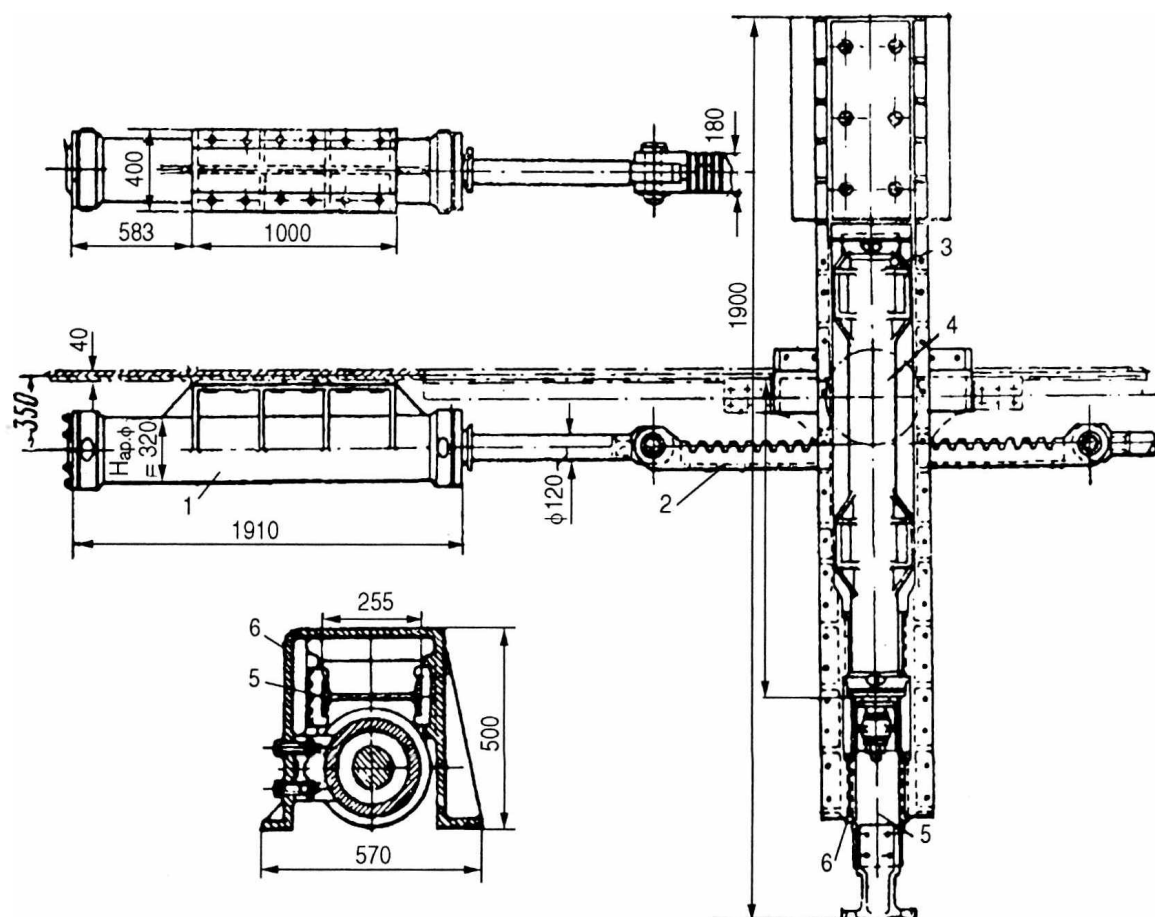
Kết cấu của các thiết bị lắp ghép vỏ hầm dạng chu bin hoặc khối đặc là khác nhau. Dưới đây khảo sát các giải pháp đặc trưng nhất của chúng.

2. Thiết bị lắp ráp vỏ hầm dạng đòn

Thiết bị lắp ráp vỏ hầm truyền động thuỷ lực (hình 9.18) có đặc điểm đơn giản và tin cậy trong điều khiển và cấu tạo thiết bị, kích thước tương đối nhỏ, vận hành khai thác an toàn. Thiết bị lắp ráp loại này có thể bố trí riêng trên khung hoặc trên khiên.

Kết cấu đòn của thiết bị (xem hình 9.18) là một thân 6 bằng thép, bên trong của nó có bố trí một dầm di động được 5 có khoá ở đầu. Để di chuyển nó sử dụng kích thuỷ lực 3 gắn lên thân của đòn. Sự hoạt động liên tục của đòn được thực hiện nhờ việc cấp chất lỏng vào kích qua van 4.

Đòn xoay được nhờ một động cơ thủy lực, lập từ hai kích 1 và một thanh răng 2 bố trí trên một trục của kích. Nhờ việc cấp đồng thời chất lỏng làm việc vào khoang làm việc của một kích và vào khoang không làm việc của kích khác, hợp lực của hai kích sẽ thực hiện chuyển động theo hướng bất kỳ.



Hình 9.18: Thiết bị lắp ráp vỏ hầm truyền động thủy lực

1. Kích để xoay; 2. Thanh răng; 3. Kích để dẫn dài; 4. Trục;
5. Dầm di động; 6. Thân bằng thép

Việc dịch chuyển tịnh tiến của đòn được thực hiện nhờ một kích phụ bố trí ở đầu trục chính.

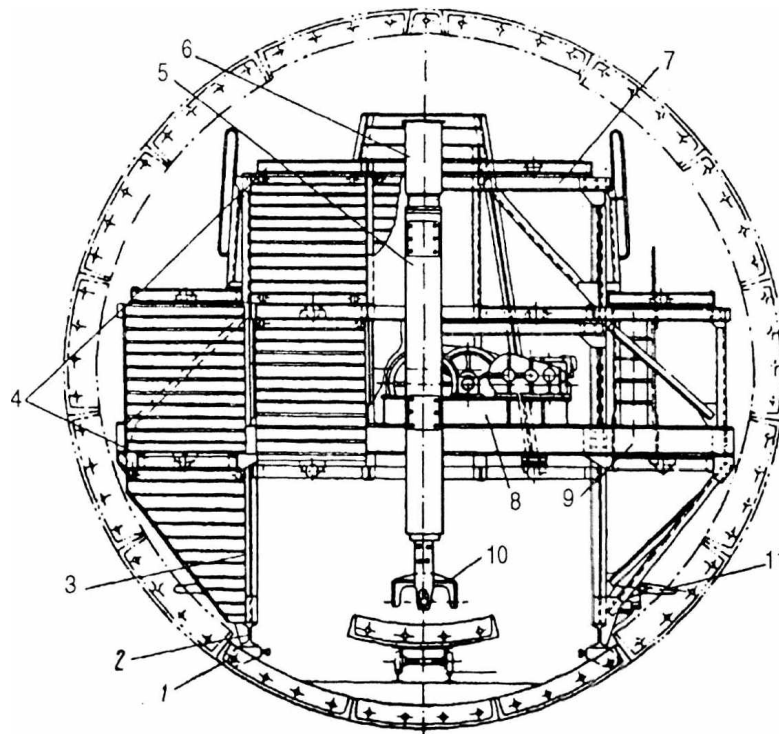
Nhờ chuyển dịch xoay, theo phương bán kính và tịnh tiến của đòn mà thiết bị có thể lắp cấu kiện vỏ hầm vào vị trí bất kỳ của vòng vỏ, tuy nhiên tất cả các quá trình di chuyển được thực hiện bằng một thiết bị thủy lực với độ chính xác cao.

Thiết bị truyền động điện - khí nén giống nhau theo sơ đồ động học nhưng khác thiết bị truyền động bằng thủy lực ở chỗ tốc độ di chuyển làm việc lớn.

Thông thường thiết bị loại này có kích thước và trọng lượng đáng kể, được bố trí trên kết cấu tựa chuyên dụng đi sau khiên.

Thiết bị dạng trạm trên các gối - cột là các kết cấu hiện đại truyền động điện (hình 9.19), lần đầu tiên nó được sử dụng khi đào hầm ga trong đá cứng. Thiết bị là một kết

cấu không gian di động bằng thép, lắp ghép từ các cấu kiện bằng thép hình bố trí trên phần đáy hầm nhờ các cột tựa.



Hình 9.19: Thiết bị lắp ráp dạng trạm trên các cột đỡ

Kết cấu tựa lắp từ sáu cột đứng 3 được bố trí dọc theo hai bên hông của hầm tạo nên một không gian ở phía dưới đủ để bố trí các máy xúc và đoàn tàu chở đất đá. Các cột đứng tựa lên hai dầm dọc 2 bố trí trên các gối chuyên dụng 1 (kiểu conxon) gắn lên sườn của vỏ hầm dạng chu bin.

Trên sàn tầng thứ nhất của thiết bị có bố trí kết cấu chính dạng dầm 9, trên đó có đặt các trang bị và kết cấu phụ 7 lắp trên các cột nhỏ, trên các tầng cuối cùng có đặt sàn di động 4 dịch chuyển được nhờ các kích thuỷ lực lắp dưới sàn di động. Sự dịch chuyển của thiết bị này được thực hiện nhờ các kích thuỷ lực lắp cặp đôi 11 tựa lên tay quay gắn vào sườn vì chu bin vỏ hầm.

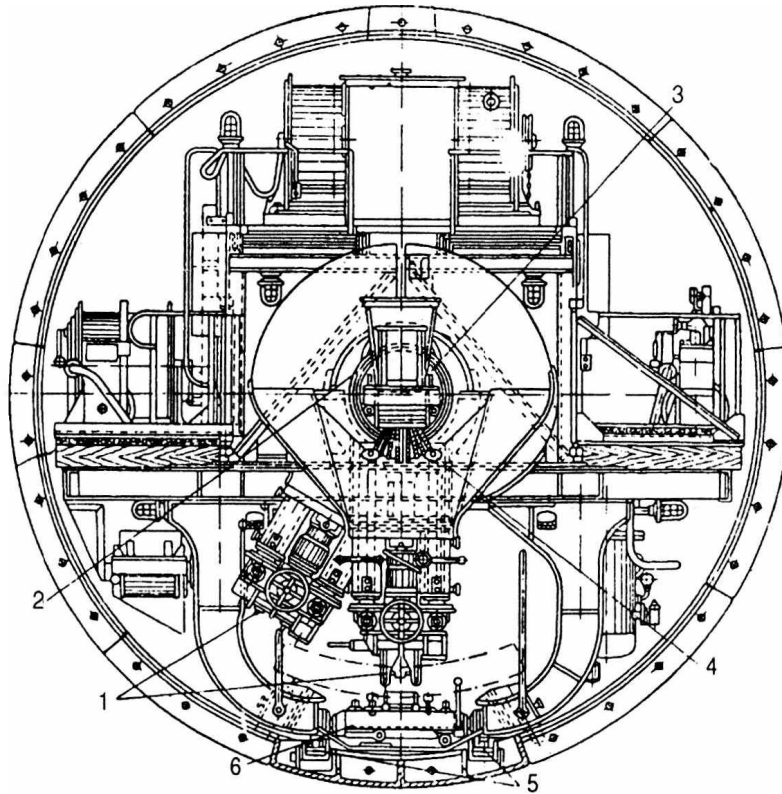
Đòn 5 của thiết bị bao gồm một thân thép, trong nó có bố trí cơ cấu thay đổi chiều dài của đòn. Trong thành phần của thiết bị này có động cơ điện 6, truyền dẫn dạng hành tinh làm xoay vít có đầu ốc gắn với dầm di động và đầu khoá 10.

Cơ cấu truyền động điện 8 lắp từ động cơ, khuôn định vị, trục chính và phanh hãm.

Thiết bị hai đòn với truyền động điện - thuỷ lực (hình 9.20) có một trục rỗng 2 trong đó có băng tải 3, ống áp lực cao và cấp động lực 4. Hai tay đòn 1 bố trí trong hai mặt phẳng khác nhau, có thể sử dụng để lắp vòng vỏ nhờ dạng cong của bộ giữ.

Việc tựa trực tiếp của xe mang lên phần đáy của vỏ hầm được thực hiện nhờ các cấu kiện có dạng cong thông qua các gối dạng đồng dọc 5.

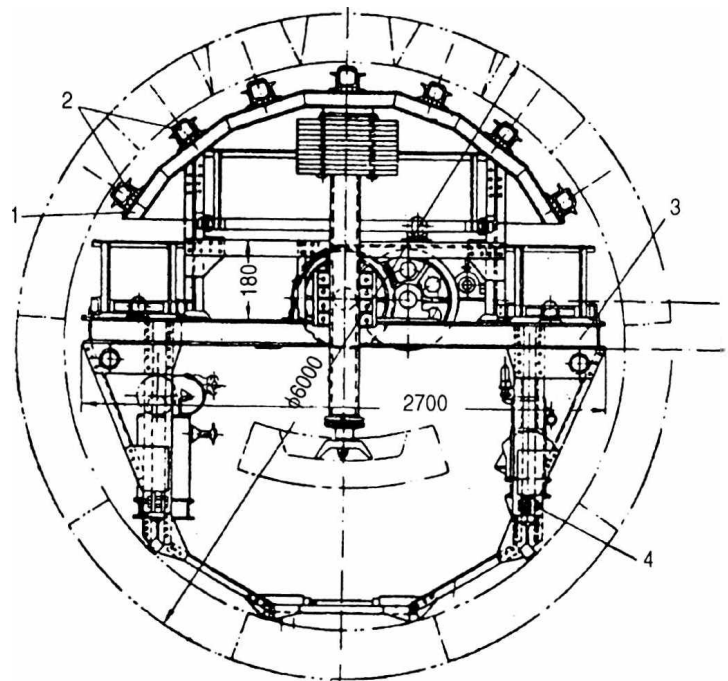
Tự động hoá việc cấp các khối chu bin dưới bộ giữ nhờ cơ cấu chuyển thay đổi được 6 là sự hoàn chỉnh của thiết bị này.



Hình 9.20: Thiết bị lắp ráp hai đòn

Thiết bị để lắp vỏ hầm dạng khối đặc không có liên kết bulông (hình 9.21) có cấu tạo khác với các thiết bị đã nêu ở trên bởi vì nó dùng để bố trí giá vòm 1 và dầm di động 2 để giữ các cấu kiện của vỏ hầm khi xây chúng. Từ những điều kiện này xác định dạng kết cấu, kích thước và sơ đồ tính của thiết bị, tiếp nhận tải trọng do trọng lượng bản thân của phần trên của vùng vỏ chưa khép kín.

Kết cấu 3 lập từ các cấu kiện thép hình, tạo nên hệ không gian, nằm trên hai dầm dọc 4 trượt theo vỏ hầm bê tông cốt thép khi



Hình 9.21: Thiết bị lắp các khối vỏ hầm có gôi kiểu trượt

di chuyển thiết bị này bằng khiên. Giữa các dầm 4 có thể bố trí máy xúc. Thiết bị loại này cũng có thể tự di chuyển, có loại tự bước.

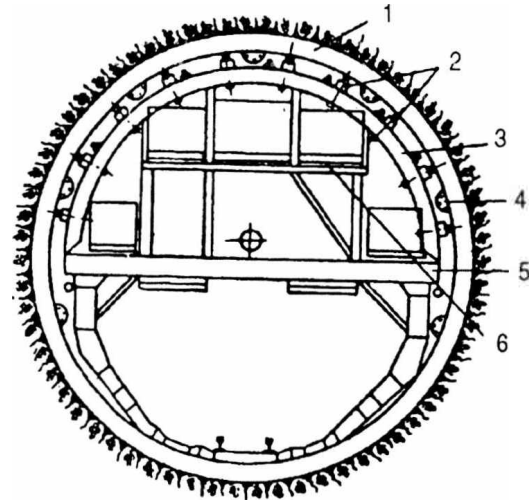
Việc hoàn thiện kết cấu của các thiết bị lắp ghép vỏ hầm cần hướng vào việc cải tiến sơ đồ động học của cơ cấu, giảm trọng lượng bản thân của thiết bị và loại trừ ảnh hưởng của nó đến sự làm việc của vỏ hầm.

Thiết bị lắp vỏ hầm đối với trường hợp đào không dùng khiên có thêm thiết bị phụ cho phép tiến hành nén vỏ từ phía đầu, công tác khoan và trong trường hợp cần thiết gia cố gương với việc sử dụng hoàn toàn máy xúc.

Với tư cách là một ví dụ có thể nêu ra kết cấu của một thiết bị có thiết bị chuyên dùng loại vòng (hình 9.22).

Công dụng của thiết bị này là lắp ráp vỏ hầm từ các khối, nén vòng vỏ cũng như làm giá khoan tự hành, dọn biên hang, ép vữa sau vỏ hầm và gia cố gương đào.

Thiết bị lắp ráp các khối bao gồm một kết cấu thép cơ sở 5 với bẫy sàn di động 6, giá vòm 3 và các dầm di động 2 để giữ các khối, các kích 4 để di chuyển thiết bị, vòng đỡ 1 với các tay quay di động và cuối cùng là các tay đòn có đầu khoá.



Hình 9.22: Thiết bị lắp ráp vỏ hầm khi đào không dùng khiên

Đặc điểm của kết cấu là phương pháp tựa trên đường cong để tạo nên một không gian làm việc lớn và phương pháp di chuyển tịnh tiến kiểu trượt.

Thiết bị lắp ráp các khối được di chuyển bằng cách kéo nhờ 6 kích thuỷ lực gắn vào vòng tựa giữ các khối vỏ hầm mới lắp và thực hiện nén các vòng vỏ hầm.

Trong thời gian lắp ghép vòng vỏ gương có thể gia cố nhờ vòng giữ và các dầm ngang ép vào gương. Để làm việc này kết cấu của vòng giữ và các kích đỡ của nó cần được tăng cường.

Việc bảo vệ phần bên trên được đảm bảo nhờ hai vòng hờ di chuyển được bằng các kích thuỷ lực. Để bảo vệ thiết bị lắp ráp các khối vỏ do tác dụng của nổ mìn người ta dùng lưới chắn có tăng cường các cốt thép.

3. Thiết bị lắp ráp dạng một cung tròn

Để lắp ráp vỏ từ những khối lớn bê tông cốt thép người ta sử dụng thiết bị lắp ráp dạng một cung tròn. Thiết bị lắp ráp các khối vỏ hầm dạng cung bố trí trên khiên (hình 9.23) có chất lượng khai thác tốt. Nó là một kết cấu dạng cung tròn 2 có các con lăn 1 theo nó tiến hành lắp ráp những khối lớn, bắt đầu từ bên trên.

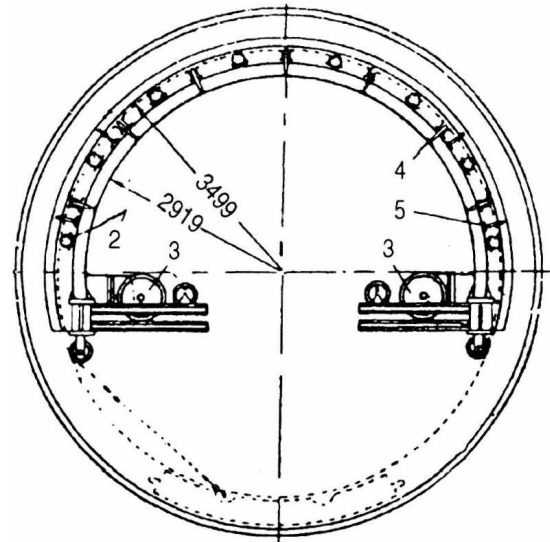
Việc dịch chuyển các khối được thực hiện bằng cáp nối vào tời 3 được sử dụng một cách tuần tự. Theo mức độ lắp ráp, các khối riêng rẽ được giữ bằng thiết bị định vị 5.

Việc đưa các khối vào vị trí thiết kế theo chu vi của vòng vỏ được thực hiện sau khi di chuyển khiên nhờ kích theo phương bán kính 4.

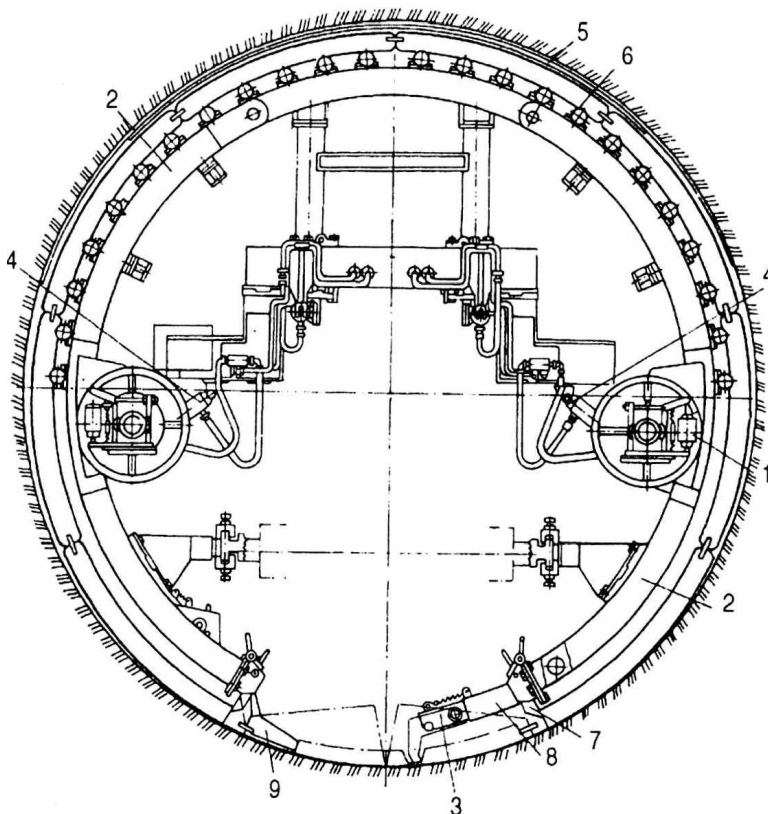
Các thay đổi khác của thiết bị lắp ráp các khối vỏ dạng cung tròn, làm việc theo nguyên tắc di chuyển một lồng có gắn trên mình các cấu kiện vỏ cũng theo nguyên tắc của một đĩa cứng là có thể.

Biến tướng của các thiết bị lắp ráp phụ thuộc vào trọng lượng của cấu kiện vỏ, hình dạng và kích thước tiết diện ngang hầm. Đối với vỏ dạng khối lớn trong số đó có vỏ biên không kín khi đào bằng bán khiên hoặc bằng các thiết bị lắp ráp vỏ có thể dùng thiết bị làm việc theo các sơ đồ động học khác. Một số sẽ được khảo sát trong phần sau ở chương XXII.

4. Thiết bị lắp ráp dạng khoang



Hình 9.23: Thiết bị lắp ráp dạng cung tròn



Hình 9.23a: Thiết bị lắp ráp vỏ hầm dạng khoang

1. cơ cấu truyền động;
2. vòng định hướng;
3. khóa giữ;
4. kích;
5. áo khiên;
6. con lăn điều khiển;
7. gối kiểu nêm;
8. cơ cấu trượt;
9. gối tay quay.

Thiết bị được chế tạo để lắp ráp các vỏ hầm thường và các vỏ có ép trước vào đất đá. Thiết bị lắp ráp dạng khoang được lập từ hai vòng: vòng cố định nối với khiên bằng các kích thuỷ lực và vòng xoay được có các dầm di động được, số lượng của chúng tương ứng với số khối lắp ghép trong một vòng vỏ hầm (hình 9.23a). Các khối vỏ được lắp lần lượt lên dầm di động và được chuyển nhờ vòng quay bên trong đến vị trí thiết kế cùng với việc nén ép các mối nối.

§8. KHIÊN CƠ GIỚI HOÁ VÀ KHIÊN CHUYÊN DỤNG

Trong xây dựng hầm thì việc cơ giới hoá và công xường hoá các công tác ngầm có một ý nghĩa đặc biệt. Để giải quyết nhiệm vụ rất phức tạp và rất quan trọng này người ta đã trang bị cho khiên đào các thiết bị cơ giới, với những thiết bị này toàn bộ quá trình thi công từ việc tách đất đá ra khỏi khối địa tầng, đưa chúng vào phương tiện vận chuyển v.v... đều được cơ giới hoá.

Không nên nghĩ rằng có một loại công cụ tổng hợp để đào hang trong các loại đất đá khác nhau. Đối với mỗi một nhóm đất đá cần lựa chọn một loại thiết bị chuyên dụng cho khiên. Điều kiện bắt buộc để gọi là khiên cơ giới hoá là phải cơ giới hoá toàn bộ các công việc chính của chu trình đào, bao gồm cả việc xây vỏ. Mức độ cơ giới hoá của các khiên loại này là (90 ÷ 95)%.

Phạm vi áp dụng của các khiên cơ giới hoá là từ đất bão hoà nước không ổn định (hùn) đến các loại đá cứng trung bình để đào ($f_{kp} \leq 4$). Các khiên cơ giới hoá có đặc điểm là có bộ phận chức năng để đào đất đá.

Các bộ phận chức năng phổ biến hơn cả là các bộ phận theo kiểu rôto, kiểu hành tinh và kiểu gầu xúc.

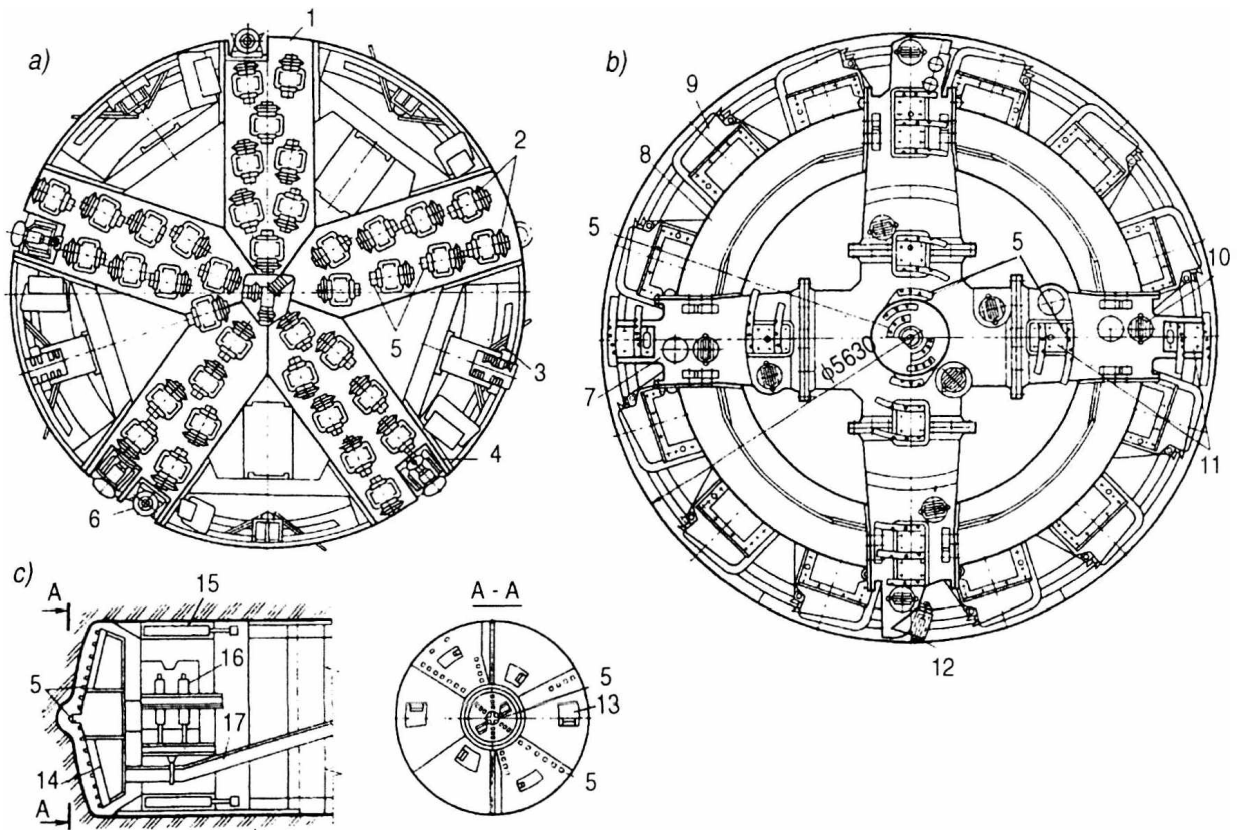
Dưới đây khảo sát một số loại khiên cơ giới hoá được áp dụng phổ biến ở Liên Xô cũ để đào hầm trong các địa tầng khác nhau.

Để đào hang ngầm trong đá cứng và nửa cứng người ta sử dụng các khiên cơ giới hoá có kết cấu các vòng đỡ và vòng lưỡi giảm nhẹ, nhưng các bộ phận công tác và cơ cấu truyền động thì lại được tăng cường.

Ở Liên Xô cũ người ta đã chế tạo khiên cơ giới hoá MMIII - 1 có bộ phận công tác kiểu rôto để đào hầm trong đá cứng có hệ số độ cứng $f_{kp} = 2 \div 8$ (hình 9.24a). Trên một rôto quay, dạng 5 cánh, có tần số quay (0,5 ÷ 3) phút⁻¹ có gắn các công cụ phá đá tổng hợp gồm đầu xoay cầu dạng đĩa, trên đó có gắn các thanh cắt để cắt đá. Trong đất mềm cùng với các thanh cắt có bố trí các tấm cắt. Đất đá đào ra được giữ bằng các thanh gạt quay ngang và các lưỡi xẻng cố định rồi được đổ vào máng, tiếp theo vào một băng tải để đổ vào thiết bị vận chuyển.

Trong đất sét khô và chặt, á sét và phiến sét có hệ số độ cứng $f_{kp} = 2,5 \div 3,0$ người ta sử dụng khiên cơ giới hoá ПМIII-5,6 tổ hợp KT-5,6. Bộ phận công tác của khiên có dạng một "vòng tay lái" 4 nhánh, có các lưỡi cắt dạng thanh và đĩa cắt (hình 9.24b). Khi

xoay "vòng tay lái" với tần số $2,93 \text{ phút}^{-1}$ lưới cắt tạo nên trong đất các khe rãnh hướng tâm sâu đến 200 - 300mm, còn đĩa cắt thì cắt các gân đất đá nằm giữa các khe rãnh này. Để xúc bốc phần đất đào ra vào vòng gầu, có gắn 12 gầu, nó nâng đất lên phần trên của khiên rồi đổ vào máng. Việc sử dụng loại khiên này vào xây dựng hầm metro ở Xanpêtecbua cho phép đạt tốc độ đào là 1250 mét trong một tháng.



Hình 9.24: Sơ đồ các khiên cơ giới hóa có bộ phận công tác kiểu roto (a-c)

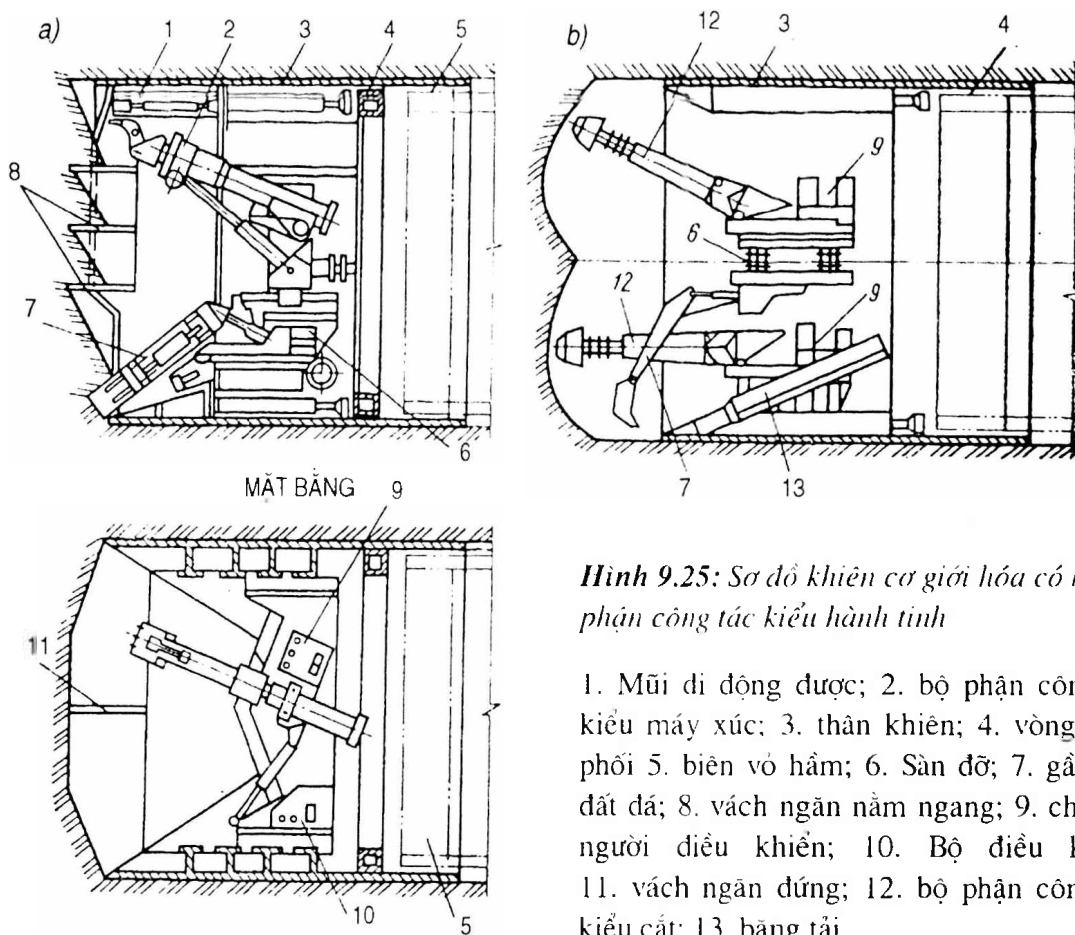
1. Roto 5 tia; 2. Đĩa xoay cầu; 3. Chân quay kiểu xẻng; 4. Xẻng cố định; 5. Lưới cắt kiểu thanh;
6. Xoay cầu trên biên; 7. vòng kiểu tay lái (vô lăng); 8. vòng gầu xúc; 9. Gầu xúc;
10. Bộ cắt trượt; 11. Lưới cắt kiểu ép giữ; 12. Lưới cắt xiên; 13. Lưới cắt kiểu cửa sổ;
14. Roto kiểu côn; 15. Thân khiên; 16. Bộ truyền động; 17. băng tải

Để đào hầm trong đất sét khô, đá phan và đá phiến (diệp thạch) có độ cứng đến 3 người ta dùng khiên cơ giới hoá ЛІН-1 có bộ truyền động thuỷ lực (hình 9.24c). Bộ phận công tác của khiên này là một đầu xoay côn, có bề mặt xoắn, được trang bị các lưới cắt dạng tấm và dạng thanh. Bộ phận công tác có thể xoay, tịnh tiến không phụ thuộc vào khiên, đến 400mm. Đất được gom bằng gầu rồi đổ vào băng tải qua một cửa sổ tiếp nhận. Việc có bộ truyền động thuỷ lực cho phép điều chỉnh xoay của đầu đào và tịnh tiến của bộ phận công tác một cách dễ dàng, đảm bảo tăng cường một cách đáng kể lực ép và mômen xoắn.

Để đào trong các địa tầng phân lớp và hỗn hợp người ta đã chế tạo ra khiên cơ giới hoá có bộ phận công tác dạng cân vệ tinh. Trong địa tầng cát không đồng nhất có lẫn á sét và

sét khiên có hiệu quả là khiên có bộ phận công tác dạng gầu đào. Tùy thuộc vào kích thước của khiên mà người ta bố trí một hay một số gầu xúc làm việc trên cần có chiều dài thay đổi được. Các gầu này được gắn lên một khung riêng hoặc trên một vách nằm ngang nằm trong phạm vi vòng gối đỡ của khiên. Việc đào đất bằng gầu có làm tơi sơ bộ nhờ một bộ phận đập bằng khí nén, gắn lên cần xúc. Để đảm bảo sự ổn định của nóc hang và mặt gương người ta sử dụng các sàn nằm ngang di chuyển các tấm treo ở trước mặt ép vào nóc và mặt gương bằng các kích thủy lực. Ở Liên Xô cũ người ta chế tạo ra hai loại khiên kiểu gầu là ИИХД-1 và ИИХД-2 có một và hai cần làm việc co dãn được (hình 9.25a). Các gầu có thể nâng lên hạ xuống, dãn dài ra đến 1,6 mét và xoay quanh trục của bản thân cần. Đất đào ra được đưa vào một máng nghiêng và đưa ra ngoài khu vực khiên.

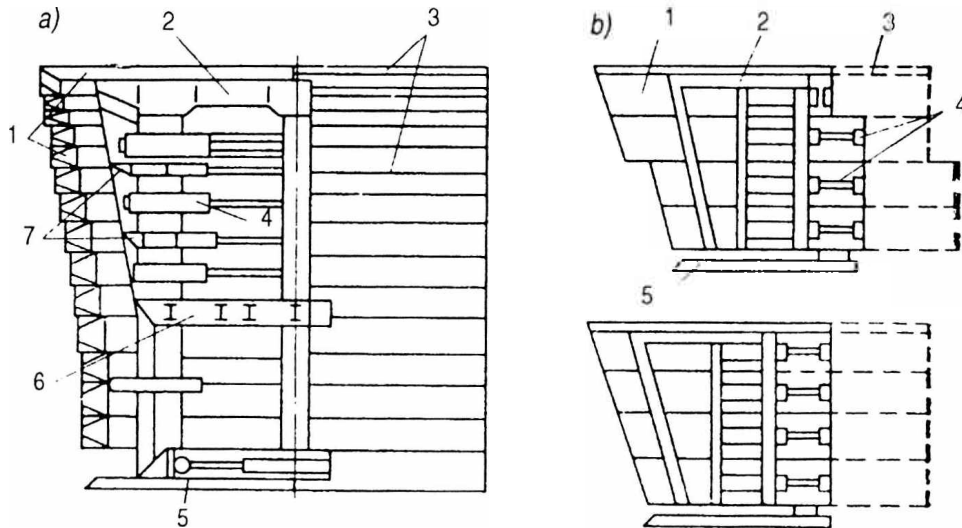
Trong các địa tầng bị phá hoại có hệ số độ cứng đến 5 các khiên cơ giới hoá có bộ phận công tác dạng đầu cắt được sử dụng. Loại đầu cắt dạng cần có ký hiệu là ПМ. Ví dụ, khi đào một hầm ô tô ở Thụy Sĩ người ta đã dùng một khiên cơ giới hoá, đường kính 11,46 mét, có bộ phận công tác hoạt động theo kiểu vệ tinh gồm 4 đầu cắt gắn lên một cần co dãn được (hình 9.25b). Sự chuyển động theo tuyến (quỹ đạo) của các đầu cắt đảm bảo đào đất trên toàn mặt phẳng gương. Với sự giúp đỡ của các máy xúc dạng gầu trên cần có chiều dài thay đổi được, làm việc theo nguyên tắc gầu nghịch đất được đổ vào một băng tải, đặt nằm nghiêng.



Hình 9.25: Sơ đồ khiên cơ giới hóa có bộ phận công tác kiểu hành tinh

1. Mũi di động được;
2. bộ phận công tác kiểu máy xúc;
3. thân khiên;
4. vòng phân phối;
5. biên vỏ hầm;
6. Sàn đỡ;
7. gầu xúc đất đá;
8. vách ngăn nằm ngang;
9. chỗ của người điều khiển;
10. Bộ điều khiển;
11. vách ngăn đứng;
12. bộ phận công tác kiểu cắt;
13. băng tải.

Trong những năm sau này ở Nga cũng như các nước ngoài khác đã tạo nên các khiên cơ giới hoá có bộ phận công tác dạng gầu cát thay thế được. Điều đó đã mở rộng đáng kể phạm vi áp dụng của công nghệ đào bằng khiên cơ giới. Các khiên kiểu cửa phai phẳng dạng tròn hay vòm được trang bị bộ phận công tác hoạt động kiểu vệ tinh và thay thế được cũng được sử dụng. Áo ngoài của khiên loại này lập từ các tấm phai phẳng tiết diện hình hộp, dịch chuyển độc lập được nhờ kích thuỷ lực gắn vào thân khiên (hình 9.26). Khiên dịch chuyển được mà không tựa lên vỏ hầm, bằng cách dịch chuyển lần lượt các tấm phai rồi kéo phần thân khiên về phía trước nhờ quá trình nghịch của kích.



Hình 9.26: Sơ đồ (a) và trình tự di chuyển (b) của khiên kiểu cửa phai

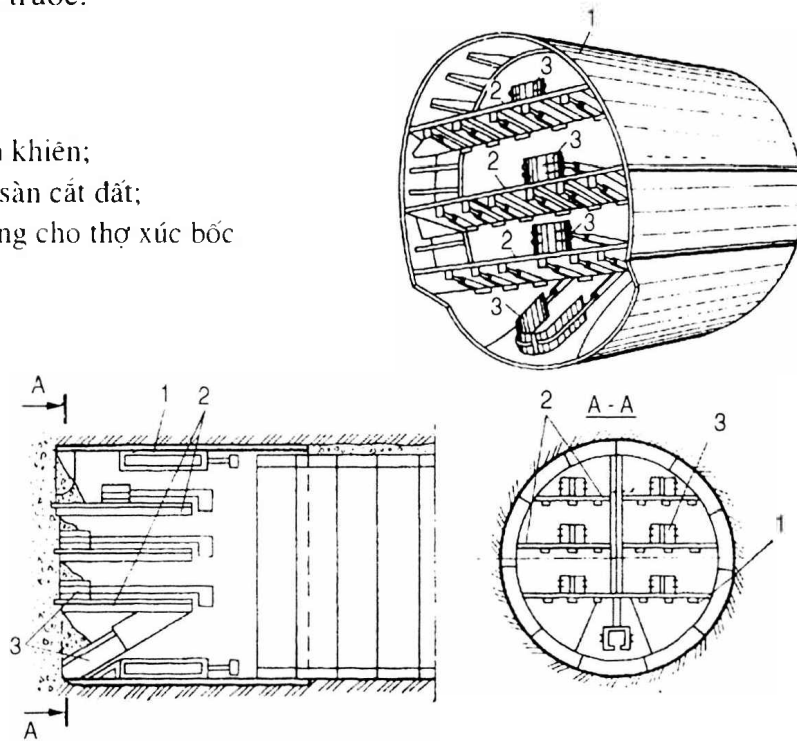
1. các tấm phai đầu; 2. thân khiên; 3. các tấm phai đuôi;
4. các kích; 5. các tấm phai gối; 6. sàn công tác; 7. sàn nhỏ

Để đào hầm trong đất không dính, có độ ẩm tự nhiên người ta sử dụng các loại khiên có các sàn rung nằm ngang, một số vách di chuyển được sau vòng lưới, được bố trí theo chiều cao, cách nhau $0,8 \div 1,2$ mét. Bằng giải pháp đó gương đào được chia thành một loạt ô, trong mỗi ô đất được chất lên sàn với góc dốc tự nhiên, đảm bảo tự ổn định, không cần phải chống đỡ gì thêm (hình 9.27). Các mép để cắt đất của các ô sàn có góc vát nhọn là 45° để giảm sức cản khi di chuyển khiên. Trong phạm vi các ô công tác có trang bị các bộ phận làm tơi đất kiểu gầu ngoạm, có thể di chuyển được trên suốt bề rộng và chiều cao của ô công tác, chúng xúc đất và đổ xuống phía dưới của khiên.

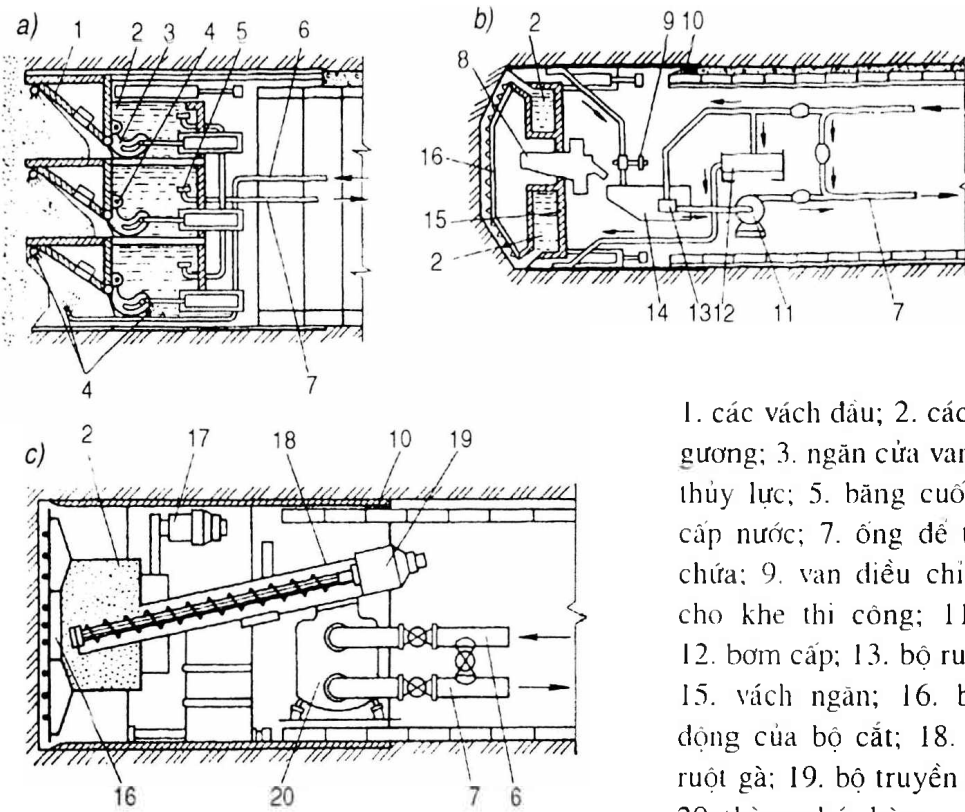
Để đào hang ngầm trong đất không chính, bão hoà nước, người ta đã chế tạo ra các hệ khiên kín cơ giới hoá, đảm bảo vừa đào đất vừa chống đỡ gương đào. Các khiên kín do Liên Xô cũ chế tạo có thể đào hang ngầm trong những điều kiện áp lực nước đến $0,4\text{MPa}$ và lớn hơn (hình 9.28a). Ở phần gương của khiên loại này được chia làm một số ô, có đặt các buồng công tác, có các vách nghiêng ở phía trước mặt, trên đó có đặt các thiết bị rửa - lắng thuỷ lực. Trong phạm vi phần vòng đỡ của khiên có bố trí các buồng tiếp nhận, thông với ngăn công tác qua một họng, được đậy bằng cửa van. Trong buồng tiếp nhận nước được ép đến áp lực cần thiết làm phụ tải lên gương đào. Do đó đất ở trong

gương được đặt trên các sàn nằm ngang như đất đắp, được chặn bên trên bằng sườn nằm nghiêng ở phía trước.

- 1. thân khiên;
- 2. các sàn cắt đất;
- 3. buồng cho thợ xúc bốc



Hình 9.27: Khiên có các sàn cắt đất



- 1. các vách dầu; 2. các buồng phụ tải cho gương; 3. ngăn cửa van; 4. thiết bị xói rửa thủy lực; 5. băng cuốn thủy lực; 6. ống cấp nước; 7. ống để tách bùn; 8. thùng chứa; 9. van điều chỉnh; 10. chặn nước cho khe thi công; 11. bơm thoát bùn; 12. bơm cấp; 13. bộ rung; 14. thùng lắng; 15. vách ngăn; 16. bộ cắt; 17. truyền động của bộ cắt; 18. băng tải kiểu ống ruột gà; 19. bộ truyền động của băng tải; 20. thùng chứa bùn.

Hình 9.28: Sơ đồ khiên cơ giới hóa có các buồng phụ tải (a-c)

Người ta cũng đã tạo nên khiên cơ giới hoá có buồng giếng chìm hơi ép ở phía trước gương để đào hang ngầm trong các đất không ổn định bão hoà nước. Đất được đào bằng một bộ phận chuyên dụng và được chuyển ra ngoài giới hạn của buồng giếng chìm theo một băng tải đặt trong một vỏ kín. Trong một số trường hợp, một hệ buồng van kín, có máy xúc tự động được sử dụng để đào đất. Nhược điểm cơ bản của loại khiên này là do không thể cân bằng hoàn toàn áp lực nước bằng áp lực khí nén, điều đó sẽ tạo nên mối nguy hiểm do vỡ nước vào gương đào. Để khắc phục nhược điểm này người ta đã sản xuất ra loại khiên cơ giới có buồng ở sát gương chứa đầy vữa bentônit. Khác với gương có buồng giếng chìm là ở những khiên này hoàn toàn loại trừ được nguy cơ vỡ nước vào gương. Khiên được trang bị bộ phận công tác kiểu rôto, xoay với tốc độ thay đổi, cho phép điều chỉnh được khối lượng đất đào ra (hình 9.28b).

Phần sát gương được ngăn ra khỏi phần còn lại của khiên bằng một cách kín bằng thép. Sau vách người ta ép vữa bentônit, vữa xâm nhập vào đất tạo thành một màng keo giữ cho gương không bị sụp lở. Đất đào ra được trộn với vữa bentônit bằng một bộ trộn theo kiểu cơ khí, đưa vào buồng nhận qua một "cửa sổ" có bộ khống chế khối lượng và có cửa van. Tiếp theo đất được bơm theo đường ống lên mặt đất, vào thùng chứa. Tại đây cát, vữa sét và cuội sỏi được tách ra, sau khi làm sạch vữa bentônit lại được bơm trở lại buồng chứa.

Trong các đất sét và á sét dính, có tính thấm thấp, người ta sử dụng khiên cơ giới có phụ tải bằng đất, được tạo nên ở trong một buồng ở sát gương do làm chặt đất đào ra. Các khiên có trang bị bộ phận công tác kiểu rôto và một vách liên ngăn cách giữa buồng sát gương và phần còn lại của khiên (hình 9.28, c). Qua một lỗ ở vách ngăn người ta luôn một băng tải kiểu ống ruột gà xoắn, theo băng tải này đất được tách ra khỏi buồng sát gương rồi chất lên băng tải dạng băng. Trong các đất cát, cuội thấm nước, để ngăn ngừa vỡ nước vào hầm, trong buồng sát gương người ta tạo thêm việc chất tải thủy lực. Trong trường hợp này đất được đưa vào một thùng chuyên dụng bằng một dụng cụ kiểu cửa van, tại thùng chuyên dụng sỏi cuội được tách ra còn lại bùn mặt được bơm ra ngoài theo đường ống. Việc kiểm tra sự làm việc của khiên và các thiết bị phụ trợ được thực hiện tự động theo các chỉ tiêu của các đatríc, với những chỉ tiêu này chế độ làm việc tối ưu của khiên được thiết lập (chế độ quay của bộ phận công tác, lực ép khiên vào gương v. v...).

Như vậy các khiên cơ giới hoá hiện đại cho phép tiến hành đào hầm trong những điều kiện địa chất công trình khác nhau. Sự hạn chế phạm vi áp dụng của từng loại khiên riêng rẽ là nhược điểm cơ bản của chúng. Liên quan đến nhược điểm này, hướng phát triển tương lai chính là theo hướng tổng hợp hoá chúng, điều đó có thể đạt được bằng cách sử dụng các bộ phận công tác có thể thay thế để được đào các loại đất đá khác nhau, hoặc là các bộ phận công tác kiểu liên hợp, lập từ một số cấu kiện, mỗi cấu kiện sẽ được đưa vào làm việc phù hợp với những loại đất cụ thể. Thực chất các tổ hợp đào hầm (TTIM) cũng là khiên cơ giới hoá.

§9. CÔNG NGHỆ ĐÀO BẰNG KHIÊN

Các công việc đào hầm bằng khiên bao gồm tổ hợp khiên và trang bị cho nó những thiết bị cần thiết. Tùy thuộc vào loại công trình ngầm, chiều sâu đặt hầm và các điều kiện địa chất công trình, khiên có thể được tổ hợp trực tiếp ở cửa hầm, trong các hố đào lộ thiên hay đường đào trước cửa, được thả nguyên vẹn qua giếng đứng hay ở trong buồng của giếng chìm hoặc được lắp ráp trong một buồng ngầm chuyên dụng để lắp ráp khiên.

Công nghệ đào khiên phụ thuộc chủ yếu vào loại khiên, tính chất của khối địa tầng mà hầm cắt qua và loại vỏ hầm. Khi đào bằng các khiên không cơ giới hoá thì việc đào đất đá, xúc bốc và vận chuyển giống như khi thi công bằng phương pháp mở.

Việc đào hầm bằng các khiên không cơ giới hoá trong các đất không dính, bão hoà nước liên quan đến những khó khăn rất lớn. Trong trường hợp này để đảm bảo ổn định khối địa tầng người ta dùng không khí nén hoặc các phương pháp làm khô đặc biệt để gia cố đất như hạ nhân tạo mực nước ngầm, đóng băng nhân tạo hoặc gia cố hoá. Khi đào trong không khí nén người ta xác định áp lực của nó từ điều kiện cân bằng với áp lực nước ở gương đào và lấy bằng:

$$P_{kn} = 1/10H + 1/15D_k \quad (9.4)$$

ở đây:

H - chiều sâu đặt hầm so với mực nước ngầm, m;

D_k - đường kính của khiên, m.

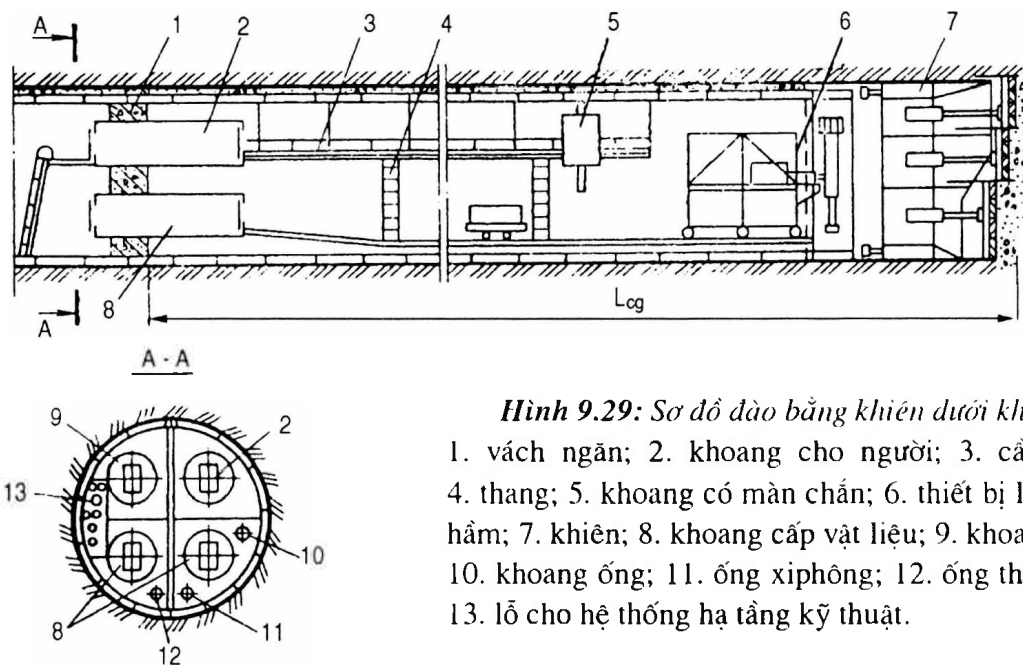
Với trị số áp lực không khí như vậy vẫn còn xảy ra ngập nước một chút ở phần dưới của gương. Vì thế trong phần lườn của khiên người ta làm một vách bằng thép đến $1/3 D_k$.

Trong quá trình đào trong vùng có áp lực cao người ta ngăn cách khiên với phần còn lại của hầm bằng một vách kín kiểu phai, trong vách có bố trí cửa có cánh đập kín cho người qua lại, đưa đất ra, đưa vật liệu vào (hình 9.29). Các vách ngăn có cửa phai này làm bằng bê tông cốt thép và được dịch chuyển về phía trước mỗi khi gương dịch chuyển một đoạn 250 - 300 mét.

Ở những hầm đường kính lớn người ta bố trí 4 cửa phai, 2 cửa ở phần trên để người ra vào, hai cửa ở phần dưới để đưa đất và vật liệu qua. Một cửa phai cho người chỉ dùng khi có sự cố và có một buồng để tiến hành công tác đo đạc. Để cung cấp các vật liệu có chiều dài lớn người ta làm một phai có đường kính đến 0,5 mét. Ngoài ra người ta còn bố trí các đường cáp, các đường ống và các thiết bị hạ tầng kỹ thuật khác đi qua vách phai để đảm bảo cung cấp vào vùng khí nén, nước điện năng và các thứ khác. Không khí nén được cấp vào sau vách phai từ các máy nén khí đặt ngay trên công trường.

Các công việc ở trong vùng khí nén được tiến hành giống như trong các điều kiện thông thường, với việc tuân thủ nghiêm ngặt quy tắc của kỹ thuật an toàn. Đó là

những việc đóng mở phai cho người, trong thời gian có người ở trong đó thì cấm các công việc tạo ra khí độc, bản, hạn chế công tác hàn điện, phải có dự trữ các vật liệu sự cố (các bao cát, ván v.v...) và các phương tiện phòng chữa cháy nổ. Với mục đích đảm bảo an toàn cho người, trong trường hợp vỡ nước bất thành linh từ đất vào gương, người ta làm một cầu sự cố có thang nối với phai sự cố, cửa của nó luôn đóng về phía có áp lực cao. Ở khoảng cách 30 - 35 mét kể từ gương, trên cầu sự cố có đặt một màn thép và một phai cho 2 ÷ 4 người. Việc đào bằng khiên dưới khí nén đặc trưng bởi những điều kiện nặng nề của chế độ giếng chìm và có thể áp dụng với áp lực khí nén không lớn hơn 0,35 MPa.



Hình 9.29: Sơ đồ đào bằng khiên dưới khí nén

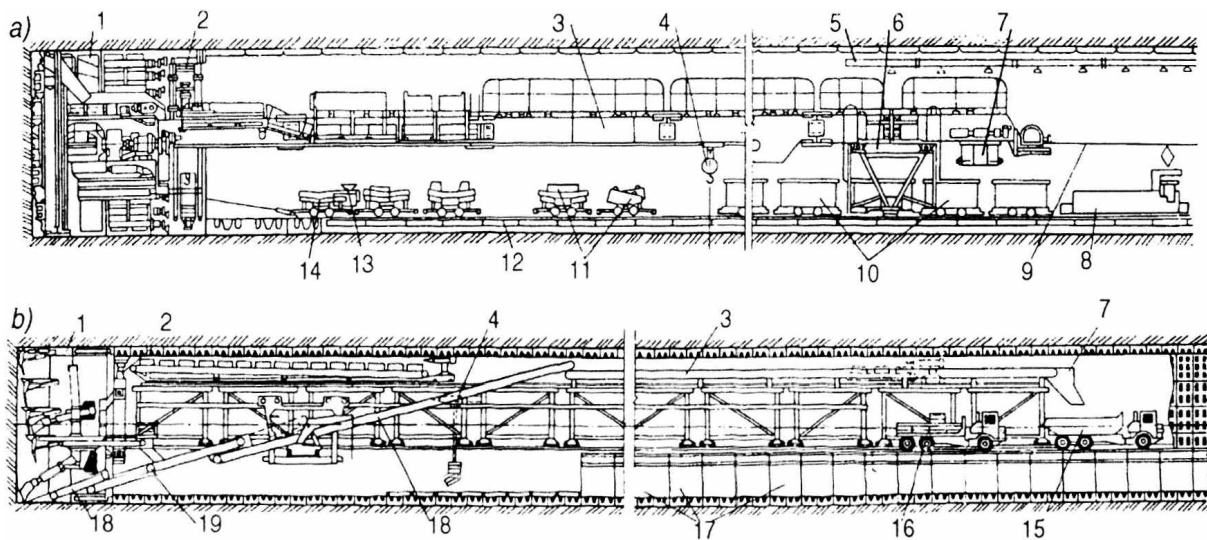
1. vách ngăn; 2. khoang cho người; 3. cầu sự cố;
4. thang; 5. khoang có màn chắn; 6. thiết bị lắp ráp vỏ hầm; 7. khiên; 8. khoang cấp vật liệu; 9. khoang sự cố;
10. khoang ống; 11. ống xiphông; 12. ống thoát nước;
13. lỗ cho hệ thống hạ tầng kỹ thuật.

Khi đào hầm cả bằng khiên không cơ giới hoá và khiên cơ giới hoá các quá trình chính của công tác đào cần phối hợp chặt chẽ với nhau theo thời gian và theo khả năng cơ giới hoá.

Ở Nga và ở Liên Xô cũ người ta đã sử dụng các tổ hợp khiên KTT-5,6; ТЩБ-2; ТЩБ-3; KM-19; KT-5,6Б2 v.v... để xây dựng các hầm trong những điều kiện địa chất công trình khác nhau, bao gồm các tổ hợp khiên, các thiết bị để thực hiện tất cả các dạng công tác: đào ngầm, lắp ráp, phòng nước và các công tác phụ trợ. Mức độ cơ giới hoá của các tổ hợp khiên đạt 90 - 95%, tốc độ đào hầm đường kính 5 - 6 mét đạt 300 - 400m/tháng và lớn hơn.

Nguyên tắc môđun để tạo nên các tổ hợp khiên từ các môđun thiết bị tổng hợp. Sản xuất công nghiệp theo Xêri tỏ ra rất có hiệu quả. Việc sử dụng một tổ hợp các môđun xác định trong mỗi trường hợp cụ thể nâng cao độ tin cậy và hiệu quả của việc sử dụng chúng, đảm bảo thay thế nhanh những tổ hợp bị hỏng, mở rộng phạm vi áp dụng chúng.

Các sơ đồ công nghệ cơ giới hoá công tác thi công bằng khiên (hình 9.30) khác nhau chủ yếu, ở phương pháp đào đất, chống đỡ nóc và mặt trước gương. Tất cả các quá trình còn lại: xúc, vận chuyển đất, xây và phòng nước cho vỏ hầm có thể thực hiện tương tự. Đất đào ra ở gương được đưa lên đường trục vận chuyển và đổ xếp vào goòng, đường trục này được lập từ các phân nằm nghiêng, nằm ngang gắn lên một dàn cầu thép. Dàn cầu có thể treo lên các vòng vỏ hầm, có thể tựa lên các gối di động hang lên một cầu trượt. Chiều dài của thiết bị vận chuyển và xếp tải cần phải đủ để bố trí ở dưới nó cả một đoàn tàu. Ở cuối của thiết bị có bố trí phễu có hai cửa có nắp, cho phép đưa đất vào các goòng đứng ở đường ray bất kì. Trên cầu có gắn các xe trượt để di chuyển các goòng riêng rẽ, có thiết bị điều xe....



Hình 9.30: Tổ hợp công nghệ khiên đào

1. khiên cơ giới hóa; 2. thiết bị lắp ráp vỏ hầm; 3. đường trục giao thông; 4. cầu con mèo; 5. ống thông gió; 6. gối của băng tải; 7. phễu; 8. đầu máy điện; 9. đường cấp điện tiếp xúc; 10. goòng; 11. xe chở tám vỏ hầm; 12. sàn công nghệ; 13. máy ép vữa; 14. tang cuốn cấp điện; 15. ô tô ben; 16. xe vận chuyển các khối vỏ; 17. khối mặt đường xe chạy; 18. thiết bị chuyển tải; 19. băng tải kiểu ống kín

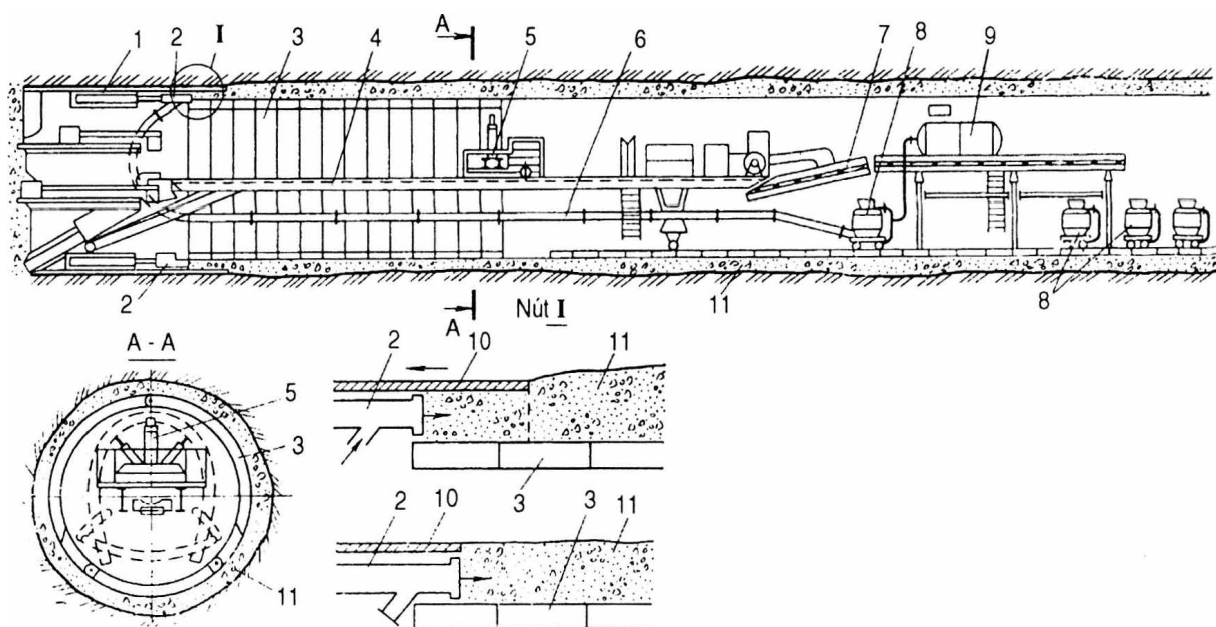
Để tổ chức công tác đào ngầm một cách rõ ràng, chính xác, các thiết bị để xúc và vận chuyển đất (đường băng tải chính, máy xúc, phần đường ray di chuyển được, các goòng v.v...) cũng như các thiết bị lắp ráp, phòng nước vỏ hầm được bố trí trên sàn cầu công nghệ, được nối với khiên và dịch chuyển được cùng với khiên, khi khiên di chuyển. Khi đào các hầm ô tô bằng khiên thì việc phối hợp các quá trình đào ngầm, lắp ghép vỏ với việc xây dựng mặt đường xe chạy tỏ ra hợp lý (hình 9.30b). Trong trường hợp này việc thải đất đào ra và cấp các khối vỏ hầm được thực hiện bằng vận chuyển ô tô dọc theo phần mặt đường đã xây dựng xong. Sơ đồ công nghệ này loại trừ việc cần thiết phải xây dựng các đường vận chuyển tạm, tạo điều kiện nâng cao tiến độ thi công.

Trong quá trình đào tiến hành kiểm tra việc dịch chuyển khiên theo tuyến hầm (sau mỗi lần dịch chuyển). Để làm việc này người ta sử dụng các công cụ, thiết bị đo đạc

khác nhau, đặt trên xe của thiết bị lắp ráp hoặc đặt trực tiếp trên khiên. Ngày nay để kiểm tra vị trí của các khiên cơ giới hoá người ta sử dụng một hệ thống các nguồn sáng: nguồn sáng môđun hay tia laze. Các dụng cụ laze được sử dụng khi đưa khiên vào tổ hợp cùng với các thiết bị, các hệ thống tự động hoá, có trang bị máy tính điện tử và đảm bảo điều khiển sự chuyển động của tổ hợp khiên. Ở Nga người ta đã chế tạo ra và sử dụng hệ thống tự động kiểm tra vị trí của khiên đào. Khi có sự sai lệch vị trí khiên so với thiết kế thì nó được xử lý bằng cách loại trừ một nhóm kích khiên xác định, đồng thời phanh giữ phía đối diện của khiên do đào thiếu và đặt các thanh giằng (văng).

Việc lắp ráp vỏ hầm khi đào bằng khiên được tiến hành nhờ một tổ hợp thiết bị chuyên dụng, đó là các thiết bị lắp các khối vỏ hoặc các mảnh vỏ hầm kiểu vòm chu bin. Thiết bị có bộ truyền động điện; khí nén; thuỷ lực hoặc truyền động hỗn hợp, bố trí trực tiếp ở trên khiên hoặc trên một xe mang riêng (xem §7 của chương này).

Để xây dựng vỏ hầm bê tông nén người ta sử dụng một tổ hợp các thiết bị gồm ván khuôn nối khớp với nhau, thiết bị dịch chuyển ván khuôn trên một xe mang chuyên dụng, thiết bị đổ bê tông, vòng nén và vòng giữ v.v... (hình 9.31).



Hình 9.31: Sơ đồ công nghệ đào hầm có xây dựng vỏ hầm bê tông nén toàn khối

1. khiên; 2. vòng nén; 3. ván khuôn thép; 4. cầu vận chuyển;
5. thiết bị dịch chuyển ván khuôn; 6. ống cấp bê tông; 7. băng tải;
8. bơm bê tông; 9. bình điều áp; 10. áo khiên; 11. vỏ hầm

Tùy thuộc vào độ cứng và mức độ ổn định của địa tầng người ta sử dụng các sơ đồ công nghệ đào hầm khác nhau cùng với việc xây dựng vỏ hầm bê tông nén toàn khối. Ở Liên Xô cũ người ta đã chế tạo ra các tổ hợp khiên chuyên dụng ТЩБ với các phương pháp nén hỗn hợp bê tông khác nhau. Khi đào trong cát, sét pha cát, đất sét mềm việc nén hỗn hợp bê tông được tiến hành trên đoạn đuôi khiên (xem nút I trên hình 9.31). Sau khi dựng

lần lượt các dốt ván khuôn người ta đổ hỗn hợp bê tông vào vòng nén theo các ống cấp bê tông. Việc nén hỗn hợp bê tông được tiến hành nhờ các kích khiên dưới áp lực $(2 \div 4)$ MPa đồng thời với việc dịch chuyển khiên. Tuy nhiên khi rút áo khiên ra khỏi vỏ hầm người ta phải tiến hành ép lại hỗn hợp bê tông để lấp đầy khe trống tạo nên do rút áo khiên.

Khi đào trong đá cứng bằng khiên cơ giới có thể áp dụng một sơ đồ công nghệ khác. Trong trường hợp này hỗn hợp bê tông được đổ vào sau ván khuôn, trực tiếp lên đất và được nén từng bước 35, 35, 30cm khi khiên đứng yên. Để không làm hư hỏng bộ phận công tác của khiên, thân của nó tựa vào gương bằng các kích thuỷ lực đặt riêng, tựa đối trực với các kích khiên. Tuy nhiên, với phương pháp này không thể đảm bảo di chuyển khiên và xây vỏ một cách đồng thời và độc lập với nhau.

Trong quá trình đào hầm bằng khiên người ta thực hiện việc ép vữa và phòng nước vỏ hầm. việc lấp đầy kịp thời khe hở giữa vỏ hầm và đất tạo điều kiện ngăn ngừa hiện tượng lún khối địa tầng trên hầm, đảm bảo sự của làm việc của vỏ hầm và địa tầng bao quanh.

Việc ép vữa xi măng kiểm tra sau vỏ hầm bằng gang được tiến hành trước khi chèn đầy mối nối, còn sau vỏ bê tông cốt thép thì sau khi chèn đầy mối nối ở khoảng cách không nhỏ hơn 25m và không xa hơn 55 mét kể từ gương. Phía sau vỏ hầm bê tông nén toàn khối chỉ cần tiến hành ép kiểm tra. Thiết bị để ép vữa gồm: bơm vữa kiểu khí nén, bơm pitstông, thiết bị ép đá mi đặt trên sàn công nghệ, trên xe của thiết bị đổ bê tông hoặc trên xe di động chuyên dụng.

Việc phòng nước cho vỏ hầm lắp ghép được thực hiện bằng cách chèn kín các mối nối giữa các khối vỏ hầm hay các vì chu bin bằng hỗn hợp vữa xi măng mác cao hoặc bằng hỗn hợp keo polime. Thường thì việc chèn kín mối nối của vỏ bê tông cốt thép được bắt đầu sau hai ngày kể từ khi kết thúc việc ép vữa kiểm tra. Việc chèn đầy được tiến hành với việc sử dụng búa xám, còn việc bọc kín thì nhờ các thiết bị cơ giới chuyên dụng. Công tác phòng nước được tiến hành trên các giá hoặc xe di chuyển trên các tai đỡ gắn trên các vòng có hầm.

Khi thi công hầm bằng khiên, cũng như khi thi công bằng phương pháp mở phải tiến hành thông gió, chiếu sáng và thoát nước nhân tạo, tức là vẫn phải thực hiện các công tác phụ trong thi công hầm.

§10. ĐÀO HẦM BẰNG MÁY ĐÀO LIÊN HỢP

Các tổ hợp thiết bị hoạt động liên tục để cơ giới hoá công tác đào hang ngầm trong địa chất biến thiên trong một khoảng rộng từ nửa cứng đến cứng, có độ bền đến 200MPa được gọi là máy đào liên hợp hoặc tổ hợp đào hầm.

Việc sử dụng các phương pháp cơ giới hoá để đào hầm khác với phương pháp khoan nổ mìn là ở chỗ bảo vệ được tính nguyên vẹn của khối đá bao quanh hang ngầm, tiết kiệm khối đá đào và bê tông, cho phép giảm chiều dày tính toán của vỏ hầm do các đặc trưng cơ lý của khối đá không bị ảnh hưởng của nổ mìn. Ngoài ra hang đào bằng phương pháp cơ giới hoá có dạng tròn hay nửa tròn là dạng ổn định hơn với tác động của tải trọng ngoài.

Trong nhiều trường hợp cho phép không phải gia cố tạm hoặc giảm nhẹ vì chống một cách đáng kể. Khi có mặt hàng bằng phẳng, phù hợp với thiết kế cũng giảm vữa xi măng ép lấp đầy. Loại trừ được các công tác phụ như chọc sửa gương, đánh dấu lỗ mìn v.v...

Máy đào liên hợp hay tổ hợp đào hầm dùng để đào hàng ngang được phân ra làm máy đào theo kiểu cắt dạng hành tinh hoặc máy đào theo kiểu cần xoay.

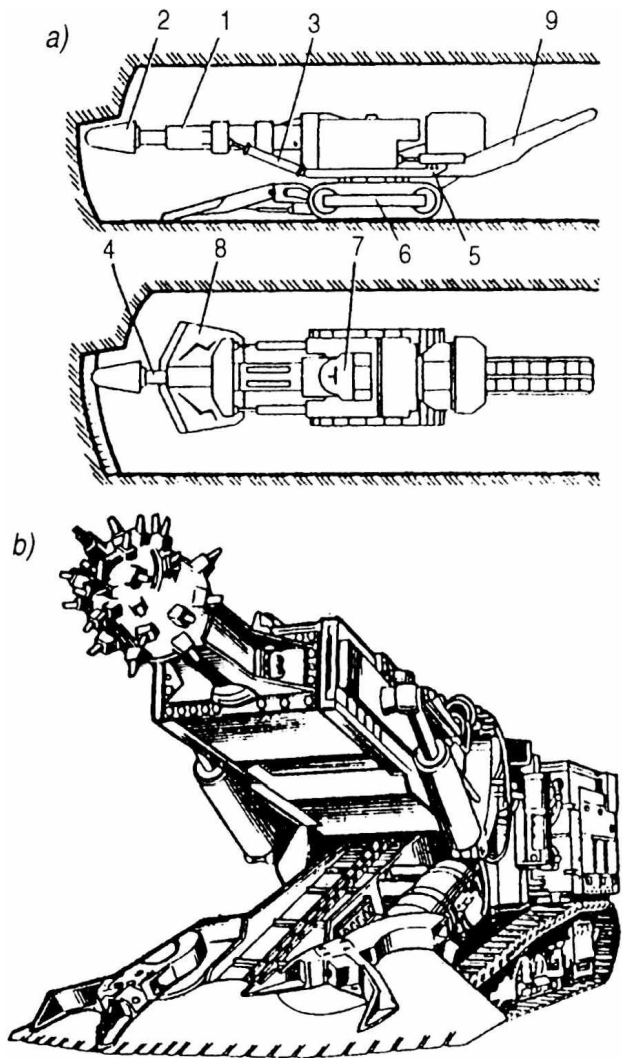
Các loại khiên cơ giới hóa khảo sát trong §8 cũng có thể được coi là máy đào liên hợp.

Dạng chung và sơ đồ của máy đào liên hợp kiểu cần xoay hành tinh như trên hình 9.32a, b. Bộ phận làm việc của thiết bị gồm cần xoay 1 có khả năng dịch chuyển về phía gương, bộ phận thao tác 2 có dạng lưỡi cắt, nhờ hai kích 3 bố trí đối xứng nhau, và sàn 5 xoay được, cũng nhờ kích 4 mà lực nén dọc trục được tăng cường đáng kể khi bộ phận thao tác làm việc trong đá. Sàn 5 bố trí ở phần đuôi máy trên đó có đặt cabin của máy và bộ điều khiển 7.

Bộ phận di chuyển 6 của máy liên hợp truyền áp lực lên đáy hàng và do lực dính bám với đá mà tiếp nhận phản lực của các kích tăng cường trong quá trình lưỡi cắt làm việc. Sự di chuyển của các máy đào liên hợp loại này được thực hiện trên bánh xích, tuy nhiên có một vài loại cũng chạy trên bánh hơi. Việc bốc đá đa số trường hợp được thực hiện bằng thiết bị xúc dạng lưỡi xẻng 8 có trang bị hai tay vịn, tiếp sau nó là thiết bị chuyển tải 9 (dạng băng tải) để đưa đá vào thiết bị vận chuyển là goòng hoặc ô-tô tự đổ.

Bộ phận cắt đá đặt ở cuối của kích giữ có gắn các dao cắt. Do sự chuyển động xoay từ một động cơ điện mà đất đá bị cắt từ từ, sau đó dùng kích 3 để đẩy chúng về phía gương để tiếp tục mở rộng.

Các máy đào hầm có sử dụng bộ phận đào dạng hành tinh được trang bị 6, 4 thậm chí 2 bộ phận dao cắt xoay trên một hướng cắt, đặt trên một sàn công tác dạng khối. Khi xoay bộ phận cắt thì sàn khối cũng bị xoay theo hướng ngược lại.



Hình 9.32: Sơ đồ chung của máy đào liên hợp dạng cần xoay loại IIK-9p (do Liên Xô cũ chế tạo)

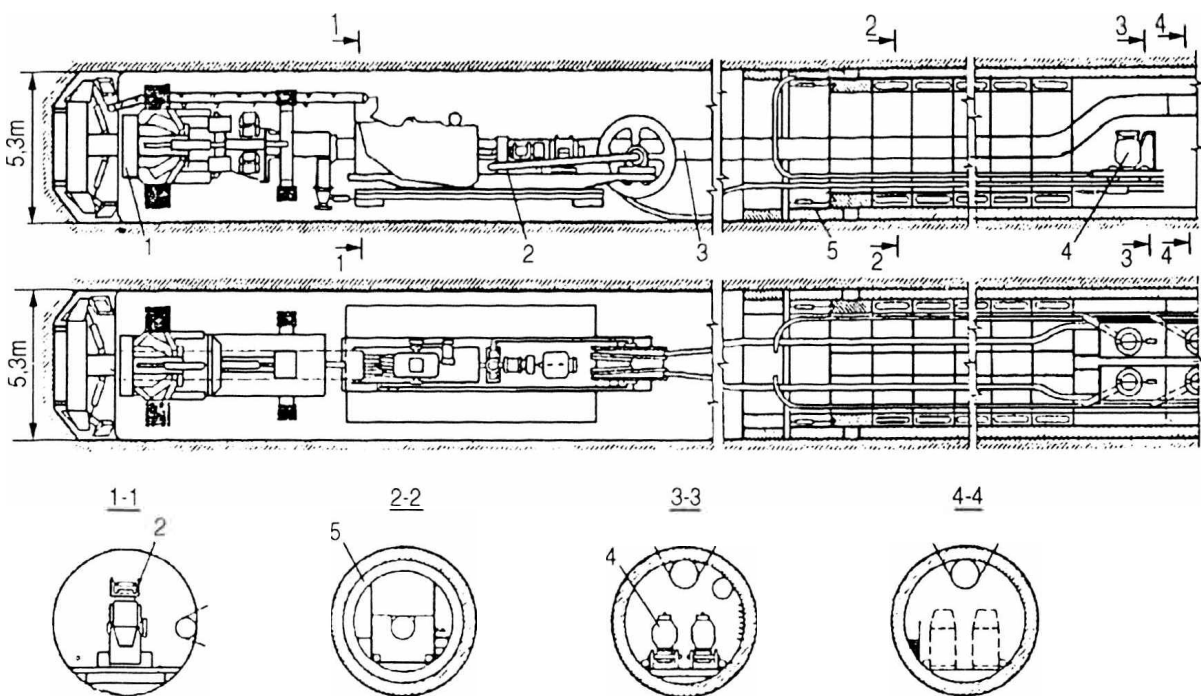
Khi xoay phần dao cắt về một phía, còn sùn khối xoay về phía ngược lại, đồng thời đẩy chúng về phía gương bằng kích tăng cường thì xảy ra việc ấn từ từ lưỡi cắt vào đất đá và bỏ lại những xương đất giữa các lưỡi dao cắt. Tiếp theo đẩy dao cắt về những xương này thì phần xương bị vỡ nhỏ ra. Đất đá bị phá nhỏ rơi về đáy hang và được xúc chuyển đi bằng thiết bị xúc dạng băng gầu.

Các dạng tương tự được cải tiến từ các loại cơ bản trên, ví dụ như loại cho phép di chuyển bộ phận cắt xoay theo phương ngang để có thể đào hang tiết diện vuông hoặc chữ nhật.

Các loại máy liên hợp tương tự như "Robbinx" do Mỹ sản xuất. "Virt" do Đức sản xuất, "Đgiarva", "Loureni" của Mỹ, "Đemag" của Đức. Các loại máy này có bộ phận cắt mạnh và có dạng côn tròn, xoay theo chiều kim đồng hồ tốc độ 14,5 vòng/ph trên đó có gắn các bộ phận cắt kết cấu khác nhau.

Áp lực của các bộ phận chức năng lên gương được tạo nên phần lớn do các kích giữ (tăng cường). Trị số của ứng lực này đạt tới 22MN. Do đó máy phải có thêm bộ phận tăng cường về hai bên vách hang bằng kích thủy lực. Áp lực riêng lên vách hang trong điều kiện bình thường từ 1 đến 2 MPa.

Ở Liên Xô trước đây, người ta đã chế tạo tổ hợp AΦΠ-1 để đào toàn tiết diện hầm đường kính 5,3m. Sơ đồ công nghệ thi công được mô tả trên hình 9.33.



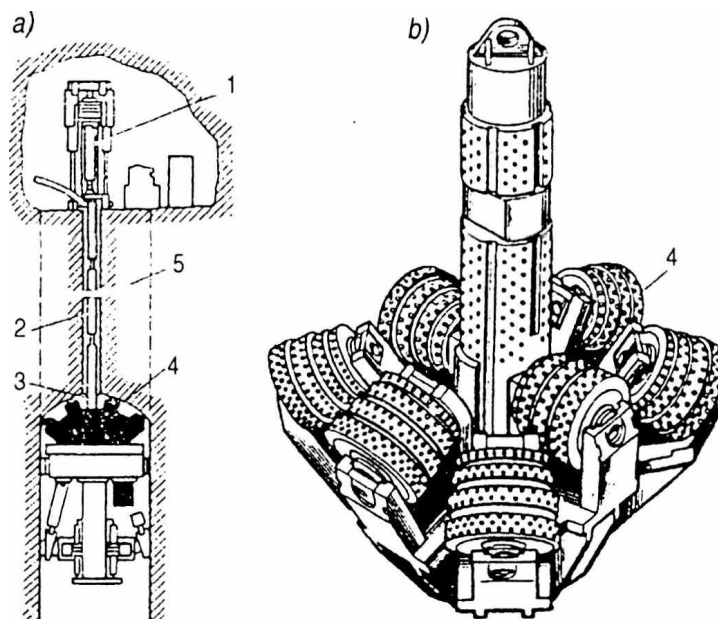
Hình 9.33: Sơ đồ thi công hầm bằng tổ hợp AΦΠ-1 (Liên Xô cũ chế tạo)

1. máy đào hầm kiểu AΦΠ-1; 2. thiết bị chuyển tải thủy lực;
3. ống chuyển tải; 4. thiết bị ép khí nén; 5. ván khuôn trượt

Trong đá cứng có giới hạn bền nén $R_n \leq 70\text{MPa}$ thì bộ phận đào thường thiết kế phá đá trên toàn gương. Trong đá độ bền lớn hơn thì việc đào gương được tiến hành theo nhiều cấp. Đầu tiên phá một phần nhỏ đột phá sau đó là phần còn lại. Điều đó cho khả năng tăng áp lực lên bộ phận cắt đá.

Trong các hang nghiêng đào theo chiều từ dưới đi lên người ta sử dụng các máy đào hầm có bộ phận giữ tăng cường vào hai bên vách tương tự như trong hang ngang. Đất đá có thể dùng vòi xối nước đẩy về phía sau.

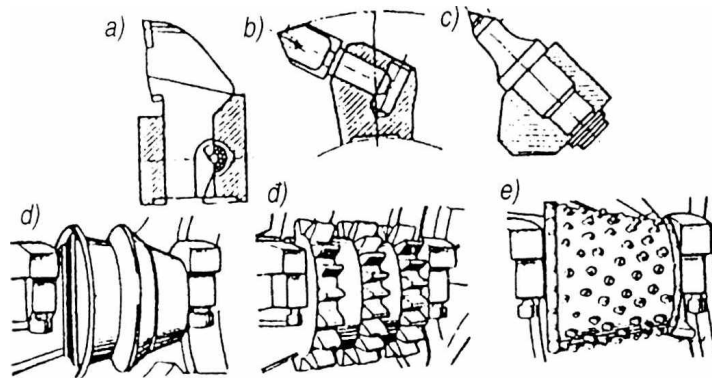
Đối với giếng đứng hoặc hang có độ nghiêng lớn người ta sử dụng các thiết bị chuyên dụng riêng, lập từ một máy khoan và một bộ phận đào (mở rộng). Thiết bị để đào hang đứng đường kính 3,6m đã được một loạt nước sản xuất. Ở Liên Xô (cũ) người ta đã sản xuất ra máy liên hợp để đào hang thẳng đứng đường kính 1,5 - 1,8m. Trên hình 9.34 là sơ đồ công nghệ đào giếng đứng bằng máy 2KB. Đầu tiên máy khoan 1 khoan một lỗ thẳng đứng 2 đường kính 150 - 350mm. Sau đó người ta gắn vào đầu dưới của cần khoan 3 mũi khoan lớn (mũi khoan kiểu xoay cầu) 4. Bằng cách xoay cần để khoan mở hang đến kích thước tương ứng với đường kính của bộ phận chức năng.



Hình 9.34: Sơ đồ đào hầm bằng máy đào liên hợp kiểu khoan
(loại 2KB do Liên Xô cũ chế tạo)

Bộ phận cắt đá của các máy đào liên hợp và các tổ hợp đào hầm được chia làm dạng thanh, đĩa đơn, đĩa kép và kiểu xoay cầu khác nhau.

Ở các máy đào liên hợp dạng cần xoay chủ yếu dùng lưới cắt dạng thanh. Phạm vi ứng dụng của nó hạn chế trong đá có độ bền nén từ 40 đến 60 MPa và chúng lại được chia ra thành lưới dạng cày, lưới dạng chèo, lưới dạng trụ và dạng côn (hình 9.35a, b, c). Các đĩa và các mũi xoay cầu (hình 9.35d, đ, e) trang bị cho máy hầm đào toàn tiết diện trong đá cứng có giới hạn bền nén từ 100 đến 250 MPa.

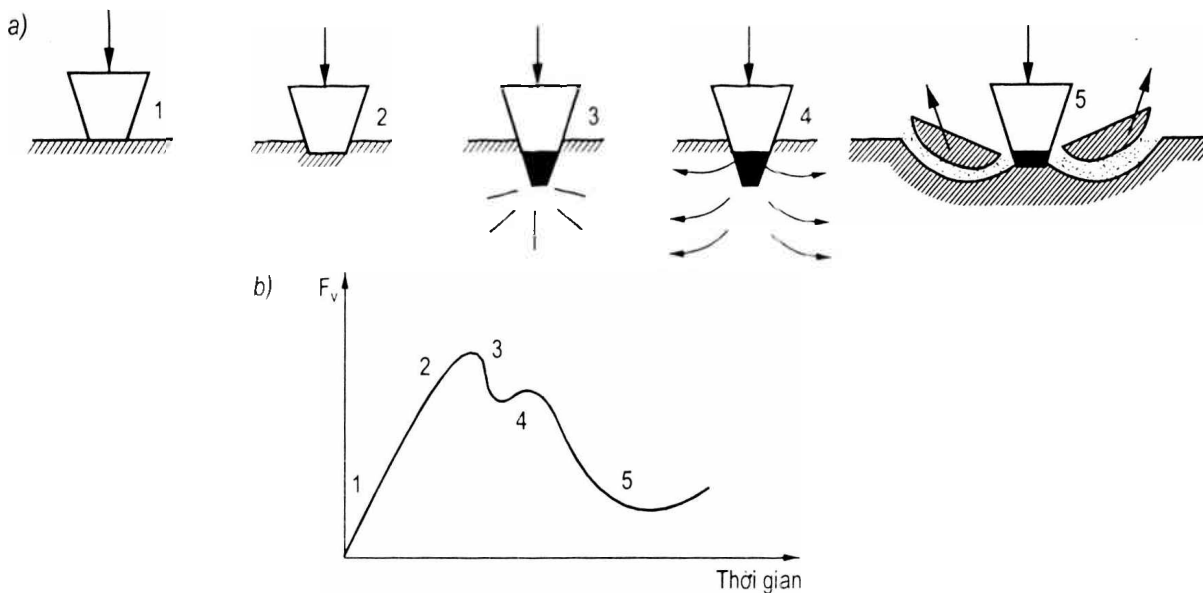


Hình 9.35: Dụng cụ cắt của máy đào liên hợp
*a, b, c - Lưỡi cắt thanh dạng cây; dạng cầu xoay; dạng côn;
 d, đ - Cắt dạng đĩa phẳng và đĩa răng; e) Đĩa dạng bi*

Các mũi xoay cầu có gắn bi hợp kim sử dụng trong những đá đặc biệt bền (200 -250)MPa.

Như đã nhấn mạnh ở trên, dưới tác dụng áp lực tăng từ từ của kích tăng cường của máy đào hầm, bộ phận làm việc thông qua hệ đĩa hoặc mũi xoay cầu với số lượng xác định sẽ tác dụng lên đá ở gương những lực cần thiết.

Hình 9.36 là sơ đồ nguyên tắc của việc phá đá và đồ thị về sự thay đổi ứng lực thẳng đứng trong từng giai đoạn phá đá nằm dưới tác dụng của đĩa cắt.



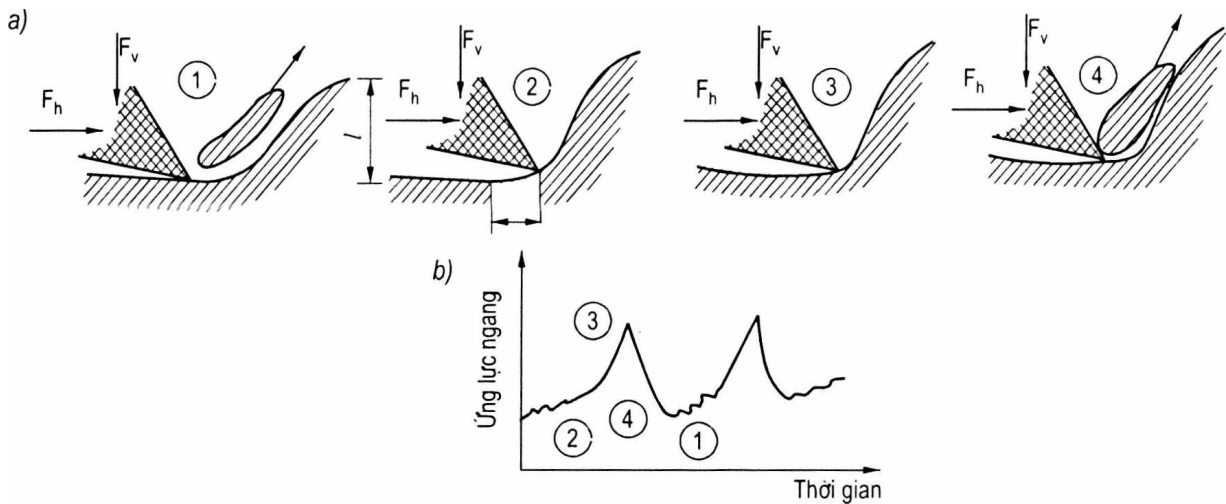
Hình 9.36: Sơ đồ nguyên lý phá đá dưới tác dụng của đĩa cắt
a) Các giai đoạn cắt đá; b) Đồ thị thay đổi của lực thẳng đứng trong từng giai đoạn phá đá

Dưới tác dụng của ứng lực thẳng đứng như chỉ ra ở giai đoạn 1-3 thì lưỡi cắt cắm vào đá. Do mũi lưỡi cắt không phải là nhọn lý tưởng mà ở dưới đường biên của lưỡi đá bị biến dạng và trong đó phát sinh ứng suất cắt (ứng suất tiếp) dẫn đến việc tạo khe nứt.

Tiếp theo các khe nứt theo phương bán kính phát triển, dần dần chúng đạt tới mặt tự do (mặt thoáng) của gương. Thời điểm này xảy ra phá hoại tròn (tức thời) đá và tách chúng thành cục và tạo ra lượng bụi lớn (giai đoạn 4 - 5). Quá trình phá đá như trên cứ tiếp tục tiếp diễn.

Theo chiều quay của bộ phận cắt đá, thì quá trình phá hoại đá như đã mô tả ở trên tiếp tục trên toàn chiều dài chuyển động của lưỡi cắt. Quá trình đó dẫn đến việc tạo thành các rãnh theo quỹ đạo chuyển động của dao cắt. Việc tạo thành mặt thoáng thứ hai do có rãnh sẽ giảm nhẹ tác dụng của dao cắt. Tiếp theo việc phá đá chủ yếu là do cát và đá phá ra có kích cỡ to hơn giai đoạn đầu.

Quá trình phá hoại của đá dưới tác dụng của dao cắt dạng thanh mô tả như trên hình 9.37. Các giai đoạn 1-2 tương ứng với sự dịch chuyển tự do của dao cắt sau khi làm trượt các hạt đất đá, ứng lực nằm ngang lên dao cắt không lớn lắm và cần thiết để khắc phục lực ma sát hay cát qua những chỗ lồi không lớn của mặt đá. Giai đoạn 3 là giai đoạn ấn từ từ dao cắt vào đá, ứng lực ngang lên dao tăng đáng kể. Sự trượt lần lượt các hạt của đá theo khe nứt vỡ tương ứng với giai đoạn 4.



Hình 9.37: Sơ đồ phá đá bằng dao cắt dạng thanh
a) Các giai đoạn tác dụng của dao lên đá; b) Sự phụ thuộc của ứng lực ngang lên dao cắt ở từng giai đoạn theo thời gian

Mô hình phá hoại tương tự là đặc trưng đối với các đá ròn. Theo các lý thuyết nghiên đập đá khác nhau thì lượng tiêu hao năng lượng của máy hầm là tỷ lệ với sự tăng của các mặt tự do ở dạng rãnh hay khe tạo nên trên mặt phẳng của gương đào.

Việc nghiền phá đá quá nhỏ dẫn đến sự tiêu hao vô ích năng lượng. Năng lượng thừa này sẽ biến thành nhiệt năng do ma sát lưỡi cắt vào mặt đá.

Như vậy quá trình phá đá và tiêu hao năng lượng vào việc phá đá phụ thuộc rất nhiều vào việc chọn đúng đắn loại lưỡi cắt, số lượng lưỡi và bố trí chúng trên bộ phận công tác của máy.

Những đặc trưng sau đây được xem là những đặc trưng cơ bản khi xử lý đá bằng các loại dao cắt của máy hầm:

- Độ bền của đá tức là các tính cơ học xác định năng lượng của máy cần khắc phục khi cắt và ấn lưỡi vào đá.

- Độ ăn mòn, tương ứng với độ xâm thực của đá đối với vật liệu làm dao cắt. Do tác động này làm thay đổi hình dạng hình học của lưỡi cắt, nó phản ánh năng suất đào và lượng tiêu hao các công cụ đá khi đào và ảnh hưởng đến giá thành công việc thi công.

- Cấu trúc và độ nứt nẻ của đá, nó xác định hình thức và dạng của công cụ cắt.

Việc chọn kết cấu máy đào hầm và công cụ cắt đá trên bộ phận công tác của máy phụ thuộc vào hình dạng hình học của hang, các điều kiện địa chất công trình theo tuyến hầm, các tính chất cơ lý của đá, (độ bền, độ cứng, độ ròn và độ mài mòn) và các điều kiện thi công.

§11. TÍNH NĂNG SUẤT MÁY ĐÀO LIÊN HỢP

Tính toán năng suất máy đào liên hợp là cần thiết để xác định tốc độ đào hang trong giai đoạn thiết kế, để chọn số lượng máy móc với thời hạn thi công quy định và để so sánh tốc độ thực tế trong điều kiện cụ thể với tốc độ tính toán.

Các chỉ tiêu cơ bản khi đánh giá năng suất các dạng máy đào liên hợp là lượng đất đá đào ra trong quá trình thi công, tốc độ đào trong một đơn vị thời gian. Người ta phân biệt ba dạng năng suất: năng suất lý thuyết, năng suất kỹ thuật và năng suất khai thác.

Năng suất lý thuyết (năng suất cực đại) của máy đào liên hợp kiểu cân xoay với bộ phận công tác dạng một lưỡi cắt hình côn đặt trên cân di động, xác định theo công thức:

$$Q_{lt} = 60 \cdot d_{\phi} \cdot B \cdot \delta \cdot m \cdot \rho \quad (\text{tán/giờ}) \quad (9.1)$$

trong đó: d_{ϕ} - đường kính tối đa của lưỡi cắt hình côn từ đầu lưỡi, m;

δ - chiều dày lớp đá bị cắt sau một vòng của bộ phận công tác trong điều kiện địa chất đã biết, m (lấy theo bảng 9.1);

B - trị số tối đa ấn sâu của bộ phận công tác vào đất đá và bằng chiều dài dao cắt, m;

m - tần số hiệu quả xoay của bộ phận công tác của máy hầm, vg/ph;

ρ - mật độ của đá ở trong khối, t/m³.

Tốc độ đào hầm lý thuyết (cực đại) của máy đào được xác định theo công thức:

$$V_{lt} = \frac{Q_{lt}}{S\rho} = \frac{60d_{\phi} B \delta m}{S}, \text{ m/h} \quad (9.2)$$

trong đó: S - diện tích tiết diện ngang của hang, m².

Bảng 9.1

Tên đá, hệ số độ cứng	Chiều sâu ấn của công cụ cắt vào đá δ (m)	
	Đá cứng không nứt nẻ	Đá nứt nẻ
Các loại diệp thạch, đá mácnơ chặt, đá vôi, đolômit, argilít chặt... ($f_k = 3 \div 4$)	1 - 1,5	1,5 - 2
Đá vôi, sa thạch cát kết, diệp thạch cứng, argilit, alevrolit... ($f_k = 4 \div 6$)	0,75 - 1,0	1,25 - 1,5
Đá vôi cứng, sa thạch, diệp thạch kết tinh, granit, đá gơnai phong hoá ($f_k = 6 \div 10$)	0,5 - 0,75	0,75 - 1,25
Granit hạt trung, diabaz, gơnai cứng, pocfirít ($f_k = 10 \div 14$)	0,25	0,25 - 0,5
Bazan cứng, diabaz, andezit, đá vôi cực kỳ cứng, sa thạch có độ mài mòn cao ($f_k = 14 \div 18$)	0,1 - 0,15	-

Năng suất kỹ thuật của máy đào liên hợp kiểu cần xoay biểu thị qua tốc độ đào lang ngầm hay khối lượng đá đào ra trong một đơn vị thời gian có xét đến việc dừng máy đưa vào vị trí mới và gia cố nóc hang (khi cần thiết) xác định theo các công thức:

$$\begin{cases} Q_{KT} = Q_{lt} \cdot K_T, \text{ t/h} \\ V_{KT} = V_{lt} \cdot K_T, \text{ m/h} \end{cases} \quad (0.3)$$

trong đó: K_T - hệ số làm việc không liên tục của máy, $K_T = 0,7 \div 0,8$;

Năng suất khai thác trong một ngày đêm có xét đến các hiện tượng dừng máy khác và bằng:

$$\begin{cases} Q_{vh} = Q_{KT} \cdot K_{vh}, \text{ t/ngày đêm} \\ V_{vh} = V_{KT} \cdot n, \text{ t/ngày đêm} \end{cases} \quad (0.4)$$

trong đó: n - tổng thời gian của các ca làm việc trong vòng một ngày đêm h ; ($n = 20 \div 24h$).

Khi tổ chức tốt công việc ở trong gương và tiến hành tốt các giải pháp nghiệp vụ thì $K_{vh} = 0,6 \div 0,8$.

Năng suất lý thuyết của máy đào hầm tiến hành đào toàn gương được xác định bằng các biểu thức sau:

$$Q_{lt} = 60 \cdot S \cdot \delta \cdot m \cdot \rho, \text{ t/h} \quad (1.5)$$

$$Q_{lt} = 60 \cdot \delta \cdot m, \text{ m/h} \quad (1.6)$$

Năng suất kỹ thuật của máy đào hầm được xác định theo các công thức:

$$Q_{KT} = Q_{lt} \cdot K'_T, \text{ t/h} \quad (1.7)$$

$$Q_{KT} = V_{lt} \cdot K'_T, \text{ m/h} \quad (9.8)$$

ở đây: K'_T - hệ số không liên tục tính cho một giờ làm việc của máy và băng:

$$K'_T = \frac{1}{1 + T_{dm}} \quad (8.9)$$

với T_{dm} - thời gian dừng máy không xét đến những chi phí thời gian vào việc xử lý các sự cố kỹ thuật trong quá trình làm việc, đổi ca, thay lưỡi cắt, h.

Thời gian dừng máy quy đổi cho một giờ làm việc liên tục được tính bằng tổng các chi phí sau:

$$T_{dm} = t_1 + t_2 \quad (9.10)$$

ở đây: t_1 - thời gian cần thiết để gia cố hang;

Trên cơ sở số liệu thực tế t_1 có thể lấy tùy thuộc vào trạng thái và sự ổn định của hang:

f_k	> 12	12 - 8	8 - 6	< 6
t_1 (h)	0 - 0,25	0,25 - 0,5	0,5 - 1	2 - 3

t_2 - thời gian di chuyển máy sang vị trí xuất phát mới sau khi kết thúc một chu kỳ đào:

$$t_2 = \frac{l_z}{60v_n} n_1 + t_0 \quad (9.11)$$

với $n_1 = 0,5 \div 2$ là số lần di chuyển trong 1 giờ;

l_z - chiều dài một bước đào, xác định bằng bước đi tối đa của kích, cm;

v_n - tốc độ di chuyển của pistông kích, cm/ph.

Trong các kết cấu hiện đại của các máy tương tự $l_z = 0,75 \div 1,25\text{m}$ và $v_n = 25 \div 50\text{cm/ph}$

t_0 - thời gian dựng các kích giữ và định hướng cho máy hầm, $t_0 = 6 \div 8\text{ph}$.

Năng suất khai thác tính cho một ngày đêm của máy đào hầm được xác định theo biểu thức (9.4). Trong trường hợp này theo số liệu thực tế, xuất phát từ hiệu quả sử dụng các máy đào hầm khi đào toàn gương $K_{vh} = 0,55 \div 0,65$ trong điều kiện địa chất công trình bất lợi; $K_{vh} = 0,7 \div 0,8$ trong điều kiện bình thường.

Chương 10

THI CÔNG HANG ĐỨNG, HANG XIÊN

Trong thi công các tổ hợp ngầm cũng thường gặp các hang đứng (giếng) như các bể điều áp, hang xiên như các hầm dẫn nước vào nhà máy thủy điện v. v... Việc xây dựng các hang đứng và hang xiên cũng có những đặc điểm riêng.

Ngoài ra, để mở diện thi công cho hầm có chiều dài lớn và khi đào các gian máy ngầm cũng thường gặp phải các hang phụ thẳng đứng hoặc nghiêng. Ví dụ như khi xây dựng hầm xả tràn cho sông Arpa lớn nhất ở Liên Xô trước đây vào hồ Xêvan đã phải xây dựng 4 giếng chiều dài chung 1560m. Khi xây dựng nhà máy thủy điện Inguri ở cộng hoà Grudia đã xây dựng bể điều áp đường kính 21m, giếng dẫn cáp sâu 100m, 5 nhánh dẫn nước vào tuabin nghiêng v. v...

Giếng là những hang thẳng đứng có cửa thông với mặt đất. Tùy thuộc vào thời hạn phục vụ giếng có thể là tạm thời và cũng có thể là vĩnh cửu.

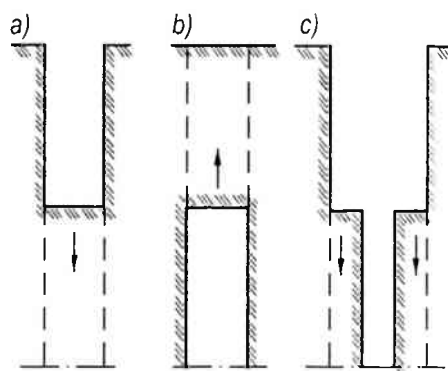
Giếng tạm là những giếng để phục vụ thi công công trình chính thời hạn phục vụ là thời hạn thi công công trình chính. Giếng vĩnh cửu là những giếng là thành phần để khai thác công trình như giếng thông gió, giếng cáp, giếng dẫn nước vào nhà máy, giếng xả tràn, bể điều áp...

§1. XÂY DỰNG GIẾNG ĐỨNG

1. Khái niệm chung

Việc thi công giếng đứng có thể tiến hành bằng những phương pháp khác nhau: theo hướng từ dưới lên và theo hướng từ trên xuống trên toàn tiết diện theo giếng định hướng (hình 10.1).

Việc chọn phương pháp thi công giếng phụ thuộc vào quy hoạch chung của tổ hợp công trình ngầm, điều kiện địa hình, thời hạn xây dựng, địa chất công trình, kích thước và chiều sâu giếng. Ở những giếng sâu (> 100m) khi không có các hang ngang phụ, thời hạn thi công bức bách thì công tác đào giếng và đổ bê tông giếng thường theo hướng từ trên xuống nhờ các tổ hợp đào mở.



Hình 10.1: Phương pháp đào giếng
a) Đào toàn tiết diện từ trên xuống;
b) Đào toàn tiết diện từ dưới lên;
c) Mở rộng khi dùng hang dẫn.

Khi có hang ngang phụ, trong đá ổn định, giếng không sâu ($\leq 100\text{m}$) thì tiến hành đào từ dưới lên. Việc đổ bê tông vỏ tùy thuộc vào công dụng của giếng, loại công trình mà theo hướng từ dưới lên hoặc từ trên xuống.

Các giếng đường kính lớn hơn 5m, trong đó có các bể điều áp của các trạm thủy điện, khi có các hang ngang ở dưới, các giếng định hướng thường được đào từ dưới lên còn đào mở rộng đến tiết diện thiết kế và đổ bê tông thì theo hướng từ trên xuống.

Ở những giếng sâu và tiết diện lớn, khi có các hang ngang ở phía dưới, để rút ngắn thời hạn thi công giếng có thể thi công giếng định hướng theo cả hai gương từ trên xuống và từ dưới lên.

Trong mỗi trường hợp cụ thể phải chọn thiết bị đào, thành lập các tổ đội thi công, phải đảm bảo tiến độ đào giếng đã quy định.

Một trong những quá trình phức tạp của công tác đào giếng là bốc và vận chuyển đá. Việc đưa đá lên thường nhờ tháp giếng và tời.

Nếu giếng chỉ để mở các gương phụ dọc theo hầm sau khi xây xong thì giếng thường được trang bị một thiết bị nâng có hai ngăn để trục goòng nặng lên và đưa goòng không vào gương. Tốc độ nâng tối đa bằng tời đặt trên bề mặt là 3m/s. Năng suất nâng đất đá cho một ngăn là:

$$P_k = \frac{60q \cdot k_n}{(T_n + T_o)k_p}, \text{ m}^3 / \text{h} \quad (10.1)$$

trong đó:

q - dung tích hình học của goòng hoặc thùng, m^3 ;

k_n - hệ số dây goòng, $k_n = 0,7 \div 0,8$;

k_p - hệ số tời của đất đá, $k_p = 1,1 \div 1,3$;

T_n - thời gian nâng và hạ lồng (thùng), ph;

T_o - thời gian đưa goòng vào lồng tời, định vị nó và đưa goòng ra khỏi lồng, ph.

Khi thiết bị nâng hai thùng (hai ngăn) thì năng suất tăng chùng hai lần.

Trong những hang nghiêng, việc trục đất đá đào ra, hạ goòng không và đưa vật liệu xuống bằng các goòng kín chạy trên ray có tời kéo và tời hãm.

Việc đào giếng được thực hiện bằng khoan nổ mìn hoặc phương pháp cơ giới hoá. Phương pháp cơ giới hoá đã được nêu trong chương 8.

2. Đào giếng theo hướng từ trên xuống

Việc đào giếng theo hướng từ trên xuống bao gồm các dạng công việc chính sau: khoan nổ mìn, bốc đất đá, xây vì chống và công tác lắp đặt khung thang máy, ống, cáp, thiết bị thang lên xuống... Tùy thuộc vào trình tự thực hiện các công việc bốc đá và xây

vỏ trong thực tế các sơ đồ công nghệ sau được sử dụng: sơ đồ tuần tự, song song hoặc hỗn hợp.

Sơ đồ tuần tự: xem xét việc phân giếng ra thành từng bước công nghệ (20 - 30m). Trong mỗi bước bắt đầu từ trên xuống theo thứ tự đào đất đá, bốc xúc đưa đất đá ra ngoài, dựng vì chống tạm và sau đó xây vỏ hầm.

Sơ đồ song song: xem xét việc đào đất đá và xây vỏ đồng thời ở hai bước đào liên nhau, tức là chậm sau nhau 8 - 10m theo chiều cao. Với sơ đồ này, việc khoan, nổ mìn và thải đá được bắt đầu sau khi kết thúc xây vỏ ở bước đào trước.

Sơ đồ hỗn hợp xem xét tất cả các công đoạn; thải đá, xây vỏ trong một chu trình đào thống nhất. Hai sơ đồ sau đảm bảo tiến độ xây dựng giếng nhanh hơn, nhất là các giếng sâu (từ 400m trở lên) nhưng đòi hỏi các thiết bị phức tạp và năng suất cao.

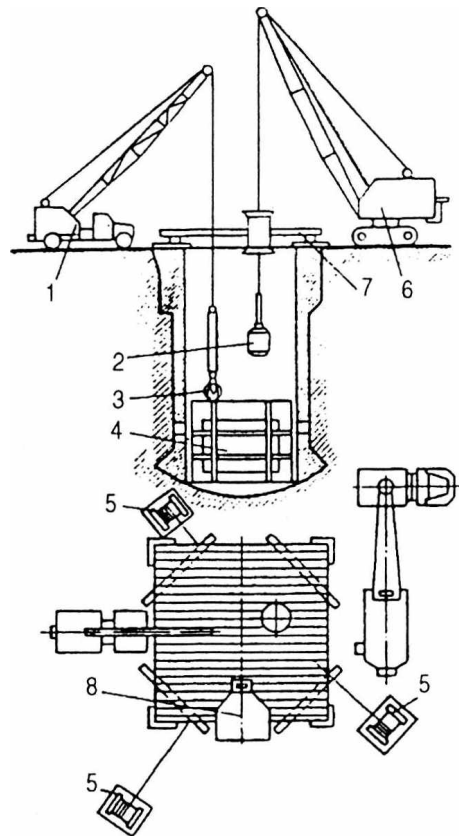
Xây dựng giếng bắt đầu từ việc xây dựng miệng giếng có vỏ bê tông và có một vòng giữ khoẻ hơn để tiếp nhận áp lực thẳng đứng do trọng lượng tháp và các ngoại tải khác.

Trên hình 10.2 là một phương án xây miệng giếng bằng máy xúc 6 và cần cầu ô tô 1 có trang bị gầu ngoạm 3 để thải đá. Sau khi kết thúc việc xây miệng giếng, tiến hành lắp khung cơ sở 7 để che miệng giếng và để lắp đặt các ống dẫn khác nhau, trong đó ống để cấp bê tông, để lắp ben 8 (dạng phễu), cáp, các ngăn để hạ các thùng chứa 2 v.v... Ván khuôn 4 được treo và dịch chuyển nhờ tời 5.

Việc lắp ráp tháp từ các khâu kết cấu thép được bắt đầu sau khi đổ bê tông móng của chúng. Quá trình tổ hợp tháp thường mất 1-1,5 tháng. Tháp đào dùng để nâng hạ các trang thiết bị, giữ các sàn treo và các tổ hợp cơ khí hoá khác như trên hình 10.3.

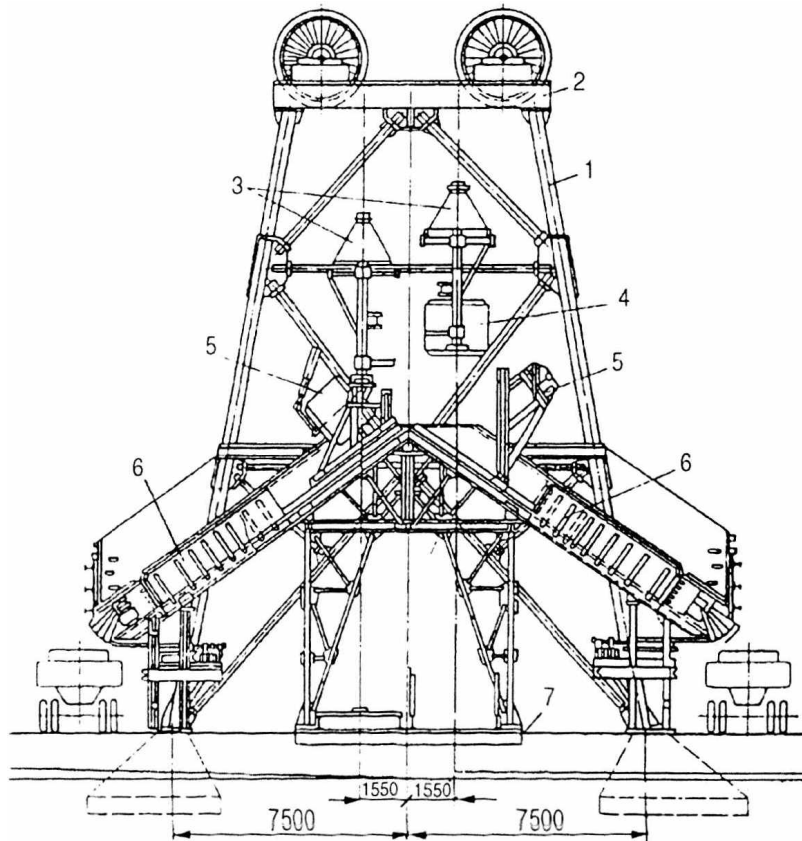
Năng suất xây dựng giếng phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố tổ chức và yếu tố công nghệ, đầu tiên phải kể đến sơ đồ công nghệ, chủng loại và số lượng thiết bị khoan, thiết bị nâng hạ: loại vì chống tạm và vĩnh cửu.

Việc khoan lỗ và thải đá là các công đoạn chủ yếu của công tác đào. Việc xây vỏ với sơ đồ hỗn hợp được thực hiện không phụ thuộc vào công tác khoan nổ mìn và ít ảnh



Hình 10.2: Thi công miệng giếng

hưởng đến chiều sâu lỗ khoan. Khi thi công tuần tự và song song thì việc dựng vì chống tạm cũng đưa vào thành phần của chu kỳ đào.



Hình 10.3: Thiết bị tháp để đào giếng khí vận tải bằng ô tô

1. khung tháp; 2. sàn công tác; 3. khung định hướng; 4. thùng vận chuyển;
5. khung đỡ tải; 6. máng đá; 7. mặt bằng thi công ở cao độ 0.

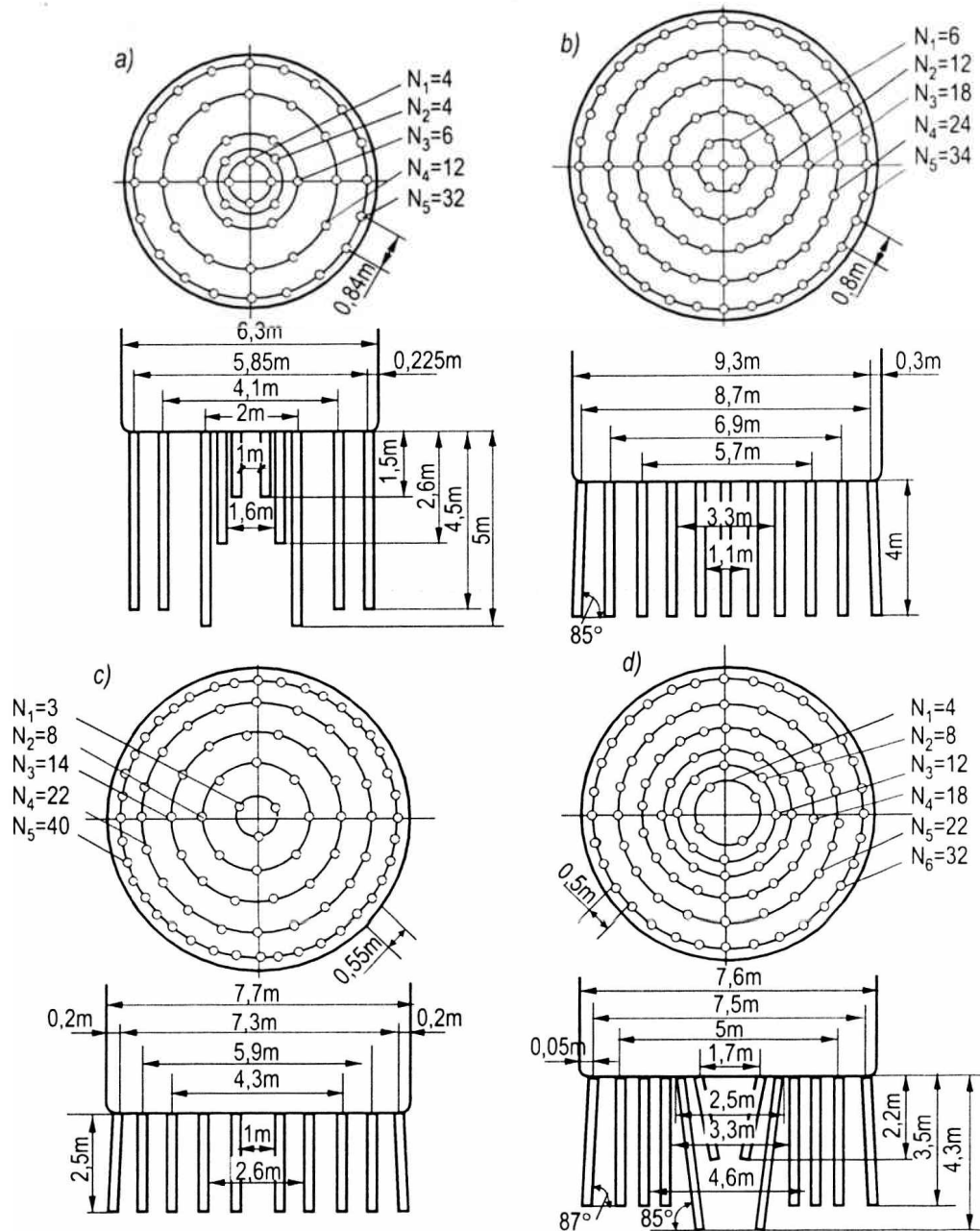
Ở những giếng tiết diện tròn thì các lỗ mìn được bố trí theo các vòng tròn đồng tâm. Sơ đồ bố trí các lỗ mìn như trên hình 10.4. Việc bố trí đúng đắn các lỗ mìn biên sẽ giảm lượng đào vượt rất nhiều. Việc nổ mìn tạo biên không chỉ làm giảm lượng đào vượt mà còn làm tăng sự ổn định của giếng và khối đá xung quanh. Các sơ đồ a-d trên hình 10.4 là các ví dụ về bố trí các lỗ mìn trên gương đào giếng.

Số lượng các lỗ mìn biên:

$$N_b = \frac{\pi(D-2a)}{b} \quad (10.2)$$

trong đó:

- a - khoảng cách giữa trục lỗ biên và vách giếng, m;
- b - khoảng cách giữa các lỗ mìn biên, m;
- b = 0,60 ÷ 0,80m;
- D - đường kính của giếng, m.



Hình 10.4: Sơ đồ bố trí lỗ mìn trong gương đào giếng

Số lượng lỗ mìn đào và đột phá:

$$N = S_0 \frac{q}{q_0} \quad (10.3)$$

trong đó: S_0 - diện tích tiết diện giếng do lỗ đào và đột phá phụ trách, m^2 ;

q - lượng tiêu hao thuốc nổ để phá $1m^3$ đá chặt, kg/m^3 ;

q_0 - lượng tiêu hao thuốc cho $1m$ lỗ, kg .

Đối với các lỗ đột phá và lỗ mìn đào $q_0 = 1 \div 1,25kg$, còn lỗ biên $q_0 = 0,6 \div 0,8kg$.

Tổng số lỗ mìn chung sẽ là:

$$N_{\text{chung}} = N_b + N$$

Tổng lượng thuốc cho 1m giếng : $\Sigma Q = S_o q + N_b \cdot q_o$, kg

Khi nổ mìn tạo biên thì khoảng cách giữa các lỗ mìn biên theo chu vi hàng giảm xuống 0,4 - 0,5m và nạp mìn phân đoạn theo chiều dài lỗ.

Trong những giếng không sâu, đường kính lớn dùng làm bể điều áp, gian máy kiểu giếng cho các nhà máy thủy điện hoặc thủy tích điện thì việc nổ mìn tạo biên theo phương pháp tạo khe trước là rất có hiệu quả.

Việc khoan lỗ được thực hiện bằng các búa khoan tay và các thiết bị khoan chuyên dụng. Số lượng máy khoan được chọn xuất phát từ diện tích gương cần thiết cho một máy khoan làm việc từ 4 đến 6m².

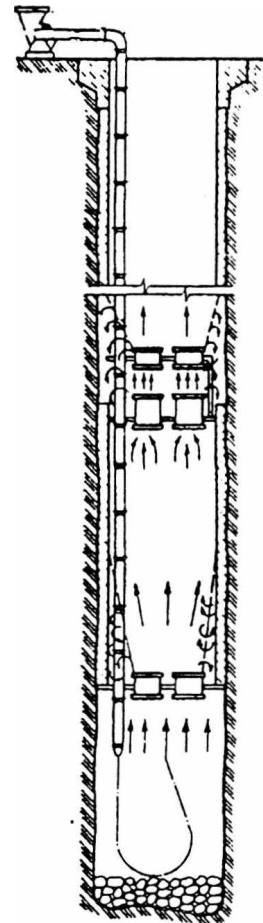
Ngày nay trong thi công giếng ở Nga và các nước thuộc Liên Xô (cũ) người ta sử dụng rộng rãi các loại máy khoan loại БУКС và СМБУ. Thiết bị khoan БУКС-1М gồm 4 búa khoan cùng với các bộ phận tự đẩy, gắn trên các cột di động được. Việc đưa máy vào gương được thực hiện nhờ bộ phận truyền động kiểu КС-2у/40. Thiết bị khoan СМБУ-3М và СМБУ-4 dùng để khoan các lỗ thẳng đứng hoặc có độ nghiêng lớn, lập từ một cột trung tâm, trên cột này có gắn 3-4 tay búa cùng với các búa khoan. Từng búa khoan đều có khả năng di chuyển theo gương đào.

Để thông gió cho gương đào giếng thường sử dụng quạt theo sơ đồ ép như mô tả trên hình 10.5. Thời gian thông gió gương sau nổ mìn là 20-30 phút.

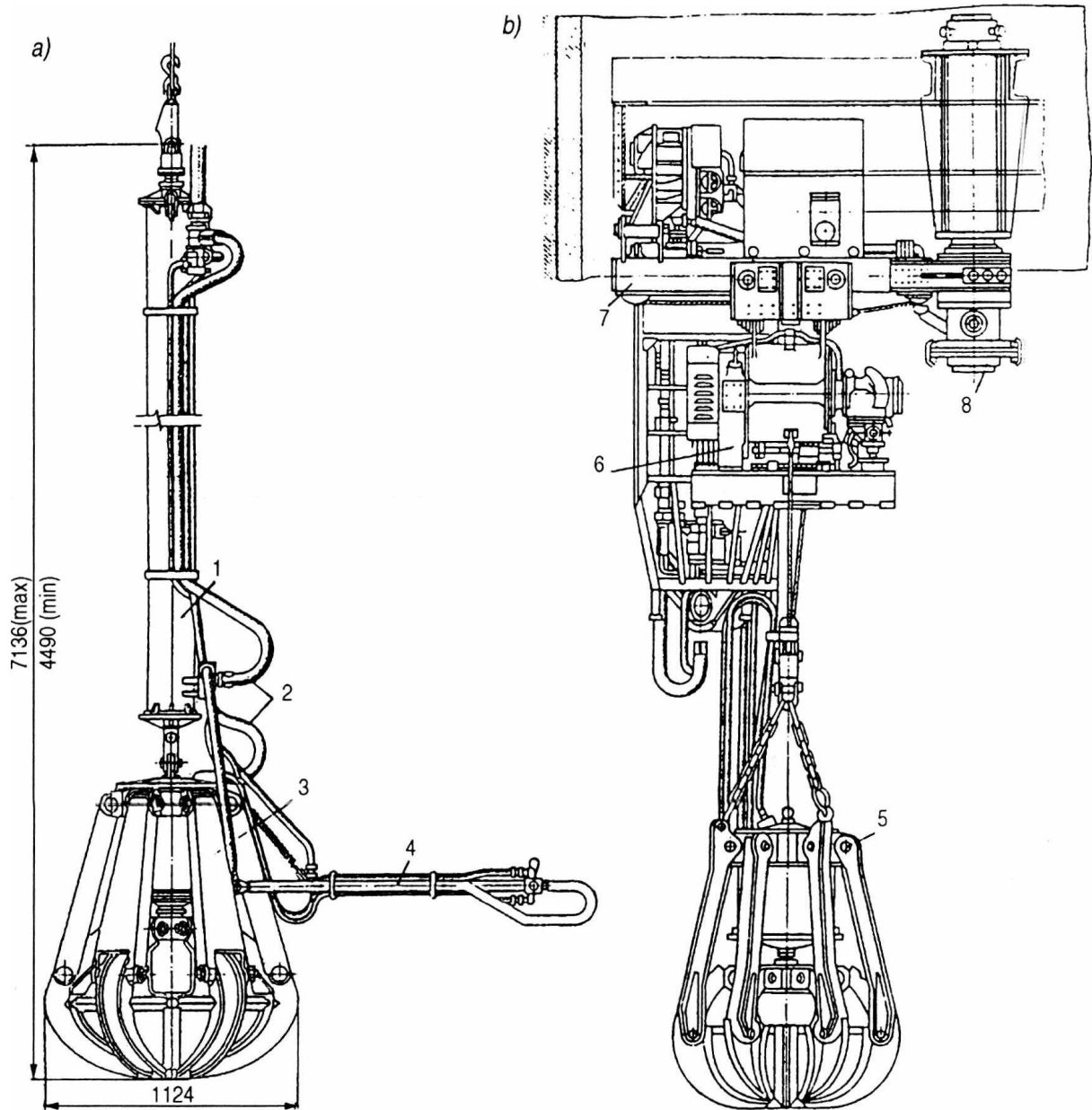
Việc thải đá ở gương đào giếng là một trong những công đoạn khó khăn nhất và thường sử dụng gầu ngoạm. Theo phương pháp di chuyển theo gương người ta phân ra gầu ngoạm điều khiển thủ công và gầu ngoạm cơ giới hoá. Trên hình 10.6a, b là các gầu ngoạm chạy bằng khí nén điều khiển thủ công (bằng tay) và điều khiển cơ giới hoá. Phạm vi ứng dụng của chúng hạn chế với giếng đường kính $\leq 5\text{m}$.

Trong những giếng kích thước lớn (thường từ 8 đến 8,5m) người ta sử dụng máy xúc kiểu hai gầu 2КС-2у/40. Loại này mỗi thợ máy phụ trách một gầu ngoạm và làm việc độc lập với nhau.

Năng suất của máy xúc kiểu gầu ngoạm phụ thuộc vào tiết diện hạng, vào sức nâng của gầu ngoạm, vào kích cỡ của đá và mức độ tơi của chúng.



Hình 10.5: Sơ đồ thông gió cho gương đào giếng



Hình 10.6: Gầu ngoạm

a) Có tay điều khiển; b) Điều khiển cơ giới hoá;

1. thiết bị nâng bằng khí nén; 2. ống khí nén; 3. gầu $0,22\text{m}^3$; 4. thiết bị lái;
5. gầu $0,64\text{m}^3$; 6. bộ điều khiển; 7. khung xoay; 8. trục giữa

Trong quá trình xúc đá bằng gầu ngoạm, năng suất sẽ giảm dần do tăng độ chặt của đất đá nằm dưới, một mặt do tác động của trọng lượng bản thân, mặt khác do tác dụng đầm nén của gầu ngoạm trong thời gian xúc lớp trên tươi hơi (pha I). Khối lượng của đá trong pha II (chặt hơn) chiếm 15% khối lượng chung nổ ra. Khi xúc pha II năng suất máy xúc giảm đi so với pha I là 3-4 lần. Do đó trong pha II thường phát sinh yêu cầu phải làm tươi lại đất đá.

Năng suất khai thác của máy xúc được xác định có xét đến chế độ làm việc của chúng, phương pháp nâng và sơ đồ công nghệ thi công giếng, thời gian chung để bốc đá sẽ là:

$$T_o = T_1 + T_2 + T_3$$

trong đó:

- T_1 - thời gian xúc đá trong pha I;
- T_2 - Thời gian xúc đá trong pha II;
- T_3 - thời gian mất mát công nghệ do nâng thiết bị.

Việc nâng hạ các thùng theo giếng được thực hiện theo sơ đồ nâng một hoặc hai đầu. Với sơ đồ nâng một đầu có hai thùng ở tư thế làm việc, một mang tải, một không. Với sơ đồ nâng hai đầu thì có ba thùng ở trạng thái làm việc. Sơ đồ nâng hai đầu như trên hình 10.7.

Thời gian nâng không được vượt quá thời gian xúc đá, có nghĩa là:

$$T_n \leq \frac{K_t V_t}{K_g V_g} t_g \quad (10.5)$$

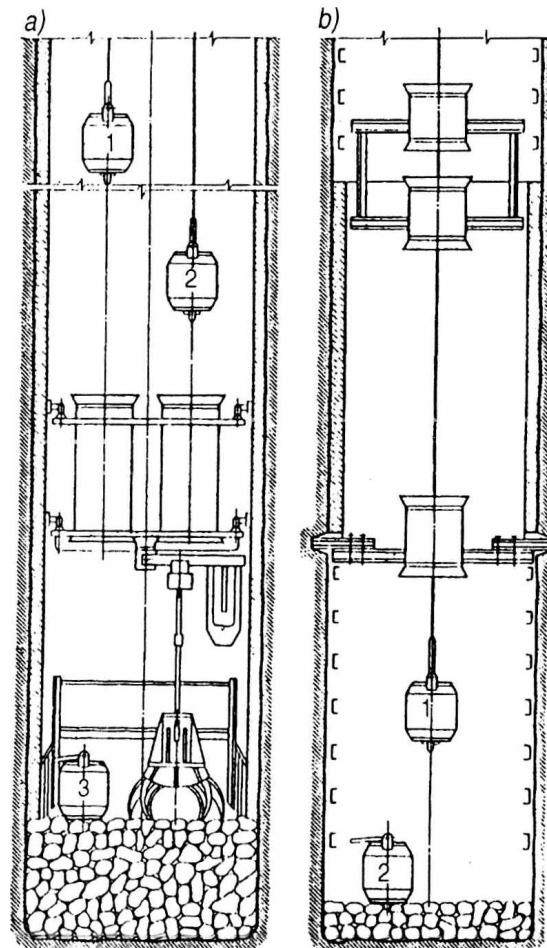
trong đó:

- K - hệ số chất dây thùng để chuyển đá; $K = 0,7 \div 0,9$
- k_g - hệ số dây gầu xúc, $k_g = 0,9 \div 1,0$;
- V_t, V_g - dung tích thùng và dung tích gầu (lấy theo tính năng kỹ thuật của thiết bị);
- t_g - thời gian một chu kỳ xúc của gầu ngoạm, $t_g = 30 \div 40s$.

Các thùng công tác được chế tạo có dung tích từ 0,5 đến 2m³, có loại thùng chứa đến 6,5m³. Tốc độ nâng thùng trong phạm vi 6-12m/s. Tuy nhiên, việc tăng dung tích thùng chứa sẽ ảnh hưởng đến năng suất nâng lớn hơn là ảnh hưởng đến tốc độ nâng.

Khi có nước ở gương thì tùy theo lưu lượng của nước, chiều sâu giếng mà bố trí các hố thu, bơm nước. Trong những trường hợp, khi nguồn nước trong giếng vượt quá 8 m³/h thì công trình phải chuyển sang thi công bằng các phương pháp đặc biệt: có màng chống thấm hoặc phương pháp đóng băng nhân tạo.

Vì chống tạm cho giếng có thể là neo, bê tông phun hoặc vòng thép lắp ghép từ 6 đến 8 khâu chế tạo bằng thép có tiết diện chữ [số hiệu từ N^o16 đến N^o22.



Hình 10.7: Các sơ đồ nâng
a) Sơ đồ hai đầu; b) Sơ đồ một đầu.
1, 2, 3 - số hiệu thùng.

Trong các giếng đứng chiều sâu $\leq 300\text{m}$ xây dựng trong vùng núi thì chiều dài neo l_a có thể xác định số bộ như sau:

$$l_a = k_1 k_2 \sqrt{D} \quad (10.6)$$

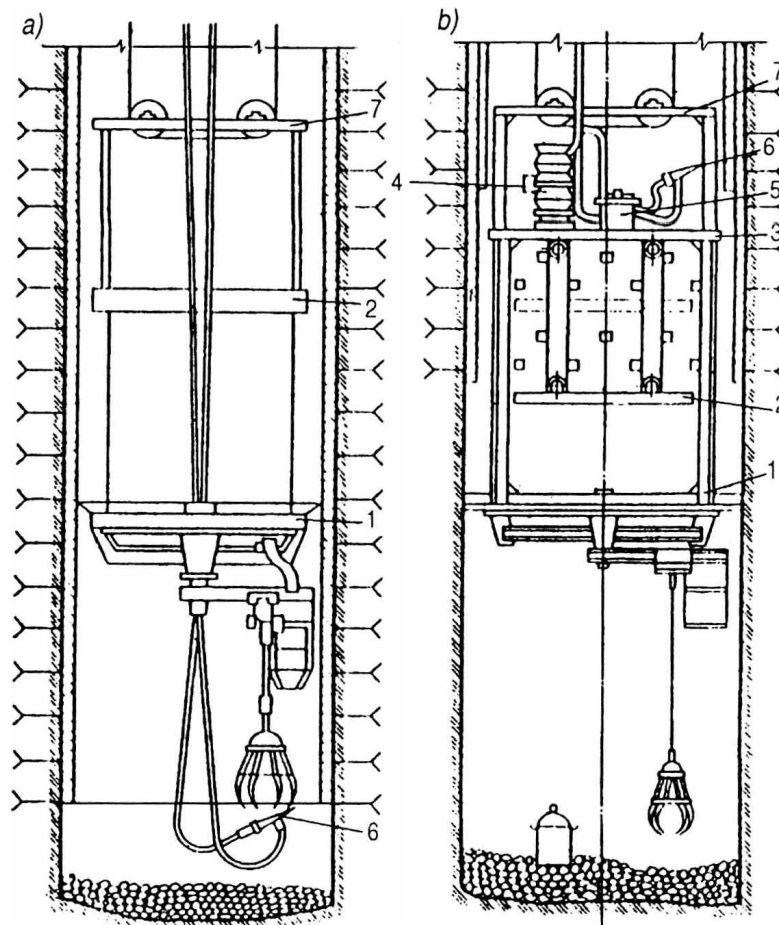
trong đó: k_1 - hệ số phụ thuộc vào chiều sâu giếng (chiều sâu giếng từ 50 đến 300m lấy $k_1 = 1,0 - 1,5$);

k_2 - hệ số xét đến tính ổn định của địa tầng, khi địa tầng khô, tương đối ổn định với $f_k \geq 4$, $k_2 = 0,5 \div 0,75$, đối với địa tầng kém ổn định $f_k = 2 \div 3$, $k_2 = 0,75 \div 1,0$;

D - đường kính của giếng;

Trong địa tầng kém ổn định việc đặt neo và phun bê tông phủ theo từng bước 1,5 -2,0m ngay sau khi nổ mìn. Khoảng bỏ trống cho phép không lớn hơn 1,0 - 1,5m.

Trong các địa tầng ổn định cho phép để lộ vách. Việc đặt neo hay phun bê tông phủ có thể tiến hành nhờ sàn treo và khoảng trống (không phun) có thể 10-15m kể từ gương. Việc đặt neo và thả đá có thể tiến hành song song (hình 10.8).



Hình 10.8: Sơ đồ xây vỏ giếng từ gương (a) và sử dụng sàn treo (b)
1, 2, 3. các tầng của sàn đào giếng; 4. thiết bị phun bê tông; 5. thùng nước;
6. đầu phun; 7. sàn bảo vệ

Chiều dày bê tông phun trong đá yếu đối với giếng tròn được xác định như sau:

$$h_H = 1,25 \cdot r_0 \left(\sqrt{\frac{1,25R_b}{1,25R_b - 2q}} - 1 \right) - 50, \text{ mm}$$

trong đó: r_0 - bán kính thông thủy của giếng, mm;

R_b - độ bền tính toán của bê tông phun, MPa;

q - lực nằm ngang lên vì chống (kể cả áp lực địa tầng và áp lực nước ngầm), MPa.

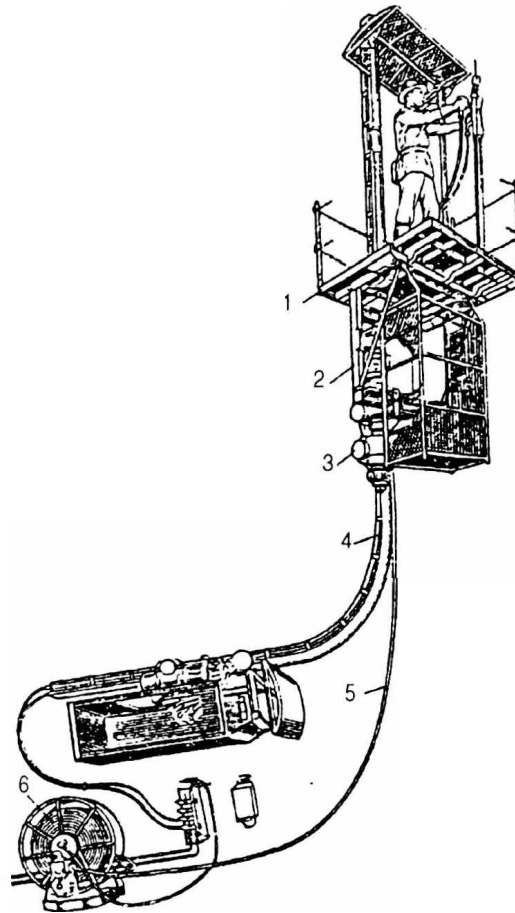
Để xây vỏ bê tông toàn khối (như trong các giếng xả tràn, bể điều áp, giếng nhận nước cho các nhà máy thủy điện) trong tổ hợp thiết bị gồm có: phễu nhận vật liệu có vòi voi, ống dẫn bê tông có các khớp mềm để đưa được vào sau ván khuôn. Ván khuôn được chế tạo thành từng đốt, treo trên cáp hoặc ván khuôn trượt không dùng kết cấu treo. Ở những giếng sâu để tránh hiện tượng phân tầng bê tông trong quá trình vận chuyển người ta dùng thùng treo.

Việc đầm chặt bê tông được tiến hành bằng đầm tay. Nếu dùng bê tông rót (tự đầm) thì không phải tiến hành công tác này.

3. Đào giếng theo hướng từ dưới lên

Việc đào giếng theo hướng từ dưới lên thường được áp dụng rộng rãi khi xây dựng các tổ hợp ngầm, đặc biệt là khi xây dựng các tổ hợp ngầm của các công trình thủy lợi đầu mối như các nhà máy thủy điện, thủy tích điện khi có các hang ngang ở phía dưới giếng.

Khi đường kính giếng lớn hơn thường áp dụng các phương pháp liên hợp: bắt đầu đào giếng tiết diện nhỏ 4-6m² từ dưới lên sau đó mở rộng đến tiết diện thiết kế từ trên xuống. Khi thi công đợt hai, giếng định hướng được dùng vào mục đích thải đá. Trong cả hai giai đoạn việc xúc và vận chuyển ra bãi thải đều tiến hành ở phía dưới qua các hang ngang. Ưu điểm của phương pháp đào từ dưới lên là loại trừ được khối chu kỳ đào một công đoạn hết sức khó khăn là thải đá. Ở đây sau khi nổ mìn đất đá được tập trung xuống hang ngang ở phía dưới.

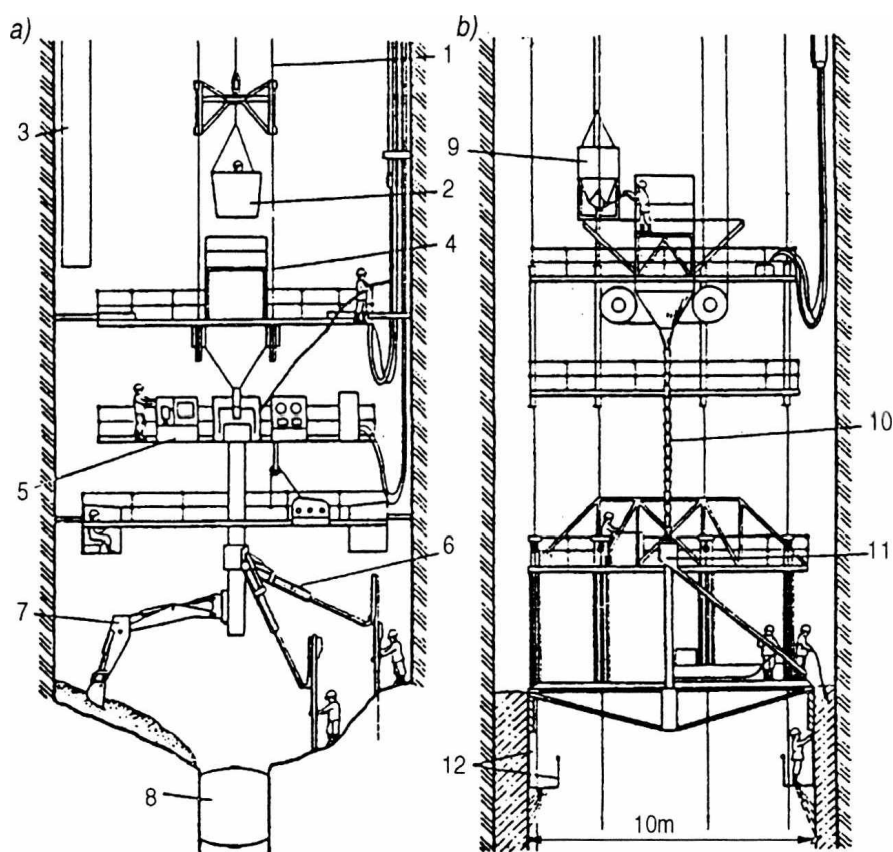


Hình 10.9: Tổ hợp đào giếng tự hành kiểu KITB (do Liên Xô cũ chế tạo)

Đây là phương pháp rất có hiệu quả để thi công các bể điều áp dạng giếng đứng trong các nhà máy thủy điện.

Việc đào các hang định hướng từ dưới lên có thể tiến hành nhờ các tổ hợp thiết bị tự hành như kiểu КПВ (Liên Xô cũ), Alimak (Thụy Điển) v.v...

Các tổ hợp đào tự hành (hình 10.9) là một sàn công tác 1 gắn trên một khung của tổ hợp 2 trên đó có bố trí động cơ điện hoặc khí nén 3. Việc di chuyển tổ hợp lên xuống theo đường một ray đơn 4 tổ hợp từng khâu, mỗi khâu dài 1,5m. Theo mức độ dịch chuyển của gương đường ray được kéo dài theo. Đường ray được gắn lên vách hang bằng neo dài 1-1,5m. Tổ hợp được trang bị điện thoại để liên lạc, cấp khí nén cho tổ hợp bằng ống cao su mềm 5 cuốn vào, trở ra bằng tời 6. Tiết diện hang đào bằng tổ hợp tự hành thường trong phạm vi 4-9m². Tốc độ đào hang đứng và xiên có thể đạt 300m/tháng.



Hình 10.10: Sơ đồ công nghệ xây dựng giếng của nhà máy thủy tích điện

a) Đào mở rộng giếng; b) Đổ bê tông vữa;

1. cáp giữ sàn công tác; 2. thùng cấp vật liệu; 3. ống thông gió; 4. phễu cấp bê tông;
5. tổ hợp thiết bị phun bê tông; 6. máy khoan; 7. máy đào gầu ngược; 8. giếng định hướng;
9. thùng cấp bê tông; 10. vôi voi; 11. máng; 12. ván khuôn.

Trên hình 10.10 chỉ ra công nghệ đào mở rộng một giếng điều áp bằng phương pháp khoan nổ mìn và gia cố hang bằng bê tông phun và neo dài 3,7m. Việc khoan lỗ được thực hiện bằng bốn búa khoan gắn trên tay búa. Việc thải đá qua giếng dẫn hướng bằng

máy xúc dạng gầu ngược lắp trên một trục quay. Công tác gia cố, đào, điều khiển các tiết bị bằng sàn công tác có ba tầng, trên đó có bố trí tất cả các thiết bị cần thiết. Tốc độ đào giếng có thể đạt 23m/tuần. Việc đổ bê tông vỏ giếng được bắt đầu từ dưới sau khi đã kết thúc quá trình đào mở rộng. Hỗn hợp bê tông được cấp vào bằng các thùng (9) đổ vào phễu nhận sau đó qua vòi voi (10) vào một máng xoay (11) để đổ vào sau ván khuôn (12). Việc đầm bê tông bằng đầm dùi và tiến hành bằng tay (thủ công). Đối với vỏ giếng thường dùng bê tông có độ bền cao hơn một chút, cốt liệu đến 40mm.

§2. ĐÀO CÁC HANG NGHIÊNG

1. Đào các hầm nghiêng

Việc chọn phương pháp đào các hang nghiêng cũng như chọn thiết bị đào phụ thuộc vào góc nghiêng của hang so với mặt phẳng nằm ngang.

Tùy thuộc vào góc nghiêng với mặt phẳng nằm ngang, các hang được chia ra làm hang nghiêng nhỏ khi góc nghiêng $\leq 15^\circ$, nghiêng trung bình khi góc nghiêng $15-30^\circ$ và hang nghiêng lớn $> 30^\circ$. Công tác đào các hang nghiêng có thể từ trên xuống hoặc từ dưới lên. Với mục đích rút ngắn thời hạn thi công khi chiều dài hang lớn, người ta có thể đào hang dẫn để mở gương phụ.

Khi đào các hang nghiêng nhỏ bằng phương pháp mở có thể sử dụng các loại máy xúc, máy khoan như khi đào hang ngang.

Việc vận chuyển thải đá không phụ thuộc vào phương pháp đào từ trên xuống hay từ dưới lên, có thể dùng goòng kéo bằng cáp, tời, băng tải các dạng khác nhau: khi tiết diện hang lớn có thể bằng goòng tự hành, ô tô tự đổ v.v...

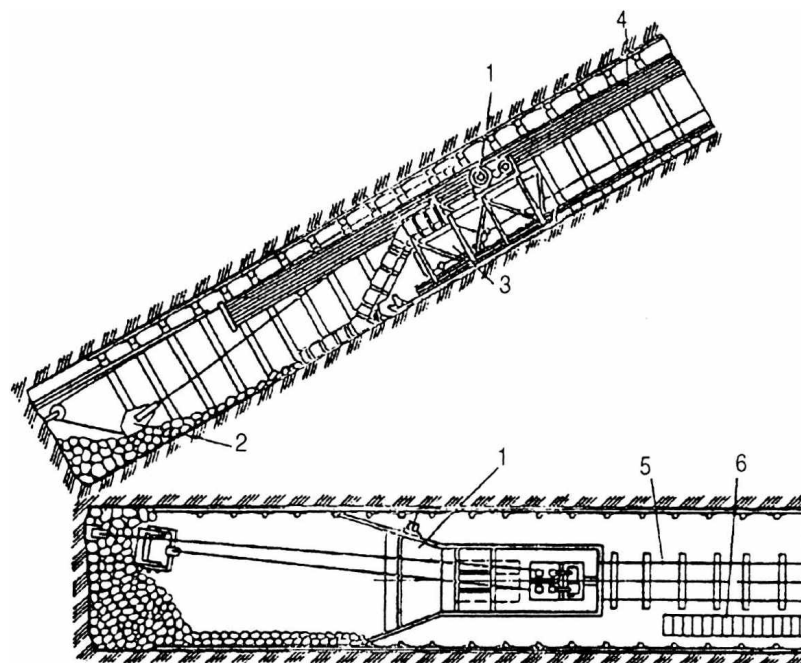
Trong những hang nghiêng trung bình tiết diện $\leq 30m^2$ người ta dùng các thiết bị cào đá và nâng kéo. Thiết bị cào đá tổ hợp với băng tải có thể dùng cho hang có góc nghiêng $16-18^\circ$. Khi góc nghiêng lớn có thể dùng sơ đồ vận chuyển bằng toa goòng hoặc ben với sức kéo là tời, cáp (hình 10.11).

Việc khoan lỗ thường dùng các loại khoan tay có giá đỡ bằng khí nén, hoặc các thiết bị khoan chạy trên ray. Khi góc nghiêng lớn thì phải có khung khoan chuyên dụng.

Trong thực tế người ta đã áp dụng các thiết bị như đã nêu ở trên để xây dựng các hang nghiêng có góc nghiêng 28° .

Trong thực tế xây dựng các đường hầm dẫn nước vào các nhà máy thủy điện thường gặp phải có các hang có độ nghiêng lớn ($30 - 50^\circ$) đường kính đến 6m và lớn hơn. Đây là công việc khá phức tạp.

Phương pháp đào hang dẫn từ dưới lên thường sử dụng trong các đá cứng ổn định với góc nghiêng 40° và lớn hơn. Trong trường hợp này có thể tăng được tốc độ đào hang do công tác thải đá được tiến hành riêng rẽ trong hang ngang ở phía dưới. Tuy nhiên trong những đá dễ sụt lở, theo các điều kiện trong quy tắc an toàn thường thi công theo hướng từ trên xuống.



Hình 10.11: Sơ đồ thi công đào hang nghiêng bằng thiết bị cào đá

1. thiết bị cào đá; 2. gầu xúc máy cào; 3. ben để vận chuyển; 4. ống thông gió;
5. đường vận chuyển của ben; 6. đường đi bộ

Trong những hang có độ nghiêng lớn tiết diện lớn hơn 20m^2 thì hiệu quả hơn là đào hang định hướng ($S \leq 10\text{m}^2$) sau đó mở rộng hang đến tiết diện thiết kế.

Khi đào các hang tiết diện $\leq 6 - 8\text{m}^2$ theo hướng từ dưới lên thì hợp lý hơn cả là sử dụng các tổ hợp đào dạng sàn công tác tự hành. Góc nghiêng trong trường hợp này phải không nhỏ hơn 40° để đảm bảo tự thải đá xuống dưới do trọng lượng bản thân. Trong trường hợp ngược lại thì đá sẽ bị giữ lại ở đáy hang. Tốc độ đào khi dùng các tổ hợp này đạt $100\text{m}/\text{tháng}$.

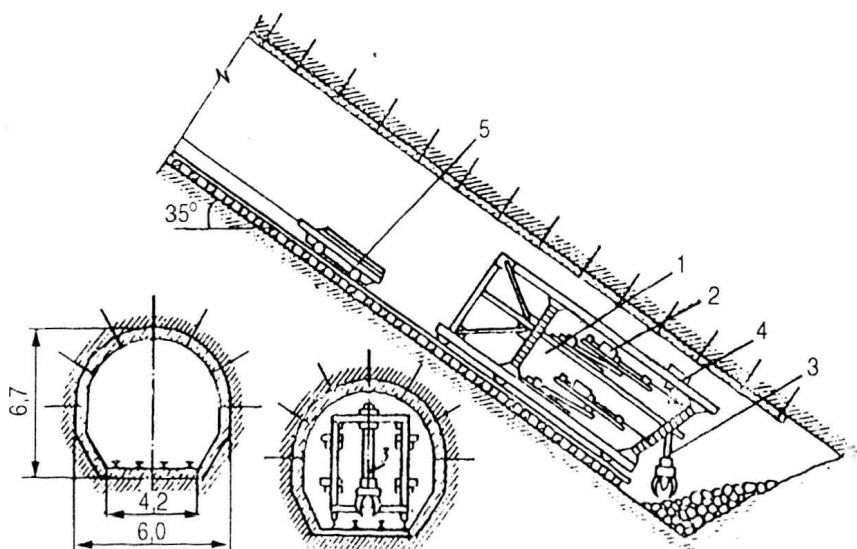
Việc đào hang từ trên xuống được ứng dụng chủ yếu trong những đất đá dễ sụt lở, trong những hang đứng ngắn. Với phương pháp này việc khoan và lấp đất vì chống tạm sẽ được giảm nhẹ, bớt phức tạp nhưng việc thải đá sẽ khó khăn hơn.

Dưới đây là một ví dụ về thi công hang nghiêng khi xây dựng thủy điện Inguri thuộc cộng hòa Grudia (Liên Xô cũ). Ở đây đã sử dụng một tổ hợp thiết bị để tiến hành cả việc khoan và thải đá. Tổ hợp đào là một kết cấu không gian, hai bên vách của nó có lắp hai máy khoan BY-1. Trên mặt trước khung có lắp máy đào gầu ngoạm KC-3 dịch chuyển trên ray đơn ở bên trái và bên phải của trục hang để bốc đá (hình 10.12).

Phạm vi hoạt động của gầu ngoạm là trên toàn gương. Việc thải đá bằng cách dùng ben có dung tích $2,2\text{m}^3$. Để di chuyển, tổ hợp và ben được đặt trên đường ray: đối với tổ hợp đào có khổ là 3700mm , đối với ben thải đá là 1100mm .

Gương có diện tích 37m^2 được khoan bằng 4 búa với chiều sâu lỗ $4,0\text{m}$, số lượng lỗ là 64. Sơ đồ bố trí lỗ được chọn trên cơ sở có xét đến sự phân lớp của địa tầng và khả

năng khoan của tổ hợp. Thuốc nổ dùng Ammônít 6 ЖВ có lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị là $1,17\text{kg/m}^3$. Khối lượng đá nổ ra là 145m^3 . Thời gian tiêu phí nhiều nhất trong một chu trình đào là cho quá trình bốc đá. Để vận hành tổ hợp cần 5 thợ đào hầm, trong đó 4 thợ khoan và một vận hành máy xúc thải đá. Để dịch chuyển ben thải đá dùng một tời đặt trong hang ngang phía trên ở trong một buồng riêng. Đá kéo lên một cầu cạn, đổ vào phễu rồi rót vào ô tô tự động để chuyển ra ngoài. Tiến độ đào chung trên toàn tiết diện của hang nghiêng này là 20m/tháng .



Hình 10.12: Tổ hợp đào hầm dẫn nước vào tuabin

1. tổ hợp đào; 2. thiết bị khoan; 3. gầu xúc;
4. khởp treo và ray đơn để dịch chuyển gầu xúc; 5. ben

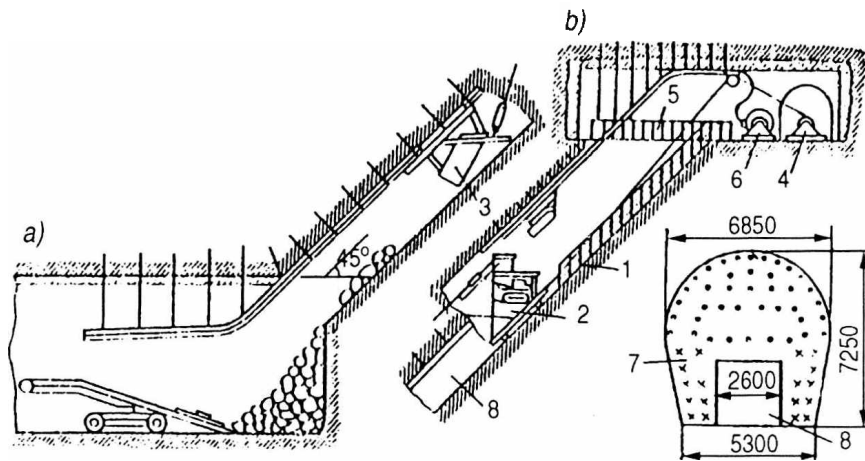
Khi tiến hành khoan nổ mìn cố gắng tạo nên vách hang bằng phẳng và bảo vệ khối đá bao quanh khỏi bị phá hoại. Để đảm bảo yêu cầu này tốt nhất là áp dụng công nghệ nổ mìn tạo biên.

Phương pháp đào có sử dụng hang dẫn định hướng, sau đó mở rộng đến tiết diện thiết kế là phương pháp năng suất và hiệu quả hơn cả. Việc đào các hang định hướng (với độ nghiêng $> 40^\circ$) tốt nhất là dùng các tổ hợp tự hành kiểu КПВ hoặc Alimak như đã nêu trên.

Sơ đồ này thực tế đã áp dụng có hiệu quả khi đào các đoạn nghiêng của các hầm dẫn nước vào của thủy điện Hoà Bình (với việc sử dụng tổ hợp КПВ do Liên Xô cũ sản xuất), thủy điện Nurek ở cộng hoà Tagikistan với góc nghiêng 45° . Sơ đồ thi công như trên hình 10.13a.

Hang dẫn định hướng tiết diện $6,5\text{m}^2$ đào ở phân đáy của hầm dẫn nước vào với việc sử dụng tổ hợp đào КПВ-1М (ở Nurek) КПВ-4 (ở Hoà Bình). Hai thợ khoan tiến hành khoan gương. Sau khi nổ mìn đá tự rơi xuống hang phía dưới. Bốc đá bằng máy xúc ПНБ-3К chuyển ra ngoài bằng ô tô tự động.

Sau khi đào xong hang dẫn định hướng trên toàn chiều dài hầm nghiêng tiến hành mở rộng hầm dẫn nước vào tuabin có đường kính 9m (Hoà Bình), 6,85m (Nurek) theo hướng từ trên xuống đến tiết diện thiết kế. Sơ đồ bố trí thiết bị như trên hình 10.13b.



Hình 10.13: Xây dựng hầm dẫn nước vào tuabin nhà máy thủy điện Nurek

a) Đào hang dẫn hướng; b) Đào mở rộng ra toàn tiết diện;

1. đường ray; 2. khung khoan; 3. tổ hợp KPIB-1M; 4. tời giữ khung khoan; 5. hàng rào;
6. cuộn cáp; 7. gương đào có bố trí lỗ mìn; 8. hang dẫn hướng

Ngoài các phương pháp như đã nêu trên, trong thực tế xây dựng hầm trên thế giới không ít trường hợp người ta đã sử dụng các máy liên hợp hoặc tổ hợp đào hầm để đào các hang nghiêng. Về nguyên tắc như đã nêu trong chương 9.

2. Xây dựng các hầm nghiêng dẫn nước vào nhà máy thủy điện

Việc xây dựng các hầm nghiêng, đặc biệt là các hầm nghiêng dẫn nước vào nhà máy thủy điện, ngoài công tác đào hang như đã nêu trong các mục trước còn phải tiến hành gia công và lắp đặt các vỏ thép và đổ bê tông vào phần sau của vỏ thép này. Trong thi công hầm thủy lợi nghiêng từ trước đến nay công tác gia công và lắp đặt vỏ thép thường do các đơn vị lắp máy tiến hành.

Các vỏ thép khi có đường kính $\leq 3,5\text{m}$ thường được chế tạo thành từng vòng hoàn chỉnh trong nhà máy rồi chở đến lắp ráp tại hiện trường. Khi thi công các áo thép phi tiêu chuẩn (đường kính lớn hơn $3,5\text{m}$) thì thường chế sẵn ở trong xưởng thành từng mảnh, các vòng cứng có thép neo vào bê tông và các chi tiết đỡ khác rồi tiến hành tổ hợp ở hiện trường. Trong trường hợp này ở hiện trường phải có bãi lắp ráp, tổ hợp với các trang thiết bị phục vụ cho công tác này. Sau khi tổ hợp ở bãi có thể đưa vào vị trí lắp đặt cuối cùng. Trong trường hợp có nhiều lối vào hầm thì công tác tổ hợp kết cấu thép có thể tiến hành làm nhiều nơi ở gần cửa.

Các mảnh của áo thép được tổ hợp ở trong hang sau khi đã kết thúc toàn bộ công tác đào, làm sạch hang, đổ bê tông đường ray. Việc lắp ghép áo thép thường bắt đầu từ vòng có tư thế nằm ngang dưới cùng để sau đó chúng tiếp nhận tải trọng dọc trục do trọng lượng của những khâu nằm trên nó trong quá trình lắp ghép chúng. Quá trình tổ hợp ống thép tiến hành từ dưới lên trên. Để tổ hợp, bắt đầu từ khâu đưa các vòng đã chế sẵn và được lắp ghép thành vòng trên bãi ở gần cửa, dùng cần cẩu chân dê, hoặc cầu ô tô có sức

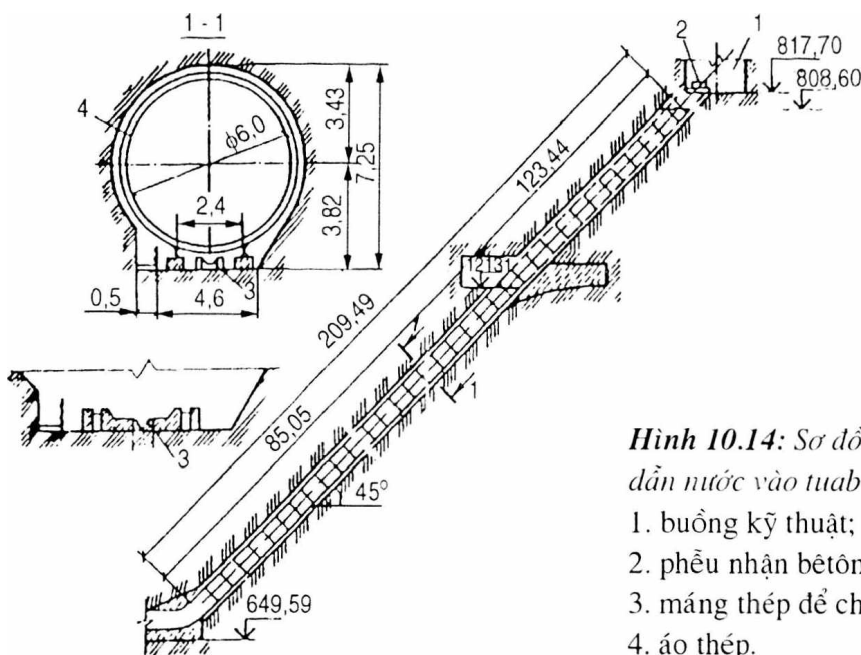
nâng đến 50t để đưa vòng lên xe chở chuyên dụng và theo đường ray chuyển vào vị trí trong hang nghiêng.

Việc đưa các vòng lớn vào phải sử dụng các tời điện có phanh hãm. Tời thường được bố trí trong buồng của cửa van (đối với hầm thủy điện). Khi đến vị trí người ta dùng kích để nâng vòng võ ra khỏi xe chở và đưa chúng vào vị trí thiết kế. Mỗi nối các vòng dùng phương pháp hàn một phía từ trong ra.

Trước khi bắt đầu hàn một vòng cần phải kiểm tra kỹ vòng sắp hàn nối về trị số khe hở trước khi hàn, không có sự hư hỏng, rách trên đường nối... Trị số sai số cho phép phải tuân theo các trị số trong quy trình. Sau khi kết thúc công tác lắp áo thép thì tiến hành đổ bê tông lấp đầy không gian sau áo thép. Phổ biến hơn cả là dùng bê tông rót để lấp đầy (bê tông tự đầm chặt do trọng lượng bản thân).

Việc sử dụng bê tông rót đã được áp dụng ở rất nhiều công trình của nước ngoài. Riêng ở Liên Xô (cũ) bê tông rót đã dùng khi xây dựng đợt hai nhà máy thủy điện Kham. Khi xây dựng nhà máy thủy điện Inguri, Nurek, Baipadin v.v...

Trên hình 10.14 là sơ đồ đổ bê tông hầm nghiêng dẫn nước vào tuabin của nhà máy thủy điện Nurek (Liên Xô cũ). Phần hầm nghiêng có đường kính trong 6m dài trung bình 235m đã thiết kế và đào với góc nghiêng 45°. Trị số đổ bê tông sau ống thép là dày 0,4m. Trên công trường đã sử dụng sơ đồ như sau: đầu tiên lắp ráp áo thép trên suốt chiều dài hầm. Phần thép đáy hầm để chuyển bê tông rót được hàn vào các sườn cứng của vỏ và được lắp ráp cùng với áo thép. Bê tông rót được cấp vào hầm bằng ô tô tự đổ rồi đổ vào một phễu (ben) nhận, sau đó tự chảy theo đáy hầm vào không gian sau áo thép. Bê tông tự đầm chặt do trọng lượng bản thân. Cường độ đổ bê tông trung bình là 15-20m³/h. Việc thử mẫu bê tông rót khi chịu nén với các chỉ tiêu sau: $P_{28} = 20,9$; $P_{90} = 34,5$; $P_{180} = 41,4$ MPa.



Hình 10.14: Sơ đồ đổ bê tông hầm nghiêng dẫn nước vào tuabin

1. buồng kỹ thuật;
2. phễu nhận bê tông;
3. máng thép để chuyển bê tông không đầm;
4. áo thép.

Chương 11

XÂY DỰNG GIAN MÁY VÀ CÁC BUỒNG CÓ TIẾT DIỆN LỚN

§1. CÁC NGUYÊN TẮC ĐÀO CÁC BUỒNG TIẾT DIỆN LỚN

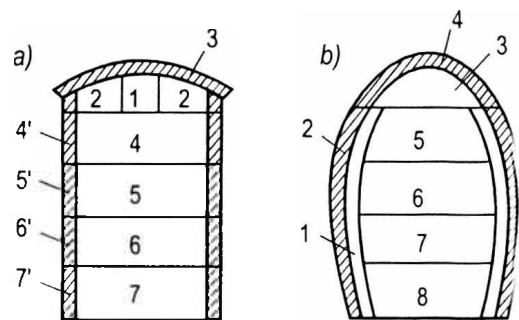
Các gian buồng ngầm thường gặp trong xây dựng các tổ hợp ngầm của các nhà máy thủy điện, thủy tích điện, các công trình công nghiệp, gara, kho chứa ngầm v.v... Chiều dài của chúng thường đạt 200m, đôi khi 300-500m. Bề rộng đến 30m, chiều cao 50m. Gian máy thủy điện Hoà Bình dài 264m, cao 57m rộng 22m; gian máy thủy điện trên sông Lagran ở Canada rộng 26,5m, cao 47,3m, dài 483,4m. Trong gian máy này bố trí 16 tổ máy công suất mỗi tổ là 339000kW.

Diện tích tiết diện ngang của các gian ngầm có thể đạt tới 1000m², đôi khi còn vượt con số này.

Các công trình ngầm tiết diện lớn dạng buồng phần lớn xây dựng trong đá cứng, ít nứt nẻ để giảm nhẹ công tác đào và các chi phí vào việc gia cố tạm. Tuy nhiên, cũng không ít những công trình ngầm loại này bố trí dưới mực nước ngầm và trong đá nứt nẻ, phá hoại, độ cứng trung bình và mềm. Việc xây dựng những công trình loại này là những bài toán công trình hết sức phức tạp.

Trong thực tế thường có hai giải pháp cơ bản về trình tự đào các hang tiết diện lớn (hình 11.1): đào phần vòm, xây vỏ phần vòm, sau đó đào khối địa tầng cơ bản (phần lõi) gia cố hai vách (hình 11.1a); tạo mặt cắt theo chu vi hang cùng với việc gia cố vách hang và vòm sau đó đào phần cơ bản dưới sự bảo vệ của vỏ hầm (hình 11.1b).

Giải pháp đầu về mặt nguyên tắc là áp dụng cho những hầm xây dựng trong đá cứng còn giải pháp thứ hai là cho những hầm trong đá trung bình và đá mềm có nhịp hang khá lớn. Khi đào các buồng tiết diện lớn, không phụ thuộc vào thứ tự đào, cần phải tuân theo



Hình 11.1: Sơ đồ nguyên tắc trình tự đào và gia cố các hang lớn

- a) Đầu tiên đào và gia cố phần vòm;
b) Đầu tiên đào và gia cố theo chu vi tường và vòm (các con số để chỉ thứ tự thực hiện)

một nguyên tắc cơ bản là: trước khi bắt đầu đào một bộ phận nào của tiết diện hang thì phần nằm trên nó phải được gia cố chắc chắn để đảm bảo sự ổn định của công trình và an toàn cho người làm việc ở trong công trình.

Trong quá trình thi công công trình ngầm dạng buồng cần phải tiến hành sao cho sự phá hoại khối đá bao quanh là tối thiểu. Vì thế việc áp dụng công nghệ nổ mìn tạo biên là yêu cầu bắt buộc. Thường thì trong phần vòm áp dụng phương pháp nạp mìn gần còn các bậc dưới thì dùng phương pháp tạo khe trước.

Việc đào các công trình ngầm thuận lợi hơn cả là tiến hành từ hai đầu của buồng bằng hai gương dọc theo trục hang theo hướng gặp nhau. Tuy nhiên, không phải bao giờ cũng tổ chức thi công được theo sơ đồ này bởi vì các hang phụ thường hay cắt buồng ở những vị trí khác nhau.

Các hang phụ cắt ngang công trình ngầm tùy theo công dụng của chúng được chia làm hang cố định (có sử dụng để khai thác công trình sau này) hoặc hang tạm (chỉ sử dụng trong quá trình thi công). Khi chọn loại và số lượng các hang phụ đầu tiên phải kiểm tra xem có thể hạn chế chỉ sử dụng các hang cố định như công trình phục vụ thi công được không. Những hang vĩnh cửu thường dùng là các hang của hầm dẫn nước vào hoặc dẫn nước ra, hầm kỹ thuật, hầm để lắp ráp, thang máy hoặc thông gió.

Các hang dẫn vào thường có dạng hang ngang hoặc có độ nghiêng nhỏ. Cũng thường gặp dạng hầm tổ hợp với giếng. Các hầm ngang là rẻ nhất và thuận tiện để chuyển các thiết bị có kích thước lớn vào. Trong điều kiện miền núi thì các hầm này thường cắt các buồng ngầm từ bên cạnh để rút ngắn chiều dài hầm phụ. Khi thi công bằng máy xúc và ô tô tự đổ, với chiều dài hầm phụ lớn hơn 300m thì chúng được thiết kế với tiết diện ngang đủ cho hai làn xe, có ngách tránh và quay ở giữa. Đáy hầm phụ tốt nhất là đổ bê tông. Tuyến hầm phụ nên thiết kế có độ nghiêng nhỏ ($\text{độ dốc} \leq 1:10$) để rút ngắn chiều dài hầm.

Các hầm phụ có dạng giếng đứng, giếng xiên chỉ dùng khi có luận cứ đầy đủ về tính hợp lý của chúng. Về phương diện thi công, công tác đào giếng có độ phức tạp và tốn phí gấp 4 - 5 lần so với đào hầm. Thực tế chứng tỏ là nếu hầm có độ dốc 1:4 với chiều dài 100m thì thi công thuận lợi hơn giếng có chiều sâu 20-25m. Ngoài ra việc sử dụng giếng sẽ hạn chế quá trình cơ giới hoá các công tác trong thi công.

Số lượng, chủng loại, kích thước và vị trí các hầm phụ trong từng trường hợp cụ thể được chọn trên cơ sở các phương án phù hợp với sơ đồ chung của tổ hợp ngầm, của điều kiện địa hình và địa chất công trình.

Như trên hình 11.1, các công trình ngầm dạng buồng trong mặt cắt ngang có thể chia làm hai phần cơ bản: phần dưới vòm (trong hình 11.1a là các mảnh từ 1-3) hoặc phần cắt trước (hình 11.1b là từ 1.4) và khối cơ bản hay còn gọi là phần lõi (hình 11.1a là 4.7, hình 11.1b là 5.8).

Khi đào phần dưới vòm thì tổ hợp thiết bị và sơ đồ công nghệ không khác gì việc thi công các hầm tiết diện lớn (đã trình bày trong các chương trước).

Việc cơ giới hoá đồng bộ công tác ngầm khi đào các bậc của khối đá cơ bản (lõi) trong buồng cũng giống như thi công bậc dưới của hầm tiết diện lớn. Việc nổ mìn các lỗ khoan đường kính lớn được tiến hành từ mái dốc của bậc chưa bốc đá của chu kỳ nổ liền trước nó (hoặc đã bốc đá hoàn toàn). Giải pháp nổ như vậy chủ yếu là để giảm tác động của nổ mìn lên công trình. Đối với mỗi bậc (cao đến 10m) cần phải có lối thoát riêng, độc lập hoặc hầm nhánh của lối chung dẫn vào. Việc hạ bậc năng suất trung bình thường từ 500 đến 800 m³/tháng. Thời hạn xây dựng công trình ngầm dạng buồng (bao gồm cả hang phụ) do thiết kế quy định. Sơ bộ có thể tham khảo các số liệu sau:

Khối lượng đất trong hang (nghìn m ³)	≤ 30	30 - 60	60 - 90	90 - 150
Thời hạn xây dựng (năm)	1,5	2,0	2,5	3-4

Trong thời hạn trên chưa kể đến việc lắp ráp các thiết bị khai thác, thời hạn này thường khoảng gần 1 năm, đôi khi có thể bố trí song song với công tác thi công.

§2. XÂY DỰNG CÁC CÔNG TRÌNH NGẦM DẠNG BUỒNG TRONG ĐÁ CỨNG

1. Đào phân vòm

Như trên hình 11.1a, phần trên của buồng được đào làm hai giai đoạn (1, 2). Việc đào có thể thực hiện toàn tiết diện, trong một giai đoạn. Theo các quy phạm hiện hành (của Liên Xô cũ CHuΠ 3.07-85) việc đào phân vòm của công trình ngầm nhịp ≤ 20m trong đá cứng ổn định (hệ số độ cứng $f_k > 8$, môđun biến dạng $E = 10 \cdot 10^3 \text{MPa}$, tốc độ lan truyền sóng dọc siêu âm $V \geq 4200 \text{m/s}$) thì có thể tiến hành trên toàn tiết diện rồi sau đó đổ bê tông vòm hầm cho phần vòm.

Kích thước của phân vòm hang quyết định sao cho không ách tắc trong thi công: cả đối với máy xúc và phương tiện vận chuyển thải đá, cả phương tiện giao thông và ống gió dưới ván khuôn. Thường thì bậc dưới thi công nhanh hơn phân vòm. Chiều cao tối thiểu của phân vòm quyết định tùy thuộc vào kích cỡ của các thiết bị (trong thực tế thường lấy 6-9m).

Ở những đoạn ngắn, chỗ địa tầng bị phá hoại, giảm yếu để không thay đổi sơ đồ công nghệ đào toàn tiết diện, có thể tiến hành đào một hang dẫn giữa vượt trước một hoặc hai chu kỳ đào (bước đào). Với phương pháp này không thể đổ bê tông ngay được trên toàn gương. Để đẩy nhanh công việc có thể áp dụng biện pháp phun bê tông hai lượt, tổ hợp với neo và bê tông. Trình tự thi công khác với thực tế thông thường đôi chút, cụ thể là: ngay lập tức sau khi nổ mìn gương đào và dọn sửa đá phân bóc, trước khi xúc đá tiến hành phun phủ bề mặt hang một lớp bê tông dày 5cm. Sau khi bốc đá qua lớp bê tông phủ này tiến hành khoan lỗ, đặt neo, khi cần thiết thì treo lưới thép. Quá trình này tiến hành đồng thời với khoan lỗ ở trên gương. Tiếp theo ở khoảng cách chậm sau chừng 10m kể từ gương, tức là sau hai đến ba ngày kể từ lúc phun lớp đầu, tiến hành phun lớp thứ hai. Chiều dày chung của hai lần phun phải đạt giá trị tính toán (10-15cm).

Việc thay đổi trình tự công việc khi xây dựng vì chống trong trường hợp trên cho phép làm giảm nhẹ kết cấu của chúng. Các biến dạng của khối địa tầng xảy ra lập tức sau khi đào hang và sau đó vài ba ngày do hệ vì chống mềm neo + đá tiếp nhận. Sau khi dỡ tải khối đá, khi mà tải trọng ổn định và giảm thì vì chống tăng cường sẽ làm việc như kết cấu cứng.

Trên những đoạn đất đá bị phá hoại mạnh, để tránh phải đào theo giai đoạn thì từng phân tiết diện hang có thể đào tiết diện với việc sử dụng phương pháp đặt neo trước (xem chương 2 mục §2).

Trong trường hợp này nếu như nhịp phân vòm vượt quá 20m thì sự cần thiết và khả năng có thể đào toàn tiết diện phần này phải được xác nhận trong thiết kế thi công.

Theo quy phạm của Liên Xô cũ (CHuП 3.07.01-85) thì việc đào và đổ bê tông phần vòm của hang có nhịp lớn hơn 20m trong các địa tầng ổn định, và không phụ thuộc vào nhịp ở trong địa tầng ổn định trung bình (hệ số độ cứng $f_k = 4 \div 8$, môđun biến dạng $E = (5 \div 10) \cdot 10^3$ MPa, tốc độ lan truyền sóng dọc siêu âm $V = 3500 \div 4200$ m/s) đề nghị thi công theo sơ đồ có phần giữa vượt trước. Khi sử dụng sơ đồ này phần giữa có thể vượt trước trên toàn chiều dài hầm hoặc chỉ vượt trong một khoảng nào đó.

Trong các buồng chiều dài lớn hơn 100m khi có phần giữa tiết diện đào trước trên suốt chiều dài thì có thể tổ chức đào mở rộng phần vòm trên từng đoạn 50 - 80m.

Trong quá trình đào phần vòm tiến hành dựng vì chống tạm (thường là neo và bê tông phun) bắt đầu từ phần giữa, sau đó là hai bên theo tiến trình của công tác đào.

Song song với việc đào phần vòm, tiến hành khoan nổ tạo biên cho phần dưới bằng các lỗ mìn thẳng đứng theo phương pháp tạo khe trước. Việc đào bậc dưới và xây tường tiến hành sau khi đã kết thúc việc xây dựng vỏ của phần vòm.

Công tác bê tông tiến hành cách gương một khoảng xác định (không nhỏ hơn 50m). Khi buồng ngăn việc đổ bê tông được thực hiện sau khi kết thúc toàn bộ công tác đào phần vòm trên suốt chiều dài hầm.

Việc đổ bê tông khi xây dựng các công trình ngầm dạng buồng về nguyên tắc không khác gì công tác bê tông hầm. Khi nhịp hang rất lớn, thì các ván khuôn di động thường cồng kềnh, đắt và khó khăn khi lắp ráp. Do đó chỉ dùng chúng khi hang có chiều dài lớn hơn 200m. Trong những hang ngắn hơn thì dùng ván khuôn lắp ghép theo từng đoạn một.

Tốc độ đổ bê tông trong phần vòm khi dùng ván khuôn lắp ghép theo từng đốt 2-3m thường không cao. Phần lớn thời gian dành cho việc lắp dựng, kiểm tra, định vị, tháo và di chuyển ván khuôn. Việc chuyển sang vị trí mới chỉ tiến hành khi bê tông đạt độ bền yêu cầu, có nghĩa là sau một số ngày nhất định được quy định trong thiết kế.

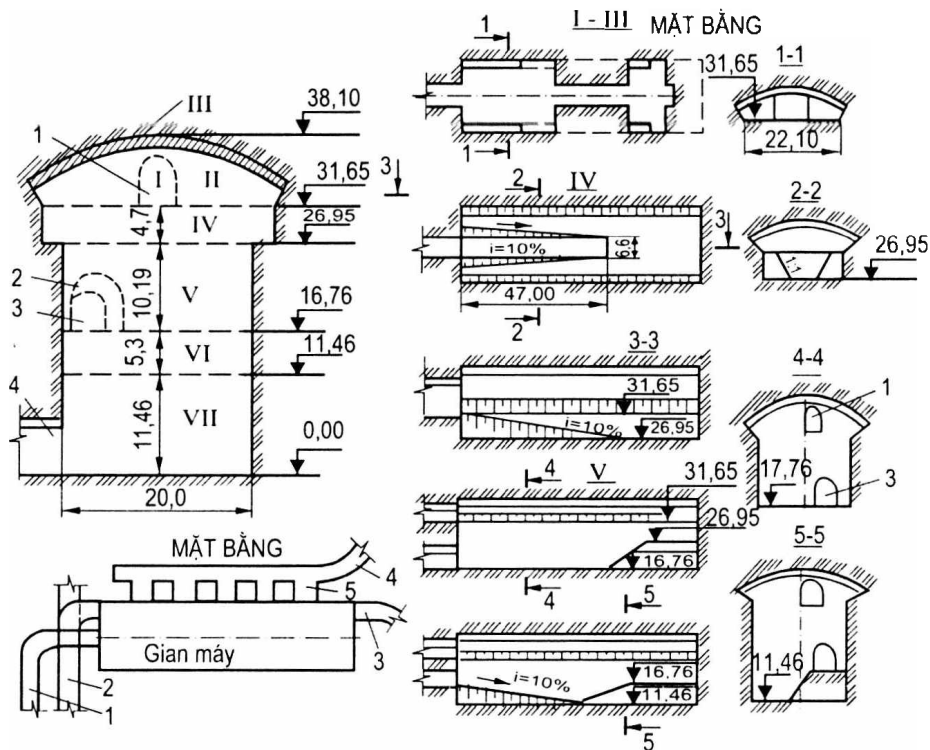
Do đó người ta thường dùng các khung cốt thép chế sẵn ở trong xưởng rồi lắp ghép và định vị bằng neo vào đúng vị trí ở trong hang. Ván khuôn có thể dùng dạng lưới thép dày định vị lên khung cốt thép (nếu khung cốt thép đủ cứng). Phần ván khuôn lưới cũng

có thể được chế tạo ở trong xưởng cùng với khung cốt thép. Bằng giải pháp này cho phép giảm nhẹ công tác ván khuôn.

Việc áp dụng ván khuôn lưới thép thay cho ván khuôn thép là hợp lý trong những trường hợp khi không có yêu cầu nghiêm ngặt về chất lượng bề mặt của công trình. Mặt trong vòm có thể phun phủ một lớp rồi làm nhẵn. So với ván khuôn lắp ghép dạng cứng thì việc dùng ván khuôn lưới thép cho phép tiết kiệm thép, giảm những khó khăn và nâng cao tốc độ đổ bê tông khoảng 25 - 30%.

2. Đào khối cơ bản (phần lõi)

Theo quy phạm CHuП 3.07.01-85 của Liên Xô cũ thì việc đào phần lõi của hang dạng buồng, trong đó có xây kết cấu vĩnh cửu (vỏ hầm) nên tiến hành theo chiều từ trên xuống dưới. Trong các địa tầng ổn định thì đào từng bậc có chiều cao $\leq 10\text{m}$. Trong đá có độ ổn định trung bình thì bậc cao $\leq 5\text{m}$. Trên hình 11.2 là sơ đồ đào một buồng trong đá cứng. Sau khi xong phần vòm (II, III) thì tiến hành đào lần lượt phần lõi theo các bậc 5 - 11m. Để vận chuyển đá từ bậc IV ra ngoài theo hầm 1 phải làm một đường dốc 10% IV. Cũng tương tự như thế khi chuyển đá từ bậc VI ra theo hầm 3. Đá từ bậc VII được chuyển ra ngoài theo hang phụ (4). Việc gia cố tường bằng neo sâu đến 14m được tiến hành đồng thời với việc đào mỗi bậc.



Hình 11.2: Sơ đồ đào hang lớn trong đá cứng theo bậc thang 1, 2, 3..., 5. đào hang dẫn; các số la mã chỉ thứ tự đào phần lõi.

Trong những buồng ngắn (chiều dài 20-30m) khi có các hang phụ nằm ngang vuông góc với trục của buồng thì việc đào lõi tiến hành như sau: hang phụ được đào cắt ngang

buồng sang đến tường bên kia. Sau đó đào một hang thẳng đứng (giếng) từ hang phụ đến phần vòm đã đào xong. Tiếp đó phá sập phần đất nằm giữa đáy của phần vòm và nóc của hang phụ, tức là tạo thành một hang dạng khe cắt ngang. Tiếp theo là quá trình mở rộng bậc dần dần về hai phía của buồng, việc thải đá được tiến hành qua khe này. Các máy xúc nằm trong hang phụ để xúc đá.

Khi có các hang phụ nối với giếng thì việc hạ bậc có chiều cao lớn sẽ không hợp lý và phức tạp. Trong trường hợp này chiều cao bậc nên hạn chế đến 5m. Thay vì đào các hang phụ cho mỗi lớp có thể sử dụng hang xả đá dạng thẳng đứng hoặc nghiêng nối các mức giao thông trên và dưới. Đá được xử lý từng lớp bằng máy xúc kết hợp với ủi đổ vào hang xả đá. Ở phần dưới của những hang xả đá phải tạo một bãi trữ để chứa đá và tổ chức bốc xúc vào goòng rồi chuyển ra ngoài theo các hang ngang đến giếng rồi đưa lên bề mặt.

Tường của buồng thường được đổ bê tông sau khi đào mỗi lớp của lõi đá có chiều cao đến 10m với việc sử dụng ván khuôn lắp ghép bằng thép. Để đảm bảo sự ổn định của ván khuôn khi lắp ghép và đổ bê tông người ta neo vào vách hang. Đối với tường là bê tông cốt thép người ta thường dùng các khung cốt thép chế sẵn ở trong xưởng. Trong trường hợp có thể người ta còn dùng ván khuôn lưới thép tương tự như đã trình bày ở trên đối với phần vòm.

3. Xây dựng công trình ngầm dạng buồng trong địa tầng có độ cứng trung bình và mềm yếu

Theo các quy phạm hiện hành của nước ngoài khi đào phần vòm của hang dạng buồng trong các loại đá kém ổn định (hệ số độ cứng $f_k < 4$, mô đun biến dạng $E = (2 \div 5) \cdot 10^3 \text{MPa}$, tốc độ lan truyền sóng dọc siêu âm $V \leq 3500 \text{m/s}$), không phụ thuộc vào nhịp hang, phải thực hiện theo phương pháp vòm trước. Phương pháp này ứng dụng khi đào các hang dạng buồng nằm trong địa tầng diệp thạch, alevrolit, sét cứng, có khả năng tiếp nhận tải trọng của chân vòm có xét đến tất cả các loại tải trọng tác dụng lên vòm.

Trong đa số trường hợp áp dụng phương pháp vòm trước, việc đào phần vòm được tiến hành trong các địa tầng có hệ số độ cứng $f_k = 3 \div 6$ hoặc trong đá cứng hơn ($f_k = 4 \div 8$) nhưng nứt nẻ mạnh.

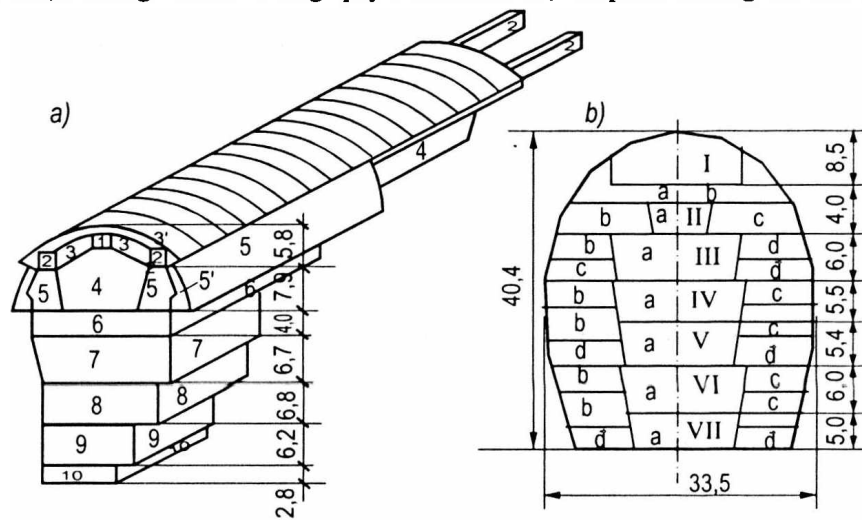
Các công tác đào tiến hành bằng phương pháp khoan nổ mìn cùng với việc xử lý cục bộ bằng búa chèn. Trong trường hợp cá biệt để đào đất đá hợp lý hơn là thay việc khoan nổ mìn bằng máy đào liên hợp (máy đào theo kiểu cần xoay). Ở Liên Xô cũ thường dùng các loại máy kiểu ПК-9p, 4ПП-2, 4ПП-5 v.v...

Nguyên tắc đào các hang dạng buồng theo phương pháp vòm trước được minh họa trên hình 11.3. Trên sơ đồ hình 11.3a đào đá trong phần vòm được tiến hành với bước đào 3-6m theo chiều dài hang một cách tuần tự hoặc cách hai đến ba đoạn rồi đổ bê tông vòm. Sau khi bê tông đạt 60% độ bền thì tiếp tục đào bước đào tiếp theo.

Bạc mà giá vòm kê lên chỉ được đào khi bê tông đã đạt 100% độ bền thiết kế, cho vòm hầm tiếp nhận toàn bộ tải trọng tính toán và 75% độ bền thiết kế cho vỏ hầm xây dựng trong đá cứng $f_k = 4$ và lớn hơn. Theo quá trình đào phần vòm, đá được xả xuống mức nằm ngang phía dưới rồi chở ra ngoài.

Sau khi kết thúc việc đào phần vòm và đổ bê tông cốt thép vòm trên suốt chiều dài buồng sẽ tiến hành đào phần lõi (khối cơ bản). Theo quy phạm việc đào phần lõi trong đá kém ổn định được thực hiện từ trên xuống dưới thành từng bậc chiều cao $\leq 3\text{m}$.

Việc đào bậc cũng phải tuân theo nguyên tắc của phương pháp vòm trước, tức là phải chừa lại trụ đá dưới chân vòm (hình 11.3b). Bề rộng của trụ đá xác định trong thiết kế phụ thuộc vào áp lực của chân vòm đè lên đá. Việc đào bậc (trụ) đá và đổ bê tông tường phải tiến hành từng đợt sole nhau hoặc đồng thời cả hai bên khi đó khe nối của vòm và tường không được trùng nhau. Trong quy trình đào trụ đá phải chống đỡ vách của buồng.

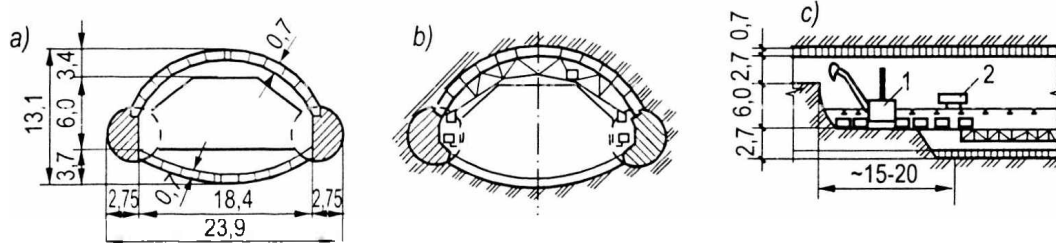


Hình 11.3: Sơ đồ đào hang lớn bằng phương pháp vòm trước
a, b) Sơ đồ đào cụ thể các loại hang; các số trên hình chỉ thứ tự đào

Các hang dạng buồng nằm trong đá kém ổn định, bão hoà nước được xây dựng bằng phương pháp vòm trước theo sơ đồ hai hàng dẫn. Hàng dẫn trên được bố trí bằng mức đỉnh vòm, hàng dẫn dưới ở mức đáy của buồng. Giữa hàng dẫn trên và hàng dẫn dưới cứ 15-20m đào một lối thông thẳng đứng hoặc xiên để thải đá và cũng theo các lối này nước được đưa xuống hầm thoát nước phía dưới. Khi có hai hàng dẫn trên và dưới sẽ giảm nhẹ công tác thi công ngầm một cách đáng kể.

Trong những trường hợp cá biệt công trình ngầm dạng buồng bố trí trong đất yếu như đất sét, á sét, á cát, cát, cuội sỏi.... không có khả năng tiếp nhận áp lực chân vòm. Trong những điều kiện khó khăn như vậy, việc thi công phải theo phương pháp nhân đỡ. Sơ đồ nguyên tắc của phương pháp này như mô tả trên hình 11.1b, cụ thể như sau: đầu tiên đào từng mảnh và xây tường bê tông cốt thép, sau đó là vòm tựa lên tường, cuối cùng khi đã có kết cấu vỏ bảo vệ thì đào phân nhân ở giữa. Khi mở tiết diện và xây vỏ các vòm chống và giá vòm được chống tựa lên nhân ở giữa do đó nó được gọi là phương pháp nhân đỡ.

Theo quy phạm các hang dẫn bên để xây tường có thể đào trên suốt chiều dài của công trình dạng buồng. Việc đào các rãnh phía trên chỉ cho phép tiến hành khi bê tông rải dưới đã kết thúc và đạt 25% cường độ thiết kế. Sau khi đổ bê tông thì phần trống giữa tường và vì chống của hang dẫn phía dưới được lấp đất và lèn chặt. Chiều dài đốt mở rộng phần vòm thường không vượt quá 4m. Tuy nhiên việc đào từng vùng mở rộng phần vòm được tiến hành cách nhau 2-3 đốt. Trong những đất không bị nước xói mòn thì hang dẫn dưới được đào trước theo trục công trình.



Hình 11.4: Sơ đồ đào ga metro dạng một vòm (ga Quảng trường Dũng cảm ở Leningrat)

a) Sơ đồ hang; b) Đào phần vòm; c) Đào phần thân và vòm ngửa;

1. máy xúc gầu ngược; 2. cầu chạy

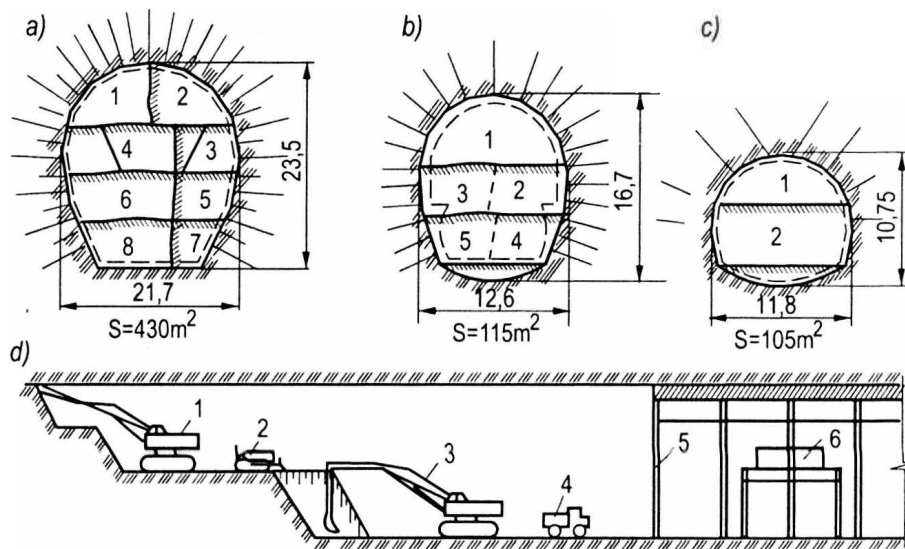
Trên hình 11.4 là sơ đồ đào hang một vòm của ga xe điện ngầm "Quảng trường dũng cảm" ở Leningrát bằng phương pháp nhân đở. (Ga Bách khoa ở Leningrát cũng đào tương tự). Ga dài 172m có tổng khối lượng đất đá đào là 30000m³ nằm trong đất sét. Việc xây dựng ga bắt đầu từ việc đào các hầm để xây trụ tường đường kính 5,5m. Cùng với đào hầm là việc đổ bê tông. Trụ kê vòm cũng là tường của kết cấu ga. Sau khi kết thúc việc đổ bê tông tường, phần vòm bên trên được lắp ghép từ các khối bê tông cốt thép đúc sẵn bằng thiết bị chuyên dụng di chuyển trong không gian đã đào dưới vòm (hình 11.4b). Việc đào đất được tiến hành từ sàn của thiết bị lắp vào hầm với bước đào 1m cùng với việc lắp hai vòm chịu lực từ các khối bê tông cốt thép đúc sẵn tiết diện 50 × 70cm.

Sau khi làm xong việc xây vòm và ép nó về phía địa tầng, trên toàn chiều dài buồng thì tiến hành đào đất phần nhân (hình 11.4c). Việc lắp ráp vòm ngửa được tiến hành bằng cần cầu kiểu dầm có sức nâng 5t. Sau khi lắp ráp các khối thì tiến hành ép nó về phía địa tầng bằng một kích đĩa như phần bên trên.

Những hạn chế theo các điều kiện địa chất công trình, do đất yếu để áp dụng phương pháp nhân đở là không rõ ràng đối với hang dạng buồng có nhịp lớn hơn 25m. Đối với những hang loại này nằm trong địa tầng tương đối ổn định, độ cứng trung bình thì phương pháp nhân đở là ưu thế so với các phương pháp khác không chỉ trong việc đảm bảo ổn định hang khi thi công mà cả về các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Có được điều đó là do phương pháp nhân đở đảm bảo an toàn cho công tác ngầm trong những điều kiện phức tạp và cho phép đào phần nhân bằng các phương tiện có năng suất cao dưới sự bảo vệ chắc chắn của vỏ hầm.

Trong các loại đất kém ổn định, như đã nêu trên, các hang dạng buồng có thể được đào bằng phương pháp vòm trước (đôi khi bằng phương pháp nhân đỡ) không loại trừ khả năng áp dụng phương pháp gương đào dạng bậc thang (phương pháp nước Áo mới NATM). Với phương pháp này mặt phẳng gương đào được đào từng mảnh không lớn. Việc đào gương theo bậc kéo dài đến 1,5 - 2 nhịp hang. Như vậy, các công việc tiến hành trên toàn gương nhưng diễn ra đồng thời ở các mức khác nhau. Đất đá được xả từ bậc này xuống bậc kia.

Sơ đồ nguyên tắc của việc đào hang bằng gương bậc thang chỉ ra trên hình 11.5. Ở đây mô tả các sơ đồ đào các hang khác nhau, mặt cắt dọc đặc trưng theo sơ đồ d là tương ứng với mặt cắt ngang của hang trên hình 11.5c.



Hình 11.5: Sơ đồ đào hang lớn bằng phương pháp bậc thang
a, b, c) Mặt cắt ngang các loại hang; d) Mặt cắt dọc hang;

1. máy đào liên hợp dạng cần xoay; 2. máy ủi; 3. máy xúc gầu ngược; 4. ô tô tự đổ;
5. ván khuôn di động; 6. thiết bị kéo lắp và di chuyển ván khuôn

Khi đào phải đảm bảo xu hướng là đào từng phần không lớn và ngay lập tức thực hiện quá trình gia cố bằng các neo và bê tông phun lên lưới thép. Trong phần vòm hang cùng với các vòm chống này tiến hành dựng các vòm mềm từ thép hình chuyên dụng. Mặt gương cũng được gia cố bằng bê tông phun.

Việc đào được tiến hành thường bằng máy liên hợp có bộ phận làm việc dạng cần xoay (trên từng đoạn cá biệt có thể áp dụng phương pháp khoan nổ mìn). Việc chuyển đá từ mức này sang mức kia được thực hiện bằng máy ủi hoặc máy xúc chuyển chạy trên xích bằng động cơ khí nén. Việc khoan neo tiến hành bằng máy khoan. Khi phun bê tông có thể sử dụng dụng cụ ô tô nâng. Thường trong gương bố trí một số máy phun bê tông để tiến hành gia cố đồng thời những vị trí khác nhau của hang. Đá được tập trung từ toàn tiết diện vào mức thấp nhất rồi dùng máy xúc gầu có dung tích lớn xúc lên ô tô tự đổ để chở ra ngoài (dung tích gầu 2-3m³, ô tô có tải trọng 20-30t).

Đáy hang, theo điều kiện làm việc của kết cấu, đa số là có dạng vòm ngửa và được đổ bê tông liền với kết cấu vỏ hang. Việc đổ bê tông các vỏ vòm cứ tiến hành vào thời điểm khi mà các biến dạng của lớp phủ bê tông phun đã kết thúc. Trong trường hợp này tải trọng truyền lên vỏ là không lớn. Phương pháp gương đào dạng bậc để đào các hạng dạng buông được ứng dụng trong những điều kiện địa chất đặc biệt (sét, cát, điệp thạch sét, biến chất phiến, argilit và các loại đất dính tương tự khác). Phương pháp đòi hỏi phải có quan trắc cẩn thận và lâu dài trong quá trình thi công về trạng thái và độ lún của đá cũng như kết cấu của vòm chống và áp dụng các giải pháp phù hợp khi tính nguyện ven của nó bị phá hoại.

Chương 12

KẾ HOẠCH HOÁ THI CÔNG NGẦM, CHỌN SỐ LƯỢNG GƯƠNG ĐÀO

§1. TIẾN ĐỘ VÀ THỜI HẠN THI CÔNG CÔNG TÁC NGẦM - CHỌN SỐ LƯỢNG GƯƠNG ĐÀO

Việc kế hoạch hóa và tổ chức thi công công tác ngầm sẽ xác định thời gian, sự phân giai đoạn và tiến độ thi công công trình ngầm nói chung, cũng như trình tự công nghệ hợp lý của các quá trình cơ bản trong thi công.

Đối với những hang lớn dạng buồng và những hầm có chiều dài lớn đặc biệt quan trọng là việc chọn đúng số lượng gương thi công để đảm bảo xây dựng đúng thời hạn đã quy định.

Số gương được xác định xuất phát từ thời hạn yêu cầu của quá trình xây dựng, của tiến độ đào trong điều kiện địa chất, địa hình nhất định, đặc trưng cho khả năng mở các gương phụ dạng hang ngang, xiên hoặc giếng đứng.

Theo các yêu cầu về an toàn khi xây dựng ngầm đối với những hầm tiết diện $\leq 16m^2$ chiều dài gương không vượt quá 1,5km. Đối với những hầm tiết diện lớn hơn $16m^2$ chiều dài tối đa của gương được xác định đến 2,0km. Trong trường hợp cá biệt khi chấp nhận gương dài hơn cần phải theo đúng với các quy định kỹ thuật của nhà nước hoặc ngành.

Việc tăng số lượng gương thi công sẽ rút ngắn thời hạn xây hầm, tuy nhiên khi chiều dài hầm lớn sẽ kéo theo việc tăng khối lượng công việc, tăng khối lượng xây dựng các khu phục vụ thi công ở khu vực cửa hầm, các xóm thợ, đường xá và các công trình hạ tầng khác v.v... Tất cả những điều đó sẽ làm tăng giá thành xây dựng công trình một cách đáng kể. Mặt khác với chiều dài gương từ 3km trở lên sẽ làm phức tạp việc tổ chức thi công, nhất là công tác vận chuyển thải đá, vật liệu, thiết bị, làm tăng chi phí lao động vào các quá trình phục vụ v.v... Điều đó dẫn đến việc giảm tốc độ đào và đổ bê tông vỏ hầm; làm dất thêm quá trình xây dựng. Trong những điều kiện này nếu địa hình cho phép thì cần phải xây các hang và giếng phụ. Như vậy trong giai đoạn thiết kế tuyến hầm cần phải xem xét trước việc chọn số lượng và vị trí các hang phụ.

Số lượng gương yêu cầu n với thời gian quy định T và chiều dài hầm L có thể xác định xuất phát từ phương trình:

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_3 + \frac{1}{V} \left[\frac{L}{n} - \left(T_2 \frac{V}{2} + T_3 \frac{V}{2} \right) \right] \quad (12.1)$$

trong đó: T_1 - thời hạn tiến hành các công tác phụ trợ, tháng;

T_2 - thời hạn đào các phần mở đầu của hang với tốc độ chậm, tháng;

T_3 - thời hạn đào phần hang với tốc độ chậm trước khi thông gương đào hoặc nối gương vào đường đào ngoài cửa, tháng;

V - tốc độ đào trung bình thiết kế của một gương, m/tháng.

Trong thực tế thường thấy rằng trong thời hạn T_2 và T_3 thì tốc độ đào thấp hơn khoảng hai lần tốc độ đào trung bình V có nghĩa là $0,5V$. Nếu ta gọi T_0 là thời hạn đào hầm (tháng) từ một gương thì $T_0 = L/V$ còn

$$T_1 + 0,5 (T_2 + T_3) = \Sigma T_i \quad (12.2)$$

thì từ công thức (12.1) sẽ nhận được thời hạn xây dựng hầm với một gương đào sẽ là:

$$T = \Sigma T_i + T_0 \quad (12.3)$$

còn với n gương sẽ là:

$$T = \Sigma T_i + \frac{T_0}{n} \quad (12.4)$$

Từ đó số lượng gương cần tìm sẽ là:

$$n = \frac{T_0}{T - \Sigma T_i} \quad (12.5)$$

Khi đào bằng phương pháp bậc thang dưới, với việc xây vỏ bằng bê tông ta có:

$$\Sigma T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad (12.6)$$

ở đây: T_4 - thời hạn đổ bê tông sau khi kết thúc công tác đào, tháng;

T_5 - thời hạn tiến hành công tác chuẩn bị gây ra do việc chuyển sang đào bậc dưới (di chuyển thiết bị, đặt lại các công trình kỹ thuật hạ tầng, làm lối lên, lối xuống), tháng.

Trong trường hợp này để tính toán, tốc độ đào được quy đổi ra tốc độ đào toàn tiết diện như sau:

$$V = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \quad (12.7)$$

trong đó: V_1, V_2 - tốc độ đào tương ứng với các gương trên và bậc dưới, m/tháng;

Khi có dọc theo tuyến hầm những vùng đất yếu:

$$V = \frac{V_k V_c}{V_k m + V_c (1 - m)}, \text{ m/tháng}$$

trong đó: V_k, V_c - tốc độ đào hầm tương ứng trong đá cứng và đá yếu, m/tháng;
 m - tỷ số chiều dài của đá yếu và chiều dài toàn hầm.

Việc tăng tốc độ đào hầm dẫn đến giảm thời hạn thi công là một đặc trưng kinh tế hết sức quan trọng để nâng cao hiệu quả đầu tư, giảm các chi phí vào các quá trình phục vụ, giảm giá thành công trình v.v...

Phương án cuối cùng của tuyến hầm, của số lượng gương hợp lý và vị trí của các hang phụ để mở các gương phụ cần phải xác định bằng việc lập luận chứng kinh tế kỹ thuật.

Cá biệt khi hầm thi công đồng thời từ hai cửa, có nghĩa là $n = 2$, không có hang phụ thì thời hạn xây dựng công trình được xác định như sau:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n \frac{l_n}{V_n} \quad (12.8)$$

trong đó: l_1, l_2, \dots, l_n - chiều dài các đoạn hầm nằm trong các điều kiện địa chất khác nhau;

V_1, V_2, \dots, V_n - tốc độ đào tương ứng với toàn đoạn.

Sự thay đổi tuyến và việc chuyển hầm lên gần bề mặt đến giới hạn cho phép có thể rút ngắn chiều dài các hang phụ và đôi khi tránh được những phức tạp về địa chất công trình. Trên hình 12.1 là mặt bằng khác nhau của việc vạch tuyến hầm với các hang phụ và không có hang phụ, một trong những phương án là cắt qua vùng đất yếu.

Khi xem xét các phương án có một hang phụ (hình 12.1) thời hạn xây dựng hầm nói chung hoặc đoạn phức tạp nhất có thể xác định đối với từng phương án theo công thức sau:

$$T_{I,II} = T_{hp} + \frac{L^{I,II} - T_{hp} V_T}{n_g V_T}, \text{ tháng} \quad (12.9)$$

Thời hạn đào hang phụ:

$$T_{hp} = \sum_{i=0}^n \frac{l_n^{hp}}{V_n^{hp}} \text{ tháng} \quad (12.10)$$

ở đây: $L^{I,II}$ - chiều dài của thời hạn bình thường để kết thúc xây dựng phần hầm cơ bản tương ứng với phương án I, II;

l_1, l_2, \dots, l_n - chiều dài của các đoạn hang phụ ở trong các địa chất khác nhau, m;

$V_1^{hp}, V_2^{hp}, \dots, V_n^{hp}$ - tốc độ trong các đoạn hầm tương ứng m/tháng;

n_g - số lượng gương đào;

V_T - tốc độ trung bình xây dựng phần hầm cơ bản, m/tháng.

Như vậy, bằng việc sử dụng các công thức (12.8) và (12.9) có thể tính được thời hạn đào hầm trong từng phương án.

Tốc độ đào trong một ngày đêm, sau khi đã biết trị số dịch chuyển gương sau một chu kỳ đào (l_{ck}) có thể xác định:

$$V_{ng.đ} = 24 \frac{l_{ck}}{T_{ck}} \quad (12.11)$$

trong đó: T_{ck} - thời gian một chu kỳ, lấy theo biểu đồ chu kỳ công tác, ngày.

Trên cơ sở tổng kết các kết quả của các chỉ tiêu đào các hầm tiết diện lớn hiện nay, thời hạn hợp lý của một chu kỳ đào thường từ 12 đến 24 giờ. Với các ca làm việc 6 hoặc 8 tiếng thì sự phân phối hiệu quả thời gian như sau: khoan, nạp thuốc, nổ mìn là 1 ca, thông gió, xúc đá, vận chuyển - 1ca.

Trong những hầm tiết diện nhỏ thường sau một ca hoàn thành toàn bộ một chu kỳ đào.

Việc sử dụng không phải số nguyên lần thời gian của ca làm việc cho một chu kỳ luôn luôn là không hợp lý, bởi vì nó làm phức tạp cho việc thống kê và đánh giá công việc của từng đội, làm giảm năng suất và chất lượng công việc.

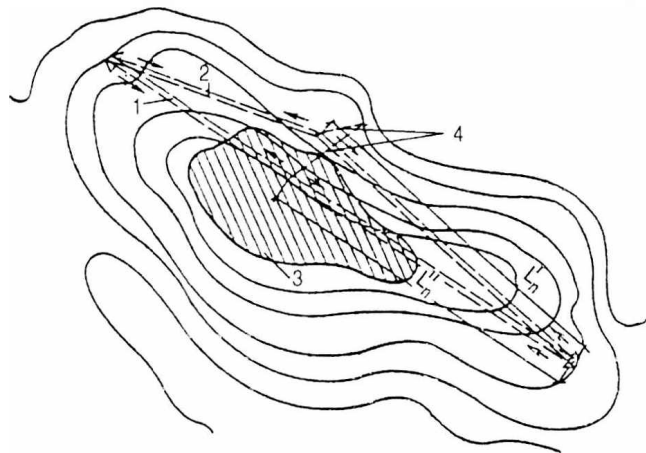
Kết quả của công tác thi công phụ thuộc rất nhiều vào việc tổ chức hợp lý lao động, chọn lựa đúng đắn thiết bị và phân bố công nhân vào các vị trí công tác, việc đảm bảo kịp thời các thiết bị và công cụ cơ giới cũng như phụ tùng thay thế. Việc áp dụng cơ giới hoá đồng bộ để đảm bảo năng suất cao có ý nghĩa rất quan trọng.

Để đạt được tốc độ đào cao nhất cần thiết phải đảm bảo thực hiện đúng biểu đồ chu kỳ từng công việc. Tổ chức các đội tổng hợp đồng bộ. Soạn thảo kế hoạch và nhiệm vụ cụ thể cho từng đội, thống kê kịp thời khối lượng và chất lượng công việc. Tuân theo đúng các điều kiện vệ sinh công nghiệp, các quy trình kỹ thuật an toàn. Cung ứng đầy đủ, kịp thời cho các tổ đội vật tư, kỹ thuật, sửa chữa kịp thời máy móc cơ giới. Áp dụng trong xây dựng các kỹ thuật mới, những sáng kiến cải tiến hợp lý hoá lao động.

Việc mở gương phụ có ý nghĩa đặc biệt trong việc tăng tiến độ đào hang tuy nhiên việc đào các hang phụ còn phụ thuộc vào điều kiện địa hình khu vực và có những đòi hỏi nhất định về vật tư, vật liệu và lao động.

§2. BIỂU ĐỒ TIẾN ĐỘ THI CÔNG VÀ BIỂU ĐỒ CHU KỲ CÔNG TÁC

Trình tự thi công công trình được tính toán xác định trước, trong đó có công tác ngầm. Thời hạn của công tác ngầm được tính toán liệt kê tính bằng số ngày thi công được gọi là tiến độ thi công, quá trình triển khai tiến độ được gọi là kế hoạch tiến độ.



Hình 12.1: Sơ đồ xác định thời hạn xây dựng hầm với các hang phụ khác nhau
1. tuyến hầm theo phương án I; 2. phương án II;
3. vùng đá yếu; 4. các hang phụ

Tiến độ thi công là một tài liệu quan trọng nhất của thiết kế tổ chức thi công và thiết kế thi công. Trong tiến độ thi công phải chỉ rõ số hiệu, khối lượng công việc, trình tự, thời hạn, cường độ thực hiện chúng, thành phần số lượng người thực hiện, đơn giá công việc v.v...

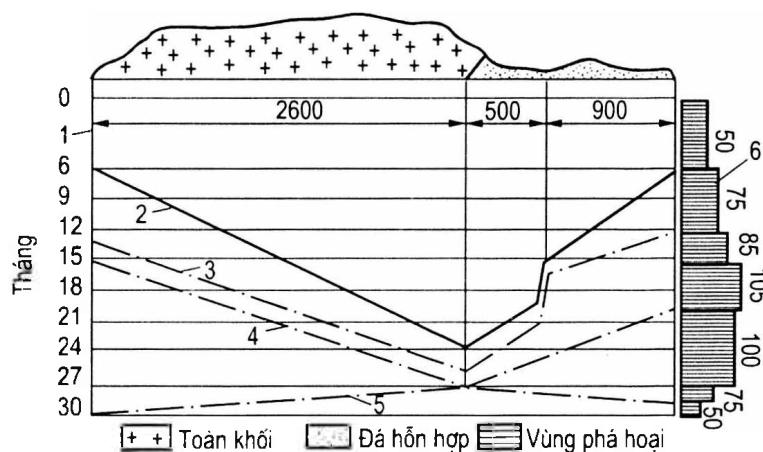
Tiến độ thi công có thể thực hiện ở dạng biểu đồ ngang, biểu đồ chu kỳ hoặc sơ đồ mạng.

Các biểu đồ ngang là dạng đơn giản nhất của mô hình tổ chức công nghệ, mô tả tiến trình thi công theo thời gian. Tuy nhiên, nó không chỉ rõ vai trò của từng loại công việc để đạt mục đích cuối cùng, nó không thuận lợi lắm trong việc dự báo tiến trình xây dựng các công trình lớn, phức tạp. Ưu điểm của nó là đơn giản dễ hiểu.

Biểu đồ ngang thường được lập cho các xí nghiệp xây lắp hoặc khu đội thực hiện xây dựng tổng hợp công trình ngầm và những công trình khác và nó khác biệt không nhiều với tiến độ thi công chung.

Để kế hoạch hóa tổ chức và thi công các công trình kéo dài trên tuyến (hầm, tuyến dẫn nước, giếng mỏ v.v...) thường sử dụng biểu đồ tiến độ dạng đường thẳng trên đó thể hiện quá trình phát triển các loại công tác và trình tự công nghệ theo dạng những đường chéo với hệ trục tọa độ. Trên hình 12.2 là biểu đồ tiến độ thi công của một hầm đào từ hai cửa theo hướng gặp nhau.

Tiến độ tổ chức mặt bằng xây dựng và đào phần cửa thể hiện bằng đường 1; đào là đường 2, bê tông vỏ hầm đường 3, công tác ximăng hoá là đường 4, giải toả thiết bị chuẩn bị hầm để đưa vào khai thác là đường 5. Tốc độ được thể hiện rõ trên hai phần có địa chất khác nhau. Trong vùng đứt gãy thì tốc độ đào giảm đáng kể.



Hình 12.2: Biểu đồ tiến độ thi công và mặt cắt địa chất dọc hầm

Các đồ thị tương tự phản ánh sự tác động tương hỗ, và sự ảnh hưởng qua lại giữa các công việc và tiến độ trong những điều kiện địa chất công trình khác nhau. Ngoài ra theo các đồ thị này cũng dễ dàng kiểm tra trạng thái thực tế của công việc, các nhu cầu về nhân lực (đường 6) trong quá trình thi công để có sự hiệu chỉnh kịp thời với mục tiêu tối ưu hoá chúng.

Biểu đồ chu kỳ là kế hoạch tổ chức lao động và công việc phối hợp các quá trình sản xuất trong một chu kỳ công tác.

Việc hoàn thành một cách hệ thống một chu kỳ với việc gắn các quá trình riêng rẽ với nhau xác định cách tổ chức một chu kỳ công tác.

Chu kỳ là quá trình kết thúc việc thực hiện một khối lượng công việc nhất định và sẽ được lặp lại sau một khoảng thời gian bằng nhau. Trình tự mỗi một lần lặp như vậy là đặc trưng của những công trình có tuyến dài như hầm.

Việc tổ chức có tính chu kỳ các công tác ngầm có thể theo dạng tuần tự hoặc song song. Trường hợp tổ chức tuần tự thì các công đoạn cơ bản được thực hiện lần lượt theo một trình tự nhất định. Vì thế để rút ngắn thời gian chu kỳ chỉ có cách là thời gian thực hiện từng công đoạn là tối thiểu. Trong trường hợp thứ hai thì các công việc có thể bố trí song song với nhau như khoan và dựng vì chống; khoan và thả đá, gia cố và thả đá v.v... Các công tác đào cần phải tiến hành theo một biểu đồ chu kỳ đã lập trước với sự kiểm tra theo dõi nghiêm ngặt việc thực hiện từng công đoạn một.

Khi thiết kế biểu đồ chu kỳ, thời gian chu kỳ như đã nhấn mạnh ở trên, cần phải xác định như thế nào để sau một ca hay một ngày đêm phải kết thúc trọn vẹn một số chu kỳ hoặc một chu kỳ phải chiếm một số nguyên lần ca làm việc khi khối lượng công tác lớn.

Trong một chu kỳ công tác phải sử dụng hợp lý các thiết bị kỹ thuật và tổ hợp các thiết bị nói chung, cũng như khối lượng công việc cho mỗi ca, mỗi đội trong chu kỳ đồng đều. Các biểu đồ chu kỳ như thế được thiết kế thi công và tổ chức thi công cho hầm.

Khi thiết kế các biểu đồ chu kỳ công tác nên xuất phát từ việc đảm bảo tốc độ đào hàng tháng. Trong hầm tiết diện lớn trị số bước đào hợp lý sau một chu kỳ công tác được xác định từ chiều sâu khoan tối đa có thể của thiết bị khoan. Điều đó được đảm bảo bằng việc chọn các thiết bị khoan hiện đại có xét đến việc thực hiện một chu kỳ đào trong một số nguyên lần ca làm việc.

Thời gian chung một chu kỳ khi thực hiện tuần tự các công việc được xác định.

$$T_{ck} = t_k + t_{nm} + t_{tg} + t_{xb} + t_{gc} + t_{az} \quad (12.12)$$

ở đây: t_k - thời gian cần thiết để thực hiện công tác khoan;

t_{nm} - thời gian nạp và nổ mìn;

t_{tg} - thời gian thông gió;

t_{xb} - thời gian xúc bốc thả đá;

t_{gc} - thời gian gia cố;

t_{az} - thời gian chuẩn bị và kết thúc công việc (kiểm tra, dọn sửa gương, nhận và giao ca, đưa thiết bị vào, ra và đưa chúng vào trạng thái làm việc).

Thời gian khoan:

$$t_k = \frac{Nl}{\varphi k_n n V}, h \quad (12.13)$$

trong đó: N - số lượng lỗ mìn tính toán;

l - chiều sâu lỗ mìn, m;

φ - hệ số đồng thời làm việc của máy khoan, $\varphi = 0,7 \div 0,8$;

k_n - hệ số độ tin cậy, $k_n = 0,85 \div 0,9$;

n - số máy khoan;

V- tốc độ khoan trong một đơn vị thời gian có xét đến việc thay mũi khoan, chuyển từ lỗ này sang lỗ khác v.v... m/h.

Thời gian xúc bốc thải đá:

$$t_{xb} = \frac{\eta S l}{\varphi_1 P}, h \quad (12.14)$$

trong đó: η - hệ số sử dụng lỗ mìn;

φ_1 - hệ số sử dụng thời gian của máy xúc, $\varphi_1 = 0,8$;

S - diện tích hàng có xét đến lượng đào vượt, m^2 ;

P - năng suất thực tế của máy xúc xác định theo tính toán hoặc theo hộ chiếu máy có xét đến độ tin cậy khi làm việc.

Thời gian cần thiết để nạp mìn, kiểm tra, đấu mạng và nổ mìn:

$$t_{nm} = \frac{N t_z}{60n} + t_m, h \quad (12.15)$$

trong đó: t_z - thời gian nạp một lỗ mìn, theo số liệu thực tế $t_z = 4 + 1,1l$, ph;

l - chiều dài lỗ mìn, m;

n - số người nạp mìn.

t_m - thời gian đấu mạng, $t_m = 0,2 \div 0,6h$.

Thời gian thông gió t_{tg} được xác định theo lượng gió sạch yêu cầu cấp vào gương và năng suất của quạt hoặc lấy theo các trường hợp tương tự. Phụ thuộc vào diện tích gương $t_{tg} = 0,4 \div 0,8h$.

Thời gian của quá trình gia cố xác định bởi chủng loại vì chống; đối với vòm thép t_{gc} được quyết định theo định mức hoặc theo các điều kiện tương tự. Đối với vì chống neo và bê tông phun t_{gc} được tính toán xuất phát từ khối lượng công việc và năng suất đặt neo và phun bê tông. Thời gian cần thiết để tiến hành công tác chuẩn bị và kết thúc ca làm việc với phương pháp mỏ, lấy $t_{az} = (0,1 \div 0,15)T_{ck}$.

Sau khi tính toán thời gian cần thiết để thực hiện các công đoạn chính theo khối lượng thực tế của các công việc và xác định thời gian cần thiết để thực hiện các quá trình phụ (theo tương tự hoặc định mức) như kéo đường vận chuyển, đưa thiết bị vào ra thời gian sửa gương, có thể lập biểu đồ chu kỳ công tác đào có xét đến tiêu chuẩn thời gian và chi phí lao động ghi trong các quy trình, quy phạm.

Theo nguyên tắc thực hiện các quá trình trong một chu kỳ đào, khi lập biểu đồ chu kỳ có gắng bố trí song song các công đoạn có thể trong chu kỳ để rút ngắn thời gian chu kỳ.

Trên hình 11.3 là các ví dụ về biểu đồ chu kỳ công tác đào.

a)

Các quá trình công tác	Cho 1 chu kỳ			Ca làm việc																														
	Chi phí Thời gian (phút)	Lao động động (người giờ)	Khởi lương công tác	I						II						III						IV												
				7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6							
Thông gió gương	30	-	-																															
Chuẩn bị thái đá	20	1,5	-																															
Bốc đá bằng máy xúc OMZ-2K	120	8	30 lỗ																															
Chuẩn bị khoan	20	1,5	<small>6 máy III/24</small>																															
Khoan lỗ	140	11,5	38 lỗ																															
Nạp và nổ mìn	30	2	38 lỗ																															
Kiểm tra sửa chữa thiết bị	210	14																																

b)

Các quá trình công tác	Thời gian	Ca I						Ca II						Ca III						Ca III																
		h	ph	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6									
		Bốc đá																																		
Nhận và giao ca	-	20																																		
Xúc đá	4	10																																		
Khoan lỗ mìn	1	15																																		
Thu dọn thiết bị	-	10																																		
Chuyển thuốc nổ và nạp mìn	-	25																																		
Giải phòng gương sau nạp mìn	-	10																																		
Nổ mìn và thông gió	-	15																																		
Kiểm tra và đưa gương vào an toàn	-	10																																		
Chuyển và dựng vị chống tam	-	20																																		
Chèn ván vách giếng	3	30																																		
Già cố giếng																																				
Nâng sản treo	-	20																																		
Dỡ vị chống tam	-	45																																		
Xây vỏ vịnh cứu	4	10																																		

Hình 12.3: Các ví dụ về biểu đồ chu kỳ công tác
 a) Đào hầm tiết diện 15-20m² với tốc độ 200m/tháng;
 b) Đào giếng tiết diện 35-40m² tốc độ 150 m/tháng.

§3. CÁC GIAI ĐOẠN THIẾT KẾ VÀ NỘI DUNG THIẾT KẾ

Việc thiết kế và tính toán một công trình trong thành phần trong tổ hợp công trình ngầm được thực hiện theo các yêu cầu của quy chuẩn tiêu chuẩn và quy trình xây dựng do nhà nước ban hành và các tài liệu hướng dẫn, các đơn giá, định mức tương ứng do Bộ Xây dựng phê duyệt (một số tài liệu do các bộ chuyên ngành phê duyệt).

Việc tổ chức tư vấn thiết kế và khảo sát khi thiết kế các công trình trong đó có công trình ngầm cần phải đảm bảo: trình độ tiên tiến về kỹ thuật thi công trên cơ sở những thành tựu, kinh nghiệm trong nước và nước ngoài; các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao nhất các công trình; tính vĩnh cửu và độ tin cậy trong khai thác; tính đồng bộ và tổ hợp các công trình riêng rẽ (ví dụ như cửa hầm, các phân đầu mối, các giếng v.v...); sử dụng hợp lý đất đai; bảo vệ môi trường xung quanh; tính chống động đất; phòng chống cháy nổ của công trình; ổn định của khối địa tầng xung quanh (đối với công trình ngầm); đảm bảo an toàn lao động trong xây dựng ngầm; áp dụng các phương pháp công nghiệp hoá và cơ giới hoá đồng bộ trong thi công ngầm v.v...

Theo quy định hiện hành việc thiết kế một giai đoạn: thiết kế bản vẽ thi công cùng với tổng dự toán cho loại công trình xây dựng theo thiết kế mẫu hoặc lặp lại các thiết kế cũ và những công trình không đòi hỏi kỹ thuật phức tạp. Các công trình còn lại trong đó có các công trình lớn và phức tạp thì thiết kế theo hai giai đoạn¹:

Giai đoạn khởi thảo thiết kế (thiết kế kỹ thuật) thì các tài liệu về thiết bị và đơn giá do chủ đầu tư xác lập trong nhiệm vụ thiết kế.

Giai đoạn lập bản vẽ thi công các phần, các bộ phận, chi tiết phức tạp thì cơ quan thiết kế tiến hành xử lý bổ sung để chính xác các tài liệu thiết kế và dự toán. Những hiệu chỉnh này phải được cơ quan phê duyệt thiết kế xác nhận.

Thiết kế thi công cho những công trình có thời hạn xây dựng lớn hơn hai năm thường không giải quyết đồng bộ một lúc cho toàn công trình mà tiến hành theo trình tự nhất định. Việc thiết kế các công trình được bắt đầu từ việc khởi thảo các giải pháp thiết kế chung, cơ bản, cần thiết để lên được mặt bằng tổng thể công trình và tính toán giá thành xây dựng.

Thiết kế phải gồm: các bản vẽ mặt bằng quy hoạch kiến trúc tổng hợp; các giải pháp quan trọng nhất của phần thiết kế kỹ thuật; các giải pháp kết cấu của toàn công trình và các bộ phận trong đó có cả phần giải thích và đơn giá.

Phần bản vẽ thi công được chia ra làm phần chung và phần chi tiết với mức độ tỉ mỉ như thế nào đó để có thể thực hiện được tất cả các thành phần công việc thi công và xây lắp ở hiện trường.

Một trong những tài liệu quan trọng nhất là bản liệt kê các thiết bị, kỹ thuật công nghệ cũng như các chi tiết về kết cấu và vật liệu.

¹ Ở đây không kể đến giai đoạn thiết kế cơ sở trong quá trình lập dự án.

Đối với những công trình phức tạp, những công trình rất lớn là phải có phân so sánh tính toán kinh tế kỹ thuật hoặc luận chứng kinh tế kỹ thuật, trong đó xác định các giai đoạn thiết kế và quy hoạch, các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cơ bản của công trình, thời hạn và giá thành xây dựng.

Quá trình thiết kế lại có thể chia làm giai đoạn chuẩn bị và giai đoạn thiết kế. Trong giai đoạn chuẩn bị phải bổ nhiệm các chánh kỹ sư thiết kế; lập các nhóm thiết kế; tiến hành khảo sát sơ bộ; chọn mặt bằng xây dựng; so sánh các phương án. Giai đoạn thiết kế được chia làm hai giai đoạn sơ bộ và giai đoạn chính. Trong giai đoạn sơ bộ sẽ chính xác lại vị trí xây dựng, các tuyến hầm và thực hiện công tác khảo sát công trình.

Công tác khảo sát thiết kế, theo kinh nghiệm của nhiều nước, nên quy về một đầu mối. Cũng có thể sau đó phân cấp cho một số cơ quan chuyên ngành để sử dụng tốt những đơn vị có trình độ chuyên môn cao khảo sát từng hạng mục nhưng vẫn có sự phối hợp ăn ý giữa các bộ phận chuyên ngành với nhau.

Các bản vẽ thi công là cần thiết để xây dựng các công tác xây dựng chung, các công tác ngầm và công tác lắp ráp v.v... Các bản vẽ thi công do các chuyên gia của từng chuyên ngành soạn thảo theo sự phân công của cơ quan thiết kế.

Việc giám sát tác giả khi thi công là cần thiết để đưa ra những hiệu chỉnh cho những thiết kế đã soạn thảo do có sự thay đổi về điều kiện địa chất công trình; để chính xác lại khối lượng công việc trong trường hợp có sụt lở và đào vượt lớn. Việc giám sát tác giả do các phòng đại diện cơ quan thiết kế hoặc nhóm thiết kế hiện trường tiến hành dưới sự chỉ đạo trực tiếp của chánh kỹ sư thiết kế.

Cơ quan thiết kế có trách nhiệm xem xét trước tất cả công tác đào theo thiết kế, công tác an toàn khi thi công ngầm, công tác lắp ráp và các công tác kỹ thuật an toàn của từng chuyên ngành, công tác vệ sinh công nghiệp, phòng chống cháy nổ v.v... Cơ quan thiết kế cũng có trách nhiệm kiểm tra việc thực hiện chức năng và sự làm việc của phòng đại diện hay nhóm thiết kế tại hiện trường nhất là trách nhiệm giám sát tác giả trong quá trình thi công.

Trong thành phần của thiết kế những công trình đầu mối hoặc tổ hợp các công trình cần có phần thiết kế tổ chức xây dựng và thiết kế tổ chức thi công. Trong thành phần của thiết kế tổ chức xây dựng (tổ chức công trường) phải có tổng mặt bằng chỉ rõ việc bố trí các công trình tạm, các công trình chính của công trường; mạng kỹ thuật; biểu đồ tiến độ thi công; khối lượng của từng hạng mục như lắp ráp; các nhu cầu về vật liệu, kết cấu; thiết bị cơ giới; cán bộ công nhân; các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và bản thuyết minh thiết kế.

Thiết kế tổ chức thi công phải có tiến độ chi tiết; bản vẽ công nghệ của các công tác chính; biểu đồ chu kỳ công tác đào; công tác bê tông; hộ chiếu gia cố tạm; tổng mặt bằng xây dựng tỉ lệ 1:1000 hoặc 1:2000; các giải pháp về kỹ thuật an toàn v.v...

Việc lập thiết kế tổ chức xây dựng và tổ chức thi công phải phù hợp với các quy trình, quy phạm của nhà nước.

Chương 13

XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGÂM BẰNG

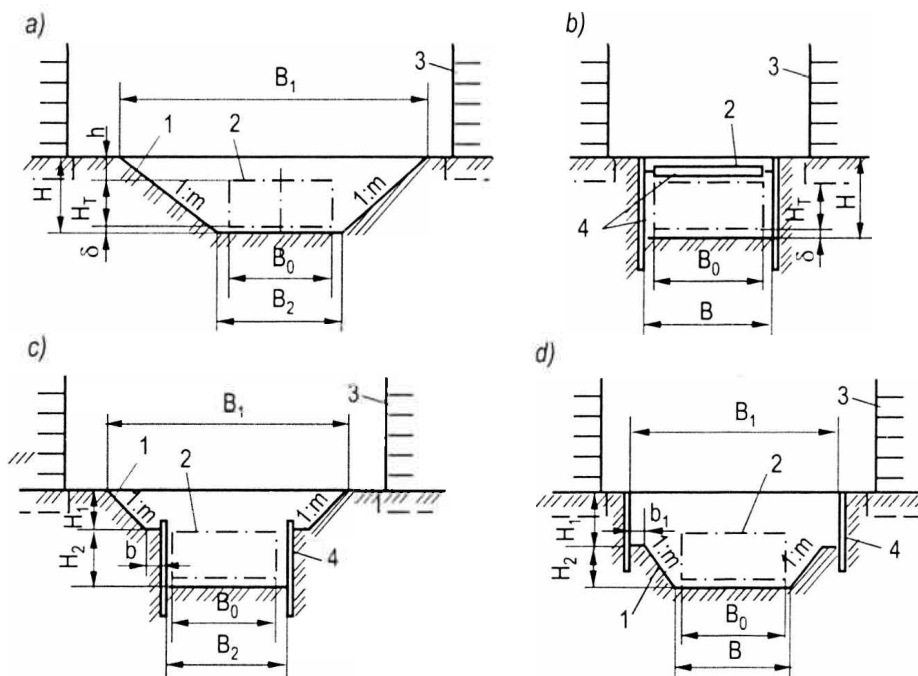
PHƯƠNG PHÁP LỘ THIÊN

§1. PHƯƠNG PHÁP HỒ ĐÀO

1. Hệ thống chống đỡ hố móng

Phương pháp thi công công trình ngầm bằng cách đào hố móng khá phổ biến đó là phương pháp xây dựng kết cấu của công trình ngầm trong hố móng đào sẵn rồi lấp đất trở lại để khôi phục mặt đất như ban đầu.

Hình dạng và kích thước của hố đào trên mặt bằng và chiều sâu của chúng cũng như hệ thống chống đỡ hố móng phụ thuộc vào kích thước, khuôn khổ của kết cấu ngầm; điều kiện địa chất công trình và điều kiện xây dựng của các công trình trên mặt đất, nhất là trong điều kiện thành phố.



Hình 13.1: Sơ đồ xây dựng hố móng không chống (a) và có chống vách

1. taluy tự nhiên; 2. biên ngoài của công trình ngầm; 3. vùng đã xây dựng; 4. chống vách

Trong địa tầng ổn định với độ ẩm tự nhiên khi có mặt bằng đầy đủ thì có thể đào hố móng với taluy tự nhiên không cần phải chống vách hố đào (hình 13.1a). Bề rộng hố đào

ở phía dưới (B2) cần lớn hơn bề rộng B_0 của công trình ngầm để có thể xây dựng tầng phòng nước trên mặt ngoài của kết cấu ngầm, để dựng ván khuôn, lắp ráp các kết cấu lắp ghép, cũng như xây rãnh nước ở bên cạnh. Chiều sâu hố móng được xác định có xét đến chiều sâu đặt công trình h , chiều cao của công trình ngầm H_1 và chiều dày lớp lót δ (chuẩn bị để xây công trình). Độ dốc của taluy hố đào m được xác định bởi các tính chất cơ lý của đất, vị trí mực nước ngầm và chiều sâu hố đào. Trị số này thay đổi từ 1:0,75 đến 1:1,5. Trong trường hợp có hạ mực nước ngầm nhiều cấp thì mái dốc của hố móng có dạng bậc thang. Các bậc chừa lại để bố trí thiết bị hạ mực nước ngầm. Trong trường hợp có sử dụng loại cầu chân dê để phục vụ thi công thì cơ chừa lại là để bố trí đường ray của cần cẩu. Các hố móng với mái dốc tự nhiên được sử dụng khá phổ biến để thi công các hầm cho đường ô tô có nhiều làn xe, gara ngầm và các tổ hợp ngầm khác (bề rộng mặt trên hố đào đạt tới 50-60m). Trong điều kiện thành phố xây dựng dày đặc thì loại này ít được áp dụng.

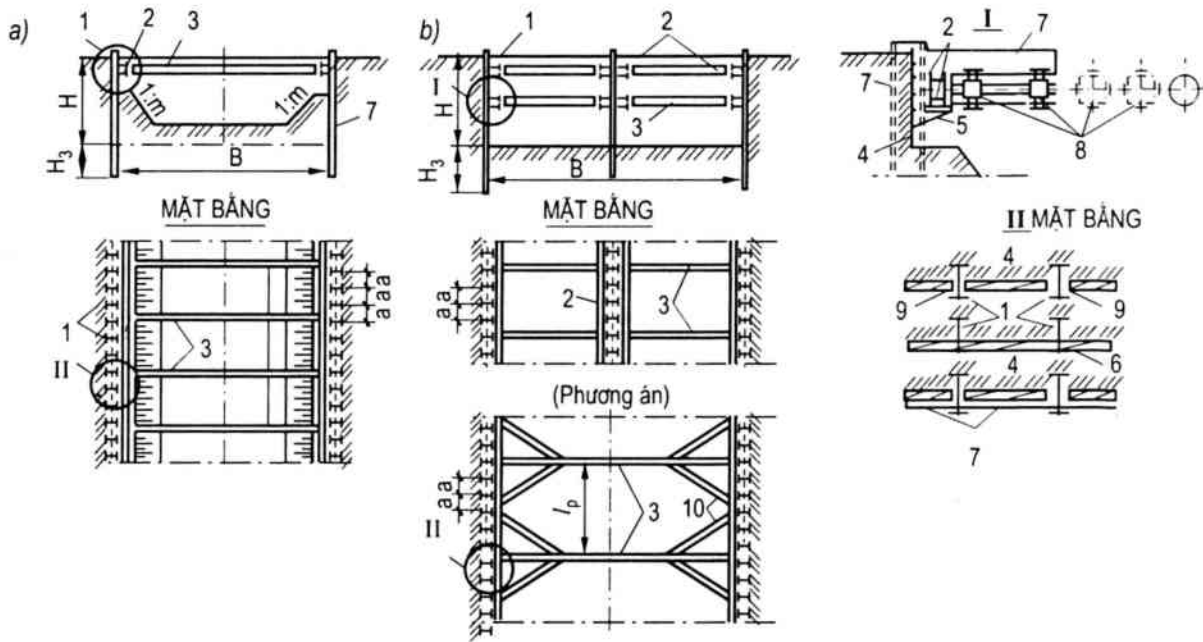
Đôi khi hố móng được đào với taluy có độ dốc lớn rồi gia cố bằng bê tông phun trên lưới thép hoặc neo trong đất...

Khi không thể tạo hố đào rộng, người ta đào hố móng với vách thẳng đứng có chống đỡ tạm (hình 13.1b). Với phương án này bề rộng của hố móng là tối thiểu chỉ cần vượt hơn bề rộng bản thân công trình ngầm B_0 không lớn.

Trong một số trường hợp khe hở giữa vì chống giữ vách và kết cấu ngầm chỉ là 15-20cm về mỗi bên để bố trí lớp chống thấm và bảo vệ vách công trình cũng như để phòng khi đồng cọc chệch không chính xác. Thông thường thì khe hở này lấy chừng 0,8-1,2m để đảm bảo chất lượng cho công tác thi công tầng phòng nước. Rõ ràng là khe hở này sẽ làm tăng khối lượng công việc (công tác đất) lên 5-10%.

Nếu điều kiện quy hoạch thành phố cho phép thì người ta đào hố móng có mái dốc tự nhiên đến mực nước ngầm H_1 đến 3 - 5m còn phần dưới thì đào thẳng đứng có gia cố bằng cọc, nếu trong đất không ổn định thì phải đóng cọc cừ (hình 13.1c). Cũng có thể phần trên đào có vách thẳng đứng gia cố bằng cọc hay cọc cừ còn phần dưới đào có taluy tự nhiên (hình 13.1d). Khi có mái dốc tự nhiên (hay còn gọi là mái dốc giảm tải), cọc hay cọc cừ có thể làm việc theo kiểu côngxon. Điều đó làm giảm giá thành gia cố và giảm khó khăn cho công tác thi công, tuy khối lượng thì có tăng đôi chút. Trong đa số trường hợp khi xây dựng hệ thống giao thông ngầm trong thành phố vách của hố đào là thẳng đứng có chống đỡ tạm hoặc chống vĩnh cửu. Trong đất có độ ẩm tự nhiên hoặc làm khô bằng hạ mực nước ngầm thường dùng cọc thép, bê tông cốt thép hoặc cọc bê tông (kiểu cọc khoan nhồi). Để gia cố giữa các cọc, đặt ván ngăn bằng ván gỗ hoặc tấm bê tông cốt thép đúc sẵn rồi phun phủ bằng bê tông (hình 13.2a, b).

Trong những đất bão hòa nước với mức độ tách nước kém không thể áp dụng việc hạ mực nước ngầm nhân tạo, người ta sử dụng cọc cừ liên tục hoặc tiến hành đóng bằng nhân tạo hai vách hố móng. Trong một số trường hợp người ta dùng tường chống bằng cách đổ bê tông trong hào hoặc cọc khoan nhồi liền nhau.



Hình 13.2: Chống vách bằng cọc

a) Một hàng; b) Hai hàng;

1. cọc; 2. giằng; 3. thanh văng; 4. ván chèn; 5. trụ giữ; 6. lớp bê tông phun;
7. giằng; 8. con kê; 9. nêm; 10. thanh chéo

Các cọc bằng thép hình chữ I40-60 đóng dọc theo biên của hố đào cách nhau $a = 0,5 \div 1,5\text{m}$ đóng sâu xuống dưới đáy của công trình ngậm $H_3 = 3 \div 5\text{m}$. Để nâng cao mômen bền của cọc, trên cánh của thép I tại chỗ mômen lớn nhất có thể hàn táp thép lá dày 10 - 20mm. Việc hàn táp thép lá như vậy ở phần dưới của cọc có thể giảm được chiều sâu đóng do cải thiện điều kiện ngậm trong đất.

Trong một số trường hợp để giảm ồn và rung khi đóng cọc người ta khoan các lỗ rỗng gia cố phần đáy (đến mức đáy hố móng) bằng bê tông. Khoảng không gian giữa tường vách lỗ khoan và cọc được lấp đầy bằng đất cát. Trong quá trình đào đất vách hố móng giữa các cọc được chèn ván hoặc bằng một lớp bê tông phun. Ván chèn có chiều dày 5-7cm được ghép tựa vào cánh (lưng) cọc rồi nêm chặt với đất. Có thể gia cố vách bằng ván thẳng đứng tựa lên các xà giữ nằm ngang bằng thép góc hoặc thép chữ U tựa lên cọc. Khi có các phân lớp các đất bão hòa nước người ta phải đóng cọc cừ bằng ván có vát nhọn đầu. Nếu chiều sâu hố móng nhỏ hơn 3-4m, các cọc có thể làm việc theo sơ đồ côngxon tiếp nhận áp lực bên của đất. Khi chiều sâu hố móng lớn thì đòi hỏi phải gia cố thêm cọc. Để giải quyết yêu cầu này theo các cọc có đặt các giằng dọc ở khoảng cách đến đỉnh của kết cấu tương lai của công trình ngậm không nhỏ hơn 0,5m. Các giằng này bằng các dầm I45-60. Trên giằng dọc này cứ cách 4-6m dọc trục hố móng phải có một thanh văng ngang tựa lên giằng dọc. Khi chiều sâu hố móng khá lớn (lớn hơn 10-12m) và áp lực bên của đất lớn thì theo chiều cao cũng đặt thêm một số lớp giằng như trên. Kết cấu của những thanh văng ngang thường từ thép hình có tiết diện tổ hợp từ hai thép [

hoặc bốn thép góc nối với nhau bằng các bản nút và bản đệm. Để tăng độ cứng cho các thanh văng người ta dùng các bản nút trung gian.

Ngoài các thép hình tiết diện tổ hợp người ta cũng dùng thép ống làm thanh văng. Thép ống có đường kính 30-50cm. Hợp lý hơn cả là các thanh văng có cấu tạo sao cho chiều dài của chúng có thể thay đổi được. Thanh văng loại này được lập nên từ hai chi tiết lồng vào nhau. Những thanh văng này có thể sử dụng được cho các hố móng có bề rộng thay đổi.

Trong thực tế xây dựng ngầm các thanh văng tiết diện tổ hợp dạng chữ nhật có chiều dài thay đổi được (hình 13.3a) được sử dụng có hiệu quả.

Người ta cũng sử dụng các thanh văng dạng ống có chiều dài thay đổi được (hình 13.3b). Để điều chỉnh chiều dài dễ dàng người ta dùng kích cùng với hệ đầu thanh có các khớp nối với kích tựa lên phần ống cố định nhờ hệ tai hàn vào xung quanh thanh văng dạng ống.

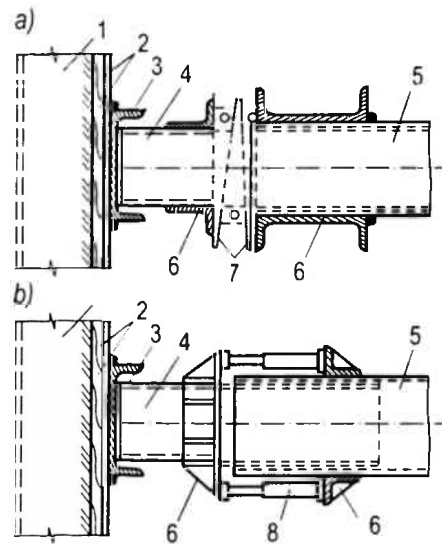
Tuy nhiên khi bề rộng hố đào lớn hơn 15-20m thì hệ chống có thanh văng như vừa nêu sẽ trở lên công kênh và nặng nề. Mỗi thanh văng nặng 2-3t hoặc lớn hơn. Vì thế trong nhiều trường hợp người ta đóng thêm một hoặc vài hàng cọc trung gian (hình 13.2b). Điều này cũng tạo thêm những khó khăn phụ khác cho công tác thi công. Ngoài ra khi chiều sâu hố móng lớn hơn 10-12m hệ giằng lại phải đặt 2-3 lớp theo chiều cao đôi khi nằm cả vào không gian mà sẽ xây công trình ngầm. Tất cả những điều đã nêu sẽ làm khó khăn phức tạp việc cơ giới hoá công tác xây dựng kết cấu ngầm, ảnh hưởng xấu đến chất lượng và tiến độ thi công.

2. Chống đỡ hàng neo

Trong những năm sau này việc thay thế hệ chống văng để giữ hệ cọc hoặc cọc cừ bằng chống neo (hình 13.4a) khá phổ biến. Khi đó sự làm việc chịu nén của hệ giằng được thay bằng các ứng suất trước trong neo.

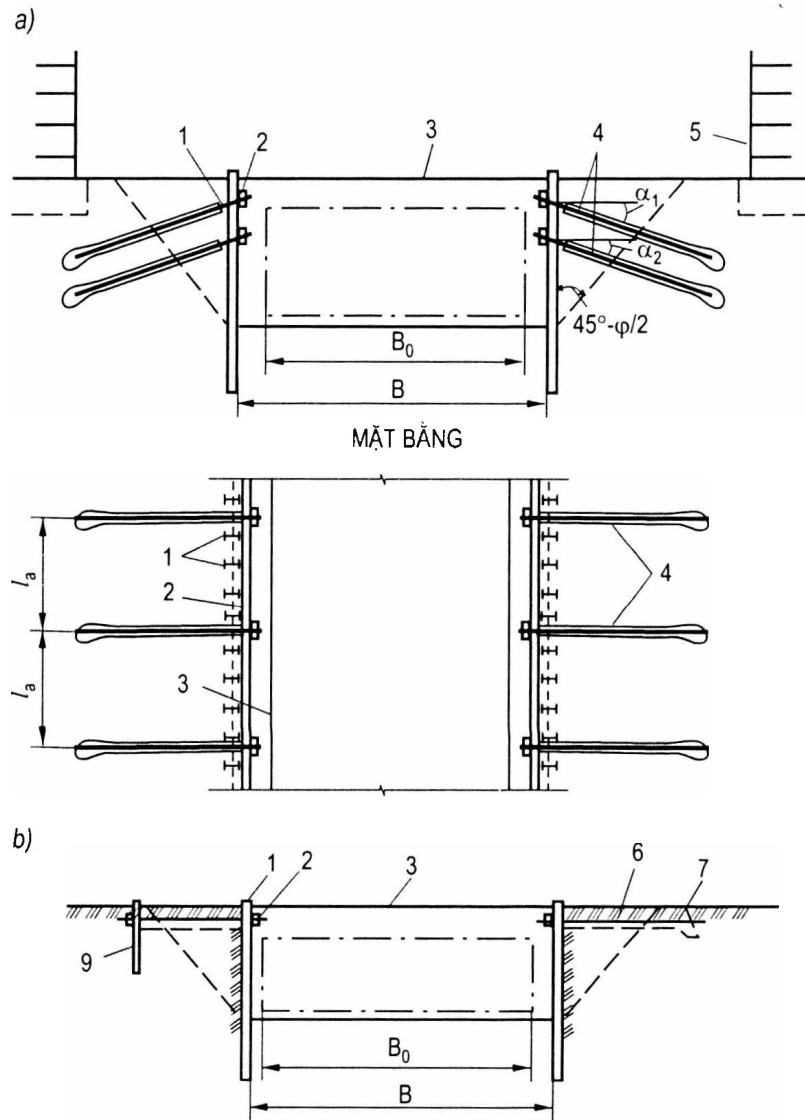
Neo đất

Các neo đất được đặt như sau: sau khi đào hố móng đến một cao độ xác định dưới một góc xác định người ta khoan các lỗ đường kính 20-30cm và sâu 8 đến 20m đảm bảo cho phần đáy lỗ khoan nằm ngoài tầng thể trượt có thể. Trong lỗ khoan đặt thanh chịu



Hình 13.3: Thanh văng co giãn được
a) Tiết diện chữ nhật; b) Tiết diện tròn
1. cọc; 2. ván chèn; 3. giằng;
4. phần kê của giằng; 5. thanh văng;
6. bộ phận tỳ định vị; 7. nêm; 8. kích

kéo của neo rời gia cố trên toàn chiều dài neo hoặc chỉ phần đáy neo. Bằng các neo như vậy người ta cốt thép hoá khối đất và hạn chế các chuyển vị của chúng đảm bảo ổn định cho hố móng. Thay vì các neo đất khoan như nêu trên người ta còn dùng các thanh kéo của neo nằm ngang trong hào cùng với tường giữ hoặc cọc giữ như trên hình 13.4b.

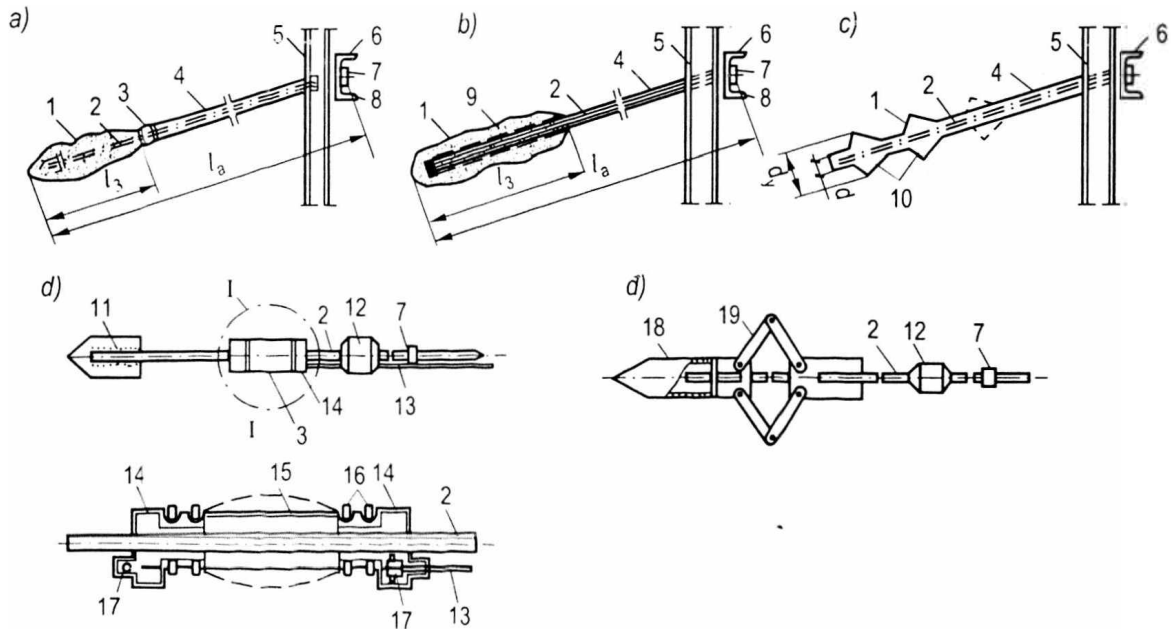


Hình 13.4: Sơ đồ chống hố móng bằng neo

1. cọc; 2. giằng; 3. biên công trình ngầm; 4. neo; 5. vùng xây dựng;
6. dây căng neo; 7. khối giữ; 8. đáy hào; 9. cọc định vị

Tường và cọc này cũng phải nằm ngoài phạm vi của lạng thể trượt có thể. Trong xây dựng ngầm, người ta có thể sử dụng neo tạm hoặc neo vĩnh cửu để neo giữ các bộ phận chịu lực của kết cấu ngầm. Kết cấu của các neo này khác nhau chủ yếu ở dạng thanh căng, ở khả năng chịu lực và phương pháp gia cố trong đất. Để làm thanh căng nối neo với các giằng dọc người ta có thể dùng thép ống, các thanh thép gai đường kính 18-20mm cũng như các bó sợi thép cường độ cao (cường độ đứt đứt đến 1800 MPa).

Khả năng chịu lực của neo với các thanh căng từ 150-500kN; dạng ống là 300 - 1500 kN còn bó sợi là 500 - 2400kN. Theo phương pháp ngầm của neo ở trong đất người ta phân ra làm neo phụt ứng suất trước, không mở rộng đường kính hoặc có mở rộng đường kính. Việc gia cố ở trong đất chủ yếu do tạo nên các nút đất gia cố xi măng (hình 13.5a, c). Cũng có loại neo không hoặc có ứng suất trước với ống gia cường ở đầu dưới nối với thanh căng của neo (hình 13.5b). Đơn giản hơn và tổng hợp hơn là loại neo phụt dùng trong các loại đất khác nhau từ các loại đất chịu nén ép quá lớn, đất lún sập, đất chảy dẻo và trương nở không đảm bảo điều kiện ngầm.



Hình 13.5: Kết cấu của neo trong đất

1. nút xi măng; 2. thanh căng; 3. nút chèn; 4. biên lỗ khoan; 5. cọc; 6. giăng; 7. êcu;
 8. bản đệm; 9. ống đỡ; 10. phần mở rộng; 11. tai; 12. thiết bị xoay; 13. ống để ép vữa;
 14. hộp nút; 15. vỏ bọc cao su; 16. đai; 17. van; 18. ống đầu hình trụ; 19. phần mở rộng

Phổ biến hơn cả trong xây dựng ngầm là neo khoan phụt có nút nở cao su để ngăn vùng làm việc và vùng còn lại của neo. Kết cấu của loại neo này bao gồm một thanh căng, ở đầu của nó có hàn đầu mũi và đĩa đảm bảo liên kết thanh căng với vùng làm việc của neo (hình 13.5d). Để đảm bảo thanh căng nằm đúng tâm lỗ khoan cứ cách 3-4m người ta hàn các tai định vị. Chi tiết nút nở của neo là một túi cao su gắn vào một khớp nối kim loại bằng hai hộp thép hàn với thanh căng của neo. Các hộp thép này có trang bị các lỗ có van để điều chỉnh lượng vữa xi măng. Các neo loại này được đặt như sau: sau khi khoan lỗ (trong đất không ổn định thì phải đặt ống giữ vách) người ta đặt neo cùng với bộ phận nút và ống phụt. Tiến hành ép vữa xi măng cát vào bộ phận nút với áp lực 0,1 - 0,15MPa. Nếu như có ống chèn vách thì trước khi phụt người ta rút ống chèn ra khỏi vùng của nút. Trong quá trình ép vữa xi măng cát bộ phận nút nở ra ngăn lỗ khoan làm hai phần và ngăn vữa xi măng chảy qua lại giữa hai vùng này. Việc xâm nhập của

vữa xi măng vào đất sẽ tạo nên nút đất gia cố xi măng có chiều dài $l_3 = 4 \div 6$ và đường kính d_3 bằng 1,5 đến 2 lần đường kính lỗ khoan. Vùng không xi măng hoá của neo sẽ ép một lớp chất dẻo hoặc mattit và đặt chúng trong một ống chất dẻo để chống rỉ cho thân neo và giảm ma sát trong phạm vi lăng thể trượt. Sau 6 đến 8 giờ, khi vữa xi măng cat đã đông cứng, người ta căng neo bằng kích với áp lực tăng hơn so với áp lực tính toán là 30-50% và giữ ứng lực như vậy trong vòng 1 giờ, người ta giảm ứng lực xuống giá trị tính toán và cố định đầu neo vào hệ giằng bằng bản đệm và êcu định vị. Để ngàm neo vào đất cát cùng với vữa xi măng cat có thể thay bằng các keo tổng hợp. Nút cao su như đã nêu trên có thể thay bằng hộp chế tạo từ xi măng sét thạch cao mác 500 có hai đầu bằng hai mặt bích thép và vòng giữ.

Trong cát hạt nhỏ cũng như trong đất sét mà vữa thấm rất kém và lực ma sát với đất không lớn neo phụt có thể dùng một hoặc một số đoạn đường kính mở rộng d_y bằng 2-3 lần đường kính lỗ khoan d . Sau khi tạo được phần mở rộng trong đất sét đầu nở được lấy ra còn trong đất cát thì phải bỏ lại như một thành phần của neo (hình 13.5c, d). Các neo có phần mở rộng có khả năng chịu lực cao do sức bền trượt của mặt trước phần mở rộng.

Neo đất được bố trí dọc theo hố móng với các bước $l_a = 3 \div 5$ m trong hàng vì có nhiều hàng theo chiều cao. Các neo ở phía dưới thường dài hơn. Góc nghiêng của neo α so với phương nằm ngang không nên vượt quá $25 - 30^\circ$, bởi vì khi tăng góc nghiêng thì sẽ giảm phần ứng lực giữ theo phương nằm ngang và tăng tải trọng thẳng đứng lên vì chống. Sự cần thiết phải tăng góc nghiêng của neo có thể khi hố móng được bố trí gần móng của nhà và các công trình kỹ thuật hạ tầng khác của khu dân cư.

Các neo ứng suất trước dạng hình trụ

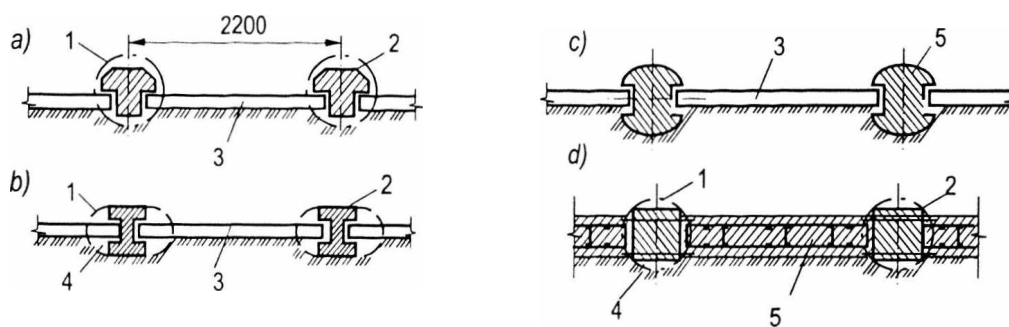
Neo ứng suất trước có một ống giữ và được tiện ren trong phần đầu nối với thanh hép căng. Để cải thiện lực dính bám với vữa ở phần ống giữ thường có tiết diện thay đổi. Ứng lực căng truyền qua đầu neo lên ống giữ và nút xi măng chịu ứng suất nén và không bị nứt như trong các neo phụt.

Việc sử dụng các neo đất thay các thanh chống văng có hàng loạt ưu điểm như tiết kiệm thép; không cần dùng thanh văng và đóng các hàng cọc trung gian; đặc biệt là giải phóng được không gian trong hố móng. Điều đó cho phép tiến hành các công tác lắp ráp chính cùng với sử dụng các thiết bị cơ giới có công suất lớn. Mặc dầu công nghệ thi công các neo đất có phức tạp hơn so với đặt các thanh văng và giá thành có cao hơn chừng 8-10% nhưng vì chống neo tỏ ra rất có hiệu quả, đặc biệt khi gia cố các hố móng rộng và sâu. Ngày nay vì chống neo được sử dụng khá rộng rãi khi xây dựng tầng phương pháp lộ thiên các công trình giao thông ngầm trong điều kiện khác nhau của thành phố. Nhược điểm của các neo đất chủ yếu là tính không xác định về sự làm việc của chúng, đặc biệt là trong các đất dính và không sử dụng lại được của neo.

Các hệ gia cố hố móng khác nhau với việc sử dụng cọc đóng hay cọc cừ đòi hỏi chi phí thép khá lớn. Mặc dầu 80% cọc đóng và cọc cừ có thể rút lên sau khi kết thúc quá

trình xây dựng, nhưng phần lớn chúng tỏ ra không thuận lợi cho việc dùng lại bằng cách đóng. Cũng nên xét là khi đóng cọc thép hay cọc cừ có thể gây hư hỏng các công trình khác như nhà cửa, tạo tiếng ồn và chấn động lớn, phá hoại sự sinh sống bình thường của thành phố. Ngày nay để chống đỡ các hố móng chủ yếu thay thế cọc thép, cọc cừ bằng việc áp dụng cọc khoan nhồi hay cọc bê tông cốt thép hạ trong lỗ khoan trước. Các loại chống đỡ kiểu này đã được sử dụng cả trong xây dựng thủy lợi và các công trình giao thông ở Liên Xô trước đây và các nước ngoài khác.

Ví dụ: Viện thiết kế xe điện ngầm của Liên Xô cũ đã thiết kế kết cấu hầm giao thông mà tường của nó là các cọc giữ tiết diện chữ T chèn sau là các tấm panen đúc sẵn trong nhà máy (hình 13.6a). Có thể hạ cọc tiết diện chữ I bằng bê tông cốt thép trong các lỗ khoan khoan sẵn (hình 13.6b). Người ta cũng áp dụng tường chắn cho hố móng bằng cọc khoan nhồi bê tông cốt thép. Đầu tiên với khoảng cách 1,5 - 1,8m người ta khoan lỗ và đặt vào trong lỗ một ống thép đường kính gần 1m. Sau đó hạ cốt thép vào trong ống, đổ bê tông và từ từ rút ống thép lên. Nhờ các chi tiết tạo rãnh bằng chất dẻo trong các cọc bê tông cốt thép mà tạo được khe định hướng cho các vách ngăn bê tông toàn khối sẽ đặt theo quá trình đào đất trong hố móng (hình 13.6c). Bằng cách tương tự để thi công tường chắn từ các cọc dạng lăng trụ hạ trong lỗ khoan và nối với các panen bê tông cốt thép toàn khối có cốt thép chờ (hình 13.6d). Thay cho các vách ngăn bê tông toàn khối có thể dùng các panen bê tông cốt thép lắp ghép. Việc sử dụng các hệ kết cấu loại này cho các công trình hầm kỹ thuật hạ tầng khác nhau, cho phép giảm chi phí lao động và giảm thời hạn thi công đáng kể so với hệ gia cố dạng đóng thông thường. Tường chắn bê tông cốt thép sẽ tỏ rõ hiệu quả hơn trong trường hợp đưa nó vào làm một phần của kết cấu vĩnh cửu của công trình ngầm.



Hình 13.6: Các dạng tường chống hố móng bằng bê tông cốt thép

1. lỗ khoan; 2. cọc đỡ; 3. tấm tường; 4. cát đắp; 5. bê tông cốt thép toàn khối

Trong những năm gần đây, để gia cố hố móng người ta đã bắt đầu sử dụng các tường mỏng kiểu màng. Với loại này hố móng được đào thành từng lớp 2-3m với mái dốc 80-85°. Trên mái dốc gắn 2-3 lớp lưới thép rồi phun bê tông dày 20-40mm. Sau đó qua lớp phủ này khoan các lỗ đường kính 50mm và sâu 6 - 8m. Sau khi nhồi đầy phần đáy lỗ khoan bằng vữa xi măng người ta đưa vào lỗ khoan một thanh thép gai $d = 25-30\text{mm}$, sao cho phần làm việc của thanh thép được giữ ở trong lỗ khoan. Thanh được neo bằng bản

đệm và êcu rồi phun bê tông phủ đầu thanh vào mái dốc. Do tiêu tốn ít vật liệu và công nghệ đơn giản mà tường dạng màng mỏng được sử dụng có hiệu quả trong thi công các hố móng của công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên.

3. Tính toán hệ gia cố tạm hố móng

Các bộ phận của hệ gia cố tạm hố móng như cọc, hệ giằng ngang, giằng dọc, ván dè, thanh văng, neo đất cần phải tính toán độ bền, ổn định và biến dạng dưới tác dụng của áp lực bên của đất và các tải trọng tạm thời trên lạng thể trượt cũng như các tải trọng lấp ghép phát sinh ở các giai đoạn khác nhau của quá trình thi công công trình ngầm.

Khi tính cọc và cọc cừ cần phải xác định chiều sâu tối ưu của cọc đóng vào trong đất ở dưới đáy hố móng, điều kiện ngầm trong đất. Phải xác định các đặc trưng phân bố và cường độ của áp lực đất. Ngoài ra khi tính cọc đòi hỏi phải tìm quan hệ hợp lý giữa số liệu tiết diện cọc và khoảng cách của chúng dọc theo trục hố móng.

Các cọc đóng và cọc cừ bằng thép, chiều dài của chúng lớn hơn 10 đến 12 lần kích thước tối đa của tiết diện ngang, được xem như một dầm mềm đặc trưng biến dạng của chúng cơ bản phụ thuộc vào sự phân bố của áp lực đất.

Việc xem tường chắn mềm cùng làm việc với đất là một quan niệm đúng đắn nhưng khá phức tạp. Khi uốn cọc hay cọc cừ ở trong khối đất sẽ tạo nên một trạng thái ứng suất giới hạn cùng làm việc với vùng đất được làm chặt. Để xác định biên của vùng này cần phải giải một bài toán lý thuyết hỗn hợp của môi trường biến dạng tuyến tính và lý thuyết cân bằng giới hạn. Chưa có lời giải chính xác của bài toán đàn dẻo của tường chắn mềm trong hố móng.

Do đó trong thực tế thiết kế, đa số các trường hợp người ta dùng các phương pháp tính toán gần đúng dựa trên một loạt các giả thiết khác nhau. Cọc hay cọc cừ mềm được xem như một dầm ngầm ở phía dưới đất và tựa gối ở những vị trí có giằng ngang hay neo. Khi không có giằng ngang và neo thì chúng như một dầm công xon. Các cọc bằng thép chữ I được tính với áp lực chủ động (theo Culông) trên mặt ngoài, trị số của nó được xác định với nhịp a bằng khoảng cách giữa hai cọc và áp lực bị động ở phần trên đáy hố móng (hình 13.7).

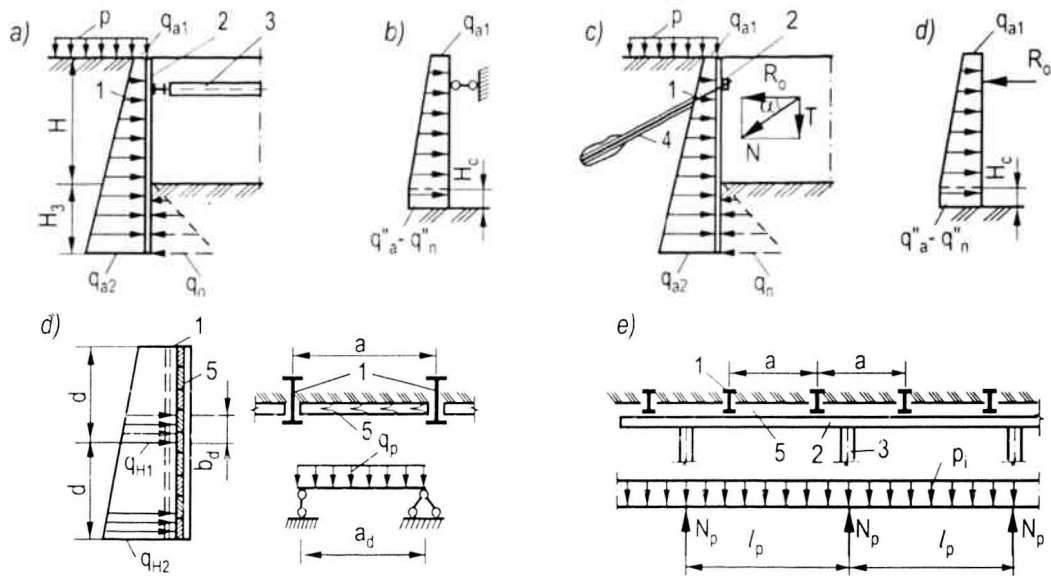
Trong thực tế áp lực chủ động trong phần dưới đáy hố móng có thể lấy với nhịp chỉ bằng bề rộng cánh của cọc b_0 . Trị số áp lực bị động lớn nhất của đất lên cọc xác định theo công thức:

$$q_n = \gamma H_z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (B.1)$$

trong đó: γ - trọng lượng riêng của đất;

H_z - chiều sâu đóng cọc xuống dưới đáy hố móng.

Chiều sâu đóng cọc H_z trong đất tối có thể lấy sơ bộ bằng $H/2$, trong đất chặt là $H/3 - H/4$ (H - chiều sâu hố móng).



Hình 13.7: Sơ đồ tính vì chống tạm hố móng
a, b, c, d) Tính cọc; d) Tính ván chèn; e) Tính giằng
1. cọc; 2. giằng; 3. thanh văng; 4. neo; 5. ván chèn

Trong những đất có góc nội ma sát $\varphi > 40^\circ$ chiều sâu đóng xác định từ điều kiện sao cho áp lực tối đa của cọc tác dụng lên đất không vượt quá sức bền nén của đất.

Chiều sâu đến ngàm quy ước ở trong đất kể từ đáy hố móng H_0 được xác định phụ thuộc vào chiều sâu hố móng và góc nội ma sát φ . Ví như với chiều sâu hố móng lớn hơn 4m trị số H_0 được xác định như sau:

Với $\varphi = 20^\circ$, $H_0 = 0,25H$; với $\varphi = 30^\circ$, $H_0 = 0,08H$; $\varphi = 35^\circ$, $H_0 = 0,035H$. Với những giá trị khác của góc nội ma sát φ trị số H_0 có thể nội suy tuyến tính.

Để tính toán sơ bộ tường chắn dạng cọc của hố móng có thể sử dụng các đồ thị trên hình 13.8a, b do Viện thiết kế xe điện ngầm Liên Xô (cũ) đề xuất. Trong kết quả tính cọc hay cọc cừ theo sơ đồ dầm một nhịp (hình 13.7a, b, c, d) hoặc dầm nhiều nhịp người ta xác định mômen uốn lớn nhất rồi dựa vào nó để tính độ bền của cọc hay cọc cừ:

$$\frac{M_{\max}}{W} \leq R_u \quad (13.2)$$

trong đó: R_u - độ bền tính toán của thép khi uốn;

W - mômen chống uốn của tiết diện cọc hay cọc cừ.

Các kết quả chính xác hơn có thể nhận được khi tính cọc hay cọc cừ theo sơ đồ dầm mềm dài trên nền đàn hồi liên tục hoặc dàn dèo (áp lực động và tĩnh của đất và tính toán tường chắn của N.K. Xnhitko).

Các ván chèn, truyền tải trọng từ đất lên cọc được tính chịu uốn như dầm đơn giản một nhịp (hình 13.7d). Do áp lực đất thay đổi theo chiều sâu, nên việc tính ván chèn được tính cho từng dải rộng 2-3m. Trong mỗi dải bề rộng ván lấy giống nhau.

Trên mỗi dải, ván được tính cho ván cuối cùng, tải trọng là phân bố đều với cường độ là q_p .

$$q_p = b_d \cdot q_n$$

trong đó: q_n - áp lực bên của đất ở mức giữa của ván thấp nhất trong dải;

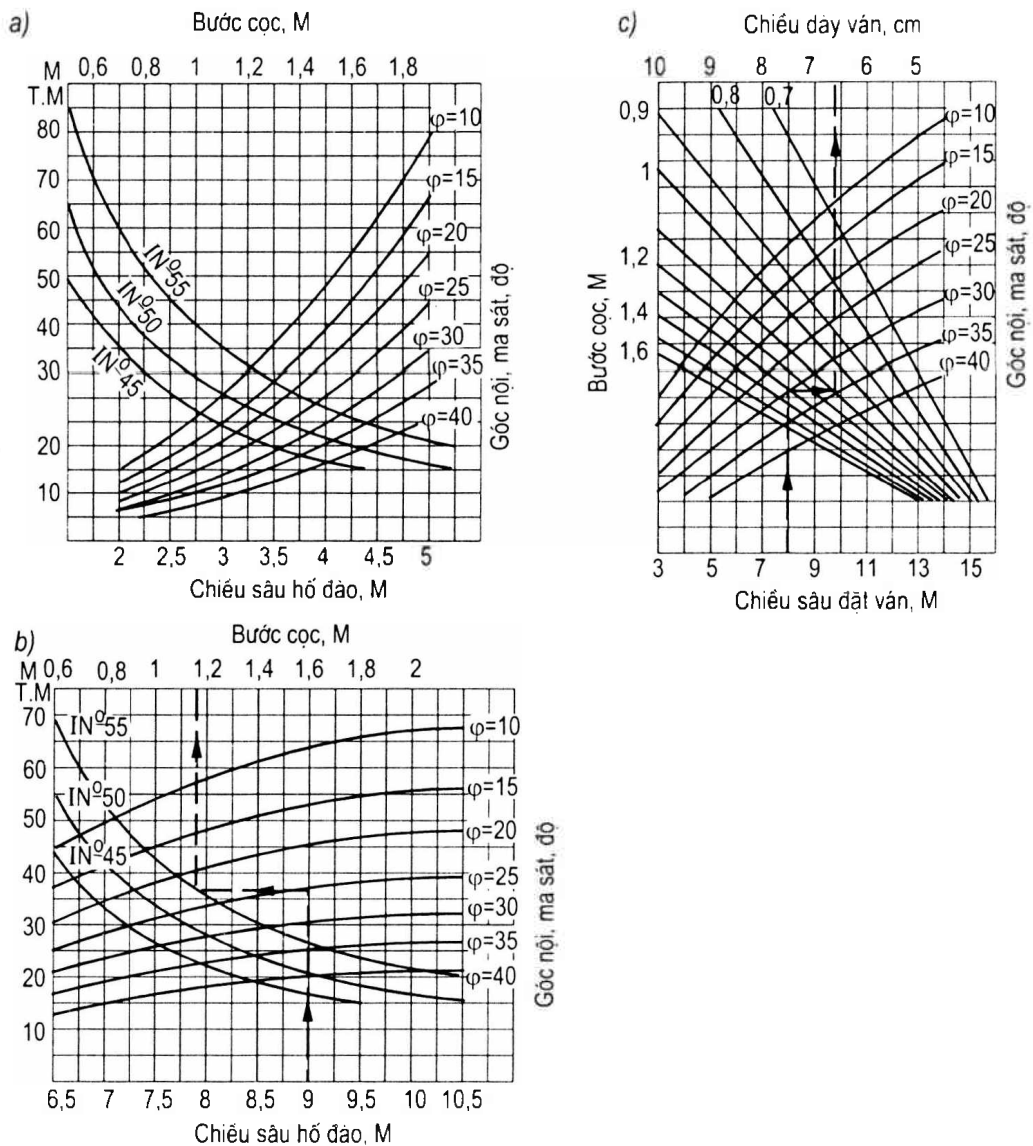
b_d - chiều rộng của ván chèn.

Chiều dày cần thiết của ván δ có thể xác định từ điều kiện bền của ván:

$$\frac{M_{\max}}{W_d} \leq R_u$$

Trong đó: R_u - độ bền tính toán của gỗ khi uốn;

W_d - mômen chống uốn của tiết diện ván.



Hình 13.8: Các đồ thị để tính cọc côngxon (a), cọc có một điểm văng (b) và ván chèn (c)

$$\delta \geq \frac{a_d}{2} \sqrt{\frac{3q_n}{R_u}} \quad (13.3)$$

ở đây: a_d - nhịp tính toán của ván.

Để xác định sơ bộ chiều dày của ván chèn có thể xác định theo đồ thị trên hình 13.8c. Trong mọi trường hợp chiều dày tối thiểu của ván chèn lấy bằng 5cm.

Các giằng dọc (đai) được tính theo sơ đồ dầm liên tục với nhịp bằng khoảng cách giữa các trục của thanh văng hoặc neo, chịu tải trọng do cọc tác dụng lên (hình 13.7e).

Việc tính các thanh văng là chịu nén và uốn theo công thức:

$$\frac{N_p}{\phi F \left(1 - \frac{M_p}{W_x R_u} \right)} \leq R_n \quad (13.4)$$

trong đó: F - diện tích tiết diện ngang của thanh văng;

ϕ - hệ số uốn dọc;

M_p - mômen uốn tính toán trong thanh văng do trọng lượng bản thân;

W_x - mômen chống uốn trong mặt phẳng uốn;

R_u, R_n - sức bền tính toán của vật liệu khi uốn và nén.

Việc tính toán các neo đất tức là xác định các thông số hình học (chiều dài, góc nghiêng và bước) và khả năng làm việc của neo. Chiều dài và góc nghiêng được xác định từ việc tính toán ổn định của cọc hay cọc cừ cùng làm việc với khối địa tầng. Khả năng làm việc của neo N_a phải đủ để tiếp nhận các ứng lực phát sinh do neo:

$$N_a \geq k_n N_o \quad (13.5)$$

trong đó: k_n - hệ số độ tin cậy, $k_n = 1,2$.

Từ điều kiện này có thể xác định khoảng cách tối ưu của các neo (l_a).

Khác với thanh văng chịu nén, neo chủ yếu là chịu kéo (nhỏ). Trị số của nó xác định là hình chiếu của phản lực R_o ở các gối do cọc giữ (hình 13.7c, d).

$$N_o = \frac{k R_o l_a}{\cos \alpha} \quad (13.6)$$

trong đó: k - hệ số an toàn;

α - góc nghiêng của neo với phương nằm ngang, độ.

Theo ứng lực N_o người ta xác định độ bền của neo chịu kéo đứt:

$$\frac{N_o}{F_a} \leq R_a$$

trong đó: F_a - tiết diện ngang của thanh căng của neo;

R_a - độ bền tính toán của thanh neo.

Khả năng chịu lực của neo đất có thể xác định như tổng độ bền của đất theo mặt bên và mặt trước của neo:

$$N_a = N_{a1} + N_{a2}$$

Tùy thuộc vào kết cấu của neo trị số N_{a1} xác định xuất phát từ sức bền trượt của đất theo toàn bộ mặt bên lỗ khoan hay chỉ ở trong vùng neo:

$$N_{a1} = k_o \Pi m_f f_n l \quad (13.7)$$

ở đây: k_o - hệ số đồng nhất của đất, $k_o = 0,6$;

Π - chu vi lỗ khoan đối với neo khoan (πd_{lk}) hay chu vi vùng phụt đối với neo phụt (πd_f);

m_f - hệ số phụ thuộc vào loại đất hay loại neo ($m_f = 1$ đối với neo phụt, $m_f = 0,6$ đối với neo khoan và neo có mở rộng trong cát; $m_f = 0,5$ đối với neo khoan trong á sét và trong sét);

l - chiều sâu lỗ khoan hoặc vùng phụt;

f_n - độ bền tiêu chuẩn của đất theo mặt bên của lỗ khoan (CHuΠ. II-15-74).

Nếu neo nằm trong đất không đồng nhất thì trị số của tích $m_f f_n l$ được lấy theo từng lớp rồi tổng lại.

Khi tính toán neo phụt đường kính vùng phụt có thể xác định theo công thức:

$$d_f = 2 \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon)v}{\pi \varepsilon l_f}} \quad (13.8)$$

trong đó: ε - hệ số lỗ rỗng của đất;

v - khối lượng vữa phụt;

l_f - chiều dài vùng phụt.

Sức bền của neo phụt hay neo khoan có mở rộng theo mặt trước neo có thể xác định bằng công thức thực nghiệm:

$$N_{a2} = k_o (AC^n + B \cdot \gamma \cdot h_u) (S - S_c) \quad (13.9)$$

ở đây: A, B - các hệ số phụ thuộc vào góc nội ma sát của đất và bằng:

$$A = 7,1 ; \quad B = 2,8 \text{ với } \varphi = 14^\circ$$

$$A = 26,9 ; \quad B = 16,5 \text{ với } \varphi = 30^\circ$$

$$A = 59,6 ; \quad B = 44,4 \text{ với } \varphi = 36^\circ$$

C^n - lực dính đơn vị của đất sét hay thông số tuyến tính của đất cát (CHuP II-15-74);

h_u - chiều sâu tâm của vùng phụt hay vùng mở rộng;

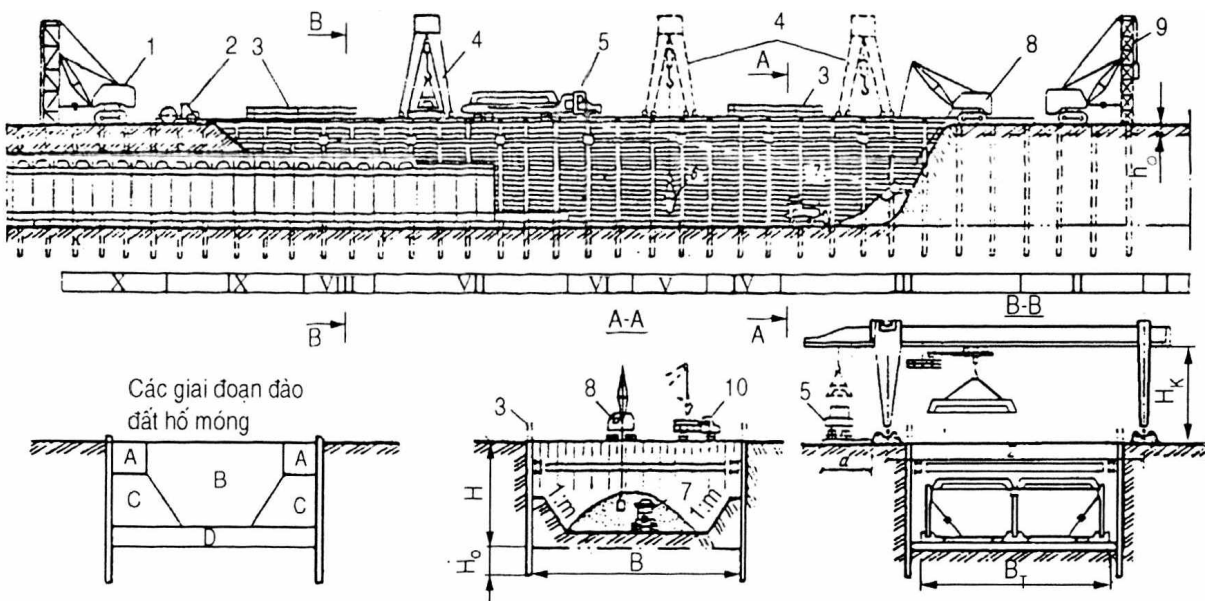
S, S_c - diện tích làm việc của vùng mở rộng và diện tích tiết diện lỗ khoan;

γ - trọng lượng riêng của đất.

Các kết quả của tính toán cuối cùng sẽ được kiểm tra bằng cách nhỏ thử ở hiện trường.

4. Đóng cọc và đào đất đá

Việc thi công theo phương pháp hố móng được tiến hành theo sơ đồ song song hoặc tuần tự. Trong trường hợp tổ chức song song thì đồng thời ở những đoạn khác nhau tiến hành tất cả các bước công nghệ bắt đầu từ đóng cọc, kết thúc là nhỏ cọc. Công nghệ kiểu dây chuyền như vậy đòi hỏi tiến hành trên một đoạn dài 100 - 150m. Khi không thể mở diện như vậy hoặc thi công công trình ngầm có chiều dài nhỏ hơn 100m thì tổ chức theo kiểu tuần tự. Với sơ đồ này mỗi một quá trình công nghệ được bắt đầu khi quá trình công nghệ trước nó kết thúc. Với sơ đồ này mặt bằng thi công có thể hạn chế đến mức ngắn nhất. Lực lượng thi công cũng ít nhất nhưng tiến độ thi công sẽ chậm. Trước khi bắt đầu thi công các quá trình chính phải thực hiện các quá trình chuẩn bị như làm tơi các đất chặt, đặt hệ thống thoát nước, hạ mực nước nhân tạo, cho đóng băng hoặc gia cố hoá khi cần thiết v.v... Việc thực hiện các bước công nghệ là như nhau không phụ thuộc vào sơ đồ thi công chung (hình 13.9). Khi xây dựng tường chắn dạng cọc hay cọc cừ thì đầu tiên đào dọc hố móng một hào kiểm tra sâu 1,5 - 2m, rộng 0,5 - 0,8m để định vị công trình ngầm sau này.



Hình 13.9: Sơ đồ công nghệ xây dựng hầm trong hố móng gia cố bằng cọc

I. đào hào kiểm tra; II. đóng cọc; III. đào đất; IV. làm phẳng đáy hố; V. đổ bê tông lót; VI. làm tầng phòng nước đáy; VII. lắp ghép vỏ hầm; VIII. làm tầng phòng nước tường và nóc; IX. đắp đất; X. rút cọc; 1. thiết bị để rút cọc; 2. bơm; 3. tường chống hố đào; 4. cầu chân dê; 5. tắc phóc; 6. ben đổ bê tông; 7. máy ủi; 8. máy xúc; 9. thiết bị đóng cọc; 10. ô-tô tự đổ; A, B, C, D - các giai đoạn đào hố.

Tùy thuộc vào tính chất của đất nền dọc theo tuyến của công trình ngầm, cọc cừ được đóng bằng búa hơi kiểu song động hoặc búa chấn động kiểu C-286, C-225 do Liên Xô (cũ) sản xuất (có thể thay thế bằng các búa khác có tính năng kỹ thuật tương

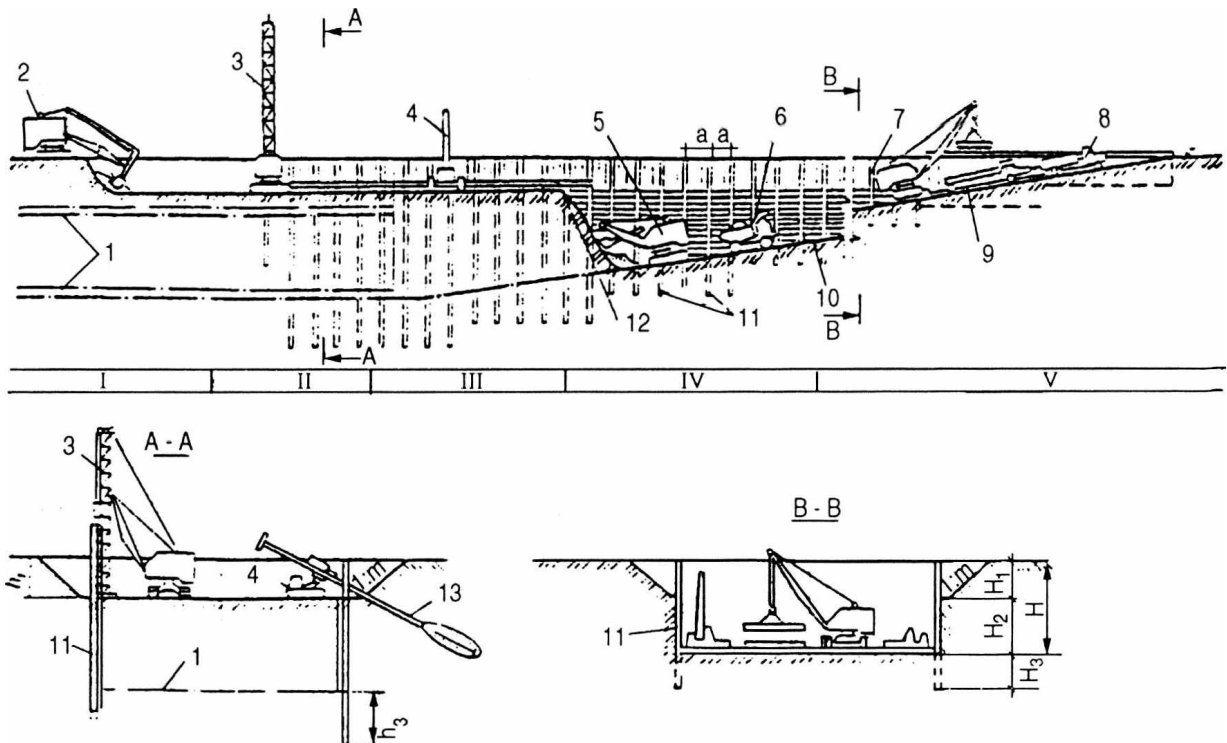
tự). Các búa dạng cần C-330 hoặc dạng ống C-966, búa diezen, búa chân động kiểu БП-1, БП-2, БП-3, БПП-1 do Liên Xô (cũ) sản xuất cũng thường được sử dụng để đóng cọc hay cọc cừ.

Người ta cũng sử dụng phổ biến các búa điện kiểu C-467-M để đóng cọc, loại này có năng suất cao hơn các loại đã nêu ở trên. Dùng loại này còn có ưu điểm ít phá hoại đầu cọc. Trong những năm gần đây người ta cũng sử dụng máy chạy trên bánh xích có trang bị cả thiết bị khoan, kích thủy lực để hạ cọc.

Sau khi đóng cọc hoặc cọc cừ người ta bắt đầu đào đất trong hố móng. Về phương pháp đào, trình tự đào đất được tiến hành phù hợp với loại đất và hệ thống chống đỡ.

Tùy thuộc vào chiều sâu hố móng người ta có thể đào đến độ sâu thiết kế một lần hoặc nhiều lần. Đào một lần khi chiều sâu hố móng không lớn 8 - 10m bằng máy xúc đặt trên mặt đất và dùng ủi để gom và cát đất ở phân gần cọc rồi chuyển về vùng hoạt động của máy xúc. Việc đào đất kiểu này cũng thường phân làm 3 - 4 giai đoạn.

Đất đào lên được đưa vào ô tô tự đổ, một phần chuyển ra bãi thải, một phần dùng để lấp lại hố móng. Trong quá trình đào đất khi lưu lượng nước ngầm không lớn thì việc thoát nước bằng bơm đặt trên mặt đất hoặc trong hố móng.



Hình 13.10: Sơ đồ công nghệ thi công đoạn đường dẫn vào hầm có gia cố bằng cọc
 I. Đào hố; II. Đóng cọc; III. Đặt neo trong đất; IV. Đào phân dưới hố; V. Lắp ghép kết cấu;
 1. đường biên hầm; 2. máy xúc gầu nghịch; 3. thiết bị đóng cọc; 4. máy khoan;
 5. máy xúc gầu thuận; 6. ô tô tự đổ; 7. cần cẩu; 8. đầu kéo bánh lốp; 9. moóc phẳng;
 10. ván chèn; 11. cọc; 12. giằng; 13. neo trong đất

Cùng với việc đào đất trong hố móng tiến hành công tác trắc địa kiểm tra, đo khối lượng đất. Để làm việc này trong khu vực hố móng phải có lưới khống chế, có cọc mốc gắn trên hố móng cũng như đánh dấu ở trên các thanh văng v.v... Trên đáy hố móng phải có các mốc kiểu khối lăng trụ có gắn mốc bằng thép. Trên mốc có số liệu chuẩn xác định bằng máy kinh vĩ và thủy bình. Trên cơ sở số liệu này để xác định vị trí, cao độ của neo và tường chắn v.v.

Đồng thời với việc đào đất phải tiến hành chèn ván sau cọc, sau khi đặt, ván phải nêm chặt với cọc hoặc gia cố mái taluy bằng bê tông phun.

Sau khi đào hố móng đến chiều sâu xác định người ta đặt hệ giằng, văng và neo. Đầu tiên đặt hệ giằng bằng thép chữ I hoặc thép chữ L, gông hoặc hàn vào cọc, sau đó lắp ráp hệ thanh văng. Để tiến hành việc này người ta dùng cầu bánh xích hoặc bánh lốp đặt trên bờ hố móng. Cũng có thể dùng cầu chân dê để lắp ráp.

Khi thi công các neo đất thì đầu tiên đào đất đến cao độ của hệ giằng, sau đó lắp ráp hệ giằng rồi khoan lỗ nghiêng như thiết kế. Để khoan lỗ có thể dùng máy khoan tự hành chạy trên bánh xích kiểu СБА-500Э, УЛБ-130, УБК-200/300, СКБ-4, máy "Kato", "Betono", "Bauer", v.v... Để tạo lỗ khoan nghiêng có thể dùng hệ giá định vị kiểu khí nén vừa đảm bảo độ nghiêng của thiết bị khoan và cũng là để rút ống chống ra sau này. Việc này thường là dùng trong đất rời. Ở Liên Xô cũ thường dùng các thiết bị kiểu ИП-4601, ИП-4603 và ИП-40 cho phép khoan lỗ đường kính $\leq 400\text{mm}$ và sâu đến 50m.

Sau khi khoan lỗ đến chiều sâu yêu cầu, tiến hành đặt ống vào trong lỗ khoan, thanh neo bằng thép cường độ cao trên suốt chiều dài ống hoặc chỉ ở phần đáy (tùy theo loại neo sử dụng) rồi ép vữa xi măng bằng bơm С-251, С-256, С-317 v.v... Việc căng các neo phụt người ta tiến hành bằng các kích thủy lực kiểu ДГ-63-315; СМ-537, ДГ-100-2 do Liên Xô (cũ) chế tạo hoặc các kích đo Trung Quốc, Pháp chế tạo có tính năng tương tự. Việc căng neo tiến hành theo từng cấp từ 20 đến 30% ứng lực thiết kế rồi giữ nguyên một thời gian theo từng cấp. Ứng lực căng cuối cùng bằng 1,3 - 1,5 ứng lực tính toán sau đó giữ nguyên trong vòng 1 giờ. Trong quá trình căng neo cũng như sau khi đóng nêm định vị, ứng lực trong neo có thể giảm do từ biến của đất.

Sau khi gia cố cọc hoặc cọc cừ, người ta hoàn tất toàn bộ phần việc đào hố móng.

5. Xây dựng và phòng nước cho kết cấu

Để làm phẳng và làm chặt nền người ta đổ một lớp bê tông đá dăm lót dày 10 - 15cm. Công việc này tiến hành trên từng đoạn 10 - 12m. Hỗn hợp bê tông thường lấy từ trạm trung tâm rồi dùng cần cẩu để đưa vào hố móng. Việc làm chặt và làm phẳng bê tông bằng đầm bàn và thước chuẩn. Bề mặt bê tông được láng một lớp vữa xi măng dày 2-3cm. Trên bề mặt lớp láng người ta phun hoặc dán lớp phòng nước phủ lên, các đầu của lớp phòng nước được kéo lên một tường bảo vệ bằng gạch hoặc khối bê tông cốt thép cao 1-1,2m. Người ta bảo vệ lớp phòng nước khỏi những tác động cơ học bằng cách láng phủ một lớp vữa xi măng dày 2-3cm.

Nếu công trình ngầm xây trong hố móng có mái dốc tự nhiên hoặc giữa hai vách của công trình ngầm và vách hố móng có khoảng hở 0,8 - 1,2m thì việc phòng nước tiến hành trực tiếp trên mặt ngoài của kết cấu.

Khi xây dựng công trình ngầm trong hố móng có tường chắn dạng cọc hay cọc cừ, hai bên vách không thể tạo được khe hở gần 1,0m thì tầng phòng nước được làm trên tường bảo vệ trước khi xây vỏ hầm.

Công tác làm tầng phòng nước của công trình ngầm thường thực hiện trên từng đoạn 10-15m. Công nghệ thi công tầng phòng nước chủ yếu phụ thuộc vào vật liệu phòng nước. Tầng phòng nước nhiều lớp kiểu dán: 3 - 4 lớp dán bằng bitum thì chủ yếu thi công thủ công. Cuộn vật liệu phòng nước được tở ra trải trên bề mặt cần phòng nước và dán bằng bitum matit chế tạo tại chỗ hoặc chở đến loại bitum đã chế sẵn bằng thùng có thiết bị đun nóng. Các lá chống thấm khi dán phải chồng mép không nhỏ hơn 15-20cm. Để giảm bớt khối lượng công việc thủ công người ta dùng thiết bị cơ khí để phun bitum.

Trong những năm gần đây, người ta sử dụng các vật liệu phòng nước mới trên cơ sở vải thủy tinh. Điều này cho khả năng cơ giới hoá công tác thi công tầng phòng nước. Với loại phòng nước này người ta phun lên bề mặt kết cấu hoặc tường bảo vệ một lớp phủ dày 1,5 - 2mm từ bitum đặc. Để làm việc này người ta dùng bitum chảy hoặc hơi nóng. Nhược điểm của phương pháp này là việc đốt nóng không đồng đều và nguy hiểm do việc phá hoại tầng phòng nước.

Sau khi xây dựng xong tầng phòng nước ở đáy người ta xây dựng kết cấu công trình ngầm. Vỏ là toàn khối thì được đổ bê tông tại chỗ với ván khuôn gỗ hoặc thép. Hợp lý hơn cả là dùng ván khuôn di động, cho phép tháo dỡ và di chuyển nhanh đến vị trí mới.

Bê tông được đổ vào sau ván khuôn bằng cẩu hoặc bằng bơm bê tông. Làm chặt bê tông bằng đầm. Khi xây kết cấu ngầm làm nhiều đợt các tường ngoài đổ bê tông từ dưới lên đến hết chiều cao.

Kết cấu lắp ghép được lắp ráp bằng cần trục bánh xích hoặc bánh lốp đặt trên bờ hố móng, trực tiếp trong hố móng hoặc trên nóc của công trình ngầm ở phần đã xây xong. Khi xây dựng các bãi chứa xe ngầm hoặc tổ hợp dạng buồng, chiếm một diện tích hạn chế thì người ta hay dùng cầu tháp có sức nâng 5 - 15t và có tay với phù hợp với kích thước công trình.

Khi xây dựng công trình ngầm đủ dài ($\geq 300 - 400\text{m}$) và bề rộng hố móng lớn hơn 15 - 20m hợp lý hơn cả là sử dụng cầu chân dê dạng côngxon bố trí trên ray đặt trên bờ hố móng hoặc trên một cơ chữa lại trên taluy hố móng. Dùng loại này không chỉ lắp ráp kết cấu mà lắp đặt cả vì chống tạm của hố móng, cốp bê tông và các vật liệu khác trong quá trình thi công.

Trong địa bàn chật hẹp nếu dùng công nghệ dịch chuyển những đốt vỏ nguyên vẹn thường tỏ ra là có hiệu quả. Để làm việc này sau khi đào, gia cố hố móng nối vào buồng lắp ráp (là một phần của hố móng) người ta hạ từng đoạn vỏ hầm đúc sẵn và buồng lắp ráp bằng cầu, tiến hành tổ hợp chúng lại rồi đẩy chúng theo nền hố móng đã thi công

xong. Việc đẩy các đốt vỏ có thể dùng kích thủy lực tựa lên tường đầu của buồng lắp ráp tương tự như phương pháp ép đẩy hầm, cũng có thể dùng hệ tời cáp để kéo đẩy vỏ hầm. Tời bố trí ở đầu đối diện của hố móng.

Sau khi đẩy đốt vỏ vào vị trí thiết kế người ta làm phòng nước cho mối nối và nối vỏ hầm với nền: những khe hở giữa đáy đốt hầm với tấm bê tông cốt thép đáy được ép đầy hỗn hợp cát hoặc xi măng - cát.

Ưu điểm cơ bản của công nghệ này là các đốt vỏ có kích thước lớn được hạ vào hố móng chỉ ở buồng lắp ráp. Điều đó loại trừ được việc di chuyển cầu dọc bờ hố móng, cho phép thu hẹp đáng kể hiện trường thi công. Ngoài ra dùng cầu ở dạng đứng yên để hạ đốt, cho phép tăng kích thước và trọng lượng của đốt vỏ.

Ưu điểm của công nghệ này sẽ càng được phát huy khi sử dụng các cầu vận chuyển qua hố móng để lưu thông liên tục người qua các chỗ giao nhau của các đường trục lớn của thành phố. Bằng công nghệ này khi thi công công trình ngầm sẽ không làm rối loạn giao thông chung.

Các kết cấu lắp ghép được lắp ráp trên từng đoạn dài 15 - 20m, điều đó cho phép tiến hành thi công trên diện rộng. Việc tiến hành rõ ràng chính xác từng bước công nghệ sẽ tạo điều kiện đạt năng suất cao nhất trong thi công. Các kết cấu riêng rẽ (cấu kiện) được cấp đến công trình bằng xe kéo moóc hoặc xe chuyên dụng chở panen. Các kết cấu ngầm thường lắp ráp theo thứ tự từ dưới lên trên. Lúc đầu đặt các tấm móng, các tấm đáy, sau đó là các tấm tường, cột, dầm dọc, ngang cuối cùng là các tấm trần (mái).

Vị trí của các khối bê tông cốt thép được định vị bằng các thiết bị đo cao và đo bằng. Các khối tường với độ chính xác $\pm 25\text{mm}$ trên mặt bằng và trắc dọc, các tấm đáy là $\pm 25\text{mm}$ trên mặt bằng và $\pm 20\text{mm}$ trên trắc dọc các cột, dầm và các khối trần có độ chính xác $\pm 15\text{mm}$ trên mặt bằng và mặt cắt dọc.

Trong thời kỳ lắp ráp tất cả các cấu kiện cần được gia cố theo thiết kế. Kết cấu ngầm sau khi đã tổ hợp xong, trên mặt tấm tường và trần được bảo vệ khỏi bị làm hỏng bằng xây tường gạch, bằng các khối bê tông hoặc bằng cách phun vữa lên lưới thép. Trên trần (mái) đổ lớp bê tông dày 15 - 20cm có lưới thép gia cường.

Kết cấu sau khi hoàn chỉnh được lắp đất trở lại. Sau các tường đổ một lớp cát 20-30cm có tưới nước và đầm chặt bằng đầm khí nén hoặc đầm điện. Việc lắp đất sau tường phải tiến hành đồng thời cả hai bên để tránh áp lực một phía. Trên nóc đắp thành từng lớp 0,5 - 0,6m đầm chặt theo từng lớp. Để đầm chặt các lớp này dùng máy đầm xích hoặc lớp cũng như đầm chân dê v.v...

Sau khi đắp đất sau tường của công trình ngầm thì tháo hệ văng chống và rút cọc cũng như cọc cừ. Để rút cọc hoặc cọc cừ dùng các tháp lắp trên máy xúc kiểu bánh xích có trang bị tời, múp để tăng lực rút lên 10.000kN. Khi cọc hay cọc cừ trong đất rời có thể dùng các thiết bị rung để rút cọc. Cá biệt có thể dùng thiết bị rung chuyên dụng để

rút và đóng cọc cừ để rút cọc. Trong trường hợp này có thể giảm được lực kéo cần thiết để rút cọc đi 8 - 10 lần so với các phương pháp rút tĩnh thông thường. Tuy nhiên, khi lãg chấn động có thể gây lún các công trình nhà cửa ở gần cũng như có thể làm hỏng lãg phòng nước của công trình ngầm. Một số trường hợp có thể dùng kích thuỷ lực để rút để tránh ồn và chấn động. Khi dùng kích, lực rút thường bị hạn chế ở mức 5000 - 6000kN.

Giai đoạn cuối cùng là tiến hành hoàn thiện và lắp ráp ở phía trong của công rình ngầm; khôi phục lại đường xá bị phá hoại trong quá trình thi công và thu dọn giải phóng mặt bằng công trường.

Phương pháp thi công dùng hố móng đặc trưng bằng việc cơ giới hoá cao quá trình thi công, cho khả năng áp dụng các kết cấu kiểu công nghiệp hoá, các máy làm đất và các thiết bị nâng hạ có công suất lớn. Tuy nhiên, trong điều kiện thành phố có công trình xây dựng dày đặc, mật độ giao thông lớn không phải lúc nào phương pháp này cũng áp dụng có hiệu quả. Việc đào các hố móng rộng trên đoạn dài 100 - 150m sẽ dẫn đến phá hoại điều kiện giao thông đường phố trong suốt thời kỳ xây dựng hầm, gây khó lãn cho cuộc sống bình thường của đô thị. Khi thi công hầm bằng phương pháp hố móng thường đòi hỏi chi phí lớn về kim loại, gỗ để gia cố tạm. Ví dụ để gia cố 100m hố móng sâu 6 - 7m rộng 8 - 10m sẽ chi phí 250 - 300t thép và 60 - 70m³ gỗ.

Việc hoàn thiện tiếp tục các loại kết cấu ngầm, ứng dụng các loại tường chắn nổi, việc cơ giới hoá đồng bộ quá trình thi công sẽ tạo điều kiện cho việc giảm giá thành và tăng tiến độ xây dựng các công trình ngầm bằng phương pháp hố móng.

§2. SỬ DỤNG VÌ CHỐNG DI ĐỘNG

1. Các dạng vì chống di động

Để cơ giới hoá tối đa công tác đào, xúc đất và xây vỏ hầm, khi xây dựng hầm đặt nông trong đô thị bằng phương pháp lộ thiên người ta sử dụng vì chống thép tiết diện ngang hở di chuyển được trên vỏ hầm đã tổ hợp hoặc trên tường (vách) của hang. Việc sử dụng vì chống di động cho phép:

+ Loại trừ việc sử dụng vì chống tạm và giảm nhẹ các khó khăn khi xây dựng; vì chống tạm.

+ Giảm khối lượng công tác đất khi đào hố móng và lấp trở lại sau khi xây xong kết cấu (do giảm khe hở giữa vỏ hầm và vách hố móng).

+ Giảm chiều dài của đoạn thi công có phá hoại điều kiện bề mặt xuống đến 30-4(m).

+ Nâng cao mức độ cơ giới hoá, giảm khó khăn trong thi công.

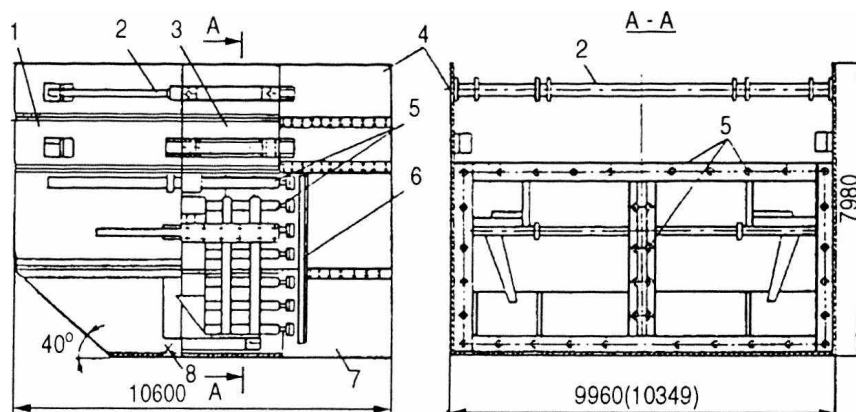
+ Nâng cao tốc độ xây dựng hầm.

+ Giảm tiếng ồn và chấn động.

+ Giảm nguy hiểm do chuyển vị, biến dạng bề mặt, nhà cửa và những công trình dọc theo tuyến hầm.

Vì chống di động sử dụng hợp lý khi xây dựng các hầm nối ga của các tuyến xe điện ngầm, hầm giao thông cho các tuyến ô tô, hầm đi bộ đặt nông, chiều dài lớn hơn 50-100m. Việc thi công có sử dụng vì chống loại này thực tế có thể tiến hành trong bất kỳ loại đất không cứng nào, loại trừ bùn và cát chảy. Khi có mực nước ngầm cao phương pháp này có thể áp dụng cùng với việc hạ mực nước ngầm nhân tạo. Ở các nước người ta sử dụng các loại vì chống di động khác nhau về kích thước, phương pháp di chuyển và những đặc điểm về cấu tạo. Ở Liên Xô cũ lần đầu tiên sử dụng dưới dạng một khiên hở để thi công đường xe điện ngầm ở Matxcova. Tốc độ đạt 150m/tháng.

Ngày nay trên thế giới đã áp dụng rất nhiều loại và cơ giới hoá một cách hoàn chỉnh các loại vì chống di động này. Ví dụ, loại KMO-2×5 của Liên Xô cũ dùng để đào các hầm nối ga xe điện ngầm tuyến đơn hoặc tuyến đôi, có thể gia cố hố móng rộng đến 10,5m sâu đến 8m trong cát, cát pha, á sét, sét và cát bụi. Khiên hở tiết diện chữ nhật loại này có chiều dài 10,6m rộng 9,96m (10,34m trên đường cong), cao 7,98m, trọng lượng 350 - 270t, lập từ phần lưỡi, phần vòng tựa và đuôi (hình 13.11). Phần lưỡi và phần đuôi có dạng các vách đứng bằng các thép I có bọc thép lá. Phần lưỡi có góc nghiêng 50° với phương đứng và có lưỡi sắc để cắt đất. Để đảm bảo độ cứng cần thiết phần lưỡi có những dầm giằng và có các chống xiên dạng ống để khỏi cản trở sự làm việc của máy xúc. Trong vòng tựa có bố trí 30 kích thủy lực có sức đẩy 100t và đặt trên một khung phân phối để tựa lên vỏ hầm. Ở đây có bố trí ba bơm thủy lực, động cơ điện và cụm điều khiển. Trong phần trên của thân khiên có lắp tường chắn mở khép được để tạo khả năng đào các hầm kỹ thuật hạ tầng cho thành phố. Trong phạm vi của phần tựa kích có gắn 4 lưỡi để làm phẳng đáy hố móng và các chân tựa cũng có trang bị kích thủy lực để cải thiện độ cơ động của khiên trên mặt bằng và mặt cắt dọc. Với mục đích này trong vách của phần lưỡi cũng chừa lại các cửa sổ có nắp đậy, đóng mở bằng xilanh thủy lực. Việc dùng khiên cũng được giảm nhẹ do áp lực đơn vị lên đất không lớn (≤ 50 kPa).

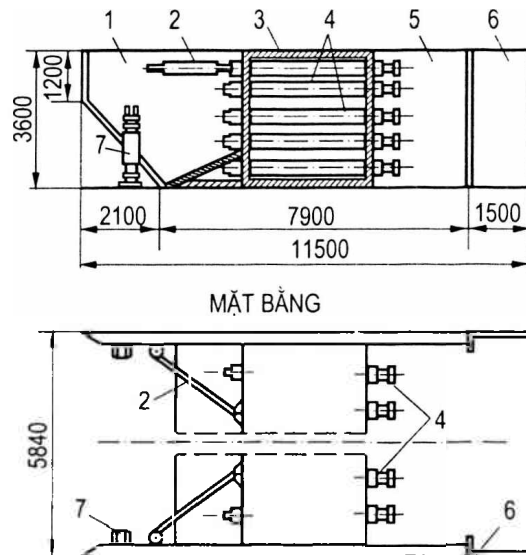


Hình 13.11: Sơ đồ vì chống dạng khiên hở

1. phần lưỡi; 2. dầm giằng; 3. phần tựa; 4. vách chống bên; 5. kích thủy lực;
6. khung phân phối; 7. phần đuôi; 8. dao cắt di chuyển được

Người ta còn sử dụng vì chống khiên nhẹ để đào công trình ngầm dật nông. Khiên dài đến 11m, rộng 3,2 - 12m, cao 3,6m. Trọng lượng 25 - 67t có tiết diện hộp thép (hình 13.12).

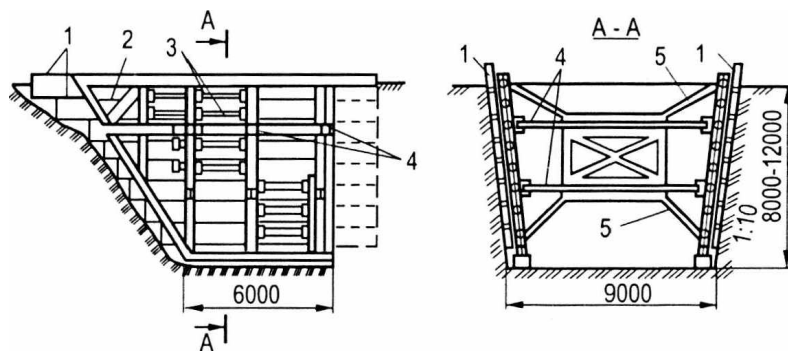
Việc dịch chuyển khiên được thực hiện bằng 14 kích thủy lực, tựa lên các chi tiết vỏ hầm đã tổ hợp xong. Việc đào đất tiến hành trong vùng lưới lập từ hai vách thép để chống sụt đất. Khiên có ưu điểm là có tính linh động cao và có thể đảm bảo đào hầm cong bán kính đến 50m và độ dốc nghiêng $\pm 12\%$. Ở Matxcova đã sử dụng loại khiên này để đào 1,2km hầm, trong đó có một hầm cho người đi bộ dài 47,86m, rộng 5,34m cao 2,32m trên đại lộ Kutuzov.



Hình 13.12: Một sơ đồ khác của vì chống khiên hở

1. phần lưới; 2. thanh chống xiên;
3. phần tựa; 4. kích thủy lực; 5. phần đuôi;
6. đuôi bảo vệ; 7. kích hiệu chỉnh

Cùng với các loại khiên tiết diện hở người ta còn sản xuất ra các loại khiên tự bước dùng để chống và tạo biên hố móng và hào. Đó là loại vì chống thép dạng treo không kín lập từ hai khối vách tạo nên. Khiên di chuyển được theo kiểu khe van phẳng (hình 13.13).



Hình 13.13: Sơ đồ vì chống hở di động được

1. vách chống di động được; 2. thân; 3. kích thủy lực; 4. thanh văng; 5. thanh chống xiên

Các vách của khiên có độ nghiêng 1:10 để giảm trọng lượng vì chống và giảm ứng lực khi di chuyển. Hai vách nối với nhau bằng một khung cứng không gian là những dầm thép liên kết với nhau. Trên khung có gắn các xi lanh kích thủy lực để dịch chuyển các khối của tấm vách khiên.

Trên thân của vì chống có đặt động cơ thủy lực, bơm, ống dẫn và bộ phận đóng mở. Trên vì chống có trang bị phần lưới cắt để cắt đất, tạo khuôn vách hang đào.

Để di chuyển vì chống một cách thuận lợi và có thể áp dụng cho các hố móng có bề rộng khác nhau, vì chống là kết cấu lắp ghép, tháo lắp được. Trong trường hợp cần đào dưới các kết cấu ngầm khác, phần trên của vách khiên có dạng khớp nâng hạ được. Cũng có thể kéo dài thêm phần cánh (vách) của khiên để đào các hố móng sâu hơn. Trong trường hợp này các tấm tường phụ được nối vào nhờ các thanh giằng hoặc thanh xiên.

Khi thiết kế vì chống di động, ứng lực cần thiết P của các kích xác định định từ điều kiện khắc phục lực ma sát của đất trên mặt ngoài của khiên, sức cản của đất khi phân lười cắt đất:

$$P = k_n (\Pi q L \mu + F_0 q_0) \quad (13.10)$$

trong đó: k_n - hệ số độ tin cậy; $k_n = 1.2 \div 1.5$;

Π - chu vi phân lười khiên hoặc chiều cao tấm tường của khiên hở;

q - áp lực tiêu chuẩn của đất lên thân khiên hay khung khiên hở;

L - chiều dài của khiên;

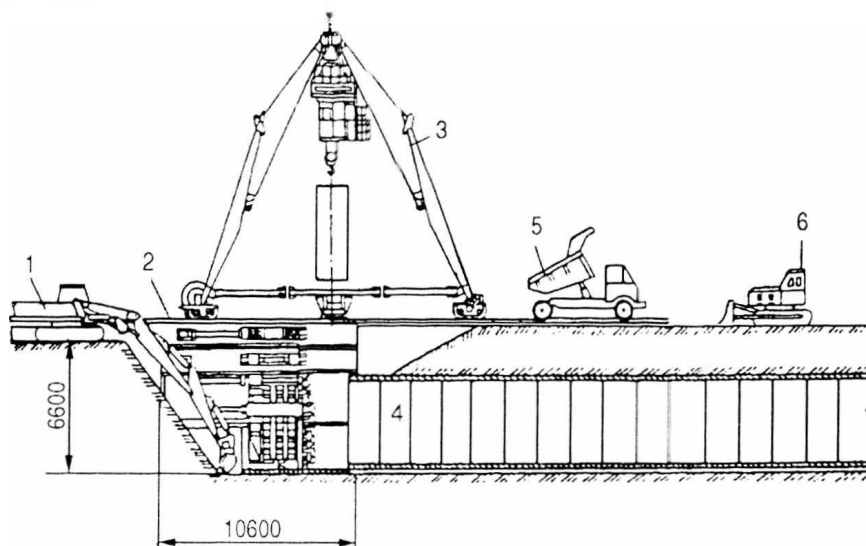
μ - hệ số ma sát của thân khiên với đất, $m = 0.4 \div 0.6$;

F_0 - diện tích lớp đất bị cắt (theo số liệu thực nghiệm);

q_0 - sức chống cắt đơn vị của đất (xác định theo số liệu thực nghiệm).

2. Công nghệ thi công

Việc thi công bằng khiên hở được tiến hành theo sơ đồ song song. Trước khi bắt đầu thi công cần có mặt bằng thi công, có đường vào thuận lợi để cung cấp các cấu kiện của khiên và các đoạn vỏ hầm. Khiên được tổ hợp trong hố móng hở trong đó đã có tường đỡ để di chuyển khiên.



Hình 13.14: Sơ đồ công nghệ thi công hầm bằng khiên hở

1. máy xúc thủy lực; 2. khiên; 3. cần cầu chân dê; 4. khối vỏ hầm; 5. ô tô tự đổ; 6. máy ủi.

Trình tự đào hầm bằng khiên kiểu KMO2x5 (do Liên Xô cũ chế tạo) được tiến hành như trên sơ đồ (hình 13.14). Đất được đào thành từng bước 1,5m bằng máy xúc thủy lực

kiểu ЭО-4121 gầu nghịch, cần dài. Ở đoạn vỏ của đuôi khiên trên mặt nền đã được làm phẳng rải một lớp hỗn hợp khô: cát, ximăng, đá dăm dày 15cm hoặc hỗn hợp bê tông khô (ít nước).

Các khối vỏ hầm dài 1,5m trọng lượng gần 17t được lắp ráp bằng cần cẩu chân dê kiểu côngxon KKTC-20, sức nâng 20t, di chuyển trên đường ray dài 25m đặt dọc hai bên bờ hố móng. Các khối vỏ hầm có phòng nước từ trong xưởng bằng keo chống thấm có phủ một lớp bảo vệ bằng amiăng (fibrôximăng). Các khe nối giữa các đốt được làm kín bằng cách hàn nối phần chờ sẵn của lớp vật liệu chống thấm từ bên trong hầm. Người ta lắp các đốt vỏ hầm đã đặt vào vị trí thiết kế bằng đất đào từ gương hầm ra, san phẳng bằng ủi và làm chặt bằng đầm kiểu ПБК-25. Khiên được di chuyển đi bằng một bước đào và trượt ra khỏi đốt vỏ hầm bằng kích thuỷ lực. Ứng lực này đạt tới 11,5 MN. Việc đào hầm bằng khiên có tiết diện hở có thể đạt tốc độ 200m/tháng. Do phối hợp ở cự ly gần các bước công nghệ: đào đất, lắp đặt vỏ hầm mà chiều dài đoạn công tác không vượt quá 30-35m.

Việc sử dụng khiên cho phương pháp lộ thiên cùng với những ưu điểm đã nêu trên cũng có một loạt nhược điểm: việc đào bằng khiên chỉ tổ hợp với loại vỏ hầm lắp ghép từng đốt nguyên vẹn, chiều dài mỗi đốt lại bị hạn chế bởi bước khiên, (chiều dài di chuyển cần của kích khiên). Ứng lực của kích khiên là khá lớn nên có thể làm hỏng vỏ hầm. Có một số phức tạp nhất định trong việc chuẩn bị dưới các đốt vỏ hầm và khó có thể khắc phục hoàn toàn, điều này liên quan đến việc xây dựng lại các phần hạ tầng ngầm của thành phố.

Khác với loại khiên tiết diện hở dạng khe phai, vì chống di động loại chỉ có hai cánh đỡ tốn thép hơn. Do không có phần giằng mà lực để di chuyển sẽ nhỏ hơn. Vì chống có thể làm việc cùng với loại vỏ hầm lắp ghép dạng từng đốt nguyên vẹn, vỏ lắp ghép bất kỳ hoặc vỏ bê tông toàn khối bề rộng khác nhau. Để làm được việc này có thể rút ngắn hoặc kéo dài, cũng như thay thế hệ giằng cứng của khung chịu lực.

Khi di chuyển vì chống các kích không truyền áp lực lên vỏ. Điều này cho phép giảm nhẹ kết cấu vỏ hầm, nâng cao được tính chống nứt cũng như tính chống thấm của vỏ hầm. Do đó cho phép tăng bề rộng của các cấu kiện lắp ghép của vỏ lên đến 3-4m. Để nén chặt các mối nối giữa các đoạn vỏ hầm trên thân của vì chống có thể đặt thêm các kích phụ.

Vì chống dễ dàng điều khiển trên mặt bằng và trên mặt cát, có thể làm việc được cả trên đường cong bán kính 400 - 300m. Tất cả các bước công nghệ liên quan đến việc di chuyển vì chống có thể tự động hoá. Ưu điểm của loại vì chống di động loại này là có thể xây dựng các đốt vỏ hầm có độ tin cậy cao.

Việc áp dụng các loại vì chống tự di chuyển có thể sử dụng nhiều lần dẫn đến việc giảm khối lượng công tác đất so với phương pháp hố móng thông thường, giảm những khó khăn trong thi công và nâng cao tiến độ xây dựng. Các loại vì chống tự di chuyển có thể áp dụng trong đất đắp, trong cát, trong đất sét, á sét với độ sâu hố móng đến 10m và

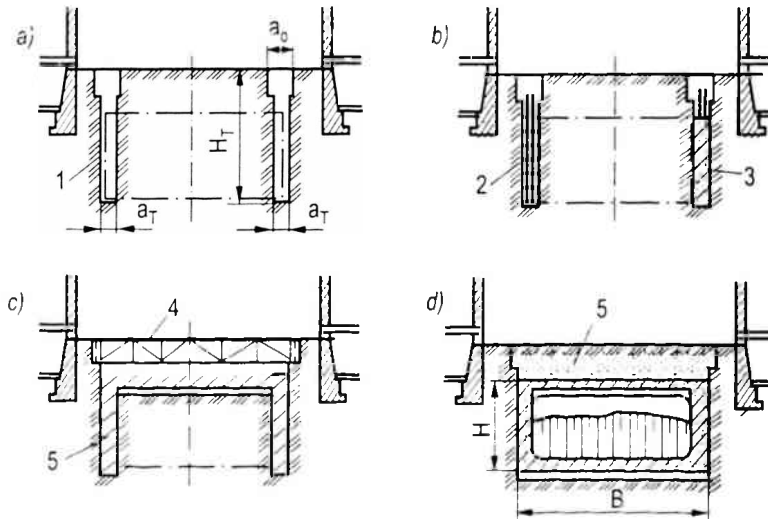
diện tích tiết diện ngang đến 100m^2 . Việc sử dụng hợp lý hơn cả loại vì chống này là ở những nơi mật độ xây dựng chưa dày đặc, số lượng công trình ngầm không cao.

§3. PHƯƠNG PHÁP ĐÀO HÀO

1. Công nghệ "tường trong đất"

Khi bố trí công trình ngầm đặt nông, gần các công trình nhà cửa cũng như trong điều kiện giao thông thành phố dày đặc có thể áp dụng phương pháp thi công kiểu đào hào.

Trình tự các bước công nghệ của phương pháp này như trên hình 13.15.



Hình 13.15: Trình tự thi công theo phương pháp đào hào

1. hào; 2. khung cốt thép; 3. kết cấu bê tông cốt thép; 4. thanh văng; 5. đất đắp trở lại

Đầu tiên ở những chỗ sẽ xây tường của công trình ngầm, người ta đào hào và gia cố nó theo từng bước, rộng $0,6 - 0,8\text{m}$ sâu đến $18 - 20\text{m}$ trong đó sẽ xây dựng kết cấu tường của công trình ngầm.

Sau đó từ mặt đất tiến hành đào hố móng đến cao độ nóc của công trình ngầm rồi đặt tấm trần dạng lắp ghép hoặc bê tông toàn khối đổ tại chỗ tựa lên tường đã xây. Tiếp theo các tấm trần đã xây xong được bảo vệ bằng tầng phòng nước rồi lấp đất trở lại, khôi phục các công trình trên mặt như mặt đường ở trên công trình ngầm. Dưới sự bảo vệ của tường và trần đã xây tiến hành đào đất trong phần lõi, xây tấm đáy và các vách ngăn v.v...

Khi xây dựng các công trình ngầm nhiều nhịp, các tường trung gian cũng có thể xây dựng theo kiểu đào hào còn cột trên cọc được thi công bằng cọc khoan nhồi. Với trình tự công nghệ như vậy cho phép khôi phục nhanh giao thông trên bề mặt. Điều này đặc biệt có ý nghĩa khi xây dựng các công trình ngầm ở những vị trí chật hẹp và dưới những đường phố có mật độ giao thông lớn.

Phương pháp đào hào khác phương pháp hố móng là không đòi hỏi dùng tường cừ, đảm bảo ổn định cho nhà cửa và các công trình bên cạnh.

Phương pháp đào hào xưa nay, áp dụng trong xây dựng hầm là dùng vì chống gỗ, thường rất khó khăn. Trong những năm gần đây các phương pháp biến tướng của phương pháp đào hào trước đây được áp dụng rộng rãi. Những phương pháp này thường dùng vữa sét để gia cố vách hào. Trọng lượng riêng của vữa sét thường từ 10,5 - 12 kN/m³, là một loại vữa keo của sét montmorillonit đặc trưng bằng độ mịn cao.

Nhũ tương bentônít ở thể lỏng theo thời gian sẽ đông đặc lại (chuyển sang dạng keo). Khi có tác động cơ học nó lại chuyển sang dạng nhũ tương còn khi tĩnh thì ở dạng keo. Do có độ nhớt nhỏ, độ linh động cao nên nhũ tương bentonit xâm nhập vào trong đất, keo hoá vách hào tạo nên một lớp bề mặt mỏng (0,5 - 30mm) dạng vỏ đủ chặt và đủ bền. Việc có vỏ sét như vậy sẽ khắc phục sự thấm dư của vữa sét vào trong đất, giữa các vách thẳng đứng không bị sụt lở khi có tải trọng bề mặt. Vỏ sét là một màng đảm bảo truyền lên đất các áp lực động, tĩnh của nhũ tương bentônít. Để ổn định vách hào cần sao cho áp lực vữa sét vượt áp lực chủ động của đất và nước. Từ điều kiện này tìm trị số trọng lượng riêng yêu cầu của vữa sét. Cần phải nhấn mạnh rằng do giá thành của vữa cao và sét bentonit hiếm nên trong hàng loạt trường hợp người ta sử dụng vữa sét chế tạo từ đất sét dễ tan thông thường có ở địa phương.

Vữa sét được đặc trưng bởi các tính chất của nó không đổi trong suốt quá trình thi công. Nó không làm giảm lực dính bám của cốt thép với bê tông, không trộn lẫn với hỗn hợp bê tông. Điều đó cho phép tiến hành đổ bê tông dưới nước. Để cải thiện tính chất cơ lý của vữa sét trong thành phần của nó có chứa một số phụ gia đặc biệt để nâng cao độ nhớt, tăng mật độ của vữa, giảm thời gian tạo keo v.v...

Người ta thả các khung cốt thép vào hào có gia cố bằng vữa sét rồi đổ bê tông tường trực tiếp vào ván khuôn bằng đất, dùng hỗn hợp bê tông để đẩy vữa sét ra.

Công nghệ xây tường như vậy được gọi là "tường trong đất" có thể áp dụng trong loại đất không cứng dạng bất kỳ (kể cả đất rời lẫn đất sét chặt) trừ loại đất bùn chảy, đất có lỗ rỗng lớn hoặc có castơ. Với phương pháp này nước trong đất cần phải ở độ sâu không nhỏ hơn 1,5m kể từ mặt đất và tốc độ chuyển động của nước ngầm không vượt tốc độ tiêu chuẩn để khỏi rửa mất vữa sét. Phương pháp "tường trong đất" hiệu quả nhất khi chiều sâu hào lớn hơn 5 - 6m cũng như khi bố trí công trình ngầm gần sát nhà cửa và các công trình khác. Việc sử dụng vữa sét để gia cố vách hào tạo ra khả năng không dùng cọc, cọc cừ hoặc các loại chống gỗ khác.

Với phương pháp này cũng không cần thoát nước hay hạ nước ngầm nhân tạo, giảm khối lượng công tác đất, khắc phục tiếng ồn lớn và chấn động, giảm những khó khăn và tăng tiến độ xây dựng.

Với phương pháp này tường vừa là vì chống vừa là bộ phận kết cấu của công trình ngầm. Nó được sử dụng để gia cố hố móng thay cho cọc hay cọc cừ. Với phương pháp đào hào khó khăn nhất là bảo vệ công trình ngầm khỏi nước ngầm vì tầng phòng nước ngoài là không thể thi công được. Thay vào đó mặt ngoài về phía đất có một vỏ sét có hệ

số thấm thấp nên tính chống thấm của kết cấu hầm sẽ được nâng cao. Cùng với các tường hào người ta cũng sử dụng các tường giao cắt hoặc tiếp xúc với cọc khoan nhồi.

2. Thiết bị đào hào

Để đào hào người ta sử dụng các thiết bị làm đất thông thường hoặc chuyên dụng. Tùy thuộc vào tính chất của đất người ta đào hào bằng các máy khoan cắt hoặc các tổ hợp khoan, các máy đào một gầu hay nhiều gầu.

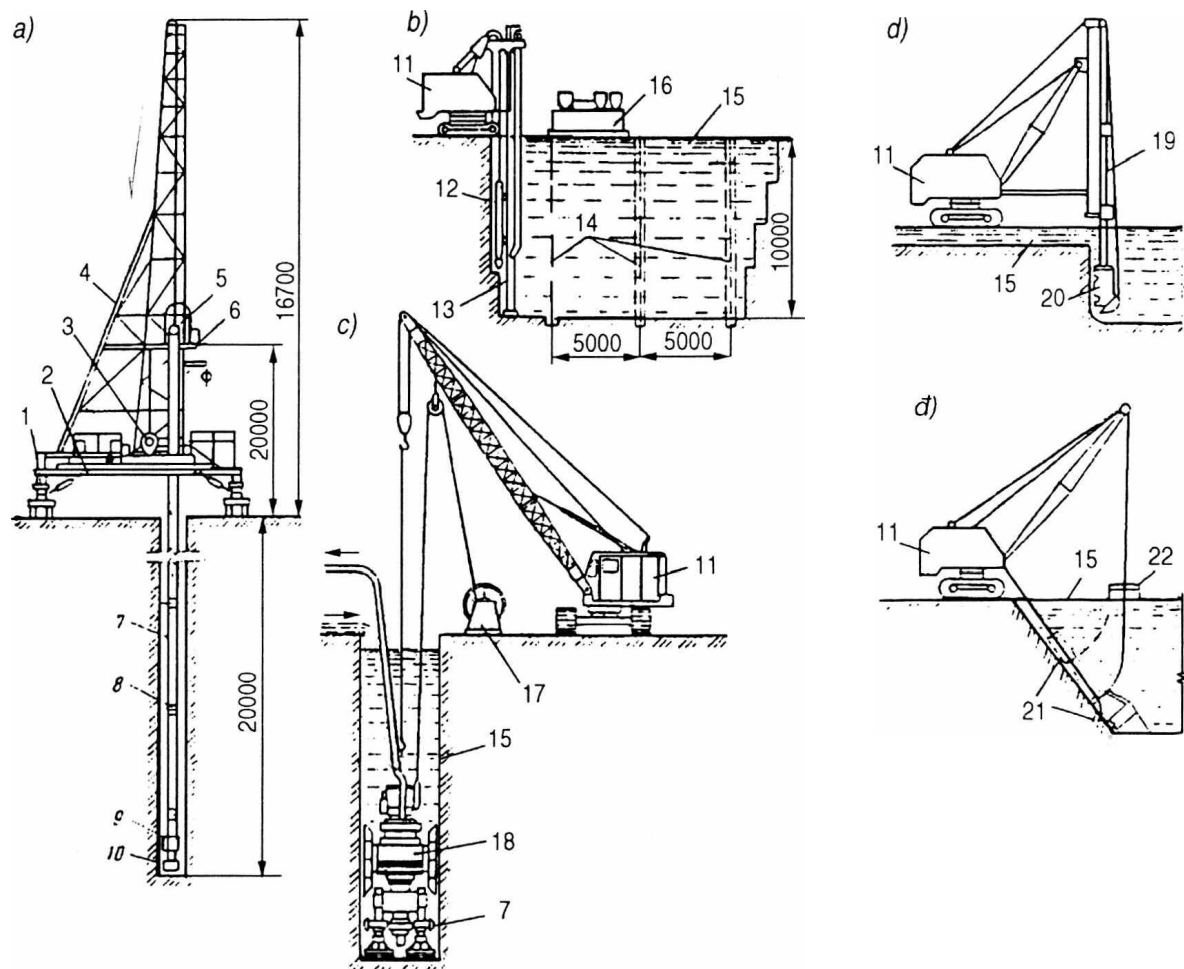
Các máy khoan hoặc khoan cắt: dùng chủ yếu trong các loại đất nặng khó đào. Trong thực tế xây dựng ở Liên Xô (cũ) người ta dùng chủ yếu máy đào hào cơ khí thủy lực và tổ hợp CBД-500. Máy đào tự hành chủ yếu dùng để đào hào rộng 0,6 - 0,8m, sâu 15 - 20m trong đất không cứng. Máy gồm một giá cao 16,7m gắn lên khung có sàn tự đi để di chuyển dọc hào (hình 13.16a). Khi đào hào cong trên mặt bằng thì một bên giữ cố định còn bên kia đi (di chuyển) để đảm bảo tổ hợp xoay được trên đường cong.

Do các chuyển động xoay và chuyển động tịnh tiến ngược lại của ống thẳng đứng cùng với các lưỡi cắt mà xảy ra việc cắt đất. Sau một lần đi sẽ bóc một lớp dày đến 3cm. Đất đào ra được trộn vào vữa sét và được đưa lên bằng đầu hút. Tốc độ đào hào khoảng 0,6 - 2m/h còn năng suất đào hào 7 - 8m³/h. Toàn bộ các quá trình chính: đào, lấy đất lên, di chuyển máy đào đều được cơ giới hoá.

Cùng loại với máy đào kiểu này nhưng gắn trên bánh xích do Liên Xô cũ chế tạo như Д-505 hoặc Д-652 (hình 13.16b). Thay cho cần người ta dùng một kết cấu thép dạng khung gồm các dầm và hai ống thép. Dụng cụ khoan là đầu khoan điện ba cánh cho đất mềm và đầu khoan xoay cấu cho đất cứng, dịch chuyển theo hướng gắn trên dầm, bóc từng lớp đất 25 - 30cm trên toàn chiều sâu của hào. Đất đào ra cùng với vữa sét được đưa lên bằng đầu hút, năng suất 300 - 600m³/h. Tổ hợp CBД-500 có thể đào hào rộng 0,5m sâu 20m, tốc độ 0,5 - 2m hào trong 1 giờ.

Người ta cũng chế tạo ra tổ hợp CBД-500P dùng để đào hào rộng 0,5 - 0,6m sâu đến 50m. Tổ hợp này lắp trên một sàn chạy trên ray để đảm bảo đào các hào thẳng và thẳng đứng.

Khi xây dựng các hầm giao thông trên vành đai B ở Matxcova người ta dùng tổ hợp dạng BW do hãng "Tone Boring" của Nhật chế tạo có sử dụng động cơ điện để xoay bộ phận làm việc hạ vào trong hào. Máy gồm một đầu khoan điện có đầu mũi khoan và lưỡi cắt có thể gắn vào một tháp cao chuyên dụng hoặc dùng cấu xích (hình 13.16c). Tổ hợp loại này đào hào rộng 0,6m, chiều sâu lớn hơn 60m. Đào tuần tự hoặc từng đợt dài đến 15m không phải nâng hạ bộ phận làm việc nhiều lần, giảm chấn động lên vách hào. Việc đưa đất lên bề mặt bằng bơm hoặc đầu hút. Thiết bị khoan đảm bảo năng suất cao và độ chính xác của hào. Tuy nhiên sử dụng chúng chỉ hợp lý trong các loại đất khó đào và khối lượng lớn. Loại máy này có giá thành cao, tốn điện năng, thi công phức tạp và thường xuyên phải làm sạch vữa sét v.v...



Hình 13.16: Sơ đồ tổ hợp khoan cắt (a-c), máy xúc cân (d), máy đào hào (đ)

1. gối bước được; 2. khung; 3. tời; 4. thân tháp xiên; 5. tời rút; 6. trụ quay;
7. bộ phận công tác; 8. khớp nối; 9. đoạn dẫu; 10. dẫu cắt; 11. máy xúc - cầu;
12. đầu khoan xoay cầu; 13. cột có đầu hút; 14. vị trí đặt cọc; 15. vữa sét;
16. thiết bị sàng thủy lực; 17. tang cáp; 18. động cơ điện hạ được xuống nước;
19. tay máy; 20. gầu hút; 21. gầu dây; 22. thiết bị định hướng

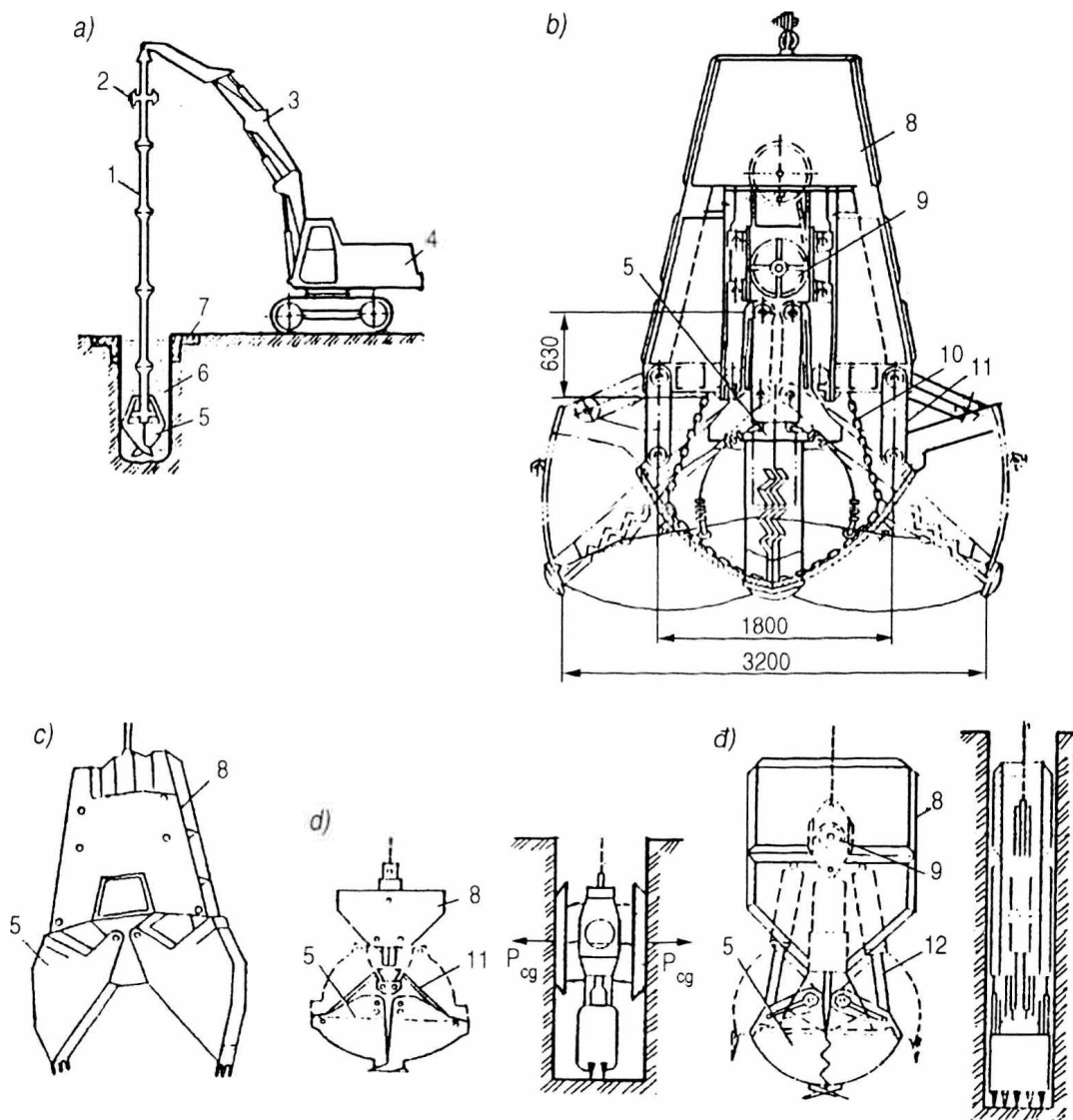
Trong các loại đất mềm người ta dùng máy xúc kiểu gầu trên cơ sở máy xúc thông thường. Gầu được di chuyển trên cân kiểu "tay máy" (hình 13.16d). Máy đào hào kiểu gầu dây có cân ngăn hơn đào đất với gương dốc gần $60 - 70^\circ$ (hình 13.16đ). Ở Liên Xô (cũ) người ta dùng các máy xúc cầu ИИС-600 và ИИЭ-800 có gầu dung tích $0,6 - 1,8\text{m}^3$ để đào hào rộng $0,6$ và $0,8\text{m}$ sâu $12 - 18\text{m}$ và máy đào hào kiểu gầu dây ТД-600 và ТД-1100 có gầu dung tích $0,6 - 1,2\text{m}^3$ để đào hào rộng $0,6 - 1,1\text{m}$ sâu $12 - 16\text{m}$.

Thường dùng hơn cả để đào hào trong đất mềm là máy đào kiểu gầu ngoạm.

Gầu ngoạm có thể treo tự do trên cáp, gắn trên cân đảm bảo kích thước hào mong muốn và vách đứng (hình 13.17a).

Sử dụng rộng rãi hơn cả là loại máy đào gầu ngoạm kiểu gầu hai ngăn và máy đào mà trong gầu có gắn bộ phận (kiểu mũi khoan) để làm tơi đất, cũng như máy đào gầu

ngoạm có ống định hướng. Ví dụ ở Liên Xô cũ khi đào hào rộng 0,6m và sâu 15 - 18m người ta sử dụng gầu ngoạm phẳng loại ППН của Viện thiết kế móng (hình 13.17b, c) treo trên cầu D-1254. Gầu ngoạm có dung tích 0,6m³ bề rộng gầu ở vị trí răng gầu là 3,2m trọng lượng 5,1t. Cần phải chỉ ra rằng khi sử dụng loại gầu ngoạm này đòi hỏi phải có lỗ khoan định hướng bước 3,2m, điều đó làm phức tạp quá trình thi công. Để khắc phục nhược điểm này ở Liên Xô cũ người ta đã sản xuất loại gầu ngoạm có khả năng đào một đoạn hào dài như III^Г-700 và III^Г-100 có khung định hướng dùng để đào hào rộng 0,5 - 0,7 và 1,0m sâu đến 30m.



Hình 13.17: Các sơ đồ thiết bị gầu ngoạm (a) và bộ phận ngoạm (b-d)

1. cần cơ dẫn đợc; 2. thiết bị định hướng; 3. cần tổ hợp; 4. máy xúc;
5. gầu ngoạm; 6. vữa sét; 7. tường chống hào nhỏ; 8. khung; 9. khối chèn nút;
10. thiết bị chống trôi; 11. thiết bị treo; 12. kích đóng gầu

Trong những năm gần đây người ta sử dụng loại gầu ngoạm tự điều khiển có bộ phận định hướng hai bên tựa lên vách hào trong thời gian gầu ngoạm đóng hầm. Ví dụ ở Liên Xô cũ người ta đã sử dụng loại ГГФ-600 và ГГФ-400 (hình 13.17d, đ). Người ta cũng dùng loại gầu ngoạm có bộ phận rung có ống chứa đất, loại gầu ngoạm điện và thủy lực dung tích gầu 1,0 và 1,35m³ như kiểu gầu ПБ-500 hoặc ТБ-1 do Liên Xô cũ chế tạo. Các loại gầu này thường gắn trên máy xúc bánh xích chuyên dụng, ở Liên Xô cũ là loại ЭО-5122.

Khi đào hào có dùng vữa sét người ta sử dụng rộng rãi loại thiết bị tổng hợp gắn trên máy xúc kiểu "Poklen". Gầu ngoạm thủy lực rộng 0,5, 0,6, 0,7 và 0,8m có gắn trên cần bình thường đảm bảo chiều sâu đào h đến 8,25m, trên cần dài h có thể đến 16,1m, hoặc trên dàn co dẫn được h = 30m (hình 13.17a).

3. Công tác đào hào

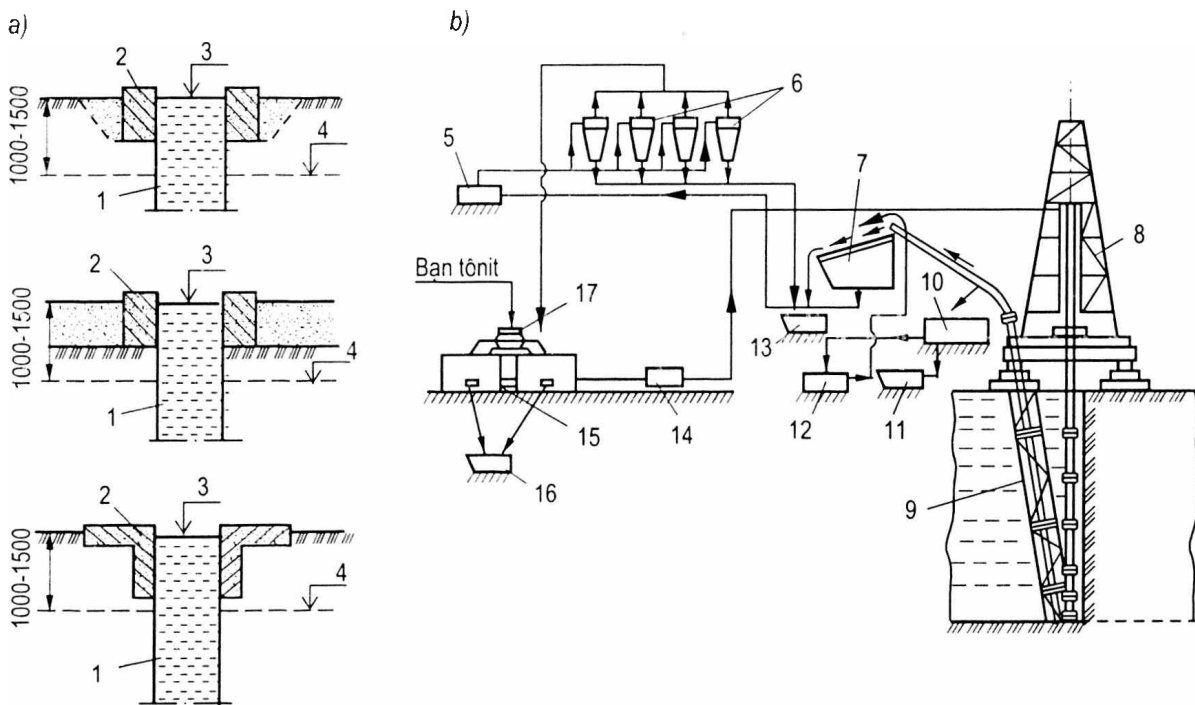
Các công việc thi công bằng phương pháp đào hào được tiến hành đồng thời trên một số khu vực. Kích thước, vị trí mỗi đoạn được xác định chủ yếu bởi đặc trưng của mặt độ xây dựng và giao thông trên mặt đất. Sau khi kết thúc tất cả các công tác chuẩn bị thì chuyển sang đào hào rộng 0,5 - 0,8m sâu đến 20 - 25m.

Phương pháp đào hào phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của hào trên mặt bằng cũng như tính chất của nền đất, vị trí mực nước ngầm v.v... Thường xuyên hơn cả là đào hào trên từng đốt 3-6m và cách nhau một đốt. Đốt còn lại đóng vai trò trụ đất giữa hai đốt. Đốt này đào sau khi đã đổ bê tông hai đốt bên cạnh. Chiều dài mỗi đốt hạn chế bởi tốc độ đổ bê tông có thể thực hiện được, thường thì không nên vượt quá 5 - 6m. Tuy nhiên trong một số trường hợp hào được đào với đốt có chiều dài lớn đến 25 - 30m. Khi đó một phần đất đào bằng thiết bị khoan, phần còn lại bằng gầu ngoạm. Trong mỗi đốt lại chia thành các khối, chiều dài mỗi khối bằng hai lần đường kính lỗ khoan và hai lần vách ngăn. Cũng có thể đào hào liên tục trên suốt chiều dài công trình ngầm. Không phụ thuộc vào công nghệ đào hào, tường của công trình ngầm được đổ bê tông thành từng đốt ngăn cách bằng chi tiết chặn chuyên dụng. Việc phân đốt như thế nào đó để giảm các mối nối thẳng đứng, tạo điều kiện nâng cao mức chống thấm của công trình đặc biệt là kết cấu vách.

Khi đào hào thì bắt đầu bằng việc đào theo chu vi công trình một hào nhỏ rộng 1m sâu 1,5m gia cố hai vách bằng các tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép, nối với nhau bằng cách đổ bê tông tại chỗ bao các cốt thép chờ đã hàn với nhau (hình 13.18a). Thường gia cố vách hào nhỏ bằng các khối bê tông cốt thép tiết diện chữ L cao 0,6 - 1,5m để có thể đưa vào thành bộ phận của kết cấu tường của công trình ngầm. Các tấm hoặc các khối này là để định hướng cho bộ phận làm việc của các tổ hợp máy làm đất và ngăn ngừa quá trình thấm vữa sét trong lớp đất trên mặt có độ rỗng lớn hơn.

Khi vị trí mực nước ngầm có chiều sâu không lớn kể từ mặt đất thì người ta tạo các tường ngăn bằng bê tông toàn khối hoặc lắp ghép dày 0,2 - 0,3m, bề rộng của tường ngăn cần vượt bề rộng hào 10 - 15cm. Việc xây tường ngăn là để đảm bảo vị trí bề mặt của vữa sét cao hơn mực nước ngầm 1-1,5m. Không phụ thuộc vào loại máy làm đất được sử

dụng, theo mức độ đào đất trong hào người ta cấp vữa sét để giữ vách hào. Vữa sét được chế tạo tại chỗ trên công trường hoặc ở xưởng.



Hình 13.18: Tường chống hào dẫn (a) và sơ đồ chu trình bơm, làm sạch vữa sét (b)

1. hào; 2. tường chống; 3. mực vữa sét; 4. mực nước ngầm; 5, 12, 14. các bơm;
 6. Sàng thủy lực lítam; 7. sàng rung; 8. máy đào hào cơ giới thủy lực;
 9. đường ống hút; 10. thùng chứa mạt trung gian;
 11, 13, 16. thùng chứa mạt; 15. thùng chứa vữa sét; 17. thùng trộn vữa sét.

Từ xưởng vữa được cấp ra công trường bằng ô tô téc. Nếu được trộn đều theo chu kỳ nhất định vữa sét có thể bảo quản trong thời gian tùy ý.

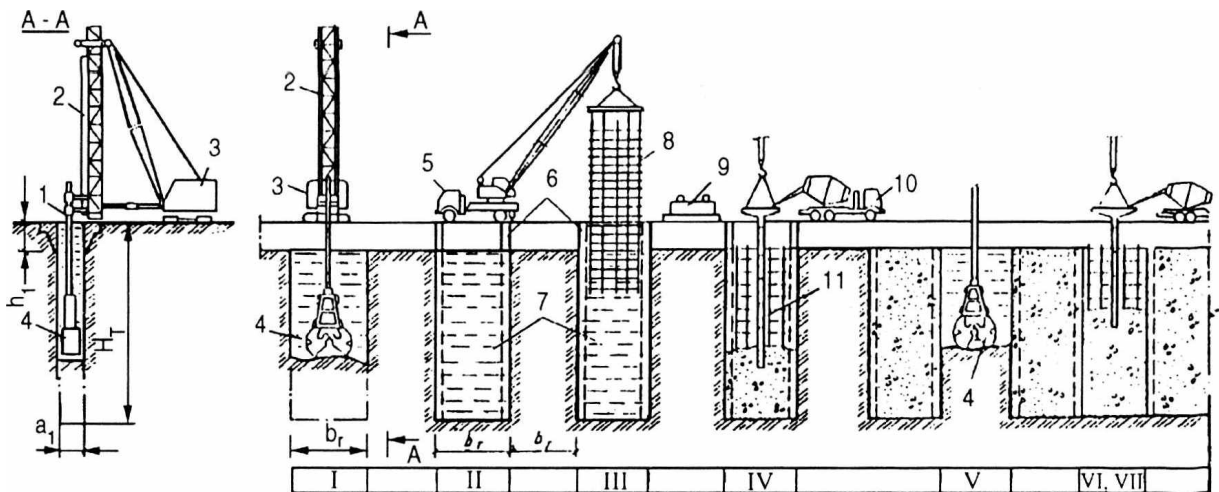
Vữa sét đã chế sẵn được chứa trong các thùng rồi theo đường ống đường kính 75 - 100mm hoặc qua ống cao su mềm bơm vào hào bằng các bơm bùn (ở Liên Xô cũ thường dùng loại bơm III-200, НГП-250/50, 9МГР và 11ГР).

Trong quá trình đào hào một phần vữa sét bị mất do xâm nhập vào trong đất, do đó vữa sẽ được bơm vào hào liên tục để giữ vữa trong hào ở mức cần thiết. Đất đào lên trộn lẫn vữa sét được tách ra và làm sạch. Việc làm sạch vữa sét được tiến hành trên thiết bị tách mạt hay thiết bị sàng. Để điều chỉnh độ đậm đặc của vữa người ta bổ sung vào vữa nước hoặc bentônít. Đôi khi để trung tính hoá tác dụng của các hạt ximăng người ta đưa vào xôđa. Vữa sét đã làm sạch lại đưa vào thùng rồi một lần nữa đưa vào hào. Sơ đồ quay vòng và làm sạch vữa sét như trên hình 13.18b.

Sau khi đào xong một đoạn hào đến cao độ thiết kế, người ta kiểm tra kích thước khoang hào, tính chất của vữa sét và làm sạch đáy hào. Độ thẳng đứng của vách hào kiểm tra bằng dọi. Trong một số trường hợp vữa sét bản người ta phải thay bằng vữa sạch.

4. Xây dựng kết cấu

Trong phạm vi dốt hào đã đào xong người ta tiến hành đổ bê tông tường của công trình ngầm (hình 13.19) hoặc hạ kết cấu đúc sẵn. Sau khi đào xong hào người ta đặt vào hào các khung cốt thép, bề rộng của khung nhỏ hơn bề rộng hào 10 - 12cm để đảm bảo lớp bê tông bảo vệ. Khung cốt thép thường là khung hàn, trong đó có những chi tiết làm cứng. Để đảm bảo vị trí chính xác của khung cốt thép ở trong hào người ta thường hàn vào bên cạnh khung cốt thép các chi tiết định vị. Trong phần trên của khung có gia cố các vách ngang để khung tựa được lên đất, còn phần dưới có các hộp để chừa hốc nối tường với đáy và các vách phân tầng. Trong khung cốt thép phải bố trí trước các khe để luôn ống dẫn bê tông và đặt sẵn các chi tiết cho các neo đất. Để đảm bảo độ bằng phẳng của mặt trong công trình ngầm trên các khung cốt thép hạ vào hào đôi khi người ta đặt sẵn các tấm pôlime. Trước khi hạ khung cốt thép vào hào khung cốt thép phải được kiểm tra kỹ lưỡng. Thường thì các khung được đặt ngay trước khi đổ bê tông để bảo đảm các hạt sét không lắng kết trên mặt cốt thép, đảm bảo độ dính bám giữa cốt thép và bê tông. Mặc dầu thực tế thì vữa sét không ôxyt hoá cốt thép, nhưng nếu kéo dài khoảng thời gian giữa các công đoạn lắp dựng khung cốt thép và đổ bê tông (lớn hơn một ngày) sẽ có ảnh hưởng bất lợi đến kết cấu tường. Sau khi đặt khung cốt thép tiến hành đổ bê tông dốt tường đến mặt dưới trần của công trình ngầm.

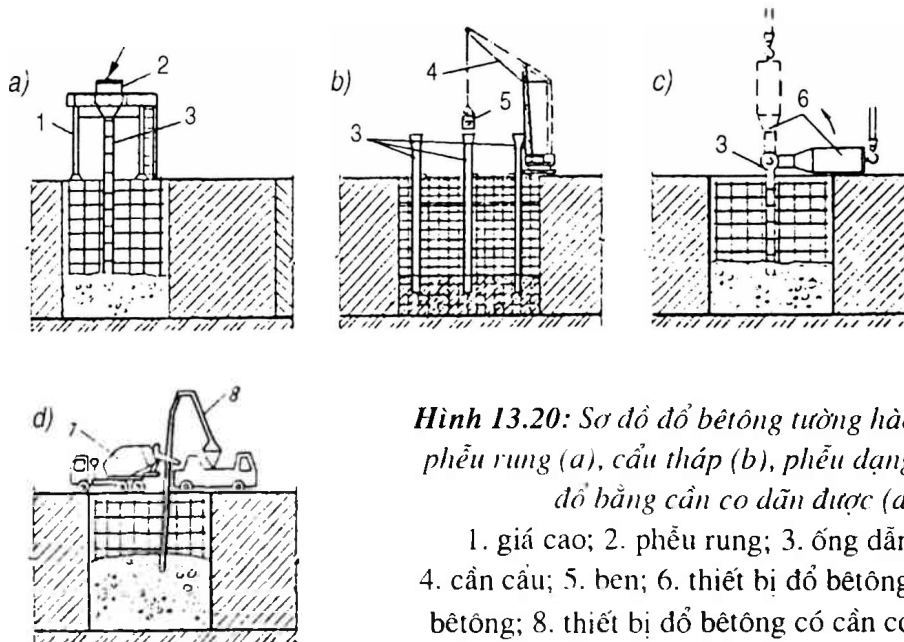


Hình 13.19: Sơ đồ công nghệ xây dựng tường công trình ngầm trong hào chứa vữa sét

I. đào đất trong vữa sét; II. hạ vách ngăn; III. đặt khung cốt thép; IV. đổ bê tông tường và rút vách ngăn; V. đào lõi đất; VI. đặt khung cốt thép; VII. đổ bê tông tường; 1. cần giữ; 2. cột giữ; 3. cầu tự hành; 4. gầu ngoạm; 5. cầu; 6. vách ngăn; 7. vữa sét; 8. khung cốt thép; 9. thiết bị lắng; 10. xe chở bê tông; 11. ống dẫn bê tông

Công nghệ đổ bê tông giống như đổ bê tông dưới nước có sử dụng ống di chuyển thẳng đứng. Hỗn hợp bê tông mác không nhỏ hơn M200 cần đủ linh động và đủ dẻo, có độ sụt tiêu chuẩn 16 - 20cm, độ lớn cốt liệu đến 50mm. Tỷ lệ nước -ximăng không được lớn hơn 0,6 và thời gian ninh kết không nhỏ hơn 2 giờ. Chở bê tông đến công trường rồi đổ

vào hào qua phễu, qua ống thẳng đứng đặt giữa các lưới của khung cốt thép. Thường dùng ống thép đường kính 219 - 300mm có vách dày 8 - 10mm lắp từ các khâu dài 1 - 1,5m nối với nhau bằng các khớp tháo nhanh. Đầu dưới ống luôn ngập trong hỗn hợp bê tông là 1 - 1,5m. Để đề phòng tắc hỗn hợp bê tông ở trong ống trên phễu có gắn đầm rung. Phễu tiếp nhận bê tông đặt trên giá cao và có khả năng dịch chuyển theo phương thẳng đứng theo cột của giá (hình 13.20a). Đôi khi trên một đoạn hào được đổ bê tông bằng nhiều ống (hình 13.20b).



Hình 13.20: Sơ đồ đổ bê tông tường hào có sử dụng phễu rung (a), cầu tháp (b), phễu dạng gầu (c) và đổ bằng cần co dẫn được (d)

1. giá cao; 2. phễu rung; 3. ống dẫn bê tông;
4. cần cầu; 5. ben; 6. thiết bị đổ bê tông; 7. ô tô chở bê tông; 8. thiết bị đổ bê tông có cần co dẫn được.

Để cấp bê tông vào hào sâu $\leq 20\text{m}$ cùng với phễu có gắn đầm, người ta còn dùng thiết bị đổ bê tông công suất 12 - 20m³/h (hình 13.20c). Thiết bị đổ bê tông gồm một phễu dạng gầu, một hệ thống ống có khả năng co ngắn hoặc kéo dài được, van và tời hoặc cầu để nâng hạ gầu. Gầu đặt vào vị trí thẳng đứng, bằng cách quay đi 90°, lúc đó bê tông bắt đầu dịch chuyển theo ống. Khi đổ bê tông bằng phương pháp đổ bê tông dưới nước, trong quá trình đổ bê tông phễu hoặc gầu cùng với ống dẫn bê tông được rút lên từ từ sao cho đầu ống lúc nào cũng ngập sâu trong hỗn hợp bê tông, đồng thời tháo dần các khâu cho ống ngắn lại. Việc đổ bê tông phải liên tục. Thời gian dừng cho phép không được lớn hơn 2 - 3 giờ.

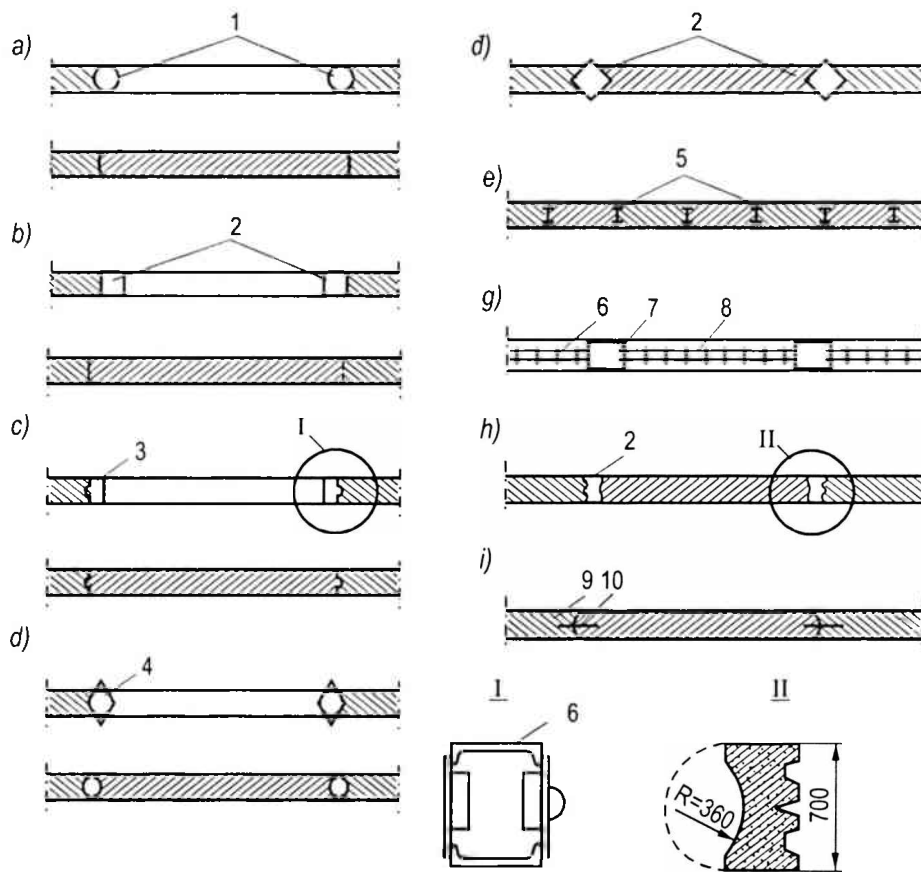
Công nghệ đổ bê tông sử dụng phễu rung và thiết bị đổ bê tông có khả năng co ngắn và kéo dài có nhược điểm liên quan đến tính chu kỳ của công tác đổ bê tông, sự cần thiết phải tháo, lắp ống bê tông và đòi hỏi phải có bê tông rót (bê tông không đầm) cũng như phải tăng lượng xi măng. Ngày nay đã có những bơm bê tông hoạt động liên tục và người ta cũng đã tạo ra những cần co dẫn được cho phép đổ bê tông đến những điểm bất kỳ trong vách của công trình ngầm (hình 13.20d). Với sơ đồ này hỗn hợp bê tông được đổ từ dưới lên với phương pháp đổ có áp. Điều đó cho phép làm tăng độ chặt của bê tông cũng như tăng độ bền và tính chống thấm của kết cấu. Vữa sét bị hỗn hợp bê tông đẩy ra ngoài chảy theo đáy

hào hoặc qua ống vào thiết bị lắng và sau khi làm sạch sẽ chảy vào đoạn hào tiếp theo. Sau khi đổ bê tông, lớp trên dày 30 - 40cm bị bấn bởi mặt và vữa sét sẽ được đục bỏ đi.

Các đoạn riêng rẽ của tường kiểu hào được đổ bê tông trong các bước khác nhau cần phải được nối liền với nhau. Phần chuyển tiếp có thể là cứng có thể là mềm tùy thuộc vào đặc điểm cấu trúc của công trình ngầm. Thường sử dụng một kết cấu ngăn đặc biệt được đặt vào các đầu khối đổ trước khi đổ bê tông và ăn sâu vào trong đất. Ngoài tác dụng đảm bảo sự cùng làm việc của các đoạn liền kề nhau chúng cần phải ngăn không để hỗn hợp bê tông từ khối này rơi sang khối khác và hạn chế tính thấm nước của mối nối.

Tấm ngăn có thể rút ra khỏi khối đổ hoặc bỏ lại trong kết cấu tường của công trình ngầm. Khi chiều sâu hào nhỏ hơn hoặc bằng 12m người ta sử dụng tấm ngăn rút đi ở dạng ống thép hay ống bê tông cốt thép (hình 13.21a) hoặc dầm có tiết diện ngang chữ nhật (hình 13.21b) hoặc elip.

Thường dùng hơn cả là mối nối trụ đảm bảo chuyển tiếp đều đặn giữa các khối tường lân cận. Người ta sử dụng tấm ngăn thép rút đi được ở dạng tiết diện kín từ thép U có bản nối từ thép lá. Tuy nhiên, để tạo rãnh nối dạng bán trụ cần hàn vào đó một nửa ống (hình 13.21c).



Hình 13.21: Mối tường có sử dụng vách ngăn rút được (a-d) và không rút được (d-i)
 1. ống; 2. dầm bê tông cốt thép; 3. dầm thép; 4. ống và sắt góc; 5. thép I;
 6. thép [; 7. mặt bích; 8. khung cốt thép; 9. dải chất dẻo; 10. thép thanh

Loại mối nối rung dạng cọc nhồi cũng được sử dụng rộng rãi (hình 13.12d). Mối nối loại này được xây dựng như sau: một ống thép chế sẵn có hàn thêm các sườn dọc trên mặt ngoài và mặt bích ở phần dưới được thả vào trong hào. Sau khi đổ bê tông các đoạn tường ở đợt hai ống được tách ra khỏi bê tông rồi được để lại ở đó một thời gian nhất định. Sau khi bê tông đã đổ đạt 50 - 60% độ bền thiết kế, người ta luồn ống bê tông vào ống phân cách và đổ bê tông mác 200 - 300, độ sụt 5 - 6cm. Trong quá trình đổ bê tông ống phân cách được rút lên bằng búa rung, còn giữa các đoạn tường tạo thành một mối nối chặt ở dạng như cọc nhồi.

Để làm cách vách ngăn không rút bỏ đi người ta dùng các dầm bê tông, cốt thép tiết diện chữ nhật (hình 13.21d) hoặc dầm thép tiết diện I chiều cao bằng bề rộng hào (hình 13.21e). Những dầm này được đặt thẳng đứng cách nhau 1,2 - 1,5m và đóng vai trò cốt cứng tính vào cho khung cốt thép cần đặt. Mối nối của các phần tường cũng có thể thực hiện bằng cách dùng các sườn thép phẳng hàn vào đầu khung cốt thép (hình 13.21g).

Trên các công trường của nhiều công trình ngầm ở Matxcova người ta dùng vách ngăn bê tông cốt thép dài 9m rộng 0,68m, dày 0,3m, trọng lượng 3,95t (hình 13.21h). Người ta cũng sử dụng các tấm ngăn có gắn một lớp màng tổng hợp trên mặt thẳng đứng dày 2 - 4mm rộng 20 - 25cm (hình 13.21i). Các dải chất dẻo này được gia cố bằng các thanh thép đường kính 10 - 12mm, đảm bảo cho chúng liên kết chắc chắn với các đốt riêng rẽ của tường bê tông.

Người ta cố gắng tạo các mối nối cứng giữa các đốt tường bằng cách đặt vách ngăn của các khung cốt thép kế nhau. Mối nối này có thể chịu nén, kéo, uốn, cắt và đảm bảo cùng làm việc giữa các đốt tường liền nhau.

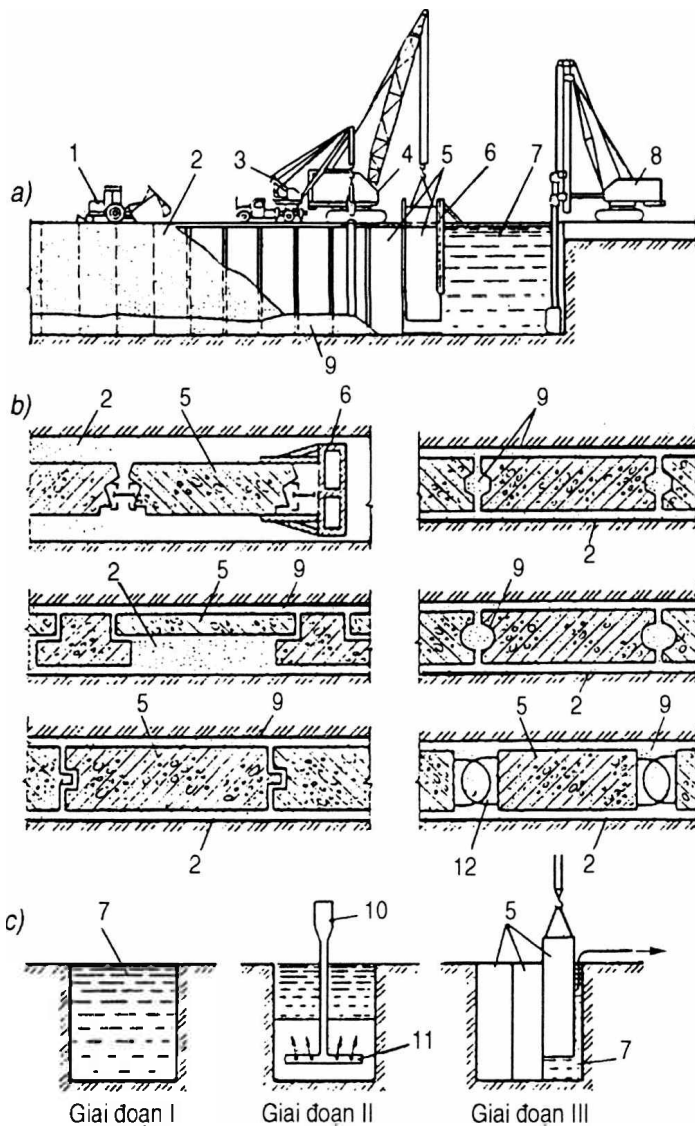
Việc xây tường của công trình ngầm từ bê tông cốt thép toàn khối cần phải thực hiện những bước công nghệ khó khăn. Do đó không phải bao giờ cũng đạt được chất lượng cao của các kết cấu tường và các đốt tường nối với nhau không phải bao giờ cũng chắc chắn, đủ tin cậy. Ngoài ra tốc độ xây tường trong hào thường không cao. Để nâng cao mức độ công nghiệp hoá xây dựng với việc áp dụng công nghệ "tường trong đất" trong những năm gần đây người ta bắt đầu áp dụng kết cấu panen đúc sẵn hạ vào trong vữa sét.

Việc áp dụng công nghệ "Tường lắp ghép trong đất" tạo điều kiện giảm bớt khối lượng công tác đất, giảm chi phí bê tông cốt thép, giảm thời hạn và giá thành xây dựng. Tùy thuộc vào sức nâng của thiết bị cẩu lắp người ta áp dụng các loại panen nặng, dày 0,3 - 0,5m, dài 10 - 15m và trọng lượng đến 20 - 30t, mối nối chỉ có theo phương dọc. Người ta cũng dùng các loại panen nhẹ trọng lượng 5 - 6t, mối nối không chỉ theo phương dọc mà cả theo phương ngang trên chiều cao tường. Cũng có thể dùng kết cấu liên hợp từ kết cấu toàn khối ở phía dưới, lắp ghép ở phía trên của hào.

Hiện nay, có những công nghệ khác nhau để xây dựng lắp ghép trong đất. Khác nhau chủ yếu là việc gia cố tường trong hào. Ở Liên Xô (cũ) người ta đưa ra công nghệ gia cố tường trong hào bằng cách đổ bê tông khe hở giữa chúng và khe hở giữa tường và hào đến chiều cao 1m; tiếp theo sau người ta lấp đầy bằng vữa xi măng ở mặt trong, và cát ở

mặt ngoài (hình 13.22a). Ở nước ngoài người ta còn áp dụng công nghệ gia cố tấm panen tường bằng vữa xi măng bêtônít đông cứng chậm (độ bền nhỏ hơn 5 MPa) ép vào rãnh giữa các panen cũng như giữa vách hào và panen sau khi đặt và liên kết để chúng ổn định. Trong thành phần của vữa xi măng đông kết chậm có bentonít, cát và chất làm chậm ninh kết xi măng.

Trong nhiều trường hợp người ta đào đoạn hào dài hơn 2 - 3 lần bề rộng tấm panen 20 - 25cm (hình 13.22c) rồi ép vào trong hào chứa vữa sét, vữa xi măng sét hoặc vữa xi măng cát với khối lượng bằng hiệu thể tích đoạn hào và thể tích 2-3 tấm panen sẽ đặt vào đoạn hào. Để cấp vữa xi măng cát vào hào người ta hạ một ống thép đường kính 10cm chiều dài nhỏ hơn chiều sâu hào 0,5 - 1,0m. Đầu trên có gắn phễu, đầu dưới là một ống có đục lỗ. Vữa xi măng có trọng lượng lớn hơn trọng lượng vữa sét nên sau khi ra khỏi lỗ sẽ chiếm phần dưới của hào. Tiếp theo đặt hai hay ba tấm panen. Vữa sét sẽ tràn hoàn toàn ra khỏi hào, vữa xi măng sẽ lấp đầy khe hở giữa panen và các lỗ trống còn lại.



Hình 13.22: Sơ đồ xây tường từ panen bê tông cốt thép lắp ghép (a-c) và các dạng panen nối

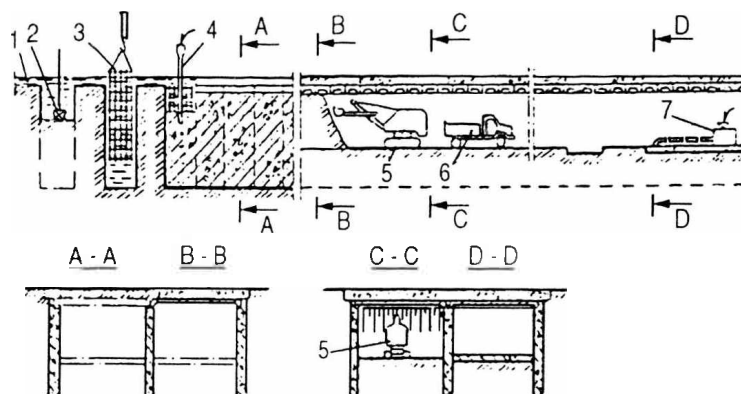
1. máy đào;
2. hỗn hợp cát;
3. cầu bánh hơi;
4. cầu bánh xích;
5. panen bê tông cốt thép;
6. khung định vị;
7. một đoạn hào chứa đầy vữa sét;
8. máy đào dạng cần;
9. vữa xi măng;
10. phễu;
11. ống có đục lỗ;
12. thép chờ

Các tấm panen được hạ vào hào nhờ một khung định vị. Trước khi cấp vữa ximăng bentônít có độ bền xác định các tấm panen được giữ trên vách định vị của hào nhỏ. Khe hở mặt ngoài giữa vách hào và panen được chèn bằng vữa ximăng cát, còn khe hở trong lấp bằng cát, đá dăm hay sỏi (hình 13.22b). Trong trường hợp này các mối nối thẳng đứng giữa các panen được nối khô trong quá trình đào đất giữa các vách hào. Cần phải nhấn mạnh là việc áp dụng các panen bê tông cốt thép lắp ghép cho phép loại trừ những công việc khó khăn trong việc đổ và làm chặt bê tông, nâng cao tiến độ thi công và đảm bảo chất lượng cao của các kết cấu ngầm. Tuy nhiên, cũng sẽ phát sinh những khó khăn riêng như việc chèn cẩn thận các khoảng trống.

Sau khi kết thúc việc xây các tường hào người ta phải tiến hành đo đạc kiểm tra vị trí trục của tường, xác định kích thước của chúng và lập bản vẽ hoàn công. Đôi khi còn kiểm tra chất lượng mối nối tường trong đất bằng phương pháp siêu âm. Khi đào lõi đất người ta đo độ sai lệch của tường khỏi phương thẳng đứng theo chiều cao. Tang của góc nghiêng tường so với vị trí thẳng đứng được thiết kế không được lớn hơn 0,01. Độ sai lệch về chiều dày không được vượt quá +50 hoặc -20mm đối với tường toàn khối, ±20mm đối với kết cấu lắp ghép. Độ sai lệch tối đa cho phép theo chiều cao tường là ±50mm.

Sau khi xây xong tường hào đến đáy tấm trần của công trình ngầm, người ta đào hố móng có mái dốc hoặc gia cố tạm bằng cọc hoặc cọc cừ. Đáy của hố móng được làm phẳng theo cao độ thiết kế và phủ một lớp đá dăm, sỏi hoặc bê tông. Sau đó trong nhiều trường hợp trên đỉnh tường hoặc cọc khoan nhồi người ta đổ bê tông xà dọc liên kết để gác tấm trần.

Người ta thường đổ bê tông kết cấu trần toàn khối trực tiếp trên đất hoặc lắp các tấm trần lắp ghép bằng cần cầu lóp hoặc cầu xích. Tấm trần lắp xong thì thi công lóp phòng nước ở bên trên và lấp đất trở lại, khôi phục mặt đường trên mặt, sau đó chuyển sang đào lõi đất. Thường đào lõi đất không sớm hơn 2 - 3 ngày sau khi đổ bê tông.



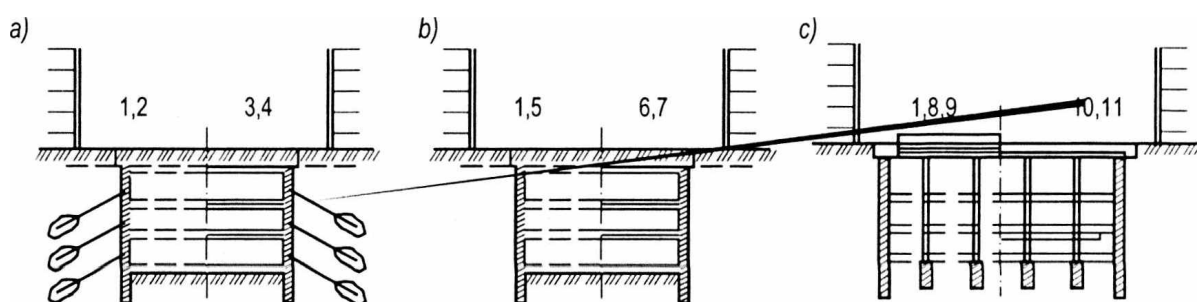
Hình 13.23: Sơ đồ công nghệ xây dựng hầm bằng phương pháp đào hào
 1. hào dẫn; 2. gầu ngoạm; 3. khung cốt thép; 4. ống dẫn bê tông; 5. máy xúc;
 6. ô tô tự đổ; 7. bơm bê tông

Công nghệ đào lõi đất thường khác nhau tùy thuộc vào dạng và kích thước của công trình ngầm. Khi xây dựng các hầm ô tô và hầm cho người đi bộ việc đào đất bắt đầu từ đoạn cửa hầm (hình 13.23) với việc dùng máy xúc kích thước nhỏ, ủi và các máy chuyển đất v.v...

Khi xây dựng các công trình ngầm có nhiều tầng ngầm lõi đất được đào tuần tự từ trên xuống dưới. Đưa đất lên bằng cách cầu các thùng chứa qua các lỗ chừa sẵn trên các tấm trần.

Các vách phân tầng được xây sau khi đào lõi đất theo thứ tự từ dưới lên trên hoặc theo quá trình đào đất từ trên xuống dưới.

Trong trường hợp đầu, đồng thời với việc đào đất tiến hành gia cố vách hào bằng các thanh văng ngang hoặc neo đất giống như trong phương pháp hố móng (hình 13.24a). Sau khi đào đất đến cao độ thiết kế người ta xây các vách phân tầng từ dưới lên trên. Xây đến đâu thì tháo các giằng và thanh văng. Nhược điểm cơ bản của công nghệ này là cần phải gia cố tạm các vách hào.



Hình 13.24: Các giai đoạn xây dựng công trình ngầm nhiều tầng

1. xây tường trong hào; 2. đào đất trong hố móng và đặt neo; 3. xây vách trung gian;
4. xây trần nóc; 5. lấp hố đào; 6. khôi phục mặt đường; 7. đào đất tiếp và xây sàn trung gian;
8. xây cột xuyên tầng; 9. treo bó tấm trần; 10. đào đất tuần tự; 11. hạ trần trung gian

Tiến bộ hơn là công nghệ thi công theo sơ đồ từ trên xuống dưới. Với công nghệ này khi đào đất giữa các vách tiến hành thành từng lớp theo chiều cao và xây ngay các vách phân làn. Các vách này đóng vai trò các thanh văng đảm bảo ổn định vách hào (hình 13.24b).

Khi xây dựng công trình ngầm nhiều tầng theo sơ đồ từ trên xuống, trong nhiều trường hợp người ta áp dụng phương pháp hạ các tấm ngăn. Với phương pháp này sau khi xây xong vách hào (tường) và các cột xuyên ở mức mặt đất người ta đổ bê tông hoặc lắp một số khối của vách ngăn rồi treo tạm các khối dưới lên khối trên. Theo quá trình đào đất trong phạm vi một làn của công trình ngầm các vách ngăn trung gian được hạ vào cao độ thiết kế (hình 13.24c). Việc hạ được thực hiện bằng các kích. Tuy nhiên để hạ qua các cột xuyên trong các khối trần phải có lỗ. Sau khi hạ một tổ hợp các vách ngăn đến chiều cao của từng tầng, các khối được gia cố vào các tường và các cột còn các khối còn lại một lần nữa người ta hạ và gia công tương tự.

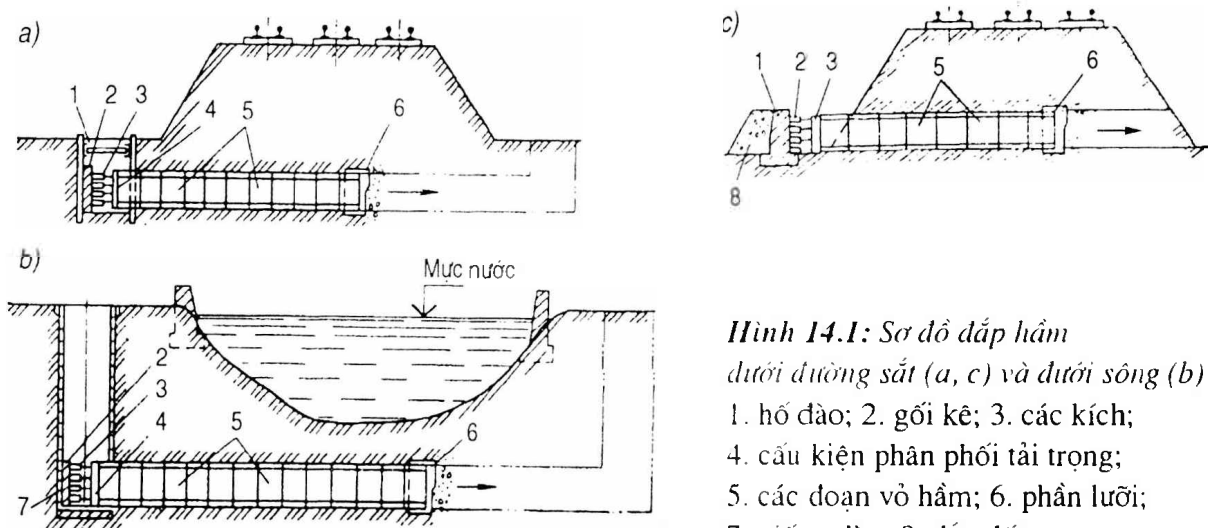
Chương 14

PHƯƠNG PHÁP ĐẨY ÉP ĐẦY

§1. THỰC CHẤT CỦA PHƯƠNG PHÁP VÀ PHẠM VI ẠP DỤNG

Trong nhiều trường hợp các hầm giao thông ô tô và đi bộ trong thành phố nằm ở độ sâu không lớn và đi ngay sát các ngôi nhà, các đường giao thông chính đã có sẵn trong đô thị hoặc là các đường sắt, đê, đập, sông hoặc kênh v. v... Việc xây dựng những hầm như thế trên đoạn giao cắt với các công trình nhân tạo hoặc các chướng ngại tự nhiên bằng phương pháp lộ thiên đòi hỏi phải xây dựng các đường tránh tạm hoặc tiến hành thi công theo giai đoạn cùng với việc xây dựng lại các công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị đã có trước. Việc sử dụng phương pháp mở hoặc phương pháp khiên đào thường kéo theo sự dịch chuyển và biến dạng không thể tránh khỏi khối đất xung quanh và phá hoại sự giao thông trên các tuyến đường trong khu vực. Ngoài ra, việc áp dụng khiên đào trên những đoạn tương đối ngắn (100 - 150 mét) là không hiệu quả.

Trong những điều kiện như vừa nêu trên đây, áp dụng phương pháp đẩy ép kết cấu hầm là hợp lý và hiệu quả. Thực chất của phương pháp bao gồm: các cấu kiện riêng rẽ của hầm có dạng các vòng kín hoặc các dốt kín hình chữ nhật được người ta đẩy ép vào trong đất bằng thiết bị kích bố trí ở trên mặt đất hoặc trong một hố đào (dạng giếng). Một khâu vỏ hầm đầu tiên chế sẵn có trang bị lưỡi cắt, dưới sự bảo vệ của nó người ta đào đất và đẩy theo một phần hầm đã xây dựng xong trên mặt đất (hình 14.1). Các đoạn hầm dạng



Hình 14.1: Sơ đồ đắp hầm dưới đường sắt (a, c) và dưới sông (b)
 1. hố đào; 2. gối kê; 3. các kích;
 4. cấu kiện phân phối tải trọng;
 5. các đoạn vỏ hầm; 6. phần lưới;
 7. giếng đào; 8. đắp đất.

chữ nhật có dán lớp phòng nước ở phía ngoài, còn mối nối giữa các cấu kiện được người ta làm kín trong quá trình thi công bằng cách đặt các đệm chèn đàn hồi và chèn khe nối sau đó. Khi ở trong nền hầm là các đất bền chặt hoặc được làm chặt trước đó thì có thể đẩy các cấu kiện không kín ở phía dưới dạng chữ Π , điều đó làm giảm nhẹ việc đẩy hầm khi thi công. Trong đa số trường hợp người ta đẩy hầm qua đất đắp không dính và khô. Có thể đẩy các đốt hầm qua các đất yếu, bão hoà nước, được làm khô trước bằng cách hạ mực nước ngầm, hay bằng cách gia cố hoá. Trong những trường hợp cá biệt khi đào dưới sông, dưới kênh có thể đẩy ép hầm trong không khí nén.

Phương pháp đẩy ép lần đầu tiên được áp dụng ở Liên Xô cũ để đặt các đường ống nước và các hầm kỹ thuật đô thị dưới các chướng ngại tự nhiên và nhân tạo khác nhau. Trong những năm gần đây người ta sử dụng phương pháp này khi xây dựng các hầm cho người đi bộ, các hầm giao thông khác trong những trường hợp, khi sử dụng các phương pháp khác tỏ ra không hợp lý hoặc trong thực tế các phương pháp không thể áp dụng được.

Ở Liên Xô người ta đã tích lũy được những kinh nghiệm đáng kể trong việc đẩy ép những hầm khác nhau. Trong những năm sau này người ta đã dùng phương pháp này để xây dựng hai hầm ô tô, mỗi hầm dài 150 mét dưới đường sắt, cũng như các hầm đi bộ trong khu vực ga metro "Begovaia", "Botanhisexki xad", "Varsavxkaia" và "Tusinxkaia" ở Matxcova. Thường thì người ta đẩy ép những hầm có chiều dài không lớn. Tuy nhiên, thực tế xây dựng đã chỉ ra là có thể đẩy ép những hầm dài đến 300 ÷ 400 mét và lớn hơn. Đã biết những trường hợp đẩy ép những hầm ô tô, tiết diện ngang chữ nhật $38 \times 12,5\text{m}$ và dài đến 2km. Bằng phương pháp này có thể tiến hành thi công mà không phá hoại chuyển động trên những đường trục chính giao cắt với hầm, với độ lún bề mặt là tối thiểu. Khi xây dựng bằng phương pháp này thường đạt được công nghiệp hoá thi công ở mức độ cao do sử dụng các cấu kiện vữa hầm đúc sẵn trong nhà máy. Ngoài ra, còn giảm chi phí lao động đến tối thiểu và nâng cao đến độ thi công.

Ứng lực đẩy ép cần thiết P , mà bộ kích phải đạt được, được xác định từ điều kiện khắc phục sức cản ma sát theo mặt ngoài của đoạn hầm và sức cản ở mặt trước của phần lưởi và đất.

$$P = K_n \{ [2(pB + qH) + g] L\mu + \Pi.s \} \quad (14.1)$$

ở đây: K_n là hệ số độ tin cậy, lấy bằng 1,2; p và q là áp lực thẳng đứng và áp lực bên của đất; B và H là bề rộng và chiều cao của hầm tiết diện ngang là chữ nhật (đối với đoạn hầm tròn thì thay B và H bằng đường kính hầm D); g là trọng lượng 1 mét dài hầm; L là chiều dài tối đa của đoạn hầm đẩy ép; μ là hệ số ma sát giữa đất và hầm; Π là chu vi của phần lưởi; S là ứng lực cắt đơn vị của phần lưởi trên một mét chu vi của lưởi (xác định bằng thực nghiệm).

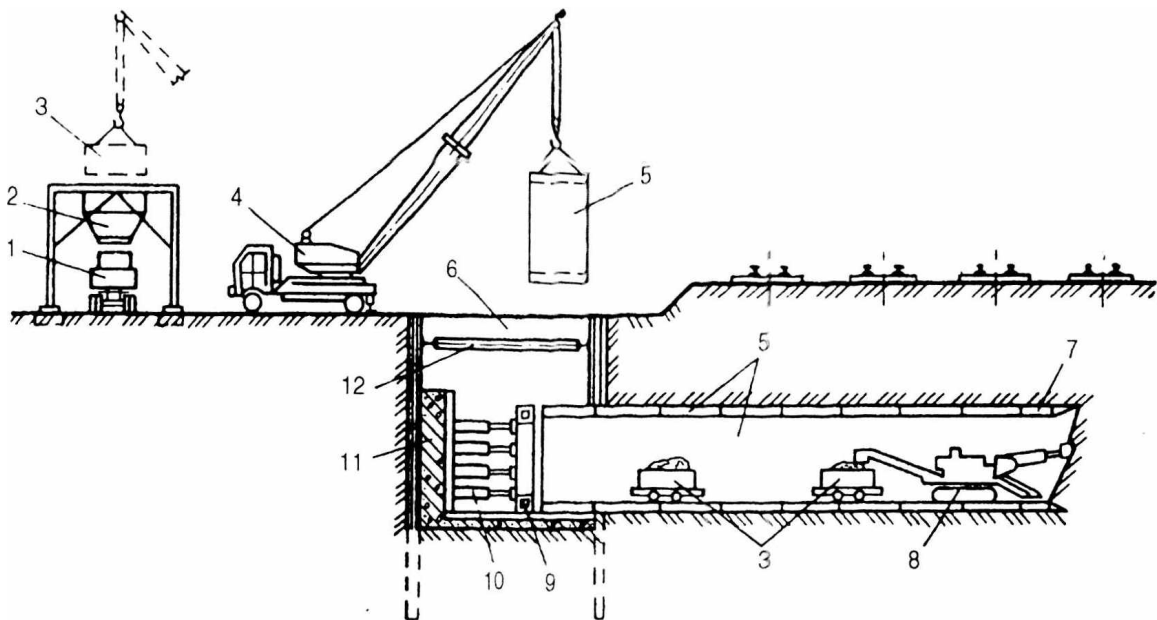
§2. CÔNG NGHỆ THI CÔNG

Tùy thuộc vào chiều dài của hầm, kích thước tiết diện ngang của nó, chiều sâu đặt hầm và các tính chất của các đất mà hầm cắt qua người ta áp dụng các sơ đồ công nghệ đẩy ép khác nhau.

Nếu chiều sâu đặt hầm không vượt quá 3 ÷ 5 mét, người ta thiết lập hố "gương đẩy ép" (hình 14.1a), còn khi hầm đặt sâu thì việc đẩy ép được tiến hành từ các giếng đứng (hình 14.1b). Trong nhiều trường hợp, công tác đẩy ép lại tiến hành ngay ở mức mặt đất phía trước của chương ngại mà hầm giao cắt với nó (hình 14.1c).

Các giếng hoặc hố "gương đẩy ép" thường có tiết diện chữ nhật trên mặt bằng và có kích thước đủ để bố trí một đoạn hầm và các thiết bị kích cần thiết để đẩy ép chúng.

Trong tường chắn của hố đào hoặc giếng giao cắt với chương ngại người ta thiết lập một khoang, kích thước của nó cần lớn hơn kích thước tiết diện ngang của hầm một chút. Trên phía đối diện người ta thiết lập khối tựa bằng bê tông cốt thép để tiếp nhận và truyền lên đất các ứng lực của kích đẩy ép hầm. Trên tường gối có gắn vòng kê của các kích thủy lực bố trí đều theo chu vi của đoạn hầm (hình 14.2).



Hình 14.2: Sơ đồ công nghệ ép đẩy hầm

1. ô tô ben; 2. phễu; 3. thùng chứa; 4. cầu ô tô; 5. đoạn hầm; 6. hố đào;
7. phần lữ; 8. máy đào hầm; 9. khung phân bố tải trọng;
10. thiết bị kích đẩy; 11. gối kê; 12. vè chống hố đào.

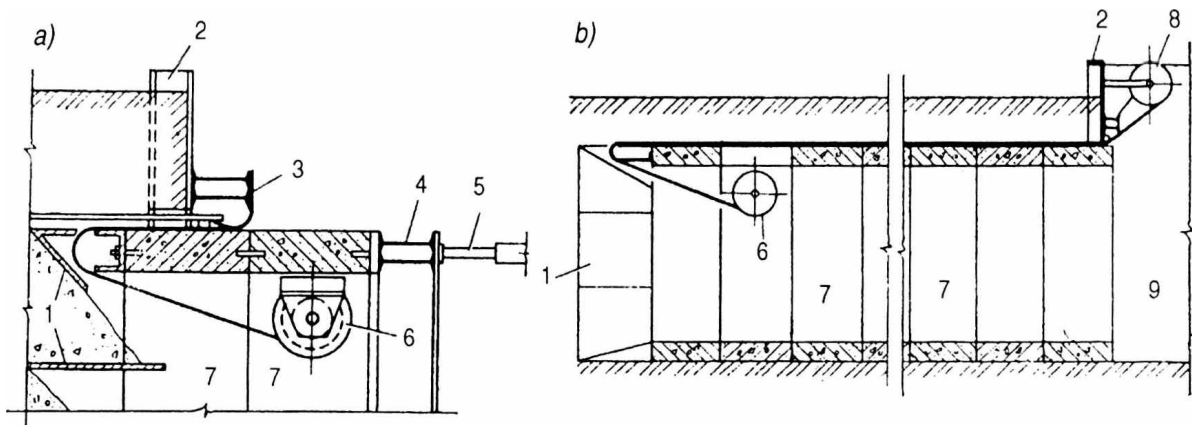
Các đoạn vỏ hầm đúc sẵn được hạ lần lượt vào hố hoặc giếng bằng cần cẩu, đứng ở trên mặt đất. Cũng bằng cần cẩu này người ta cấp vào hầm đang xây dựng các cấu kiện của vè chống, các vật liệu cần thiết, các trang thiết bị và đưa ra khỏi gương các goòng hoặc thùng chứa đất đào ra.

Bằng các kích thủy lực người ta đẩy ép đoạn hầm đã được hạ vào đáy hố đi vào đất một đoạn bằng bề rộng của đoạn hầm. Như vậy bước đẩy của cần kích thủy lực cần đúng bằng chiều dài của bước đẩy hầm.

Để truyền đều các ứng lực lên vỏ hầm giữa cần kích và mặt đầu của đoạn hầm người ta đặt cấu kiện phân bố lực, có dạng vành khăn hoặc chữ nhật, làm bằng thép hình hay bê tông cốt thép. Sau khi đẩy ép đoạn vỏ hầm cần kích trở về vị trí xuất phát, giải phóng một khoảng để bố trí đoạn hầm tiếp theo.

Một khâu hầm đã hoàn chỉnh được gắn với thiết bị lươi (theo dạng phần lươi của khiên đào) ngăn cản sự phá hoại đất ở trong gương và cắt đất theo chu vi hang. Kết cấu và kích thước của phần lươi được xác định chủ yếu bởi các tính chất của đất. Việc nối phần lươi với khâu hầm đã hoàn chỉnh có thể là cứng hoặc mềm, sao cho có thể dịch chuyển được một chút phần lươi theo phương ngang và phương đứng để có thể chỉnh hướng đẩy ép trong một mặt phẳng thẳng đứng.

Dưới sự bảo vệ của phần lươi người ta tiến hành đào đất. Khi đó, tùy thuộc vào loại đất mà người ta đào thủ công, bằng các thiết bị cơ giới hoặc bằng một tổ hợp đào chuyên dụng theo kiểu máy đào kiểu hành tinh. Đất đào ra được bốc vào băng tải hoặc goòng, rồi chuyển ra gương của hố đào hoặc giếng, rồi từ đó đưa lên mặt đất bằng cầu, đổ vào xe ô tô tự đổ rồi chở ra bãi thải.



Hình 14.3: Sơ đồ đẩy các đốt hầm có dùng băng giảm ma sát

a) Có một băng; b) Có băng kép;

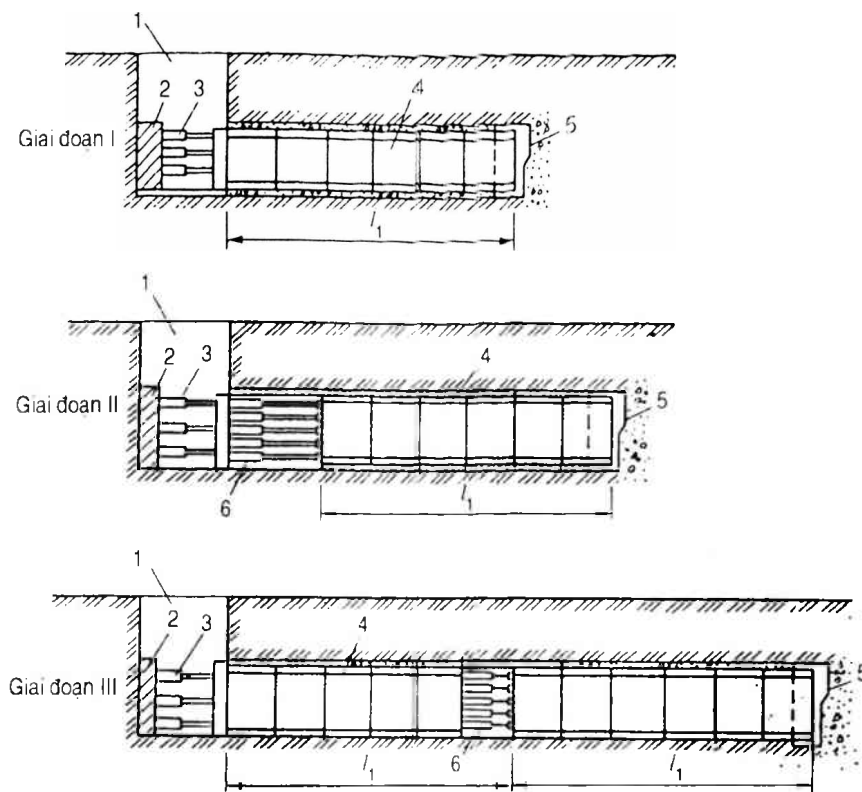
1. phần lươi; 2. cọc; 3. gắn giữ băng; 4. khung phân phối tải trọng; 5. kích thủy lực;
6. tang cuốn băng; 7. đoạn hầm; 8. tang cuốn băng sự cố; 9. hố đào.

Trong quá trình đẩy, các ứng lực của thiết bị kích không ngừng tăng, điều đó làm hạn chế chiều dài đoạn đẩy ép. Việc tăng chiều dài đẩy ép có thể đạt được bằng cách giảm lực ma sát trên mặt ngoài của các đoạn hầm, điều này thực hiện được bằng nhiều phương tiện khác nhau. Trong hàng loạt trường hợp việc dùng màng ở dạng pôliêtilen, màng bằng các lá thép, lá nhôm đặt giữa đất và sàn, trần của đoạn hầm là hợp lý (đôi khi đặt cả ở bên vách hầm). Ở Liên Xô cũ, khi đẩy các đoạn hầm tiết diện chữ nhật, trên mặt

ngoài người ta bố trí các băng diu-aluminhia rộng đến 1,4 mét và dày 2mm. Trong quá trình đẩy các đốt, các băng này cuộn trên một tang tời được tở ra và tạo nên một lớp phủ liên tục trên mặt ngoài của các đoạn hầm, thay ma sát bê tông với đất bằng ma sát giữa kim loại với đất (hình 14.3a). Trong trường hợp bị đứt một trong những băng thì có thể bố trí các băng sự cố nằm trên các băng làm việc (hình 14.3b).

Việc giảm sức cản khi ép còn đạt được bằng cách ép từ trong ra phía sau đốt vỏ hầm dưới áp lực 0,3 - 0,5 MPa các vật liệu có các thành phần nhớt khác nhau, thường dùng hơn cả là các huyền phù bentônít, nó làm giảm lực mát ($30 \div 100$)%, giảm biến dạng khối đất và mặt đất. Tuy nhiên trong các đất không ổn định hạt lớn, cũng như với các đất lỗ rỗng lớn khác nhau thì việc ép ra sau vỏ hầm huyền phù bentônít tỏ ra kém hiệu quả.

Phương tiện có hiệu quả hơn cả, cho phép tăng đáng kể chiều dài đẩy ép là việc sử dụng các thiết bị kích trung gian. Một thiết bị như thế gồm một áo thép, hình dạng và kích thước của nó phù hợp với hình dạng và kích thước của các đoạn vỏ hầm, và vòng kích, bố trí theo chu vi. Thiết bị được đưa vào làm một bộ phận của các đốt vỏ hầm và sau khi các ứng lực của các kích gương đạt được chừng 90% thì người ta sử dụng các kích trung gian (hình 14.4). Bằng các ứng lực của các kích này tất cả các đoạn hầm nằm trước thiết bị kích trung gian được đẩy đi một bước đào. Sau đó thiết bị gương đẩy các đoạn còn lại cùng với thiết bị trung gian về phía trước và chu kỳ được lặp lại. Khi mà đốt đầu đạt đến vị trí thiết kế, các kích trung gian được tháo đi và các đốt hầm phía sau nó được đẩy lên phía trước một bước đào và lắp đầy khoảng trống mà kích trung gian bỏ lại.



Hình 14.4: Các giai đoạn đẩy hầm có sử dụng thiết bị kích trung gian

1. hố đào; 2. gối kê; 3. thiết bị kích cơ bản; 5. phân lưới; 6. thiết bị kích trung gian

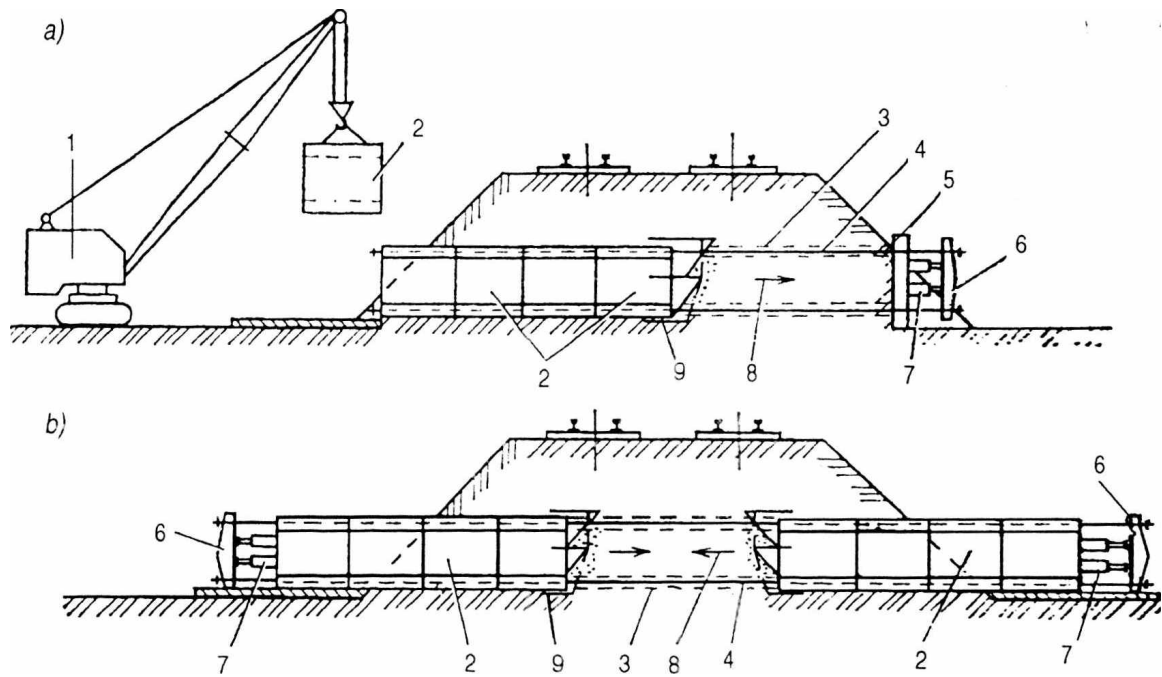
Trong một số trường hợp các thiết bị kích trung gian cũng như các thiết bị kích gương có thể được bố trí trong một buồng riêng được đào xuống từ bề mặt của chướng ngại mà hầm giao cắt với nó. Việc sử dụng một số thiết bị kích trung gian trong tổ hợp nén ép cùng với việc ép huyền phù bentonít sau vỏ hầm cho phép đẩy ép những hầm có chiều dài bất kỳ.

Khi đẩy một số hầm, thay vì dùng các kích trung gian người ta đặt vào các mối nối của các đoạn hầm các gioăng rỗng đường kính $50 \div 75\text{mm}$ bằng cao su có cốt, hoạt động như các kích phẳng. Việc ép ngang khí nén vào trong các gioăng này làm dịch chuyển liên tục tất cả các đốt vỏ hầm đi một đoạn $20 \div 25\text{mm}$.

Khi đẩy ép hầm, thường phát sinh những khó khăn, liên quan đến việc đảm bảo cho hướng của hầm đi đúng với hướng mong muốn, đặc biệt là khi đặt hầm trên đường cong. Để nâng cao độ chính xác của việc đẩy ép hầm có chiều dài đáng kể, thì từ gương người ta khoan những lỗ khoan vượt trước hoặc đào hang dẫn hướng. Để đẩy ép hầm trên đường cong người ta sử dụng những kích điều khiển phần lưởi của đoạn hầm, bằng cách bố trí các kích phụ giữa đốt đầu tiên của vỏ hầm và phần lưởi đẩy giống như trong khiên đào, điều đó tạo điều kiện giảm sức cản theo mặt trước của gương đào. Khi sử dụng kích điều khiển hướng đào, thì xảy ra đẩy riêng phần lưởi vào đất, tiếp theo mối đẩy của đốt hầm. Giữa các đốt vỏ hầm có bố trí các đệm hình nêm hoặc sử dụng các đoạn vỏ hầm có dạng hình thang trên mặt bằng. Công nghệ vừa khảo sát để đẩy hầm từ giếng "gương" hay từ hố đào đòi hỏi phải đào hầm sâu thêm so với mặt đất ở trên đoạn đường dẫn, điều đó liên quan với việc xây dựng khung dẫn vào đối với các hầm giao thông và lối vào cho các hầm đi bộ. Trong khi đó việc đẩy ép hầm từ mặt đất thì lại liên quan đến việc cần thiết phải xây dựng các gối lớn ở dạng tường chắn hoặc hố thế gia cố bằng neo căng hoặc đắp đất ngược lại bằng các đất được đầm chặt.

Trong những điều kiện nhất định khi hầm giao cắt với các khối đất đắp, người ta sử dụng hợp lí việc "đẩy ép" hầm nhờ các cáp thép luồn qua các lỗ khoan nằm ngang khoan trước qua khối đất đắp (hình 14.5a). Từ một bên của chướng ngại đắp, các cáp thép được gắn chắc vào phần lưởi, còn ở phía còn lại được gắn vào một khung chuyên dụng. Giữa khung chuyên dụng và gối kê trên mái dốc của chướng ngại đắp người ta bố trí các kích thuỷ lực, bằng ứng lực kích người ta đẩy dần các đốt hầm. Sau mỗi chu kỳ cáp được tháo ra và gắn lại vào khung, bằng cách sử dụng các cóc khoá cáp. Giải pháp như vậy cho phép không phải dùng hố thế hoặc giếng "gương" và tiến hành đẩy ép các đoạn hầm ngay trên mặt đất. Có thể thực hiện đẩy ép hầm các đoạn hầm đồng thời từ hai phía của chướng ngại bị hầm giao cắt bằng cách gắn các kích thuỷ lực ở các đầu cáp sau khi đã đặt các đoạn vỏ hầm (hình 14.5b). Khi đó với mục đích giảm bớt số lần tháo lắp cáp, người ta sử dụng các kích có chiều dài thay đổi với bước pistông đến 2 - 3 mét.

Trong những năm sau này, cùng với việc đẩy ép các đốt hầm ngắn, người ta sử dụng việc đẩy ép những đoạn hầm lớn, dài đến 10 - 15 mét và lớn hơn với khối lượng chừng $200 \div 400$ tấn. Các đoạn hầm khuôn khổ lớn có thể đẩy từ một hoặc hai phía của chướng ngại đắp, theo hướng ngược nhau.



Hình 14.5: Các sơ đồ đẩy hầm nhờ cáp (a, b)

1. cần cẩu; 2. đoạn hầm; 3. lỗ khoan; 4. cáp; 5. gối kê;
6. bệ giữ cáp; 7. gạch; 8. hướng đẩy hầm; 9. phân lưởi

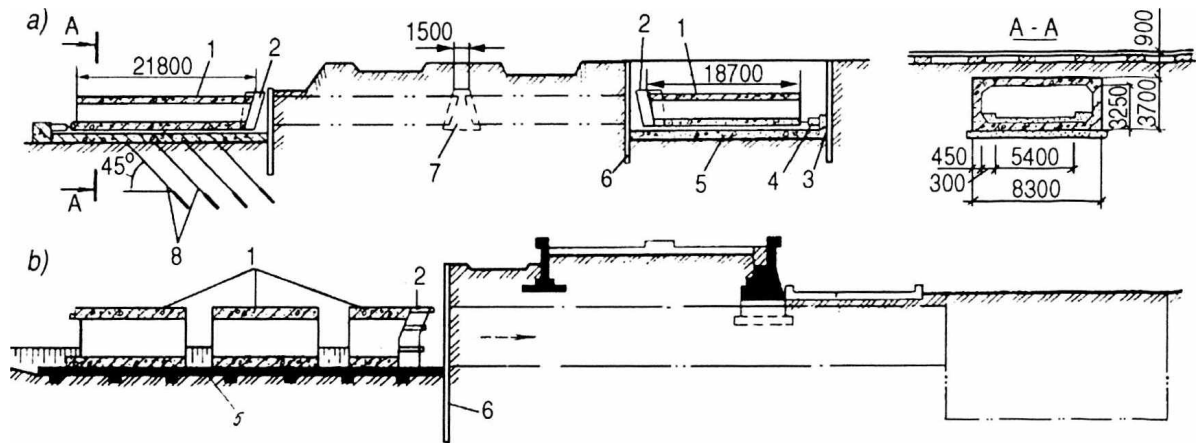
Trong trường hợp này các đoạn hầm được chế tạo trực tiếp ở bên cạnh chướng ngại đập trên một nền được xây dựng trước, có dạng một tấm bê tông cốt thép lớn có gia cố bằng các neo vào đất để tiếp nhận các phản lực phát sinh khi đẩy ép và có đầu được gia cường để đặt các kích thủy lực. Có xét đến các khối lượng lớn của các đoạn hầm như vậy, các kích thủy lực chỉ được đặt ở phần đáy.

Các đoạn hầm chế sẵn, có trang bị phân lưởi được đẩy vào thân của chướng ngại đập sau một quá trình. Bởi vì bước của kích nhỏ hơn đáng kể so với chiều dài đẩy, để truyền các ứng lực lên đoạn hầm người ta sử dụng các đế thép.

Người ta đã đẩy ép các đoạn hầm lớn, cá biệt, khi xây dựng một hầm giao thông ô tô có hai làn xe dưới một ga đường sắt. Hai đoạn hầm có tiết diện ngang là hình chữ nhật rộng 8,3 mét, cao 3,7 mét và dài 21,8 và 18,7 mét, có khối lượng chừng 500 tấn mỗi đoạn (hình 14.6a). Kết cấu là bê tông cốt thép toàn khối, có chiều dày tường, đáy và trần là 45,7cm.

Việc đẩy được tiến hành ở độ sâu 0,9 mét kể từ đỉnh ray, bằng 12 kích thủy lực, ứng lực phát triển lên đến 12000kN. Trong thời gian đẩy một đốt việc lưu thông đường sắt trên hai tuyến gần nhất được chuyển ra tuyến xa hơn và tốc độ chạy tàu được hạn chế. Trong quá trình đẩy người ta ép vữa bentônít ra phía sau đốt vỏ hầm để giảm lực ma sát. Việc đẩy các đoạn vỏ hầm đã đạt độ chính xác cao.

Ba đốt hầm bê tông cốt thép tiết diện ngang chữ nhật rộng 9,3, cao 6,9 và dài 10,8, 16,5 và 18 mét đã được đẩy tại chỗ xây dựng nút giao thông (hình 14.6b).



Hình 14.6: Sơ đồ đẩy đoạn hầm tiết diện lớn dưới đường sắt (a) và dưới đường ô tô (b)

1. đoạn hầm; 2. phần lưởi; 3. gối kê; 4. các kích; 5. tấm móng;
6. tường cừ; 7. đoạn nối; 8. neo đất

Việc đẩy những đoạn hầm lớn cho phép tạo được kết cấu hầm có chất lượng cao với số lượng mối nối là ít nhất, rút ngắn đáng kể thời hạn thi công tránh không phải xây dựng các hố đào.

Chương 15
XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM BẰNG
PHƯƠNG PHÁP HẠ ĐOẠN

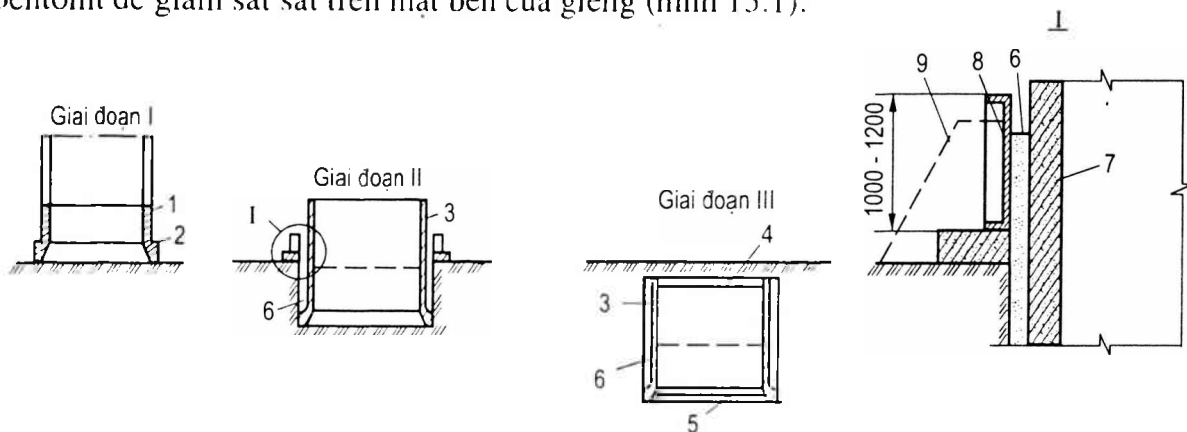
§1. PHƯƠNG PHÁP HẠ GIẾNG CHÌM VÀ GIẾNG CHÌM HƠI ÉP

1. Công nghệ hạ giếng chìm áo sét

Các gara ngầm, các công trình ngầm dạng gian lớn, các giếng, các công trình ngầm để thông gió, buồng khiên v.v... thường có kích thước hạn chế trên mặt bằng và bố trí trong khu xây dựng dày đặc của thành phố, có thể xây dựng bằng phương pháp hạ giếng. Thực chất của phương pháp này là: người ta xây kết cấu của công trình ngầm ở trên mặt đất, bằng cách đào đất ở trong phân lưởi bảo vệ và hạ kết cấu xuống đến cao độ thiết kế. Việc hạ kết cấu tiến hành dưới tác dụng của trọng lượng bản thân kết cấu có chất tải phụ hay dùng kích ép.

Phương pháp hạ giếng từ lâu đã sử dụng trong thực tế xây dựng và là công việc rất khó khăn, đòi hỏi lượng lao động thủ công lớn, không cho phép đạt tiến độ lớn và do đó phạm vi ứng dụng bị hạn chế. Trong thời gian gần đây phương pháp được áp dụng cùng với việc dùng áo sét. Hàng năm ở Liên Xô cũ hạ 100 - 200 công trình đường kính 3 - 50m, sâu 5 - 40m trong áo sét. Ở nước ta trong lĩnh vực giao thông vận tải, phương pháp này cũng đã được sử dụng rộng rãi.

Trong quá trình hạ khe hở giữa đất và vách giếng được chứa đầy vữa sét - nhũ tương bentonit để giảm sát sát trên mặt bên của giếng (hình 15.1).



Hình 15.1: Sơ đồ hạ giếng trong áo sét

1. dốt đầu tiên; 2. phân lưởi; 3. dốt thứ hai; 4. tấm nóc; 5. tấm đáy;
6. áo sét; 7. vách giếng; 8. khung định vị; 9. đất đắp

Khi hạ giếng trong vữa sét, sự ổn định của khối đất bao quanh được đảm bảo. Điều đó làm xuất hiện khả năng sử dụng kết cấu lắp ghép, không đòi hỏi phải đóng băng hoặc gia cố hoá nhân tạo. Việc sử dụng vữa sét đảm bảo độ tin cậy và cho phép nâng cao tính an toàn trong thi công và rút ngắn thời hạn xây dựng. Phương pháp hạ giếng trong áo sét có thể ứng dụng trong các loại đất không dính bất kỳ khi không có những lỗ trống lớn hoặc castơ làm mất vữa sét.

Khi hạ giếng trong áo sét các công việc được tiến hành theo trình tự công nghệ sau: đầu tiên trên mặt đất phải chuẩn bị một mặt bằng thi công, có bố trí những trang thiết bị cần thiết để chế tạo vữa sét, để thoát nước hoặc hạ mực nước nhân tạo, có thiết bị cầu, phễu v.v...

Vỏ giếng được xây trực tiếp trên mặt đất hoặc đáy hố móng đào sâu đến mức 1,5 - 2,0m cách mực nước ngầm. Đáy hố móng được làm phẳng và phủ một lớp 0,2 - 0,3m từ vật liệu lớn đầm chặt. Nền phải đủ cứng để ngăn hiện tượng lún của phần lõi giếng kê lên gỗ hoặc tà vẹt, lên các khối bê tông hoặc một băng bê tông đổ tại chỗ.

Các xà kê hoặc tà vẹt đặt cách nhau 0,5 - 1,0m để áp lực lên nền không vượt quá khả năng chịu tải của đất. Cá biệt nền có thể làm bằng đá dăm, sỏi hoặc cát.

Phần lõi của giếng phải đặt trên mặt phẳng nằm ngang với độ sai lệch theo phương đứng $\pm 2\text{mm}$ trên mặt bằng $\pm 5\text{mm}$. Trên phần lõi sẽ xây tiếp phần kết cấu vỏ giếng. Thường khi chiều cao giếng $\leq 10\text{m}$ thì người ta đổ bê tông một lần, còn khi có chiều cao lớn hơn thì phân làm nhiều đợt, mỗi đợt cao 3 - 5m.

Giếng là bê tông cốt thép toàn khối thì được đổ bê tông với ván khuôn gỗ hoặc ván khuôn thép. Người ta cũng dùng ván khuôn là các tấm bê tông cốt thép mỏng. Hợp lý hơn cả là dùng ván khuôn trượt bằng kích hay bằng tời. Cấp bê tông vào khối đổ bằng ben 1 - 2m³ có đáy đóng mở hoặc bằng bơm bê tông.

Giếng có kết cấu lắp ghép được tổ hợp bằng cầu. Các khối giếng rẽ được liên kết với nhau và chèn đầy mối nối. Trong thời gian lắp ghép và chưa toàn khối hoá mối nối thì có thể dùng khuôn đỡ định hướng.

Trước khi hạ giếng ta làm tường quây xung quanh và chứa đầy vữa sét. Tường quây cao hơn mặt đất ít nhất là 1m để tránh sụt đất trên mặt vào vữa sét.

Kết cấu tường quây có thể là các tấm bằng gỗ, bê tông cốt thép hoặc thép tựa lên băng bê tông cốt thép bố trí theo chu của giếng hạ (hình 15.1).

Sau khi đổ đầy vữa sét vào trong tường quây, người ta bắt đầu tháo các bộ phận kê. Các gỗ, hoặc tà vẹt kê được tháo đều theo chu vi của giếng và phải phù hợp với sơ đồ tính uốn của giếng. Việc tháo con kê ở phần lõi giếng thường bằng cách đào nền cát dưới con kê. Khi mà tất cả các chi tiết kê của phần lõi đã tháo xong thì bắt đầu công việc đào đất ở gương.

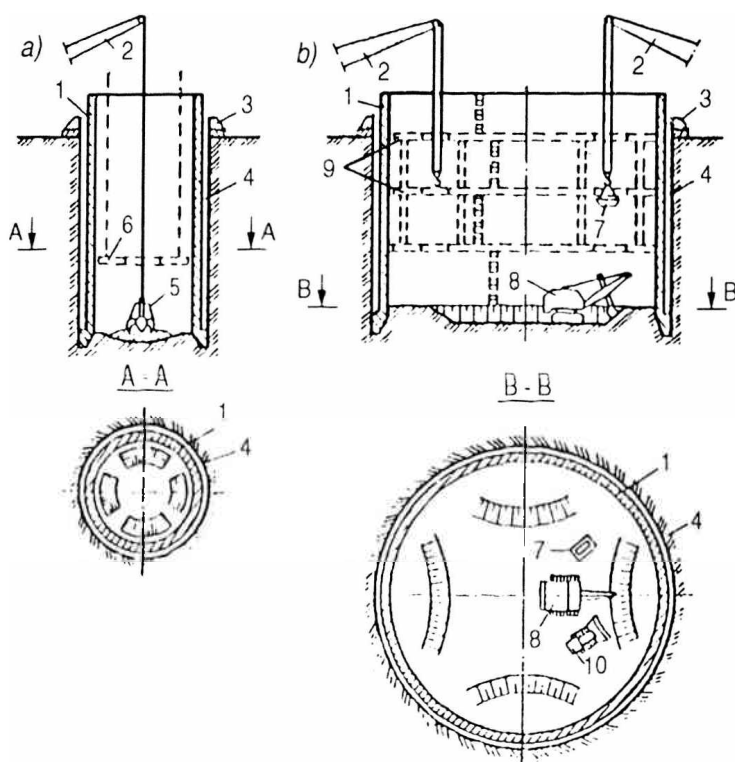
Đất được đào từng lớp theo phương bán kính và từ tâm ra có để lại một cơ bảo vệ ở gần lõi giếng. Khi hạ giếng trong đất yếu không ổn định phần lõi lúc nào cũng phải cắm sâu

vào trong đất để cho vữa sét không chảy vào trong phần lưới giếng. Để đảm bảo điều kiện này việc đào đất được tiến hành ở cao độ cách chân đế của lưới giếng ít nhất là 0,5 - 1m.

Phương pháp đào đất chủ yếu phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất. Đất dính chặt cũng như cát hạt lớn, cuội sỏi thường đào bằng gầu ngoạm treo vào cần cầu đặt trên mặt đất (hình 15.2a).

Đất không dính (cát hạt nhỏ, á cát) cũng như các loại đất không ổn định có hiện tượng chảy thì đào bằng các thiết bị thủy lực: làm tơi bằng súng phun nước, tách đi bằng các thiết bị hút. Khi đó thường xói đất từ tâm ra lưới, đảm bảo độ nghiêng của tia phun là về phía hố thu.

Khi hạ những giếng lớn đất được đào bằng máy xúc và ủi đặt ở gương đào, và đưa lên mặt đất bằng các thùng chứa và cần cầu đặt trên mặt đất (hình 15.2b).



Hình 15.2: Sơ đồ đào đất khi hạ giếng (a) và giếng đường kính lớn (b)

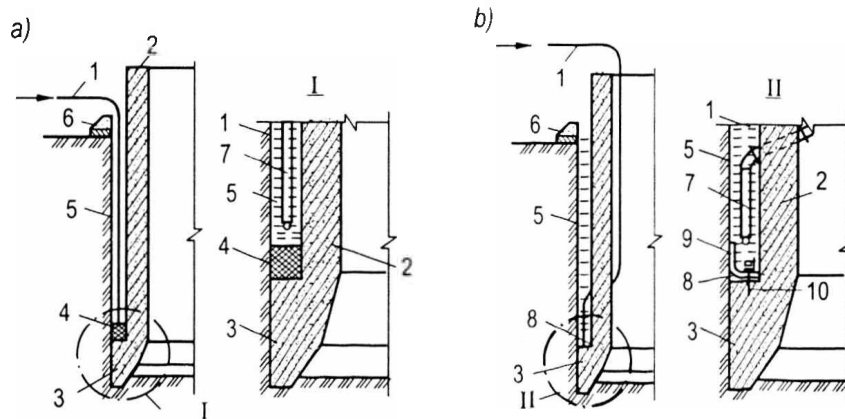
1. vỏ; 2. cần cầu; 3. đập định vị; 4. áo sét; 5. gầu ngoạm;
6. trần treo bảo vệ; 7. thùng; 8. máy xúc; 9. gô súc; 10. máy ủi

Trong quá trình đào đất trong trường hợp cần thiết phải tiến hành hút nước hoặc hạ mực nước ngầm.

Khi hạ giếng trong đất không dính ngầm nước, trong nhiều trường hợp người ta dùng phụ tải là cột nước tạo nên trong giếng đến mức 0,5 - 1,0m cao hơn mực nước ngầm và khi đó phần lưới phải thường xuyên cắm sâu vào đất không nhỏ hơn 1 - 1,5m. Đất ở trong gương được đào trong nước bằng gầu ngoạm. Với công nghệ này sẽ không có

người ở trong gương. Do cân bằng với áp lực thủy tĩnh của nước phía ngoài mà hiện tượng lún bề mặt sẽ bị loại trừ.

Trong quá trình hạ giếng khe hở xung quanh giếng dày 10 - 15cm được chứa dây vữa sét. Vữa sét được cấp đến mặt bằng xây dựng, từ trạm vữa trung tâm hoặc trạm chế tạo vữa đặt tại hiện trường. Thiết bị cho trạm giống như đã mô tả trong phương pháp đào hào. Phương pháp cấp vữa sét vào sau giếng tùy thuộc vào kích thước giếng, chiều sâu hạ giếng và loại đất. Nếu như giếng có kích thước tương đối lớn, hạ không sâu trong tầng đất dính thì vữa sét cấp qua tường quây (hình 15.3a).



Hình 15.3: Xây dựng áo sét khi hạ giếng có đặt ống phụt ngoài và ống phụt trong

1. ống phụt; 2. vách giếng; 3. phần lươi; 4. lớp ngăn bằng sét dẻo; 5. áo sét; 6. đập định vị;
7. ống phụt phần có đục lỗ; 8. măngsét cao su; 9. thép góc; 10 bulông neo.

Khi hạ những giếng lớn qua đất không dính thì vữa sét được ép vào phần dưới của áo sét trên bậc giạt cấp của phần lươi của vỏ giếng. Để làm việc này từ mặt ngoài hay mặt trong, dọc theo tường người ta đặt các ống thép đường kính 40 - 50mm đặt cách nhau 3 - 5mm theo chu vi giếng. Khi bố trí ống ở mặt trong thì ở những chỗ ép vữa người ta đặt các đầu ra (hình 15.3b). Phần dưới của mỗi ống đều có khoan lỗ trên chiều dài 0,6 - 1,0m. Đường kính lỗ khoan 10 - 15mm bố trí cách nhau 5 - 7cm thành hàng theo kiểu ô cờ và chỉ ở phía ống hướng về phía áo để các hạt đất không làm bẩn đầu phụt.

Do vữa sét trong buồng áo sét có áp lực nên phải có giải pháp không cho vữa chảy vào trong giếng qua phần dưới của lươi giếng, đặc biệt khi giếng bị nghiêng. Để ngăn phần lươi người ta đặt bộ phận khoá sét hoặc đặt măng xét cao su không quá 0,6m (I và II trên hình 15.3).

Chiều cao của phần lươi trong đa số trường hợp nhỏ hơn nhiều lần so với phần thân giếng, do đó khi hạ trong áo sét có thể bị nghiêng lệch. Tuy nhiên khác với các giếng dạng khối nặng nề, đối với nó các hiện tượng nghiêng lệch rất nguy hiểm và có thể dẫn đến hiện tượng treo giếng, khi hạ các giếng vỏ mỏng trong áo sét hiện tượng nghiêng lệch dễ xử lý hơn. Để xử lý chủ yếu là cho đào đất ở phía đối diện với phía nghiêng trên

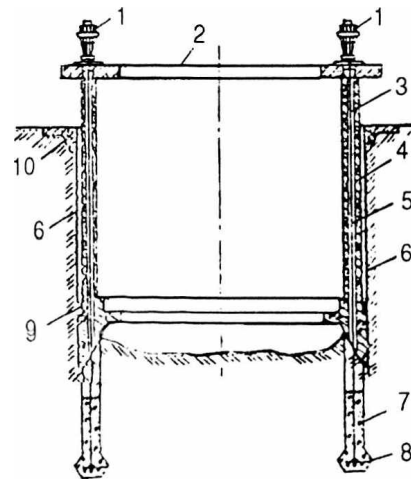
chiều dài nhỏ hơn nửa chu vi của giếng và sâu không lớn hơn 50 - 70cm đồng thời kê tạm phần lưới bằng các con kê.

Trong quá trình hạ giếng vỏ mỏng người ta tiến hành trắc địa kiểm tra cẩn thận vị trí của kết cấu hạ. Để kiểm tra trên mặt ngoài giếng cứ 0,5m một theo chiều cao người ta đặt các mốc bằng thép. Độ sai lệch của giếng trong tất cả các giai đoạn hạ giếng được xác định theo số liệu đo cao độ của bốn mốc trên một mặt nằm ngang. Lúc đó tang của góc nghiêng của giếng so với mặt phẳng thẳng đứng không được vượt quá 0,01, độ dịch chuyển ngang không lớn hơn 1% chiều sâu hạ giếng.

Để kiểm tra các công trình hạ kiểu giếng chìm người ta trang bị các hệ tự động để đo ứng suất trong các bộ phận của kết cấu, áp lực của vữa sét trong các vùng của áo sét, kiểm tra vị trí của giếng và điều chỉnh chế độ hạ giếng. Độ chính xác của việc hạ giếng phụ thuộc vào chiều dày áo sét và tốc độ hạ, độ chính xác càng cao khi các trị số này càng bé.

Để nâng cao độ chính xác hạ giếng trong áo sét người ta thường dùng bộ lưới chấn động bằng cách gắn vào phần lưới những thiết bị rung công suất lớn kiểu БПП - 2 do Liên Xô (cũ) chế tạo hoặc các loại tương tự khác. Các thiết bị này được gắn vào lưới bằng các cần (đòn) bằng thép hoặc bằng cọc cừ ở mặt ngoài hoặc mặt trong của vỏ giếng.

Hiệu quả hơn là phương pháp điều chỉnh cường độ có sử dụng kích thủy lực và cọc neo khoan nhồi, đôi khi dùng cọc dầu nổ đặt dưới đáy công trình. Trong các lỗ khoan đặt các thanh căng bằng thép cường độ cao tạo thành cọc neo. Khi xây vỏ giếng người ta chừa lại những rãnh thẳng đứng để luồn dây căng của cọc neo rồi ngàm vào đầu kích thủy lực đặt trên băng giằng ở mặt trên thân giếng (hình 15.4).



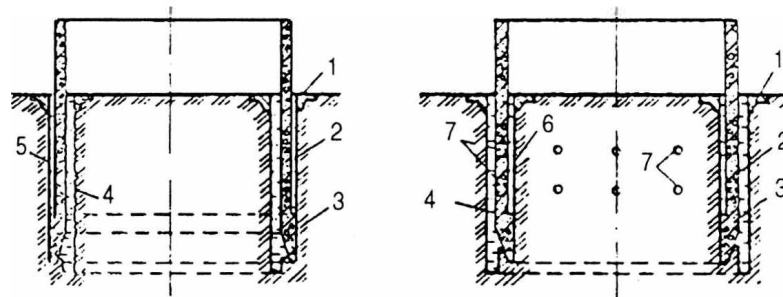
Hình 15.4: Sơ đồ hạ giếng điều chỉnh cường độ

1. kích; 2. vòng bê tông cốt thép; 3. vỏ giếng;
4. khe trong vỏ giếng; 5. cáp kéo; 6. áo sét;
7. cọc khoan nhồi; 8. mở rộng dầu neo;
9. lớp ngăn bằng sét; 10. đập định vị.

Trong quá trình hạ giếng người ta đào đất, sau đó đưa các kích vào và ngàm vào vỏ giếng. Thay đổi áp lực trong kích khác nhau người ta điều chỉnh được chiều sâu của phần lưới giếng, có nghĩa là điều khiển quá trình hạ giếng. Sau khi hạ giếng đến cao độ thiết kế các thanh căng được chôn vào thành giếng trở thành các neo ngăn cản sự tụt của công trình hạ (trôi). Cũng có khi người ta neo cả vỏ của giếng hạ bằng các kích thủy lực tựa lên miệng của tường vây hay trên các gối riêng.

Trong những năm gần đây người ta tiếp tục hoàn thiện công nghệ hạ các kết cấu nhẹ trong áo sét. Cá biệt còn đưa ra phương pháp hạ vỏ mỏng trong hai áo sét với việc xây

đọc theo vách của vỏ một hào nhỏ chứa đầy vữa sét. Hào có thể bố trí ở mặt trong cũng như mặt ngoài của vỏ giếng (hình 15.5a, b). Trong trường hợp hào bố trí ở mặt ngoài giếng thì cấu tạo phần lưới không cần có bậc ở mặt ngoài mà chuyển bậc vào mặt trong để tạo áo sét. Để liên hệ giữa áo sét trong và áo sét ngoài, trong tường vỏ phải có các rãnh ngang và do liên hệ thuỷ lực để điều chỉnh áp lực trong áo sét. Việc xây dựng công trình hạ giếng có hai áo sét làm đơn giản công tác đào đất ở trong giếng tránh được việc phải đào từng lớp và khi giếng hạ sâu vào nước có áp thì không cần phải thoát nước và hạ nước ngầm nhân tạo.



Hình 15.5: Hạ giếng trong hai áo sét

1. đập định vị; 2. vỏ giếng; 3. lưới giếng; 4. hào; 5. áo sét ngoài;
6. áo trong; 7. lỗ để cấp vữa sét

Sau khi hạ giếng đến vị trí thiết kế với phần lưới cắm sâu vào lớp đất cách nước không nhỏ hơn 1m thì người ta đổ bê tông đáy công trình, xây dựng vách ngăn và các xà ngang, dọc. Đôi khi tránh lún tự do của giếng, khi hạ giếng cách cao độ thiết kế 1 - 1,5m thì người ta ngừng hạ, sau khi xây đáy người ta hạ cho giếng ngổi lên đáy. Với mục đích này ở phần trên của vỏ người ta tạo thành dạng phễu. Phễu này sẽ tựa lên đất khi giếng đạt tới vị trí cuối cùng. Thường thì việc xây đáy trong đất khô không có gì khó khăn, còn trong đất ngầm nước đòi hỏi phải có công nghệ riêng. Khi ở trong nước thì đầu tiên người ta phải xây một đệm kê bê tông bằng phương pháp đổ bê tông trong nước hoặc phương pháp vữa dâng. Sau đó rồi mới xây đáy bê tông cốt thép trong điều kiện khô ráo.

2. Công nghệ hạ giếng chìm hơi ép

Khi hạ giếng qua các lớp đất bão hoà nước dạng cát chảy hoặc bùn cũng như khi có các lớp đất cứng có lẫn đá mồi v.v... thì việc hạ giếng sẽ gặp khó khăn đáng kể. Trong những trường hợp này sử dụng giếng chìm hơi ép là hợp lí hơn. Phần lưới trong trường hợp này có trần kín phía trên tạo thành buồng hơi ép cao 2,2 - 2,5m. Áp lực khí ép tăng dần theo chiều sâu hạ giếng và phải phù hợp với áp lực nước.

Nếu như khi hạ không dùng thiết bị súng thuỷ lực thì áp lực khí nén trong buồng cần phải đủ để ngăn các nguồn nước từ dưới phần lưới chảy vào nhưng không được lớn hơn $1,2 P_H$, ở đây P_H là áp lực thuỷ tĩnh ở mức lưới giếng và bằng $P_H = 0,1\gamma H$; H là chiều sâu mức lưới giếng.

Khi hạ giếng chìm hơi ép có dùng các thiết bị đào là súng thủy lực thì trị số cần thiết của áp lực khí nén được xác định theo công thức.

$$P = 0.1.\gamma.H - \Delta p \quad (14.1)$$

trong đó: Δp - độ chênh cho phép của áp lực nước và không khí. Trị số Δp được xác định bằng thực nghiệm.

Theo điều kiện có người trong giếng chìm hơi ép trị số áp lực cho phép tối đa của không khí nén không được vượt quá 0,35 - 0,4 MPa. Vì thế chiều sâu giới hạn hạ giếng chìm hơi ép là 35 - 40m.

Để có thể đưa người ra vào buồng trong giếng chìm hơi ép cũng như để đưa đất và đưa vật liệu xây dựng vào phải thiết lập các thiết bị kiểu âu cho người và vật liệu (có thể bố trí chung hoặc riêng cho từng loại) (hình 15.6a).

Các thiết bị âu thường đặt trên tháp ở trên giếng chìm hơi ép nối với thiết bị nâng, có phễu để chứa đất v.v... Theo quá trình hạ giếng các ống giếng được kéo dài và trong thời gian kéo dài ống phải đặt tạm các lỗ ở trần giếng. Số lượng các thiết bị âu phụ thuộc vào diện tích của giếng và quyết định với tính toán là một âu cho 100m² giếng chìm.

Không khí nén cấp vào trong buồng giếng theo ống từ trạm khí nén hoặc máy nén khí lưu động đặt trên công trường.

Việc hạ giếng chìm hơi ép tiến hành như sau: đầu tiên hạ giếng đến mực nước ngầm như hạ giếng thông thường, sau đó cấp khí nén vào buồng giếng và nâng áp lực lên từ từ. Các công việc ở trong gương giếng giống như hạ giếng thường. Sau khi hạ giếng đến cao độ thiết kế thì lắp buồng giếng bằng đá hộc, vữa xi măng hoặc bê tông tạo thành móng chắc chắn cho công trình ngầm.

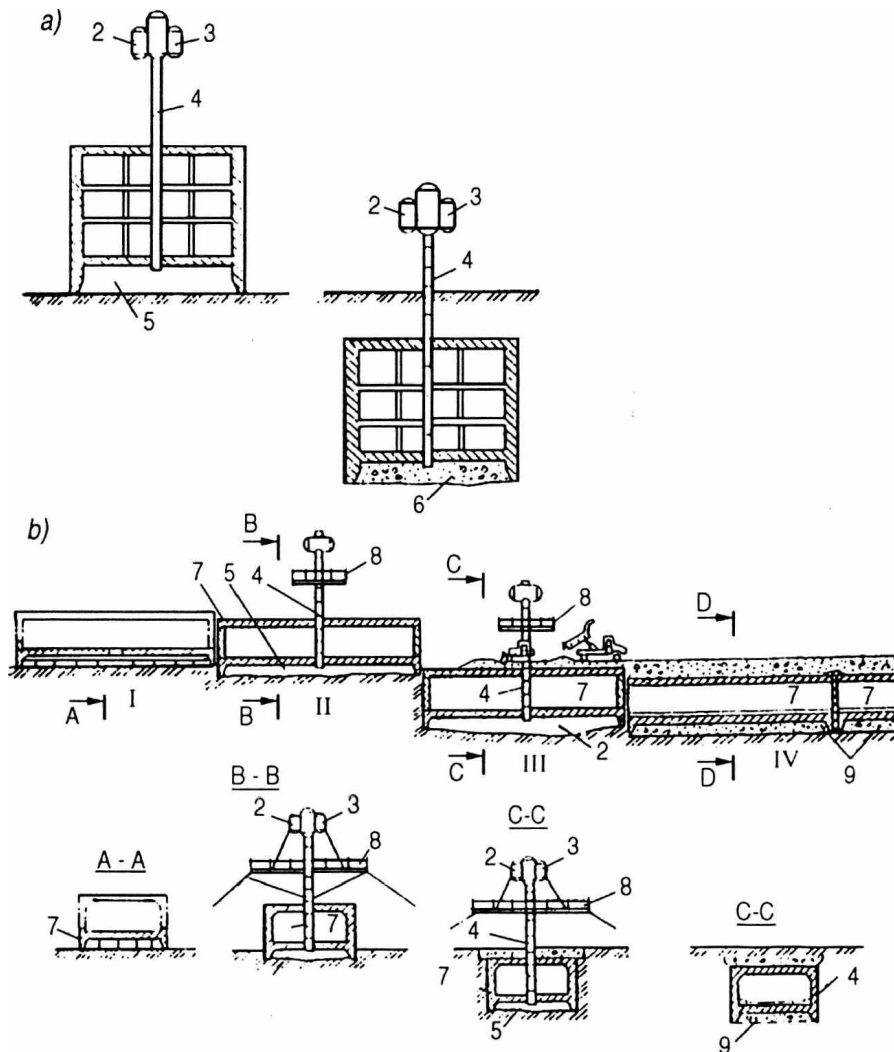
Khi xây dựng những đoạn hầm ô tô trong thành phố có đất yếu bão hòa nước người ta áp dụng phương pháp hạ từng đoạn hầm như giếng chìm hơi ép. Việc hạ đoạn có sử dụng khí nén phải dùng các thiết bị như đã nêu trên: thiết bị âu, các ống giếng, cần cẩu và máy đào gầu ngoạ (hình 15.6b).

Các đốt hầm kiểu giếng chìm hạ đến cao độ thiết kế được nối lại với nhau. Người ta sử dụng các phương pháp nối khác nhau: Dưới áp lực không khí nén, có sự bảo vệ của vòng vây cọc ván, có hạ nước ngầm nhân tạo, có sử dụng giếng chìm hơi ép nâng hạ được v.v...

Các đoạn hầm kiểu giếng chìm hơi ép cũng được áp dụng khi thi công các hầm dưới nước. Trong trường hợp này các đốt hầm có thể được hạ từ đảo nhân tạo, từ cầu dẫn hoặc bằng phương pháp chở nổi.

Phương pháp hạ giếng chìm hơi ép thường sử dụng trong trường hợp điều kiện địa chất công trình phức tạp, khi các phương pháp khác không hiệu quả hoặc không thể áp dụng được. Tuy nhiên, việc áp dụng giếng chìm hơi ép cũng liên quan đến những điều kiện lao động nặng nhọc và độc hại dưới tác dụng của không khí nén. Ngoài ra cũng phát sinh những khó khăn trong việc giải quyết mối nối giữa các đốt. Giá thành xây

dụng công trình cao do tổ chức thi công giếng chìm hơi ép đòi hỏi nhiều chi phí phụ khác. Chiều sâu tối đa hạ giếng như đã nêu ở trên là 35-40m. Tuy nhiên, có thể tăng thêm chiều sâu hạ giếng bằng cách hạ mực nước ngầm nhân tạo.



Hình 15.6: Sơ đồ hạ giếng chìm hơi ép

1. giếng; 2. âu chất tải; 3. âu cho người; 4. ống giếng; 5. buồng hơi ép;
 6. lắp dây bằng bê tông; 7. một đốt vỏ hầm kiểu giếng chìm; 8. sàn công tác; 9. lắp dây bê tông;
 I. đúc đốt vỏ hầm; II. lắp đặt ống giếng và âu; III. hạ đốt vỏ hầm; IV. nối đoạn vỏ hầm

Người ta cũng có thể tiến hành hạ giếng chìm hơi ép không người bằng cách áp dụng các thiết bị tự động hoá như súng phun thuỷ lực. Điều này cho phép tăng chiều sâu hạ giếng. Hiệu quả của phương pháp giếng chìm hơi ép có thể nâng cao nếu sử dụng áo sét.

§2. PHƯƠNG PHÁP HẠ ĐOẠN HẦM

1. Chế tạo các đoạn hầm

Khi xây dựng hầm dưới nước bằng phương pháp hạ đoạn, từng đốt hầm riêng rẽ có thể tích chiếm chỗ đến 50.000m^3 được chế tạo trên phía đường dẫn, chuyển lên phao,

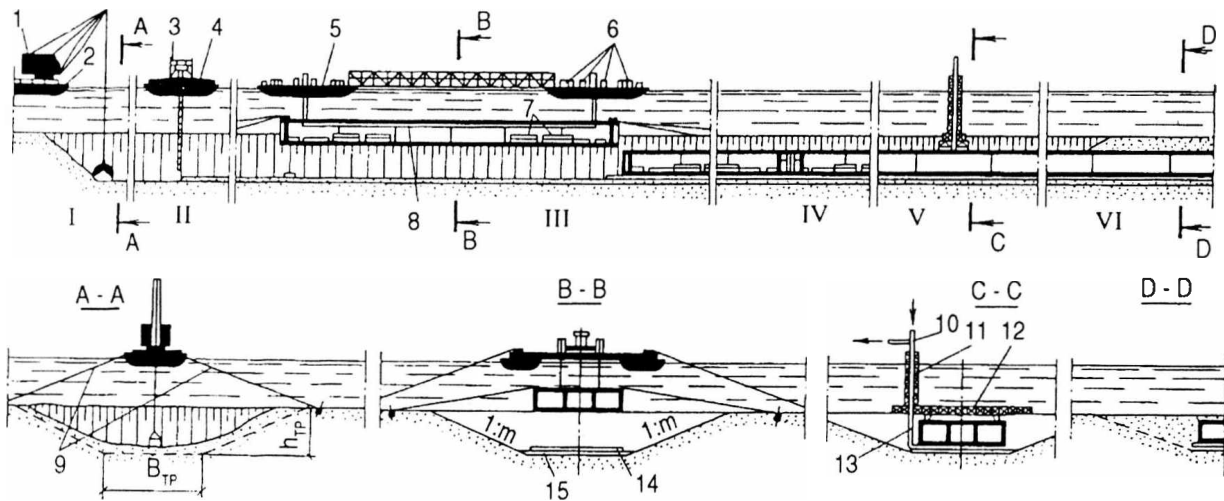
đưa đến hiện trường rồi hạ vào hố đào sẵn ở dưới đáy của vùng chứa nước (hồ, sông, biển). Các đốt hầm được nối với nhau tạo nên liên kết không cho nước thấm qua, sau đó lấp đất hoặc đá. Sau khi tháo các vách ngăn tạm ở đầu đốt hầm sẽ tạo nên đường giao thông ở trong hầm.

Phương pháp hạ đoạn được áp dụng trong các điều kiện thành phố, điều kiện địa chất công trình và điều kiện địa chất thủy văn khác nhau, trong các vùng chứa nước sâu từ 6 đến 40m, khi tồn tại các loại đất nền có khả năng đảm bảo sự ổn định của mái dốc và đáy của hào trong nước. Trong một số trường hợp phương pháp này được dùng để thi công cả phần trên bờ của hầm dưới nước bằng cách hạ những đoạn hầm đúc sẵn vào trong hố móng chứa đầy nước có gia cố bằng tường cừ.

Phương pháp hạ đoạn đôi khi có ưu điểm hơn phương pháp đào bằng khiên và có thể dùng để đặt hầm trong môi trường đất không ổn định, bão hoà nước. Tuy nhiên, khác với phương pháp khiên đào là không đòi hỏi phải dùng khí nén; loại trừ những điều kiện lao động nặng nhọc và độc hại trong điều kiện ngầm. Trong một số trường hợp sử dụng phương pháp này đẩy nhanh được tiến độ và hạ giá thành.

Việc xây dựng các hầm dưới nước hoặc các công trình giao thông khác dưới nước từ các đoạn có kích thước lớn được tiến hành theo một công nghệ đặc biệt. Tính đặc biệt của công nghệ này được xác định từ những điều kiện cụ thể của địa điểm xây dựng.

Các công việc chính được tiến hành theo dây chuyền: theo quá trình chế tạo các đốt hầm, chúng được chở đến hiện trường và hạ vào hào ở dưới nước (hình 15.7).



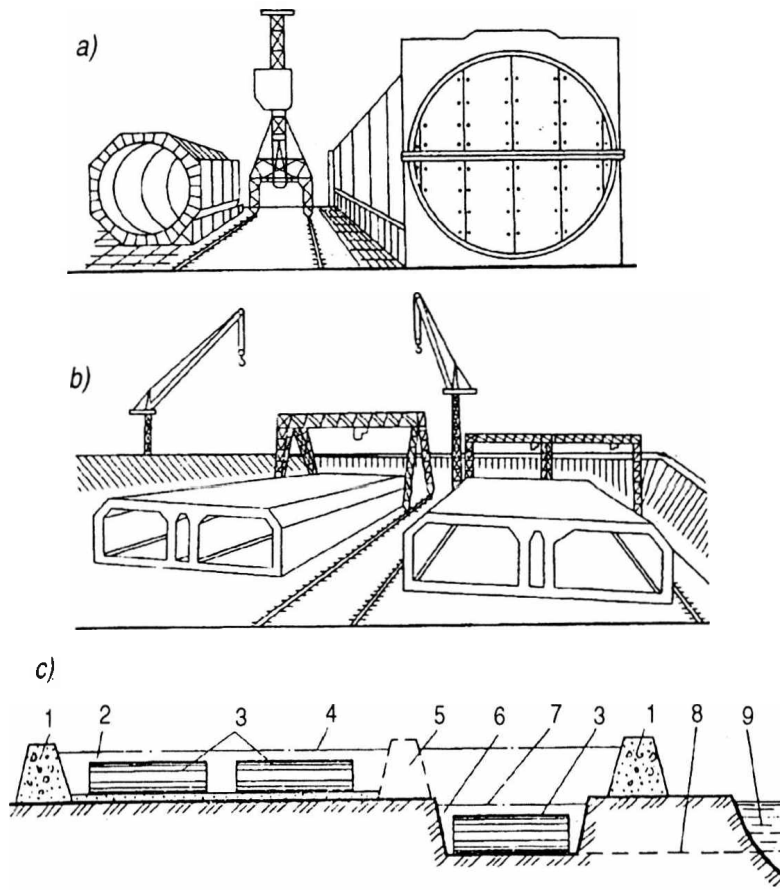
Hình 15.7: Sơ đồ xây dựng hầm dưới nước

- I. đào hào; II. làm nền; III. hạ đoạn hầm; IV. nối đoạn hầm; V. xây nền hầm; VI. lấp kết cấu;
 1. gầu ngoạm; 2, 5. phà; 3; phễu đá dăm; 4. đầu kéo; 6. tời;
 7. thùng chất tải; 8. đoạn hầm; 9. cáp căng; 10. ống cáp; 11. tháp di động;
 12. khung cổng; 13. ống thoát; 14. xà đỡ; 15. nền đá dăm

Các đốt hầm dạng tròn hay dạng ống nhòm có vỏ thép được chế tạo trên triển đà ở trong vùng xây dựng hầm (hình 15.8a). Các xương (khung) chế sẵn trên triển đà được

chuyển theo hướng ngang, đôi khi theo hướng dọc xuống dốc (ụ nổi). Trên dốc người ta đổ bê tông lớp ngoài và kết cấu bên trong. Trong một số trường hợp khung được đổ bê tông trực tiếp ở trong nước trước khi hạ dốc. Lúc đó bê tông đóng vai trò phụ tải để hạ đoạn xuống đáy hào.

Các đốt hầm bê tông cốt thép có tiết diện chữ nhật thường được chế tạo trên các ụ khô kích thước khá lớn (hình 15.8b). Các ụ khô là một diện lộ thiên hay hố móng ở trên bờ của vùng chứa nước, có tường chắn và đê quây xung quanh. Chiều cao của đê chắn cần phải đủ để khi cho ngập nước thì các đốt hầm có thể nổi được với độ chìm sâu tối đa. Đáy của ụ khô lát bê tông hoặc đá dăm đầm chặt, có đường cho cẩu và có các trang thiết bị cần thiết khác.



Hình 15.8: Sơ đồ chế tạo đoạn hầm trên bãi (a) và trên ụ: ụ cạn (b); ụ phao (c)

1. đập chắn; 2. ụ; 3. đoạn hầm; 4. mực nước khi ngập ụ; 5. đê quây; 6. âu; 7. mực nước vào âu khi chở đoạn hầm; 8. đáy kênh để vận chuyển đoạn hầm; 9. lòng vùng chứa nước.

Thông thường trên một ụ có thể chế tạo đồng thời một số đốt hầm. Kết cấu của các đốt được chế tạo có sử dụng một tổ hợp các thiết bị như cầu tháp, cầu cổng đủ lớn, ván khuôn thép di động và bơm bê tông công suất lớn.

Sau khi chế tạo tất cả các đốt, ụ được cho ngập nước từ từ. Vì sức đẩy nổi lớn hơn trọng lượng bản thân đốt vỏ nên chúng sẽ ở dạng nổi. Từ trong ụ ngập nước chúng được chuyển vào vùng chứa nước qua cửa rồi vào kênh dẫn ra vùng chứa nước.

Đôi khi để chế tạo các đốt người ta dùng ụ kiểu âu tàu. Ví dụ như khi xây dựng hầm Kanonher ở Leningrát tất cả 5 đốt được chế tạo đồng thời ở trên ụ dạng âu tàu có đê chắn mọi phía (hình 15.8c). Sau khi chế tạo các đốt ụ được cho đầy nước và các đốt được chuyển vào âu. Bơm nước ra khỏi âu các đốt vỏ hầm từ từ hạ thấp đến mực nước trong kênh sau đó chuyển dần vào kênh.

Các đốt được chuyển đến hiện trường bằng cách chở nổi. Thường thì mức nổi của chúng lấy chừng 2 - 3% sức đẩy nổi chung. Do đó các đốt thường có độ ngập nước khá lớn và chiều cao nổi chỉ từ 10 - 80cm. Nếu các đốt sau khi chế tạo có sức nổi âm thì khi chuyển chở phải có phà ghép. Khi vận chuyển các đốt hầm ở dạng chở nổi các đốt phải có cấp thép định vị.

2. Đào hào và xây dựng nền dưới nước

Đồng thời với việc chế tạo các đốt người ta tiến hành đào hào dưới nước theo tuyến hầm. Trước khi bắt đầu đào hào cần phải tiến hành một loạt công việc để làm sạch đáy vùng chứa nước, phá bỏ các chướng ngại ở dưới nước, cắt cọc, tháo bỏ các trụ của cầu cũ v.v... Các công việc này được tiến hành trên hệ nổi và có thợ lặn, trong nhiều trường hợp phải nổ mìn.

Kích thước của hào dưới nước được xác định bởi khổ hầm có xét đến chiều dày của lớp lót, lớp đất đá lấp trở lại và lượng dự trữ để tạo khả năng đưa đốt vỏ hầm vào vị trí thiết kế. Bề rộng của hào ở mức đáy lấy rộng hơn bề rộng hầm 2 - 3m, còn chiều sâu đào đất dưới nước đôi khi đạt 30-40m kể từ mặt nước. Nền của hào đào cần phải đặt thấp hơn đáy hầm 0,5-0,6m có xét đến việc đảm bảo lớp đất lấp trên nóc hầm không nhỏ hơn 1,5m.

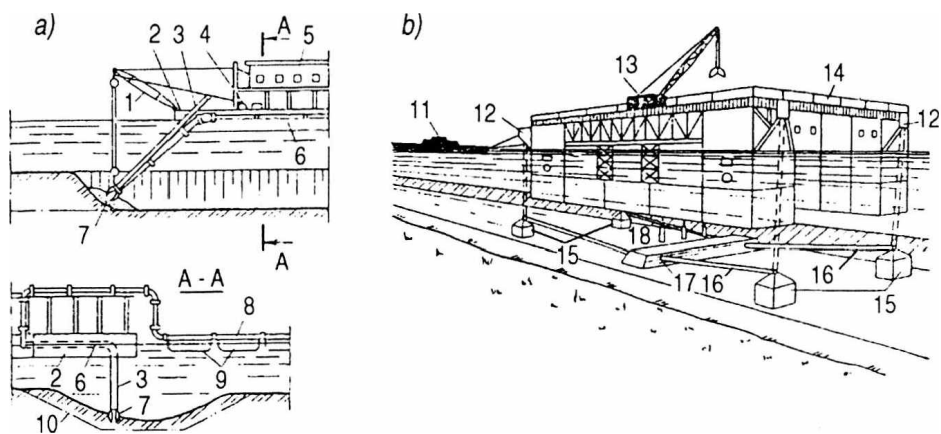
Mái dốc của hào lấy với độ dốc tối ưu theo quan điểm ổn định và những điều kiện khối lượng đất đắp và đào là tối thiểu. Thường thì độ dốc 1:m phụ thuộc vào tính chất của đất, chế độ của dòng chảy và lấy từ 1: 2,0 đến 1: 3,5 và lớn hơn.

Phụ thuộc vào chiều sâu đào và tính chất cơ lý của đất, khi đào hào người ta sử dụng các tổ hợp đào có tính năng tổng hợp dạng cơ khí hoặc cơ giới thủy lực có năng suất cao.

Khi chiều sâu hào nhỏ hơn hoặc bằng 10 - 12m người ta sử dụng chủ yếu thiết bị đào dạng tháp có nhiều gầu. Khi chiều sâu lớn hơn người ta dùng bơm và các thiết bị xói thủy lực (hình 15.9a) hoặc máy đào gầu ngoạm dạng có lưỡi. Trong một số trường hợp đặc biệt người ta dùng các thiết bị cơ giới nhỏ như monitor thủy lực, máy xúc thủy lực, bơm đất khí nén v.v... Việc đào hào dưới nước trong đất cứng và nửa cứng được tiến hành bằng phương pháp khoan nổ mìn.

Việc đào các hố móng (hào) có kích thước lớn ở dưới đáy dòng nước gây ra sự phân bố lại tốc độ dòng chảy tạo nên vùng phễu xói v.v...

Do hào dưới nước phải có một thời gian để hờ (từ một số ngày đến một số tháng) cho đến khi hạ đoạn hầm vào nó nên có thể hào sẽ bị biến dạng các bộ phận như mái dốc, đáy do tác động của dòng chảy...



Hình 15.9: Sơ đồ đào hào trong nước (a) và làm phẳng nền (b)

1. cần; 2. thân tàu quốc; 3. thiết bị hút đất; 4. tời; 5. buồng máy; 6. ống hút;
 7. bộ phận làm tơi đất; 8. thùng chứa bùn có áp; 9. xà lan; 10. biên hào;
 11. đầu kéo; 12. tai neo có tời; 13. gầu ngoạm kiểu cần; 14. sàn công tác;
 15. khối kê; 16. cáp; 17. bộ phận làm phẳng; 18. đường ống.

Những biến dạng của hào dưới nước là tối đa khi hào nằm trong môi trường đất rời và dòng chảy có tốc độ lớn hơn 1,5 - 2,0m/s. Vì thế khi gặp trường hợp này hào nên đào từng đoạn theo chiều dài một đợt vỏ hãm và tiến hành ngay trước khi hạ đoạn vỏ hãm vào hào.

Trong quá trình hạ đoạn vỏ hãm, do dòng chảy bị thu hẹp sẽ xảy ra biến dạng lại đoạn hào do cấu trúc động học dòng chảy. Vì thế trong quá trình thi công phải có theo dõi, thu thập số liệu để dự báo cho các hầm trong điều kiện tương tự, để chọn hình dạng hợp lý của hào và đoạn vỏ hãm. Để giải quyết vấn đề này người ta thường tiến hành nghiên cứu trên mô hình và quan sát thực tế.

Nếu như khả năng chịu lực của đất trong nền hào đủ để tiếp nhận tải trọng của đợt vỏ hãm có xét đến áp lực nước và đất đắp thì sử dụng nền tự nhiên. Khi đó đáy hào được lót bằng bê tông, cát hoặc đá dăm để đảm bảo độ bằng phẳng của đáy hào, đảo bảo sự phân bố đều tải trọng của đợt vỏ hãm lên nền và ngăn ngừa độ lún có thể của hầm. Khi có nền là đất đá cứng thì lót nền bằng bê tông mác 150-200 đổ bằng phương pháp đổ bê tông trong nước. Lót bằng cát, sỏi, đá dăm thường dùng khi nền là đất mềm hoặc nền sét.

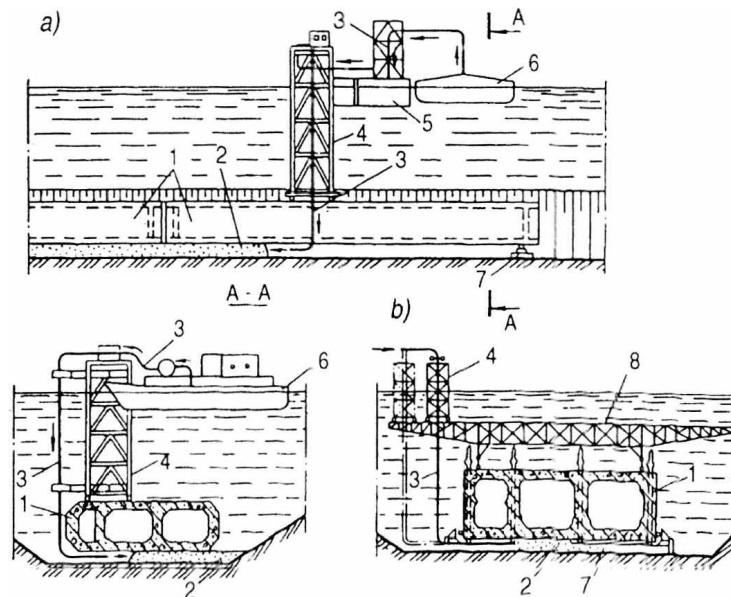
Chiều dày của lớp lót thường 0,5-0,6m. Cát, sỏi, đá dăm được đắp bằng ống và phễu đặt trên phao. Việc làm phẳng các vật liệu đắp này bằng một hệ dầm thép treo lên phà bằng cáp và dịch chuyển bằng tời để làm cũ. Người ta cũng dùng các thiết bị san phẳng và các bộ cữ khác nhau để làm phẳng (hình 15.9b).

Việc kiểm tra chất lượng lớp lót nền nhờ thợ lặn hoặc thiết bị siêu âm cũng như các dụng cụ dùng lade.

Trong nhiều trường hợp xây dựng hầm dưới nước cấu tạo từ các đoạn hầm tiết diện chữ nhật có dùng lớp đệm cát dày 1m. Hỗn hợp cát được ép xuống đáy đoạn

hầm đã đặt vào và nối với nhau trên các trụ. Sau khi ép cát tải trọng do trọng lượng của đoạn hầm, ban đầu do các dầm kê của trụ chịu sẽ truyền lên nền. Thiết bị để ép cát bằng ba ống dẫn gắn trên tháp hoặc cần có hai côngxon dịch chuyển trên ray đặt trên đỉnh của đoạn hầm (hình 15.10). Theo một ống ép hỗn hợp cát bằng khí nén, còn theo hai ống còn lại là hút nước để tạo khả năng ngăn hỗn hợp cát khỏi tan rã ra và tạo độ chặt cần thiết cho nền.

Người ta cũng dùng công nghệ bồi cát qua lỗ ở trong đáy của đoạn vỏ hầm. Theo mức độ ép cát các lỗ này sẽ đậy lại bằng các van, sau khi ép sẽ được bịt kín.



Hình 15.10: Sơ đồ bồi cát dưới đáy đoạn hầm đã lắp có sử dụng khung di động (a) và sử dụng cầu vận chuyển (b)

1. đoạn hầm; 2. đệm cát; 3. ống dẫn; 4. khung; 5. xà lan;
6. xà lan chở cát; 7. trụ kích; 8. cầu vận chuyển

3. Hạ đoạn, giải quyết mối nối giữa các đoạn hầm và đắp đất

Các đoạn hầm khi đưa đến hiện trường được treo vào tời hoặc cần cẩu đặt trên phao rồi chất tải vào đoạn hầm bằng nước, đá hoặc vật liệu lót khác để đạt sức nổi âm rồi hạ vào hào dưới nước (hình 15.11a).

Trước khi hạ người ta đặt những giếng riêng để người có thể lên xuống được và cung cấp các thiết bị để có thể quan sát được vị trí của đoạn hầm. Chiều cao của giếng và những thiết bị quan sát phải sao cho sau khi hạ đoạn hầm vào đáy hào thì chúng vẫn nhô lên trên mặt nước.

Khi hạ các đoạn hầm có tiết diện tròn hoặc dạng ống nhòm thì người ta dùng lớp gia tải là hỗn hợp bê tông đổ vào sau vỏ thép.

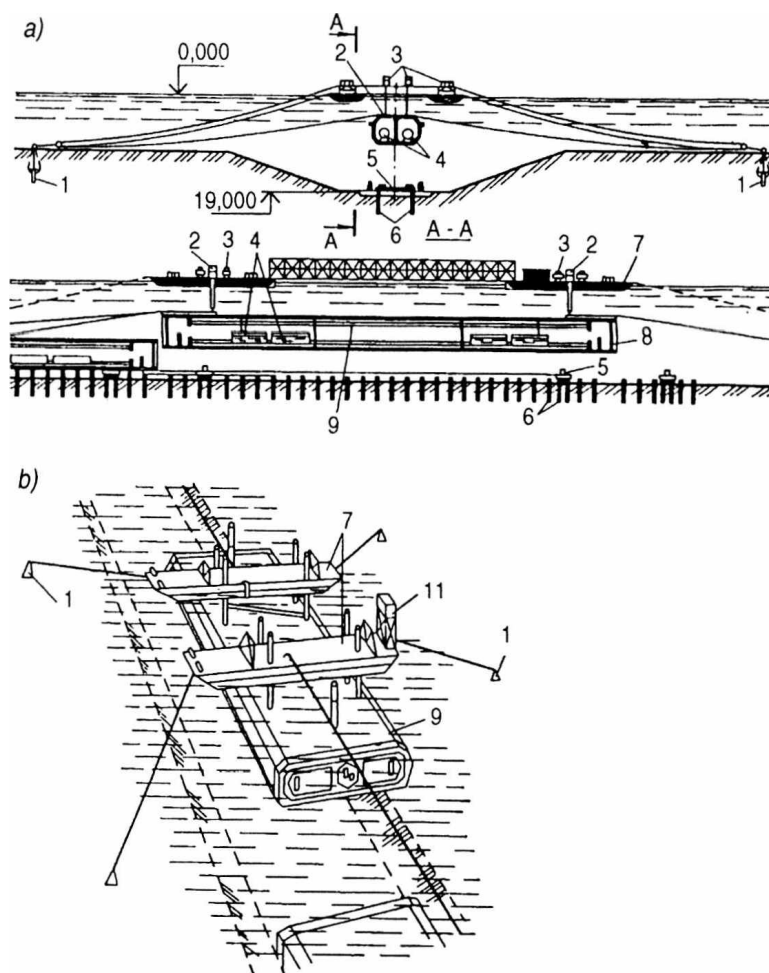
Các đoạn hầm tiết diện chữ nhật bằng bê tông cốt thép thì người ta hạ bằng cách cho nước vào các bể dung tích 200 - 400m³ bố trí ở trong hầm, những bể này có ống nối với

nhau. Lượng nước này cũng có thể bố trí ở ngoài đoạn hầm bằng các thùng chứa hoặc ở trên trần hầm.

Trong một loạt trường hợp người ta thiết lập hệ tải trọng phụ thêm sao cho dễ dàng điều chỉnh mà không cần sự có mặt của con người.

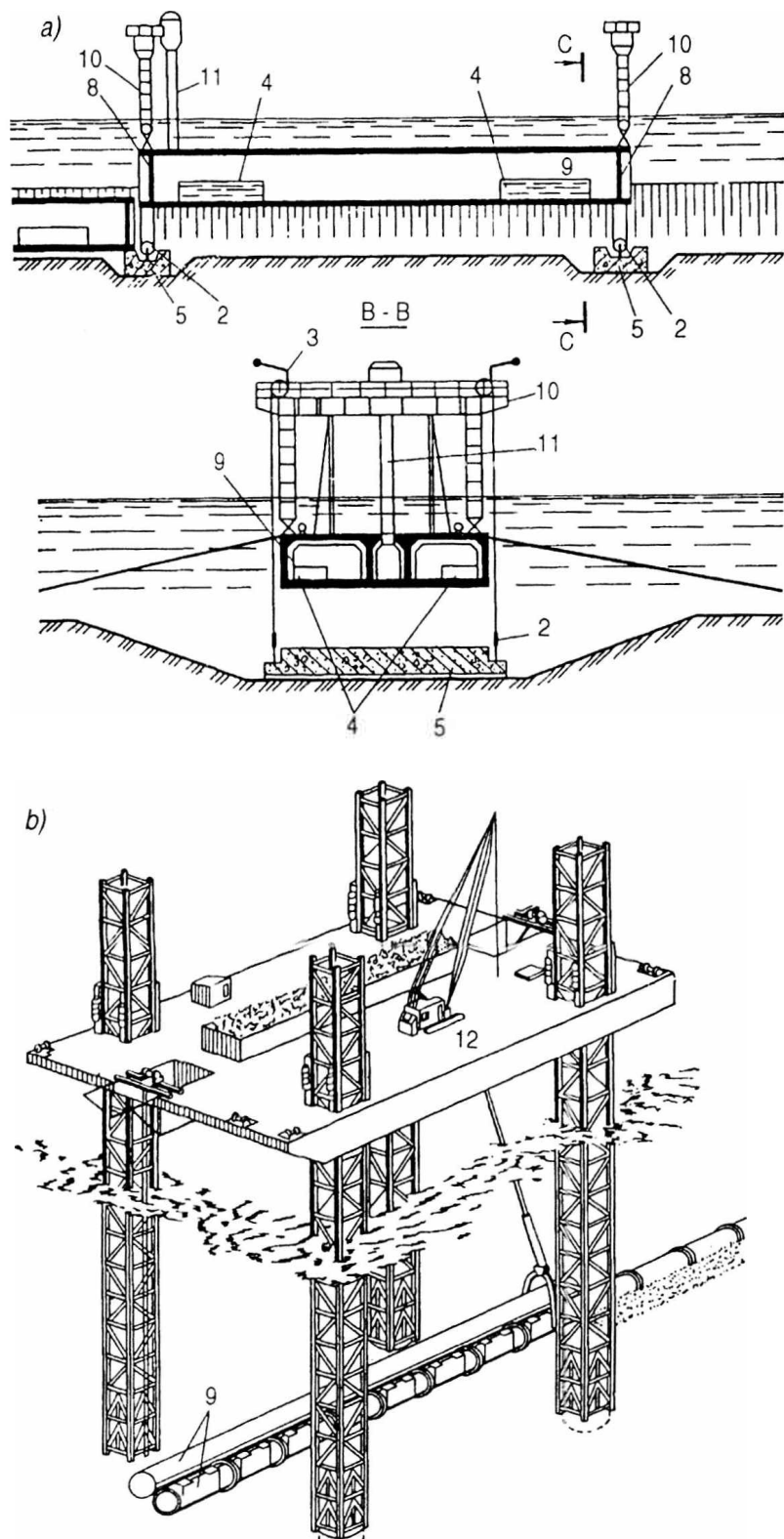
Công nghệ hạ đoạn hầm phụ thuộc vào chiều sâu và tốc độ của dòng chảy cũng như chủng loại của các thiết bị chở nổi và nâng hạ. Ngoài thiết bị như tời, cầu đặt trên phà, người ta còn sử dụng một loạt các thiết bị khác như dàn nâng cùng với kích thủy lực, các sàn nổi v.v.

Khi xây dựng một loạt hầm, người ta tạo một hệ phao (phà) ghép từ hai khối riêng rẽ, nối với nhau bằng hệ dầm của cần cầu dạng cầu (hình 15.11b). Trong trường hợp này người ta giữ đọt hầm hạ giữa các khối phao bằng các cáp neo, neo vào các đầu giữ đặc biệt và hạ dần vào hào theo mức độ tăng của tải trọng phụ.



Hình 15.11: Sơ đồ hạ đoạn hầm vào hào dưới nước bằng xà lan (a-c) và bằng sàn nổi (d)

1. neo; 2. múp dòng dọc; 3. tời; 4. thùng chất tải; 5. trụ đỡ; 6. cọc; 7. xà lan; 8. vách dầm; 9. đoạn hầm; 10. khung công; 11. giếng; 12. sàn nổi



Hình 14.11 (tiếp theo) : Sơ đồ hạ đoạn hầm vào hào dưới nước bằng xà lan (a-c) và bằng sàn nổi (d)

1. neo; 2. múp dòng dọc; 3. tời; 4. thùng chất tải; 5. trụ đỡ; 6. cọc; 7. xà lan; 8. vách dầu; 9. đoạn hầm; 10. khung công; 11. giếng; 12. sàn nổi

Trong một số trường hợp người ta hạ các đốt sau khi căng chúng bằng các cáp vào các khối bê tông đặt trước ở đáy vùng chứa nước ở các vị trí thiết kế (hình 15.11c).

Khi chiều sâu hạ đốt lớn hơn 15 - 20m thì việc dùng sà nổi có hiệu quả. Nó có thể dịch chuyển ở trong nước và được đặt vào vị trí nhờ các trụ đỡ co rút được (hình 15.11d). Sau khi đặt các đốt hầm vào vị trí thiết kế sà được hạ vào nước và dịch chuyển sang vị trí mới. Việc sử dụng sà công tác là phà nổi có những ưu điểm nhất định bởi vì nó cho phép hạ đoạn hầm với chiều sâu, lực gió và dòng chảy lớn trong thời gian nước lên, nước xuống và có sóng. Tuy nhiên việc sử dụng sà nổi nâng hạ được và đắt tiền là kinh tế chỉ khi chiều dài đoạn hầm thi công bằng phương pháp hạ đoạn là lớn.

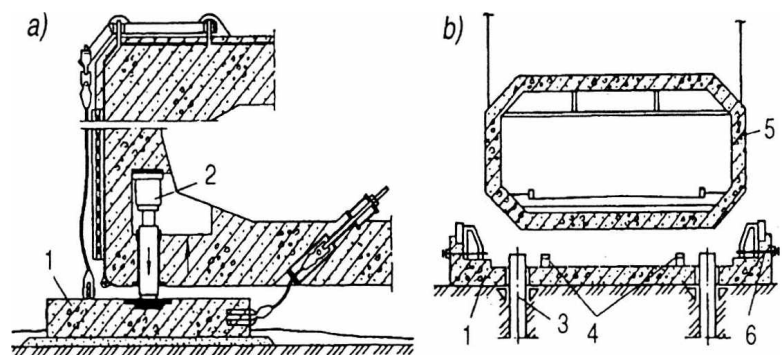
Để chống lật cho các đoạn hầm cũng như ngăn ngừa sự chuyển dịch của nó do ảnh hưởng của dòng chảy, ở trên trần người ta đặt các dây cáp neo gắn vào tời đặt trên phà.

Thời gian hạ các đoạn hầm, phụ thuộc vào điều kiện cụ thể, dao động trong khoảng rộng: từ một số giờ đến một số ngày. Trong quá trình hạ các đoạn hầm, người ta tiến hành quan sát bằng các thiết bị về vị trí của các đoạn dựa vào các mốc chuẩn đặt ở đầu các đoạn hầm luôn luôn nhô lên khỏi mặt nước. Trên công trường xây dựng những hầm dưới nước trước đây người ta kiểm tra việc hạ các đoạn hầm nhờ thợ lặn. Ngày nay người ta cố gắng loại trừ việc dùng lao động của thợ lặn trong việc này bằng cách sử dụng các thiết bị vô tuyến, lade v.v.. và loại trừ cả việc gắn mốc. Trong thời gian hạ người ta còn ghi các ứng lực trong các cáp căng bằng các датчик dây, áp kế điện và các dụng cụ đo khác có độ nhạy cao. Việc theo dõi chung được phản ánh thường xuyên về trạm trung tâm bằng radiô và điện thoại.

Các đốt hầm hạ xuống đáy hào nằm trực tiếp lên nền hoặc qua tấm lát, nền đá học hoặc khối bê tông cốt thép v.v... Việc hiệu chỉnh vị trí của các đoạn hầm theo phương ngang hoặc đứng tiến hành bằng các kích thủy lực lắp ở đáy đoạn hầm điều khiển được từ bên trong hầm (hình 15.1a). Điều đó cho phép đạt độ chính xác đến $\pm 2 - 5\text{cm}$.

Khi đặt các đoạn hầm trên nền cọc nhân tạo, người ta hiệu chỉnh vị trí của nó bằng các kích răng, bộ phận hầm và các thiết bị khác đặt trên các dầm giằng (hình 15.12b). Các đoạn hầm đặt trên các gối tạm và được giữ nguyên như vậy một thời gian (12-24h) để cho nền ổn định độ lún ban đầu.

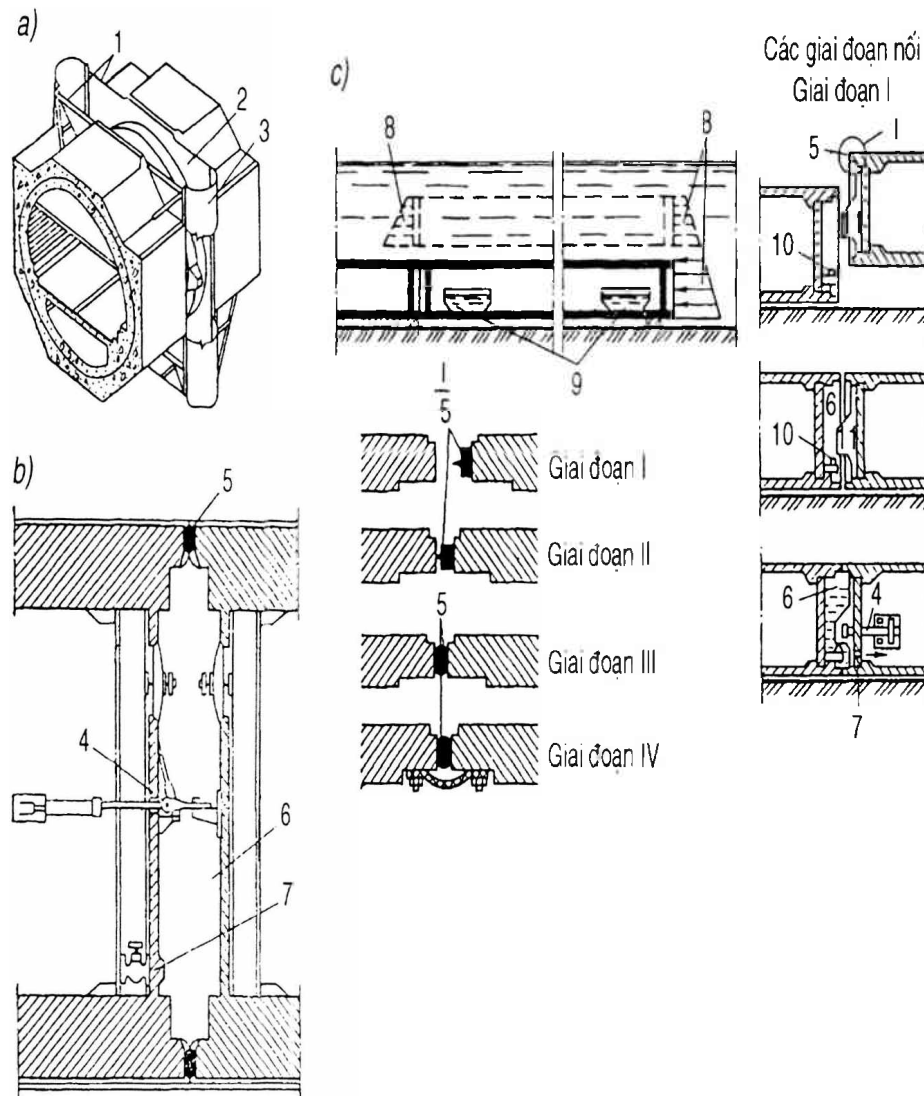
Một trong những công đoạn phức tạp nhất trong việc



Hình 15.12: Sơ đồ tựa đoạn hầm lên nền tự nhiên (a) và nền nhân tạo (b)

1. tấm móng; 2. kích thủy lực; 3. cọc; 4. kích răng;
5. đoạn hầm; 6. gối định vị

hạ đoạn hầm là giải quyết nối dưới nước các kết cấu dạng khối lớn lại với nhau. Các đoạn hầm nối với nhau bằng bulông thép, thanh căng có bố trí "gờ nổi" bê tông thi công nhờ có hàng rào chắn bằng cọc cừ hoặc giếng chìm hơi ép v.v... Các đoạn hầm tròn hoặc dạng ống nhôm bằng bê tông cốt thép thì nối với nhau như sau: Mỗi lần hạ một đốt hầm xuống đáy hào cách đốt hạ trước 1,5-2m, sao cho phần nhô dạng nửa hình trụ, của các đốt vỏ hầm trùng nhau theo chiều cao. Sau đó chúng được kéo căng vào với nhau bằng kích để nén các gioăng su chèn mỗi nối đặt theo chu vi đoạn hầm. Sau đó trên các mặt bích thép ở đầu ống có các vách khoá chắn đặt các đai giữ (hình 15.13a). Cuối cùng bằng phương pháp đổ bê tông dưới nước đổ lấp các "gờ nổi" bằng bê tông. Phương pháp nối này tương đối khó khăn và phải sử dụng lao động thợ lặn.



Hình 15.13: Các sơ đồ nối các đoạn hầm tiết diện tròn (a), chữ nhật (b)

1. mặt bích thép; 2. phần trống để lắp đáy bằng bê tông; 3. đai nối bằng đai;
 4. thiết bị căng; 5. đệm cao su; 6. bu lông nối; 7. van xả; 8. biểu đồ áp lực nước;
 9. thùng chất tải; 10. đế thép; 11. trụ đỡ.

Việc nối các đoạn hầm tiết diện chữ nhật được thực hiện làm hai giai đoạn. Đầu tiên dùng kích căng kéo các đốt hầm cạnh nhau để làm chặt các gioăng cao su. Sau đó bơm cạn nước trong không gian giữa các đốt. Do đó tại đầu các đốt bắt đầu có tác dụng của áp lực đẩy nổi không cân bằng. Trị số của áp lực phụ thuộc vào chiều sâu hạ, diện tích tiết diện của đốt hầm và có thể đạt 50-100kN. Dưới tác dụng của áp lực nước các gioăng được ép chặt thêm. Sau đó mỗi nối được đổ bê tông chèn chặt từ phía trong của đoạn hầm. Để căng kéo các đốt hầm kề nhau người ta dùng một thiết bị chuyên dụng ở dạng đòn khoá điều khiển bằng các kích thuỷ lực đặt ở trong đoạn hầm với các móc gắn liền các đốt hầm cạnh nhau (hình 15.13b).

Trong những năm gần đây ở một số hầm đang xây dựng, để nối các đoạn hầm ở phần mặt bích đầu đoạn, người ta đặt các gối côngxon đảm bảo vị trí đặt đốt tiếp theo đúng dẫn và neo căng chúng lại với nhau (hình 15.13c). Kỹ thuật nối kiểu này đã áp dụng khi xây dựng hầm Canonher ở Leningrát. Mỗi đốt hầm dài 75m rộng 13,3-13,75m, cao 8,05m với các gối nhô ở đầu và căng bằng kích cùng với sức nén của áp lực nước với ứng lực chung 20 MN khi áp lực nước bên ngoài là 0,15 - 0,25 MPa. Để đảm bảo độ chính xác yêu cầu của mỗi nối các đoạn hầm, người ta đã tạo ra những thiết bị riêng để kiểm tra vị trí đầu của đoạn hầm trong các giai đoạn trên mặt bằng, mặt cắt dọc cũng như trục hầm với độ chính xác $\pm 10\text{mm}$.

Để giữ nguyên vị trí thiết kế của các đoạn hầm cũng như để bảo vệ kết cấu khỏi tàu bè, các vật trôi trên sông nước phá hoại người ta lấp đất trên hầm. Theo số liệu thực tế chiều sâu đất đắp trung bình trên nóc hầm là 1,5 - 3,0m. Vật liệu và chiều sâu đắp được xác định phụ thuộc vào chế độ thuỷ lực của dòng chảy có xét đến khả năng xói đáy dòng chảy trong thời gian khai thác hầm. Để đắp hầm người ta thường dùng cát hạt thô và các vật liệu có kích thước lớn. Trong trường hợp, nếu như bị xói mòn thì trên nóc hầm người ta xếp đá hộc sao cho dòng chảy không xói được. Khi xây dựng phần đắp trên hầm cũng nên xét khả năng tăng độ trôi của các đốt hầm trong thời gian khai thác. Điều này được giải thích là môi trường đất bão hoà nước bao quanh hầm là chất lỏng nặng có trọng lượng riêng lớn hơn 1 (theo số liệu thực tế trọng lượng riêng của đất "đẩy nổi" với các hạt là cát, bùn là 12,8 - 13,6 (kN/m³). Điều đó làm tăng lực đẩy nổi tác dụng lên đoạn hầm. Nếu như đất lấp trên hầm là cát thì không thể ngăn được hiện tượng trôi cho các đoạn hầm nên người ta tiến hành lấp hầm bằng các vật liệu có trọng lượng riêng lớn như quặng sắt, đá dăm granít v.v... khi đó hệ số an toàn chống trôi của hầm lấy chừng 1,15 - 1,25.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đorman IA.A. *Các phương pháp đặt biệt khi thi công Metroliten*. Matxcova, 1982.
2. Ivaxniuk X.A. *Thiết kế và xây dựng công trình ngầm và công trình đào sâu*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2004.
3. Khrapov V.G. *Hầm và Metroliten*. Matxcova, 1989.
4. Kompanhex X.A. *Thiết kế hầm*. Matxcova, 1973.
5. Makovxki L.V. *Công trình giao thông đô thị ngầm*. Matxcova, 1985.
6. Moxtkov V.M. *Công trình thủy lợi ngầm*, Matxcova, 1986.
7. Naxonov I.D., Phediukin V.A. *Công nghệ xây dựng công trình ngầm*. Matxcova, 1983.
8. Orgenergostroi. *Những vấn đề cơ bản về xây dựng hầm thủy lợi bằng phương pháp nổ mìn*. Matxcova, 1977.
9. Viện thiết kế thủy công Matxcova. *Hướng dẫn thiết kế hầm thủy lợi*. Matxcova, 1982.
10. Volkov V.P. Naymov X.N... *Hầm và Metroliten*. Matxcova, 1975.
11. Volkov V.P. *Hầm*, Matxcova, 1970.
12. Zubkov V.M. *Công trình ngầm thi công bằng phương pháp tường trong đất*. Matxcova, 1977.
13. Nguyễn Văn Đức, Võ Trọng Hùng. *Công nghệ xây dựng công trình ngầm*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, 1997.
14. Nguyễn Thế Phùng, Nguyễn Ngọc Tuấn. *Thi công hầm*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 1977.
15. Nguyễn Thế Phùng. *Công nghệ thi công công trình ngầm bằng phương pháp tường trong đất*. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, 1998.
16. Nguyễn Thế Phùng. *Thi công công trình ngầm bằng các phương pháp đặc biệt*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2009.

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Đào các bộ phận của hang ngầm	
§1. Khái niệm chung về đào đất đá	5
§2. Sơ đồ xây dựng hầm	6
§3. Các hang dẫn	7
§4. Chống đỡ bạt dốc trước cửa hầm	10
§5. Đào và chống các hang dẫn	11
§6. Liên hệ các hang ngang theo chiều cao	16
1. Mở hang dẫn trên	16
2. Lối thông để thải đất đá	16
3. Lối thông cấp vật liệu	17
§7. Đào mở rộng phần trên hang	18
Chương 2. Xây dựng hầm bằng phương pháp mở	
§1. Những vấn đề chung	22
§2. Xây dựng hầm trong đá nửa cứng, mềm và yếu	24
1. Phương pháp phân mảnh đào toàn diện	24
2. Phương pháp vòm trước	29
3. Phương pháp nhân đỡ	32
4. Các yêu cầu đối với vì chống tạm các hang đào từng bộ phận	34
5. Phương pháp phân vòm vượt trước	37
6. Phương pháp đào các chống trước vách hang	39
§3. Xây dựng hầm trong đá cứng	44
1. Đặc điểm đào hang trong đá cứng	44
2. Phương pháp đào toàn tiết diện	45
3. Phương pháp bậc thang	48
4. Phương pháp hang dẫn giữa	52
5. Phương pháp chia nhỏ dưới vòm	55
§4. Các phương pháp đặc biệt để thi công hầm	55
1. Phương pháp xi măng hoá để gia cố đất đá	56

2. Công tác sét hoá	58
3. Công tác silicat hoá	58
4. Phương pháp đóng băng nhân tạo	59
Chương 3. Công tác khoan nổ mìn	
§1. Công tác khoan lỗ và thiết bị khoan	62
§2. Vật liệu nổ mìn	69
§3. kết cấu nạp mìn và việc bố trí lỗ mìn trên gương đào	75
§4. Tính toán các thông số khoan nổ khi đào hầm	78
§5. Tác dụng chấn động của nổ mìn trong hang ngầm	86
Chương 4. Công tác bốc đá và vận chuyển trong thi công hầm	
§1. Công tác bốc đá	88
§2. Vận chuyển đất đá trong thi công hầm	92
Chương 5. Gia cố hang ngầm	
§1. Khái niệm chung	99
§2. Vì chống vòm thép	100
§3. Vì chống neo	102
§4. Vì chống bê tông phun	110
Chương 6. Xây dựng vòm hầm	
§1. Công tác ván khuôn	115
§2. Công tác cốt thép và đổ bê tông	117
§3. Tính toán các thông số đổ bê tông	119
§4. Công tác ximăng hóa	122
Chương 7. Các công tác phụ trong thi công hầm	
§1. Thông gió hang ngầm trong giai đoạn thi công	126
§2. Chống bụi khi thi công ngầm	135
§3. Thoát nước trong thi công hầm	137
§4. Chiếu sáng và cấp năng lượng cho hang ngầm	139
Chương 8. Cơ giới hoá đồng bộ khi thi công hầm bằng phương pháp mở	
§1. Hầm tiết diện nhỏ và trung bình	142
§2. Thi công hầm tiết diện lớn	148
Chương 9. Thi công hầm bằng khiên và máy đào liên hợp	
§1. Các khái niệm chung về khiên	151
	297

§2. Xác định các kích thước cơ bản của khiên	152
§3. Khiên đường kính lớn	154
1. Mô tả chung	154
2. Các cấu kiện	156
3. Nguyên tắc tính toán	161
§4. Khiên đường kính nhỏ	161
§5. Bán khiên	163
1. Mô tả chung	162
2. Kết cấu	163
§6. Thiết bị thuỷ lực của khiên	163
1. Kích thuỷ lực của khiên	165
2. Các kích chống gương và kích sàn công tác	167
3. Việc cấp năng lượng	167
4. Mạng và máy thuỷ lực	168
§7. Thiết bị lắp các khối vỏ hầm	170
1. Khái niệm chung	171
2. Thiết bị lắp ráp vỏ hầm dạng đòn	172
3. Thiết bị lắp ráp dạng một cung tròn	175
4. Thiết bị lắp ráp dạng khoang	176
§8. Khiên cơ giới hoá và khiên chuyên dùng	177
§9. Công nghệ đào bằng khiên	183
§10. Đào hầm bằng máy đào liên hợp	187
§11. Tính năng suất máy đào liên hợp	193
Chương 10. Thi công hang đứng, hang xiên	
§1. Xây dựng giếng đứng	196
1. Khái niệm chung	196
2. Đào giếng theo hướng từ trên xuống	197
3. Đào giếng theo hướng từ dưới lên	205
§2. Đào các hang nghiêng	207
1. Đào các hầm nghiêng	207
2. Xây dựng các hầm nghiêng dẫn nước vào nhà máy thuỷ điện	210
Chương 11. Xây dựng gian máy và các buồng có tiết diện lớn	
§1. Các nguyên tắc đào các buồng tiết diện lớn	212
§2. Xây dựng các công trình ngầm dạng buồng trong đá cứng	214
1. Đào phân vòm	214

2. Đào khối cơ bản (phần lõi)	216
3. Xây dựng công trình ngầm dạng buồng trong địa tầng có độ cứng trung bình và mềm yếu	217
Chương 12. Kế hoạch hoá thi công ngầm, chọn số lượng gương đào	
§1. Tiến độ và thời hạn thi công công tác ngầm - chọn số lượng gương đào	222
§2. Biểu đồ tiến độ thi công và biểu đồ chu kỳ công tác	225
§3. Các giai đoạn thiết kế và nội dung thiết kế	230
Chương 13. Xây dựng công trình ngầm bằng phương pháp lộ thiên	229
§1. Phương pháp hố đào	232
1. Hệ thống chống đỡ hố móng	232
2. Chống đỡ bằng neo	235
3. Tính toán hệ gia cố tạm hố móng	240
4. Đóng cọc và đào đất đá	245
5. Xây dựng và phòng nước cho kết cấu	247
§2. Sử dụng vòm chống di động	250
1. Các dạng vòm chống di động	250
2. Công nghệ thi công	253
§3. Phương pháp đào hào	253
1. Công nghệ "tường trong đất"	255
2. Thiết bị đào hào	257
3. Công tác đào hào	260
4. Xây dựng kết cấu	262
Chương 14. Phương pháp đẩy ép đẩy	
§1. Thực chất của phương pháp và phạm vi áp dụng	269
§2. Công nghệ thi công	271
Chương 15. Xây dựng công trình ngầm bằng phương pháp hạ đoạn	
§1. Phương pháp hạ giếng chìm và giếng chìm hơi ép	277
1. Công nghệ hạ giếng chìm áo sét	277
2. Công nghệ hạ giếng chìm hơi ép	282
§2. Phương pháp hạ đoạn hầm	284
1. Chế tạo các đoạn hầm	284
2. Đào hào và xây dựng nền dưới nước	287
3. Hạ đoạn, giải quyết nối giữa các đoạn hầm và đắp đất	289
Tài liệu tham khảo	295
	299