

NGUYỄN THẾ PHÙNG

THI CÔNG HẦM

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2010

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây ở Việt Nam xây dựng ngầm đã có mặt ở hầu hết các lĩnh vực xây dựng: Giao thông, thủy lợi, thủy điện, dân dụng, công nghiệp, quốc phòng v.v. và chúng đã chiếm một tỉ trọng đáng kể. Để giải quyết vấn đề giao thông đô thị, sắp tới tại Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh và các thành phố lớn khác sẽ triển khai xây dựng các hệ thống xe điện ngầm, hầm trên đường ô tô, hầm cho người đi bộ. Đó là những công việc xây dựng ngầm hết sức phức tạp cả về quy hoạch không gian, kết cấu công trình, khai thác vận hành và thi công xây dựng trong những điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn phức tạp.

Mặt khác để đáp ứng nguồn nhân lực chất lượng cao cho xây dựng ngầm, nhiều trường Đại học trong cả nước cũng đã mở ngành đào tạo theo chuyên môn này với mức độ chuyên sâu khác nhau, với những mục tiêu khác nhau.

Với những lý do trên số người trực tiếp tham gia thiết kế, thi công xây dựng công trình ngầm và học tập nghiên cứu trong lĩnh vực này ngày một đông đảo.

Cuốn sách "Thi công hầm" được biên soạn dựa trên cuốn sách tác giả và Nguyễn Ngọc Tuấn biên soạn trước đây (Nhà xuất bản KHKT - 1997). Nội dung biên soạn lần này có bổ sung những kiến thức cơ bản nhất về các phương pháp xây dựng hầm và công trình ngầm, kể cả các phương pháp khiên đào và máy đào liên hợp. Hy vọng cuốn sách này cùng với cuốn "Thiết kế hầm giao thông", (NXB Xây dựng, 2008) sẽ cung cấp cho bạn đọc những kiến thức cần thiết để giúp các bạn tự tin, vững vàng trong giảng dạy, đào tạo, trong thiết kế thi công các công trình ngầm.

Mong muốn thì nhiều nhưng khả năng và hiểu biết của người biên soạn và những tư liệu, tài liệu tham khảo lại có hạn, nên cuốn sách không tránh khỏi những thiếu sót. Hy vọng sẽ nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và bạn đọc. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Nhà xuất bản Xây dựng - 37 Lê Đại Hành - Hà Nội.

Tác giả

Chương 1

ĐÀO CÁC BỘ PHẬN CỦA HANG NGẦM

§1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐÀO ĐẤT ĐÁ

Đặc điểm của thi công ngầm so với thi công hở (lộ thiên) là cần phải tạo nên một hang có kích thước đủ để bố trí công trình đã được thiết kế. Việc đào đất đá - tức là tách đất đá ra và chuyển ra bãi thải là quá trình hết sức khó khăn, đòi hỏi phải được cơ giới hoá một cách tối đa. Việc lựa chọn phương pháp và phương tiện để đào đất đá cơ giới hoá được xác định trước tiên bởi các tính chất của đất đá (độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ nứt nẻ v.v.). Để làm việc này cần thiết phải phân loại đất đá dựa trên sức kháng khoan, biểu thị bằng độ dịch chuyển của lỗ khoan trong một đơn vị thời gian trong điều kiện tiêu chuẩn.

Ở Liên Xô cũ trong các tiêu chuẩn và quy chuẩn xây dựng đất đá được phân làm 11 loại theo tính chất đào phá đất đá, xếp theo thứ tự giảm dần của sức kháng khoan và tăng của độ cứng. Tùy thuộc vào loại đất đá có kiến nghị phương pháp đào như trong bảng sau:

Phân loại đất đá

Loại đất đá	Tỷ số độ cứng f theo Protodiakonov	Sức kháng khoan (mm) trong 1 phút khoan thuần túy*	Phương pháp đào
I	0,4 - 0,6	—	Đào thủ công
II	0,6 - 0,8	—	Đào thủ công bằng các công cụ khí nén.
III	0,8 - 1,0	—	
IV	1,5 - 2,0	324	
V	2 ÷ 3	239	Đào thủ công bằng các công cụ khí nén và khoan nổ mìn.
VI	4 ÷ 5	175	
VII	5 ÷ 6	130	Phương pháp khoan nổ mìn
VIII	7 ÷ 9	96	
IX	10 ÷ 14	72	
X	15 ÷ 18	53	
XI	19 ÷ 25	39	

* Bảng khoan tay PP-17 trong các điều kiện tiêu chuẩn.

Công việc đào thủ công bằng xẻng, cuốc, xà beng có năng suất thấp và nặng nhọc, được áp dụng trong những điều kiện đặc biệt, ví dụ như, thi công trong đất yếu không ổn định, đòi hỏi phải chống đỡ cẩn thận, kịp thời cũng như khi xử lý, thu dọn trong đá không ổn định.

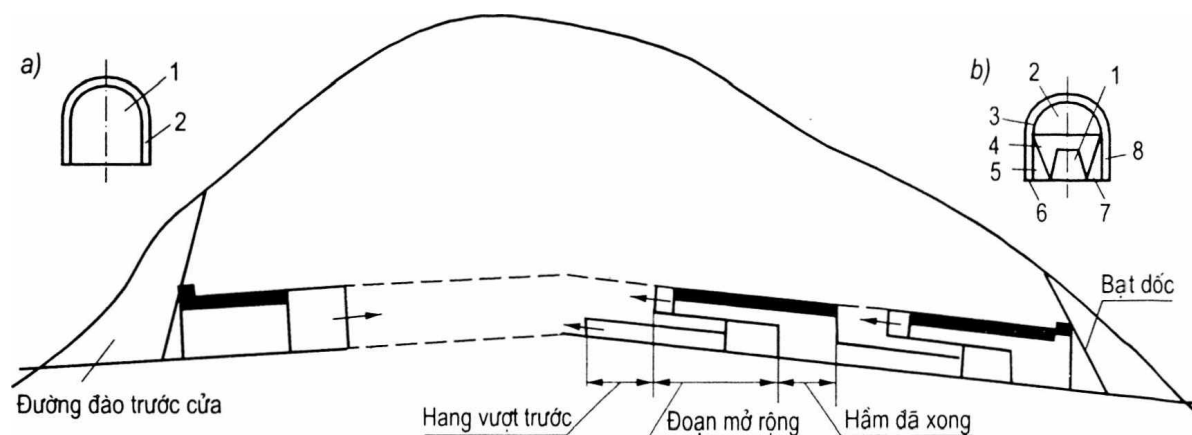
Đào thủ công trong đất đá không ổn định được thực hiện tuân tự từng lớp ở trong gương từ, trên xuống dưới cùng với việc di chuyển vì chống mặt gương, trong đất đá không ổn định là bằng việc cắt đất đá từ bậc thang treo của gương cùng với việc đánh sập đất xuống đáy hang. Để đảm bảo thuận lợi cho thi công, một thợ đào cần không nhỏ hơn 1 mét bề rộng gương thẳng đứng hay $2 \div 3m^2$ diện tích gương giếng đứng.

Đối với các đất đá từ cấp V trở lên thì đào đất đá bằng phương pháp khoan nổ mìn cùng với việc chống đỡ hang hoặc không cần phải chống đỡ. Công tác đào hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn được khảo sát chi tiết trong một chương riêng (chương 3).

§2. SƠ ĐỒ XÂY DỰNG HẦM

Quá trình xây dựng hầm bao gồm hai công đoạn chính: Đào hang, tức là tách bỏ đất đá từ không gian dùng để bố trí hầm, và xây kết cấu của hầm đó là vỏ hầm.

Tuỳ thuộc vào độ cứng và trạng thái của đất đá, việc đào được tiến hành cùng với việc chống đỡ tạm thời hang hoặc để hang không cần chống đỡ. Vì chống tạm được chế tạo bằng gỗ, thép hoặc bê tông cốt thép, được sử dụng với mục đích ngăn ngừa các biến dạng dư của biên hang và gắn liền với nó là việc tăng áp lực địa tầng. Vì thế vì chống cần phải có đủ độ bền, được dựng nhanh nhất có thể sau khi để lộ vách hang và được ép chặt vào vách hang. Thời gian để hang với vì chống tạm, về nguyên tắc, cần phải giảm đến tối thiểu, bởi vì chỉ có xây dựng vỏ hầm vĩnh cửu cùng với việc lấp đầy các khe hở ở phía sau bằng cách ép vữa xi măng mới đảm bảo cho việc ổn định trạng thái ứng suất của khối địa tầng xung quanh hầm.



Hình 1.1: Sơ đồ xây dựng hầm

Tuỳ thuộc vào tính chất của địa tầng và kích thước tiết diện hang mà việc đào hang được thực hiện theo một lần hoặc tiến hành trên từng phần của hang. Trong trường hợp

đào một lần thì diện tích của gương bằng diện tích toàn tiết diện hang (hình 1.1a). Trong trường hợp thứ hai thì đầu tiên đào hang dẫn vượt trước 1 có tiết diện nhỏ hơn (hình 1.1b). Sau đó sử dụng hang dẫn này làm cơ sở để phát triển công tác đào đất đá, mở rộng tiết diện hang đến kích thước thiết kế 2, 4, 5, 7. Vỏ hầm 3, 6, 8 được xây dựng một lần trong hang đã được gia cố và hoàn toàn tự do, hoặc theo từng bộ phận một trong quá trình đào hang.

Thường thì việc đào hang được bắt đầu từ phần đường đào trước cửa hầm (hình 1.1), ta luy trước mặt của đường đào đã được gia cố (chống đỡ) để tránh sụt lở. Sau khi hang dẫn đi vào đủ sâu thì người ta bắt đầu công việc mở rộng hang đến toàn tiết diện thiết kế. Quá trình này được gọi là đào mở rộng, được bắt đầu từ đoạn cửa vào hoặc từ hang dẫn. Trong trường hợp bắt đầu đào mở rộng từ hang dẫn thì người ta thiết lập ngạch mở rộng, từ đó tiến hành đào phần bên trên (hoặc bên dưới) hang về một hoặc hai phía, đảm bảo có một hoặc hai gương trung gian. Khoảng cách từ gương của hang dẫn vượt trước đến đoạn đào mở rộng được gọi là khoảng vượt trước.

§3. CÁC HANG DẪN

Hang dẫn định hướng thường được bố trí ở phần dưới của tiết diện hầm (hình 1.1).

Hang dẫn định hướng được sử dụng để bố trí đường giao thông ngầm, các mốc trắc địa và định vị trục hầm, để chính xác các số liệu địa chất và địa chất thủy văn của khối địa tầng mà hầm cắt qua, làm khô hang bằng việc thoát trực tiếp nước ngầm, bố trí ống thông gió, cáp điện và các thiết bị thoát nước. Trong trường hợp cần thiết, dọc theo hang dẫn người ta mở các gương phụ để rút ngắn việc thi công, mở rộng đến toàn tiết diện hang.

Hang dẫn dưới, đảm bảo ở mức độ cao nhất, việc thực hiện các chức năng nêu trên, loại trừ việc phải đặt đi đặt lại đường vận chuyển, các trang thiết bị phụ trợ và mạng lưới trắc địa trong suốt thời kỳ thi công. Ngoài ra, việc có hang dẫn dưới tạo điều kiện thuận lợi để chuyển từ phương pháp thi công này sang phương pháp thi công khác khi có sự thay đổi bất thường của các điều kiện địa chất công trình.

Để mở rộng tiếp tiết diện cần phải đào hang dẫn trên. Vì thế, xu hướng tự nhiên là sử dụng nó để định hướng. Khi đó khối lượng đào hang dẫn được giảm bớt, nhưng lại phát sinh nhiều nhược điểm. Hang dẫn trên chỉ có thể thoát nước được cho phần bên trên của tiết diện, còn phần dưới của hang vẫn phải tiến hành đào trong điều kiện có nước ngầm. Việc đào các gương mở rộng trung gian từ hang dẫn trên gặp rất nhiều khó khăn. Khi đó công tác vận chuyển thải đá từ những phần mở rộng phía dưới sẽ trở nên phức tạp, cần phải tổ chức thoát nước, các đường chuyển tải, các thiết bị phụ và các mốc trắc địa phải chuyển đặt lại từ hang dẫn trên xuống phía dưới. Sự thay đổi phương pháp đào khi gặp đất yếu bắt đầu từ hang dẫn trên là cực kỳ khó khăn.

Vì thế việc sử dụng hang dẫn trên làm hang dẫn định hướng là hợp lý khi hầm nằm trong địa tầng khô ráo, cứng chắc và đồng nhất, khi không cần phải sử dụng các gương đào trung gian, thường là trong hầm có chiều dài không lớn (đến 300m).

Trong xây dựng hầm ngày nay có xu hướng bỏ hang dẫn định hướng và đào hầm với những phân mảnh lớn hơn, điển hình trong xu hướng này là phương pháp đào phần vòm vượt trước.

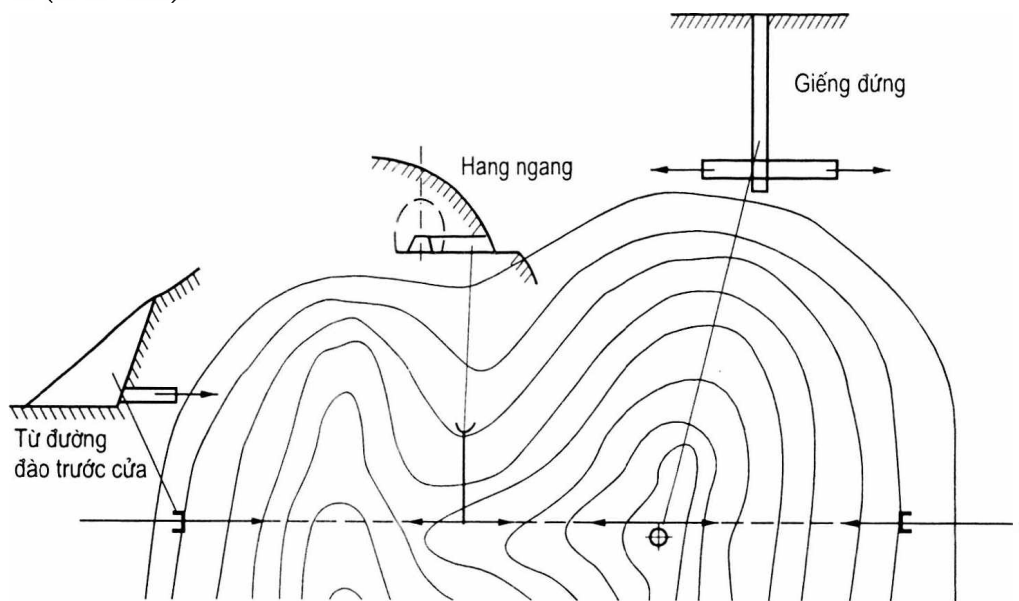
Thời hạn xây dựng hầm phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ đào phần hang vượt trước, làm cơ sở để đào mở rộng hang đến toàn tiết diện và cơ bản được xác định bởi thời gian cần thiết để đục thông các hang dẫn hướng đào theo hướng gặp nhau. Vì thế nên bắt đầu đào các gương đi trước, bắt đầu hang dẫn trước khi mặt bằng xây dựng được chuẩn bị đầy đủ và các gương này thường được tổ chức thi công liên tục cả ba ca, cùng với việc cơ giới hoá đồng bộ ở mức độ cao.

Khoảng vượt trước của hang dẫn đối với đoạn thi công mở rộng cần phải đủ để khi gặp những khó khăn không thấy trước (cát chảy, áp lực địa tầng lớn, nhiệt độ cao, vỡ nước hay bùn vào hầm...) thì việc chậm từ việc đào hang dẫn không cản trở công tác đào mở rộng ở phía sau. Tuy nhiên, không nên cho phép phần vượt quá lớn, bởi vì trong trường hợp này sẽ phát sinh những khó khăn trong việc giao thông tải đá trên đoạn hang hẹp, làm xấu các điều kiện thông gió, làm phức tạp công tác theo dõi giám sát trạng thái của các vòm chống tạm.

Ngoài ra, việc để hang lâu dài với vòm chống tạm, các biến dạng và độ lún của các vòm chống hư hỏng sẽ gây nên sự chuyển dịch đất đá trên nóc hang, mà việc xử lý chúng sẽ gây nên những điều kiện bất lợi không kém.

Kiến nghị phần vượt trước của hang dẫn hướng khoảng 100 - 200 mét, cho phép tăng đến 300 - 500m chỉ khi xây dựng các hầm dài (lớn hơn 300 mét).

Để rút ngắn thời gian thông các hang dẫn thường có xu hướng tăng số lượng gương đào. Việc mở diện thi công đào hang có thể tiến hành trực tiếp từ đường đào trước cửa, từ giếng đứng, bố trí dọc tuyến hầm, hoặc qua các hang ngang, đào vuông góc với hướng trục hầm (hình 1.2).

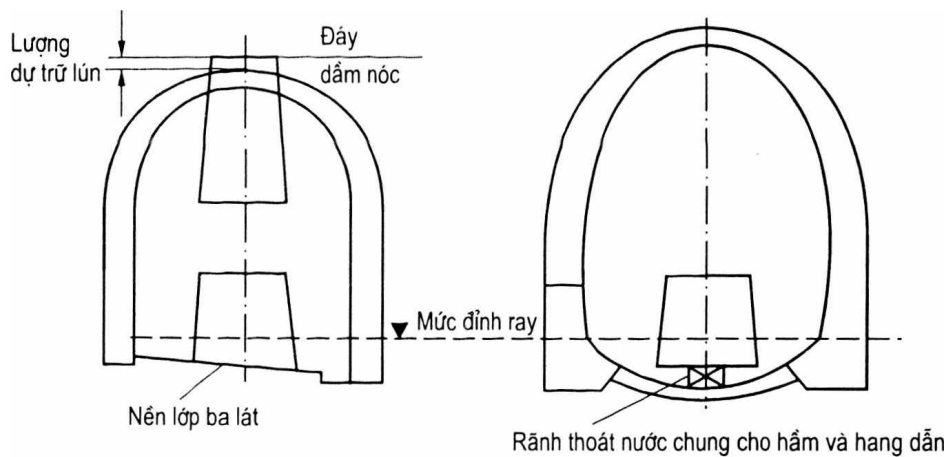


Hình 1.2: Mở diện thi công

Việc đào giếng đòi hỏi chi phí lớn về phương tiện và thời gian, vì thế người ta sử dụng để mở diện thi công chỉ trong trường hợp hầm núi nằm không sâu (đến 100 - 200m) và sau này giếng được sử dụng để thông gió trong thời gian khai thác công trình. Giếng đứng và hang nghiêng được sử dụng phổ biến để mở diện tích thi công khi xây dựng các hệ thống metro.

Việc sử dụng các hang ngang là cực kỳ hợp lý, bởi vì nó không đòi hỏi chi phí lớn, đảm bảo thoát nước ngầm tự nhiên và thải đất đá đào ra một cách thuận lợi. Tuy nhiên việc sử dụng chúng cũng được hạn chế trong những trường hợp khi tuyến hầm đi ở khoảng cách đủ gần với sườn núi (không lớn hơn 100 - 200m), điều này thường gặp ở những hầm xoắn ốc hoặc cong gềnh.

Hang dẫn dưới được bố trí dọc theo trục hầm như thế nào đó để khi mở rộng tiết diện không đòi hỏi đặt lại đường vận chuyển và các thiết bị phụ khác (hình 1.3). Vì thế sàn của hang dẫn cần trùng với nền của lớp balat. Khi có vòm ngửa vị trí hang dẫn thấp sẽ gây khó khăn cho thoát nước, bởi vì nước chảy ra từ gương sẽ đọng lại ở cạnh vòm ngửa của phần hầm đã xây dựng xong. Trong trường hợp này nên bố trí hang dẫn cao lên một chút, để rãnh thoát nước của hang dẫn trùng với rãnh thoát nước trên vòm ngửa của phần hầm đã xây dựng xong.



Hình 1.3: Vị trí hang dẫn theo chiều cao

Khi quyết định vị trí cao độ của hang dẫn trên, cần phải hiểu rõ các cấu kiện bên trên (dầm nóc) của vì chống, về nguyên tắc, được đưa vào làm một bộ phận của vì chống hang sau cùng và không tháo bỏ đi trước khi đổ bê tông vữa. Vì thế nó cần được bố trí như thế nào để khi có những độ lún trong quá trình thi công thì những chi tiết này của vì chống vẫn nằm cao hơn biên ngoài của vỏ hầm thiết kế.

Trị số độ lún có thể trong thi công được xác định thực tế khi đào đến toàn tiết diện của những đốt hầm đầu tiên và phụ thuộc vào nhiều nhân tố, trong đó có các tính chất của đất đá, khoảng thời gian (độ lâu dài) để hang với vì chống tạm, trình tự đào mở rộng và hệ thống chống đỡ hang được sử dụng, chất lượng thi công công tác đào đất đá, gia cố hang và trị số của nhịp hang.

Khi đào hang hầm đường sắt tuyến đơn trong các đất sét có thể lấy trước độ lún trung bình là 30cm, trong đá mềm là 10 - 20cm.

Trong đá cứng, không có áp lực bên, tiết diện ngang của hang dẫn có thể lấy dạng chữ nhật. Trong các đá có áp lực bên không đối xứng, khung chống dạng chữ nhật, lập từ các cấu kiện nối với nhau ở nút bằng cách tựa đơn giản, dễ dàng mất ổn định. Dạng tin cậy hơn của vì chống là hình thang. Khi có chuyển vị ngang, dầm nóc của dạng khung chống này bị xoay đi, ép chặt vào trần hang. Lực kháng đàn hồi phát sinh sẽ ngăn cản sự thay đổi hình dạng của khung chống dưới tác dụng của tải trọng một phía.

Dạng hình thang của khung chống, với độ nghiêng của cột khung bằng 1:10, thuận tiện cho sử dụng cùng với các thông số khác là: phần dưới có mở rộng của hang dẫn có thể sử dụng để bố trí các thiết bị phụ trợ khác nhau, việc giảm nhịp của dầm nóc cho phép giảm tiết diện của nó.

Giá thành đào đất đá từ hang dẫn thường vượt giá thành đào đất đá từ các bộ phận khác của hang. Vì thế tiết diện của hang dẫn nên quyết định nhỏ nhất có xét đến việc bố trí đường vận chuyển, các thiết bị phụ trợ và ống thông gió.

Bề rộng của hang tuyến đôi đường sắt được quyết định sao cho khe hở giữa hai đoàn tàu di chuyển trên đường là 20cm, còn giữa cột chống và đoàn tàu là 25cm. Trong tất cả các hang giao thông cần phải có một lối cho người đi bộ ở một bên đường vận chuyển là 70cm.

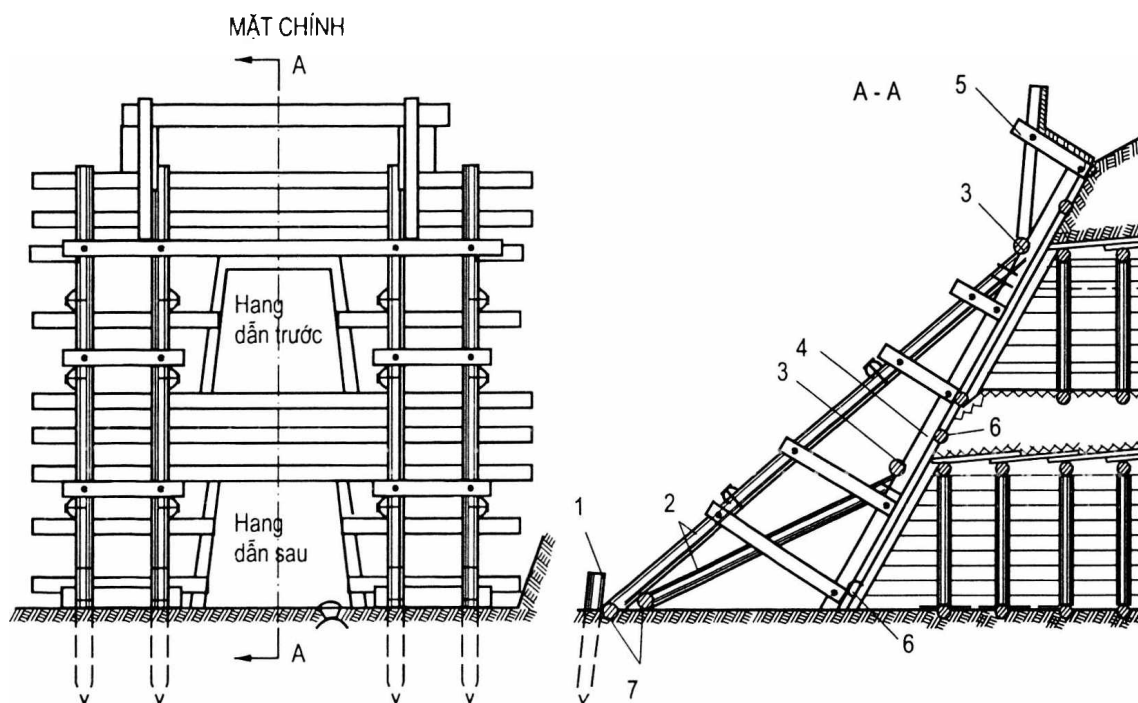
Chiều cao thông thủy của hang giao thông được quyết định phụ thuộc vào loại phương tiện giao thông được sử dụng. Với đầu máy điện tiếp xúc chiều cao này là 2,5 mét, bởi vì dây dẫn tiếp xúc được treo ở độ cao không nhỏ hơn 2,2m kể từ mặt ray của đường vận chuyển và ở khoảng cách 0,2m kể từ mép dưới của dầm nóc. Với các dạng sức kéo khác chiều cao thông thủy của hang dẫn lấy bằng 2,2 mét.

Chiều cao hang dẫn trên được quyết định có thể lớn hơn (đến 3,5 mét) để giảm nhẹ khi mở rộng hang chuyển từ hang dẫn sang mở rộng phần vòm. Nếu như mức sàn hang dẫn được giữ nguyên trong thời gian đổ bê tông vòm thì chiều cao thông thủy của hang dẫn trên được quyết định sao cho, sau khi dựng giá vòm thì khoảng không còn lại dưới giá vòm không nhỏ hơn 1,8 mét.

§4. CHỐNG ĐỔ BẠT DỐC TRƯỚC CỬA HẦM

Việc đào hang thường được bắt đầu từ đường đào trước cửa, bạt dốc mặt trước của đường đào cần được chống đỡ để tránh sụt lở. Việc chống đỡ mái dốc mặt trước đường đào - chống đỡ bạt dốc (hình 1.4) được đảm bảo bằng việc đặt các cây gỗ nằm ngang 6, được liên kết thành khung bằng các dầm nghiêng 4 và ở những chỗ bố trí các dầm giằng nằm ngang 3 có đặt các thanh chống xiên 2. Các dầm nằm 7 được làm gối kê cho các thanh chống xiên và chúng được chống trượt bằng các cọc ghìm 1.

Trong trường hợp cần thiết ở phía trong của các cây gỗ nằm ngang 6 có đặt ván chèn.



Hình 1.4: Chống bạt dốc của hang dẫn

Ở phía trên vì chống bạt dốc có đặt các máng 5 để giữ đá, long rơi ngẫu nhiên từ mái dốc phía trước đường đào.

Trong các đá cứng, với ta luy bạt dốc có độ dốc lớn thì việc chống đỡ bạt dốc thường không cần thiết. Tuy nhiên cần phải có giải pháp chống đá lăn rơi, chúng có thể làm sứt cửa vào hoặc làm sập vì chống của đoạn cửa vào. Trong trường hợp này ở tại cửa hang có dựng các khung gỗ, trên đó có trần bằng gỗ cây có đập đá để tiêu năng khi có các va chạm có thể xảy ra.

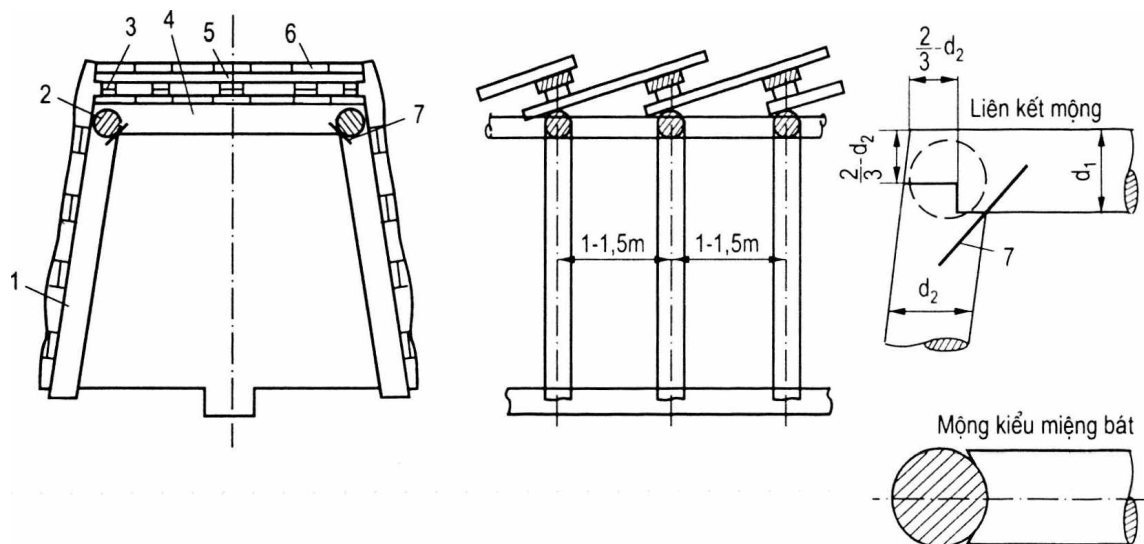
§5. ĐÀO VÀ CHỐNG CÁC HANG DẪN

Việc đào các hang nhỏ trong đá thường không đòi hỏi phải chống và được thực hiện bằng các chu kỳ khoan nổ mìn.

Việc cần thiết phải chống đỡ được xác định chủ yếu bởi sự ổn định của đất đá bao quanh hang đào. Trong đá cứng thì gia cố (chống đỡ) chủ yếu chỉ ở phần nóc hang. Các dầm nóc bằng các cây gỗ đường kính 20 - 30cm được đặt trên các bậc, tạo nên trong quá trình nổ mìn phần bên trên của vách hang, những dầm này được nêm chặt vào đá.

Trong các đá có độ cứng trung bình và yếu vì chống hang là một khung hở, lập từ dầm nóc 4 đường kính 20 - 30cm và hai cột 1 đường kính 18 - 25cm (hình 1.5). Các cột được đặt lên các con kê bằng gỗ, nhưng thường gặp hơn là đặt trong một hốc lõm, đào vào đá. Khung được nêm cẩn thận theo chu vi hang. Việc nối dầm nóc với cột được thực hiện theo kiểu mộng miệng bát và gia cường bằng các đinh đĩa. Độ cứng dọc của vì chống được đảm bảo bằng việc đặt tại nút các giằng dọc 2 đường kính 12 - 15cm. Khi

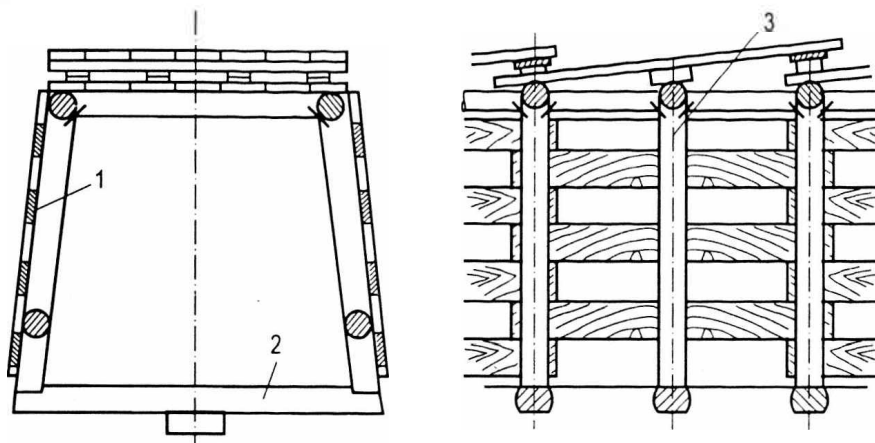
chiều cao hàng dẫn lớn hơn 2,5m thì đặt thêm một đợt giàng thứ hai. Việc nối cấu kiện giàng với các cấu kiện khung được thực hiện theo kiểu mộng và đinh đĩa.



Hình 1.5: Vì chống hàng dẫn khi không có áp lực bên

1. Cột; 2. Giàng; 3. Nệm; 4. Dầm nóc; 5. Ván kê ngang; 6. Ván; 7. Đinh đĩa

Trong các đá mềm đòi hỏi diện tích tựa của cột lên đá phải lớn. Vì thế, khi không có áp lực bên thì dùng các con kê gỗ để làm gối tựa cho cột. Khi có áp lực bên có thể làm dịch chuyển phần dưới của cột, kết cấu vì chống được bổ sung một dầm nằm đường kính 20 - 30cm. Khung chống lúc đó có dạng kín (hình 1.6). Bước của khung lấy bằng 1 - 1,5 mét. Trong trường hợp cần thiết giữa các khung chính có đặt thêm một khung trung gian 3.



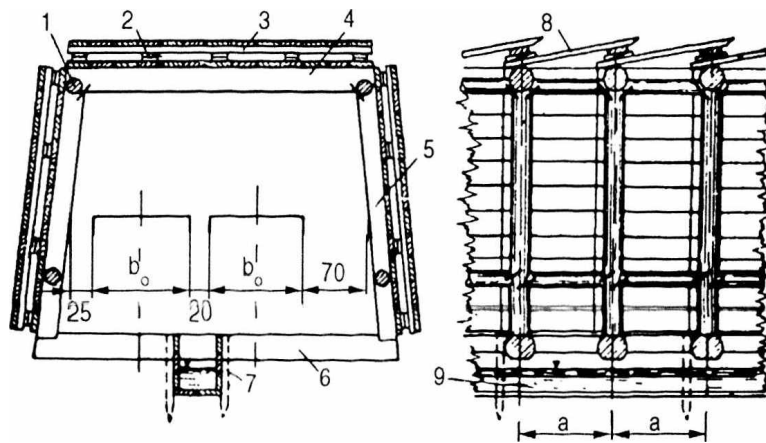
Hình 1.6: Vì chống hàng dẫn khi có áp lực bên

1. Ván chèn; 2. Dầm kê; 3. Khung chống trung gian

Nóc của khung chống được chèn kín xít bằng ván dày 5 - 7cm, các đầu ván có gỗ kê ngang bằng ván dày 7cm và được nệm chặt vào khung chống và đất đá. Chiều dài của ván lấy lớn hơn bước khung chống 30 - 40cm. Vách hàng được chèn ván kiểu xen kẽ (cách một ván chèn một ván).

Theo quy tắc kỹ thuật an toàn trong các đá ổn định cho phép vì chống dựng cách gương không lớn hơn 1 mét. Tất cả các khoảng trống sau vì chống cần được chèn kín bằng đá hoặc gỗ. Khi nghỉ thi công nóc và vách hang cần được chèn ván đến tận gương, còn chính mặt gương cũng được chèn ván xen kẽ.

Trong các đất đá yếu không ổn định việc đào hang cần tiến hành thế nào đó để loại trừ khả năng sụt lở đất đá, mà hậu quả của nó là phát triển sự dịch chuyển của đất đá xung quanh và tăng đáng kể áp lực địa tầng. Trong các trường hợp đã khảo sát trên, việc chèn ván bề mặt hang được tiến hành sau khi đã thải đất đá. Trong các đất đá yếu không ổn định điều đó là không được phép, mà người ta phải áp dụng thứ tự ngược lại: Đầu tiên phải đảm bảo gia cố chu vi hang, sau đó tiến hành đào đất đá. Để làm việc này người ta áp dụng vì chống đóng ván, tựa lên khung chống kín (hình 1.7) bố trí cách nhau $0,8 \div 1,0\text{m}$, hoặc trong trường hợp áp lực đặc biệt lớn thì chúng được ghép liền. Trong trường hợp cần thiết phải ngăn ngừa hiện tượng trôi nền thì phía dưới của dầm nằm cũng được lát xít ván.

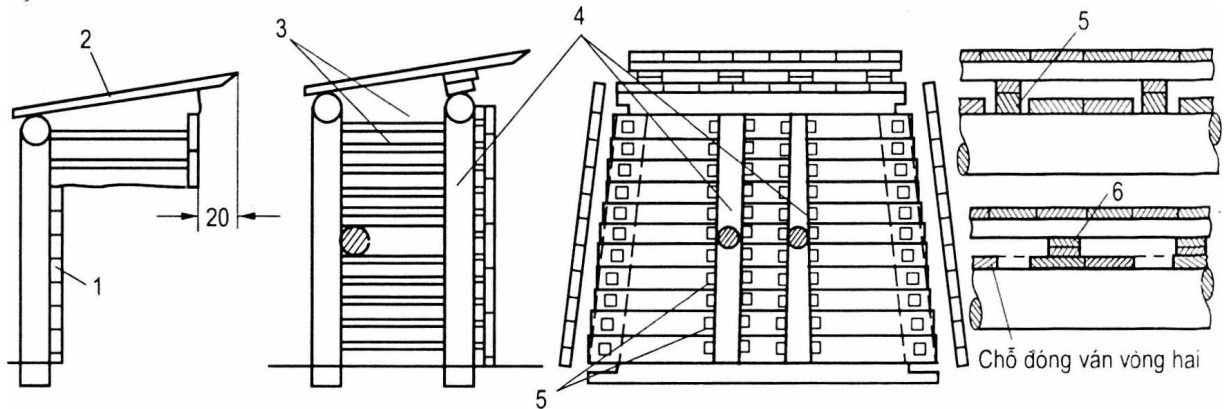


Hình 1.7: Vì chống hang dẫn trong địa tầng không ổn định

1. Giàng; 2. Nêm; 3. Ván kê ngang; 4. Dầm nóc; 5. Cột; 6. Dầm kê;
7. Cọc; 8. Ván đóng; 9. Rãnh nước

Vì chống đóng ván bao gồm các ván, đóng xiên một góc nhỏ với trục dọc của hang và có vát nhọn đầu sao cho khi đóng lực kháng của đất đá sẽ ép đầu ván ra phía ngoài hang. Đóng ván được tiến hành như sau (hình 1.8). Lớp ván đầu tiên được đóng trên khung chống đặt sát ván chèn gương. Dưới sự bảo vệ của ván đóng như vậy, tháo $1 \div 2$ ván chèn gương, đào đất đến độ sâu, mà đầu ván đóng vẫn còn ngàm vào đất đá $20 \div 30\text{cm}$. Ván chèn gương được chuyển vào vị trí mới cách vị trí ban đầu một khoảng bằng bước của khung chống. Ván chèn gương đã chuyển vào vị trí mới được giữ bằng các thanh chống dọc, có chiều dài thích hợp, những thanh này tựa lên các cột khung ở phía sau. Bằng cách như vậy việc đào đất đá được thực hiện ngay trên toàn chiều dài hay một phần của bước đào và việc gia cố (chống) được thực hiện trên toàn chiều cao của gương. Trong trường hợp đào chỉ một phần của gương thì chu kỳ đóng tiếp ván và đào đất đá được lặp lại cho đến hết bước đào. Khi kết thúc đào và đóng ván trên toàn bước đào, tiến

hành dựng dầm nóc trên hai cột chống phụ, hai cột này tựa lên dầm kê và chống văng vào khung chống của chu kỳ trước. Dưới đầu ván đóng đặt thanh gỗ kê ngang, giữa gỗ kê ngang và dầm nóc được đóng các nêm cao, tạo nên một khe hở, chiều cao của nó bằng tổng chiều dày của ván đóng và nêm tiêu chuẩn. Sau đó người ta tháo các thanh chống dọc, đặt các cột của khung chống và đóng nêm giữa chúng và đầu ván chèn gương. Trong thời gian tiến hành các việc trên, ván chèn gương được nêm giữ với các cột phụ đã dựng ở cuối chu kỳ đào.



Hình 1.8: Đào hang có sử dụng đóng ván

1. Ván chống mặt gương; 2. Ván đóng; 3. Thanh văng;
4. Cột chống phụ; 5. Nêm cao; 6. Nêm tiêu chuẩn

Lớp ván tiếp theo được đóng vào khoảng trống giữa các nêm cao, giữa các ván này và gỗ kê ngang được đóng các nêm tiêu chuẩn, sau đó tháo dỡ các nêm cao và đóng các ván còn lại tại vị trí của các nêm cao tạo nên màn chắn ván kín khí.

Việc chống đỡ các vách bên của hang được thực hiện hoàn toàn tương tự, không được chậm sau chống nóc hang.

Để đảm bảo thoát nước từ gương ra người ta đặt rãnh thoát rộng 30 - 40cm, sâu 40 - 60cm (tùy thuộc vào lưu lượng của nước ngầm) với độ dốc không nhỏ hơn 3‰, vách của rãnh trong trường hợp cần thiết cũng được chống ván để tránh xói lở, trên mặt có lát ván.

Khó khăn đặc biệt là đào hang dẫn trong đất yếu no nước và trong cát chảy, việc vỡ nước qua những chỗ không chặt, kín của vì chống kéo theo những nguy hiểm do lạt hang và độ lún lớn. Để ngăn chặn các hạt đất nhỏ vào hang cùng với nước, người ta sử dụng đóng ván cừ, khe nối giữa chúng là các mộng lùa. Để chặn vỡ nước vào hang tại các góc hang, nơi ván đóng thường xòe ra dạng nan quạt, người ta sử dụng ván góc chuyên dụng, có bề rộng thay đổi. Để tăng cường cho vì chống hang dẫn do phải chịu ở gương những áp lực phụ khi đóng ván, người ta sử dụng các khung chống lồng vào trong khung chống hang dẫn. Để làm được việc đó cần phải đưa vào các góc của khung chống các dầm dọc tựa lên cột và các dầm nóc và dầm kê của khung chống kín.

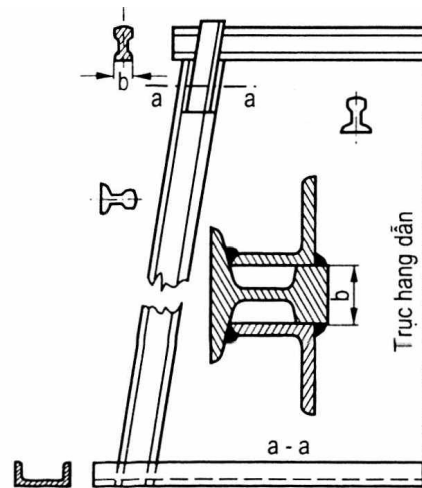
Việc dựng các khung chống lồng làm giảm nhịp tính toán của dầm nóc và cột, tạo điều kiện tăng cường sự ổn định chung của các vì chống.

Đôi khi, để ngăn chặn các hạt bụi bào mòn ở phía ngoài rồi vào hang cùng với nước, mặt ngoài của khung chống lồng có lát ván, không gian giữa ván này và ván của khung chống chính được lấp đầy bằng các vật liệu lọc.

Việc đào hang trong đất yếu bão hoà nước, tin cậy hơn cả là dùng khí nén để ép nước và tăng cường sự ổn định cho đất no nước hoặc bằng các phương pháp đặc biệt khác.

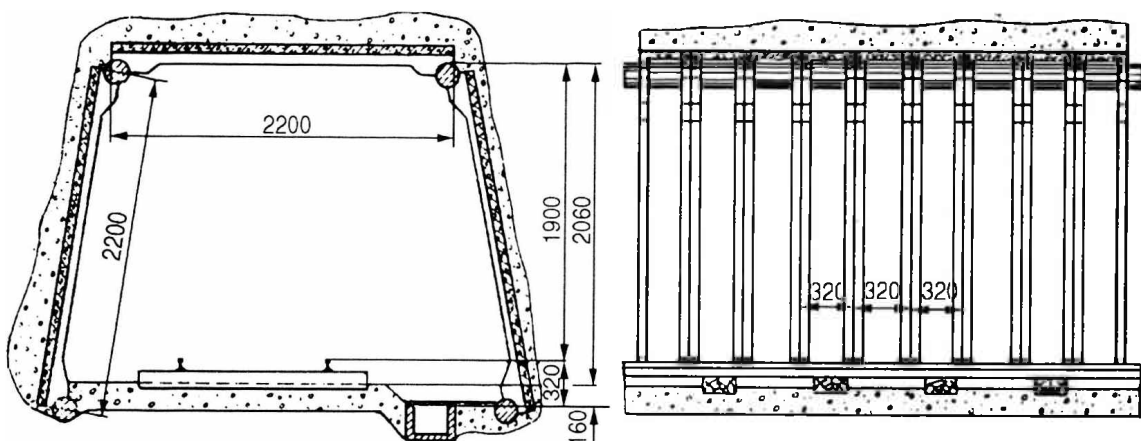
Vì chống gỗ thường công kênh, do đó tiết diện hang thường tăng một cách vô ích, vì chống gỗ có biến dạng lớn, dẫn đến lún và dịch chuyển đất đá xung quanh hang, và vì chống gỗ, về nguyên tắc, không được sử dụng lặp lại. Ưu điểm của vì chống gỗ là có khả năng biến dạng lớn mà không phá huỷ, điều đó tạo nên khả năng áp dụng các biện pháp gia cường để chịu được áp lực đất vượt các giá trị tính toán.

Để khắc phục những nhược điểm của vì chống gỗ và tình trạng khan hiếm vật liệu gỗ ngày càng tăng người ta đã đưa vào sử dụng các vì chống kim loại, bê tông cốt thép và các vì chống chuyên dụng khác. Trên hình 1.9 là một vì chống thép đã được sử dụng rộng rãi ở Liên Xô và một số nước khác. Dầm nóc và cột của vì chống này được chế tạo bằng ray đường sắt III-a (mác ray Liên Xô cũ), nối ở góc bằng mộng còn dầm kê là thép U đặt trên sàn hang.



Hình 1.9: Vì chống hang dẫn bằng thép

Đối với những hang để lâu dài với vì chống tạm, người ta sử dụng hợp lí vì chống chế sẵn bằng bê tông cốt thép. Ưu điểm của nó là lắp ráp thuận lợi, không bị rỉ và tiết kiệm, dùng đi dùng lại được nhiều lần. Trên hình 1.10 là một vì chống như vậy.



Hình 1.10: Vì chống hang dẫn bằng bê tông cốt thép

§6. LIÊN HỆ CÁC HANG NGANG THEO CHIỀU CAO

Trong quá trình xây dựng hầm các bộ phận hang nằm ở các mức khác nhau, nối với nhau để cho người đi lại, thải đất đá đào ra ở các mức trên cao, cũng như để đưa lên các bộ phận trên cao vật liệu (trong đó có gỗ chống). Ngoài ra các lối thông như vậy còn để mở gương mới, khi bắt đầu phần đào mở rộng.

1. Mở hang dẫn trên

Việc mở hang dẫn trên được bắt đầu từ việc làm một sàn an toàn ở phía trên đường vận chuyển, có thành cao không nhỏ hơn 15cm để đảm bảo an toàn cho vận chuyển ở hang dẫn dưới. Đầu tiên đào từ dưới lên trên đến nóc của hang dẫn trên một lối thông thẳng đứng 1 kích thước 70 × 70cm (hình 1.11).

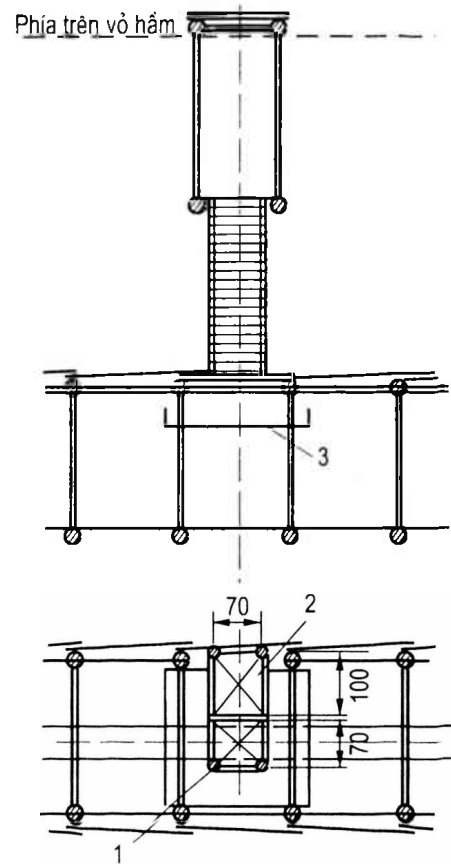
Trong đá cứng việc đào bằng cách nổ mìn các lỗ mìn khoan song song, trong đất đá mềm không ổn định thì đào thủ công cùng với việc chống đỡ cẩn thận đến cách gương không lớn hơn 1 mét, có chèn ván ở nóc hang.

Trong các đất bão hoà nước việc đào được tiến hành cùng với việc khoan lỗ khoan vượt trước không nhỏ hơn 2 mét để đề phòng tình trạng vỡ nước hoặc cát chảy vào hầm. Để chống đỡ lối thông thường sử dụng các khung chống chế sẵn bằng ván, có chiều dày không nhỏ hơn 7cm.

Sau khi đào đến hết chiều cao thì tiến hành mở rộng phần trên của lối thông đến kích thước, đảm bảo dựng được hai khung chống của hang dẫn trên, cùng với việc chống đỡ nóc và vách hang. Để đảm bảo khả năng đào được hang dẫn trên, lối thông được mở rộng từ trên xuống, trên suốt chiều cao để ngoài ngăn vận chuyển, còn có ngăn 2 được ngăn che và có trang bị thang cho người đi lại, với kích thước thông thủy không nhỏ hơn 100 × 70cm. Vách ngăn có dạng các giằng chống bằng gỗ tròn có lát xít ván dày không nhỏ hơn 5cm. Cả hai ngăn đều phải có nắp đậy có bản lề ở mức đáy của hang dẫn trên, vách ngăn cho người đi phải có thành xung quanh, cao không nhỏ hơn 25cm.

2. Lối thông để thải đất đá

Trong quá trình đào hang dẫn trên (hoặc phần còn vượt trước) cứ một đến hai đốt hầm (6,5 - 13m) lại đào một lối thông thẳng đứng để thải đất đá từ trên xuống các thiết bị vận chuyển trong hang giao thông ở phía dưới.



Hình 1.11: Mở hang dẫn trên

1. Lỗ phễu; 2. Lối cho người;
3. Sàn che trên đường vận chuyển

Trong các đất đá mềm không ổn định những lối này đào thủ công từ trên xuống dưới cùng với việc ghép xít các khung chống bằng ván (trong đá yếu) hoặc đóng ván theo khung chống bằng gỗ tròn, đường kính 12cm đặt cách nhau không thưa hơn 100cm.

Trong đá cứng thì không cần chống đỡ lối thông, đặc biệt là khi nó có dạng tròn hoặc ô van, khi đó chỉ cần ghép ván theo chu vi lối thông để tránh vung đá khi thải.

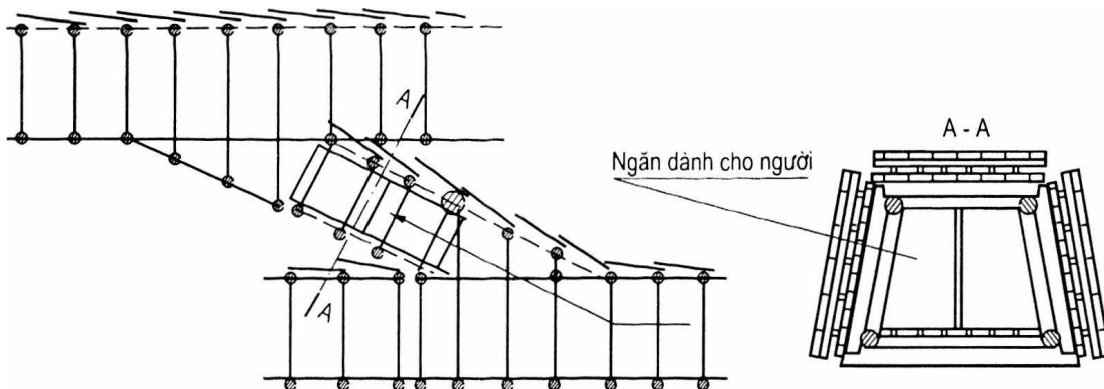
Lối để thải đá được trang bị thiết bị phân phối ở phía dưới để chất đá vào goòng. Ở phía trên cần phải có lưới chắn an toàn, với kích thước ô lưới không lớn hơn 30×30 cm.

3. Lối thông cấp vật liệu

Việc cấp vật liệu lên hang dẫn trên (hoặc lên cho phần vòm) được tiến hành qua những lối thông tiết diện lớn, có trang bị thiết bị nâng, tính cho tải trọng bằng một goòng.

Các vật liệu dài (dầm dọc, cột, và các cấu kiện thép khác...) được cấp lên hang dẫn trên qua các lối thông xiên hoặc bậc thang.

Lối thông xiên (hình 1.12) là một hang dẫn, đào nghiêng một góc 30° với phương ngang, có chống đỡ bằng các khung chống kín, đặt vuông góc với trục hang. Tiết diện ngang của lối thông như vậy có chiều cao không nhỏ hơn 1,8m và chia làm hai phần: ngăn cho vật liệu, có sàn lát ván phẳng, ngăn cho người, có chiều rộng không nhỏ hơn 0,7m có trang bị thang có tay vịn.

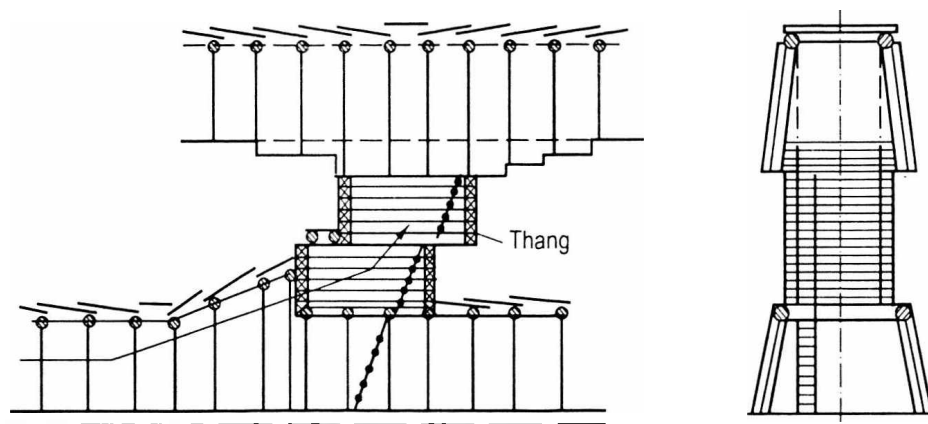


Hình 1.12: Lối thông xiên

Ưu điểm của lối thông xiên là ở tính tổng hợp, cho phép thiết lập nhanh chóng, an toàn không chỉ trong đất đá ổn định mà cả trong đá yếu. Nhược điểm của nó là chiều dài lớn và khối lượng đào đất đá và gia cố là đáng kể, cũng như vị trí nằm nghiêng là bất lợi cho sự làm việc tính với áp lực thẳng đứng. Do đó các khung chống xiên thường phải được tăng cường bằng các khung lồng, đặc biệt là trong đất đá yếu, không ổn định.

Trong các đất đá, có áp lực đất thẳng đứng chiếm ưu thế, thì lối thông bậc thang, chỉ ra trên hình 1.13 tỏ ra kinh tế hơn, vách của lối thông được chống bằng các khung chế sẵn. Các kích thước dọc của lối thông được quyết định bằng đồ giải, từ điều kiện di chuyển được một cách dễ dàng những cấu kiện vì chống dài nhất. Bề rộng của lối thông

thường lấy bằng bề rộng của hang dẫn trên. Lối thông bậc thang có chiều dài nhỏ nhất và khối lượng đào đất cũng không quá lớn.



Hình 1.13: Lối thông bậc thang

Các lối thông xiên và bậc thang được sử dụng để đưa từ hang dẫn dưới lên phần bên trên các ống thông gió, các thiết bị phụ trợ khác. Những yếu tố này cũng cần được xét tới khi quyết định các kích thước tiết diện của lối thông.

§7. ĐÀO MỞ RỘNG PHẦN TRÊN HANG

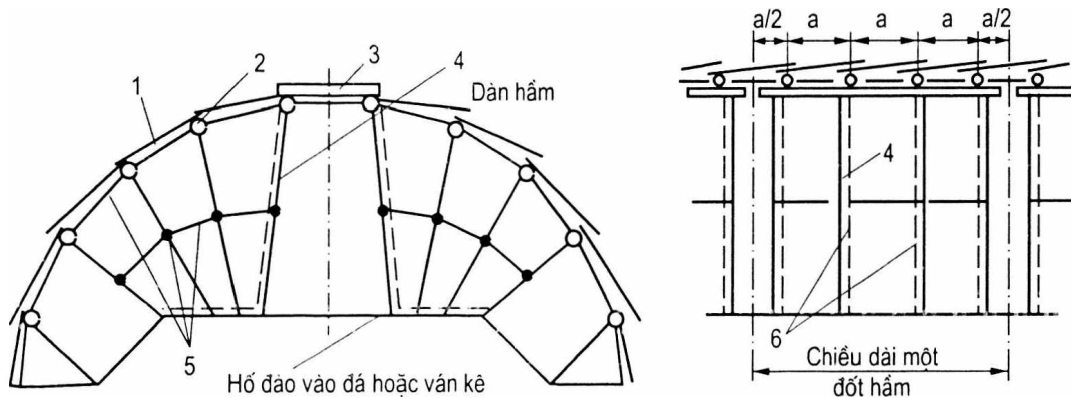
Việc đào chuyển từ hang dẫn trên, có kích thước không lớn, sang hang có bề rộng bằng bề rộng thiết kế của hầm là giai đoạn quan trọng nhất và nó được gọi là đào mở rộng phần trên (phần vòm). Do tăng nhịp hang mà áp lực đất tăng một cách đáng kể. Tốc độ tăng của áp lực đất phụ thuộc vào mức độ phá hoại sự cân bằng của khối địa tầng bao quanh hang khi đào mở rộng và cũng phụ thuộc khá nhiều vào đặc trưng của vòm chống tạm được sử dụng.

Việc mở rộng tiết diện hầm đến toàn mặt cắt và đổ bê tông vỏ hầm được thực hiện theo từng đốt, chiều dài của đốt hầm được xác định phụ thuộc vào các điều kiện địa chất, trong phạm vi từ 4 đến 6,5 mét. Trong những điều kiện đặc biệt khó khăn, khi áp lực đất tăng nhanh và lưu lượng nước ngầm lớn thì cho phép giảm đốt hầm đến 2 mét.

Khi đào mở rộng phần vòm trong các đất đá cần chống đỡ, thì vòm chống dạng nan quạt được sử dụng phổ biến, các cấu kiện cơ bản của nó là những dầm dọc có chiều dài bằng chiều dài của đốt đào mở rộng; các ván giữ nóc hang được đặt hoặc đóng theo phương ngang và tựa lên các dầm dọc; các cột chống xiên và các giằng.

Việc đào mở rộng phần vòm được bắt đầu không sớm hơn khi hang dẫn trên đã đào được ba đốt và có không ít hơn hai lối thông đứng giữa hang dẫn trên và hang dẫn dưới. Trước khi đào mở rộng cần phải gia cường vòm của hang dẫn trên và đảm bảo có điểm tựa cho các ván chèn bằng cách dựng khung chống phụ (hình 1.14). Thành phần của khung chống phụ gồm: dầm dọc ($d = 22 \div 30\text{cm}$), các cột kê giữ dầm dọc ($d = 20 - 25\text{cm}$)

và giằng ngang ($d = 12 \div 15\text{cm}$). Các cấu kiện của khung chống phụ được nối với nhau bằng mộng và đinh đĩa.



Hình 1.14: đào mở rộng phần vòm

1. Ván; 2. Dầm dọc; 3. Dầm nóc; 4. Cột tăng cường; 5. Giằng; 6. Cột chống đã tháo đi

Các cột được đặt trong những mặt phẳng khác với các cột của khung chống hàng dẫn tựa trực tiếp vào các hố lõm trên đá hoặc trên dầm kê được nện chặt để toàn bộ tải trọng lên khung chống phụ mà trước đây các cột chống hàng dẫn tiếp nhận. Tốt nhất là đưa các cột vào làm việc mà không cần nện, bởi vì dưới tác dụng của các chấn động nện có thể bị trượt và đòi hỏi phải quan tâm kiểm tra thường xuyên.

Yêu cầu trên có thể đạt được bằng cách sử dụng cột có chiều dài lớn hơn một chút so với khoảng cách giữa mép dưới của dầm dọc và mặt kê, có mộng miệng bát ở đầu trên. Đặt cột hơi nghiêng dọc theo trục của dầm dọc, bằng cách đóng cho cột trở về vị trí thẳng đứng, dù có bị ép mặt một chút ở đầu mộng miệng bát nhưng dầm dọc cũng được nâng lên và ép chặt vào các dầm nóc của khung chống.

Sau khi dựng khung chống phụ trên ba đốt liên tiếp, người ta tiến hành đào mở rộng ở đốt giữa, bằng cách tháo các ván chèn vách hàng dẫn ở phía trên và trong trường hợp cần thiết thì đóng ván theo phương ngang để gia cố nóc phần mở rộng. Dưới sự che chở của những ván này tiến hành đào đất đối xứng về hai phía của hàng dẫn trên cùng với việc tháo bỏ dần ván chèn vách bên của hàng dẫn trên. Khi đào đất đến cách đầu ván đóng ngang 20 - 30cm tiến hành đặt thanh ván kê ngang dày $6 \div 7\text{cm}$, dầm dọc thứ hai và các cột giữ dầm dọc. Giữa dầm dọc và thanh ván kê được đóng các bộ nệm cao, lớp ván đóng tiếp theo được đóng vào khoảng hở giữa các nệm cao rồi tiếp tục đào đất đá cho đến khi đạt được tiết diện thiết kế.

Vị trí của các dầm dọc theo chiều cao cần xét đến độ lún có thể của chúng trong thời gian đào hang và đổ bê tông vỏ hầm. Nếu trong thời gian đổ bê tông các dầm dọc được tháo đi, thì chúng được bố trí sao cho sau khi lún các ván nó chống giữ vẫn nằm ngoài giới hạn đường biên thiết kế của vỏ hầm. Nếu việc tháo bỏ các dầm dọc kéo theo những nguy hiểm do lún nóc hang, thì các dầm dọc phải nằm ngoài biên thiết kế của vỏ có xét

đến độ lún có thể của chúng. Khi chiều cao cột lớn hơn 2 mét thì chúng được giằng bằng các giằng dọc và giằng ngang, đặt ở khoảng một nửa chiều cao của cột.

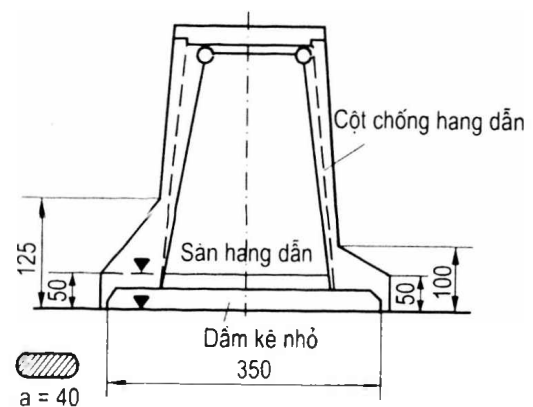
Trong các đất đá không đòi hỏi phải đóng ván, thì đầu tiên dựng cột và dầm dọc, sau đó chèn ván, đặt các thanh kê ngang và nệm chặt ván vào đất đá.

Sau khi kết thúc đào mở rộng phần vòm trong phạm vi một đốt, thì cũng dựng xong các dầm chống ngang dạng nan quạt bao gồm các cột và các giằng liên kết còn theo phương dọc là các dầm dọc và các giằng, vì chống kiểu này thường được gọi là dầm hầm.

Chiều cao của hang dạng vòm, đào mở rộng từ hang dẫn trên, bị hạn chế bởi chiều cao của hang dẫn, tức là không lớn hơn 3,5 mét. Trong một số trường hợp (khi xây dựng hầm bằng phương pháp vòm trước) người ta đào mở rộng phần trên có chiều cao lớn hơn bằng cách hạ nền đến vị trí chân vòm.

Khi đào mở rộng trong đá cứng đòi hỏi phải khoan nổ mìn, cần phải rất cẩn thận. Trước khi nổ mìn phân mở rộng vì chống hang dẫn cần được gia cường để đảm bảo sự ổn định. Các bộ phận mở rộng, nằm ở hai phía của hang dẫn, cần nổ mìn lần lượt, chỉ đào nửa thứ hai sau khi nửa thứ nhất đã được gia cố cẩn thận.

Nếu như trong quá trình đào hang tiếp theo đòi hỏi phải hạ nền trên toàn bề rộng phần mở rộng, thì nó được thực hiện làm 1 ÷ 2 quá trình từ mở rộng phần nhỏ (đôi khi trung bình) đến mở rộng lớn. Để giảm nhẹ việc hạ nền mở rộng trong thành phần của vì chống được đưa vào các dầm kê ngang để làm nền cho các cột của dầm hầm. Khi đào mở rộng phần nhỏ trong phạm vi một đốt, người ta đặt 4 ÷ 5 dầm kê ngang nhỏ, là gỗ cây tròn đường kính đến 40cm để phẳng hai mặt và chiều dài đủ để đặt trên nó tất cả các cột của dầm hầm nhỏ (hình 1.15). Các dầm kê đào mở rộng nhỏ được đặt trong một rãnh sâu 50cm, đầu của chúng được đặt vào các ngách đào vào hai bên vách của hang dẫn trên. Việc đào mở rộng nhỏ được thực hiện theo thứ tự đã nêu trên, chỉ khác là các cột được kê lên dầm kê mở rộng nhỏ.

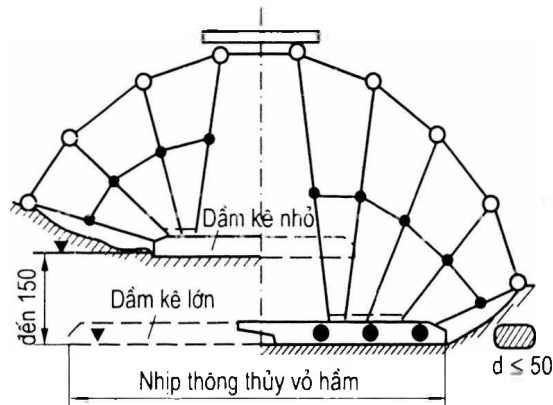


Hình 1.15: Đặt dầm kê đào mở rộng nhỏ

Để chuyển sang đào mở rộng phần lớn (đào mở rộng trung bình ít sử dụng) trong các rãnh đào ngang, ở đủ xa các dầm hầm đào mở rộng nhỏ, có chống đỡ phù hợp với độ cứng của đất đá, người ta đặt các dầm kê đào mở rộng lớn, là cây gỗ đường kính đến 50cm (hình 1.16) có vát hai mặt. Chiều dài của dầm kê lớn, đặt ở mức chân vòm, lấy nhỏ hơn một chút so với nhịp thông thủy của vòm hầm. Để có thể đưa vào và lắp đặt dầm kê vào vị trí, nó được ghép mộng từ hai nửa. Sau khi đặt tất cả các dầm kê lớn vào vị trí trong phạm vi một đốt, tiến hành chống đỡ lại nóc hang từ các cột mở rộng nhỏ sang các

cột mở rộng lớn. Việc đưa các cột này vào làm việc, giống như đã nêu trên, là không dùng nệm. Sau đó tháo bỏ các cột, giằng và dầm kê của đào mở rộng nhỏ.

Vì chống cuối cùng của đào mở rộng lớn gồm các dàn hầm kê lên dầm kê lớn như trên hình 1.16 (nửa bên phải).



Hình 1.16: Đào mở rộng lớn

Việc đào mở rộng phân vòm có sử dụng vì chống chế sẵn bằng thép là thuận lợi và hợp lí hơn về mặt kĩ thuật. Đặc biệt là khi sử dụng vì chống giá vòm liên hợp cùng với việc đóng ván dọc (xem chương 2).

Khi đào mở rộng tiết diện hang cân phải hạn chế tối đa đào vượt đất đá, làm tăng khối lượng đào và tăng khối lượng bê tông vô hầm. Đào vượt theo chiều cao cho phép không lớn hơn 50mm, đào vượt trên mặt bằng khi đào bằng búa chèn không lớn hơn 100mm và khi đào bằng nổ mìn là không lớn hơn 150mm.

Chương 2

XÂY DỰNG HẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP MỎ

§1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

Tên gọi "Phương pháp mỏ" có quan hệ tương hỗ với công nghiệp khai khoáng, ở đây thường sử dụng phương pháp đào hang truyền thống bằng khoan nổ mìn trong đá cứng cùng với các vì chống tạm rồi xây vỏ hầm vĩnh cửu.

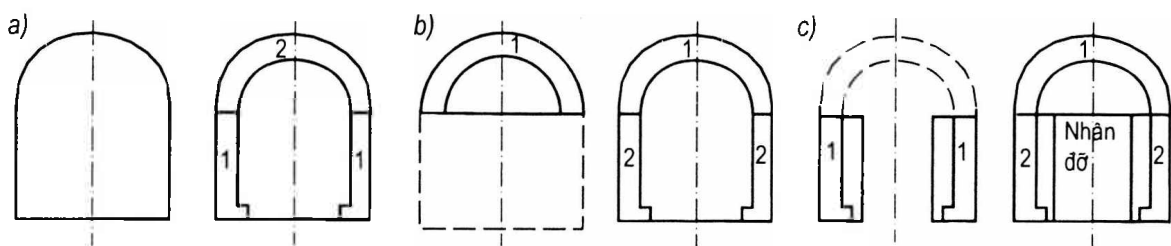
Xây dựng hầm bao gồm hai quá trình chính: Đào, tức là mở hang có kèm theo việc dựng vì chống tạm trong trường hợp cần thiết và xây vỏ hầm: xây tường, xây vòm. Tùy thuộc vào đặc điểm của công trình và các điều kiện địa kỹ thuật, các quá trình này được thực hiện theo những trình tự khác nhau và mở các diện thi công dọc theo hang khác nhau. Nội dung này xác định phương pháp thi công hầm.

Các phương pháp xây dựng hầm hiện nay có thể phân thành ba nhóm, đặc trưng bằng những điểm sau:

1. Đào toàn tiết diện (sau một quá trình hoặc theo từng phần), toàn bộ đất đá được đào và đưa ra ngoài, sau đó trong hang đã đào xong tiến hành xây vỏ hầm theo thứ tự tường - vòm (hình 2.1a).

2. Đầu tiên đào và gia cố phần vòm, trong phần này tiến hành xây ngay vòm 1 tựa lên đá (hình 2.1b). Sau khi đào phần giữa hang, hoặc qua giếng từ phần vòm, tiến hành lấy đất từ chân vòm và xây tường 2 theo từng đốt một.

3. Tường 1 của vỏ được xây dựng trong hang dẫn, sau đó đào mở rộng phần vòm, trong phần vòm tiến hành xây vòm 2 tựa lên tường đã xây (hình 2.1c). Dưới sự che chở của vòm hầm đã xây tiến hành đào nhân đất ở giữa, nhân đất này đã đóng vai trò kê giữ vì chống tạm.



Hình 2.1: Các giai đoạn chính trong xây dựng hầm

Việc mở rộng các công đoạn trong quá trình xây dựng hầm được xác định từ những điều kiện cụ thể. Với sơ đồ dây chuyền thì tất cả các quá trình đào hang và xây vỏ đều tiến hành song song ở hàng loạt vị trí thi công, phân bố dọc theo chiều dài hang. Theo mức độ dịch chuyển của gương đào, các khu thi công khác cũng dịch chuyển tịnh tiến theo. Với sơ đồ vòng, tất cả các quá trình cơ bản được thực hiện một cách tuần tự trong phạm vi một đốt, chiều dài của đốt được quyết định phù hợp với các điều kiện kỹ thuật, sao cho không có các biến dạng dư đáng kể ở nóc hang và liên quan đến nó là tăng áp lực địa tầng. Có thể dùng sơ đồ hỗn hợp, với sơ đồ này một số công việc tiến hành tuần tự trong phạm vi một đốt, các quá trình còn lại thì tiến hành song song.

Các phương pháp thi công xếp vào nhóm 1 bao gồm: Đào toàn tiết diện (theo phương án dây chuyền hoặc sơ đồ vòng), phương pháp bậc thang, phương pháp hang dẫn giữa, đào mở rộng phân vòm, bậc dưới.

Các phương pháp thuộc nhóm 2 bao gồm: phương pháp vòm trước (một hoặc hai hang dẫn, phân vòm vượt trước).

Nhóm ba bao gồm phương pháp nhân đỡ.

Phương pháp thi công hầm được lựa chọn phụ thuộc vào các đặc điểm địa chất công trình, địa chất thuỷ văn của khu vực đặt hầm; kích thước tiết diện ngang hầm; chiều dài hầm và những điều kiện địa phương (khả năng cơ giới hoá, các vật liệu chống đỡ trình độ chuyên môn của đội ngũ kỹ thuật, công nhân, thời hạn xây dựng). Trong số những đặc điểm trên thì yếu tố quan trọng và quyết định là độ cứng của địa tầng bao quanh, chúng quyết định hình thức, yêu cầu đối với kết cấu chống đỡ tạm và vỏ hầm. Về phương diện này người ta phân chia ra làm địa tầng mềm yếu và địa tầng cứng chắc.

Trong các địa tầng yếu (cát, á cát), mềm (á sét và sét) và các địa tầng nửa cứng (đá diệp thạch sét bão hoà, mergeli) có thể phát sinh áp lực địa tầng lớn. Vì thế để giảm áp lực đất, tiết diện hầm được chia thành các mảnh khá bé, ngay lập tức phải dựng vì chống tạm (tốt nhất là vì chống gỗ), loại trừ khả năng sụt lở đất đá. Vì chống thường gồm khá nhiều cấu kiện, chất đầy hang, hạn chế khả năng cơ giới hoá quá trình thi công. Việc đào đất đá trong những điều kiện như thế này thường là thủ công với các công cụ cầm tay như xẻng hơi, búa chèn. Bốc đá cũng thủ công hoặc bằng máy xúc loại nhỏ. Việc xây vỏ thường liên quan đến việc phải tháo bỏ, thay thế vì chống tạm, nên cũng thường là thủ công, cấp bê tông bằng gòong vì điều kiện không cho phép áp dụng các thiết bị đổ bê tông cơ giới.

Trong đá cứng có thể phân chia tiết diện thành các mảnh lớn hơn, thậm trí có thể đào toàn tiết diện hang ngay một lúc. Khi đó vì chống tạm thường chỉ chiếm phần không gian dọc theo chu vi hang, không gian bên trong tự do. Nhờ đó mức độ cơ giới hoá thi công có thể đáng kể. Việc đào đất đá thông thường bằng phương pháp khoan nổ mìn, có sử dụng các máy khoan có năng suất cao. Xúc đá bằng máy xúc, chuyên chở đá bằng gòong hoặc ô tô tự đổ. Để đổ bê tông vỏ người ta sử dụng ván khuôn kim loại di động, tạo diện thi công đủ để áp dụng các thiết bị cơ giới để đổ bê tông.

§2. XÂY DỰNG HẦM TRONG ĐÁ NỬA CỨNG, MỀM VÀ YẾU

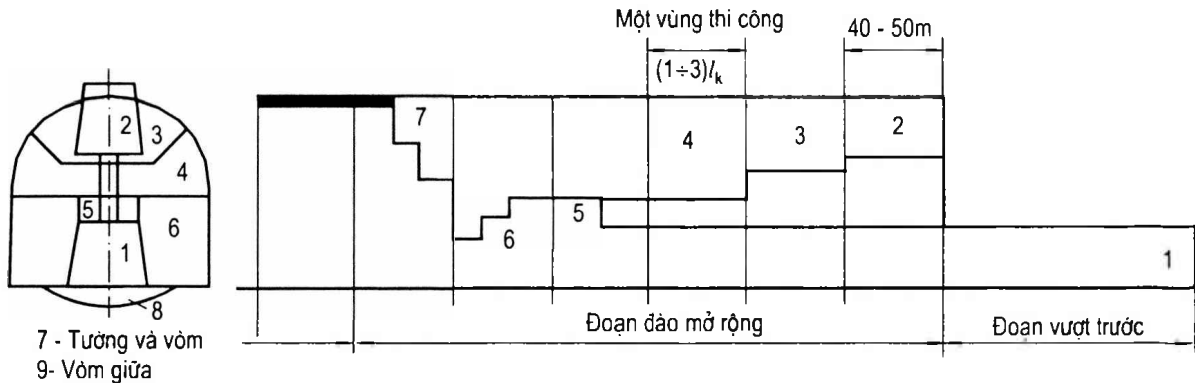
Trong địa tầng nửa cứng và mềm để xây dựng hầm người ta sử dụng phương pháp vòm trước, đôi khi là phân mảnh đào toàn tiết diện. Trong các địa tầng yếu là phương pháp nhân đỡ, phương pháp nước áo mới (NATM), phương pháp chống trước vách...

Chống đỡ tạm chủ yếu là vì chống nan quạt gỗ, gồm những dầm, cột được lắp ráp với nhau thành các dàn dạng nan quạt trong một mặt phẳng theo hướng từ giữa tiết diện dẫn ra biên.

1. Phương pháp phân mảnh đào toàn diện

Phương pháp này được áp dụng với hai phương án: dây chuyền hoặc sơ đồ vòng theo chiều dài hang.

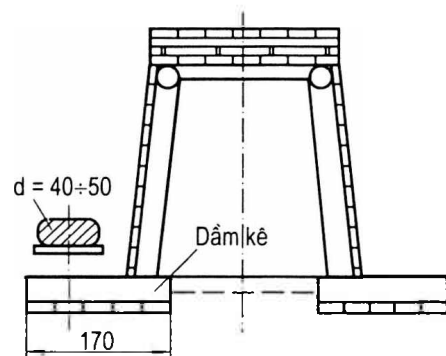
Trong trường hợp thứ nhất (hình 2.2) việc mở rộng ra toàn tiết diện bắt đầu từ hang dẫn 2, được đào từ hang dẫn 1. Sau khi đào hang dẫn 2 được một khoảng không nhỏ hơn 3 đốt (chiều dài mỗi đốt thường không lớn hơn 4 mét), không lớn hơn $(40 \div 50)$ mét thì tiến hành đào mở rộng phần nhỏ 3 trên chiều dài một đốt, đào mở rộng phần lớn 4 có hạ nền tương ứng. Cột chống hang dẫn và dàn chống mở rộng phần nhỏ là ở trong những mặt phẳng khác nhau (xem hình 2.4).



Hình 2.2: Phương án dây chuyền của phương pháp phân mảnh đào toàn tiết diện

Giai đoạn tiếp theo là chuẩn bị nền trong hang dẫn dưới để mở rộng ra vì chống toàn tiết diện hang. Để làm việc này, trong mặt phẳng dàn chống mở rộng phần lớn đặt các dầm kê đường kính đến 50cm, cắt làm hai nửa, đỉnh của dầm kê này trùng với đỉnh dầm kê của khung chống hang dẫn dưới (xem hình 2.3).

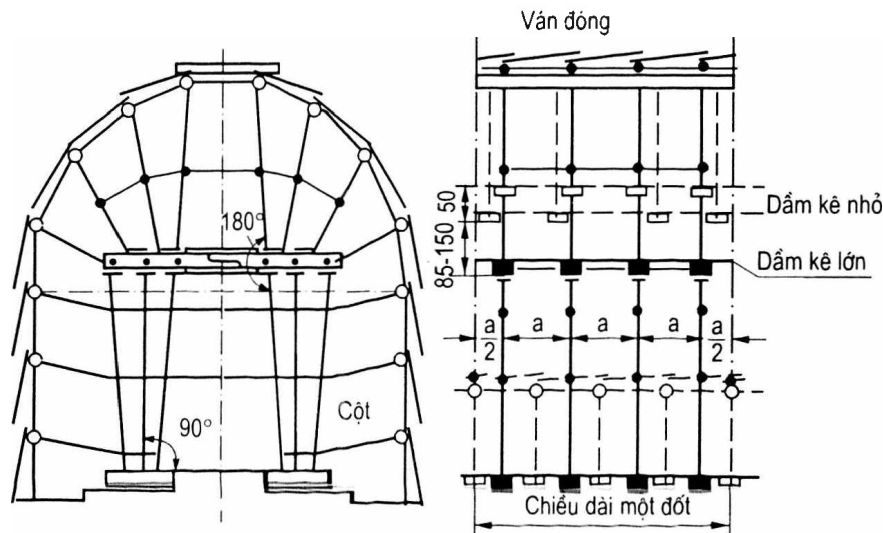
Sau khi đào phần thông 5 (xem hình 2.2) người ta đặt hai cột chống phía dưới sao cho thẳng hàng với hai cột đầu tiên của vì chống mở



Hình 2.3: Đặt dầm kê trong hang dẫn dưới

rộng phần vòm. Tiếp theo từ giữa của đốt đào tiến hành đào mở rộng đối xứng phần 6 và đặt tiếp các cột chống. Cặp thứ hai của cột chống mở rộng phía dưới là đặt thẳng đứng (hình 2.4). Các cột chống được nêm chặt giữa đầu trên cột chống và mặt dưới của dầm kê phía trên. Nhờ đó mà toàn bộ tải trọng sẽ được truyền xuống dầm kê phía dưới. Theo mức độ đào mở rộng, đến biên hang thì đặt các dầm dọc và ván chèn tựa lên nó để chống giữ vách hang. Giữa các cột và giữa các dầm hầm người ta đặt các giằng ngang, giằng dọc để đảm bảo ổn định của cả hệ vì chống.

Việc đặt vì chống như vậy, được thực hiện tuần tự từ giữa đốt ra biên và về hai phía để dần dần truyền tải trọng lên dầm hầm.



Hình 2.4: Vì chống hang đầy đủ

Việc xây dựng vỏ hầm được bắt đầu từ việc chuẩn bị dưới móng tường. Việc đổ bê tông có chứa lại phần gối kê hoặc hố móng cho phần vòm ngửa sau này. Việc đổ bê tông tường được tiến hành theo các giá vòm đặt giữa các dầm hầm cách nhau từ $70 \div 120\text{cm}$ và ghép ván dần từ dưới lên cùng với việc tháo bỏ ván và các cột chống xiên, dầm dọc của dầm hầm.

Giá vòm gỗ thường được ghép từ ba lớp ván dày $5 \div 7\text{cm}$, ghép so le với nhau và đặt kê lên các nêm. Khi đặt giá vòm ở đỉnh có xét đến độ lún của vòm bằng từ 0,5 đến 1% nhịp và giảm dần đến bằng không ở chân vòm.

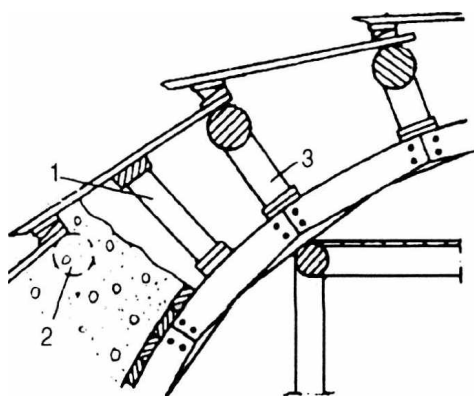
Giá vòm thép (bằng thép hình) thường là hợp lý hơn giá vòm gỗ. Ưu điểm của nó là gọn, nhẹ và tính kinh tế càng tăng khi hầm càng dài do chúng dùng được nhiều lần.

Giá vòm được kê lên các dầm dọc, đặt trên các thép U và được giữ bằng các vì chống. Sau khi dựng các giá vòm thì các dầm dọc của dầm hầm được giữ bằng các cột chống ngắn, tựa lên giá vòm và do đó giá vòm tiếp nhận toàn bộ áp lực địa tầng. Đổ bê tông được tiến hành từng lớp ($20 \div 30\text{cm}$) cùng với việc ghép ván khuôn trên giá vòm. Các cột chống ngắn được tháo dần đi trong quá trình đổ bê tông.

Với khoảng cách giữa các giá vòm $\leq 120\text{cm}$ thì ván khuôn dày 5 - 7cm, rộng đến 15cm đảm bảo nhận được bề mặt vỏ hầm đúng như thiết kế.

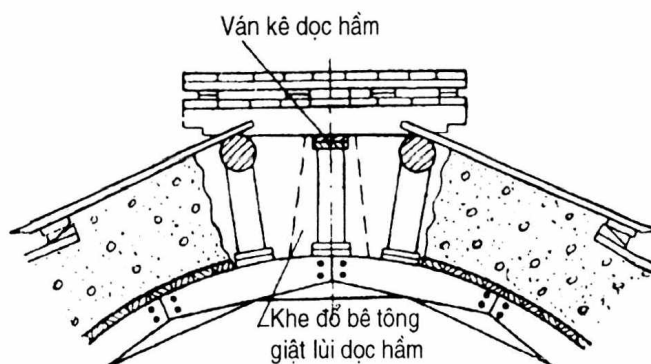
Trước khi tháo dầm dọc thì ván chống được giữ bằng một ván đặt ngang ở chính giữa và giữ bằng cột chống ngấn phụ (hình 2.5). Việc đổ bê tông cứ tiếp tục đến cột chống phụ. Sau khi tháo bỏ cột chống phụ thì bê tông được đổ đến dầm dọc tiếp theo và quá trình được lặp lại. Việc ngừng đổ bê tông với điều kiện nhiệt độ từ $15 \div 20^\circ\text{C}$ là không được vượt quá 2 ÷ 3 giờ bởi vì mỗi lớp đổ bê tông đều phải được đầm chặt trước khi xi măng ninh kết.

Khi đổ bê tông đến cặp dầm dọc đầu trên giữ dầm nóc thì tiến hành khép đỉnh vòm (hình 2.6). Các dầm nóc trong một đốt đổ bê tông được giữ bằng hai ván dài tựa lên giá vòm bằng cột chống ngấn. Sau khi tháo bỏ một dầm dọc thì đổ bê tông đến giáp cột chống ngấn, sau đó làm tiếp cho dầm dọc còn lại. Cuối cùng tháo ván đỡ và cột chống ngấn rồi đổ bê tông khe còn lại theo phương dọc hầm và đặt dần ván khuôn giữa các giá vòm.



Hình 2.5: Đổ bê tông vòm cùng với việc tháo vòm chống

1. Cột chống phụ; 2. Dầm dọc đã tháo đi;
3. Cột chống tựa lên giá vòm



Hình 2.6: Khép đỉnh vòm

Việc tháo ván khuôn cho phần vòm được xác định theo tiêu chuẩn, bằng cách tháo đối xứng các nêm dưới các cột đỡ giá vòm.

Đất đá trong phạm vi vòm ngửa được đào theo từng đoạn ngắn, không lớn hơn một nửa chiều dài của đốt đổ bê tông vỏ hầm. Để đề phòng hiện tượng trôi nền và trượt chân vòm người ta đặt các thanh giằng ngang giữa hai chân vòm, khi có áp lực bên lớn.

Sơ đồ mở rộng công tác thi công theo chiều dài hang được mô tả trên hình 2.2. Chiều dài của mỗi đoạn, trên đó tiến hành những công việc như nhau chiếm từ 1 ÷ 3 đốt hầm. Chiều dài chung của phần mở rộng (không xét đến đoạn thi công vòm ngửa) là đến 18 đốt hầm.

Khi gặp địa tầng yếu, chiều dài đoạn thi công được rút ngắn để có thể xây dựng được vỏ hầm trước khi có sự dịch chuyển của địa tầng do đào hang dẫn và mở rộng đến biên thiết kế của hang.

Khi thi công theo sơ đồ dây chuyền, đoạn thi công được bố trí gián đoạn và trong mỗi đoạn có từ một đến ba đội công nhân thực hiện một số công việc như nhau.

Ưu điểm của phương pháp là: chia nhỏ gương đào ra làm một loạt các gương nhỏ không cần phải chống đỡ, có diện thi công rộng, cho phép sử dụng đồng thời một số lượng lớn công nhân, dịch chuyển gương khá nhanh do tiến hành đồng thời các công việc trên một số đốt hầm, tính toàn khối của vỏ hầm tốt do đổ bê tông liên tục trong phạm vi mỗi đất vỏ hầm.

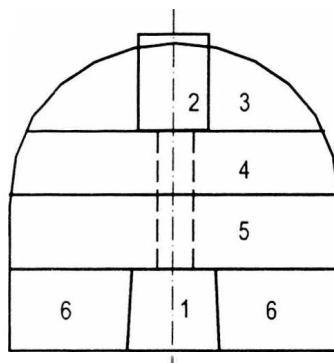
Với một đoạn thi công gồm một đến ba đốt hầm, dài 4 mét thì hang với toàn bộ bề rộng ở trên vì chống tạm có chiều dài từ 20 đến 60 mét. Tuy nhiên điều đó không phải là nguy hiểm, bởi vì trị số của áp lực địa tầng không xác định theo chiều dài mà là theo bề rộng hang. Điều đó có ý nghĩa chính là độ dài thời gian để hang với vì chống tạm. Với tốc độ di chuyển gương đều đặn thì khoảng thời gian từ lúc đào đến khi kết thúc việc đổ bê tông vỏ của phương pháp là không lớn. Trong trường hợp cần thiết có thể rút ngắn bằng cách rút ngắn chiều dài vùng thi công xuống chỉ còn một đốt hầm.

Tuy nhiên phương pháp có nhược điểm đáng kể, làm hạn chế khả năng áp dụng của phương pháp này. Kết cấu vì chống tạm rất phức tạp, đòi hỏi chi phí một lượng gỗ khá lớn, giá thành cũng khá cao. Đặc biệt trong điều kiện nước ta, cũng như nhiều nước trong khu vực, gỗ là vật liệu khan hiếm.

Số lần thay thế vì chống nhiều, khi truyền tải trọng là áp lực đất từ vì chống của hang nhỏ sang vì chống hang lớn không tách khỏi có độ lún ở nóc hang do dầm kê bị ép vào địa tầng, do ép mặt các mộng và nêm v.v... (thường $5 \div 10$ cm và lớn hơn cho một lần thay thế vì chống). Tính phức tạp của quá trình thi công; vì chống chất dầy hang làm hạn chế việc cơ giới hoá quá trình thi công. Chính vì những lý do trên, phương pháp này không được áp dụng khi cần đào nhanh và trong điều kiện đô thị hiện nay, nơi không cho phép xảy ra hiện tượng lún bề mặt khu vực xây dựng.

Phạm vi áp dụng của phương pháp này là đào các hầm ngắn trong các địa tầng khá yếu, không đòi hỏi phải khoan nổ mìn, cần phải xây nhanh vỏ hầm trên toàn tiết diện ngang, khả năng cơ giới hoá thấp (như khi có áp lực bên của đất lớn).

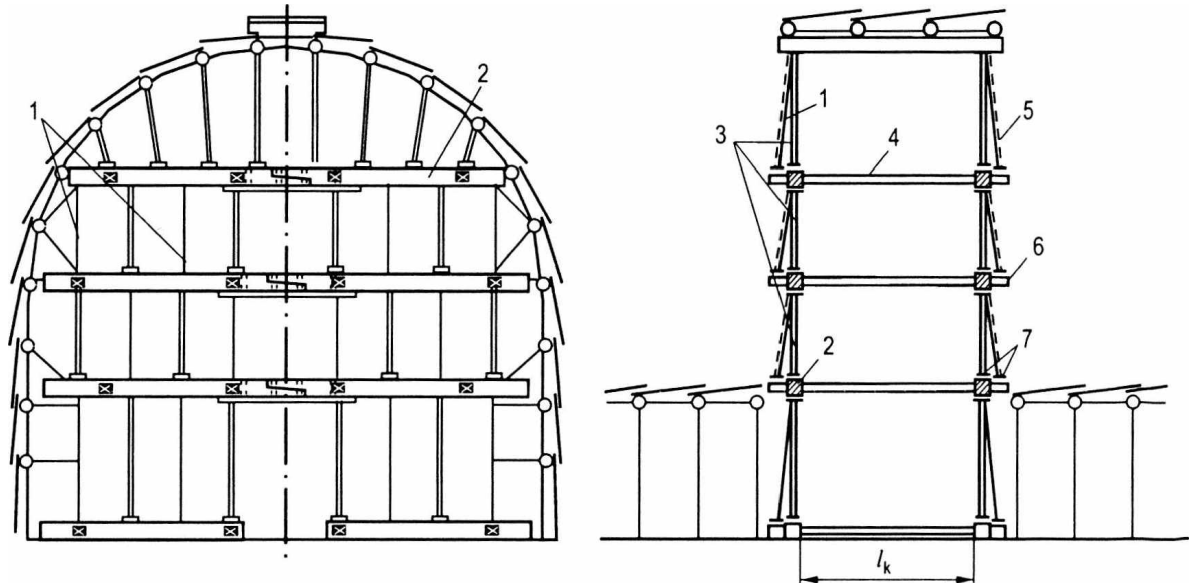
Trong các địa tầng ổn định hơn, có thể hiện áp lực đất thẳng đứng và áp lực bên không lớn nhưng không cho phép đào hang trên đoạn dài (ví dụ trong những hầm đi theo đường phương của lớp địa tầng), tất cả các quá trình đào, xây vỏ cần phải tiến hành tập trung trong phạm vi một đốt hầm. Chiều dài một đốt trong trường hợp này lấy giảm xuống $3 \div 4$ mét để tránh sự cần thiết phải đặt các dàn hầm trung gian, hạn chế



Hình 2.7: Phương án vòng của phương pháp phân mảnh đào toàn tiết diện

chỉ có các dàn đầu hồi của đất đào. Khi đó trên suốt chiều cao hang chỉ được gia cố làm một vài giai đoạn trong quá trình đào, trình tự như trên hình 2.7.

Thực chất của phương pháp này (xem hình 2.7) từ hang dẫn dưới 1 là cơ sở để mở các gương đào trung gian - tiến hành đào hang dẫn trên 2 trên một chiều dài bằng một số đốt hầm. Gia cố hang dẫn trên bằng các khung chống gồm một cặp dầm dọc đầu trên tựa lên các cột kê lên nền ngoài phạm vi của đốt đào (hình 2.8).



Hình 2.8: Vi chống toàn hang

1. Cột chống xiên; 2. Dầm kê; 3. Dầm đầu hồi; 4. Giằng;
5. Ván chèn đầu hồi; 6. Dầm kê; 7. Nôm

Sau đó đào mở rộng và tiếp tục đặt các cặp cột, dầm tiếp theo. Mặt đầu hồi của đốt đào được chèn ván 5 và giữ bằng các cột chống xiên 1.

Trong phần đào mở rộng đặt các dầm kê 2 giằng 4, đặt các cột thẳng đứng tạo nên dàn hầm đầu hồi 3.

Giai đoạn tiếp theo là đào mở rộng xuống phía dưới từ phần giữa của đốt hang, ở dưới của những chỗ dầm kê, đặt tiếp tục các dầm kê 6, nôm 7 và dựng cột xiên. Sau khi đào, đặt được cặp dầm kê mới, các cột thẳng đứng và giằng, quá trình đào và dựng dàn đầu hồi được tiếp tục lặp đi lặp lại như vậy cho đến lớp cuối cùng.

Trong không gian một đốt hang được tạo nên, tiến hành xây ngay một vòng vỏ hầm. Ưu điểm của phương pháp này là hoàn thành nhanh, một tổ hợp công việc từ đào cho đến xây một đốt hầm ở trong hang trên một đoạn không lớn. Áp lực đất sẽ không phát triển hoàn toàn như phương án dây chuyền và việc xây đốt vỏ trong một không gian không bị chèn ép vì chống. Điều này có ý nghĩa đặc biệt khi đào một buồng ngắn để lắp ráp vòng vỏ hầm lắp ghép, cần được tiến hành với độ chính xác cao, nhất là thi công các buồng để lắp ráp khiên trong phương pháp khiên đào.

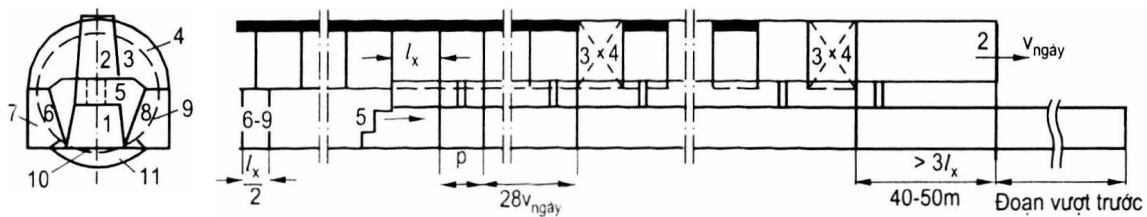
Nhược điểm của phương pháp là cần phải chống đỡ trên toàn tiết diện trong phạm vi một đốt hầm; việc tháo bỏ các dầm dọc trong quá trình đổ bê tông vỏ là rất khó khăn bởi vì các đốt bên cạnh chưa được đào mở rộng.

2. Phương pháp vòm trước

Phương pháp này được áp dụng khi có trong đáy phân mở rộng bên trên một địa tầng ổn định, cho phép tựa lên nó chân của vòm hầm mà không gây ra lún.

Ý tưởng của phương pháp là nhanh chóng xây dựng vỏ hầm vĩnh cửu trong phần vòm để ngăn ngừa hiện tượng lún nóc hang và sự phát triển của áp lực địa tầng.

Với phương án hai hang dẫn (hình 2.9), phương pháp này được áp dụng khi xây dựng các hầm dài, đòi hỏi phải mở nhiều diện thi công. Sau khi đào hang dẫn 2 từ hang dẫn 1, tiến hành đào mở rộng phần vòm 3; tiếp theo là xây vòm hầm vĩnh cửu 4 bằng bê tông. Để tránh hạ nền hang dẫn, liên quan đến việc phải thay thế vì chống gây ra lún, chiều cao của hang dẫn trên cố gắng lấy tối đa, còn khi đào mở rộng 3 thì hai bên đều được đào đến cao độ chân vòm.

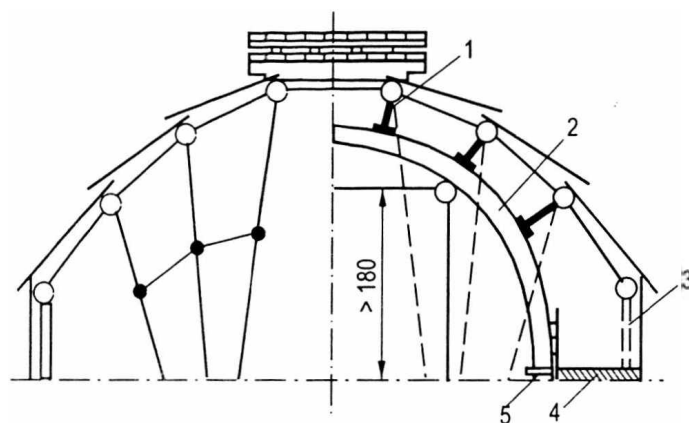


Hình 2.9: Phương án hai hang dẫn vòm trước

Các phần đào mở rộng bố trí cách nhau 1 ÷ 3 đốt hầm, để hạn chế khả năng phát triển áp lực địa tầng và tránh hỏng vòm bê tông ở bên cạnh. Đào đất đá chỉ tiến hành khi vòm bê tông bên cạnh đã đạt không nhỏ hơn 60% cường độ thiết kế (chừng sau 7 ÷ 8 ngày).

Để đảm bảo thông gió cho phần đào mở rộng bên trên cũng như để tạo lối thoát hiểm, cứ không lớn hơn 30 mét phải đào một lối thông cho người, kích thước 70 × 100cm.

Sau khi đào mở rộng tiến hành lắp đặt giá vòm, truyền lên nó các áp lực mà vì chống tạm đã chịu, dưới chân vòm tạo một lớp đệm bê tông nghèo dày ≈ 10cm (hình 2.10), hoặc kê ván rồi đổ bê tông từ chân vòm lên đỉnh bằng phương pháp đã nêu trong mục 1. Tuy nhiên, cũng phải nhận thấy là việc



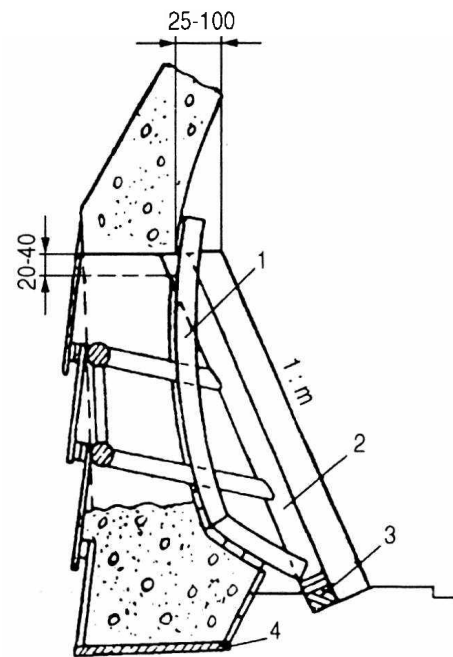
Hình 2.10: Vòm chống đào mở rộng

1. Cột chống tựa lên giá vòm; 2. Giá vòm;
3. Cột chống bằng bê tông; 4. Bê tông lót; 5. Nệm

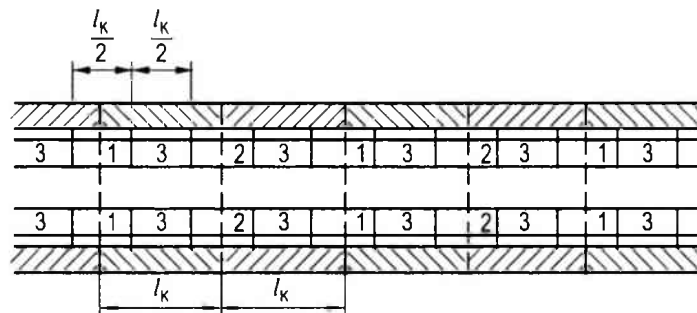
đào mở rộng từng đốt xen kẽ thường gây khó khăn cho việc tháo bỏ các dầm dọc của vì chống tạm, trong nhiều trường hợp phải cưa ra làm các phần nhỏ để tháo. Trong những trường hợp, nếu tháo các dầm dọc thì kéo theo nguy hiểm do lún nóc hang, các dầm dọc khi đào mở rộng phải được bố trí ra ngoài đường biên thiết kế của vỏ hầm, để có thể bỏ lại khi đổ bê tông.

Sau khi vòm bê tông đạt cường độ thiết kế thì tháo cốt pha và tiến hành đào phần lõi 5 (xem hình 2.9). Mái dốc của phần này được quyết định: cho đá cứng là 1: 0,1, cho đá mềm không dốc hơn 1:0,5. Ở chân vòm có chừa lại khoảng (0,25 ÷ 1,0) mét tùy thuộc vào độ cứng của đá (hình 2.11).

Trong đất sét, cũng như trong đá cứng có xen kẹp các lớp yếu hoặc nứt nẻ mạnh, cần phải chống đỡ tạm phần mở rộng 5.



Hình 2.11: Thi công tường dưới vòm
1. Ván khuôn tường; 2. Thanh chống xiên;
3. Xà kê; 4. Bê tông lót



Hình 2.12: Thứ tự đào tường

Từ phần mở rộng giữa 5 (xem hình 2.9) tiến hành đào từng đoạn dưới chân vòm 6,8 và đổ bê tông tường theo từng cột một 7, 9. Giai đoạn cuối cùng là đào nền 10 và xây vòm ngửa (hoặc lót đáy) 11. Đầu tiên đào một cột dưới mỗi nối giữa các đốt vòm sao cho mỗi đốt vòm để hẫng không kê không lớn hơn một phần từ đốt vòm. Sau khi những vị trí yếu nhất này của vòm đã được kê gối chắc chắn (có tường bê tông) thì tiến hành đào và xây các cột trung gian, kết quả là tạo nên một tường liên tục ở dưới vòm (xem trình tự đào chi tiết trên hình 2.12). Chiều dài một đoạn đào được lấy bằng một nửa của đốt vỏ hầm đã xây trong phần vòm, không được lớn hơn một đốt vòm.

Khi đào đất đá dưới chân vòm ở trong địa tầng loại III và IV thì chân vòm được kê giữ bằng không nhỏ hơn hai cột chống xiên, đường kính 28 - 30cm, tựa lên dầm kê dọc.

Vách của hang trong trường hợp cần thiết cũng được chống giữ bằng các ván và các dầm dọc, ngàm hai đầu vào trong các hố lõm, đào trong đất nguyên khối, hoặc được giữ bằng các cột chống của đợt một, còn trong các đá không đủ ổn định thì tựa lên các cột chống xiên (xem hình 2.11).

Trước khi đổ bê tông các đốt cột, trên bề mặt chân tường rải một lớp lót bê tông mỏng. Việc đổ bê tông được tiến hành với các ván khuôn gỗ hoặc thép tựa lên các thanh xiên hoặc tựa ngay lên các cột chống đỡ chân vòm.

Quá trình đặc biệt quan trọng là khép đỉnh tường với chân vòm đảm bảo không xảy ra lún vòm và đảm bảo tính toàn khối của kết cấu vỏ hầm.

Để khép vòm, khi đổ bê tông đến các chân vòm 20 - 40cm thì bề mặt của bê tông phải nằm ngang. Sau đó để bê tông trong khoảng hai ngày rồi lấp đầy khe hở này bằng bê tông khô theo mặt nằm nghiêng và đầm cẩn thận. Ép vữa xi măng một cách hợp lý qua các ống đặt sẵn ở mối nối.

Trong các địa tầng, nếu đào mở rộng phần giữa kéo theo sự mất ổn định, nguy hiểm cho chân vòm thì tường có thể được xây trong những hố đào từ phần mở rộng bên trên xuống. Nếu phải đào như vậy thì thông thường chỉ đào những phần ở dưới mối nối vòm, sau đó thì đào mở rộng phần giữa và xây tường trên những phần còn lại.

Khi có nguồn nước ngầm, đôi khi đầu tiên đòi hỏi phải đổ bê tông vòm ngửa để ngăn chặn hiện tượng trôi nền từ phía đáy hang. Trong trường hợp này tốt nhất là đào phần giữa theo kiểu gương đào tịnh tiến có gia cố bề mặt hang bằng ván đóng và giữ vòm bằng các cột. Việc đổ bê tông tường tựa lên vòm ngửa. Khi đó nên đào đất trong từng đoạn không lớn hơn 3 mét.

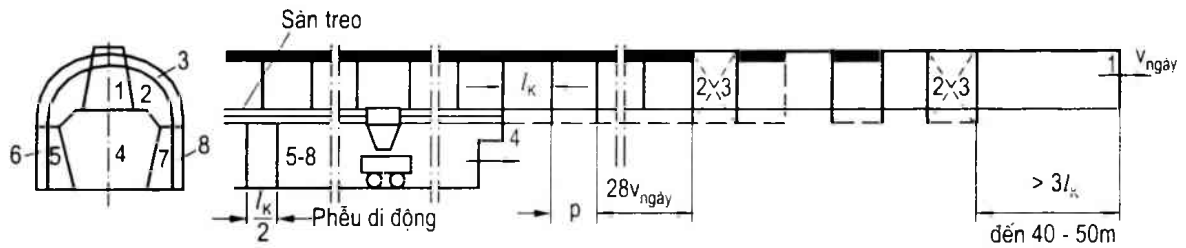
Ưu điểm của phương pháp vòm trước là nhanh chóng xây vỏ hầm vĩnh cửu ở phần nóc hang, giảm được độ lún và rút ngắn số lần thay thế vì chống xuống 2 lần; thi công đơn giản, vì chống mở rộng có độ cứng tốt hơn, do chiều cao không lớn, thi công an toàn dưới sự che chở của vòm bê tông và độ lún mặt đất không lớn, điều này đặc biệt có ý nghĩa khi xây dựng hầm ở dưới những điểm dân cư, trong điều kiện đô thị đã xây dựng dày đặc.

Nhược điểm cơ bản của phương pháp là phải xây tường dưới vòm đã xây có độ cứng lớn và rất nhạy cảm với lún không đều, cũng như khả năng phát sinh biến dạng vòm dưới tác dụng của áp lực bên của địa tầng. Để loại trừ độ lún của vòm cần phải tuân theo một cách nghiêm ngặt trình tự xây tường: đào mở rộng phần giữa không sử dụng nổ mìn trực tiếp dưới chân vòm và khép đỉnh tường cẩn thận. Trong một số trường hợp nên mở rộng chân vòm lớn hơn tường để chân vòm kê lên địa tầng trong thời gian đào và xây tường.

Phương án hai hang dẫn vòm trước là hợp lý trong các địa tầng mềm, ít nén, trong đá có độ cứng trung bình khi không có áp lực bên.

Phương pháp vòm trước có thể áp dụng với phương án một hang dẫn như trên (hình 2.13). Việc lấy hang dẫn trên 1 làm hang dẫn định hướng loại trừ được việc đào thêm các gương mở rộng trung gian. Vì vậy, hang dẫn 1 được đào chủ yếu từ hai cửa đối diện

nhau. Theo mức độ vượt trước của hang dẫn 1, tiến hành đào mở rộng phần 2 và đổ bê tông vòm 3 bằng các trình tự xen kẽ, cách nhau từ $1 \div 3$ đốt hầm. Vận chuyển thải đá trong hang dẫn trên được thực hiện bằng goòng trên ray, hoặc hợp lý hơn là bằng băng tải đặt trong một rãnh dọc phía dưới sâu của hang dẫn trên.

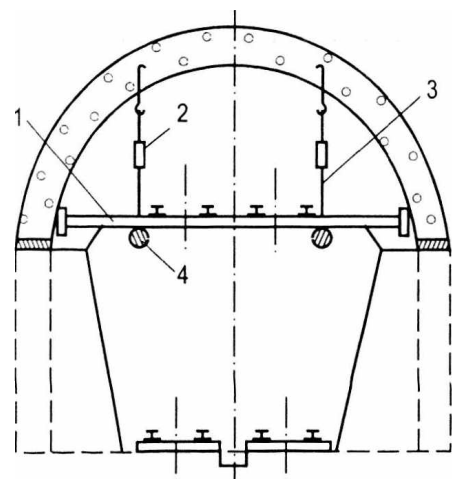


Hình 2.13: Phương án một hang dẫn vòm trước

Sau khi tháo ván khuôn vòm thì đào mở rộng phần giữa 4, đào hầm ếch 5 + 7 và xây tường dưới vòm 6 + 8 giống như đã nêu trong phương án hai hang dẫn.

Để phối hợp nhịp nhàng thuận lợi trong các gương ở phần trên và phần dưới người ta thiết lập một sàn công tác treo, theo nó cấp vật liệu, thiết bị vào phần trên và thải đá theo từ phần trên xuống phần dưới (hình 2.14).

Việc đào mở rộng phần trên và xây vòm bê tông được triển khai trên suốt chiều dài hầm cho đến khi đục thông hang cũng là một phương án có thể. Sau đó tiến hành mở rộng phần dưới và xây tường. Cách thi công như vậy loại trừ được việc phải làm sàn treo và công tác tổ chức thi công sẽ đơn giản đi rất nhiều.



Hình 2.14: Sàn treo để vận chuyển đá và vật liệu

1. Dầm treo ngang; 2. Căng to;
3. Dây treo; 4. Dầm dọc

Ưu điểm của phương án một hang dẫn vòm trước là giảm các chi phí cho việc đào hang dẫn và mở rộng trong đá không bị phá hoại. Nhược điểm là thoát nước từ hang dẫn trên cũng như phần hang vượt trước là khó khăn, đôi khi gây khó khăn cho phần mở rộng phía dưới.

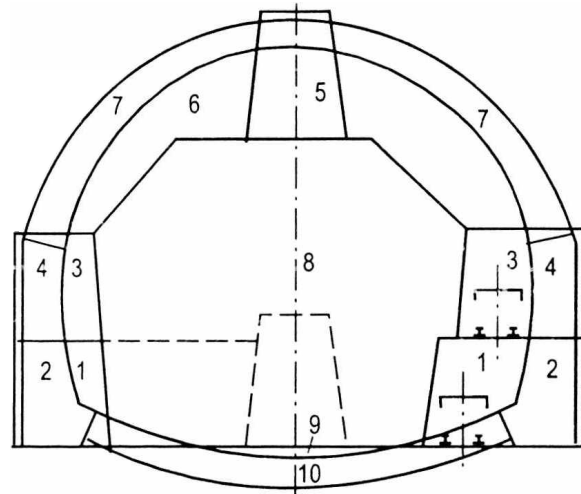
Phương án một hang dẫn vòm trước được áp dụng hợp lý khi xây dựng các hầm ngắn, trong đá cứng, khô ráo với việc nổ mìn đào mở rộng phần dưới bằng các loại thuốc nổ không mạnh.

3. Phương pháp nhân đỡ

Trong những trường hợp đất đá không đủ khả năng chịu lực để kê trực tiếp chân vòm lên nó, còn các phương pháp khác (ví dụ như phân mảnh đào trên tiết diện) có thể gây lún lớn bề mặt thì có thể sử dụng phương pháp nhân đỡ.

Thực chất của phương pháp là tiến hành đào đất đá theo chu vi hang với việc tựa vì chống tạm lên phần đất đá không bị phá hoại ở phần giữa hang và xây vỏ từng bộ phận bắt đầu từ tường.

Trong phương án cơ bản của phương pháp (hình 2.15), tại vị trí có tường vỏ hầm tiến hành đào hang dẫn 1 vào sâu 50 ÷ 60 mét, trong đó tiến hành đổ bê tông phần dưới của tường 2. Trong hang dẫn rộng, cạnh tường có bố trí đường vận chuyển (xem hình 2.15 bên phải) thì việc đào hang và đổ bê tông vỏ có thể phối hợp với nhau. Thường gặp hơn cả là trường hợp tiết diện ngang hầm không cho phép đào hang dẫn 1 rộng như vậy, bởi vì nhân đỡ sẽ hẹp và cao dễ bị trượt về hai bên. Trong trường hợp này đào hang dẫn 1 và đổ bê tông phần tường 2 được tiến hành tuần tự. Sau khi đào hang trên một chiều dài nhất định thì tiến hành đổ bê tông tường theo hướng từ gương ra cửa (trên hình 2.15 bên trái).



Hình 2.15: Phương pháp nhân đỡ

Việc xây tường thông thường đòi hỏi không nhỏ hơn hai bậc hang dẫn. Hang dẫn trên 3 đào sau khi đã lấp đầy không gian giữa tường và vì chống hang dẫn để ngăn ngừa sự chuyển dịch của đất đá trong nhân đỡ. Sau khi đào hang 3 tiến hành đổ bê tông phần trên của tường 4. Đào hang dẫn trên 5 là bước tiếp theo. Trên cơ sở hang dẫn trên 5 tiến hành đào mở rộng phần vòm 6 theo từng đốt, thường thì chiều dài mỗi đốt không lớn hơn 3 mét, sen kẽ nhau với khoảng 2 ÷ 3 đốt. Việc đổ bê tông vòm 7 được thực hiện tựa lên các tường đã xây. Nhân đỡ 8 được đào bỏ đi bằng cơ giới, dưới sự che chở của kết cấu vỏ hầm đã được xây dựng. Khi bề rộng hầm đủ lớn để đào hang một cách hợp lý và thuận tiện, dọc theo trục hầm người ta đào một hang dẫn để giao thông, thoát nước, đo đạc định vị, cung cấp năng lượng vật tư v.v...

Với phương pháp nhân đỡ, vòm giữa được đổ bê tông trong một hào đào ngang hầm 9 với bề rộng không vượt quá 1/2 chiều dài đốt vòm. Để ngăn ngừa sự trượt tường của vỏ hầm vào phía trong hang, giữa các chân tường có đặt các dầm giằng bằng gỗ để đặt đường vận chuyển và treo các máng thoát nước cho hầm qua giai đoạn hào này. Hào của đất tiếp theo đào không sớm hơn thời gian đổ xong bê tông của đốt vòm giữa bên cạnh nó.

Ưu điểm của phương pháp nhân đỡ là ở độ tin cậy cao, đảm bảo an toàn cho công tác đào hầm trong những điều kiện địa chất phức tạp nhất, cũng như khả năng xây dựng hầm không ngập nước các bộ phận hầm, bắt đầu từ tường và khối địa tầng được làm khô. Trong trường hợp cần thiết có thể bắt đầu từ việc xây vòm giữa theo các hang ngang nối các hang dọc.

Nhược điểm của phương pháp nhân đỡ là không kinh tế, liên quan đến việc đào phần lớn tiết diện hầm dưới dạng hang dẫn; sự chập trệ trong thi công gây khó khăn cho việc đảm bảo chất lượng cao của công trình, đặc biệt là có quá nhiều mối nối thi công trong kết cấu và tiến độ thi công chậm.

Phương pháp nhân đỡ được áp dụng ở đâu mà vấn đề kinh tế được đưa xuống hàng thứ yếu, đó chính là những đoạn hầm ngắn trong đất yếu, đặc biệt là trong điều kiện thành phố, nơi hoàn toàn không cho phép xảy ra lún mặt đất. Khi xây dựng hầm tiết diện lớn (nhịp hang ≥ 15 mét, cao > 10 mét) trong đá cứng nhưng không ổn định, thì phương pháp nhân đỡ tỏ ra kinh tế, bởi vì nhân chiếm phần lớn tiết diện và cuối cùng là khi khôi phục các hầm cũ bị phá hoại, đặc biệt là khi có các mảnh vỏ hầm cũ và đoàn tàu chuyển động nên các công tác đào chỉ có thể tiến hành theo chu vi hang.

4. Các yêu cầu đối với vì chống tạm các hang đào từng bộ phận

Trị số cuối cùng của áp lực địa tầng phát triển khi đào hang được xác định phụ thuộc vào nhịp hang và hệ số độ cứng của địa tầng có xét đến các tính chất cơ bản và trạng thái của nó. Để áp lực địa tầng tăng đến trị số này đòi hỏi một thời gian lớn hay nhỏ, phụ thuộc vào phương pháp đào được lựa chọn, chất lượng thi công công tác đào đất đá và thay nó bằng vì chống tạm và sau cùng là vỏ hầm vĩnh cửu.

Việc chống đỡ hang không kịp thời, kém chất lượng; việc sử dụng các vì chống kém phẩm chất, việc bỏ lại các khoảng trống sau các cấu kiện chống đỡ sẽ dẫn đến lún đất đá bao quanh và phát triển các chuyển vị ở trong nó, làm cho vùng phá hoại nhanh chóng đạt đến vòm áp lực tính toán. Ngược lại, việc tuân thủ các giải pháp đảm bảo địa tầng xung quanh lún ít nhất, thì cho phép giảm tốc độ tăng của áp lực địa tầng và xây dựng vỏ hầm vĩnh cửu được tiến hành trong điều kiện thuận lợi.

Khoảng thời gian giữa đào hang và xây dựng trong hang vỏ hầm càng nhỏ thì giá thành xây dựng và những khó khăn phát sinh trong xây dựng càng nhỏ.

Đó là nguyên tắc cơ bản, mà thực hiện được nguyên tắc này sẽ đảm bảo đào hang kết quả và tiến hành thi công hầm với chất lượng cao. Khả năng không cho phép lún nóc và phát triển sự chuyển dịch của địa tầng phụ thuộc đáng kể vào hệ vì chống tạm sử dụng.

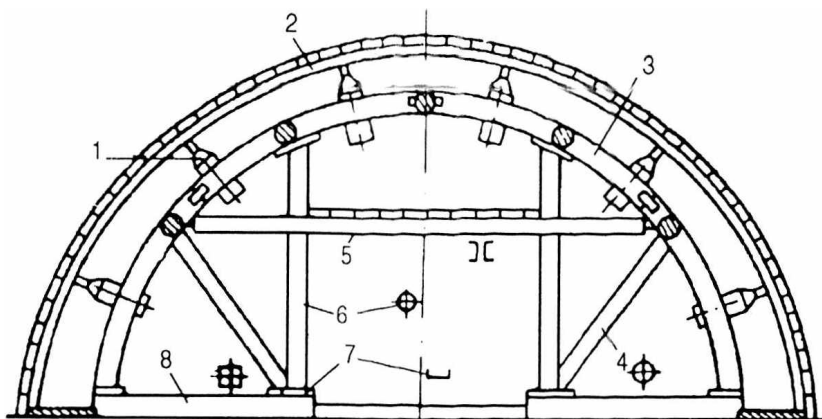
Vì chống hợp lý cần phải đảm bảo cho việc đào đất đá trong phạm vi chu vi hang thiết kế với lượng đào vượt nhỏ nhất; có độ cứng đầy đủ và không thay đổi theo phương ngang, phương dọc; đặt được từ dưới lên trên mà không phải chống đỡ lại (thay thế vì chống) vì đó là nguyên nhân gây ra lún; chiếm chỗ nhỏ hơn để tạo điều kiện thuận lợi cho việc tiến hành thi công các công tác khác; nó không chỉ làm vì chống mà còn làm giá vòm để đổ bê tông vỏ hầm; loại trừ sự cần thiết phải dùng các kết cấu chuyên dụng khác làm dầy hang; cho phép thay đổi khả năng chịu lực phù hợp với sự thay đổi của các điều kiện địa chất công trình (ví dụ như đưa thêm vào nó các bộ phận kết cấu đủ đơn giản và cho phép sử dụng nhiều lần).

Vì chống gỗ, sử dụng khi đào trong các địa tầng mềm, yếu không đáp ứng đa số các yêu cầu nêu trên. Vì thế xu hướng phát triển là tạo ra các kết cấu kim loại kết hợp làm cả nhiệm vụ giá vòm để đổ bê tông vòm và các vì chống thủy lực để thay thế cho các loại vì chống truyền thống.

Ở nước ngoài người ta sử dụng một loại vì chống giá vòm liên hợp mà những đặc điểm của nó được nêu dưới đây, để xây dựng các hầm trong địa tầng có độ cứng trung bình.

Các cung tròn chính được chế tạo bằng thép, đóng vai trò vì chống theo phương ngang và giá vòm để đổ bê tông, các thanh giằng và chống xiên để giữ các cung tròn ở những điểm trung gian là bằng gỗ. Các thanh này cho phép thay đổi kích thước tiết diện ngang của hầm và vẫn giữ nguyên độ cứng cần thiết của vì chống, các dầm kê nằm làm nhiệm vụ phân bố ứng suất xuống nền hang (hình 2.16).

Vì chống chính là giá vòm 3 lập từ hai thép [cùng với các mẫu thép ngăn tăng cường bằng thép I. Thường thì giá vòm được chế tạo làm 2 đến 4 đoạn nối với nhau bằng các bản nối chữ [và bulông. Đầu dưới của cấu kiện bên cạnh (vách) có bản đế bằng thép bản được gia cường bằng thép góc. Giá vòm được tựa lên các cột 6 và kê lên dầm kê 8. Mặt dưới của giá vòm có hàn các đế bằng thép [hoặc thép góc để đảm bảo tiếp xúc một cách tin cậy với các cột. Thanh căng được chế tạo từ hai thép [có liên kết với cột để làm sàn công tác bằng cách ghép ván lên trên nó. Ổn định dọc của vì chống được đảm bảo bằng các giằng giữa các giá vòm.

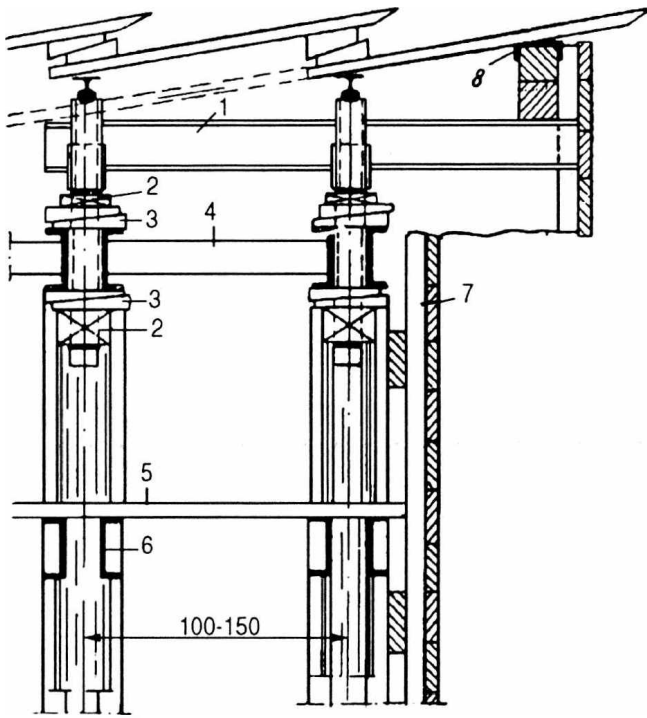


Hình 2.16: Vì chống giá vòm liên hợp

1. Cột chống ngăn; 2. Thanh cong đỡ ván; 3. Giá vòm;
4. Thanh chống xiên; 5. Thanh căng; 6. Cột; 7. Đế kê; 8. Dầm kê

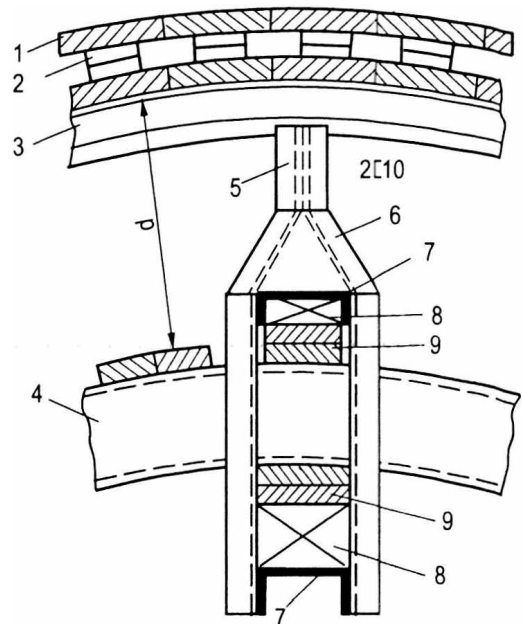
Các ván đóng thực hiện theo phương dọc hầm, tựa lên thanh cong đỡ 2 làm bằng ray mỏ, đặt quay ngược đầu xuống, các đoạn của thanh cong này được nối với nhau bằng lập lách - bulông. Cung tròn này được gọi là cung đào, nó truyền áp lực lên giá vòm nhờ các cột chống ngăn 1, được gắn lên những vị trí bất kỳ của giá vòm và di chuyển được theo phương bán kính của vòm nhờ các nêm để tạo khả năng thay đổi chiều dày của vòm. Khả năng tăng số lượng cột chống ngăn đảm bảo khả năng chịu lực phù hợp với những điều kiện địa chất thay đổi. Khả năng dịch chuyển theo phương bán kính là tạo điều kiện thay đổi theo chiều dày của vòm.

Do chiều cao của cung đào không lớn (thường 7 - 9cm) nên ván đóng thường đạt đến vị trí cuối cùng ngay lập tức, theo phương dọc hầm (hình 2.17). Bằng cách đó đào vượt bị triệt tiêu và vì chống được tiếp xúc chặt với nóc hang.



Hình 2.17: Chống gương đào

1. Dầm giữ dọc hầm; 2. Con kê; 3. Nêm;
4. Giàng; 5. Sàn công tác; 6. Thanh căng;
7. Vì chống gương đào; 8. Cung kê giữ ván



Hình 2.18: Cột chống ngăn

1. Ván; 2. Nêm; 3. Cung kê giữ ván;
4. Giá vòm; 5. Thép [; 6. Thanh [uốn;
7. Một đoạn thép [; 8. Gỗ kê; 9. Nêm

Các cột chống ngăn 5 (hình 2.18) ghép từ hai thanh ghép U cùng với hai mẫu thép U hàn ngang để tạo thành một khung cứng cố định. Đầu trên của hai thanh U được hàn lưng lại với nhau và có cắt lõm đầu để cung đào 3 tựa vào. Khoảng cách giữa hai thép U của giá vòm được quyết định sao cho cột chống ngăn có thể di chuyển được tự do trong khe giữa hai thép U của vòm. Các cột chống ngăn được gắn chắc lên vòm nhờ bộ nêm 9 và các đệm 8. Các cột chống ngăn không chỉ đảm bảo truyền một cách tin cậy áp lực theo phương bán kính lên giá vòm mà còn tạo với giá vòm thành một hệ cứng.

Một phần quan trọng của vì chống là thanh đỡ ván ngang số 8 (xem hình 2.17), có chiều dài gần 3 mét, mặt trên được uốn cong theo biên hang và được gia cường bằng thép U.

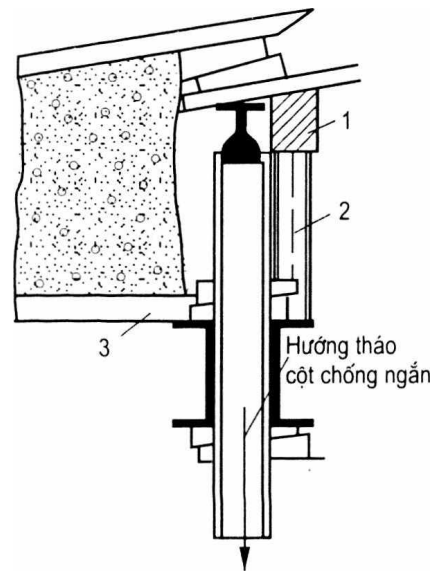
Thanh đỡ ngang để đỡ ván đóng trong phần giữa của gương trước khi đặt một vì chống liên hợp mới. Để đỡ thanh ngang người ta dùng một dầm I số 1 trượt trên hai giá vòm và được nêm chặt vào nóc hang.

Việc đào mở rộng phần vòm với việc sử dụng vì chống giá vòm liên hợp nêu trên được tiến hành như sau: Đầu trên đóng ván trong phần đỉnh hang, trên một bề rộng chừng 3 mét; tháo một hoặc một số ván chắn gương, sau đó đào đất đá trong phạm vi

một bước đào về phía trước và tháo bỏ vì chống của chu kỳ trước đó. Các ván đóng được kê giữ bằng thanh ngang. Sau khi gia cố tương tự như phân giữa người ta đóng ván trên toàn chu vi cùng với việc đào đất đá và dịch chuyển ván chống gương vào vị trí mới. Trong không gian trống được tạo nên, một tổ hợp vì chống giá vòm mới được lắp dựng theo thứ tự từ dưới lên trên, sau đó tháo bỏ phần chống ngang ở giữa hang.

Với vì chống gỗ thì việc đổ bê tông trong phân vòm là hết sức khó khăn, bởi vì việc đó dẫn đến phải tháo bỏ các chi tiết của vì chống, kéo theo phải chống đi chống lại nhiều lần, giống như phương pháp vòm trước, đã nêu ở trên, để tháo bỏ các đầm dọc nhiều khi phải cắt chúng ra làm nhiều đoạn.

Khi dùng vì chống giá vòm liên hợp việc đổ bê tông vòm thuận lợi hơn nhiều vì giá vòm đã được xem là một bộ phận của vì chống. Khi đó, sau vò hãm chỉ bỏ lại ván đóng mà thôi. Để tháo vòm đào và cột chống ngăn, các ván đóng được giữ bằng thanh ngang cong 1, thanh cong được giữ bằng cột chống ngăn phụ tựa lên cánh U của vòm (hình 2.19). Sau khi tháo các chi tiết của cung vòm đào và tháo nêm của cột chống ngăn thì chúng được tháo đi qua khe của hai thanh U của giá vòm.



Hình 2.19: Đổ bê tông vòm cùng với việc tháo vì chống

1. Gỗ kê ngang; 2. Cột chống; 3. Ván khuôn

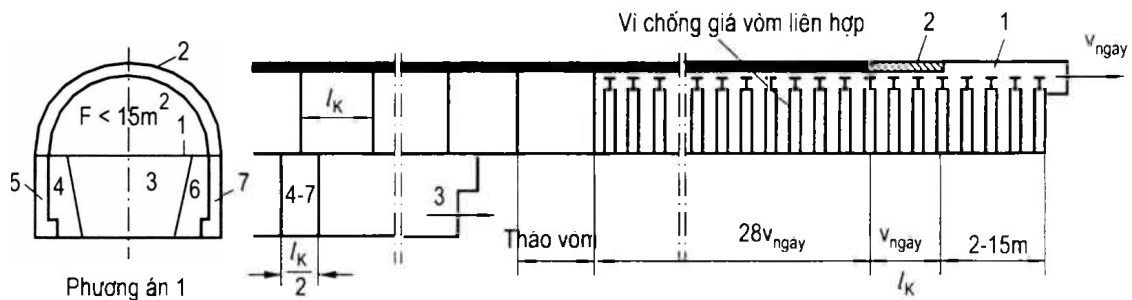
Trong các đất không ổn định các vòm đào có thể được bỏ lại sau vò hãm, nếu như việc tháo bỏ chúng có thể kéo theo sụt lở.

Hệ vì chống được nêu trên thoả mãn được các yêu cầu cơ bản đối với vì chống hợp lý, tạo điều kiện thuận lợi để áp dụng phương pháp vòm trước tường sau, cho phép đào hang với lượng đào vượt ít nhất trong những điều kiện áp lực địa tầng tầng rất chậm.

5. Phương pháp phân vòm vượt trước

Với phương pháp phân vòm vượt trước, có sử dụng vì chống giá vòm liên hợp thì không cần phải đào hang dần, mở rộng mà đào toàn bộ phần vòm một lúc (hình 2.20) với mỗi đốt thi công dài bằng khoảng cách giữa hai vì chống giá vòm liên hợp, thường là 1,0 ÷ 1,2 mét. Việc loại trừ hang dần trên có ảnh hưởng tốt đến kết quả đào phân vòm 1 trong địa tầng không bị phá hoại. Với khoảng cách đến gương không lớn (thường là 12 đốt, trong đá không ổn định là 2 đốt) là những điều kiện thuận lợi cho việc thi công đổ bê tông vòm 2. Hợp lý hơn cả là đổ bê tông vòm trong một ca trên đoạn bằng chiều đào được trong một ngày đêm. Khi đó đảm bảo độ bền cần thiết của bê tông khối đổ trước

(12 kg/cm²) và tạo được diện thi công đủ để sử dụng bơm bê tông công suất nhỏ (5 ÷ 8 m³/giờ) hoặc các thiết bị đổ bê tông có sử dụng khí nén.



Hình 2.20: Phương pháp phần vòm vượt trước

Như vậy địa tầng ở trên vì chống tạm với thời gian nhỏ nhất, điều đó loại trừ khả năng lún lớn nóc hang, cho phép chuyển từ đào đất đá sang đổ bê tông vòm với áp lực địa tầng không đáng kể.

Việc đào mở rộng phần dưới 3, 4, 6 và đổ bê tông tường 5, 7 giống như trong các phương pháp vòm trước tường sau đã nêu ở các mục trên.

Việc sử dụng vì chống giá vòm liên hợp kim loại cho phép thực hiện đào hang với việc phân thành các mảnh lớn hơn so với dùng vì chống gỗ.

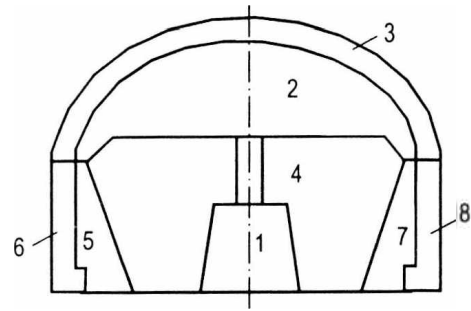
Đơn giản và thuận tiện hơn cả là đào không có hang dẫn, khi đó chức năng hang dẫn do phần vòm hang vượt trước đảm nhiệm (phương án 1). Việc thi công hầm tiến hành ở hai mức. Tuy nhiên trong phần đào lõi phần dưới có bố trí sàn treo để phục vụ thải đất đá, cấp vật liệu cho phần trên. Ở phần trên sử dụng sơ đồ kiểu dây chuyền, còn ở bậc dưới thì dùng sơ đồ hỗn hợp.

Việc không có hang dẫn làm hạn chế số người thi công và khả năng mở thêm các gương phụ để đẩy nhanh tiến độ thi công.

Vì thế, việc sử dụng phương án 1 là hợp lý trong những trường hợp: xây dựng các hầm ngắn mà sự chậm trễ của nó không liên quan đến việc kéo dài thời hạn bàn giao tuyến đường vào khai thác; khi xây dựng các hầm dài với điều kiện vòm được đào với tốc độ không chậm hơn tốc độ đào hang dẫn, trong trường hợp này không làm chậm trễ tiến độ đào hang nói chung.

Thực tế chỉ ra là, với diện tích phần vòm không vượt quá 15m², thì tốc độ đào nó với vì chống giá vòm liên hợp không kém tốc độ đào hang dẫn. Vì thế việc áp dụng phương án 1 là hoàn toàn hợp lý khi xây dựng các hầm đường sắt tuyến đơn. Phương án này có các ưu điểm sau: Tiến hành công tác đào với sự phá hoại địa tầng xung quanh là ít nhất, trong điều kiện áp lực địa tầng không đáng kể; giảm bớt chi phí gỗ đến tối thiểu và do đó giảm số lượng phương tiện vận chuyển cung cấp vật liệu; giảm lượng đào vượt đến tối thiểu, tức là giảm lượng đất đá thải ra và tương ứng là giảm lượng bê tông để lấp đầy phần đào vượt; loại trừ được việc phải dùng giá vòm riêng, tăng khoảng không tự do trong hang để thi công các công tác khác.

Khi tăng tiết diện phần vòm thì tốc độ đào hang giảm khá nhanh và có thể việc dùng phương án 1 là không thể chấp nhận. Trong trường hợp này phải chuyển sang phương án 2 của phương pháp này với hang dẫn hướng ở phía dưới (hình 2.21), cho phép mở rộng diện thi công nhờ các gương phụ.



Hình 2.21: Phương án đào có hang giao thông ở giữa

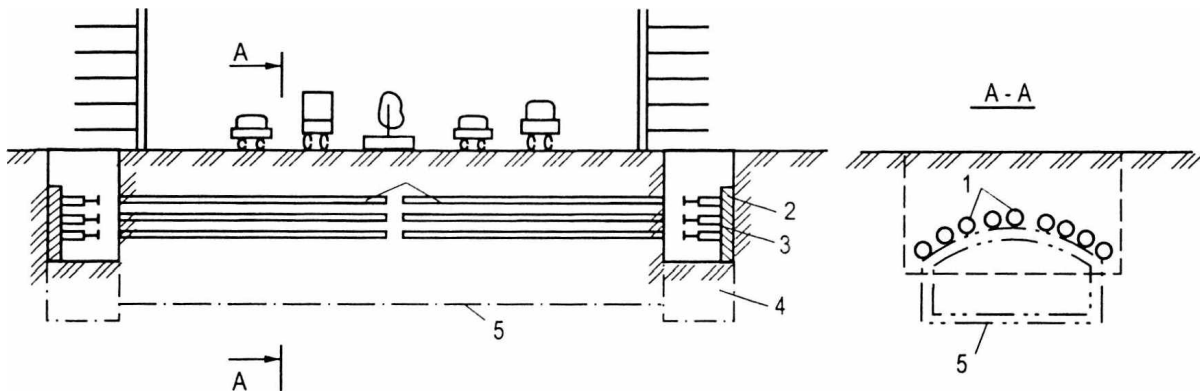
Với phương án này vẫn giữ nguyên được các ưu điểm của phương án 1 nhưng công tác đào có vất vả hơn do việc đào thêm hang dẫn dưới và làm xấu đi điều kiện thông gió cho phần vòm đào qua các lối thông đứng từ hang dẫn dưới, đồng thời cũng làm phức tạp cho công tác thoát nước và giao thông.

Khi bố trí hang dẫn ở mức nền của lớp lát ba lát thì giữa trần hang và nền của đào mở rộng phần vòm cần giữ được một lớp đất đá không bị phá hoại đủ đảm bảo cho việc đào mở rộng phần vòm một cách thuận lợi.

6. Phương pháp đào hang có chống trước vách hang

a) Thực chất và phạm vi áp dụng của phương pháp

Trong thực tế xây dựng hầm những năm gần đây người ta dùng những màn chắn bằng ống với tư cách là vì chống tạm, theo chu vi của những hầm sẽ xây dựng. Các ống thép, bê tông cốt thép hay phibroximăng, đường kính từ 85 đến 2500 và dài đến 30 - 40 mét và lớn hơn được ép vào trong đất hoặc luồn đẩy vào lỗ khoan trước theo từng khâu dài 2 ÷ 5 mét, nối với nhau bằng hàn, vòng khoá hoặc đai v.v... Trong quá trình đẩy ống người ta lấy đất ở trong ống ra còn sau khi đẩy, không gian trống ở trong ống được đổ bê tông hoặc lấp đầy bằng bê tông lấp ghép. Như vậy, một màn chắn phẳng hoặc dạng vòm được tạo nên ở trên nóc, đôi khi cả ở bên vách của hầm, dưới sự bảo vệ của chúng người ta đào đất ở trong phần lõi của hang và xây dựng kết cấu chịu lực của hầm (hình 2.22). Màn chắn ống không chỉ làm vì chống tạm, mà có thể đưa vào làm một phần của kết cấu vĩnh cửu.



Hình 2.22: Sơ đồ màn chắn bằng ống trên hầm sẽ xây dựng

1. Màn chắn bằng ống; 2. Bê đỡ; 3. Kích; 4. Hố đào; 5. Biên hầm

Người ta đã sử dụng phương pháp này khi xây dựng các hầm nổi ga, các ga metro, các hầm trên đường ô tô, hầm cho người đi bộ đặt nông trong các đô thị đã xây dựng khi mà sử dụng phương pháp lộ thiên là rất khó khăn hoặc không thể được. Đặc biệt có hiệu quả là dùng phương pháp này khi xây dựng các hầm dưới các đường phố, đường giao thông, dưới đất đắp và dưới móng của các nhà trong các đất yếu, không ổn định với chiều sâu từ 3 mét đến 1 mét kể từ mặt đất. Việc sử dụng phương pháp nêu trên để thi công không đòi hỏi phải đào mở mặt đất ở phía trên công trình ngầm, không phá hoại điều kiện đường phố, biến dạng và lún mặt đất là tối thiểu. Trong nhiều trường hợp không cần phải áp dụng đóng băng nhân tạo hoặc gia cố hoá đất.

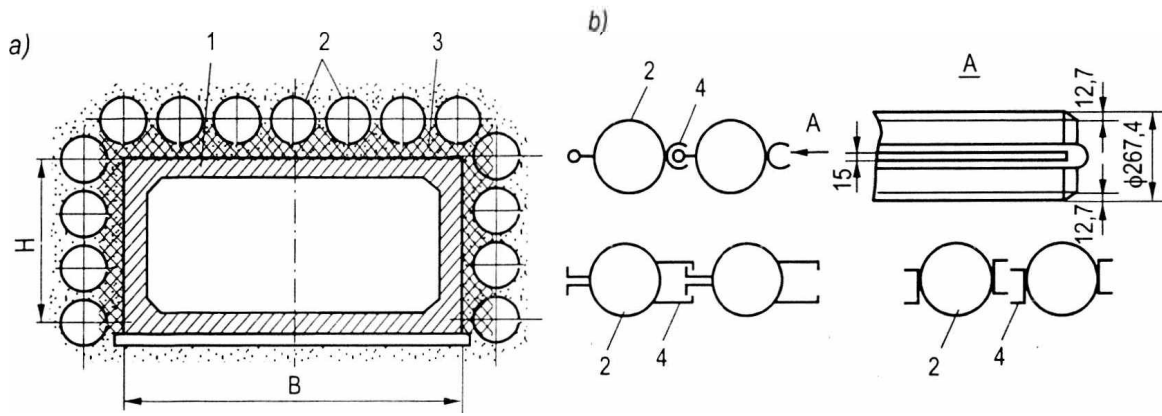
Dưới sự bảo vệ của màn chắn ống có thể xây dựng hầm có hình dạng và kích thước tiết diện ngang là bất kỳ, có chiều dài đến 80 - 100 mét. Việc tăng chiều dài của màn chắn ống có thể đạt được bằng việc tạo nên các giếng trung gian, hoặc tạo nên hố đào để ép đẩy ống, cũng như bằng việc xây dựng vì chống vượt trước ở trong gương của hang. Có nhiều biến tướng khác nhau của phương pháp này, chúng khác nhau ở vật liệu làm ống (thép hoặc fibrôximăng...), khác nhau bởi đường kính ống (85 - 2500mm), bởi hình dạng tiết diện ngang (tròn, chữ nhật, hình thang...), bởi vị trí ép đẩy (từ hố đào, từ giếng, trực tiếp từ gương đào của hang), bởi phương pháp lấy đất từ lòng ống ra và v.v...

b) Công nghệ thi công

Tuỳ thuộc vào quy hoạch không gian và giải pháp kết cấu của công trình ngầm, cũng như vào tính chất của đất người ta sử dụng các công nghệ thi công khác nhau. Khi chiều dài công trình ngầm đến 30 - 40 mét các ống được đẩy từ một phía của chương ngại bị giao cắt, còn khi chiều dài lớn hơn thì đẩy ép từ hai phía của hố đào.

Trong đa số các trường hợp các ống được ép thành một hay hai hàng dọc theo trục hầm, tuy nhiên khi bố trí hầm bên cạnh các móng nhà hay cạnh các công trình ngầm khác có thể đòi hỏi phải xây dựng màn chắn ống theo phương ngang. Khi đó các ống có thể tựa lên vách hào đã xây dựng và đưa vào làm trần của kết cấu.

Khi ép ống trong các đất ổn định chúng được bố trí với các khe hở $15 \div 50\text{cm}$, sau đó được chèn đầy bằng vữa xi măng hoặc hỗn hợp bê tông (hình 2.23a). Khi đẩy các ống thép trong các đất không ổn định người ta bố trí chúng sát nhau và nối với nhau bằng các mộng khoá như cọc cừ ván thép. Để làm việc đó người ta hàn vào cạnh ống các thép góc L, thép U, các ống đường kính nhỏ cùng với các rãnh dọc v.v... (hình 2.23b). Trong trường hợp này độ chính xác được nâng cao và việc kiểm tra khi ép ống trở nên đơn giản, bởi vì, các thiết bị khoá giúp định vị và định hướng cho các ống ép. Ngoài ra, trong nhiều trường hợp, không cần phải nhồi đầy vữa xi măng vào các khe hở giữa các ống. Đôi khi vì mục đích tiết kiệm, người ta thay ống thép bằng các ống fibrôximăng, đường kính trong $1 \div 1,2\text{m}$ dài $4 \div 5$ mét, có vách dày $55 \div 60\text{mm}$. Các khâu đầu tiên có trang bị cấu kiện cắt đất, còn trong phần đuôi có trang bị vòng đỡ để kích thuỷ lực tựa vào đó. Các khâu ống fibrôximăng riêng rẽ được nối với nhau bằng các vòng đai.



Hình 2.23: Sơ đồ ghép ống và trên hướng ngang (a, b)
1. Hãm; 2. Các ống; 3. Lớp dày bê tông; 4. Thiết bị khóa

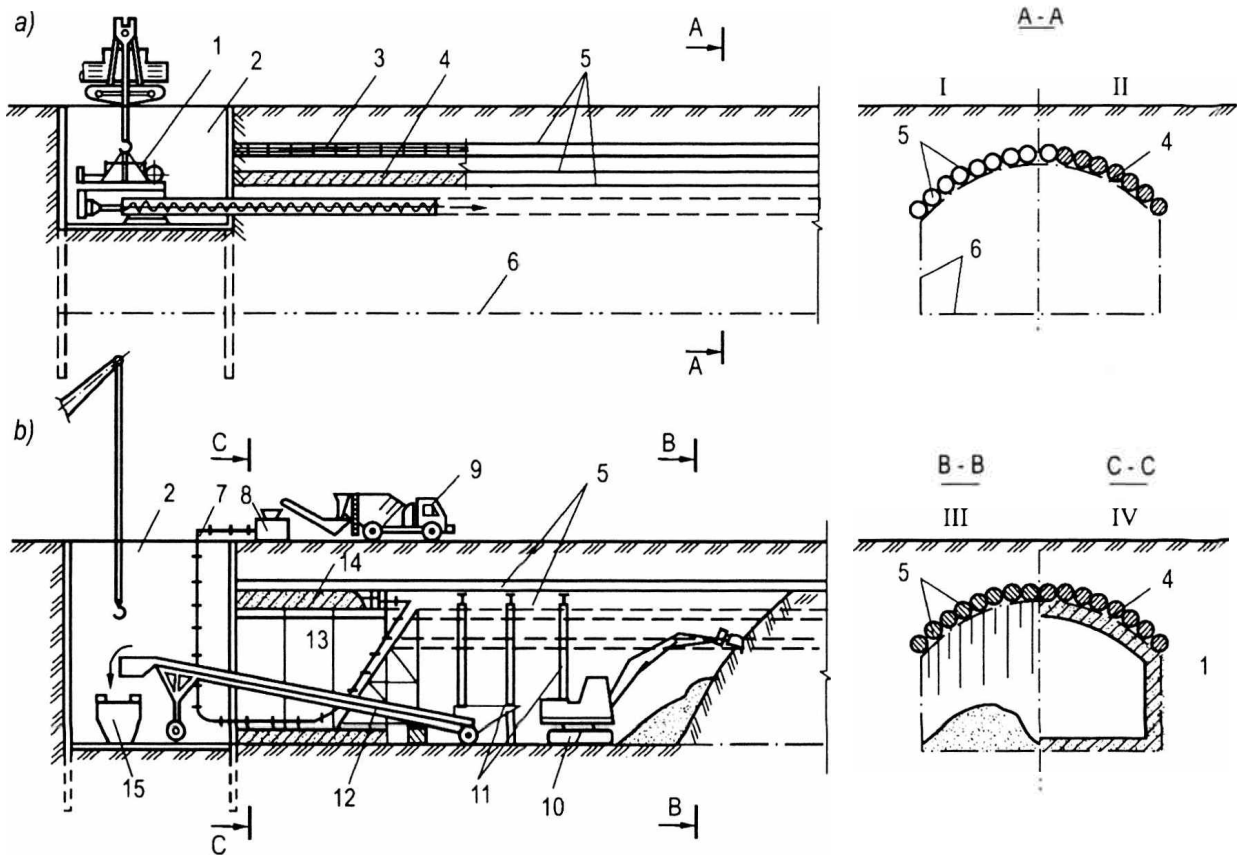
Để ép đẩy ống người ta sử dụng thiết bị kích dạng trạm cố định hoặc di động, di chuyển trên ray, đặt ở trong hố đào. Theo mức độ ép đẩy ống người ta lấy đất từ trong lòng ống ra, tuy nhiên phương pháp đào và tách đất ra phụ thuộc chủ yếu vào đường kính ống và tính chất của đất. Khi ép ống đường kính lớn (lớn hơn 1,2 đến 1,5 mét) có thể đào, tách đất và đá mỏ côi một cách thủ công, tuy nhiên phương pháp này là rất khó khăn, năng suất thấp. Trong đa số trường hợp đất được đào ra nhờ một thiết bị khoan cắt và tách ra nhờ trục xoắn hoặc gầu xúc kiểu xoắn hoặc gầu xúc kiểu xích kéo dài theo, cùng với ống. Người ta đã chế tạo ra cả một tổ hợp chuyên dụng để ép ống, đào và tách đất ra đặt trên một sàn di động. Ở Liên Xô cũ người ta sử dụng thiết bị GPU-600, gồm một khung định hướng, các tấm gối đỡ, các gối đỡ di chuyển được, các kích thủy lực để thi công công tác này. Thiết bị này dùng để ép các ống thép đường kính 100 - 630mm trên chiều dài đến 80 mét với tốc độ 24 mét trong một ca làm việc.

Trong quá trình ép ống vị trí của ống được hiệu chỉnh theo tia laze bằng cách đào đất đối xứng ở đầu ống. Trong các đất chặt, khi mà ép ống có những khó khăn nhất định thì người ta đẩy ống theo lỗ khoan trước. Để khoan các lỗ nằm ngang người ta dùng các máy khoan xoay có khuôn khổ gọn nhẹ kiểu UGB-2, UGB-4, GB-1421 v.v... (hình 2.24a). Khe hở vòng giữa ống và vách lỗ khoan được lấp đầy bằng vữa xi măng. Sau khi ép ống hoặc đẩy ống theo lỗ khoan, trong lòng ống người ta bố trí khung cốt thép rồi tiến hành đổ bê tông. Đôi khi người ta đưa vào trong ống các dầm bê tông cốt thép lấp ghép, nối từ các khâu riêng rẽ bằng cách hàn các chi tiết đặt sẵn.

Việc đào nhân đất dưới sự bảo vệ của màn ống được tiến hành trên toàn tiết diện hay theo từng bộ phận (phần mảnh) với bước đào $5 \div 10\text{m}$ có sử dụng các máy đào kiểu hành tinh hay dạng gầu (hình 2.24b). Để chuyên chở đất ra ngoài người ta dùng goòng, ô tô tự đổ (ben) hoặc băng tải. Sau khi đào, trong phạm vi một bước đào người ta chống đỡ tạm bằng các khung chống thép, sau đó xây dựng vỏ vĩnh cửu của công trình ngầm.

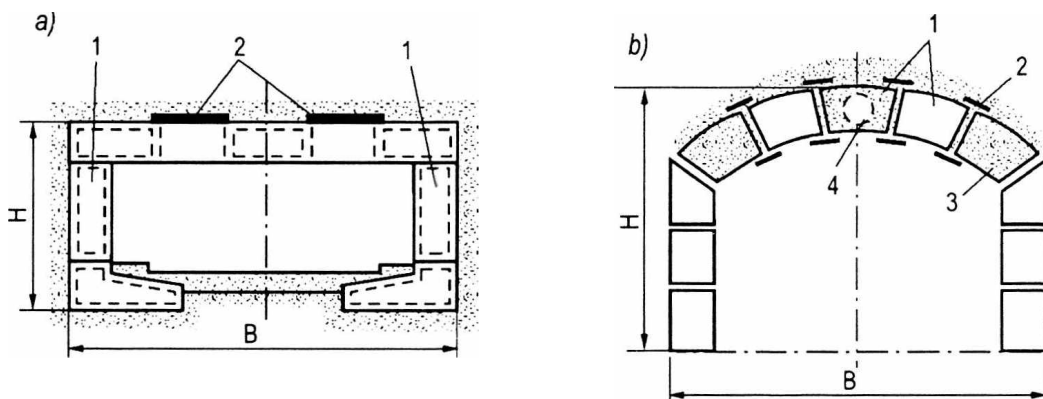
Công nghệ vừa khảo sát trên là xem xét việc xây dựng màn chắn ống nằm ngoài đường biên giới hạn của công trình ngầm. Trong một số trường hợp màn bảo vệ được đưa vào làm bộ phận của vỏ, vừa làm chức năng chống tạm, vừa làm vì chống vĩnh cửu. Khi đó, cùng với các ống tròn người ta sử dụng các hộp thép tiết diện ngang chữ nhật

hoặc hình thang (hình 2.25a). Việc ép các hộp thép chữ nhật, đã được áp dụng cho một hầm đi bộ ở Matxcova dài 110m, rộng 6m nối ga Varsavxkaia và ga đường sắt Kolomenxkoie. Việc đào dưới đường sắt, trên một đoạn dài 60 mét đã được tiến hành lần lượt bằng việc ép theo chu vi hầm các hộp thép rỗng, thành mỏng (hình 2.25b). Sau khi ép đất chúng được đổ bê tông. Hộp thép dùng làm cốt thép và phòng nước cho hầm.



Hình 2.24: Sơ đồ công nghệ xây dựng hầm dưới màn chắn ống

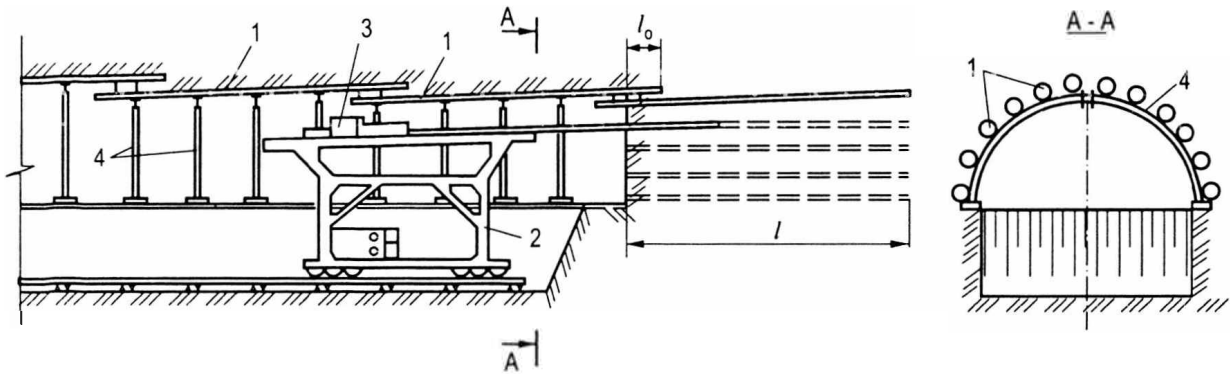
1. Thiết bị khoan ngang; 2. Hồ đào; 3. Khung cốt thép; 4. Bê tông cốt thép; 5. Ống; 6. Biên hầm;
 7. Ống cấp bê tông; 8. Bơm bê tông; 9. Ô-tô chở bê tông; 10. Máy xúc; 11. Vì chống tạm;
 12. Băng tải; 13. Ván khuôn; 14. Vỏ hầm; 15. Thùng chứa đất; I ÷ IV Các giai đoạn thi công



Hình 2.25: Sơ đồ màn chắn được đưa vào kết cấu hầm
 1. Hộp; 2. Bàn dẩy; 3. Bê tông chèn; 4. Lỗ khoan vượt trước

Bằng việc thay đổi tiết diện và hình dạng của hộp, có thể tạo nên hầm có hình thù và kích thước khác nhau. Ví như, để đào các hang dạng vòm thì thực hiện công nghệ đẩy các hộp thép có tiết diện ngang hình thang, có bề rộng phía dưới 60, phía trên 80cm, cao 30 và dài 100cm, vách dày 4,5mm.

Với mục đích tăng chiều dài màn chắn ống mà không phải dùng giếng trung gian người ta đưa ra công nghệ tạo nên màn di động trực tiếp từ gương đào của hang bằng cách khoan các lỗ xiên và đẩy vào lỗ các ống thép (hình 2.26).



Hình 2.26: Sơ đồ xây dựng màn chắn ống từ trong hang

1. Màn chắn ống; 2. Khung khoan; 3. Búa khoan; 4. Vòm thép đỡ

Màn chống được thiết lập từng đoạn một có chiều dài 10 - 15m và lớn hơn, chồng lên nhau $l \div 1,5m$. Các lỗ khoan liền nhau, hoặc cách nhau một khoảng, với góc nghiêng $4 - 6^\circ$ với trục hang, bằng các thiết bị khoan xoay hoặc bằng các tổ hợp khoan chuyên dụng chạy trên ray. Các tổ hợp tương tự để khoan các lỗ khoan có đường kính 216mm, sâu đến 80 mét đã được chế tạo tại Liên Xô cũ. Thiết bị có kết cấu dạng cổng, di chuyển trên ray được trang bị các búa khoan. Trong quá trình khoan, thì vách lỗ được chèn ống, ống vách có thể được đưa vào màn chống, hoặc thay nó bằng các ống đục lỗ, để trong trường hợp cần thiết có thể tiến hành xi măng hoá khối đất bao quanh hang.

Việc đào hầm, dưới sự che chở của màn chắn ống, có thể bằng phương pháp mở thông thường, với các bước đào l không đến đầu của màn chống mà cách đầu màn chống là $l_0 = 1$ mét. Trong quá trình đào lõi đất người ta chống đỡ màn ống bằng các vòm thép, sau đó xây vỏ vĩnh cửu bằng bê tông toàn khối hoặc bê tông. Công nghệ như vậy là rất hiệu quả khi đào hầm trong những vùng đất đá bị phá hoại, không ổn định. Khi đó loại trừ không phải dùng các phương pháp phức tạp, đắt tiền như đóng băng nhân tạo, hoặc gia cố hoá đất. Cá biệt, phương pháp này, đã được sử dụng để đào hai hầm ô tô song song nhau ở Nhật. Các hầm có đường kính 10,5m, đặt ở độ sâu 5 đến 14 mét kể từ mặt đất trong đá bọt núi lửa mềm có các thấu kính cát, cuội sỏi. Màn chống được thiết lập theo từng đốt 10 mét một, bằng cách khoan các lỗ đường kính 216mm bằng các thiết bị khoan chạy trên ray. Mỗi chu trình xây dựng màn chống vượt trước, đào đất, dựng vòm chống và phun bê tông chiếm gần 10 ngày đêm làm việc.

§3. XÂY DỰNG HẦM TRONG ĐÁ CỨNG

1. Đặc điểm đào hang trong đá cứng

Trong đá cứng, vì chống tạm thường được lắp dựng chỉ theo chu vi hang, phần còn lại là hoàn toàn tự do. Vì chống chu vi tạo điều kiện thuận lợi cho việc cơ giới hoá đồng bộ các công tác thi công chính trong xây dựng hầm và tăng một cách đáng kể tiến độ, giảm đáng kể thời gian và kinh phí xây dựng. Các loại vì chống chu vi sẽ được khảo sát trong chương 5.

Việc đào hang trong đá cứng hầu hết là bằng phương pháp khoan nổ mìn, cứ mỗi lần hoàn thành một chu kỳ thi công thì gương đào tiến thêm được một đoạn, gọi là bước đào.

Sau khi nổ mìn, gương thường bị đá nổ ra che khuất còn nóc hang lộ ra chưa được chống đỡ và do đó có thể có biến dạng dư dưới tác dụng của ứng suất kéo phát sinh trong nóc hang. Sự tăng của biến dạng này càng nhanh khi độ cứng của địa tầng càng nhỏ, độ nứt nẻ và kích thước hang càng lớn. Thời kì để lộ hang không chống được xác định chính nhờ những yếu tố này.

Trong các đá rất cứng chắc, toàn khối hang có thể để lại không chống cho đến khi xây vỏ hầm vĩnh cửu.

Trong các đá cứng thì sự ổn định của hang được đảm bảo trong một thời gian khá dài. Vì chống tạm được lắp dựng sau khi thả đá, trong thời gian khoan cho chu kỳ sau bằng các máy khoan tự hành hay khung khoan. Do dự phối hợp công việc một cách song song như vậy mà thời gian một chu kỳ đào có thể được rút ngắn, tốc độ dịch chuyển của gương tăng.

Trong các loại địa tầng có độ cứng nhỏ hơn, việc dựng vì chống tạm tiến hành sau khi thả đá nhưng trước khi khoan cho chu kỳ sau.

Trong các địa tầng có độ cứng trung bình và yếu, cũng như trong các địa tầng nửa cứng thì việc để nóc hang lâu không chống có thể gây ra biến dạng, võng nóc hang đáng kể, điều này kéo theo sự tăng áp lực địa tầng, vì thế việc dựng vì chống tạm có thể phải tiến hành ngay sau khi thông gió và chọc đá om.

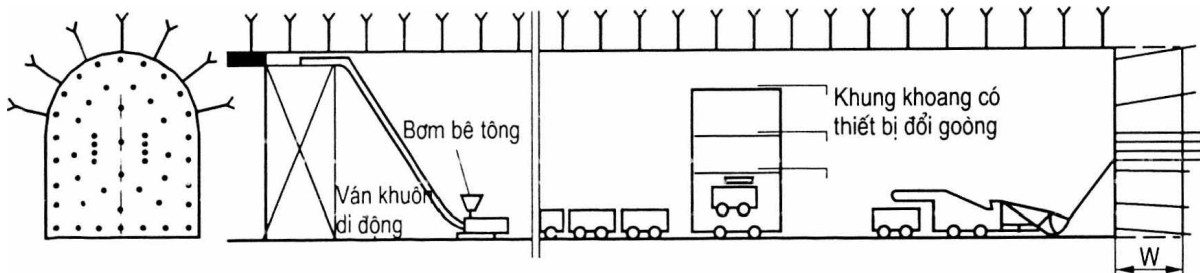
Các yếu tố nêu trên ảnh hưởng đáng kể đến việc lựa chọn hệ thống vì chống tạm và phương pháp đào hang, bởi vì thời kỳ giữa đào hang và dựng vì chống tạm xác định độ thuận lợi trong tổ chức thi công hầm.

Khi đào hang trong đá cứng thì thường áp dụng sơ đồ mở rộng công tác thi công theo kiểu dây chuyền dọc theo chiều dài hang. Khi đó gương dịch chuyển về phía trước trên toàn tiết diện hay chia nhỏ thành các bộ phận là tùy thuộc vào mức độ ổn định và độ cứng của địa tầng. Việc đổ bê tông vỏ thường được tiến hành sau khi đã đào xong toàn tiết diện hang.

Phổ biến hơn cả khi xây dựng hầm trong đá cứng là các phương pháp đào toàn tiết diện, bậc thang, đôi khi là hang dẫn giữa và đào có chia cắt phần vòm.

2. Phương pháp đào toàn tiết diện

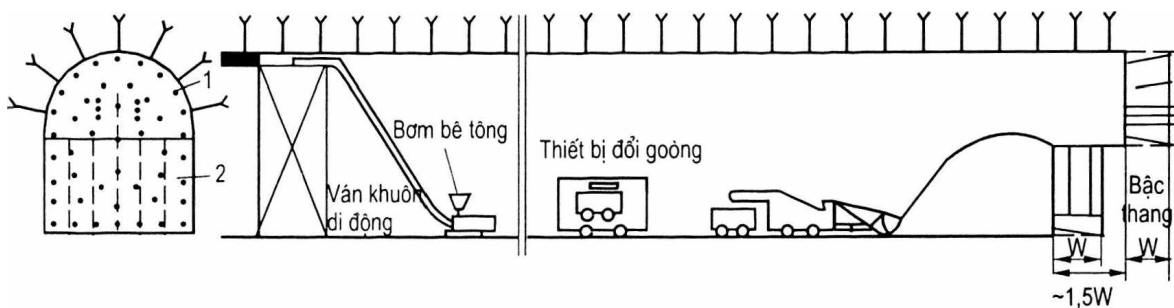
Theo phương pháp đào toàn tiết diện, gương đào được mở một lần trên toàn tiết diện ngang hầm, dựng vì chống tạm rồi xây vỏ hầm vĩnh cửu (hình 2.27). Phương pháp này thường áp dụng trong đá ổn định, có độ cứng $f_{kp} \geq 4$ đối với những hầm có tiết diện ngang $\leq 120m^2$.



Hình 2.27: Phương pháp đào toàn tiết diện

Đối với phương pháp này không có hang dẫn vượt trước, vì thế khi nghiên cứu địa chất và địa chất thủy văn không đầy đủ, để biết trước các hiện tượng sụt lở cũng như vỡ nước vào hầm người ta đưa vào thành phần đột phá một lỗ khoan vượt trước đường kính $75 \div 100mm$ đến độ sâu $20 \div 50$ mét.

Trong trường hợp này người ta tiến hành đào hầm theo cách tuần tự, tức là khoan và thải đá không đồng thời. Trong những khối địa tầng cứng chắc, toàn khối với $f_{kp} = 15 \div 20$ thì không cần chống đỡ. Trong các khối đá nứt nẻ thì dùng các loại vì chống neo kết hợp với lưới thép, bê tông phun hoặc tổ hợp neo + bê tông phun. Phương pháp này cho phép tận dụng tối đa các thiết bị thi công có công suất lớn, thực hiện thi công theo tiến độ và tốc độ đào hầm lớn ($150 \div 200m$ /tháng đối với hầm tiết diện nhỏ ; $100-150m$ /tháng đối với hầm tiết diện trung bình và $80 \div 120 m$ /tháng đối với hầm tiết diện lớn).



Hình 2.28: Phương pháp bậc thang

Biến tướng của phương pháp đào toàn tiết diện là phương án gương đào bậc thang (hình 2.28). Với phương pháp này gương đào được chia làm hai phần: phần vòm 1 và phần dưới 2 tụt lại phía sau của 1 một chút. Điều kiện nổ mìn bậc dưới thuận lợi hơn đôi chút do có hai mặt thoát. Vì thế hệ số sử dụng lỗ cao hơn, chi phí thuốc nổ nhỏ hơn. Việc khoan lỗ phần vòm được tiến hành từ bậc thang với việc sử dụng các giá búa nhẹ,

tháo lắp được. Để giảm nhẹ điều kiện lao động cho thợ khoan, chiều dài bậc lấy chừng $1,5 \div 2$ bước đào. Việc nổ mìn các lỗ được tiến hành chậm sau một chút so với các lỗ của bậc trên để giảm độ nén ép đá trong tiết diện phân vòm. Sau nổ mìn đất đá nổ ra thường còn lại một chút ở trên bậc. Để làm sạch hoàn toàn đá ở trên bậc có thể dùng cách nổ mìn định hướng bằng cách tăng thêm một số lỗ ở phần dưới của gương vòm.

Sau khi thông gió hang thì tiến hành khoan lỗ phân vòm đồng thời với thải đá trong phần dưới của tiết diện. Trong trường hợp phải dựng các vì chống vòm thép hoặc đá giác thì chúng được tựa lên bậc đá nằm ngoài biên thiết kế của hang. Để tránh phải đào bậc thì vì chống vòm có thể treo vào các dầm gác treo vào vòm hoặc khung chống đã dựng trước.

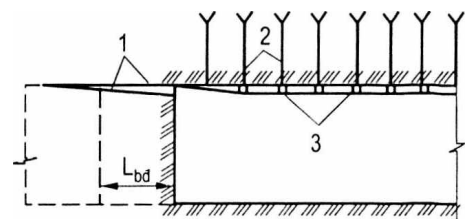
Bậc dưới được khoan bằng các lỗ nằm ngang, các lỗ biên khoan nghiêng một chút sau khi đã kết thúc thải đá. Ở phần giữa của bậc có thể khoan các lỗ thẳng đứng trong thời gian thải đá.

Như vậy với phương pháp gương đào bậc thang các quá trình thi công được phối hợp với nhau là nhiều nhất. Nhờ đó, thời gian chu kỳ được rút ngắn, tốc độ đào được tăng lên. Các công tác được tập trung trên một đoạn ngắn và giới hạn trong một biểu đồ chu kỳ công tác. Việc phân gương làm hai phần tránh được công tác chống đỡ mặt gương trong các loại đá có độ bền nhỏ hơn so với yêu cầu của phương pháp đào toàn tiết diện.

Các loại vì chống nhẹ như neo kết hợp với lưới thép, neo kết hợp với bê tông phun v.v... đã làm cho phương pháp đào toàn tiết diện ngày càng được áp dụng có hiệu quả và phạm vi áp dụng của phương pháp được mở rộng.

Theo mức độ tăng độ nứt nẻ của đá, vì chống neo được tăng cường bằng các bản đệm, hàn cốt thép giữa các bản đệm rồi phun một lớp bê tông dày $\leq 10\text{cm}$.

Trong những trường hợp các giải pháp trên phát huy hiệu quả không đầy đủ, người ta thường sử dụng neo vượt trước (hình 2.29). Với giải pháp này, theo chu vi hang người ta khoan các lỗ vượt trước với khoảng cách 25 - 30cm, chiều sâu không nhỏ hơn 1,3 lần bước đào, với góc nghiêng $\leq 10^\circ$ về phía ngoài hang. Các lỗ khoan được nhồi đầy vữa xi măng cát rồi cắm luôn vào một thanh cốt thép đường kính 30mm. Sau khi nổ mìn nóc hang sẽ được bảo vệ bằng lưới cốt thép dọc tựa lên khối đá nguyên của gương. Dưới sự bảo vệ của lưới cốt thép này người ta đặt các neo theo phương bán kính, khi cần thiết thì phun thêm một lớp bê tông. Chu kỳ tiếp theo được lặp lại. Hệ neo như vậy đã được sử dụng trong quá trình thi công một số đoạn hầm của thủy điện Hoà Bình và nhiều công trình khác ở Việt Nam và nước ngoài.



Hình 2.29: Vì chống neo vượt trước
1. Neo vượt trước; 2. Neo ở nóc hang;
3. Thanh đệm. L_{bd} - bước đào.

Trong các loại đá nứt nẻ thường xảy ra sụt lở, với $f_{kp} = 2 \div 3$ người ta sử dụng các biến tướng của phương pháp đào toàn tiết diện với việc sử dụng vì chống liên hợp. Thực

chất của phương pháp này là từng bước tạo ra ở xung quanh hang trong quá trình đào một loại vì chống tạm có khả năng đưa khối đá xung quanh vào cùng làm việc để đơn giản hoá cấu trúc của vì chống. Một trong những bộ phận quan trọng của vì chống là neo, bộ phận khác là bê tông phun. Trong một số trường hợp, dưới sự bảo vệ của bê tông phun người ta tiến hành xi măng hoá khối đá xung quanh hang. Vì chống liên hợp từ neo, bê tông phun và xi măng hoá khối đá xung quanh có thể tiến hành ngay trên toàn bộ hoặc từng phần của chu vi hang trên từng đoạn hầm dài 40 đến 50 mét.

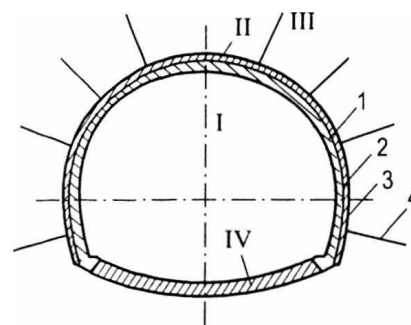
Phương pháp này đã áp dụng để đào phần trên hầm thi công của thủy điện Hoà Bình, Thủy điện Nurek ở Tatgikstan có nhịp thông thủy 11,6m cao 7,6m, đặc biệt là ở Nurek hầm nằm trong đá cát kết và alevrolit $f_k = 2 \div 3$. Vì chống liên hợp được sử dụng với trình tự sau: lớp bê tông phun đầu tiên được phun trực tiếp lên đá ngay sau khi nổ mìn và thông gió. Tiếp theo đặt các neo bê tông cốt thép theo phương bán kính, dài 2,7m, bước 1,5 mét. Lớp bê tông phun thứ hai dày chừng 10cm phun ở đoạn hầm cách gương 10 - 12 mét. Khi có xuất hiện vết nứt trong bê tông phun, người ta treo lên đầu neo một lưới thép $\phi 6$ a 200 và phun một lần nữa bê tông. Việc xây vỏ hầm vĩnh cửu được tiến hành ở cách gương là 100 mét.

Trong các đá yếu loại dẻo, áp lực địa tầng tăng từ từ. Khi đào hầm có tiết diện từ 40 đến 90m² thì việc áp dụng phương pháp đào toàn tiết diện có sử dụng vì chống mềm là hiệu quả (phương pháp nước Áo mới NATM). Theo phương pháp này đầu tiên người ta chống hang bằng vì chống có khả năng biến dạng, được chèn chèn chặt vào vách đá. Sau đó khi áp lực và độ lún của chu vi hang đã ổn định thì tiến hành xây vỏ bình cửu để giữ vì chống đã dựng ban đầu.

Vì chống phía ngoài thường dùng là neo hoặc vì chống vòm mềm và bê tông phun có chiều dày 10 - 15cm có lưới thép (hình 2.30). Vỏ bên trong thường là bê tông hoặc bê tông cốt thép toàn khối có xét đến sự cùng làm việc của vì chống đã dựng, có nghĩa là chiều dày giảm đi vì có sự phân bố lại tải trọng lên vì chống sau khoảng thời gian giữa hai lần xây vì chống.

Phương pháp này đòi hỏi đơn vị thi công phải có kinh nghiệm và phải thường xuyên theo dõi biến dạng của nóc và vách hang. Những biến dạng này có thể xảy ra trong vòng 6 tháng hoặc hơn thế. Vỏ hầm phía trong chỉ xây dựng khi biến dạng của nóc và vách hang đã ổn định.

Phương pháp này cũng có nhiều phương án biến tướng, có thể sử dụng trong những điều kiện địa chất đặc biệt như phiến sét, sét, đá biến chất hoặc argilit dẻo, tức là các



Hình 2.30: Đào hầm tiết diện lớn vì chống liên hợp

1. Lớp bê tông phun bên ngoài; 2. Lưới thép;
 3. Lớp bê tông phun trong; 4. Các neo.
- I, II, III, IV - trình tự đào và xây vỏ.

loại đá có tính từ biến tất dần, không xuất hiện tải trọng một phía, dễ làm gãy lớp bê tông phun.

Một phương án khác của phương pháp đào toàn tiết diện, áp dụng trong các loại đá nứt nẻ mạnh, dễ sụt lở, có thể hiện áp lực địa tầng ở nóc và vách hang, hầm có tiết diện $\leq 70\text{m}^2$, đó là công nghệ đào hầm đặc biệt có sử dụng ván khuôn che chắn di động. Phương pháp này thường dùng bê tông lót mác thấp làm vì chống tạm. Bê tông này được đổ nhờ những đốt ván khuôn ngăn di động (hình 2.31). Sau mỗi lần nổ mìn và thải đá người ta kéo trượt vào sát gương một đốt ván khuôn, dài khoảng 4 mét đặt trên đế trượt. Đốt ván khuôn thường có cấu tạo là một hệ vòm liên kết với nhau thành một kết cấu không gian, mặt ngoài có hàn thép tấm làm ván khuôn, có các cửa sổ để đổ bê tông.

Thực tế áp dụng phương pháp này cho thấy tốc độ đào hầm thường không vượt quá 30m/tháng. Mặt khác do cấu tạo của đốt ván khuôn di động nên đòi hỏi đào vượt lớn và đôi khi chất lượng của lớp bê tông lót không đảm bảo do các khối đá nhô ra. Chính vì thế nó thường chỉ sử dụng để thi công những đoạn hầm ngắn, vượt qua các đoạn đất đá bị phá hoại hoặc các đứt gãy có bề rộng lớn.

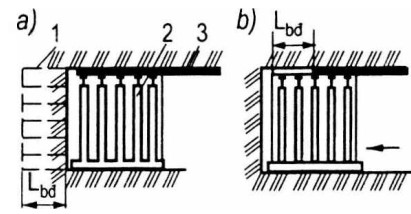
3. Phương pháp bậc thang

Phương pháp là phương pháp phổ biến để xây dựng các hầm lớn có chiều dài không hạn chế, nằm trong điều kiện địa chất công trình thuận lợi ($f_{kp} \geq 4$) với hầm có tiết diện lớn hơn 100m^2 và chiều cao lớn hơn 10m.

Điều khác nhau cơ bản của phương pháp bậc thang và phương pháp đào toàn tiết diện là ở việc phân chia tiết diện ngang của hang ra làm các mảnh rồi đào tuần tự trên toàn gương. Việc phân chia tiết diện như vậy phải đảm bảo sự ổn định của hang trong quá trình thi công và việc làm đó sẽ giảm bớt khó khăn cho công tác khoan đào và xây vỏ hầm bê tông. Đối với phương pháp bậc thang có ba cách mở gương chính là bậc thang trên, bậc thang bên và bậc thang dưới (hình 2.32).

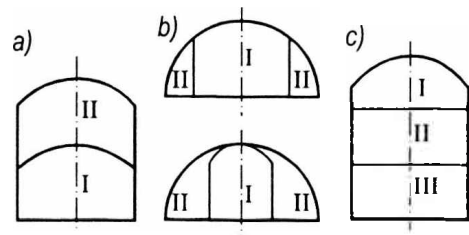
Đối với phương pháp bậc thang trên có thể sử dụng hai sơ đồ thi công:

- Theo sơ đồ 1: trong phần dưới hầm tiến hành đào hang dẫn trên suốt chiều dài hầm, tiếp theo, sử dụng hang dẫn này làm mặt thoáng tiến hành đào phần cơ bản của hầm.
- Theo sơ đồ 2: Đầu tiên đào phần dưới hang trên suốt chiều dài hầm. Từ phần dưới tiến hành khoan rồi nổ sập phần trên. Phương pháp này khi sử dụng có nhiều nhược điểm nên ít dùng.



Hình 2.31: Đưa ván khuôn dạng khiên vào gương

- a) Vị trí làm việc; b) Đưa vào gương.
1. Lỗ khoan; 2. Ván khuôn dạng khiên;
3. Bê tông lót. L_{bd} - bước đào



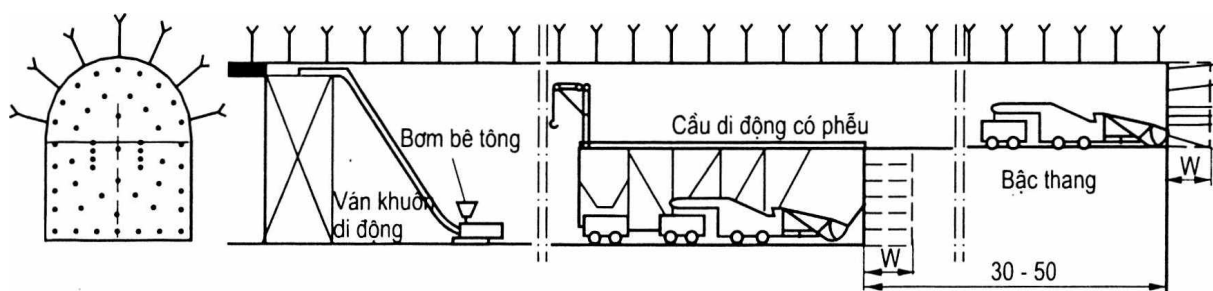
Hình 2.32: Thứ tự đào hầm bằng phương pháp bậc thang

- a) Phương pháp bậc thang trên;
b) Phương pháp bậc thang bên;
c) Phương pháp bậc thang dưới

Phương pháp bậc thang bên được sử dụng để đào bậc trên của những hầm nhịp lớn (khi bề rộng hầm 20 mét và lớn hơn) trong đá ổn định, khi hầm có bề rộng nhỏ hơn trị số trên nhưng đá nứt nẻ dễ sụt lở trong quá trình đào. Người ta thường sử dụng phương pháp này trong những trường hợp khi đào phần giữa, sau đó đào hai bên hang thì ổn định của nóc hang vẫn đảm bảo. Bằng cách đó sẽ cho phép chống đỡ nóc hang kịp thời và chắc chắn trên một chiều dài hang lớn và cũng cho phép sử dụng hợp lý các thiết bị khoan và xúc đá.

Phương pháp bậc thang dưới

Trong các địa tầng có độ cứng trung bình và yếu, hầm có tiết diện trung bình thì sơ đồ thi công hầm theo phương pháp bậc thang dưới như trên hình 2.33. Phần vòm được đào vượt trước 30 - 50 mét, đóng vai trò hang dẫn, cho phép hiệu chỉnh các số liệu thăm dò và khi gặp đất đá yếu có thể chuyển đổi phương pháp thi công kịp thời.



Hình 2.33: Phương pháp bậc thang dưới

Sau khi thông gió và chọc om trong gương, nóc hang được gia cố bằng neo hay vì chống tạm treo lên vì chống vòm hay vì chống đa giác đã dựng trước đó.

Trong trường hợp vách hang ổn định vì chống đa giác hoặc vòm được kê trực tiếp lên đá hoặc lên dầm kê bằng gỗ nằm ngoài chu vi thiết kế của hang, khi vách hang không ổn định thì dầm kê bằng gỗ hoặc thép [gồm nhiều khâu, tương ứng với bước đào phía dưới nó, sau khi nổ mìn sẽ dựng cột giữ các khung và vòm.

Đá từ gương vượt trước được bốc vào goòng hoặc vận chuyển dọc hang bằng máy xúc có băng tải đặt ở gương rồi đổ xuống dưới ở gần chỗ có bậc. Tại đó đá sẽ được bốc lên goòng có dung tích lớn cùng với đá nổ ra ở phía dưới. Để tránh cùng một khối lượng đá phải xúc bốc hai lần, có thể từ gương vượt trước đá được chuyển ra một sàn công tác, di chuyển theo bậc dưới, rồi rót xuống goòng ở dưới qua phễu, bố trí trong phần đã đào xong toàn tiết diện.

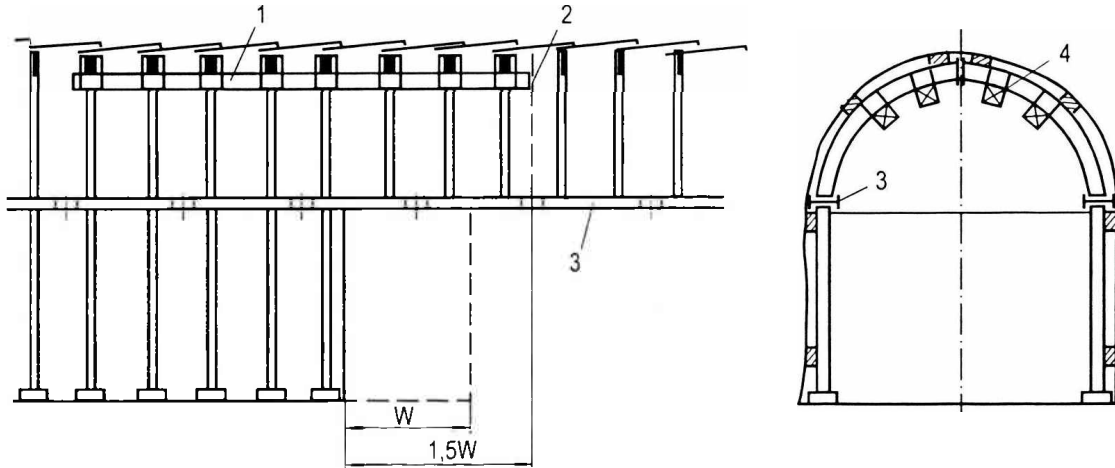
Sau khi thải đá ở cả hai gương, tiến hành khoan nổ cho chu kỳ sau. Các lỗ mìn ở phần giữa của bậc dưới có thể khoan thẳng đứng. Trong trường hợp này có thể phối hợp giữa khoan và xúc bốc.

Việc khoan lỗ trong phần vòm hợp lí hơn cả là khoan bằng xe khoan, máy khoan tự hành hoặc các tay búa lắp trên máy xúc.

Việc đổ bê tông vòm hầm thường được tiến hành toàn bộ vòm một lúc, ở xa khu vực khoan đào với khoảng cách thuận lợi nhất cho thi công. Với mục đích làm đơn giản việc

tổ chức thi công, đôi khi người ta đào thông hẳn phần vòm, chống đỡ cẩn thận, rồi sau đó mới tiến hành đào bậc dưới và đổ bê tông vỏ hàm.

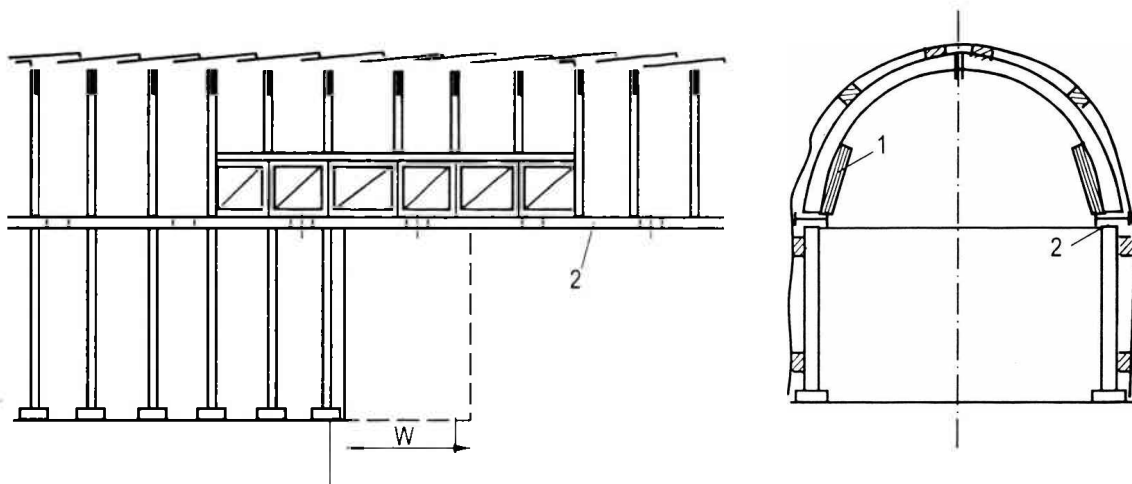
Với những loại vòm chống được lắp dựng làm hai quá trình, thì phần kê gối của vòm chống bên trên sẽ bị hẫng khi nổ mìn bậc dưới. Việc giữ vòm chống vòm khỏi bị sập có thể thực hiện bằng việc sử dụng các dầm gác 1 treo vào các vòm chống đã được kê giữ bằng các quang treo (hình 2.34). Theo tiến trình dịch chuyển của gương, dầm treo cũng được dịch chuyển về phía trước xuyên qua bậc nổ mìn.



Hình 2.34: Treo vòm chống bằng các dầm khóa

1. Dầm khóa; 2. Gương khi đào bậc thang; 3. Dầm kê; 4. Quang treo khóa

Thuận lợi hơn cả là dùng các dàn thép lập từ các khoang có chiều dài bằng bước của vòm thép, nối với nhau bằng bulông và bắt lên các sườn là khung chống. Các vòm chống đã dựng trong các tiết diện đã đào toàn bộ đóng vai trò gối tựa của dàn gác, còn vòm kê thì là những vòm nằm ngoài phạm vi vùng nổ mìn. Theo mức độ di chuyển của gương bậc dưới, các khoang dàn ở phía sau được tháo ra, rồi lắp lên phía trước (hình 2.35).



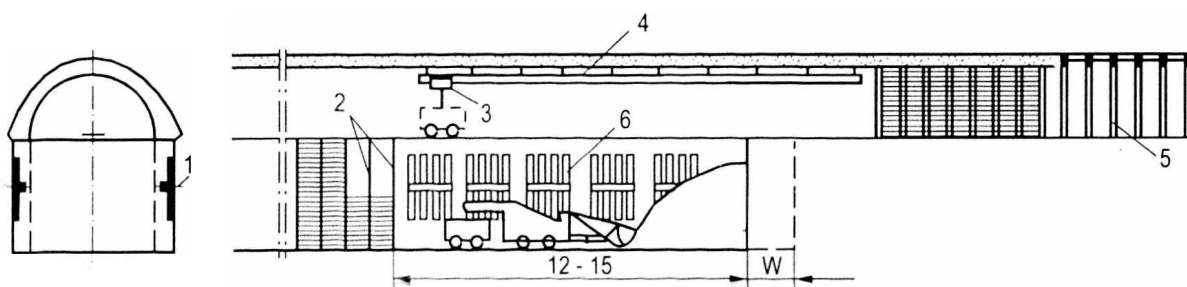
Hình 2.35: Giữ vòm chống bằng dàn lắp ghép

1. Dàn lắp ghép; 2. Dầm kê

Ưu điểm của phương pháp bậc thang dưới là tiết kiệm được thuốc nổ so với phương pháp đào toàn tiết diện và có thể áp dụng được trong địa tầng yếu. Trong những trường hợp đặc biệt khó khăn, người ta áp dụng hàng dẫn bên ngấn vượt trước gương đào phân vòm, trong đó trước khi đào gương phân vòm người ta tiến hành đặt các dầm kê cho vòm chống vòm.

Nhược điểm của phương pháp là tổ chức thi công phức tạp do việc đào đồng thời hai gương, công tác nổ mìn phải tiến hành đồng thời để rút ngắn thời gian nạp mìn và thông gió. Ngoài ra còn những khó khăn phụ do phải chống đỡ lại sau khi nổ mìn bậc dưới, đảm bảo vận chuyển đá từ gương vượt trước đến chỗ xúc đá cuối cùng và giữ gìn, bảo vệ vòm chống bậc trên.

Trong trường hợp, nếu như để nóc hang với vòm chống tạm cho đến khi xây vòm là mạo hiểm thì hợp lý hơn cả là xây vòm hầm làm hai bước, tức là áp dụng dạng đơn giản của phương pháp vòm trước tường sau (hình 2.36).



Hình 2.36: Phương pháp đổ bê tông vòm có phân đoạn

1. Neo; 2. Vách chia; 3. Dầm cầu treo; 4. Môrôray; 5. Vòm chống vòm; 6. Thép U

Sau khi đào chống toàn tiết diện vòm thì tiến hành đổ bê tông phẩm vòm, chân vòm có mở rộng thêm ra ngoài biên thiết kế của vòm. Việc đào phân dưới cũng trên toàn tiết diện khi vòm bê tông đã đạt cường độ thiết kế; tường của phần mở rộng dưới được đổ bê tông ở khoảng cách tới gương 12 - 15 mét. Sự ổn định của tường được đảm bảo bằng các ván chèn, giữ bằng neo 1 và nẹp thép chữ U-6.

Việc cấp bê tông cho phần trên bằng các goòng lật nhờ xe con kiểu cầu con mèo chạy trên mônô ray 4 treo vào vòm bê tông nhờ các chi tiết chôn sẵn.

Khi thi công các hầm tiết diện lớn trong địa tầng cứng chắc, việc sử dụng phương pháp bậc thang dưới chủ yếu là do yêu cầu hợp lý hoá công nghệ chứ không phải đòi hỏi của các điều kiện địa chất công trình. Đầu tiên người ta đào phần trên của tiết diện (như phương pháp đào toàn tiết diện). Sau đó đổ bê tông phần vòm ở khoảng cách 250 ÷ 300 mét kể từ gương. Khi chiều dài hầm nhỏ hơn 300 mét, có thể đào và chống đỡ tạm phần trên toàn chiều dài hầm rồi mới xây vòm vĩnh cửu (bê tông). Sau khi đổ bê tông vòm mới tiến hành đào bậc dưới. Cuối cùng (sau khi đổ bê tông vòm) mới thi công phần đáy hầm. Khi chiều cao hầm cao chừng 10 mét, nếu có thiết bị đổ bê tông cả vòm thì việc xây dựng vòm hầm có thể tiến hành một bước, sau khi đã đào xong phần dưới.

Chiều cao hợp lý nhất của bậc dưới là 8 - 10 mét. Tuy nhiên cũng nên xem xét đến quy tắc an toàn khi thi công ngầm. Theo quy tắc này thì chiều cao đóng đá nổ ra không được cao hơn cần của máy xúc (nếu như dùng máy xúc loại gầu). Góc nghiêng của bậc thường lấy trong khoảng 75 - 80°. Nếu chiều cao bậc dưới của hầm lớn hơn 10 mét thì phải chia thành nhiều bậc. Sau khi đào mỗi bậc phải gia cố hai bên vách trên suốt chiều dài hầm. Chiều cao của bậc phụ thuộc vào độ ổn định của vách hang, cũng có nghĩa là phụ thuộc vào các điều kiện địa chất công trình và phụ thuộc vào hệ thống các hang phụ (để vận chuyển thải đá, cấp vật liệu cho thi công, hoặc mở các gương phụ).

Trong các loại đá nứt nẻ hoặc khi sử dụng các hang phụ để vào hầm chính, chiều cao bậc nên hạn chế ở khoảng 5 - 7 mét.

Phương pháp bậc thang dưới tạo khả năng gia cố nhanh phần nóc hang, có thể chuyển nhanh sang phương pháp khác khi chuyển vào đoạn có địa tầng yếu và cũng cho khả năng sử dụng các thiết bị thi công có năng suất cao, tiến độ thi công lớn (120 - 150m/tháng cho phần trên, 250m/tháng cho các bậc dưới), giảm giá thành công tác khoan một cách đáng kể, nhất là ở các bậc dưới, khi sử dụng các lỗ khoan nghiêng.

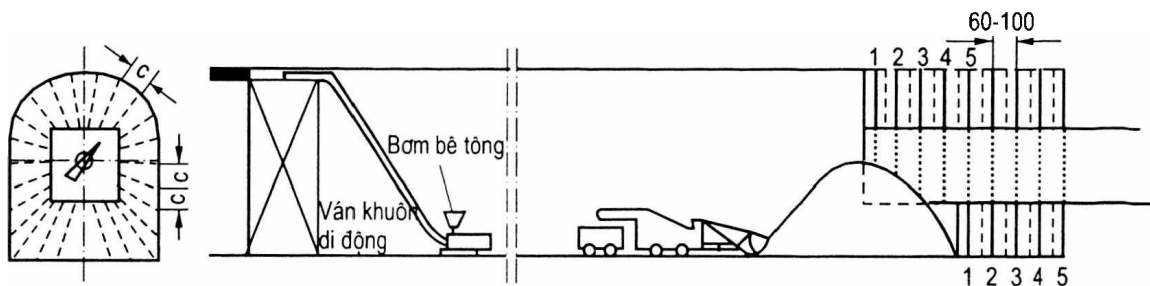
Tuy nhiên, phương pháp bậc thang dưới cũng làm tăng thời hạn thi công toàn hầm so với phương pháp đào toàn tiết diện. Nếu như ký hiệu tốc độ đào bậc dưới và đổ bê tông tường là V_1 , tốc độ đào bậc trên và đổ bê tông vòm là V_2 thì tốc độ xây dựng toàn hầm sẽ là:

$$V = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \quad (1.1)$$

Theo công thức này dễ dàng nhận thấy rằng nếu tốc độ đào bậc trên là 100m/tháng, bậc dưới là 150m/tháng thì tốc độ đào toàn hầm không vượt quá 60m/tháng, nói cách khác là chỉ bằng 60% tốc độ đào bậc trên.

4. Phương pháp hang dẫn giữa

Trong thực tế, xây dựng hầm trong đá cứng không cần chống đỡ tạm trước khi xây vòm thì phương pháp hang dẫn giữa cũng thường được áp dụng.



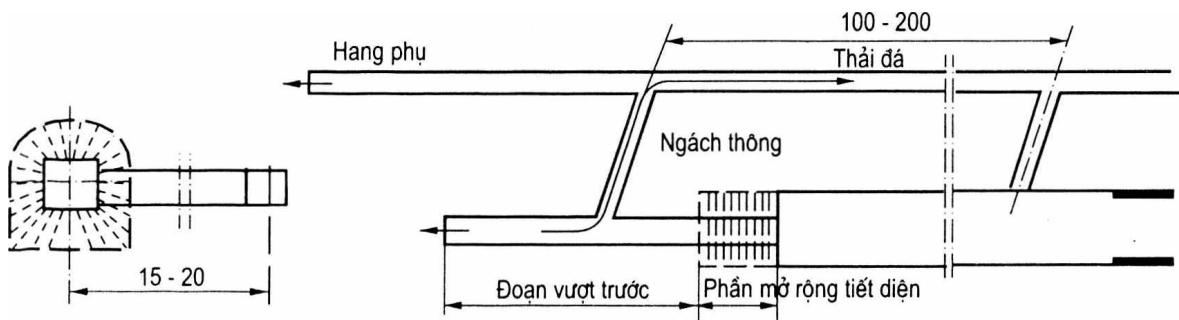
Hình 2.37: Phương pháp hang dẫn giữa

Trong trường hợp đơn giản (hình 2.37), ở phần giữa hang tiến hành đào một hang dẫn hình chữ nhật hay dạng vòm, kích thước của hang dẫn được quyết định sao cho từ nó có

thể khoan các lỗ theo phương bán kính đến chu vi thiết kế của hang. Các lỗ được khoan vuông góc với trục hầm, và khoan bằng máy khoan dạng cột đỡ, đặt trong hang dẫn.

Việc nổ mìn được tiến hành theo từng lát một, chiều dày 60 - 100cm, đảm bảo mở rộng tiết diện và tiết kiệm thuốc nổ do có hai mặt thoáng. Để tránh bị lấp hang do đá nổ ra tiến hành nổ gương theo dạng bậc thang. Việc thải một khối lượng lớn đá nổ ra thường bằng máy xúc loại gầu, chuyển ra ngoài bằng các goòng dung tích lớn hoặc ô tô tự đổ.

Do không thể thi công song song công tác thải đá từ hang dẫn và khoan các lỗ theo phương bán kính mà việc khoan chỉ được bắt đầu sau khi đã đục thông hai gương ngược chiều nhau của hang dẫn, nên càng kéo dài việc đào mở rộng thì thời hạn xây dựng hầm tăng lên. Nhược điểm này có thể được khắc phục bằng việc đào một hang phụ song song với trục hầm với tiết diện bé (khoảng $6m^2$) (xem hình 2.38).



Hình 2.38: Phương án có hang phụ

Hang phụ nối với hang dẫn giữa bằng các ngách thông cách nhau 100 - 200 mét đảm bảo có đường thoát đá từ gương đào ra, để bố trí ống thông gió và thoát nước v.v...

Ngoài ra hang dẫn phụ có thể đào với tốc độ lớn hơn hang dẫn giữa để có phần vượt trước. Trong trường hợp này, trên cơ sở hang phụ có thể mở qua hang ngang các gương thi công để rút ngắn thời gian thông hầm.

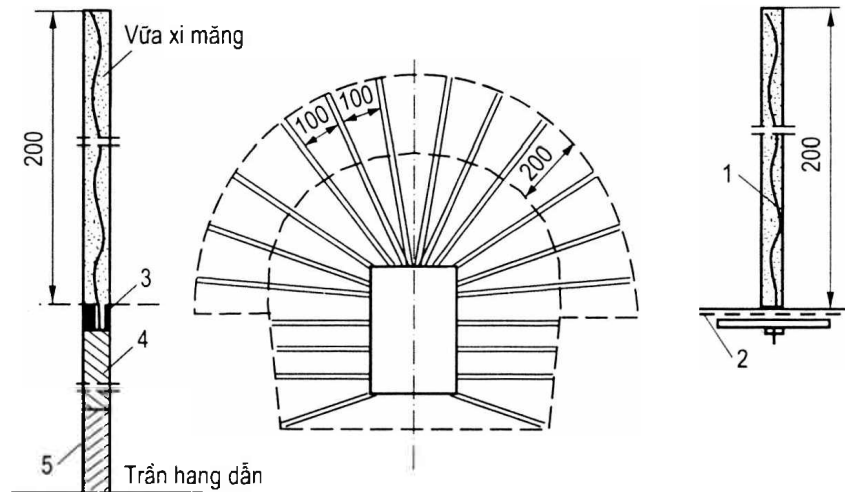
Việc có hang dẫn phụ sẽ làm đắt thêm, nhưng đảm bảo thi công thuận lợi hơn, rút ngắn được thời gian xây dựng hầm. Phương án có hang phụ là hợp lý khi thi công các hầm dài và sau này hang phụ được sử dụng để thông gió cho hầm chính theo sơ đồ thông gió bán ngang.

Phương pháp hang dẫn giữa cho phép cơ giới hóa đồng bộ việc thi công hầm và đảm bảo tốc độ đào hầm lớn nhưng được áp dụng hạn chế trong địa tầng không đòi hỏi phải chống đỡ tạm.

Việc sử dụng rộng rãi vì chống neo trong xây dựng hầm đã cho phép mở rộng phạm vi áp dụng của phương pháp hang dẫn giữa.

Trong trường hợp cần thiết, địa tầng ở nóc hang có thể được gia cố bằng neo, trước khi mở rộng ra toàn tiết diện. Sơ đồ này đã được áp dụng khi xây dựng hầm trong địa

tầng nứt nẻ mạnh (ở Pháp). Từ hang dẫn giữa (hình 2.39) đã khoan các lỗ theo phương bán kính, sao cho đáy lỗ vượt ra ngoài biên hang thiết kế 2 mét (chiều dài neo tính toán) cách nhau 1 mét. Trong phần lỗ nằm ngoài biên hang thiết kế tiến hành đặt neo là thanh thép 1, đường kính 12mm, đầu trong có tiện ren để sau này vặn ốc có bản đệm để ép lưới thép 2. Đầu trong của neo xuyên qua một nút cao su 3 và phần ngoài có thanh thép được ép vữa xi măng sét với áp lực 15 at, khi đó ngoài việc đảm bảo sự liên kết một cách tin cậy thanh thép với vách lỗ mà còn xi măng hoá cả khối đá bao quanh hang, biến chúng từ nứt nẻ thành toàn khối.



Hình 2.39: Phương án có dùng neo

Sau khi vữa xi măng trong phần neo đạt cường độ thiết kế, thì phần lỗ nằm trong phạm vi tiết diện hang được nạp mìn (nạp mìn 4 và nút mìn 5). Việc nổ mìn theo từng lát và trên một đoạn dài đến 15 mét cho một lần nổ.

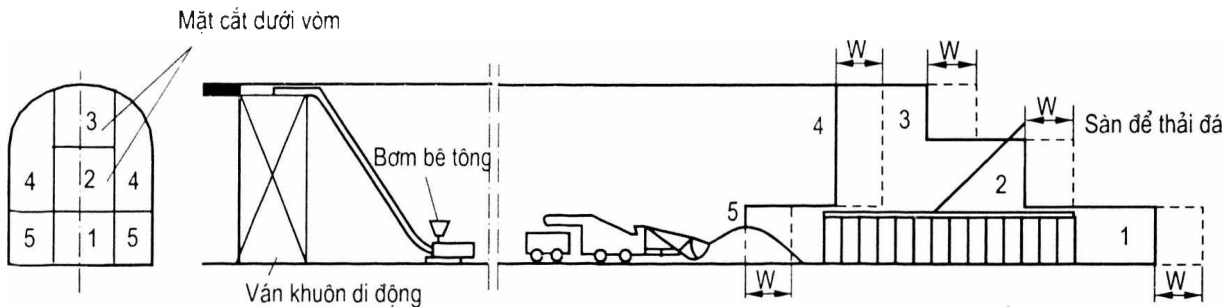
Việc có ở trong nóc hang các cốt thép và vòm đá đã xi măng hoá cho phép tiến hành đào mở rộng ra toàn tiết diện mà không cần chống đỡ tạm, giảm lượng đào vượt đến tối thiểu. Để đảm bảo an toàn cho thi công người ta treo lưới thép lên các đầu neo và hàn các cốt thép tăng cường.

Việc áp dụng phương án này của phương pháp hang dẫn giữa đã nâng cao tốc độ đào hầm lên 6 mét ngày, an toàn tuyệt đối và giảm lượng đá nổ ra cũng như chi phí bê tông.

Đặc biệt của việc áp dụng thanh neo dạng lượn sóng ngầm trong vữa xi măng là không có sự căng trước, như đã biết là để ngăn ngừa biến dạng dư của địa tầng khi đào mở rộng hang. Trong trường hợp này neo được đặt trước khi đào hang, do lực dính bám và ma sát khá lớn giữa bề mặt neo và vách lỗ mà trạng thái của địa tầng đã được cố định trước khi bị phá hoại do công tác đào. Phương pháp nêu trên là khá thú vị và kiến nghị áp dụng trong các đá đòi hỏi phải chia tiết diện hang làm nhiều mảnh nhỏ để thi công.

5. Phương pháp chia nhỏ dưới vòm

Khi đào hang không cần chống tạm trong địa tầng cứng chắc mà trình độ cơ giới hoá thấp, phương án đào toàn tiết diện bị loại trừ, thì có thể áp dụng phương pháp chia nhỏ dưới vòm (hình 2.40). Với phương pháp này, từ hang dẫn dưới 1 tiến hành đào mở rộng phần giữa hang một đến hai lần (các phần 2, 3). Sau đó tiến hành đào mở rộng sang hai bên 4 và mở rộng phần tường 5. Các phần mở rộng trong phần vòm được nổ mìn với hai mặt thoáng, còn mở rộng phần tường có đến 3 mặt thoáng, do đó tiết kiệm đáng kể thuốc nổ so với đào toàn tiết diện (thường $30 \div 40\%$).



Hình 2.40: Phương pháp chia nhỏ dưới vòm

Đất đá nổ ra từ các mặt cắt dưới vòm nằm lại trên sàn công tác, được lắp dựng trong hang dẫn dưới. Việc thải đá vào goòng ở phía dưới thực hiện qua các lỗ phễu và máng rót (vì thế phương pháp này còn được gọi là phương pháp giàn giá phễu).

Ưu điểm của phương pháp là ngoài việc tiết kiệm thuốc nổ như đã nêu trên, thì công tác khoan, thải đá cũng hết sức thuận lợi.

Khi gặp các địa tầng yếu hơn thì phần vòm vẫn được chống đỡ bằng các loại vòm chống quen thuộc. Về nguyên tắc phương pháp này áp dụng cho các loại địa tầng như vậy là không hợp lí. Tuy nhiên khi hầm cắt qua một đoạn ngắn yếu, có áp lực địa tầng thì phương pháp vẫn có thể áp dụng có hiệu quả.

§4. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐẶC BIỆT ĐỂ THI CÔNG HẦM

Khi xây dựng các công trình ngầm trong những điều kiện địa chất công trình đặc biệt phức tạp đòi hỏi phải sử dụng các phương pháp đặc biệt khác nhau như gia cố nhân tạo khối đất đá ở những đoạn này.

Những phương pháp gia cố nền nhân tạo như ximăng hoá, sét hoá, silicat hoá hoặc đóng băng nhân tạo.

Việc chọn phương pháp này hay phương pháp khác, vật liệu này hay vật liệu khác để gia cố nền đất đá phụ thuộc vào thành phần khoáng vật của đất đá, các tính chất cơ lý, mức độ thấm, đặc trưng bằng "hệ số thấm" của đất đá, thành phần hoá học của nước dưới đất và tính xâm thực của chúng.

Phạm vi ứng dụng các phương pháp đặc biệt để gia cố đất đá có thể tham khảo bảng 2.1 dưới đây.

Bảng 2.1

Phương pháp gia cố	Các loại đất đá	Hệ số thấm k (cm/s)
Ximăng hoá	Các loại trầm tích aluvi, hạt lớn, sỏi cuội, đá nứt nẻ có độ mở khe nứt từ 0,1mm và lớn hơn	$10^{-1} - 10^{-3}$
Sét hoá	Cát hạt trung, đá với các khe nứt lớn hơn 0,05 - 1,00mm	$10^{-3} - 10^{-6}$
Silicat và keo hoá	Cát hạt nhỏ, sa thạch rỗng, đá nứt nẻ	$10^{-4} - 10^{-6}$
Đóng băng nhân tạo	Đất yếu bão hoà nước (trừ đất bị castơ mạnh)	$\leq 5.10^{-1}$

1. Phương pháp ximăng hoá để gia cố đất đá

Đây là phương pháp gia cố một phần của khối địa tầng mong muốn bằng cách ép vữa ximăng hoặc ximăng cát qua các lỗ khoan vào địa tầng. Việc khoan lỗ thường sâu 30 - 40m và hơi xoè ra một chút theo hướng của tuyến hầm.

Việc ximăng hoá thực hiện đối với tất cả các lỗ khoan sẽ tạo nên một khối đá chặt, độ bền và tính chống thấm cao hơn so với khối đá không được gia cố. Việc tính toán các thông số hình học của công tác ximăng hoá để gia cố trước khối đá trước gương như mong muốn chỉ là tương đối, bởi vì việc thâm nhập vữa ximăng từ lỗ khoan vào sâu trong khối địa tầng với những khoảng khác nhau phụ thuộc vào trị số mở, hướng và các đặc trưng của khe nứt, phụ thuộc vào thành phần, độ đậm đặc của vữa và áp lực ép và nhiều yếu tố rất khó xác định khác.

Bán kính tối ưu của phần đất đá được gia cố trong khối đá nứt nẻ tính theo công thức sau, xuất phát từ giá thành công tác phụ là thấp nhất:

$$R_0 = \sqrt{\frac{e_1}{\pi n_1 e_2} + \frac{c^2}{2}}, \quad m \quad (2.2)$$

trong đó:

e_1 - giá thành khoan 1m lỗ, đ/m;

e_2 - giá thành chế tạo và ép 1m³ vữa phụ, đ/m³;

m_1 - hệ số nứt nẻ (đối với argilit, alevrolít, cát kết và các đá yếu nứt nẻ khác $m_1 = 0,001 - 0,003$. Đối với granit, poocfiarit, đá vôi và đolômit trong vùng phá hoại kiến tạo $m_1 = 0,01 \div 0,03$);

c - chiều dày vùng gia cố, m.

Do phức tạp của bài toán giải tích, nên chiều dày C của vùng gia cố xác định bằng thực nghiệm. Sơ bộ C có thể xác định theo công thức:

$$C = k.b \quad (2.3)$$

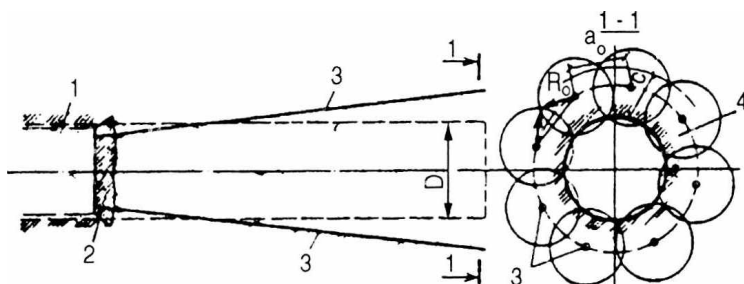
trong đó:

b - bề rộng hang ngầm, m;

k - hệ số tỷ lệ, xác định phụ thuộc vào đặc trưng của địa tầng; đối với đất có hệ số độ cứng $f_k = 5 \div 10$ giá trị của $k = 0,27 \div 0,1$; trong đất yếu có $f_k = 2 \div 3$ thì $k = 0,4 \div 0,3$.

Theo giá trị của R_0 nhận được người ta xác định khoảng cách tối ưu giữa các lỗ khoan theo chiều dài cuối cùng là (hình 2.41):

$$a_0 = \sqrt{4R_0^2 - C^2}, \text{ m} \quad (2.4)$$



Hình 2.41: Sơ đồ tính để xác định các thông số lỗ khoan phụ
1. Hang; 2. Tường bê tông; 3. Các lỗ khoan; 4. Vùng đất được gia cố.

Trị số sai lệch của các lỗ khoan phụ phụ thuộc vào chiều sâu của chúng và phương tiện khoan cũng như trình độ chuyên môn của thợ khoan. Đối với lỗ khoan dài 30 - 50m thì độ sai lệch là 0,3 - 1m.

Số lượng lỗ khoan phụ N_0 ở gương hầm tiết diện tròn là:

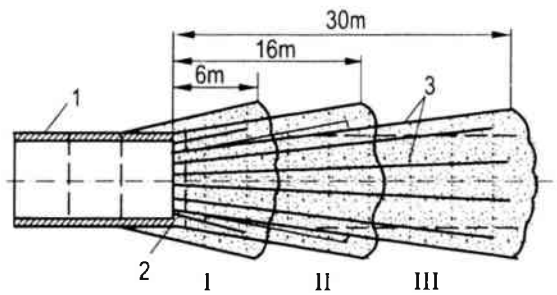
$$N_0 = \frac{\pi \left(D + \frac{C}{2} \right)}{a_0} \quad (2.5)$$

trong đó: D - đường kính hang hầm, m.

Để thi công công tác khoan phụ trong các hang ngầm có thể sử dụng tổ hợp thiết bị KTT - 1 của Nga hoặc các tổ hợp tương tự bao gồm thiết bị khoan, các cốt thép tăng cường, bơm phụ vữa xi măng, bộ trộn vữa, các thiết bị cấp nước và xi măng.

Công tác gia cố trước khối đá nứt nẻ từ trong hang ngầm thường bao gồm các dạng công tác sau: xây dựng tường phản áp bằng bê tông có đặt sẵn các thiết bị định vị. Còn trong trường hợp có lõi đá ổn định hoặc lõi gia cố nhân tạo thì khoan các lỗ khoan và đặt thiết bị định vị ở trong các lõi này; khoan các lỗ khoan phụ qua thiết bị định vị; rửa lỗ khoan phụ; thử nước và chuẩn bị khối đá sẽ gia cố (ép nước để xác định hệ số thấm và làm sạch khe nứt); khoan các lỗ kiểm tra và xác định lượng tiêu hao nước đơn vị còn lại.

Để xi măng hoá có thể dùng xi măng póclăng, xi măng póclăng xỉ và xi măng sét hoặc xi măng tam hợp... Việc chọn loại xi măng chủ yếu phụ thuộc vào các điều kiện thạch học của môi trường, tính xâm thực của nước, ý nghĩa, yêu cầu của công tác xi măng hoá. Trên hình 2.42 là một ví dụ về công tác xi măng hoá quanh hầm.



Hình 2.42: Trình tự công tác xi măng hoá trong hầm

I, II, III - Các vùng phụt; 1. Vỏ hầm bê tông; 2. Vách bê tông ở gương; 3. Lỗ khoan phụt

2. Công tác sét hoá

Sét hoá là phương pháp để chống thấm cho hang ngầm khi lưu lượng thấm không lớn lắm trong địa tầng nứt nẻ với độ thấm (0,1 - 100)l/phút. Tùy thuộc vào độ thấm của địa tầng khi sét hoá người ta dùng vữa sét, vữa sét silicát hoặc vữa sét xi măng.

Để chế tạo vữa sét có thể có thể dùng đất sét hoặc á sét. Mật độ vữa có thể từ 1,2 - 1,45 g/cm³ với độ loãng từ 18 đến 26cm. Để ép nước ra khỏi vữa và rút ngắn quá trình lắng kết của các hạt sét người ta tăng áp lực ép đến 3MPa. Các vữa sét silicát chế tạo trên cơ sở các bentonít khuếch tán nhanh và các loại sét phổ biến ở các địa phương.

Các vữa sét xi măng so với vữa xi măng thì kinh tế hơn ổn định hơn đặc trưng bằng độ sụt nhỏ hơn. Hàm lượng sét trong vữa sét xi măng có thể dao động từ 50 đến 150% khối lượng xi măng. Để sét hoá đá người ta dùng các thiết bị giống như xi măng hoá.

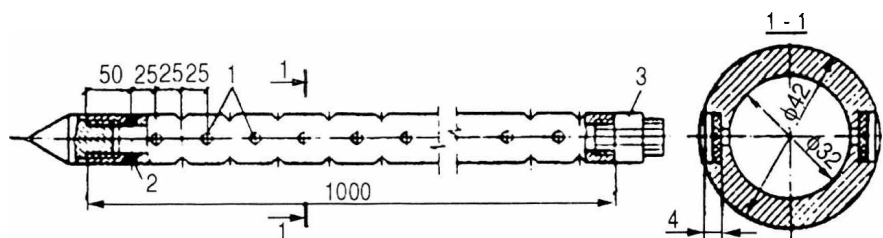
3. Công tác silicát hoá

Công tác silicát hoá là một phương pháp gia cố hoá học các loại địa tầng cát sỏi hoặc cát do sự phản ứng hoá học tương hỗ giữa thuỷ tinh lỏng và clorua canxi ép lẫn lượt vào trong lỗ rỗng của địa tầng. Việc silicát hoá rất có hiệu quả với địa tầng cát hạt trung và cát hạt nhỏ có hệ số thấm 2,5 - 80m/ngày đêm. Đối với các loại đất sét việc silicát ít hiệu quả. Không áp dụng silicát hoá trong những đất đóng băng vĩnh cửu và các loại đất gia cố kém ổn định trong điều kiện đóng băng. Độ bền của đất gia cố bằng silicát hoá có thể đạt 3 - 4 MPa đối với cát mịn, 2 MPa đối với cát trung và 1 MPa với cát thô (hạt lớn). Cường độ của đất gia cố tăng khá nhanh. Đất có thể đạt 50% cường độ thiết kế sau 2 giờ, phần còn lại là trong vòng 15 - 20 ngày. Các thiết bị để silicát hoá bao gồm kim phụt và các thiết bị để đóng, các ống và bơm để ép vữa.

Quá trình công nghệ cơ bản của việc silicát hoá là hạ kim phụt đến độ sâu thiết kế, ép vữa và rút kim phụt. Kim phụt được chế tạo từ những ống thép vách dày đường kính từ 19 đến 42mm lập từ các đoạn ống có khoan lỗ và các đoạn ống không khoan lỗ nối với nhau. Phần có khoan lỗ thường ở cuối kim phụt.

Trên hình 2.43 là một loại kim phụt, nó là loại ống có vách dày, có khoan các lỗ phụt 1 đường kính 3mm (tính toán sao cho có 60 - 80 lỗ trên 1m ống) có đầu nhọn 2 và đầu nối 3. Việc đóng kim phụt vào trong đất có thể dùng búa loại nặng, kích thuỷ lực hoặc

các thiết bị đóng dùm điện khác với tốc độ 5 - 10 và 20 m/h. Việc dùm các thiết bị rung khác để hạ kim phụt cũng rất hiệu quả. Việc ép vữa có thể dùm bơm thuỷ lực hoặc bơm bùn.



Hình 2.43: Kim phụt

Giáo sư B.A. Rzanhixum kiến nghị công thức để xác định sơ bộ bán kính vùng gia cố trong địa tầng đồng nhất có thể áp dụng silicat hoá như sau:

$$R = 0,25\sqrt{k_{\phi}} \quad (2.6)$$

trong đó: K_{ϕ} - hệ số thấm của địa tầng, m/ngày đêm.

Để gia cố có hiệu quả hoàn toàn, khoảng cách giữa các hàng lỗ phụt lấy bằng $1,73R$.

Trong đất cát chiều sâu hạ kim có thể đạt 10 - 12m còn trong cuội sỏi chỉ 3,5m. Trong những năm gần đây người ta còn áp dụng có hiệu quả việc silicat một loại vữa, silicat điện thấm và silicat khí.

Khi silicat một loại vữa người ta đưa vào trong đất một loại vữa tạo keo từ hai hay ba loại hoá chất thành phần. Mật độ vữa gần như mật độ của nước. Nhờ tính chất này của vữa mà có thể phụt vào nền cát mịn có hệ số thấm $k = 0,5 \div 5\text{m/ngày đêm}$ để gia cố chúng. Silicat một loại vữa có thể tạo nên đất không thấm nước và độ bền đạt 0,2 - 0,3 MPa. Khi dùm vữa từ silicat natri, và axit hydrô silic (H_2SiF_6) có thể đạt được đất có độ bền cao (2 - 4MPa).

Silicat điện thấm dùng để gia cố các loại cát bụi quá ẩm hoặc các loại bùn có hệ số thấm nhỏ hơn 0,2 m/ngày đêm. Phương pháp này dựa trên việc sử dụng hai điện cực hỗ trợ quá trình phụt để tăng cường quá trình dịch chuyển của vữa phụt. Đất sau khi phụt sẽ không bị phá hoại do nước và có độ bền đạt 0,5 - 0,8 MPa.

Silicat khí: phương pháp này áp dụng có hiệu quả trong đất cát có hệ số thấm từ 0,5 đến 20 m/ngày đêm. Phương pháp dựa vào việc sử dụng khí cacbôníc làm chất khuyết tán thuỷ tinh lỏng, cho phép gia cố đất để có độ bền đạt tới 2 - 2,5MPa và giảm độ thấm đi hàng trăm lần.

4. Phương pháp đóng băng nhân tạo

Dựa trên đặc điểm của các loại đất bão hoà nước khi làm đóng băng sẽ có độ bền và tính chống thấm cao. Trong quá trình đóng băng nước nằm trong các khe nứt và lỗ rỗng sẽ liên kết các hạt của các loại đất khác nhau lại.

Các loại đất chứa nước từ 30 đến 40% sẽ có độ bền lớn nhất khi được đóng băng. Khối đất đóng băng sẽ bảo vệ hàng ngầm không bị nước chảy vào khi đào các đoạn hầm nằm trong những điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn phức tạp.

Việc đóng băng khối đất tạo được là do quá trình trao đổi nhiệt khi cho các chất làm lạnh qua các ống đặt sẵn trong khối địa tầng cần đóng băng.

Số lượng lỗ khoan để đóng băng trong đó có đặt ống làm lạnh nhân tạo được xác định bằng công thức:

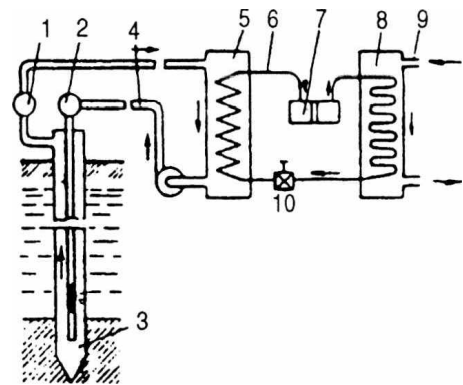
$$n = \frac{\pi D_1}{a} \quad (2.7)$$

trong đó:

- a - khoảng cách giữa các lỗ khoan theo chu vi của khối địa tầng cần đóng băng, đối với giếng đứng $a = 1,0 \div 1,25\text{m}$; đối với hàng ngang $a = 1,2 \div 2,0\text{m}$;
- D_1 - đường kính vòng đóng băng xung quanh hàng tính theo trục bố trí các lỗ khoan để đóng băng, m.

Người ta thường sử dụng khí adôl lỏng, amôniac lỏng hoặc cacbonic lỏng để làm chất làm lạnh. Chất lỏng clorua canxi có khối lượng riêng 1,25 ở nhiệt độ âm từ -20° đến 25°C được đưa vào lưu thông trong ống theo chu kỳ là chất dẫn nhiệt làm lạnh (Raxxol).

Theo sơ đồ (hình 2.44) Raxxol lạnh trong buồng 5 của trạm lạnh được đưa theo ống dẫn 4 vào lưới phân bố 2 đường kính 150 - 200mm sau đó đến từng kim lạnh 3. Sau một chu kỳ như vậy độ lạnh sẽ được tỏa vào trong khối đất còn Raxxol lại trở về lưới thu 1 rồi về trạm. Ở đây lại xảy ra quá trình làm lạnh. Sau một chu kỳ chất làm lạnh trở về trạm 5 sẽ ở dạng hơi qua ống 6 đến máy nén khí 7 vào trạm điều hoà 8 ở đây chúng lại trở thành lỏng. Nhiệt tỏa ra sẽ đưa vào nước dẫn vào từ ống 9. Chất làm lạnh lỏng lại trở lại trạm qua van 10. Để kiểm tra liên tục và giám sát quá trình hoạt động của trạm lạnh, dọc lưới thu và lưới phân bố người ta bố trí các thiết bị đo (áp kế, nhiệt kế, van an toàn và thiết bị điều áp).

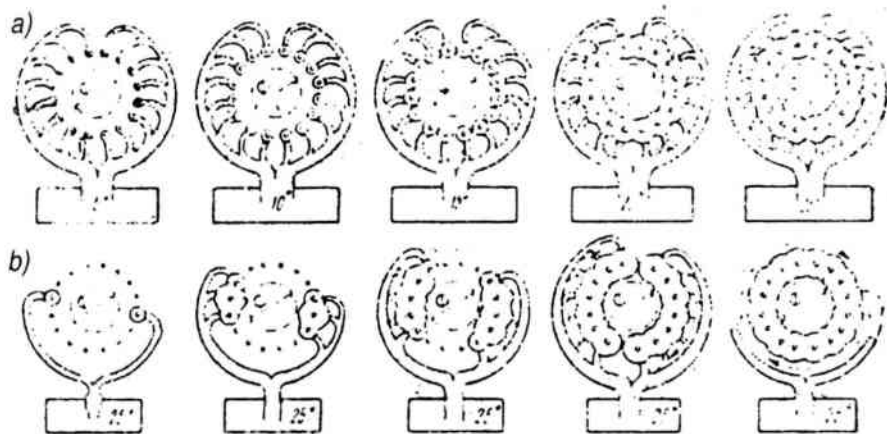


Hình 2.44: Sơ đồ đóng băng đất

Người ta thường phân biệt các phương pháp làm lạnh song song và tuần tự.

Với phương pháp song song (hình 2.45a) tất cả các lỗ khoan được làm lạnh đồng thời cùng một lúc để tăng từ từ kích thước và khép dần vòng lạnh đóng băng.

Với phương pháp tuần tự việc bố trí lỗ khoan vẫn như phương pháp trên còn việc làm lạnh thì bắt đầu từ hai hay một vài lỗ khoan nằm trên một đường kính với việc giảm nhiệt độ đồng thời trong các lỗ khoan bên cạnh.



Hình 2.45: Phương pháp đóng băng
 a) Phương pháp song song; b) Phương pháp tuần tự

Sau khi giảm nhiệt độ trong các lỗ khoan cạnh nhau đến độ không là lúc bắt đầu một chu kỳ tạo băng, còn các lỗ khoan đã đóng băng chỉ nhận được chất dẫn nhiệt lạnh vào từng thời điểm để tránh làm tan băng xung quanh chúng mà thôi.

Chế độ như vậy được gọi là chế độ đóng băng bị động và đòi hỏi trung bình 30 - 50% lạnh so với chế độ đóng băng liên tục hay chế độ đóng băng tích cực (chủ động). Quá trình đóng băng các lỗ khoan với phương pháp tuần tự mô tả trên hình 2.45b. Phương pháp làm đóng băng tuần tự cho phép giảm công suất lạnh của trạm một cách đáng kể nhưng thời gian của quá trình đóng băng sẽ tăng.

Chương 3

CÔNG TÁC KHOAN NỔ MÌN

Đa số các công trình ngầm được thiết kế và xây dựng trong đá cứng. Việc làm tối đa trong quá trình đào hang được thực hiện chủ yếu bằng công tác khoan nổ mìn: khoan vào địa tầng những lỗ khoan đường kính khác nhau, nạp thuốc nổ mìn để phá vỡ và đập nhỏ đất đá theo mong muốn. Theo thống kê cho đến nay việc phá đá bằng khoan nổ mìn chiếm 95% khối lượng đào đất đá ngầm. Điều đó chứng tỏ đây là phương pháp khá hiệu quả, đơn giản trong thực tế xây dựng hầm.

§1. CÔNG TÁC KHOAN LỖ VÀ THIẾT BỊ KHOAN

Công tác khoan có liên quan đến một tổ hợp các công đoạn sản xuất liên quan đến việc khoan lỗ trong địa tầng. Theo thuật ngữ khoan: lỗ mìn nhỏ có đường kính $\leq 75\text{mm}$ khoan sâu vào đất đá $\leq 5\text{m}$ tạo để bố trí lượng thuốc nổ nhất định, còn lỗ khoan lớn khi tạo khoảng trống đường kính lớn hơn 75mm . Vị trí khoan lỗ gọi là miệng lỗ còn phần đáy lỗ gọi là gương khoan.

Công tác khoan là quá trình khó khăn nhất, quyết định giá thành công tác đào hầm nói chung. Việc khoan lỗ nhỏ được thực hiện bằng búa khoan hoặc máy khoan cũng như khoan điện. Còn khoan lỗ mìn lớn bằng các máy khoan tự hành.

Khi thi công ngầm từ trước đến nay người ta dùng nhiều hơn cả là các búa khoan khí nén dạng khác nhau với nguồn năng lượng chủ yếu là khí nén dẫn trong ống từ trạm nén khí. Ngày nay, xu hướng dùng chất lỏng được nén với áp lực cao làm năng lượng cũng đang phát triển và đã ra đời các búa khoan thủy lực đảm bảo tốc độ khoan khá lớn.

Trong những năm gần đây người ta cũng sử dụng các máy khoan xoay dùng điện để khoan lỗ mìn trong các loại đá có $f_{kp} \leq 8$.

Theo điều kiện áp dụng và phương pháp giữ búa khí khoan người ta phân ra làm búa khoan tay, khoan cột và kiểu có tay búa co dẫn được. Loại khoan tay và khoan có tay búa chủ yếu là khoan đập quay, còn loại khoan cột đỡ có thể là khoan đập quay và khoan đập xoay. Búa khoan tay lại phân ra làm loại nhẹ, loại trung bình và loại nặng. Những búa khoan loại này người ta sử dụng chủ yếu để thi công những hầm tiết diện nhỏ, khi thi công các công tác phụ (đào rãnh nước, phá đá quá cỡ v.v...). Những khoan tay loại nặng dùng với số lượng hạn chế để khoan giếng, để khoan các lỗ hướng từ trên xuống. Các búa khoan tay trong quá trình thi công được giữ bằng thiết bị chuyên dụng

như tay đỡ khí nén, để tiếp nhận phần lớn trọng lượng của búa và đảm bảo có lực ép dọc trục cần thiết vào đáy lỗ khoan.

Búa khoan có tay đỡ cơ rút được dùng để khoan các lỗ thẳng đứng hoặc có độ nghiêng lớn ($\leq 60^\circ$) đến độ sâu $\leq 4\text{m}$ và được sử dụng khá rộng rãi khi khoan neo gia cố nóc hang. Loại búa khoan này thường được gắn trên một tổ hợp gọn hoặc một xe mang khí nén để làm cho quá trình khoan đơn giản hơn.

Máy khoan dạng cột dùng để khoan lỗ chỉ khi có thiết bị đỡ chuyên dụng vì trọng lượng búa rất lớn (đến 150kg) và lực nén dọc trục cao, đạt tới 12 kN. Loại búa khoan này là công cụ chủ yếu để khoan hầm và những công trình ngầm tiết diện lớn như gian máy, các buồng ngầm v.v... Đặc trưng chủ yếu của một số loại búa khoan thường dùng do Liên Xô (cũ) chế tạo được liệt kê trong bảng 3.1.

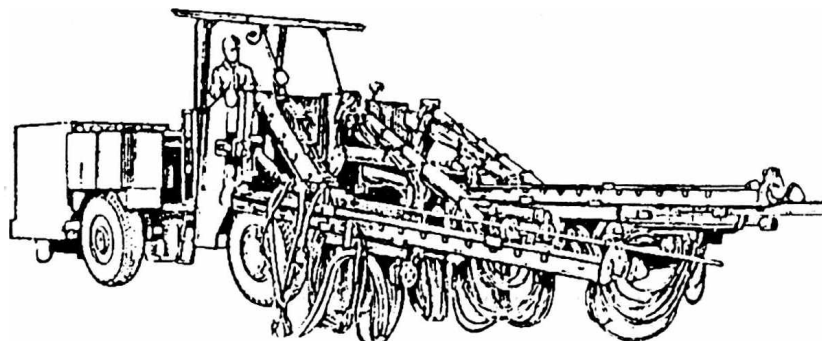
Bảng 3.1.

Loại búa	Mác máy	Dạng năng lượng	Số lần đập trong 1 phút	Tiêu hao khí nén (m^3/ph)	Trọng lượng (kg)	
Búa khoan cầm tay	ПР - 19	Khí nén	1800-1900	2,5	23	
	ПР - 22		1700 - 1850	2,8	24	
	ПР - 25		2300 - 2600	3,6	31	
	ПР - 30K		1600 - 1680	3,5	30	
Búa khoan có giá cơ rút	ПТ - 29		2500 - 2620	3,3	30,1	
	ПТ - 36M		2700 - 2800	4,5	37	
	ПТ - 45		1750 - 1800	4	43	
Búa khoan cột đỡ	ПК - 65		Dầu ép	2500	10	60
	ПК - 75			2000	12	75
	БГА - 1			2500	10	120
	ГП - 2	3600			120	

Bộ phận truyền động chủ yếu trong các búa khoan cột hiện đại thường là hệ vítme hoặc xích với một động cơ và hộp số gọn nhẹ đơn giản (khí nén hoặc thủy lực). Búa khoan cột cùng với bộ phận truyền động được tổ hợp với nhau thành một cụm gọi là dầm khoan, là bộ phận chính của các máy khoan trong thi công hầm hiện nay. Ngày nay các nước có công nghệ phát triển các dầm khoan thường được gắn lên một xe mang chạy xích hoặc lốp thành các máy khoan tự hành. Số lượng dầm khoan gắn lên xe mang có thể là 2, 3, 5. Đôi khi các loại búa khoan gắn lên một xe mang cũng có sự tổ hợp cần thiết theo yêu cầu của công nghệ thi công.

Ở Liên Xô (cũ) người ta đã sản xuất thiết bị khoan khá tổng hợp (YBIII) để khoan hầm có tiết diện khác nhau. Dầm khoan được gắn một tay khoan để điều khiển, di

chuyển dầm khoan. Mỗi tổ hợp này được gọi là một môđun khoan. Phổ biến hơn cả ở Liên Xô (cũ) là máy khoan dạng УБШ-532 (hình 3.1). Máy gồm một xe mang có động cơ diezen. Trên xe mang có gắn ba môđun khoan và một cụm điều khiển. Trên một môđun khoan có 1 búa khoan dạng cột và bộ truyền động di chuyển được trên chiều dài 4m. Với thiết bị này có thể đảm bảo chính xác các thông số khoan trong hầm rộng 8m cao 7m. Động cơ diezen của xe mang có thể di chuyển với tốc độ 10 km/h.



Hình 3.1: Máy khoan tự hành kiểu УБШ-532 (3БК - БД) do Liên Xô cũ chế tạo

Cùng với các thiết bị khoan như đã nêu trên, trong xây dựng hầm còn sử dụng các dạng thiết bị khoan khác nhau về kích thước, về công suất, về năng lượng và phương pháp di chuyển v.v... Tính năng của chúng như trong bảng 3.2.

Bảng 3.2

Các đặc tính kỹ thuật	Loại thiết bị khoan					
	БУР-2М БУЭ-2	СБУ-2М	СБУ-2К	УБШ-322П (332Д)	УБШ-532Д	УБШ-520Д 2БК-5ДЭВ
Kích thước gương khoan từ một vị trí, m						
+ cao	3,9	3,92	5,8	4,2	7	7
+ rộng	5,5	5,88	6,2	6,9	11,3	8,5
Số máy khoan trên thiết bị	2	2	2	2	3	2
Chiều sâu khoan, m	2,75	3,3	4	3	4	4-5
Bộ phận di chuyển	Bánh ray	Bích xích	Bánh xích	Bánh ray	Bánh hơi	Bánh hơi
Loại búa khoan	БГА-1М	БГА-1М	БГА-1М	БГА-1М ПК -75	ПК -75 БГА-1М	Búa khoan thủy lực
Loại năng lượng	Khí nén, điện	Khí nén	Khí nén	Khí nén	Khí nén	
Tiêu hao khí nén, m ³ /ph	20	20	35	20	35	

Tính năng một số máy khoan do nước ngoài khác sản xuất như trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Xe khoan tự hành trang bị máy khoan tác dụng xoay đập chạy bằng thủy lực của một số nước tiên tiến

Số của xe khoan	Loại xe khoan tự hành (nước sản xuất)																
	ATH (1)	PEC (1)	MTH (1)	Rant- ofore (1)	BW- 32R (2)	BW- 32C (2)	Mini matic -H (3)	PVIZ R650 H (3)	M-90 (4)	M-290 (4)	96 RMH (5)	Alim aticH 632 (6)	Alim aticH 832 (6)	Boo- merH 105 (6)	Boo- mer 251 (6)	Boo- merH 132 (6)	Rail drill 251 (6)
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
U sâu lỗ n, m	4	4	4	4	4,8	4	-	-	-	-	-	4	4	3	3,5	4	3-3,5
Trọng máy n, cái	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	3	1
Tích gương n, m ²	25 - 30	15 - 30	30 - 70	25 - 50	10 - 30	6 - 20	8 - 24	4 - 20	6,33 × 4,74	7,21 × 4,69	-	6 - 20	7 - 25	6 - 20	6 - 25	30 - 70	6 - 13
Đường cách giữa ay đỡ khoan,	-	-	-	-	1000	1200	700	-	-	1050	-	1000	1000	-	-	900	-
U cao gá lắp ổ so với nền,	-	-	-	-	1400	1400	1100	950	-	1610	-	1540	1540	(8)	(9)	1800	(9)
g suất động ện, kW	108	75	130	75	85	2 × 37	70	40	30	48	70	2 × 33,5	2 × 33,5	41	47/55	2 × 45	35 × 50
Máy khoan lực, mã hiệu	RPH- 200	RPH- 400	RPH- 400	H50; H60	HH 5001	HH 5001	HL432, HL438	HL432, HL438	HB 51	HB 51	HAPD- 3	AD- 101	AD- 101	COP 1032	COP 1032/ COP 1038	COP 1038 HD	COP 1038 HD/ COP 1238
Đường kính quay ngoài, m	-	-	-	-	3,62	-	-	1,6	1,84	-	3,1	-	2,05	Xe DC4	Xe DC4	3	(10)
Độ sâu đất, mm	-	-	-	-	320	-	-	-	-	-	270	-	-	-	-	300	-
Độ di chuyển,	-	-	-	7	20	-	-	5	-	3,5	11	1,6	-	-	-	15	-
Đường kính quay ngoài, m	-	-	-	-	6,1	-	5,4	5,0	10,0	-	-	-	-	3,9	4,8	6,0	-

Bảng 3.3 (tiếp t

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
in kính quay ia trong, m	-	-	-	-	3,65	-	1,46	2,60	7,0	-	3,4	-	-	2,55	2,8	-	-
hiều dài thiết bị, (11)	-	-	-	1,2	13,12	-	-	11,9	96,7	2,8	11,4	9,7	8,2 - 10,5	7,7	9,5	13,1	8
hiều rộng thiết m (11)	-	-	-	2,5	2,2	-	1,85	1,9	1,27	1,0	2,5	1,75	1,75	1,22	1,65	2,5	1
hiều cao thiết bị, (11)	-	-	-	2,7	2,18	-	1,98	2,45	1,86	-	2,3	2,25	1,95	1,9	2,1	2,7	1,
ối lượng tang p, m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125	-	-	150	
ọng lượng thiết tấn	-	-	-	22,56	14,7	-	-	13,7	5,4	-	19,6	11,8	11,8	7,0	8,7	24,52	6

chú:

1. Sản xuất tại Pháp;
2. Sản xuất tại CHLB Đức;
3. Sản xuất tại Phần Lan
4. Sản xuất tại Anh;
5. Rampmaster sản xuất tại Hoa Kỳ;
6. Sản xuất tại Thụy Điển;
7. Sản xuất tại Thụy Sĩ (loại máy khoan này được sản xuất dưới ba dạng BAP 2-220, BAP2-300, BAP2-380);
8. Tay đỡ BUT-4;
9. Tay đỡ BUT-25;
10. Chạy trên đường xe cở 600, 900;
11. Kích thước thiết bị ở trạng thái vận chuyển.

Bảng 3.4

Các đặc tính kỹ thuật	Loại thiết bị khoan				
	HKP-100M	ПБУ-80	СБУ-100 (СБУ-100Г)	СБУ-125	СБУ-80
Số máy khoan trên thiết bị	1	1	1	1	1
Chiều sâu khoan tối đa, m	50	40	25	24	30
Đường kính lỗ khoan, mm	105	65-80	105	125	65,75
Góc khoan so với phương thẳng đứng, độ	0-360	0-360	0;15;30	0-30	0-360
Công suất động cơ điện, kW	3	-	24	43	-
Tiêu hao khí nén, m ³ /ph	7	14	7	10	14
Trọng lượng, t	0,7	2,8	5,0	8,5	0,7

Với trình độ công nghệ hiện nay hàng năm thường ra đời các thế hệ thiết bị khoan hiện đại hơn, công suất lớn hơn và phương thức điều khiển tin cậy, dễ dàng hơn. Phương hướng chung là kích thước thu gọn hơn, công suất lớn hơn, năng lượng và phương thức điều khiển tiến bộ hơn và hiệu quả kinh tế cao hơn các thế hệ trước.

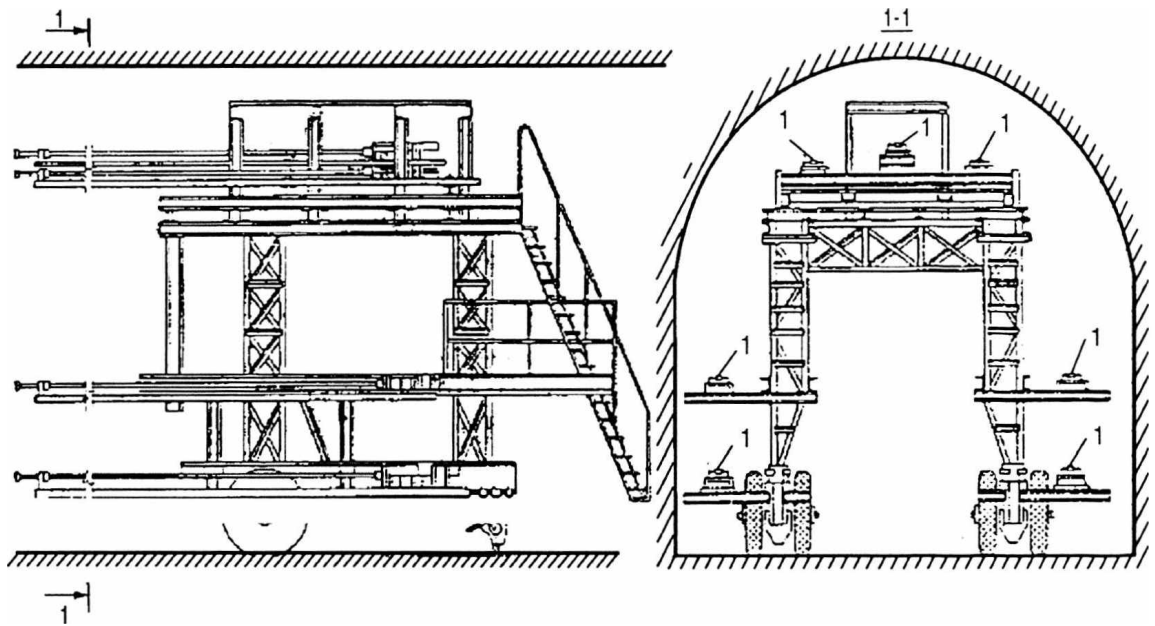
Một dạng thiết bị khoan khác cũng được sử dụng có hiệu quả và khá phổ biến để thi công những hầm tiết diện lớn và chiều dài hầm không lớn lắm (chừng 500m) là khung khoan. Khung khoan là một kết cấu không gian cứng được thiết kế phù hợp với tiết diện hầm có trang bị hai hay ba dải búa khoan. Mỗi dải này khoan một phần tiết diện của hang đã định sẵn. Các dải của khung được khoan đồng thời nên năng suất khoan của khung khá lớn. Việc di chuyển khung khoan ở trong hầm có thể bằng một động cơ gắn trên khung khoan hoặc nhờ một đầu kéo phụ trợ. Trên khung khoan có thể đặt cả các thiết bị để khoan neo, dựng vì chống tạm v.v...

Ưu điểm của khung khoan là có thể trang bị các thiết bị cơ giới khác nhau để thực hiện hầu hết các công đoạn của một chu kỳ đào. Còn nhược điểm chủ yếu là công kênh và thiết kế đơn chiếc cho từng loại hầm nhất định.

Ở một số nước đã sử dụng khung khoan với tốc độ đào trên 100m/tháng. Sơ đồ nguyên tắc của khung khoan như trên hình 3.2.

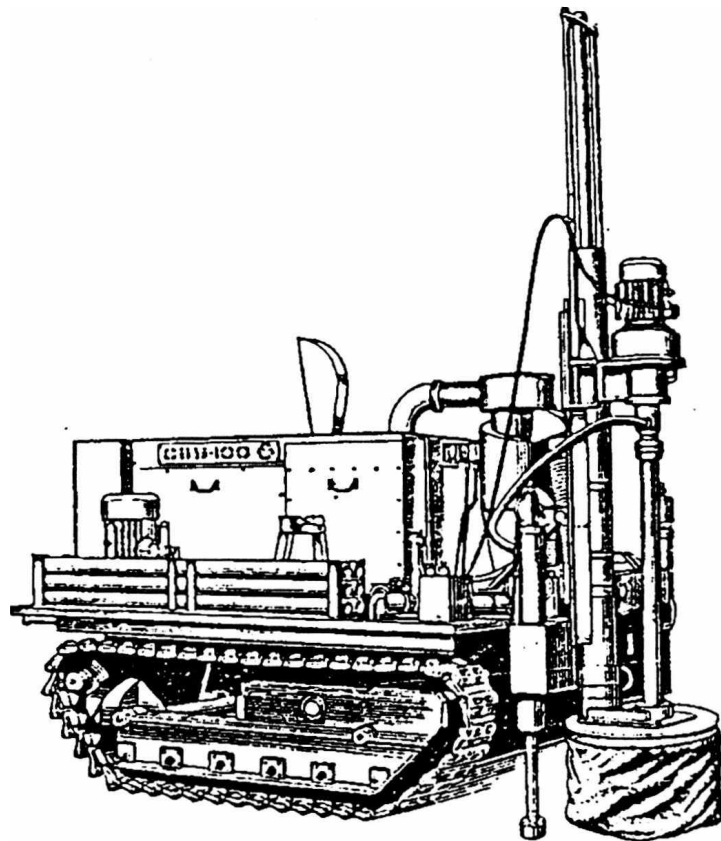
Khi sử dụng các lỗ mìn đường kính lớn thì các thiết bị khoan tự hành có kích thước không lớn được trang bị các búa khoan đập xoay là thiết bị chủ yếu. Thiết bị này có bộ phận nâng hạ búa khoan. Búa khoan dùng cần nối từ nhiều đoạn ngắn (thường nối ren). Đầu cần khoan có gắn mũi khoan. Việc xoay cần khoan được thực hiện bằng một động cơ điện còn việc ép cần khoan vào đáy lỗ (gương khoan) thì dùng một kết cấu chuyên dụng chạy bằng khí nén hay thủy lực (thường gọi là quả đập). Dạng chung của thiết bị khoan loại này như trên hình 3.3. Các đặc trưng cơ bản của nó như trong bảng 3.4. Khi

khoan các lỗ khoan đường kính lớn thường làm sạch lỗ ngay trong quá trình khoan bằng khí nén đưa vào gương khoan.



Hình 3.2: Khung khoan

1. Các máy khoan có tay búa di chuyển được.

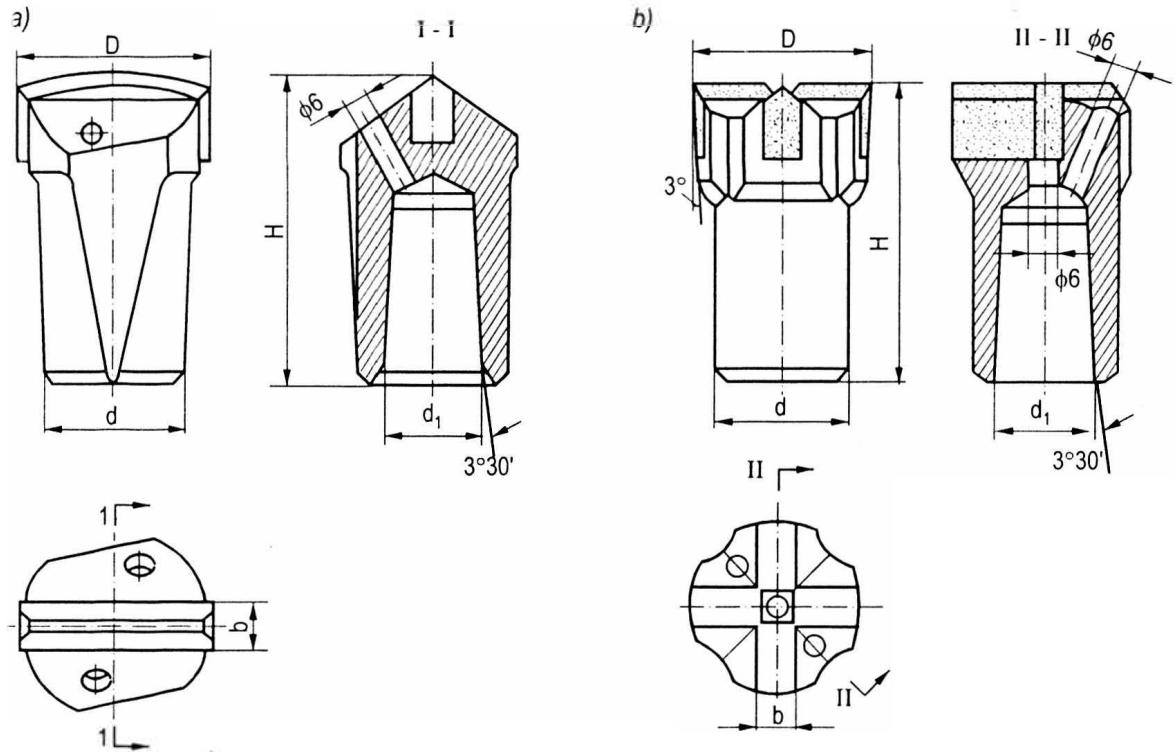


Hình 3.3: Máy khoan tự hành СВУ-100Г để hạ bậc dưới (Liên Xô cũ sản xuất)

Cần khoan để khoan các lỗ nhỏ là các thanh thép tròn hoặc lục giác có một lỗ nhỏ ở giữa để đưa nước vào gương khoan, làm sạch lỗ và chống bụi. Trên cần khoan có gắn một mũi khoan. Mũi khoan được nối với cần khoan bằng ren thô hoặc dạng côn để dễ tháo lắp. Mũi khoan có các lưỡi khoan chế tạo bằng thép hợp kim BK-6, BK-8 hoặc BK-15 chế tạo từ carbit wolfram và coban luyện theo phương pháp luyện bột. Đầu kia của cần khoan được nối với búa khoan cũng bằng dạng côn hoặc ren thô qua một bộ nối (thường gọi là chuỗi cần khoan).

Khi dùng các loại khoan tay hoặc khoan có giá đỡ cơ rút bằng khí nén, cần khoan thường chế tạo thành từng nhóm chiều dài khác nhau để khoan một lỗ khoan có chiều dài nhất định. Một tổ hợp như thế thường có một cần khoan mỗi dài 400 - 500mm để khoan đầu tiên. Tiếp theo mỗi bước thay đổi thường ≤ 1500 mm, đó là các cần khoan chính. Trong trường hợp này chiều sâu lỗ khoan thường không lớn (≤ 3000 mm).

Các mũi khoan có lưỡi hợp kim thường sản xuất để khoan các lỗ có đường kính từ 36 đến 65mm. Phổ biến hơn cả trong thi công hầm là mũi khoan đường kính 42mm. Góc mài vát của lưỡi khoan thường khác nhau, tùy thuộc vào các đặc trưng cơ lý của địa tầng. Ví dụ mũi khoan để khoan trong đá nứt nẻ là lưỡi dạng chữ thập (+), đá ít nứt nẻ thì dùng loại chữ nhất (-) (hình 3.4).



Hình 3.4: Mũi khoan đá
a) Dạng chữ nhất; b) Dạng chữ thập

§2. VẬT LIỆU NỔ MÌN

Ngày nay ngành công nghiệp hoá chất mỏ đã sản xuất ra các loại thuốc nổ có tính năng đáp ứng được công tác nổ mìn trong các điều kiện địa chất công trình khác nhau.

Khi xây dựng ngầm thường sử dụng các loại thuốc nổ có dạng hỗn hợp nổ cơ học, thành phần chủ yếu là xelit amôniac. Việc điều chỉnh chất nổ thực hiện bằng cách đưa vào loại hoá chất nổ mạnh thành phần thuốc nổ với tỷ lệ khác nhau. Thuốc nổ xelit amôniac được chia làm ba loại chính:

- Nhóm I bao gồm loại thuốc nổ ammônít có tính năng như loại ammônít N^o6 ЖВ do Liên Xô (cũ) sản xuất mà công nghiệp mỏ nước ta quen dùng, các loại thuốc nổ granolit, grammônít, aliumôtol, granulotol.

- Nhóm II là loại ammônít cứng N^o1, ammônít cứng N^o3.

- Nhóm III là loại thuốc đêtonit M.

Ngoài ra còn nhóm đặc biệt có chốt điều chỉnh nổ là loại trotil trong đó xelit ammôniac ở dạng nhũ tương đó là các loại thuốc nổ akvanit, akvanal. Nhóm chuyên dụng của các hỗn hợp nổ cơ học là các loại thuốc nổ ở các gương nguy hiểm do bụi hoặc các khí ngầm. Các loại này người ta đưa thêm vào thành phần các chất giảm nhiệt lượng nổ mìn.

Theo phạm vi và điều kiện áp dụng thuốc nổ công nghiệp được chia làm 6 nhóm:

- Nhóm I: chỉ dùng lộ thiên.

- Nhóm II nổ cả lộ thiên và ngầm, trừ các hang nguy hiểm do khí ngầm và bụi.

- Nhóm III là các loại thuốc nổ an toàn cho các loại đá có khí mêtal.

- Nhóm IV đến nhóm VI là các loại thuốc nổ an toàn đối với mỏ than, hang trong đá diệp thạch và những hang đặc biệt nguy hiểm do khí ngầm và bụi.

Trong thi công các công trình thuỷ lợi ngầm chủ yếu dùng nhóm II là các loại thuốc nổ do Liên Xô (cũ) sản xuất hoặc các loại thuốc nổ sản xuất ở trong nước hoặc các nước khác sản xuất có tính năng tương tự (tham khảo bảng 3.5).

Bảng 3.5

Loại thuốc nổ*	Tên thuốc nổ*	Phạm vi áp dụng
1	2	3
Loại thuốc nổ granolit ổn định trong nước để phá đá có độ cứng trung bình trong các gương ướt	Gramônai A-8, gramônít 79/21B, granolit AC-4B, AC-8B	Đổ nạp lỗ khoan lớn hạ bậc dưới hầm
Loại thuốc nổ granolit không ổn định trong nước để phá đá có độ cứng trung bình và đá cứng trong các gương khô và ẩm	Granolit AC-4, AC-8, igđanit, gramônít 79/21	như trên
Thuốc nổ nén thành bánh (thỏi) cho đá cứng khô ráo hoặc ướt;	Ammônít cứng N ^o 1	Nạp cho lỗ mìn nhỏ khi đào hang ngầm

Bảng 3.5 (tiếp theo)

1	2	3
Thuốc nổ dạng bột ổn định trong nước, công suất lớn dùng cho đá cứng khô ráo hoặc ngâm nước	Đetonit M	Như trên
Thuốc nổ dạng bột ổn định trong nước, công suất trung bình dùng cho đá có độ cứng trung bình, khô ráo hoặc ngâm nước	Ammônit N°6 ЖВ;	Như trên
Thuốc nổ dẻo no nước dùng cho đá cứng khô ráo hoặc ngâm nước	Akvanit 3Ж, 16 akvanat N°1	Dùng cho lỗ mìn nhỏ, lỗ mìn lớn khi đào hang ngầm

* Các tên thuốc nổ này là do Liên Xô (cũ) chế tạo. Trong xây dựng ngầm có thể dùng các loại thuốc nổ do các nước khác sản xuất có tính năng tương tự.

Tất cả các loại thuốc nổ thuộc nhóm II đều tạo ra lượng khí CO (khí độc oxyt cacbon) là ít nhất, có nghĩa là chỉ số Oxy của chúng khá tốt (chỉ số hàm lượng oxy trong thuốc nổ có quan hệ đến lượng oxy cần thiết để đốt cháy hết các bộ phận cháy trong thuốc nổ).

Khi cất hầm qua các vùng địa tầng có tạo khí ngầm nguy hiểm cho công tác nổ mìn như khí metan, hydrô và các khí cháy khác thì người ta dùng các loại thuốc nổ nhóm III và IV.

Đặc tính của các loại thuốc nổ phổ biến nhất như trong bảng 3.6.

Các chỉ tiêu ghi trong bảng dựa vào quy phạm sản xuất các loại thuốc nổ được xác định như sau:

- Uy lực nổ là chỉ tiêu xác định tác dụng đập vỡ do nổ (tính bằng mm) của trị số nén ép một hình trụ bằng chì khi nổ một lượng thuốc tiêu chuẩn trị số nén ép một hình trụ bằng chì khi nổ một lượng thuốc tiêu chuẩn ở trong.

- Khả năng sinh công của thuốc nổ là lượng công sinh của các sản phẩm nổ, được đo bằng cm^3 khoảng trống tạo ra trong một hình trụ bằng chì khi nổ một lượng thuốc tiêu chuẩn.

* *Tốc độ điểm hoả* là chỉ tiêu lan truyền sóng nổ trong khối thuốc nổ xác định bằng cách so sánh với một loại thuốc chuẩn.

* *Công nổ mìn* là lượng nhiệt sinh ra (calo) khi nổ 1kg thuốc nổ. Xác định bằng cách dùng bom Calo kế chuyên dụng.

* *Mật độ của thuốc nổ* được xác định đối với các bánh thuốc nổ bằng cách cân và xác định thể tích bánh thuốc bằng cách ngâm bánh thuốc vào nước để xác định lượng nước tràn ra.

Ngoài các loại thuốc nổ do Liên Xô (cũ) sản xuất như trong bảng trên, trong thực tế xây dựng công trình ngầm ở Việt Nam còn sử dụng một số loại thuốc nổ do công ty hoá chất mỏ sản xuất theo công nghệ của hãng ICI - Úc như: Powergel 2521V (P2521), Powergel 2541V (P2541), Powegel Magnum 3151 (PM3151), Powergel Trimex 3000 (PT3000) và Powergel Pulsar 3131 (PP3131) v.v... các loại thuốc nổ này có tính năng tương tự như các loại thuốc nổ đã nêu trong bảng 3.6.

Bảng 3.6

A. Các loại thuốc nổ do Liên Xô cũ sản xuất

Tên thuốc	Các đặc tính của thuốc nổ				
	Uy lực nổ (mm)	Khả năng sinh công (cm ³)	Tốc độ nổ (km/s)	Công nổ (kCal/kg)	Mật độ (g.cm ³)
Gramônit 79/21	20-25	360-370	3,2-4,0	850	1,1-1,3
Các loại granulit					
AC-8B	22-28	410-430	3,0-3,6	955	1,1-1,25
AC-4B	22-26	390-410	2,6-3,5	870	1,05-1,20
Ammônit cứng N ^o 1 dạng nén	22	450-460	4,8-5,3	1055	1,4-1,58
Ammônit 6ЖВ	14	365	3,6-4,8	850	1,0-1,2
Đêtonit M	18	450	4,2-4,8	1030	1,0-1,2
Akvalit-N ^o 16	20	310	4,8-5,4	1070	1,45-1,50

B. Một số loại thuốc hiện dùng trong xây dựng ngầm do Việt Nam sản xuất

Tên thuốc	Các đặc tính của thuốc nổ					
	Uy lực nổ (mm)	Khả năng sinh công (cm ³)	Tốc độ nổ (km/s)	Công nổ (kCal/kg)	Mật độ (g.cm ³)	Nơi sản xuất
Amônit AD-1	13-15	350-360	3,6-3,9		0,95-1,1	Z ₁₂₁ và Z ₁₁₃ nơi sản xuất Z ₁₃₁
TNT-AD	16-17	310-330	5,8		1,1	
Thuốc nổ an toàn AH-1	10	250-260	-		0,95-1,1	Công ty hoá chất mỏ

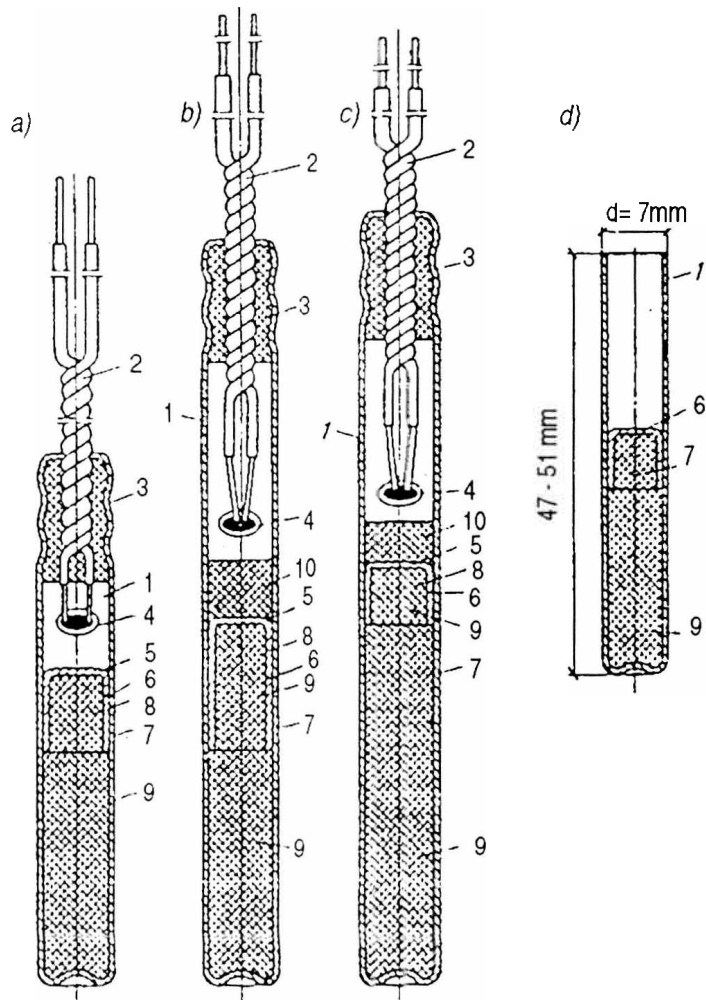
Phương tiện nổ mìn là các thiết bị để gây nổ hoàn toàn khối thuốc nổ mong muốn. Để nổ mìn người ta dùng kíp mìn và các loại dây dẫn lửa (phương tiện đốt mìn).

Ngày nay người ta còn dùng dụng cụ khởi động nổ không dùng điện của ICI với phương tiện nổ của Úc. Kíp mìn có loại kíp điện và kíp đốt bằng dây cháy chậm.

Kíp mìn có cấu tạo như trên hình 3.5.

Kíp mìn thường (hình 3.5d) là phương tiện gây nổ cho một khối thuốc nổ bằng cách dùng dây cháy chậm. Kíp thường gồm một vỏ kim loại trong đó có thuốc gây nổ (thường là gremus thủy ngân) và thuốc nổ mạnh (tetril). Chiều dài của kíp 47-51mm, đường kính 7mm.

Kíp điện có phân gây nổ giống như trong kíp thường. Tuy nhiên khối kích nổ thường là azit chì. Ngoài khối kích nổ còn có phần truyền cháy từ một maixơ nhỏ, gây cháy dùng điện (mắt cháy). Để dẫn điện vào mắt cháy dùng dây dẫn dài từ 2 đến 4m. Điện trở của mắt cháy thường từ 2,8 đến 4Ω.



Hình 3.5: Kết cấu kíp mìn điện

- a) Nổ tức thời; b) Nổ vi sai; c) Nổ chậm; d) Ống truyền nổ;
 1. Vỏ; 2. Dây dẫn; 3. Nút chất dẻo; 4. Hạt cháy;
 5. Lưới; 6. Lớp bảo vệ; 7. Thủy ngân; 8. Giọt chì;
 9. Tetril; 10. Thành phần chậm cháy

Trong nổ mìn người ta thường dùng kíp điện thường và kíp điện vi sai. Để điều chỉnh thời gian gây nổ người ta đưa vào giữa mắt cháy và khối kích nổ một thành phần cháy chậm. Nhờ có thành phần cháy chậm đưa vào kíp với liều lượng khác nhau người ta tạo nên các xeri kíp với các độ nổ chậm yêu cầu. Theo thuật ngữ kỹ thuật, kíp mìn sản xuất với thời gian chậm từ 10 đến 500 miligiây thì gọi là kíp vi sai, còn từ 500 miligiây đến 10 giây gọi là kíp nổ chậm. Kết cấu của kíp như mô tả trên hình 2.5a, b, c. Ở Liên Xô cũ sản xuất các kíp vi sai có cấp chậm 15, 25 và 30 miligiây, số lượng cấp chậm trong một xeri thường từ 6 đến 8. Ví dụ: 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250 miligiây. Các kíp điện nổ chậm được sản xuất với mức chậm 0,5; 0,75; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 và 10 giây. Để nổ tức thời người ta dùng kíp điện nổ tức thời.

Dây nổ dùng để gây nổ các khối thuốc và truyền nó đi một khoảng khá xa (tốc độ truyền nổ là 7,2 km/s) trong quá trình thi công công tác nổ mìn. Dây nổ có lõi từ loại thuốc nổ mạnh là TNT được đặt trong ba lớp lưới sợi có thấm chất phòng nước hoặc bọc ngoài bằng chất dẻo. Khi gây nổ bằng dây nổ có thể dùng bất kỳ loại kíp nào. Dây nổ cũng được sản xuất thành nhiều loại: có loại thông thường và loại chịu ẩm. Khi nổ bằng dây nổ ngày nay thường dùng rơle vi sai với mức chậm là 20 miligiây.

Dây cháy chậm được sản xuất thành từng cuộn, lõi là loại thuốc cháy chuyên dụng, tốc độ cháy thường là 60 cm/ph.

Thuốc nổ sản xuất trong nhà máy và được bao gói sẵn. Thuốc nổ rời được đóng bao bằng giấy hoặc bao chất dẻo, trọng lượng mỗi bao 40 - 45kg. Thuốc nổ dạng dẻo hay chảy được đóng trong bao nilông từ 5 đến 40 kg (thường là các loại thuốc akvanit hoặc akvanal). Các loại còn lại thường đóng thành thỏi nhỏ có đường kính 28, 32, 36 và 45mm. Trọng lượng một thỏi từ 150 đến 250 gam tùy thuộc vào loại thuốc và đường kính thỏi thuốc, chiều dài thỏi thuốc là 200 hoặc 250mm. Trong thực tế thi công các công tác nổ mìn ngầm thường dùng các loại lỗ mìn nhỏ hoặc lớn người ta thường dùng kíp điện với các dạng khác nhau, dây nổ và rơle vi sai, ít khi dùng phương thức đốt mìn bằng dây cháy chậm.

Khi nổ trong gương bằng các lỗ mìn nhỏ chủ yếu là nổ vi sai điện, để nổ một khối thuốc nổ riêng rẽ hoặc một nhóm các khối thuốc nổ theo thứ tự với mức vi sai mong muốn. Còn khi nổ bằng các lỗ mìn lớn (bậc dưới của các hầm tiết diện lớn) thì việc nổ mìn điện chỉ dùng khi phải thực hiện một mối quan hệ nổ có kỹ thuật phức tạp.

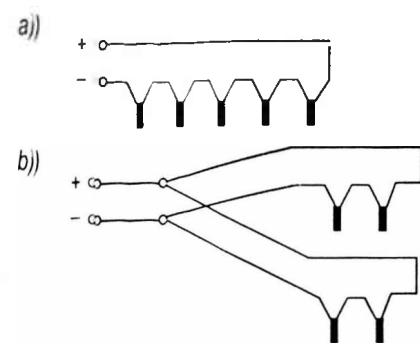
Ưu điểm của nổ mìn điện là có thể nổ một nhóm các khối thuốc nổ có số lượng lớn với những khoảng chậm nhất định: nổ mìn thường không sót, không bị cắt mạng; an toàn vì người nổ thường ở xa và dễ kiểm tra.

Nhược điểm của nổ mìn điện là nối mạng và kiểm tra mạng phức tạp khi số lượng lỗ lớn và nguy hiểm khi có mạng điện thi công kém an toàn.

Khi đào hầm thường dùng sơ đồ đấu mạng nối tiếp. Đôi khi dùng mạng nối tiếp song song. Các sơ đồ đấu mạng mô tả trên hình 3.6.

Nguồn điện để nổ mìn thông thường là dùng loại máy nổ mìn kiểu tích điện (của Liên Xô cũ sản xuất có các máy KIM-1a và KIM-3), hoặc dùng lưới điện xoay chiều. Khi nổ mạng nổ phức tạp có số lượng lỗ lớn và các sơ đồ phân nhóm người ta thường dùng trạm mìn.

Việc kiểm tra điện trở của mạng nổ thường bằng các Ôm kế chuyên dụng (cầu đo nổ mìn tuyến tính) đảm bảo đo với dòng đo tối thiểu để đảm bảo an toàn cho công tác kiểm tra.



Hình 3.6: Sơ đồ đấu mạng điện trong nổ mìn

a) Đấu nối tiếp;

b) Đấu song song nối tiếp (hỗn hợp)

Nổ mìn không kíp nhờ dây nổ dùng để nổ tức thời hoặc nổ vi sai khi nổ các lỗ mìn lớn. Đơn giản và an toàn cao khi tiến hành nổ mìn là ưu điểm nổi bật của phương pháp này. Nhược điểm của phương pháp là không kiểm tra được độ chính xác của công tác đấu mạng và giá thành tương đối cao. Khi nổ không kíp và nạp thuốc bằng thuốc rời thì mỗi lỗ mìn ta nạp một hoặc hai bánh thuốc có công suất cao hơn, cũng là để buộc dây nổ tạo nên nút của mạng nổ. Mạng nổ dùng dây nổ thông thường bao giờ cũng có đường dây trực và dây cuối là dây dẫn từ dây trực vào từng lỗ mìn. Việc nối dây cuối vào dây trực phải theo hướng truyền sóng nổ.

§3. KẾT CẤU NẠP MÌN VÀ VIỆC BỐ TRÍ LỖ MÌN TRÊN QUẢNG ĐÀO

Nạp mìn có hai dạng chính: nạp tập trung chiều dài nhỏ hơn 4-5 lần đường kính và nạp kéo dài khi chiều dài lớn hơn 4-5 lần đường kính. Trong xây dựng ngầm chủ yếu dùng cách nạp kéo dài trong lỗ khoan đường kính nhỏ hoặc lớn.

Kết quả khi nổ một khối thuốc tạo nên phễu nổ mà các thông số cơ bản của nó là đường kính nhỏ nhất W (đường kính nhỏ nhất là khoảng cách ngắn nhất từ tâm nổ đến mặt thoáng) và bán kính phễu nổ r . Hiệu quả tác dụng nổ mìn được đánh giá bằng tỷ số r/W gọi là chỉ tiêu tác dụng nổ n , tức là $n = r/W$.

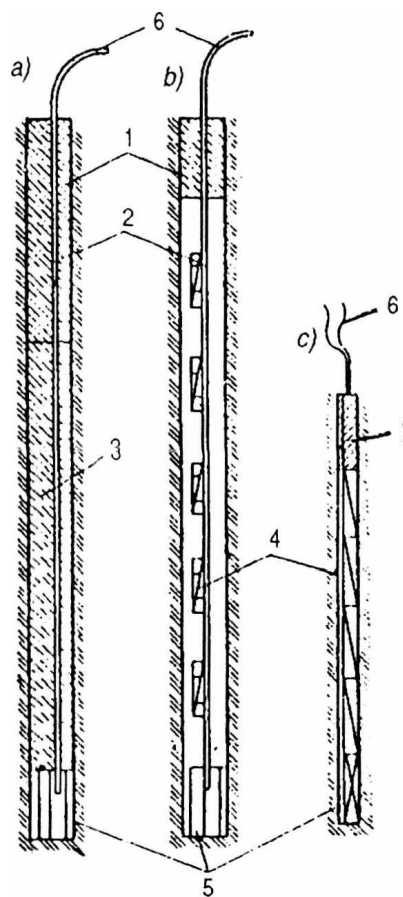
- Khi $n > 1$ gọi là nổ mìn tăng cường: đá nổ ra có độ văng khá lớn.

- Khi $n = 1$ gọi là tác dụng nổ mìn tiêu chuẩn, đặc trưng bằng việc đá nổ ra được đập vỡ hết và văng không đáng kể.

- Còn khi $n < 1$ thì nổ mìn chỉ làm tơi đá mà thôi.

Trong thực tế xây dựng ngầm chủ yếu dùng nổ mìn tác dụng tiêu chuẩn. Nạp mìn trong các lỗ ở dạng nạp liên tục (cột) hoặc nạp gián đoạn (hình 3.7).

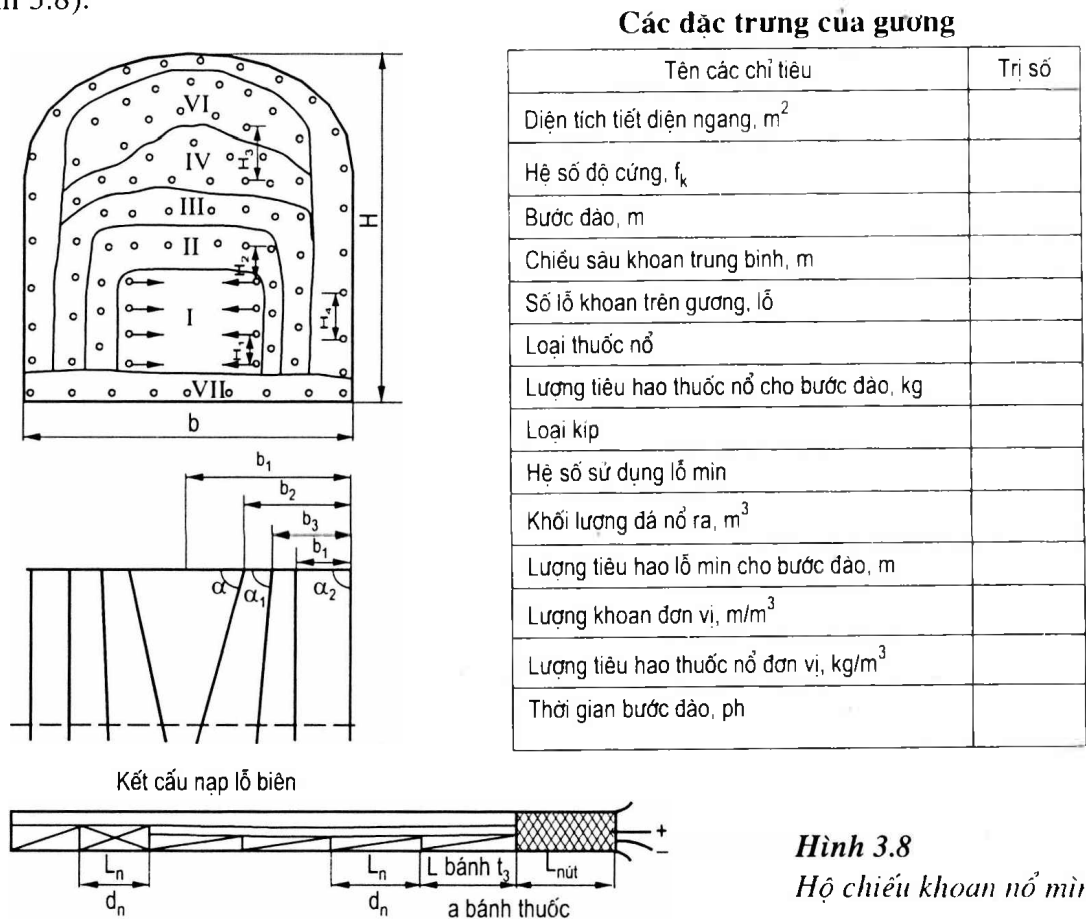
Nạp liên tục (nạp cột) trên hình 3.7a là một khối thuốc hình trụ từ các thỏi thuốc hoặc thuốc rời nhồi vào lỗ khoan có bố trí bánh thuốc gây nổ (bánh thuốc có gắn kíp).



Hình 3.7: Kết cấu nạp mìn

- a) Dạng cột cho lỗ mìn đào đường kính lớn;
 b) Nạp phân bố cho lỗ mìn đào đường kính lớn;
 c) Dạng cột cho lỗ mìn đường kính nhỏ;
 1. nút; 2. dây nổ; 3. thuốc nổ rời nạp đầy;
 4. các bánh thuốc nổ; 5. bánh thuốc gây nổ;
 6. dây dẫn (nối vào đường trực dây nổ).

Trong kết cấu nạp thuốc gián đoạn thì các bánh thuốc được đặt cách nhau bằng một đoạn không khí (hình 3.7b) hoặc mẫu gỗ, còn việc truyền nổ từ bánh này sang bánh khác được đảm bảo bằng một sợi dây nổ. Khi sử dụng lỗ mìn đường kính bé để đào hang ngầm thì một lần nổ thường tiến hành với một tổ hợp các khối thuốc nạp trong lỗ. Sơ đồ bố trí các lỗ đối với mặt thoáng và tổ hợp các lỗ mìn thành từng nhóm cần phải sao cho đường biên hang nhận được chính xác theo thiết kế. Khối lượng đá nổ ra tối đa và lượng thuốc nổ dùng là tối thiểu, nổ mìn không sót. Sơ đồ bố trí lỗ mìn trên gương, loại thuốc nổ, kết cấu nạp mìn, phương tiện gây nổ, thứ tự nổ thể hiện trong hộ chiếu khoan nổ mìn (hình 3.8).



Các đặc trưng của lỗ mìn

N/N	Tên lỗ	Góc nghiêng (độ)	Trọng lượng thuốc cho lỗ (kg)	Chiều dài nút (m)	Thứ tự nổ	Số lỗ trong 1 xeri	Trọng lượng thuốc lỗ trong 1 xeri
1	Lỗ đột phá						
2	Lỗ phụ						
3	Lỗ đào						
4	Lỗ biên						
5	Lỗ đáy						

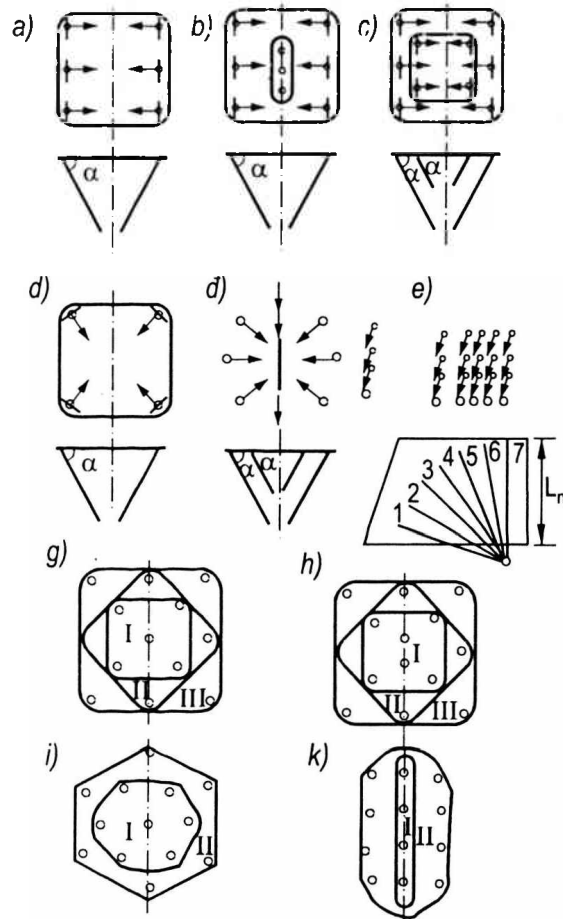
Việc nổ các lỗ mìn đột phá có tác dụng tạo ra mặt thoát thứ hai cho các khối nổ tiếp theo để nâng cao hiệu quả nổ mìn. Sơ đồ bố trí các lỗ đột phá, trị số nạp thuốc và thứ tự nổ được gọi là kết cấu đột phá. Theo nguyên tắc tác dụng lên khối địa tầng trong quá trình tạo nên khoảng trống đột phá người ta phân ra làm đột phá văng và đột phá đập. Với đột phá văng khoảng trống đột phá được tạo nên bằng việc nổ đồng thời một số lượng lỗ mìn nhất định được khoan nghiêng ở trên gương. Trong trường hợp này hợp lực nổ tương hỗ các khối (lỗ) đột phá sẽ làm văng khối địa tầng một khối lượng đá nằm giữa các lỗ đột phá đến một độ sâu nhất định tạo nên chóp đột phá.

Tác dụng của đột phá dạng đập là đập nát và làm văng ra một khối lượng đá do áp lực dư của khí tạo ra khi nổ mìn bị bực trong khoảng không đột phá tạo nên do nổ một nhóm lỗ mìn song song, khoan vuông góc với mặt gương. Dạng mẫu của loại này là đột phá 4 pha, 6 pha hoặc đột phá kiểu tạo rạch. Các dạng đột phá phổ biến nhất khi thi công ngầm như trên hình 3.9. Người ta dùng đột phá văng khá phổ biến để thi công hầm có tiết diện từ 20 đến 100m².

Để tạo mặt thoát thứ hai bằng cách sử dụng các lỗ đột phá thường dùng các loại thuốc nổ có uy lực nổ mạnh như ammônit cứng N^o1 hoặc đetonít M. Thứ tự nổ các lỗ đột phá được xác định bằng kết cấu của đột phá còn toàn bộ các lỗ đột phá thì bao giờ cũng nổ đầu tiên trong hệ chiếu nổ mìn chung.

Việc nạp nhóm các lỗ phụ để mở rộng dần chóp đột phá ra toàn tiết diện sao cho đảm bảo đập đá nhỏ khi nổ các lỗ mìn đào. Vì thế thường nạp mìn tăng hơn một chút so với các lỗ mìn đào khác. Đối với các lỗ mìn phụ thường nạp loại thuốc Ammônit N^o6. Tương lai việc sử dụng loại thuốc akvanit N^o16 cũng rất hiệu quả.

Việc nạp các lỗ mìn biên cần phải đảm bảo tạo nên hình dạng biên hang như thiết kế và hạn chế tác dụng chấn động lên khối đá xung quanh hang, tránh làm mất ổn định của



Hình 3.9: Kết cấu đột phá khi đào hầm

- a) Đột phá nêm; b) Nêm có tạo rạch; c) Nêm kép;
 d) Đột phá chóp; đ) Đột phá phễu;
 e) Đột phá quạt; g) Đột phá thẳng 4 lỗ có lỗ trống;
 h) Đột phá thẳng 4 lỗ có 2 lỗ trống;
 i) Đột phá thẳng 6 lỗ; k) Đột phá tạo rạch;
 I, II, III, 1, 2, 3... 8- thứ tự nổ;
 L_n - chiều dài lỗ; α - góc nghiêng.

khối đá này. Để đảm bảo được các yêu cầu trên việc khoan và nổ các lỗ biên được tiến hành theo một công nghệ riêng gọi là nổ mìn tạo biên.

Trong thực tế xây dựng công trình ngầm người ta sử dụng chủ yếu và có hiệu quả các công nghệ nổ mìn tạo biên sau: phương pháp nạp mìn gần và phương pháp tạo khe trước. Những phương pháp này khác nhau chủ yếu ở thứ tự nổ các lỗ mìn biên trong hộ chiếu khoan nổ và do đó mà cơ chế tác động của năng lượng nổ lên khối đá bao quanh cũng khác nhau. Với phương pháp nạp mìn gần thì các lỗ mìn biên nổ cuối cùng và nổ đồng thời một lúc trong hộ chiếu, có nghĩa là các lỗ biên nổ khi đã có mặt thoảng thứ hai do đó năng lượng nổ tiêu hao vào việc tạo khe nứt giữa các lỗ biên và phá vỡ về phía hàng lỗ ngay sát lỗ biên. Để nạp mìn cho các lỗ biên người ta dùng thuốc mạnh hơn một chút và kết cấu nạp phân đoạn. Độ chính xác khi vỡ theo đường biên khoan đạt độ chính xác 8 - 10cm, tức là thấp hơn hai lần tiêu chuẩn cho phép là 15-20cm đối với đa số các loại đá cứng. Độ sai lệch này chủ yếu là do đặc trưng và hướng của các khe nứt tự nhiên. Các nghiên cứu của Viện Orgonergostroi của Liên Xô (cũ) chỉ ra rằng trong các loại đá ít nứt nẻ độ chính xác tạo biên có thể đạt tới 5 - 7cm. Điều này khá phù hợp với các số liệu thực tế của nhiều nước khác như Nauy, Thụy Điển.

Phương pháp tạo khe trước dựa trên sự tác động tương hỗ của các khối nổ không lớn về mặt khối lượng trong các lỗ biên ở trong môi trường chịu nén ép với mục đích nhận được khe nứt dọc theo các lỗ mìn biên. Với phương pháp này các lỗ mìn biên được nổ đồng thời với các lỗ đột phá có nghĩa là nổ đầu tiên theo hộ chiếu. Các điều kiện làm việc của các lỗ mìn biên có khối lượng không lớn trong môi trường chịu nén ép đòi hỏi các lỗ biên khoan khá gần nhau (40 - 50cm) để nâng cao độ chính xác của đường biên tạo nên. Việc tạo khe nứt trước theo đường biên sẽ có tác dụng bảo vệ cho khối đá quanh hang khỏi tác động của sóng nổ khi nổ tổ hợp các lỗ còn lại trong hộ chiếu. Nhược điểm của phương pháp này là lượng khoan tăng (12 - 15%). Do đó phải có luận cứ đầy đủ khi chọn phương pháp này.

§4. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ KHOAN NỔ KHI ĐÀO HẦM

Việc tính toán các thông số của công tác khoan nổ trong đào hầm tức là xác định các trị số cơ bản sau: chiều sâu khoan phụ thuộc cấu trúc của đột phá và kích thước hang; số lượng lỗ mìn trên gương; lượng thuốc nạp cho mỗi lỗ của từng nhóm lỗ mìn theo hộ chiếu; chọn phương pháp nổ mìn tạo biên và các thông số của nó. Các số liệu tính toán đưa vào hộ chiếu, nổ thử ở hiện trường không ít hơn ba lần và sau khi được chánh kỹ sư duyệt mới được đưa vào thi công.

A. KHOAN NGANG

a) Xác định chiều sâu khoan

Thực tế thi công ngầm trong những hang có diện tích từ 12 đến 100m² chỉ ra rằng chiều sâu khoan liên quan với kích thước tiết diện hang đào và loại đột phá chọn. Nếu

như chọn đột phá văng, chiều sâu khoan chủ yếu liên quan với khả năng của thiết bị khoan thì đối với đột phá đập khi chiều sâu khoan lớn hơn 4m sẽ gây ra giảm hệ số sử dụng lỗ mìn đột phá và có nghĩa là giảm hệ số sử dụng lỗ trên toàn gương. Dựa trên các số liệu nghiên cứu của các Viện "Orgonergostroi" và "Gidrospesproek" của Liên Xô (cũ) cũng như các số liệu thực tế có xét đến tính năng của các loại máy khoan hiện tại thì chiều sâu khoan cho hầm tiết diện bé là 2 - 2,5m. Đối với hầm tiết diện trung bình và lớn là 3 - 4m.

b) Chọn các thông số đột phá

Thực tế xây dựng các công trình ngầm trong xây dựng thuỷ điện cho phép kiến nghị những điều kiện sau đây để áp dụng các loại đột phá đã nêu ở mục trên.

Các đột phá văng được áp dụng trong các hầm tiết diện nhỏ với địa tầng nứt nẻ mạnh và chiều sâu khoan hạn chế ($\leq 2,5m$); trong các hang tiết diện trung bình với chiều sâu khoan không nhỏ hơn 3,5m, trong những điều kiện nứt nẻ và phân lớp rõ ràng; trong những hang tiết diện lớn với điều kiện địa chất công trình bất kỳ với chiều sâu khoan 4 - 5m.

Các đột phá dạng rẽ quạt được áp dụng cho hầm tiết diện lớn khi có các thiết bị định vị máy khoan cho phép xác định góc xoay của dầm khoan với chiều sâu lỗ lớn hơn 4m.

Các loại đột phá đập được sử dụng trong các hang tiết diện bé, địa tầng toàn khối hoặc nứt nẻ nhẹ với chiều sâu khoan $\leq 3,5$. Trong những hang tiết diện trung bình và lớn, địa tầng toàn khối hoặc nứt nẻ nhẹ với chiều sâu $\leq 4m$ khi có máy khoan tự hành.

Lượng nạp thuốc cho các lỗ đột phá:

$$Q_{dp} = k \cdot l_{dp} \cdot p \left(\frac{d_n}{32} \right)^2, \text{ kg} \quad (3.1)$$

trong đó: l_{dp} - chiều dài lỗ đột phá, m;

p - trọng lượng thuốc nạp cho 1m lỗ khi đường kính bánh thuốc là 32mm;

d_n - đường kính bánh thuốc, mm;

k - hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào loại thuốc nổ.

$k = 0,85$ khi sử dụng Ammônít cứng N^o1;

$k = 0,65$ khi sử dụng các loại thuốc còn lại.

Lượng thuốc có thể chứa vào 1m dài lỗ gọi là mật độ nạp thuốc:

$$p = 0,8\Delta, \quad \text{kg/m} \quad (3.2)$$

trong đó: Δ - mật độ thuốc ở dạng bánh, kg/dm^3 .

Các thông số cơ bản của các loại đột phá thường gặp (hình 3.9) ghi trong bảng 3.7 và 3.8.

Bảng 3.7

Hệ số độ cứng của đá f_k	Khoảng cách giữa trục các lỗ mìn trống và lỗ mìn có nạp thuốc của đợt phá dạng đập (m) khi lỗ mìn trống có đường kính (mm)			
	42	55	75	100
4-5	0,30	0,35	0,40	-
6-8	0,25	0,30	0,35	-
9-10	0,20	0,25	0,30	0,35

Bảng 3.8

Kết cấu đợt phá và điều kiện áp dụng của nó	Khoảng cách giữa các lỗ trong hàng (m)	Khoảng cách giữa đáy của các cặp lỗ (m)
Nêm đứng $f_k = 5 \div 7$ (hình 3.9a)	0,7-0,8	0,1-0,2
Nêm đứng có tạo khe $f_k = 8 \div 10$ (hình 3.9b)	0,75 - 0,8	0,2 - 0,3
Nêm kép, $f_k = 11 \div 12$		
nêm chính	0,85 - 0,90	0,2 - 0,3
nêm phụ (hình 2.9)	0,80 - 0,85	0,1 - 0,2

c) Xác định số lỗ mìn trên gương

Đối với các hang có diện tích tiết diện ngang $\leq 40\text{m}^2$, số lượng lỗ trên gương được xác định theo công thức:

$$N = K_0 \cdot S \frac{\sqrt{f_k} - a\sqrt{S}}{e \cdot d} \quad (3.3)$$

trong đó: N - số lượng lỗ mìn;

S - diện tích tiết diện ngang của hang, m^2 ;

f_k - hệ số độ cứng theo Prototiakonov;

d - đường kính thuốc nổ nạp trong lỗ, mm;

a - hệ số nén ép, phụ thuộc vào tiết diện ngang của hang $a = 0,3$ đối với hang $\leq 12\text{m}^2$, $a = 0,25$ với hang $13 - 40\text{m}^2$;

e - hệ số xét đến loại thuốc nổ.

$e = 1,2$ đối với thuốc amônít cứng N⁰1;

$e = 1,15$ đối với đetonit M; $e = 1,0$ đối với amônít N⁰6;

K_0 - hệ số xét đến loại đợt phá và sự tăng số lỗ khi có nổ mìn tạo biên theo phương pháp nạp mìn gần, giá trị của nó lấy theo bảng 3.9.

Bảng 3.9

Tiết diện hang (m ²)	Giá trị của hệ số K _o	
	Đột phá văng	Đột phá đập
≤ 12	60	70
13 - 30	55	62
31 - 40 (với f _k < 9)*	50	56

* Khi f_k < 9, tiết diện S = 30 ÷ 40m² sử dụng công thức (3.4)

Đối với những hang tiết diện lớn hơn 40m² số lượng lỗ trên gương được xác định theo phương pháp đo giáo sư Moxcov V.M đưa ra phụ thuộc vào giá trị thiết kế của đường kháng nhỏ nhất (W) được xác định từ phương trình:

$$W^3 + a_1 W^2 + a_2 W = a_3 \quad (3.4)$$

ở đây: $a_1 = \frac{0,07}{q_o} + 0,835h_o$; $a_2 = b_o + 0,0583 \frac{h_o}{q_o}$; $a_3 = b_o h_o$; $b_o = \frac{e_o \Delta}{0,6q_o m}$;

trong đó: h_o - chiều sâu trung bình của lỗ mìn, m;

e_o - hệ số khả năng sinh công tương đối của thuốc nổ;

Δ - giá trị tính toán của mật độ thuốc nổ trong bánh, g/cm³;

q_o - chỉ tiêu nổ mìn của đá;

m - khoảng cách tương đối giữa các lỗ, (a/w).

Giá trị của các hệ số lấy theo bảng 3.9 và bảng 3.10.

Bảng 3.10

Loại thuốc nổ	l _o	Δ
Ammônít cứng N°1	1,0	1,45
Đetonít M	0,9	1,10
Ammônít N°6 ЖВ	0,8	1,0

Bảng 3.11

Hệ số độ cứng f _k	q _o	m
6-7	0,15-0,2	1,3
8-10	0,25-0,30	1,1
11-15	0,35-0,40	0,9
16-20	0,40-0,50	0,7

Nếu xét đến độ sai lệch không tránh khỏi khi khoan lỗ so với hướng đã định và sự khuếch tán của năng lượng nổ khi tăng giá trị của đường kháng nhỏ nhất W, trị số của nó có thể xác định sơ bộ trước giá trị tính toán:

$$W_p = (W - ch_o)K_2 \quad (m) \quad (3.5)$$

ở đây: c - chỉ số độ chính xác của việc khoan, bằng 0,02 khi chiều sâu lỗ ≤ 3 mét, bằng 0,05 khi khoan sâu hơn 3 mét;

K₂ - hệ số xét đến sự khuếch tán năng lượng nổ đối với những giá trị lớn của đường kháng nhỏ nhất. Với W từ 1,1 đến 1,4, K₂ bằng 1,0 đến 0,8.

Trị số của đường kháng nhỏ nhất của lỗ mìn đào tùy thuộc vào các tính chất cơ lý của khối địa tầng và tiết diện ngang của hang, ngoài việc xác định bằng giải phương trình (2.4) còn có tham khảo các trị số cho trong bảng 3.12.

Bảng 3.12. Trị số đường kháng nhỏ nhất W

Tiết diện hang (m ²)	Trị số đường kháng nhỏ nhất W(m)		
	Hệ số độ cứng f _{kp} theo Protocriakonov		
	5-6	7 ÷ 10	10 ÷ 12
Tiết diện nhỏ (< 15m ²)	0,70	0,60	0,50
Tiết diện trung bình (< 50m ²)	1,10	1,00	0,90
Tiết diện lớn (< 100m ²)	1,20	1,10	1,00

Các thông số nổ mìn tạo biên với phương pháp nạp mìn gần có thể lấy theo bảng 3.13, còn phương pháp tạo khe trước thì lấy theo bảng 3.14.

Bảng 3.13

Hệ số độ cứng f _k	Khoảng cách giữa các lỗ biên (cm) với diện tích hang (m ²)				Mật độ nạp thuốc (kg/m)	Chỉ số nạp gần $m = \frac{a_k}{W_k}$
	20	30	40	50		
4-6	60	70	80	95	0,20	1,20
7-8	60	70	75	85	0,35	1,10
9-10	50	60	70	75	0,50	1,00
11-12	40	45	50	65	0,60	0,80

Bảng 3.14

Hệ số độ cứng f _k	Khoảng cách giữa các lỗ biên (cm)	Mật độ nạp thuốc (kg/m)	Chỉ số nạp gần $m = \frac{a_k}{W_k}$
4-6	60	0,2	0,90
7-8	50	0,35	0,90
9-10	40	0,50	1,0
10-12	30	0,60	1,1

Số lượng lỗ chung ở trên gương đào không kể các lỗ đột phá:

$$N = \frac{S}{W_p^2} + \frac{P}{a_k} + 1 \quad (3.6)$$

trong đó: P - chu vi hang, m;

a_k - khoảng cách giữa các lỗ biên, m;

S - diện tích tiết diện ngang của hang không kể diện tích của đột phá, m².

Số lượng lỗ đột phá và diện tích của đột phá được chọn theo hình 3.9 và các số liệu trong bảng 3.7.

Việc bố trí các lỗ mìn trên gương khi thiết kế hộ chiếu khoan nổ được thực hiện có tính đến các số liệu trong bảng 3.15.

Bảng 3.15

Hệ số độ cứng của đá f_k	Khoảng cách giữa các lỗ đột phá và một hàng các lỗ phụ tính theo W	Khoảng cách giữa các lỗ đào tính theo W
4-6	0,80	1,0
7-8	0,80	0,90
9-12	0,75	0,85

Lượng thuốc nổ nạp cho lỗ mìn đào được xác định theo công thức (3.1) nhưng hệ số k lấy giá trị từ 0,5 đến 0,7, trị số nhỏ là ứng với đá có độ cứng trung bình và tăng theo độ tăng của hệ số độ cứng f_{kp} .

Lượng chi phí khoan đơn vị:

$$q_k = \frac{N \cdot l_{tb}}{V} \text{ (m / m}^3\text{)} \quad (3.7)$$

ở đây: V - khối lượng đá nổ ra sau một lần nổ mìn. (m^3);

l_{tb} - chiều sâu khoan trung bình (m).

Lượng chi phí khoan đơn vị phụ thuộc vào độ cứng của đá, nằm trong khoảng $(1,7 \div 2,3) \text{ m/m}^3$ đối với hang tiết diện nhỏ; $(1,4 \div 1,8) \text{ m/m}^3$ đối với hang tiết diện trung bình; $(1,2 \div 1,5) \text{ m/m}^3$ đối với hang tiết diện lớn (trị số lớn là tương ứng với đá có $f_{kp} = 10 \div 12$).

Lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị:

$$q_{dv} = \frac{Q_l \cdot N}{V}, \text{ (kg / m}^3\text{)} \quad (3.8)$$

ở đây: Q_l - lượng thuốc nạp cho một lỗ (trung bình), kg;

Lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị được xác định phụ thuộc vào độ cứng của đá: đối với hang tiết diện nhỏ $q_{dv} = (1,6 \div 1,9) \text{ kg/m}^3$; đối với hang tiết diện trung bình $q_{dv} = (1,2 \div 1,6) \text{ kg/m}^3$; đối với hang tiết diện lớn $q_{dv} = (0,9 \div 1,2) \text{ kg/m}^3$.

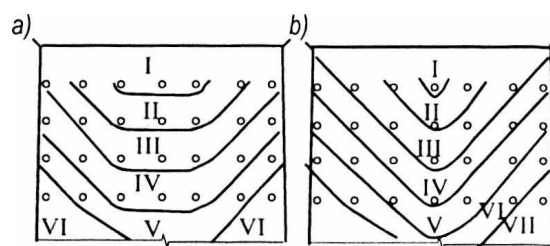
B. KHOAN XIÊN

Công nghệ nổ mìn các lỗ đường kính lớn thường áp dụng trong điều kiện ngầm khi chiều cao bậc lớn hơn 3,5m. Tuy nhiên người ta chỉ áp dụng các lỗ khoan xiên để nâng cao chất lượng đường biên của đáy và chất lượng đá nổ ra. Đường kính lỗ khoan được chọn phụ thuộc vào chiều cao bậc và trị số sai lệch cho phép khi khoan. Thực tế xác

định rằng trị số sai lệch không vượt quá hai lần đường kính khi khoan bậc dưới của hầm. Nếu xét đến yêu cầu này khi chiều cao bậc $\leq 8,0\text{m}$ thì có thể dùng đường kính 65 - 75mm. Còn khi bậc cao 9 - 10m thì đường kính 80 - 105mm. Đoạn bậc được phân ra để tiến hành thi công công tác khoan nổ gọi là bãi khoan (hay một bước đào). Chiều dài một bãi khoan thường 8 - 16m, bề rộng bãi khoan chính là nhịp của hang. Khi thi công đoạn bạt dốc trước cửa hầm thì bãi khoan được hiểu là một phần của khối đá sau một lần nổ mìn.

Hệ chiếu khoan nổ trong đó chỉ rõ loại đột phá, các thông số bố trí lỗ khoan, trị số đường kính nhỏ nhất, kết cấu và lượng nạp thuốc, thứ tự nổ và công nghệ nổ mìn tạo biên là đặc trưng cơ bản của bãi khoan.

Do có mặt thoáng thứ hai mà khi đào bậc dưới chủ yếu dùng loại đột phá văng loại nêm hay hình thang (hình 3.10) khi bãi khoan không lớn (6 - 7m) trong đá có độ cứng trung bình và có sự giảm nhân tạo của đường kính nhỏ nhất (25%) thì có thể nổ mìn không cần đột phá. Trong xây dựng ngầm, để đập nhỏ khối đá chủ yếu dùng nổ mìn tiêu chuẩn ($n = 1$). Vì thế việc tính toán các thông số nổ mìn chủ yếu dựa vào W và thứ tự của chúng như sau:



Hình 3.10: Kết cấu đột phá khi hạ bậc dưới
a) Hình thang;
b) Hình nêm; I, II, ...VII - thứ tự nổ

a) Xác định chiều dài lỗ khoan

$$L_1 = \frac{H_y}{\sin \alpha} + l_v, \text{ m} \quad (3-6)$$

trong đó:

α - góc nghiêng của lỗ khoan, độ;

L_1 - chiều sâu lỗ khoan, m;

H_y - chiều cao bậc, m;

l_v - trị số khoan vượt dưới bậc đá (thường 8 - 10 lần đường kính lỗ khoan).

b) Xác định giá trị W (đường kính nhỏ nhất)

$$W = \frac{53k_1 \sqrt{\Delta e}}{\sin \alpha} \quad (3.7)$$

trong đó:

k_1 - hệ số nứt nẻ, $k_1 = 0,9 - 1,20$ (giá trị nhỏ tương ứng với đá nứt nẻ nhẹ còn giá trị lớn là đối với đá nứt nẻ);

- d - đường kính nạp mìn, m;
 Δ - mật độ nạp thuốc của lỗ, g/cm³;
 ρ - mật độ của đất đá, g/cm³;
e - hệ số chuyển đổi công suất thuốc nổ xác định như sau:

Tên thuốc nổ	Giá trị của e
Ammônít N°6 ЖВ	1,0
Grammônít 79/21B	1,0
Granulit AC-4B	1,02
Granulit AC-8B	1,12
Ammônít cứng N°1	1,24

c) Xác định khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng

$$a = m \cdot W, \quad m \quad (3.8)$$

trong đó: m - trị số khoảng cách tương đối giữa các lỗ khoan được lấy với điều kiện đập nhỏ tăng cường, $m = 0,9 \div 0,95$.

d) Xác định lượng thuốc nạp

$$Q_1 = (L_1 - l_n) \cdot \rho, \quad \text{kg} \quad (3.9)$$

trong đó:

- l_n - chiều dài nút mìn bằng (0,3 giá trị của đường kháng nhỏ nhất W), m;
 ρ - độ chứa thuốc của lỗ khoan, kg/m.

Nổ mìn thường thực hiện bằng cách dùng dây nổ và role vi sai. Do bề rộng hàng thường hạn chế và có vỏ hầm bằng bê tông do đó yêu cầu bắt buộc là khi nổ mìn phải tính đến việc hạn chế tác dụng chấn động. Điều đó thường đạt được bằng cách dùng role vi sai nhiều cấp và hạn chế số hàng nổ mìn (thường cố gắng không lớn hơn 5-6 hàng) tương ứng với bước đào 16m.

Cùng với việc hạ bậc dưới bằng lỗ mìn đường kính lớn người ta sử dụng phương pháp nổ mìn tạo biên bằng công nghệ tạo khe trước. Việc khoan các lỗ biên phải có thiết bị chuyên dụng (có khung khoan hoặc giá trượt trên ray) cùng với thiết bị định vị để đảm bảo khoan chính xác các lỗ này (đảm bảo các lỗ khoan song song với nhau). Để tạo kết cấu nạp phân bố người ta thường buộc các thỏi thuốc Ammônít N°6 vào dây nổ với khoảng cách đều do thiết kế xác định và được chính xác bằng nổ thí nghiệm với mật độ nạp thuốc đơn vị là 0,4 đến 0,6 kg/m trong đá cứng toàn khối, 0,2 - 0,35 kg/m trong đá cứng trung bình, còn trong đá yếu là 0,2 kg/m. Khoảng cách giữa các lỗ biên được xác định theo công thức:

$$Q_b = 22 \cdot d \cdot k_z \cdot k_y \quad (3.10)$$

trong đó:

- d - đường kính nạp mìn, m;

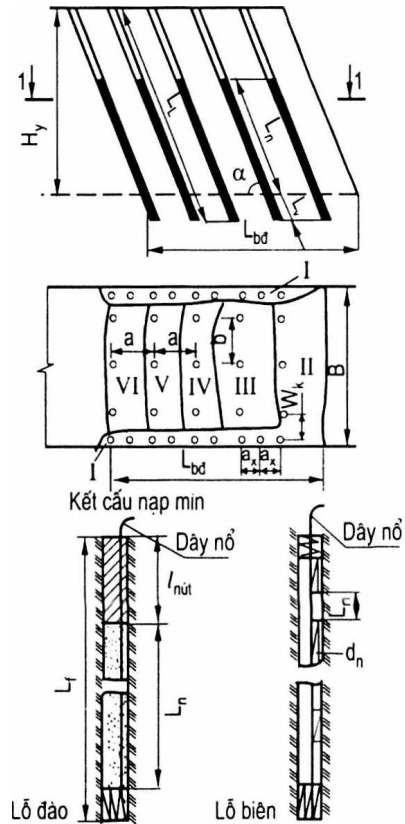
k_z - hệ số nén ép, $k_z = 0,8 \div 0,85$;

k_y - hệ số phụ thuộc vào hướng của khe nứt: trong đá toàn khối $k_y = 1$; khi góc của hệ khe nứt làm với mặt vỡ một góc $75 - 90^\circ$, $k_y = 0,9$, còn khi góc này bằng $20 - 70^\circ$ thì $k_y = 1,15$.

Hệ chiếu khoan nổ bậc dưới như mô tả trên hình 2.11.

Đặc trưng của gương

Các đặc trưng	Trị số
Diện tích bậc, m^2	
Chiều dài bãi khoan, m	
Khối lượng đá nổ ra, m^3	
Hệ số độ cứng, f_k	
Chiều cao bậc, m	
Chiều dài và đường kính lỗ, m/mm	
Góc nghiêng khoan, độ	
Trị số khoan vượt, m	
Số lượng lỗ khoan cho một bãi, lỗ	
Trị số nạp thuốc nổ cho một lỗ, kg	
Tổng lượng thuốc cho một bãi, kg	
Loại thuốc nổ	
Phương pháp đốt mìn	
Hệ số sử dụng lỗ	
Lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị, kg/m^3	
Trị số khoan đơn vị, m/m^3	
Thời gian thông gió (30 ph)	



Hình 3.11: Hệ chiếu khoan nổ mìn khi hạ bậc dưới

I, II, III, IV - thứ tự nổ mìn; L_1 - chiều dài lỗ khoan; L_{bd} - chiều dài bước đào; L_v - chiều sâu khoan vượt; L_n - chiều dài nạp thuốc; a - khoảng cách giữa các hàng khoan; b - khoảng cách giữa các lỗ trong hàng; W_k - chiều dài đường kháng nhỏ nhất.

Việc kiểm tra chất lượng công tác khoan do đội trắc địa hầm tiến hành với các thiết bị và công cụ đo đạc thông thường và chuyên dụng của ngành mỏ, nhất là công tác đo vẽ gương và trắc dọc hầm.

§5. TÁC DỤNG CHẤN ĐỘNG CỦA NỔ MÌN TRONG HANG NGẦM

Các hang ngầm đang đào và các hang ngầm đã đưa vào khai thác thường phải chịu tác dụng chấn động trực tiếp khi thi công nổ mìn ở các hang gần chúng. Nguồn chấn động có thể ở trên mặt đất (khoan nổ lộ thiên) hoặc ở hang bên cạnh.

Quá trình chất tải chấn động là do sự chuyển dịch (dao động) của môi trường có lan truyền của sóng nổ. Cường độ của tác dụng chấn động được xác định bởi cường độ của dòng năng lượng hoặc các chỉ tiêu của chúng là tốc độ dịch chuyển của một điểm trên mặt sóng. Tốc độ dịch chuyển của đất đá nằm trong những điều kiện cụ thể xác định theo các công thức thực nghiệm phụ thuộc vào phương pháp nổ mìn, khối lượng và hình dạng hình học của khối thuốc nổ và khoảng cách đến tâm nổ:

$$V = 3 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \right)^{1,5}, \text{ m/s} \quad (3.11)$$

trong đó: Q - khối lượng thuốc nạp tập trung hoặc tương đương với lượng nạp phân đoạn được nổ đồng thời, kg;

r - khoảng cách từ điểm đo đến tâm nổ, m.

Tác động đàn hồi thường dẫn đến sự thay đổi trạng thái ứng suất và biến dạng của môi trường có hang đào qua trước khi nổ mìn. Với sự tổ hợp bất lợi của các tải trọng tĩnh và động có thể làm mất độ bền của vật liệu dẫn đến mất ổn định hoặc phá hoại hang ngầm.

Giá trị tiêu chuẩn của tốc độ dịch chuyển này phụ thuộc vào trạng thái ứng suất và cấu trúc của đất đá. Đối với khối đá cứng là 0,1 - 0,2m/s, đối với vỏ bê tông là 0,2 - 0,5m/s.

Tương ứng với điều kiện này thì tốc độ dịch chuyển xảy ra xác định theo công thức trên cũng phải nhỏ hơn giá trị tiêu chuẩn có nghĩa là $V \leq V_{tc}$.

Bán kính vùng nguy hiểm do tác dụng chấn động khi nổ mìn ở gần được xác định theo công thức:

$$r_{tc} = (2 \div 5) \sqrt[3]{Q}, \text{ m} \quad (3.12)$$

trong đó: Q - khối lượng thuốc nổ mìn, kg.

Các tính toán sơ bộ như trên, rõ ràng là chưa xét được những điều kiện đặc biệt của việc hình thành trường ứng suất động đối với những điều kiện đặc biệt của khối địa tầng, ảnh hưởng của bề mặt ngoài và cũng không phải ánh được sự tham gia có thể của các ứng suất phụ do kiến tạo, nhiệt độ ở trong các hang chịu sóng chấn động.

Chương 4
CÔNG TÁC BỐC ĐÁ VÀ VẬN CHUYỂN
TRONG THI CÔNG HẦM

§1. CÔNG TÁC BỐC ĐÁ

Bốc thải đá là một công đoạn trong chu trình thi công đào hầm và nó ảnh hưởng đáng kể đến tiến độ đào hang. Trong thực tế thi công ngầm người ta thường dùng hai loại phương tiện bốc xúc là: máy xúc hoạt động theo chu kỳ (như máy xúc gầu) và máy xúc hoạt động liên tục. Tùy theo sơ đồ vận chuyển mà máy xúc được sản xuất có dạng bánh lốp, chạy trên ray hay chạy trên xích.

Khi dùng vận chuyển có ray ở trong các hầm tiết diện nhỏ, đôi khi tiết diện trung bình thì máy xúc chủ yếu là các loại gầu đổ trực tiếp hoặc đổ theo từng cấp vào goòng (hình 4.1a, b).

Nguyên tắc hoạt động của máy xúc đổ trực tiếp là gom đá vào gầu bằng chính động cơ di chuyển tác động qua bộ truyền động là các trục khuỷu rồi nâng gầu qua phần trên của thân máy và đổ vào goòng kéo theo sau máy xúc.

Ở những máy đổ theo từng cấp vào goòng thì thông qua bộ truyền động đá từ gầu được lật đổ vào một thiết bị chuyển tải gắn liền trên hoặc sau máy rồi vào goòng.

Trong những hầm tiết diện $\leq 20m^2$ người ta dùng chủ yếu là máy xúc đổ trực tiếp, còn khi tiết diện từ 21 đến $45m^2$ dùng chủ yếu là các loại máy đổ theo từng cấp. Các máy loại này thường chạy bánh sắt trên ray với khổ đường 750 và 900mm có trang bị động cơ khí nén hoặc động cơ điện. Đặc tính chủ yếu của các loại máy thường gặp như trong bảng 4.1.

Bảng 4.1

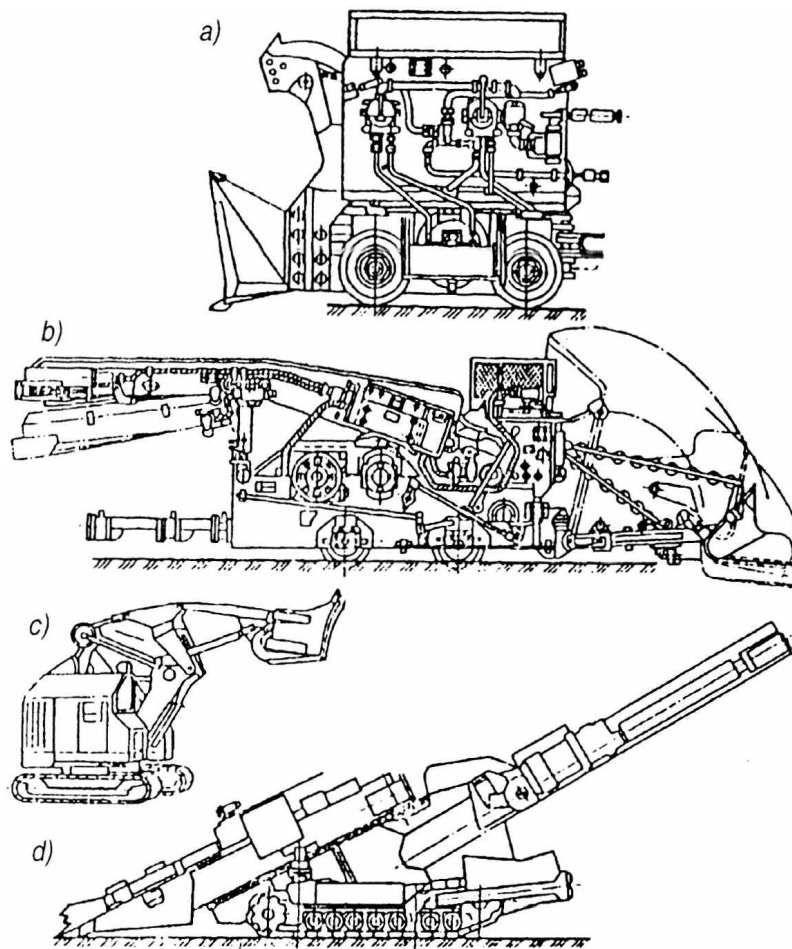
Các chỉ tiêu	Máy xúc hoạt động theo chu kỳ					
	Đổ trực tiếp			Đổ theo cấp		
	ППН-1С	ППН-2	ППН-3	ППН-4	ППН-4П	ППН-7
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Kích thước tối thiểu của hang (rộng × cao), m	2,5 × 2,3	2,4 × 2,5	3,0 × 2,9	2,6 × 3,1	2,5 × 2,4	2,4 × 2,2

Bảng 4.1 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
Dung tích gầu, m ³	0,25	0,32	0,5	0,6	0,32	0,25
Diện xúc, m	2,2	2,5	3,2	3,8	4,0	4,8
Kích thước máy, mm						
dài	2270	2500	3200	3800	7430	9450
rộng	1150	1350	1900	1800	1750	1400
cao	1500	1600	$\frac{1800^*}{1900}$	$\frac{1900}{3000}$	$\frac{1400}{1700}$	1850
Công suất động cơ, kW	17,8	26,5	37	84	33,3	39,5
Trọng lượng, t	3,5	4,7	5,0	13	9,0	14

* Tương ứng với trạng thái di chuyển và làm việc

Chú ý: Các máy trong bảng 3.1 do Liên Xô (cũ) sản xuất, trong thiết kế có thể dùng các loại máy tương tự.



Hình 4.1: Các loại máy xúc trong hầm

a) Máy xúc đồ trực tiếp chạy trên ray ППН-1с; b) Máy xúc có băng tải chạy trên ray 1ППН-5;
 c) Máy xúc gầu Э0-5114 (Liên Xô cũ sản xuất); d) Máy xúc xúc liên tục chạy xích ПНБ-3К

Khi sử dụng các loại vận chuyển không ray (ôtô, goòng tự hành...) để xúc bốc đá thường dùng các loại máy xúc hoạt động liên tục chạy trên xích, như các loại ПНБ 2, 3, 4 của Liên Xô (cũ), có trang bị bộ phận xúc có dạng lưới (giống như lưới xèng) (hình 4.1c) hoặc máy xúc gầu có dung tích 1,0 - 1,25m³ đổ trực tiếp (hình 4.1d).

Các tính năng kỹ thuật của các loại máy xúc hoạt động liên tục kê ở trong bảng 4.2.

Bảng 4.2

Các chỉ tiêu	Máy hoạt động liên tục			
	ПНБ-2К	ПНБ-2К	ПНБ-3Д	ПНБ-4
Kích thước tối thiểu của hang (rộng × cao), m	3,0 × 1,8	3,7 × 2,5	3,7 × 2,5	4,0 × 3,0
Năng suất kỹ thuật, m ³ /ph	2,0	3,0	3,5	6,0
Diện xúc khi máy đứng ở một chỗ, m	1,8	2,0	2,5	2,7
Chiều cao đổ đá, mm	1500	2400	2400	2900
Kích thước máy, mm	dài	8000	8500	9000
	rộng	1800	2000	2500
	cao	1450	1900	1900
Công suất động cơ, kW	65	86,6	94	140
Trọng lượng máy, t	12	24	25	34

Để xúc bốc và chuyển đá trên một khoảng cách ngắn ($\leq 100m$) có thể dùng các loại máy xúc chuyển, đặc trưng của các loại máy này như trong bảng 4.3.

Bảng 4.3

Các chỉ tiêu	Máy xúc chuyển		
	ПД-5	ПД-8	ПД-12
Kích thước hang tối thiểu (rộng × cao), mm	2900 × 2700	3500 × 3000	3800 × 3200
Sức nâng, t	5	8	12
Dung tích gầu, m ³	2,5	4,0	6,0
Chiều cao xúc tối đa, m	1,8	2,2	2,3
Công suất động cơ, kW	81,4	140,6	185,00
Tốc độ tối đa, km/h	20	20	20
Độ dốc tối đa, độ	18	18	18
Kích thước, mm	dài	7850	9200
	rộng	1900	2500
	cao	2240	2460
Trọng lượng, t	13,5	22,4	26

Năng suất khai thác của các loại máy xúc nói chung có thể xác định theo các công thức sau:

- Đối với máy xúc hoạt động theo chu kỳ khi di chuyển trên ray:

$$P_{kt} = \frac{60\varphi}{\frac{t}{v_2\eta_2} + \frac{t_1}{v_1\eta_1} + \frac{t_2}{nv_1\eta_1} + t_3} \quad (4.1)$$

trong đó:

φ - hệ số sử dụng máy theo thời gian, $\varphi = 0.8 \div 0.85$;

t - thời gian chu kỳ làm việc của máy (theo đặc tính kỹ thuật của máy);

t_1 - thời gian đổi goòng;

t_2 - thời gian đổi tải;

t_3 - các mất mát thời gian khác tính cho $1m^3$ đá, ph;

v_1 - dung tích của goòng, m^3 ;

v_2 - dung tích của gầu máy xúc, m^3 ;

n - số goòng của một đoàn tải.

η_1, η_2 - hệ số xúc đầy goòng và đầy gầu: $\eta_1, \eta_2 = 0.4 \div 0.9$.

- Khi xúc bằng máy xúc gầu hoặc máy hoạt động liên tục vào ô tô tự đổ công thức sẽ có dạng:

$$P_{kt} = \frac{60\varphi}{\frac{60}{P_t} + \frac{t_1}{\eta_1 v_1} + t_3} \quad (4.2)$$

trong đó:

t_1 - thời gian nghỉ xúc của máy khi đổi xe, ph;

t_3 - các thời gian mất mát khác nhau tính bình quân cho $1m^3$ đá, ph;

v_1 - dung dịch của thùng xe, m^3 ;

η_1 - hệ số đầy xe, $\eta_1 = 0.9 \div 1.0$;

P_t - năng suất kỹ thuật của máy ở dạng đá chặt, m^3/h .

Năng suất khai thác trung bình của máy xúc

$$P_{tb} = \frac{P_o}{100} P_{kt}, m^3/h \quad (4.3)$$

trong đó: P_o - phần trăm của thời gian làm việc so với toàn bộ thời gian xúc đá (thường là 65 - 70%).

Theo các số liệu thực tế khi tính toán năng suất xúc đá có thể sơ bộ phân phối thời gian trong vòng 1 ca như sau: 70% để xúc; 10% thời gian chờ đợi và những mất mát thời

gian không thể tránh được do những nguyên nhân kỹ thuật và công nghệ, 10% nhậ và chuyển ca, 10% cho các công tác phụ và nghỉ ngơi v.v...

§2. VẬN CHUYỂN ĐÁ ĐÁ TRONG THI CÔNG HẦM

Theo cấu tạo của thùng xe và phương pháp dỡ tải người ta phân ra các loại goòng như sau: goòng cứng, goòng đổ theo kiểu lật, goòng đổ qua đáy, goòng đổ qua thành (mở thành), goòng đổ qua vách đầu goòng và goòng tự đổ. Trong xây dựng ngầm người ta thường dùng các loại goòng đổ theo kiểu lật, đổ qua vách và goòng tự đổ. Đặc trưng kỹ thuật chủ yếu của một số loại goòng do Liên Xô (cũ) sản xuất. Có thể tham khảo bảng 4.4.

Bảng 4.4*

Tên goòng	Các thông số cơ bản và kích thước thùng goòng				
	Dung tích (m ³)	Rộng (mm)	Chiều cao từ đỉnh ray (mm)	Chiều dài (mm)	Trọng lượng (t)
BГ-2,2	2,2	1200	1300	2450	1,2
BГ-4	4,0	1320	1450	3850	1,8
BГ-8	8,0	1500	1550	6300	3,2
BБ-2,5	2,5	1340	1400	3150	1,3
BБ-4	4,0	1330	1560	4800	2,1
BHK-10	10,0	1500	$\frac{1650^{**}}{2440}$	10100	12,0

* Các loại goòng trong bảng do Liên Xô (cũ) sản xuất.

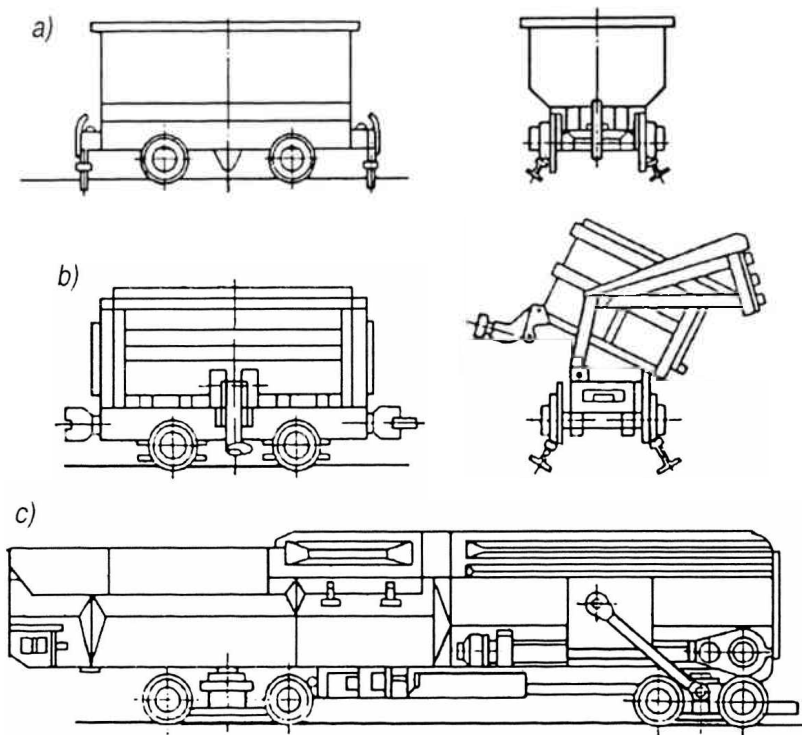
** Tử số là chiều cao khi vận chuyển, mẫu số là chiều cao khi đổ.

Việc đổ đá đối với những goòng cứng (goòng cố định) được thực hiện nhờ các thiết bị lật goòng đảm bảo quay goòng 180°, đặt ở bãi thải trên cầu cạn.

Việc dỡ tải cho những goòng đổ đá theo kiểu mở thành cũng tiến hành trên cầu cạn. Việc mở thành được tiến hành nhờ một thiết bị kiểu bản lề được trang bị sẵn trên goòng.

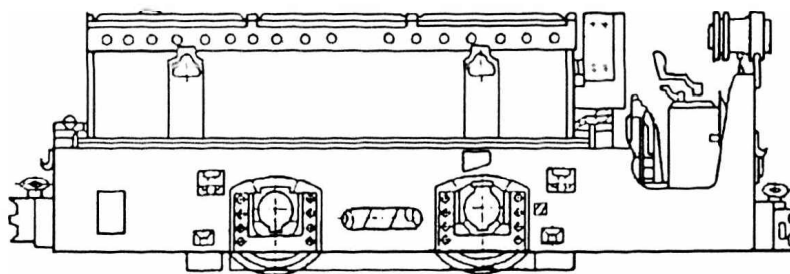
Với goòng tự đổ thì việc dỡ tải được thực hiện nhờ có trang bị cho goòng các thiết bị chuyển tải dẫn từ động cơ, biến đáy goòng thành một băng tải để chuyển đá từ goòng này sang goòng khác hoặc đổ ra bãi thải.

Khi xây dựng ngầm nếu dùng đường sắt để vận chuyển thì thường phải sử dụng các loại đầu kéo chuyên dụng, phổ biến hơn cả là các loại đầu kéo dùng acqui. Khổ bánh xe là 750 và 900mm (hình 4.3).



Hình 4.2: Các phương tiện thải đá trên đường ray

a) Goòng cố định; b) Goòng đổ đá qua thành; c) Goòng có thiết bị thải đá



Hình 4.3: Đầu máy điện ắc qui AMT-8 (Liên Xô cũ chế tạo)

Trong ngành mỏ người ta còn dùng loại đầu kéo tiếp xúc, tuy nhiên trong xây dựng hầm thì ít dùng do chế độ an toàn đòi hỏi cao hơn.

Ở Liên Xô (cũ) đã sản xuất các loại đầu kéo điện trọng lượng từ 2 đến 14t. Đặc tính kỹ thuật được ghi tóm tắt trong bảng 4.5.

Bảng 4.5

Loại đầu máy điện	Trọng lượng (t)	Công suất động cơ (kW)	Tốc độ (km/h)	Lực kéo (kN)
5ПРВ	5	12	6,5	6,5
AMT-8	8	20	7,5	8,1
APП-18	14	47	10	17,8

Tất cả các loại đầu kéo điện do Liên Xô (cũ) sản xuất nguồn năng lượng đều có có dạng acqui sắt-nikel để đảm bảo trong các ca làm việc không phải nạp điện. Việc thay acqui và nạp điện cho acqui được thực hiện ở trạm đầu máy (depô).

Việc tính toán sức kéo của đầu máy được tiến hành theo trình tự sau: xác định khối lượng của đoàn tàu xuất phát từ hai điều kiện là lực bám khi lên dốc, lực phanh khi xuống dốc và được tính toán theo công thức sau:

$$M_c = \frac{1000\psi M_d}{\omega_t + i + 110a} \quad (4.4)$$

trong đó: M_c - khối lượng đoàn tàu chở đầy đá, t;

M_d - khối lượng của đầu máy điện, t;

ψ - hệ số bám của bánh xe với ray

khi khởi động lên dốc $\psi = 0,12$.

khi phanh (hãm) $\psi = 0,16$;

ω_t - sức cản riêng của toa nặng, N/kN;

khi khởi động $\omega_t = 7 \div 9$.

khi phanh $\omega_t = 6 \div 7$.

i - độ dốc của đường ‰;

a - gia tốc, m/s^2 .

khi khởi động $a = a_n$ (a_n là gia tốc khởi động bằng 0,03);

khi phanh $a = a_h$ (a_h gia tốc hãm) xác định theo công thức:

$$a_h = \frac{v_h^2}{2l_h} \quad (4.5)$$

ở đây: v_h - tốc độ lúc bắt đầu hãm, m/s;

l_h - chiều dài đường hãm, m.

Số goòng trong đoàn tàu:

$$n_g = \frac{M_c}{M_t + W_t} \quad (4.6)$$

trong đó: M_c - trọng lượng đoàn tàu nặng, t;

M_t - trọng lượng toa không, t;

W_t - sức chở của goòng, t.

Số lượng đoàn tàu:
$$n_{dt} = \frac{t_q}{t_n} \quad (4.7)$$

trong đó: t_q - thời gian quay vòng của đoàn tàu, ph;

t_n - thời gian xúc đá cho tàu.

Số lượng đầu máy làm việc lấy bằng số lượng đoàn tàu cộng thêm một đầu máy dự phòng ở mỗi cửa hầm.

Khi vận chuyển bằng đường sắt phải giải quyết một loạt vấn đề liên quan đến đường vận chuyển như đường cố định, đường tạm, các loại ghi, cầu cạn, thiết bị đổi goòng v.v...

Tùy thuộc vào thời gian sử dụng ở hiện trường mà người ta chia ra: đường ray tạm đặt ở gần gương đào ngay sau khi thải đá và đường ray cố định đặt thay cho đường tạm, để khai thác suốt trong quá trình thi công hầm.

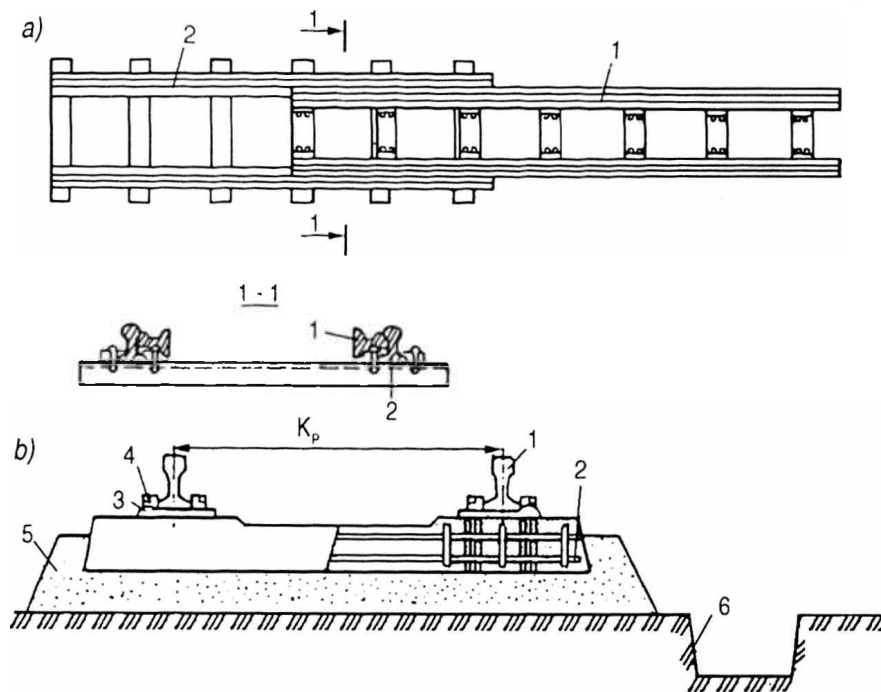
Cấu tạo đường ray có hai phần: cấu trúc phần dưới và cấu trúc phần trên.

- *Cấu trúc phần trên* gồm có các ray; các chi tiết nối, giữ ray (đinh crampông, ốc nối và lập lách) và tà vẹt cùng với lớp balat.

- *Cấu trúc phần dưới* gồm đáy hang và rãnh thoát nước.

Khi xây dựng hầm tùy theo trọng lượng đoàn tàu mà sử dụng ray P-24; P-33; P-38 đặt trên tà vẹt gỗ hoặc thép. Lớp balát có tác dụng để phân bố đều tải trọng từ tà vẹt xuống đáy hang. Lớp balát dùng chủ yếu là đá dăm kích cỡ từ 20 đến 60mm hoặc sỏi cùng kích cỡ như vậy. Chiều dày của lớp không nhỏ hơn 90mm. Lớp balát loại này chỉ sử dụng trên những đường ray mà thời gian phục vụ của nó không nhỏ hơn 2 năm.

Trực tiếp ở gần gương trong quá trình thi công có đặt đường ray tạm. Để làm đường tạm người ta dùng các khâu chế sẵn từ ray dài 1 đến 5m gắn trên tà vẹt thép hoặc các khung ray di chuyển được. Mẫu của một khâu ray di động như mô tả trên hình 4.4.



Hình 4.4: Kết cấu đường ray

a) *Khâu ray di động*; 1. khâu ray di động; 2. đường ray cố định;

b) *Đường ray cố định*; 1. ray; 2. tà vẹt; 3. bản đệm; 4. bulông giữ; 5. lớp balat; 6. rãnh thoát nước.

Các sơ đồ công nghệ đào hầm thủy lợi hiện đại, đa số người ta dùng sơ đồ bốc đá cho các đoàn tàu nhờ thiết bị chuyển tải hoặc dùng goòng tự chuyển như đã nêu trên. Với sơ đồ này không mất thời gian đổi goòng và đổi tàu ở gần gương.

Thiết bị chuyển tải thực chất là một băng tải di chuyển được, dài 40 - 50m, có năng suất đến 150m³/h. Chúng được ghép nối với máy xúc. Đoàn tàu rỗng (chưa có đá) được xếp dưới băng tải và được kéo dần ra khỏi gương dưới băng tải để nhận đá. Có thiết bị chuyển tải sẽ tăng thời gian sử dụng của máy xúc lên rất nhiều. Các thiết bị chuyển tải cũng có thể tự di chuyển nhờ một động cơ điện hay động cơ khí nén hoặc được di chuyển nhờ chính máy xúc hay tời kéo. Việc dùng thiết bị chuyển tải dạng băng tải như trên (loại УПЛ-2М) chạy trên ray khi thi công hầm Arpa-Xevna ở Ácmênia cùng với máy xúc loại ППН do Liên Xô (cũ) chế tạo đảm bảo năng suất xúc đá 30 - 40m³/h.

Khi không dùng thiết bị chuyển tải thì ở gần gương đào phải có thiết bị để đổi goòng và lập tàu (có nhiều dạng khác nhau, có thể tham khảo ở các sổ tay thi công hầm hoặc thi công mỏ).

Bảng 4.6

Các chỉ tiêu	Các loại xe			
	MA3-508	KpA3-256	MoA3-6401	БЕЛA3-540
Sức tải, t	8	10	20	27
Dung tích thùng xe, m ³	4,0	7,5	11,0	15,2
Chiều cao xúc, m	1,95	2,60	2,85	3,15
Bán kính quay, m	7,5	11,2	7,3	7,5
Công suất, kW	133	177	159	266
Tốc độ tối đa, km/h				
trên đường	60	47	40	55
trong hầm	15	15	15	10
Trọng lượng tổng cộng, t	14	22,2	38	55

Khi xây dựng các hầm có nhịp hang lớn hơn 6m thì thường dùng vận chuyển dạng không ray, chủ yếu là các ô tô tự đổ có trang bị thiết bị lọc khí thải để tránh gây ô nhiễm không khí trong hầm. Ở Liên Xô (cũ) thường dùng chủ yếu các loại xe có tải trọng từ 8 - 27t như MA3-508, KpA3-256, БЕЛA-3540. Trong những năm gần đây người ta dùng các loại xe tự đổ chuyên dụng được thiết kế phù hợp với những điều kiện khai thác trong hang ngầm. Ở Liên Xô (cũ) nhà máy Mogilev đã sản xuất các loại xe này như xe MoA3-6401 đã sử dụng rất có hiệu quả khi thi công tổ hợp ngầm Hoà Bình của nước ta. Xe MoA3-6501 có tải trọng 20t, tốc độ di chuyển tối đa trên đường 40 km/h, vượt được độ dốc 10%. Loại này dùng được cho những hầm tiết diện trung bình và lớn. Đặc tính kỹ thuật của các loại xe tự đổ thường dùng để thi công hầm do Liên Xô (cũ) sản xuất có thể tham khảo bảng 4.6. Để xác định sơ bộ số lượng xe có thể sử dụng toán đồ trên hình 4.5. Ngày nay nước ta đang có quan hệ kinh tế với hầu hết các nước trên thế giới do đó trong quá trình thi công có thể chọn các loại xe máy có các tính năng tương tự do các nước

khác sản xuất. Tuy nhiên, với tầm quản lý chung của ngành cũng nên có những định hướng trong việc mua sắm thiết bị vì hai nguyên nhân sau:

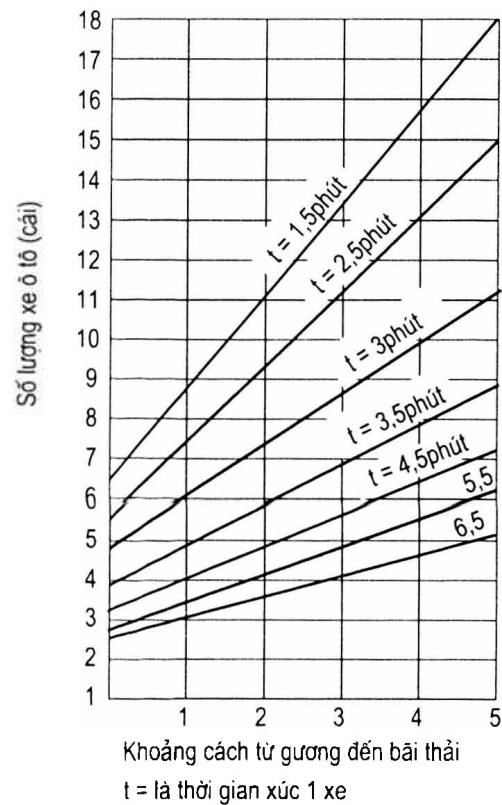
- Trong thực tế thi công hầm mọi chi phí về thiết bị không dừng ở việc mua sắm trang thiết bị ban đầu mà còn đòi hỏi các chi phí rất lớn vào việc mua sắm phụ tùng thay thế.
- Trong thi công hầm công tác sửa chữa, duy tu bảo dưỡng máy móc thiết bị thường đóng vai trò hết sức quan trọng. Trong những "xưởng hầm" công tác sửa chữa, tổ hợp thành các cụm chi tiết thay thế hoặc thiết bị thay thế phải thường xuyên và sẵn sàng, vì mọi chậm trễ trong thi công hầm do bất kỳ nguyên nhân nào cũng đều dẫn đến những hậu quả khôn lường.

Với những lý do trên nếu không có định hướng sẽ rất khó khăn cho công tác sửa chữa khôi phục các chi tiết hoặc thiết bị và sẽ rất tốn kém, bị động cho công tác mua sắm phụ tùng thay thế. Thực tế thi công hầm trên công trình thủy điện Hoà Bình, xây dựng mỏ ở Quảng Ninh hoặc các mỏ khác của nước ta đã chứng minh điều này. Đặc biệt khi ở trong nước ngành cơ khí mỏ còn ở trình độ hết sức thấp kém và chắp vá.

Khi thi công các gian máy, các buồng có kích thước lớn cự ly chuyển đá gần có thể dùng goòng tự hành dạng động cơ chạy bằng cấp điện. Ở Liên Xô (cũ), Ba Lan và các nước khác đã sản xuất các loại goòng tự hành có đáy là băng tải đảm bảo tự thải đá và chuyển tải từ goòng này sang goòng khác chạy bằng động cơ lấy điện bằng cáp điện mềm cuốn trên một tang bên sườn, chiều dài cấp 400 - 450m. Tốc độ di chuyển tối đa của loại goòng này là 8km/h. Đặc tính kỹ thuật của chúng có thể tham khảo bảng 4.7.

Bảng 4.7

Các chỉ tiêu	Các loại goòng tự hành			
	4BC-10	1BC-20	CKB-10	2BC-15
Sức tải, t	10	20	13	15
Dung tích thùng, m ³	8,4	12,9	7,5	9,0
Tốc độ di chuyển km/h	8,0	8,0	8,5	7,0
Độ dốc giới hạn, độ	10	10	12	12



Hình 4.5: Toán đồ để xác định số lượng ô tô tự đổ để chuyển đá từ gương ra bãi thải

Số lượng ô tô tự đổ hoặc goòng tự hành được xác định theo toán đồ (hình 4.5). Ở đây $t = t_x + t_M$ (t_x - thời gian xúc đá, t_M - thời gian đổ đá).

Việc chọn sơ bộ các thiết bị vận chuyển chủ yếu căn cứ vào bề rộng hàng và có thể tham khảo bảng 4.8.

Bảng 4.8

Nhịp hàng (m)	Loại máy xúc	Loại phương tiện vận chuyển	
		Loại xe	Dung tích thùng (m ³)
2,5	ППН-1С	Goòng	1,20 - 2,20
3,0	ППН-3	"	1,6 - 4,0
4,0 - 6,0	ППН-4	"	4,0 - 10,0
7,0 - 10,0	ППБ-3К, 3Д, 4	Ô tô tự đổ	
	Máy xúc gầu	МАЗ - 508	4,0
	ЭО - 5114 (5112)	КрАЗ - 256	7,5
Lớn hơn 10	Máy xúc gầu	МоАЗ - 6401	10,0
	ЭО - 7114	БЕЛАЗ-540	15,2

Chương 5

GIA CỐ HANG NGÂM

§1. KHÁI NIỆM CHUNG

Các điều kiện tự nhiên của khối địa tầng và chất lượng của chúng sau khi đào hang là các nhân tố để xác định kích thước và kết cấu của vỏ hầm cũng như quyết định loại và phương pháp gia cố (chống đỡ) hiệu quả trong quá trình thi công.

Vì chống dùng để chống nóc và vách hang ngầm khỏi bị phá hoại trước khi xây vỏ hầm vĩnh cửu, để bảo vệ công nhân và thiết bị ở trong hầm khỏi nguy hiểm do lở đá và chúng được gọi là vì chống tạm.

Trong đá cứng nứt nẻ, phân lớp hoặc có kẹp các lớp sét sau khi đào có thể xảy ra hiện tượng xô dịch và sụt lở các cục hoặc khối đá riêng rẽ, có khi cả một lớp nào đó do mất ổn định. Hiện tượng này không xảy ra tức thời sau khi nổ mìn gương mà thường sau một thời gian nào đó tính bằng giờ, đôi khi tính bằng ngày.

Thời gian này thường đủ để dựng vì chống tạm cho một bước đào từ 2 đến 4m (tuỳ thuộc vào đặc tính và độ nguyên vẹn của địa tầng).

Để chọn đúng đắn kết cấu của vì chống, kích thước và khoảng cách của chúng cần thiết phải có đầy đủ các số liệu về địa chất công trình và các chỉ tiêu cơ lý của đất đá, các số liệu về áp lực địa tầng hoặc kích thước sụt lở. Tuy nhiên, việc xác định giá trị của áp lực địa tầng là một bài toán rất khó, không phải bao giờ cũng có lời giải, ngay cả sau khi đã tiến hành đào đất đá của hang ngầm. Ngoài ra, tải trọng lên vì chống theo thời gian cả về chất và lượng đều thay đổi một cách không đơn điệu do hàng loạt nguyên nhân như ảnh hưởng của nổ mìn: sự thay đổi các đặc trưng cơ lý do tác động của nhiệt độ, của khí quyển, của nước; sự giảm yếu của vì chống do rỉ, do các tác động ăn mòn của nước có tính xâm thực v.v... Đối với vì chống tạm có hàng loạt các yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật và công nghệ cần phải thoả mãn.

- Các yêu cầu về kỹ thuật bao gồm: độ bền cao; tính ổn định của vì chống phải đủ tiếp nhận với độ an toàn nhất định các loại tải trọng tĩnh, động, chấn động có thể xảy ra; Tính đơn giản của vì chống về cấu tạo, về lắp ghép, tháo dỡ; tính chống cháy v.v...

- Các yêu cầu về kinh tế như: không khan hiếm về vật liệu và các chi tiết liên kết khác; tính vĩnh cửu; giá thành không cao; có thể sử dụng nhiều lần; kích thước và trọng lượng không lớn.

- Các yêu cầu về công nghệ: tính đơn giản; dễ công nghiệp hoá việc chế tạo và xây dựng; dễ tổ hợp; khả năng cơ giới hoá quá trình thi công để đảm bảo thời gian dựng vì chống là nhanh nhất; không công kênh, không chiếm không gian ở gần gương...

Các loại vật liệu để làm vì chống như: gỗ, thép hình, các loại cốt thép nhẵn hoặc có gờ, lưới thép, bê tông, bê tông phun...

Ngày nay thường áp dụng các loại vì chống dạng vòm hoặc khung bằng gỗ, bằng thép; vì chống neo; vì chống bê tông phun và vì chống bê tông toàn khối đổ tại chỗ v.v...

Vì chống gỗ dạng khung; nan quạt hay đa giác ngày nay ứng dụng hạn chế trong thực tế. Chúng chỉ sử dụng trong thời gian ngắn, cho các hang khảo sát, các hang phụ tiết diện không lớn và đào trong đất yếu hoặc ở những đoạn hầm ngắn nằm trong vùng đất bị phay phá và các phá hoại khác.

§2. VÌ CHỐNG VÒM THÉP

Trong những điều kiện địa chất công trình phức tạp, trong các loại đất yếu, đá bị phá hoại xác định được hệ số độ cứng nhỏ hơn 4 thì hay dùng vì chống dạng vòm thép. Vì chống vòm thép là một hệ không gian ghép từ những vòm chế tạo từ thép I hoặc các loại thép hình chuyên dụng khác được giăng lại với nhau để đảm bảo ổn định theo phương dọc hầm.

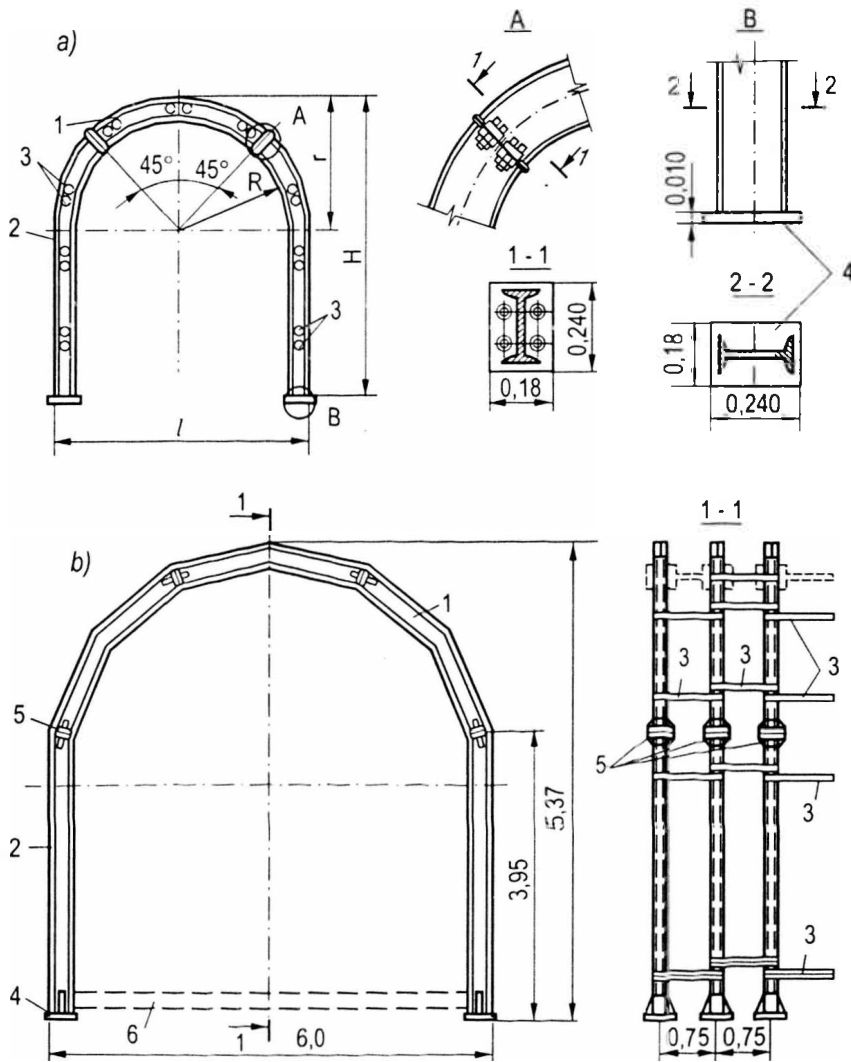
Khoảng giữa của vòm và đá nếu vách hang ổn định thì được ghép chèn bằng ván gỗ hoặc tấm bê tông cốt thép đúc sẵn rồi nện chặt vào đá. Trong những hầm thuỷ lợi có áp thì không cho phép sử dụng ván chèn bằng gỗ nếu vòm thép được bỏ lại trong vỏ bê tông vĩnh cửu.

Vì chống vòm thép tùy thuộc vào tiết diện ngang của hang có thể gồm hai hay ba đoạn, nối với nhau bằng bulông.

Trên hình 5.1 là một kết cấu được sử dụng khá phổ biến của vì chống vòm thép. Chúng có dạng cong tròn hoặc đa giác, các nút chính của vòm đều được nối bằng bulông. Khi có áp lực bên thì vòm được biến thành kết cấu dạng khép kín bằng cách đưa thêm thanh chống văng bằng thép vào vị trí chân vòm. Chân cột thẳng đứng được chôn sâu vào địa tầng 15-20cm. Theo phương dọc các thanh văng cũng phải nối trực tiếp với vòm bằng bulông. Khoảng cách của các thanh văng dọc theo vòm thường từ 1 đến 1,5m. Để làm vì chống vòm người ta thường sử dụng thép I từ I-14 đến I-27. Các vòm đặt cách nhau từ 0,3 đến 1,3m. Vì chống vòm chịu áp lực đất được tính bằng phương pháp tương tự như tính vỏ bê tông một lớp (xem giáo trình thiết kế hầm).

Việc dựng vì chống vòm thép tiến hành ngay sau khi thải đá xong. Đầu tiên dựng hai cột, giăng lại với các vòm đã dựng ở sau bằng các liên kết dọc, sau đó là các chi tiết còn lại cho đến khi khép kín vòm. Việc lắp ráp các chi tiết thuộc phần vòm có thể bằng một

giả li động hoặc xe nâng. Sau khi dựng xong vòm thì ghép ván chèn và xếp đá hoặc gỗ để lấp đầy khoảng trống giữa ván và vách hang.



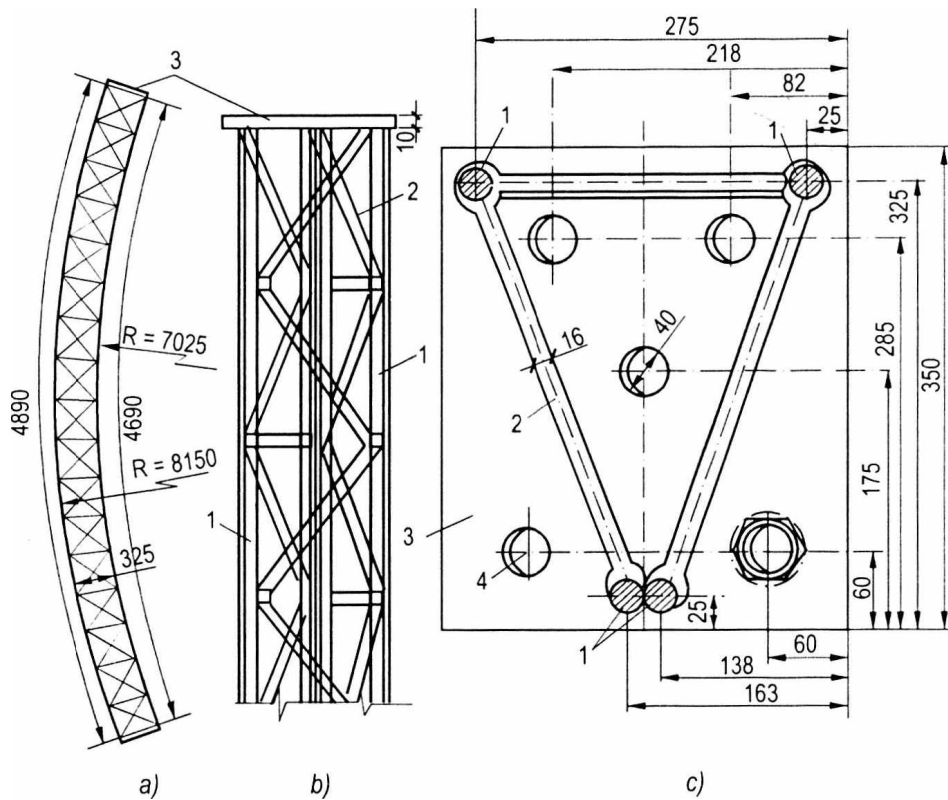
Hình 5.1: Vòm chống vòm thép

a) Dạng bán khuyên; b) Dạng đa giác;

1. phần vòm bên trên; 2. cột; 3. thanh căng thép hoặc giằng; 4. tấm kê;
5. mối nối lắp ráp; 6. thanh văng ngang ở chân vòm

Để tiết kiệm thép, trong một số trường hợp vòm thép hình có thể thay bằng vòm thép được chế tạo từ thép góc nhỏ hoặc cốt thép sau này đưa vào đóng vai trò cốt thép của vỏ hầm vĩnh cửu. Đây cũng là một giải pháp khá lý thú đã được áp dụng trong thực tế.

Trên hình 5.2 là kết cấu vòm dạng lưới thép lập từ các cấu kiện riêng rẽ. Mỗi cấu kiện của vòm lưới lập từ 4 thanh cốt thép làm việc một, thường là thép gai $d = 24 - 26\text{mm}$, các thanh liên kết 2 đường kính 16mm và bản gối 3 kích thước $300 \times 350\text{mm}$ trên đó có các lỗ 4 để liên kết bulông.



Hình 5.2a: Cấu kiện vòm không gian dạng lưới
 a) Nhìn chung cấu kiện; b) Sơ đồ không gian lưới; c) Bản kê có lỗ.

§3. VÌ CHỐNG NEO

Vì chống neo không chỉ có tác dụng chống sụt lở mà còn có tác dụng đưa cả khối đá bao quanh hầm vào làm việc, biến nóc và vách hang thành một kết cấu thống nhất có khả năng chịu tải khá lớn. Tính ổn định của hang khi sử dụng vì chống neo được đảm bảo do tăng khả năng làm việc của đất đá bằng cách gia cố các lớp riêng rẽ hoặc vùng phá hoại. Các neo được gia cố ra phía ngoài vùng sụt lở, giữ nóc và vách hang từ phía khối đá, do đó chúng không chiếm không gian của hang. Vì chống neo có thể áp dụng cho đá cứng với hệ số độ cứng biến thiên trong khoảng rất rộng ($f_k \geq 4$).

Theo nguyên tắc gia cố trong đá người ta phân ra làm ba loại neo: neo thép, neo bê tông cốt thép và neo chất dẻo (êpooxi).

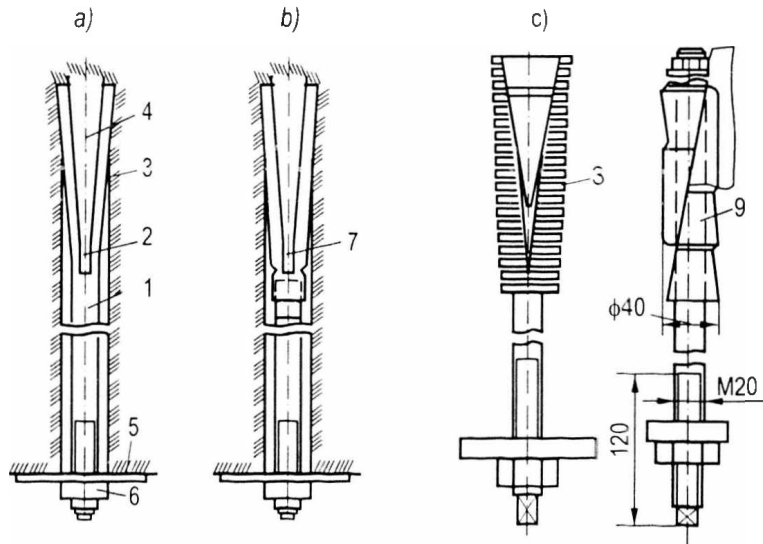
a) Neo thép

Neo thép được gắn cứng vào lỗ khoan nhờ đầu neo. Tùy theo kết cấu của đầu neo phân ra làm neo chêm và neo đầu nở.

Ngày nay có rất nhiều dạng neo chêm và neo đầu nở khác nhau đã được thử thách trong thực tế nhưng phổ biến hơn cả là các loại mô tả trên hình 5.3.

Việc đặt neo chêm được thực hiện như sau: thanh neo 1 có chiều dài lớn hơn một chút so với lỗ khoan để đặt neo 3 có cắm sẵn vào khe chế tạo trước trong thân neo một nêm 4 được đưa vào lỗ 3 rồi dùng búa đóng ở đầu ngoài của neo để đầu neo ngàm chắc

vào đất. Sau đó đặt bản đệm 5 rồi xiết êcu 6 để ép bản đệm vào đất và tạo nên trong thân neo một lực căng nào đấy. Loại neo chêm đơn giản này là kết cấu không tháo ra được. Để tiết kiệm thép bằng cách tạo khả năng dùng đi dùng lại nhiều lần, người ta tạo ra các loại neo có đầu nở. Sơ đồ nguyên tắc của loại neo này như trên hình 5.3c. Đặc trưng cơ bản của các loại neo đầu nở là có khả năng tự nện chặt vào đá khi tăng tải trọng căng trong thân neo (cũng có loại chỉ dùng lại phần thân neo như trên hình 5.3c).



Hình 5.3: Kết cấu neo chêm và neo đầu nở
a) Neo có đầu chêm; b) neo đầu nở đối xứng và phản ứng

Kết cấu neo được xem là hợp lý nếu như độ bền của đầu neo bằng độ bền kéo đứt của thân neo.

Sơ đồ tính toán của đầu neo chêm và đầu nở như trên hình 5.4.

Khả năng chịu lực tính toán của thanh neo P_c dưới tác dụng của tải trọng dọc trục được xác định theo công thức:

$$P_c = F \cdot R_s \cdot m_y \quad (5.1)$$

trong đó:

F - diện tích giảm yếu tiết diện thanh;

R_s - độ bền tính toán của vật liệu thanh chịu kéo;

m_y - hệ số điều kiện làm việc.

$$m_y = 0,7 \div 0,90;$$

Khả năng làm việc giới hạn của neo chêm vào neo đầu nở:

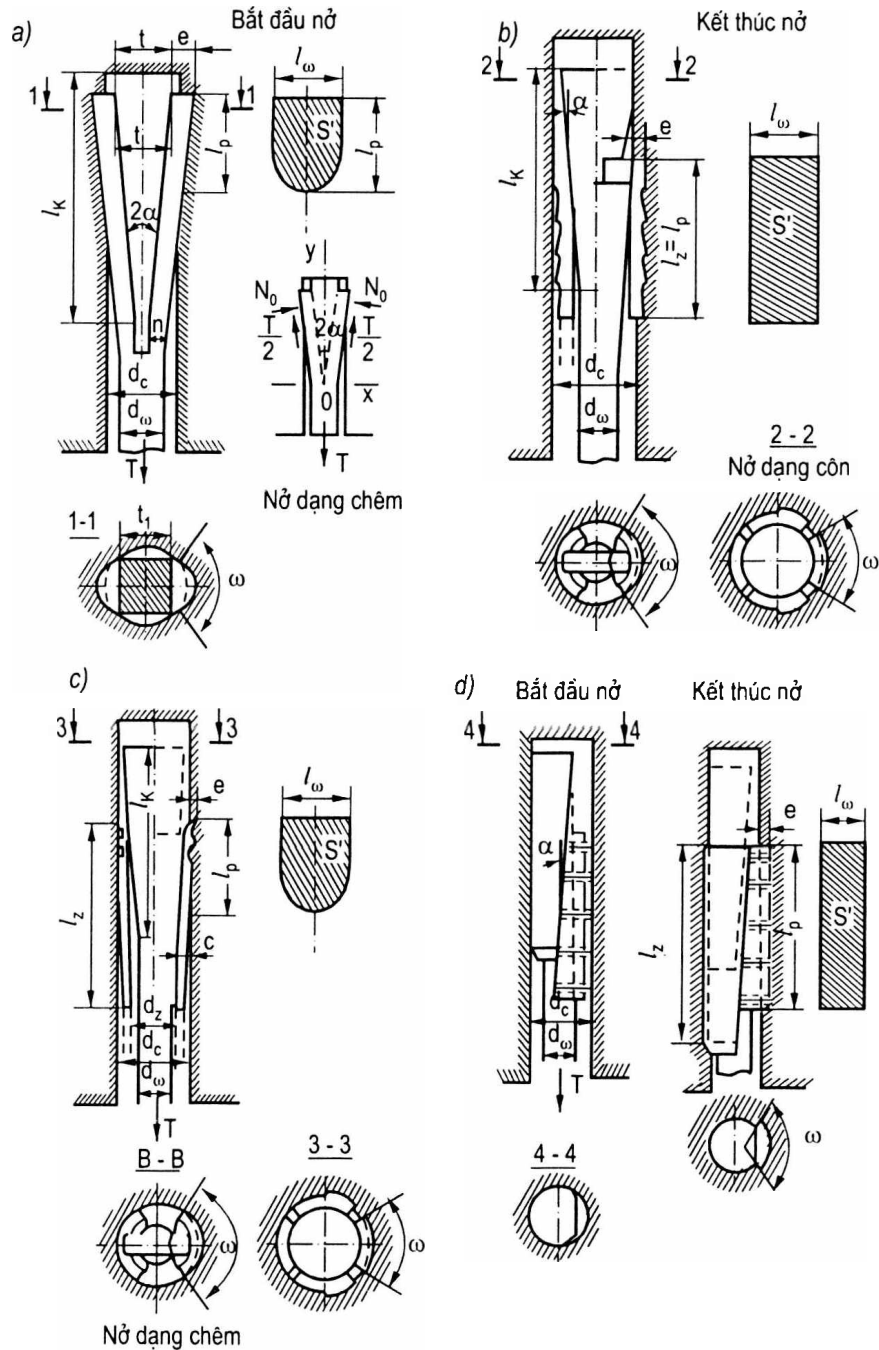
$$T = \frac{mS'R}{K_p} \quad (5.2)$$

trong đó:

m - số chi tiết của đầu neo, tựa lên vách lỗ khoan, thường thì $m = 2 \div 4$;

S' - diện tích tiếp xúc của một chi tiết bám vào vách lỗ khoan được xác định trong từng trường hợp cụ thể xuất phát từ cấu tạo của đầu neo và lỗ khoan để đặt neo;

R - độ bền tiêu chuẩn của địa tầng (R_{ep}) hay của thép (R_{CM}) khi chịu ép mặt;



Hình 5.4: Sơ đồ tính các đầu khoá của neo kim loại

- a) Đầu chêm;
- b) Đầu nở bằng đoạn thân nêm;
- c) Đầu nở có vỏ trụ đối xứng;
- d) Đầu nở phản xứng (nêm trượt)

K_p - hệ số ép của chi tiết đầu neo vào vách lỗ khoan:

$$K_p = \frac{1}{\sin \alpha + f_{ms}} \quad (5.3)$$

trong đó:

α - một nửa góc vát của nêm hay đầu nở lấy theo cấu tạo và kích thước của đầu neo, $\alpha = 2 \div 5^\circ$.

f_{ms} - hệ số ma sát của chi tiết đầu neo vào đá được xác định theo bảng 5.1.

Bảng 5.1

Vật liệu tiếp xúc	Hệ số ma sát của vật thể khô	Hệ số ma sát của vật thể ướt
Thép-đá granit	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4
Thép-sa thạch (cát kết)	0,35 - 0,40	0,32 - 0,38
Thép-đá vôi	0,25 - 0,40	0,20 - 0,35
Thép-argilit (alevrôlit)	0,35 - 0,45	0,25 - 0,30

Diện tích tiếp xúc của chi tiết đầu neo với đá:

$$S' = l_\omega l_p k_s \quad (5.4)$$

trong đó:

l_ω, l_p - chiều rộng và chiều dài bề mặt tiếp xúc lý thuyết của đầu neo với địa tầng trên hình 5.4;

k_s - hệ số tiếp xúc có xét đến độ lồi lõm của bề mặt của các chi tiết, độ không bằng phẳng của vách lỗ khoan cũng như chiều sâu áp dụng ($k_s \leq 1$).

Khả năng chịu lực tính toán của đầu neo:

$$P_z = T \cdot k_n \cdot m_y \quad (5.5)$$

trong đó:

T - giá trị nhỏ nhất của khả năng chịu lực giới hạn của đầu neo xác định theo công thức (5.2);

k_n - hệ số chuyển đổi từ độ bền tiêu chuẩn sang độ bền tính toán;

m_y - hệ số điều kiện làm việc (khi lỗ khoan khô, $m_y = 0,9$, khi ướt $m_y = 0,7 \div 0,8$).

Hệ số k_n đối với độ bền của đất đá khi trượt được xác định theo số liệu thực nghiệm khi chất tải lâu dài, đối với độ bền trượt của thép thì $k_n = 0,70$. Khi tính toán sơ bộ đối với địa tầng bền vững ($R_c > 60$ MPa) $k_n = 0,9 \div 1,0$, đối với độ bền trung bình (30 - 60MPa), $k_n = 0,7 \div 0,8$; còn đá kém bền (10 - 30 MPa) $k_n = 0,5 \div 0,6$.

Chiều dài của neo:

$$l_a = h_n + l_z \quad (5.6)$$

Trong đó:

h_n - chiều sâu vùng phá hoại;

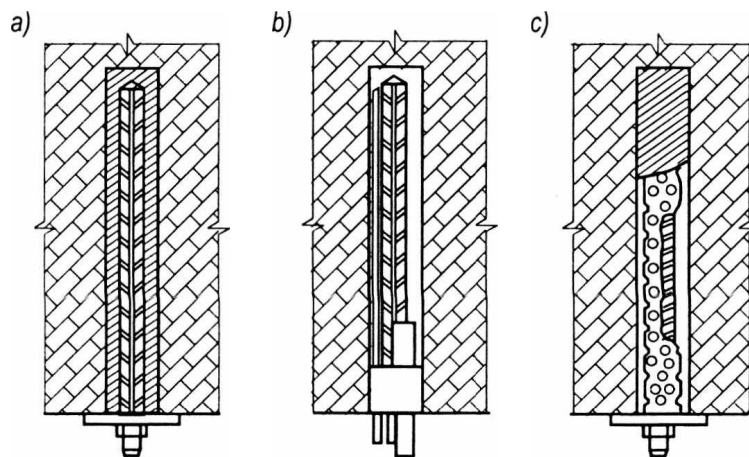
l_z - chiều sâu neo nằm ngoài vùng phá hoại (hoặc vùng sụt lở tính toán),
đối với neo thép $l_z = 0,25 h_n$.

Nhược điểm chung của neo thép là không có phòng rỉ.

b) Neo bê tông cốt thép

Neo bê tông cốt thép là một thanh thép được gắn chắc vào trong lỗ khoan bằng vữa xi măng hoặc xi măng cát, ở đầu ngoài có trang bị một bản đệm.

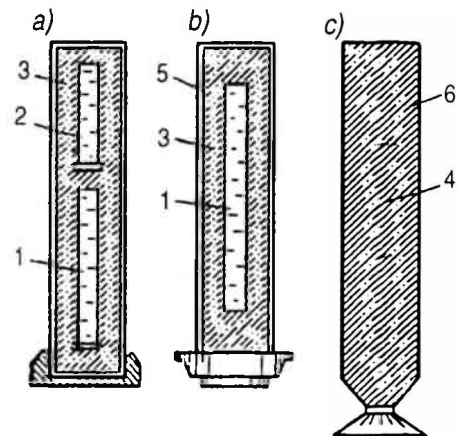
Theo phương pháp lắp đầy lỗ khoan bằng vữa, neo bê tông cốt thép được phân làm neo đóng, neo ép và neo dạng "perpho" (hình 5.5).



Hình 5.5: Kết cấu neo bê tông cốt thép
a) Loại đóng; b) Loại ép; c) Loại "Perpho".

Đơn giản và sử dụng rộng rãi hơn cả trong thực tế là loại neo đóng (hình 5.5a). Để đạt chúng đầu tiên người ta lắp đầy vữa đặc vào lỗ khoan, sau đó đưa vào lỗ (đóng hoặc ấn) một thanh thép. Các neo loại này đã sử dụng phổ biến ở hầu hết các hang, hầm của tổ hợp ngầm thủy điện Hoà Bình, thủy điện Ialy, các thủy điện lớn ở Liên Xô (cũ) và các nước khác.

Vữa xi măng cát hoặc vữa xi măng có độ đặc khác nhau là vật liệu chính, xác định độ bền gia cố, thời hạn đưa vào sử dụng, công nghệ thi công và năng suất đặt neo.



Hình 5.6: Các tuýp keo để đặt neo
a, b) Tuýp nhiều ngăn; c) Tuýp một ngăn

Ở những hầm xây dựng trong đá đôi khi đòi hỏi phải chuyển vữa đi xa một khoảng không lớn (10-15m và lớn hơn) chúng thường có những tính chất sau: độ sụt phải đảm bảo để chuyển vữa bằng ống cao su vãi với khoảng cách cần thiết; có độ đồng đều và không phân tầng, có độ bền cao v.v... Để giảm độ keo và cải thiện điều kiện làm việc khi bơm vữa theo đường ống mềm, đề nghị dùng cát nhỏ có môđun đô lớn $M_k = 1,3 \div 1,50$.

Người ta dùng phổ biến trong thực tế là các vữa xi măng có thành phần X: C(1:0) với $N/X = 0,3 \div 0,35$; vữa xi măng cát X: C (1:1) và (2:1) với $N/X = 0,3 \div 0,4$.

Thanh thép neo thường dùng là thép gai đường kính 16 - 25mm. Neo bê tông cốt thép được khoan sâu ra ngoài vùng phá hoại một đoạn l_z trị số của nó được xác định theo công thức:

$$l_z = \frac{R_s \cdot d}{400\tau} \geq 0,5m \quad (5.7)$$

trong đó: R_s - độ bền tính toán của thanh neo khi chịu kéo, MPa;

τ - lực dính bám tính toán, MPa;

d - đường kính thanh neo (cm).

Độ bền của neo bê tông cốt thép cần phải được kiểm tra bằng cách rút thử neo. Khi rút thử neo có thể xảy ra hai trường hợp: phá hoại theo bề mặt thanh neo với vữa, khi đó độ bền của neo được tính do lực dính bám của vữa với thanh neo, và đứt theo mặt dính bám của vách lỗ khoan với vữa, khi đó độ bền của neo được xác định bởi lực dính bám của vữa với địa tầng.

Trong trường hợp phá hoại thứ nhất d trong công thức (5.7) được thay bằng đường kính thanh thép, còn τ được thay bằng lực dính của vữa với thanh thép. Trong trường hợp phá hoại thứ hai d thay bằng đường kính lỗ khoan và τ được thay bằng lực dính của vữa với địa tầng. Chiều dài neo được lấy theo chiều dài lớn nhất của hai giá trị trên.

Ở những vùng có khí hậu khắc nghiệt thì điều kiện tự nhiên có ảnh hưởng rất lớn đến những giá trị tính toán và công nghệ thi công các loại neo, đặc biệt là neo bê tông cốt thép. Trong những trường hợp này nhiều khi người ta phải sử dụng các phụ gia để đảm bảo các đặc trưng tính toán của neo bê tông cốt thép.

Giá trị tính toán của lực dính bám của vữa với thanh thép gai với các nhiệt độ dương thường lấy 25 - 35 kg/cm².

Nhược điểm cơ bản của neo bê tông cốt thép mà thanh thép được đóng vào lỗ chêm đầy vữa có tải trọng tính toán từ 80 đến 120kN là các neo này chỉ làm việc khi vữa trong neo đạt độ bền cần thiết. Để rút ngắn thời gian đông cứng của vữa người ta dùng các loại xi măng trương nở thể tích, xi măng đông kết nhanh hoặc xi măng nhôm oxyt, hoặc đưa vào các phụ gia đông kết nhanh như clorua canxi, aluminat, natri, thủy tinh lỏng v.v...

Trong các loại địa tầng ngậm nước người ta dùng neo có chất chèn lấp là chất dẻo polime;

Để đặt neo chất dính kết là các loại polime người ta dùng các thành phần polime đóng sẵn thành túi. Tùy theo loại polime mà các túi này có dạng một ngăn hoặc nhiều ngăn

(hình 5.6). Để làm neo người ta thường dùng các loại keo êpooxci, các keo phenol, hoặc chất làm đông cứng khác.

Trong các túi đựng keo nhiều ngăn thì trong lỗ (ngăn) 1 chứa chất làm đông kết nhanh; còn ngăn 2 là chứa các hỗn hợp keo và chất độn được chứa trong ngăn 3. Trong túi một ngăn thì tất cả các thành phần keo đã trộn sẵn và chứa trong ngăn 4. Ống thủy tinh 5 hoặc túi poliêtilen 6 được đưa vào trong lỗ khoan, tiếp theo là đưa thanh thép neo có đầu nhọn vào bằng cách đóng chấn động vào túi đựng keo (hoặc ống thủy tinh) để trộn chúng và gia cố lỗ khoan. Lực dính của thanh thép gai với các keo làm neo rất lớn $\tau = 150 \div 200 \text{ kg/cm}^2$. Lực dính của keo với địa tầng tùy thuộc vào độ bền và tính nguyên vẹn của địa tầng $\tau = 100 \div 150 \text{ kg/m}^2$; trong các địa tầng ngậm nước τ giảm đi 20 - 40%.

Khoảng cách giữa các neo theo phương ngang và dọc hàm đối với các loại neo được lấy bằng trị số nhỏ nhất theo các điều kiện sau đây:

a) Theo điều kiện tạo thành vòm đá

$$a = l_a - \frac{k_b q_{tc}}{c} (l_a + b_o), \text{ m} \quad (5.8)$$

trong đó: k_b - hệ số phụ thuộc vào hình dạng hang và độ ổn định của đá $k_b = 0,2 \div 0,3$;

b_o - bề rộng (nhịp) hang, m;

q_{tc} - áp lực thẳng đứng tiêu chuẩn của địa tầng, MPa;

c - lực dính của đất trong vùng phá hoại, xác định bằng thí nghiệm. Để tính toán sơ bộ có thể tính theo công thức sau:

$$c = 0,3 f_k \quad (5.9)$$

b) Theo điều kiện ổn định của đá giữa các neo

$$a = \frac{l_a}{3} \sqrt{\frac{C}{q_{tc}}}, \text{ m} \quad (5.10)$$

c) Theo độ bền gia cố của neo

$$a = \sqrt{\frac{P_a}{\rho_n h_n g}}, \text{ m} \quad (5.11)$$

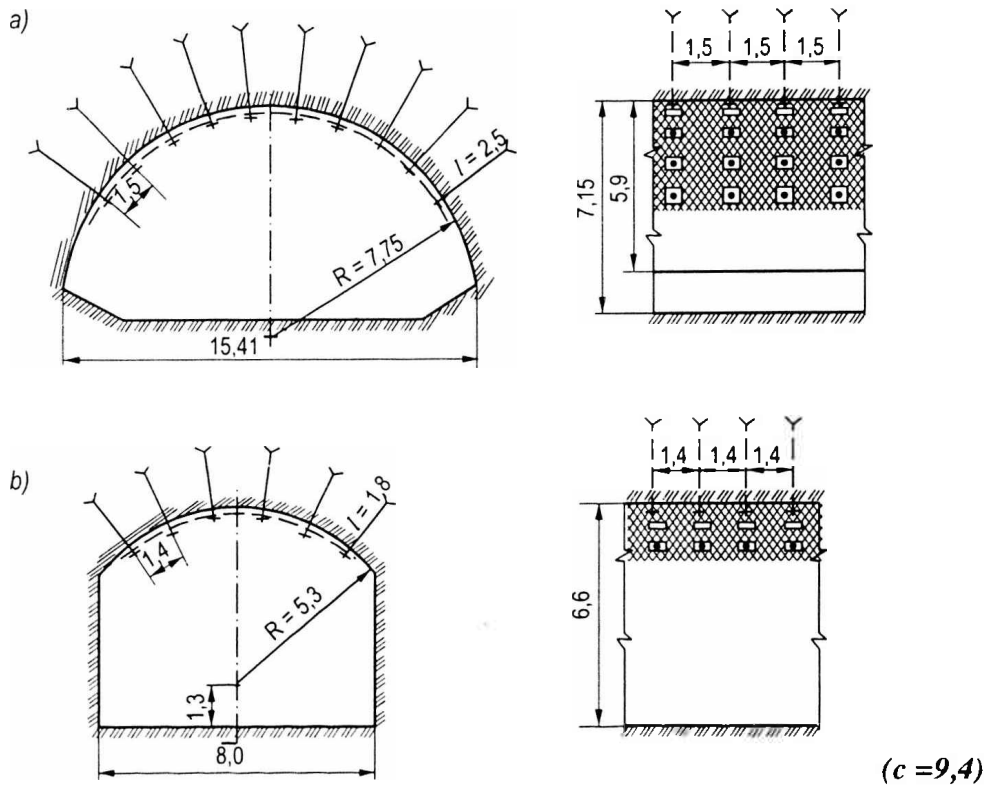
trong đó: P_a - độ bền gia cố của đầu neo, kN;

ρ_n - dung trọng của đất, t/m^3 ;

h_n - chiều sâu vùng phá hoại, m;

g - gia tốc trọng trường, m/s^2 .

Trên cơ sở tính toán tiến hành lập hộ chiếu gia cố (chống đỡ tạm) hang, trong đó có sơ đồ đặt neo, chiều dài neo và bước neo theo các phương (xem ví dụ trên hình 5.7).

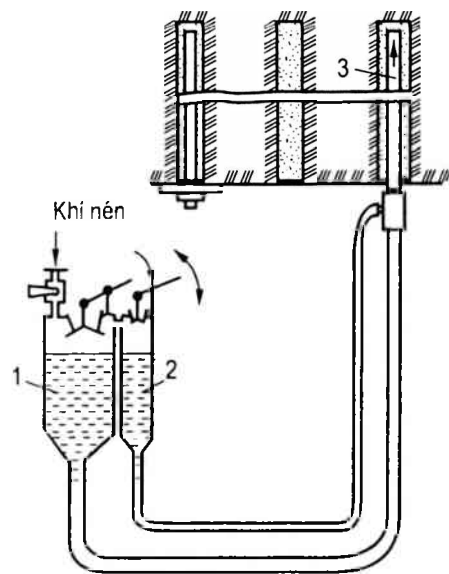


Hình 5.7: Hộ chiếu gia cố hang bằng neo và lưới thép
a) Phần trên hang; b) Cho hầm nhịp 8m

Trong những hang ngầm chiều cao hang $\leq 3\text{m}$, việc lắp đặt vì chống neo được tiến hành từ đáy hang. Khi chiều cao hang lớn hơn 3m thì đặt neo được tiến hành nhờ giá di động hoặc thiết bị nâng có sàn công tác.

Việc khoan lỗ neo có thể dùng máy khoan tay thông thường đặt trên giá đỡ khí nén hoặc giá đỡ co rút được. Đối với các neo thẳng đứng chủ yếu dùng máy khoan có tay búa hoặc khung khoan. Ngày nay các nước có ngành công nghiệp mở phát triển đều sản xuất các loại máy khoan có khả năng khoan lỗ neo một cách thuận lợi.

Việc ép vữa vào lỗ là một thành phần quan trọng của công nghệ đặt neo. Để làm được khâu này người ta dùng các thiết bị chuyên dụng. Sơ đồ nguyên tắc của thiết bị này như trên hình 5.8. Dùng thiết bị này với ba người có thể đặt 30 - 40 neo trong một ca làm việc. Để rút ngắn thời gian chu kỳ đào, quá trình đặt neo thường tiến hành song song với công tác khoan gương đôi khi song song với cả công tác thải đá.



Hình 5.8: Máy ép để đặt neo bê tông cốt thép
1. bình chứa vữa xi măng cát;
2. thùng chứa phụ gia đông kết nhanh;
3. ống ép vữa

§4. VÌ CHỐNG BÊTÔNG PHUN

Bê tông phun được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng ngầm để gia cố tạm và làm vỏ vĩnh cửu cho công trình. Bê tông phun cũng được dùng để tăng cường cho vì chống ở những vùng áp lực lớn trong tổ hợp của bê tông phun với neo, vì chống vòm và để chống phong hoá cho khối đá.

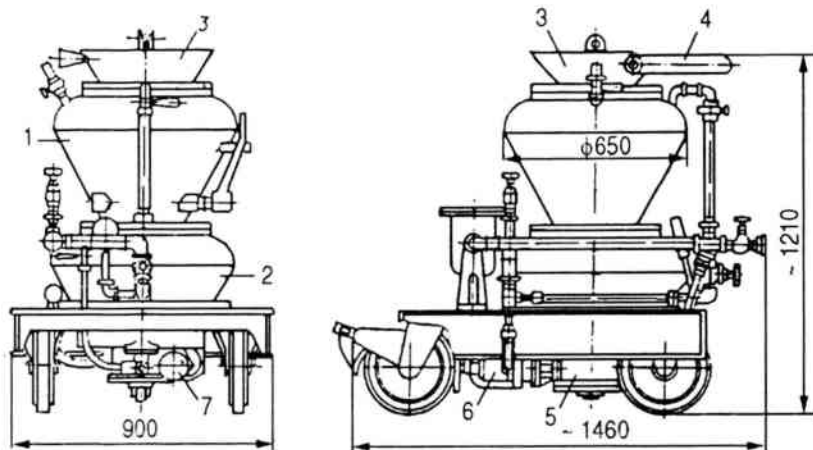
Ở Liên Xô (cũ) những công trình gia cố bằng bê tông phun lần đầu tiên tiến hành vào năm 1959 trên công trường xây dựng nhà máy thuỷ điện Khraxm đọt II. Trong một khoảng thời gian ngắn ở Liên Xô (cũ) đã thi công và đưa vào khai thác thành công hàng chục hầm và các hang ngầm kích thước lớn có sử dụng bê tông phun.

Bê tông được phun bằng máy chuyên dụng vận hành chủ yếu bằng khí nén. Vữa được chuyển đến đầu phun bằng ống mềm. Ở đầu phun hỗn hợp vữa khô được trộn với nước rồi phun lên vách để phủ bề mặt hang.

Máy để phun bê tông theo nguyên tắc cấp hỗn hợp vữa khô được chia làm ba loại: loại buồng, loại tang có van và loại dạng khe. Trong thực tế dùng phổ biến là loại buồng. Loại buồng lại có loại một buồng (BM-60Π) và loại hai buồng (BM-60Π, CB-66). Đặc tính kỹ thuật của các loại máy phun bê tông do Liên Xô sản xuất có thể tham khảo bảng 5.2.

Bảng 5.2.

Các chỉ tiêu	Các loại máy phun bê tông do Liên Xô (cũ) sản xuất							
	C-320	ΠBM	BM-60Π	CB-66	BM-60	BMC-3M	BM-68	BM-70
Năng suất tính theo vữa khô, m ³ /h	1,5	4	3-4	4	4	4	5-6	5-6
Khoảng cách cấp vữa, m	30	300	200	200	200	25	250	200
Chiều cao cấp vữa, m	-	-	30	50	100	10	100	50
Độ lớn giới hạn của cốt liệu, mm	8	-	25	25	25	30	25	30
Lượng tiêu hao khí nén, m ³ /ph	≤ 5	-	12-15	8-10	8-14	16	9	10
Loại động cơ	Điện	Điện	Khí nén	Điện	Điện	Khí nén	Điện	Điện
Công suất động cơ, kW	4,5	20	3	3	3	10	5,5	15
Kích thước cơ bản, mm								
dài	1500	1310	1700	1600	1740	1435	1450	3400
rộng	1000	1320	1100	1200	1100	1435	850	1080
cao	1550	1780	1600	2500	1600	3680	1680	2300
Trọng lượng máy, kg	850		1000	2800	1000	4250	850	4500
Loại máy	Có cửa van	Loại khe		Loại buồng			Có trống dưng cửa van	

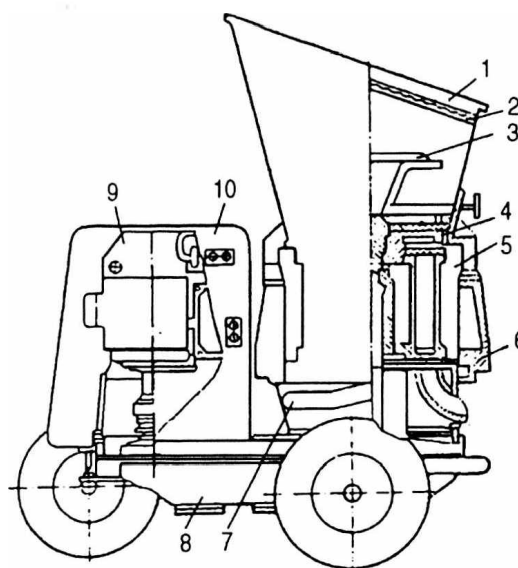


Hình 5.9: Máy phun bê tông dạng hai buồng

Máy phun bê tông hai buồng (hình 5.9) gồm có một buồng trên 1 và buồng dưới 2, bố trí chồng lên nhau được đẩy bằng van nón 3 có trang bị hệ đòn bẩy điều khiển 4. Trong buồng dưới là bộ phận nhào trộn dạng đĩa 5 để cấp vữa khô vào nút ra. Bộ phận trộn quay bằng một động cơ khí nén 6 qua hộp số xilanh xoắn. Để bảo vệ động cơ khỏi quá tải người ta tạo một khe nối gắn với bộ phận trộn qua một trục. Khi bị kẹt thì nó được cắt ra. Từ ngăn ra vữa khô được đưa vào ống mềm qua một ống nối 7. Tiếp theo vữa qua ống mềm đến đầu phun.

Việc tạo hai buồng là để đảm bảo cho máy làm việc liên tục. Tuy nhiên, kích thước lớn và đặc biệt là chiều cao lớn đã làm hạn chế sự áp dụng của máy trong những hang kích thước nhỏ.

Các máy dạng buồng có van (hình 5.10) có công suất cao hơn. Bộ phận làm việc có dạng buồng hình trống theo phương đứng với các ô hình trụ. Ngăn hình trống được đẩy một đầu trên bằng nắp 4 có gioăng cao su. Nguyên tắc làm việc của máy như sau: hỗn hợp vữa khô được đưa vào một phễu hỏ 1 của máy qua sàng 2 và một bộ khuấy 3 rồi rơi vào các ngăn van của buồng hình trống 5. Khi xoay buồng 5 có các ô chứa vữa khô thì các ngăn sẽ rơi vào (trùng với) các lỗ cửa sổ ở nắp dưới của bộ phận phân phối 6. Qua cửa sổ này vữa khô sẽ chịu áp lực của khí nén để chui vào ngăn làm việc sau đó vào ống mềm 7.



Hình 5.10: Máy phun bê tông BM - 68

1. thùng chứa vữa khô; 2. sàng; 3. cánh trộn; 4. nắp dây bọc cao su; 5. thùng có ô ngăn dạng van; 6. bộ phận phân phối; 7. ống dẫn vữa khô; 8. khung máy; 9. động cơ điện; 10. vỏ bảo vệ (Liên Xô cũ chế tạo).

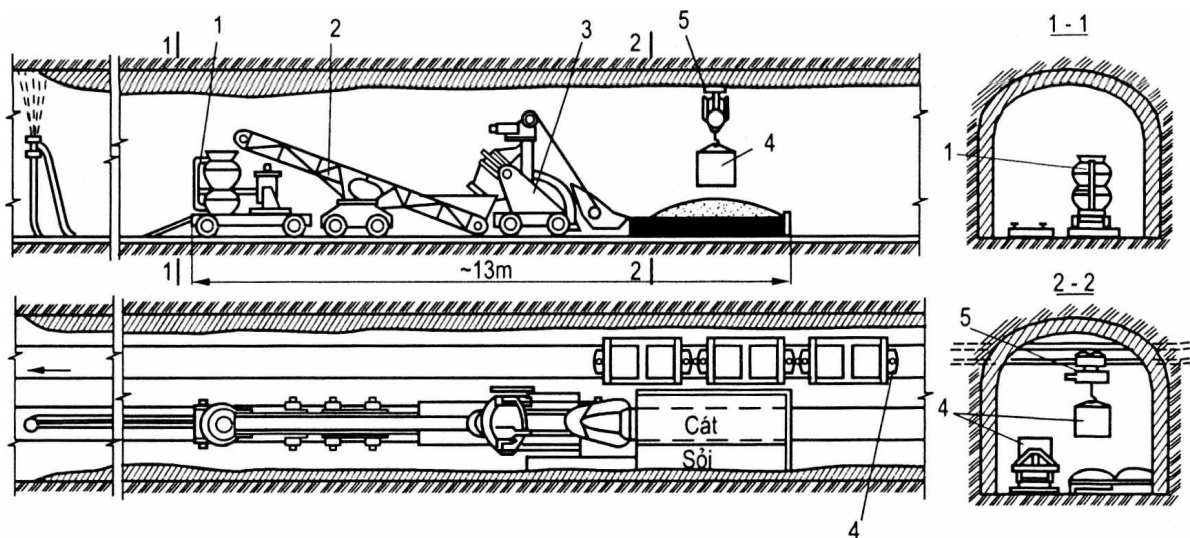
Bộ phận làm việc và động cơ điện 9 được bảo vệ bằng vỏ 10 đặt trên khung máy (8). Ưu điểm của máy có buồng dạng trống xoay có ngăn (BM-68. C320)... là kích thước gọn, đơn giản trong vận hành và làm việc liên tục. Nhược điểm là mòn đệm cao su nhanh và công suất lớn.

Lượng nước để làm ướt bê tông phun được điều chỉnh bằng một van ở đầu phun. Chiều dày lớp phun được kiểm tra bằng các mốc định vị là những thanh thép dài 15-20cm gắn vào các khe nứt. Giá trị của N/X từ 0,4 đến 0,5.

Lượng vữa phản xạ tùy thuộc vào trạng thái và công tác chuẩn bị bề mặt phun (vách hang), cũng phụ thuộc khá nhiều vào áp lực phun và góc nghiêng của đầu phun so với mặt hang. Thông thường ở phần tường vào khoảng 10 - 15%, phần vòm là 20 - 25%. Để làm cốt liệu cho bê tông phun người ta dùng cát, sỏi và hỗn hợp cát sỏi đáp ứng các yêu cầu trong quy phạm.

Tổ hợp một thiết bị phun (máy trộn hỗn hợp khô, thiết bị cấp vật liệu và máy phun) tùy thuộc vào kích thước hang.

Trong những hang tiết diện nhỏ, chiều cao $\leq 4\text{m}$ thì dùng sơ đồ không cần máy nâng như trên hình 5.11. Khi chiều cao hang $\geq 5\text{m}$ thì nên dùng sơ đồ bố trí thiết bị theo chiều cao (hình 5.12).

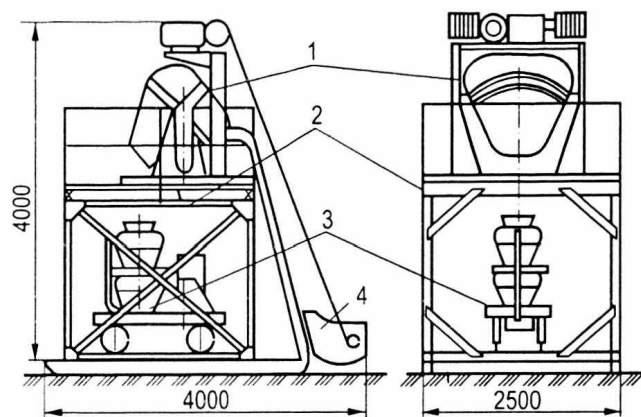


Hình 5.11: Bố trí thiết bị để phun bê tông

- 1. máy phun bê tông; 2. băng tải; 3. ben chứa bê tông;
- 4. thùng chứa; 5. tời để phân phối vật liệu.

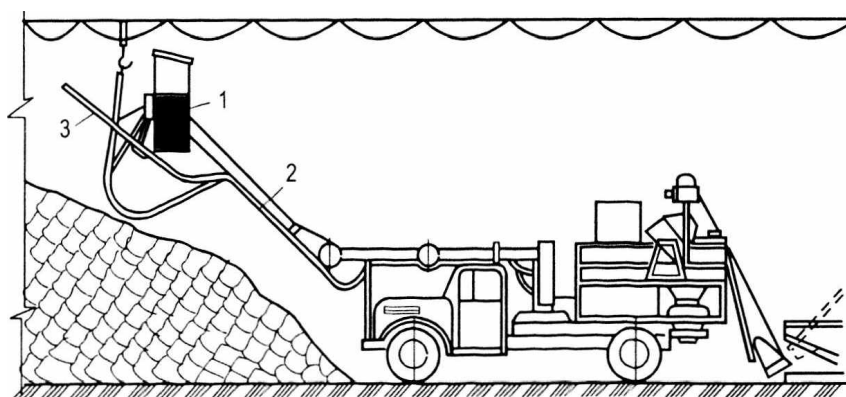
Trong những hang rộng cho phép sử dụng giao thông không ray (ôtô) các thiết bị có thể lắp đặt trên ôtô (hình 5.13).

Việc tổ chức công tác phun bê tông phụ thuộc vào tiết diện hang, trình tự thực hiện các công đoạn trong chu trình đào và tổ chức vận chuyển các vật liệu thành phần của bê tông phun.



Hình 5.12: Sơ đồ bố trí thiết bị theo chiều cao

1. máy trộn bê tông; 2. khung kim loại di động; 3. máy phun bê tông; 4. ben nâng hạ để cấp vật liệu.



Hình 5.13: Thiết bị cơ giới để phun bê tông

1. thiết bị cho người phun cùng với bộ điều khiển tay nâng; 2. tay nâng; 3. ống có đầu phun ở cuối

Trong các loại đá yếu không ổn định, bê tông được phun ngay sau khi đào hang. Khi đã có bê tông phun bảo vệ mới tiến hành xúc đá và các công đoạn khác của chu trình đào.

Các công việc của quá trình phun bê tông bao gồm: chuẩn bị bề mặt để phun, chế tạo hỗn hợp vữa phun, phun và bảo dưỡng đoạn đã phun. Trước khi bắt đầu các công việc tiến hành chọc đá om cẩn thận bề mặt, rửa bề mặt bằng nước, thổi khô bề mặt bằng khí nén, bật máy và tiến hành phun. Việc phun bê tông bắt đầu từ tường sau đó lên vòm để khép kín tiết diện phun. Lớp đầu tiên không nên vượt quá 5 - 7cm. Các lớp tiếp theo phun sau lớp trước 15-20 phút. Việc bảo dưỡng lớp bê tông phun tiến hành bằng cách phun nước lên bề mặt lớp bê tông phun để tránh rạn nứt lớp này. Trong điều kiện ngầm đặc trưng bởi độ ẩm lớn (80 - 90%) và nhiệt độ không đổi, tạo nên những điều kiện thuận lợi cho quá trình đông cứng và tăng độ bền của bê tông phun. Đôi khi không cần phải bảo dưỡng bê tông phun ở trong hầm.

Thời gian cần thiết để phun bê tông cho một bước đào có thể tính theo công thức:

$$T = t_1 + t_2 \quad (5.12)$$

trong đó: t_1 - thời gian chuẩn bị mặt để phun. Tùy thuộc vào kích thước hang $t_1 \cong 10 \div 20$ ph.

t_2 - thời gian phun bê tông, ph

$$t_2 = \frac{60Fh_{ph}k_c k_o}{P_{kt} k_t r} \quad (5.13)$$

trong đó:

F - diện tích cần gia cố bằng bê tông phun, m^2 ;

h_{ph} - chiều dày tính toán của lớp phun, m ;

r - hệ số thoát ra của bê tông phun, $r = 0,69$;

P_{kt} - năng suất kỹ thuật của máy phun bê tông, m^3/h vữa khô;

k_c - hệ số xét đến phương pháp đào hang, khi đào bằng máy đào liên hợp

$k_c = 1,0 \div 1,05$, khi khoan nổ mìn có áp dụng công nghệ nổ mìn tạo biên $k_c = 1,1$, nổ mìn thường $k_c = 1,1 \div 1,3$;

k_t - hệ số sử dụng thời gian của máy phun, $k_t = 0,7 \div 0,8$;

k_o - hệ số xét đến lượng bê tông rơi vãi khi phun $k_o = 1,15 \div 1,25$.

Khi đào hang ngầm trong những vùng có nhiệt độ âm, thì trong thành phần bê tông phun có đưa vào 2% chất phlorít natri và 8 - 10% bã giấy.

Để phun bê tông có thể dùng xi măng pooc-lăng, xi măng puzolan với hàm lượng 300 - 350kg/ m^3 vữa khô. Trong những điều kiện địa chất phức tạp có thể áp dụng bê tông phun tổ hợp với neo và lưới thép, còn trong những điều kiện đặc biệt thì tổ hợp với neo và vòm thép.

Trong những năm sau này để giảm bụi và giảm công đoạn chế tạo vữa phun ở trong hầm người ta sử dụng phương pháp phun ướt phổ biến hơn. Khi sử dụng phương pháp phun ướt vữa bê tông được chế tạo ở trạm trộn và được cấp đến máy phun. Máy phun bê tông theo phương pháp ướt, về nguyên tắc, không khác gì máy phun theo phương pháp khô. Đa số máy phun bê tông hiện nay đều phun được cả theo phương pháp khô và ướt. Các quy định kỹ thuật khi phun ướt, ngoài các quy định như phương pháp phun khô nêu trên, còn phải tuân theo các quy định trong thi công bê tông toàn khối đổ tại chỗ.

Chương 6

XÂY DỰNG VỎ HẦM

§1. CÔNG TÁC VÁN KHUÔN

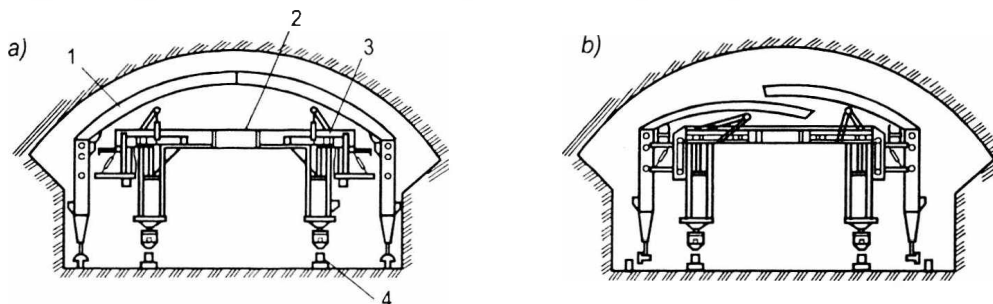
Vỏ hầm vĩnh cửu bê tông toàn khối (kể cả bê tông cốt thép) ngày nay là kết cấu chủ yếu cho công trình ngầm. Trong thực tế xây dựng ngầm hiện nay việc xây dựng vỏ hầm bê tông và bê tông cốt thép toàn khối được thực hiện chủ yếu bằng phương pháp đổ bê tông dẻo (độ sụt 6 - 8cm) vào sau ván khuôn. Ván khuôn cơ bản là ván khuôn lắp ghép và ván khuôn di động. Sau đó bê tông được đầm chặt.

Ván khuôn là kết cấu chuyên dụng, đảm bảo nghiêm ngặt hình dạng cần thiết, phù hợp với dạng hình học thiết kế của khuôn trong vỏ hầm. Trong xây dựng hầm thuỷ lợi người ta dùng chủ yếu là ván khuôn chế sẵn và ván khuôn di động đã được cơ giới hoá, trừ những đoạn gân cửa và những đoạn chuyển tiếp phức tạp.

Ván khuôn lắp ghép được ghép nối từ những mảnh chế sẵn ở trong xưởng và sử dụng nhiều lần. Loại ván khuôn này là tài sản cố định của đơn vị thi công, được khấu hao dần như các thiết bị thi công khác.

Các phần chính của ván khuôn là giá vòm và phần tám bọc được chế tạo bằng thép và quay vòng sử dụng đến 30 lần. Việc lắp ráp các bộ phận ván khuôn nhờ thiết bị cầu lắp (cần cẩu). Độ bền của phần giá vòm và tám bọc xác định bằng tính toán với tải trọng của bê tông tươi. Các chi tiết của giá vòm và ván khuôn thường không tính đến áp lực đất. Độ chính xác của việc lắp đặt ván khuôn được kiểm tra bằng số liệu đo đạc do đội trắc địa hầm tiến hành.

Nhược điểm của loại ván khuôn lắp ghép là tốc độ đổ bê tông không cao (30 - 40 m/tháng) và thi công thường khó khăn hơn khi dùng ván khuôn di động.



Hình 6.1: Ván khuôn di động để thi công vỏ hầm

a) Ở tư thế chuẩn bị đổ bê tông; b) Ở tư thế di chuyển;

1. ván khuôn; 2. xe để di chuyển ván khuôn; 3. tay nâng hạ; 4. đường ray.

Khi xây dựng hầm tiết diện lớn hơn $30 - 35\text{m}^2$ phổ biến hơn cả là dùng ván khuôn di động cơ giới hoá gồm các bộ phận nối với nhau bằng khớp (hình 6.1).

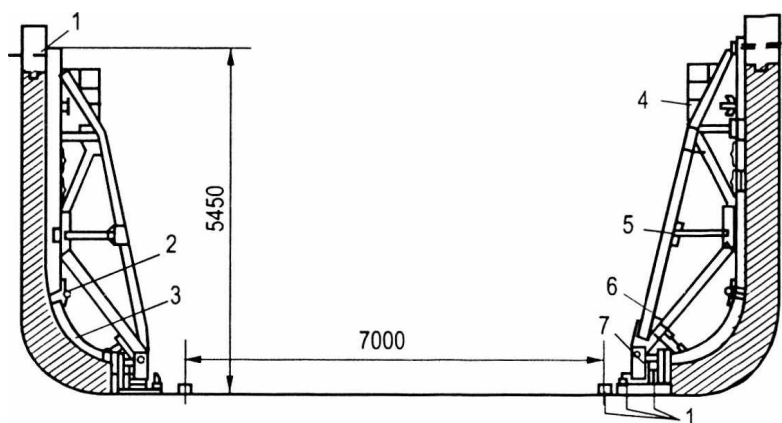
Cấu tạo của ván khuôn di động thường bao gồm một xe mang dạng công và bộ phận ván khuôn có nhiều phần nối với nhau bằng khớp thành từng đốt dài 6-8m có trang bị các kích để giữ và nâng hạ. Xe mang có thể tự hành hoặc không tự hành. Trường hợp không tự hành thì khi di chuyển phải dùng đầu kéo hoặc tời kéo. Các xe mang nặng thường di chuyển trong hầm trên ray. Việc lắp dựng các đốt ván khuôn được thực hiện theo trình tự sau đây: xe mang chui vào dưới đốt ván khuôn rồi chốt vào ván khuôn. Việc tháo ván khuôn ra khỏi khối đổ được thực hiện bằng các kích. Sau khi thu nhỏ phần ván khuôn nhờ việc tháo một vài chốt rồi hạ phần trên xuống, thì xe mang di chuyển ván khuôn đến vị trí mới. Để dựng ván khuôn cũng bằng những động tác như vậy nhưng theo trình tự ngược lại. Sau khi lắp dựng ván khuôn xong xe mang có thể đem dùng vào việc khác. Mỗi xe mang thường phục vụ cho ba đốt ván khuôn: một khối đang đổ bê tông, một khối giữ bê tông đã đổ xong và một đốt ở trạng thái di chuyển.

Các ván khuôn cơ giới hoá như khảo sát ở trên đã áp dụng có hiệu quả trong xây dựng vỏ hầm của nhà máy thủy điện Hoà Bình, một loạt hầm khác ở Liên Xô (cũ) và các nước khác. Ngày nay nó được sử dụng phổ biến trên các công trường xây dựng hầm ở Việt Nam.

Ván khuôn có kết cấu như trên áp dụng để đổ bê tông cả phần vòm và phần tường đối với các hầm tiết diện trung bình và phần trên của hầm tiết diện lớn. Khi xây dựng vỏ của những hầm tiết diện $\leq 70\text{m}^2$ người ta còn sử dụng các ván khuôn cơ giới hoá dạng tự bước.

Trong xây dựng hầm người ta còn dùng ván khuôn cơ giới hoá theo kiểu "chubin" lắp ghép từ những khối đúc sẵn hoặc gia công theo kiểu hàn dạng "chubin" rồi lắp ghép với nhau thành đốt như kiểu vỏ hầm lắp ghép. Loại này có khả năng chịu lực rất lớn, nên thường dùng để xây dựng vỏ hầm bê tông hoặc bê tông cốt thép có chiều dày từ 1,0 đến 1,5m. Việc tổ hợp và tháo dỡ các ván khuôn loại này phải dùng thiết bị chuyên dụng.

Khi đổ bê tông vỏ của tường tầng dưới, kết cấu ván khuôn được quyết định căn cứ vào chiều cao của nó. Khi chiều cao bậc $\leq 3 - 3,5\text{m}$ người ta dùng ván khuôn



Hình 6.2: Ván khuôn để đổ bê tông phần tường

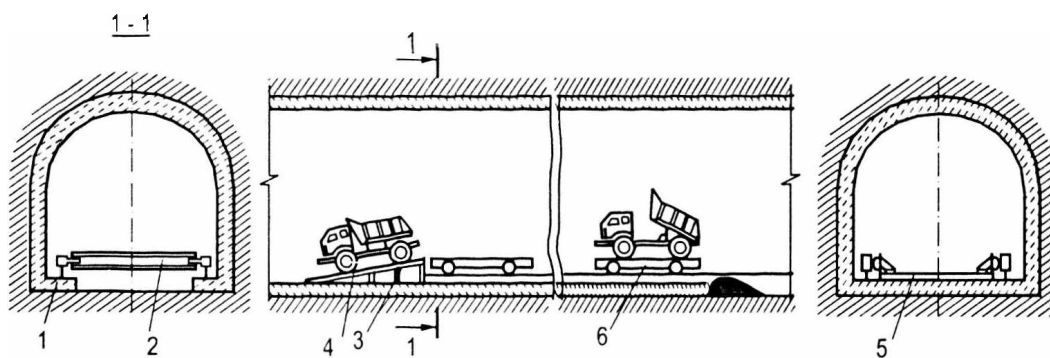
1. neo để lắp ráp; 2. khớp; 3. côngxon có thể gập được;
4. cửa để đổ và đầm bê tông; 5. giàn chịu lực;
6. tầng đỡ; 7. chân đế.

thép chế sẵn, gia cố bằng các cột khung (giá vòm) lắp ráp nhờ các neo đặt sẵn trong vách hầm. Khi chiều cao lớn hơn 4m, người ta thường sử dụng ván khuôn di động trên ray. Xe mang cũng giống như xe mang để đổ bê tông phân trên. Mỗi xe phục vụ 3 đốt ván khuôn. Tuy nhiên tùy thuộc vào bề rộng hầm xe mang có thể mang ván khuôn cả hai vách một lúc hoặc từng vách một. Kết cấu của ván khuôn tương tự như trên hình 6.2.

Tốc độ đổ bê tông khi sử dụng ván khuôn cơ giới hoá trong thực tế đạt đến 80m/tháng hoặc lớn hơn.

Việc đổ bê tông đáy được tiến hành vào giai đoạn cuối cùng. Có thể dùng hoặc không dùng ván khuôn tùy thuộc vào chiều dày và hình dạng của đáy hầm. Đổ bê tông đáy thường tiến hành giạt lùi từ giữa hầm ra cửa để tránh hiện tượng vận chuyển trên mặt bê tông tươi. Trong hầm tiết diện $\leq 30-35m^2$ việc cấp bê tông thường dùng goòng có đầu mở được chạy trên cầu cạn để đổ bê tông vào khối đổ. Việc san phẳng bê tông dùng một khung chuẩn có gắn đầm mặt kết hợp với đầm sâu.

Trong những hầm tiết diện lớn người ta dùng sơ đồ tương tự như nêu trên hình 6.3 và cấp bê tông bằng ô tô tự đổ. Tuy nhiên, khi nhịp hang khá lớn người ta dùng phễu đổ bê tông đặt trên một cầu cạn di chuyển được theo phương ngang hầm. Việc di chuyển cầu cạn dọc hang bằng cách dùng tời hoặc các phương tiện khác.



Hình 6.3: Đổ bê tông phân đáy hầm

1. đường ray; 2. xe di chuyển; 3. dầm kê; 4. xe ô tô tự đổ; 5. dầm rung;
6. xe để dịch chuyển ô tô trên cốt thép

§2. CÔNG TÁC CỐT THÉP VÀ ĐỔ BÊ TÔNG

Việc lắp đặt cốt thép trong các hang ngầm (đặc biệt là vỏ hầm thuỷ lợi thường là bê tông cốt thép) thường tiến hành bằng các lưới hoặc khung cốt thép chế sẵn ở trên mặt đất. Việc sử dụng thiết bị chuyên dụng hiện đại cho phép chế tạo các chi tiết cốt thép có hình dạng bất kỳ. Lưới hoặc khung cốt thép đưa vào trong hang bằng các móc loại nhẹ hoặc bằng toa phẳng chuyên dụng (nếu vận chuyển có ray). Việc đặt khung cốt thép vào vị trí thiết kế bằng thiết bị cầu với sự giám sát của trắc địa hầm. Đặt cốt thép

buộc ở trong hầm chỉ áp dụng khi khối lượng quá bé hoặc khi đường kính cốt thép lớn hơn 30mm. Các chi tiết cốt thép trong khung, cũng như việc chế tạo khung thường dùng dùng hàn điện và phải phù hợp với thiết kế đã được phê duyệt.

Việc đầm bê tông đã đổ vào trong ván khuôn thường là thủ công bằng cách dùng các loại đầm sâu thích hợp có dây mềm và đưa vào khối đổ qua các cửa sổ chờ sẵn trong ván khuôn. Vị trí của các cửa sổ phải tính toán sao cho để đảm bảo đầm chất lượng khối bê tông tươi trong ván khuôn. Chiều dày của một lớp đầm không vượt 30-40cm. Đầm bàn chỉ sử dụng khi đầm bê tông ở đáy hang.

Khi xây dựng các hầm nằm ngang thường sử dụng bơm bê tông. Bơm bê tông có thể là bơm kiểu pistông hoặc bơm khí nén. Ở Việt Nam các loại bơm khí nén ít được sử dụng.

Theo cấu tạo, bơm được chia thành bơm pistông, bơm rôto và bơm kiểu buồng có ngăn. Phổ biến hơn cả là bơm kiểu pistông với động cơ thủy lực hoặc cơ khí. Khi làm việc liên tục thì đường ống dẫn bê tông ở sau bơm lúc nào cũng đầy bê tông và cấp vào sau ván khuôn một cách đều đặn. Bê tông khi dùng bơm phải có độ dẻo và tính đồng nhất cao, không phân tầng khi di chuyển trong ống. Điều đó thường đạt được bằng cách đưa vào bê tông các phụ gia hoá dẻo (như bentônít, CCB v.v...)

Việc cấp hỗn hợp bê tông vào bơm thường qua một phễu đặt ngay trên thân bơm. Bê tông cấp vào phễu từ các thiết bị vận chuyển qua các thiết bị chứa đặt trên cầu cạn hoặc ở dạng ben nâng hạ được. Yêu cầu cơ bản đối với công tác đổ bê tông là phải liên tục, đều đặn. Ngày nay trong xây dựng nói chung, trong xây dựng ngầm nói riêng người ta đã sản xuất các loại bơm có chất lượng cao, hoạt động liên tục đáp ứng được các yêu cầu trên. Tuy nhiên, cần phải nói thêm là ở nước ta công nghệ đổ bê tông bằng bơm mới được áp dụng, song đã có những kết quả đáng mừng.

Ở nhiều nước trên thế giới việc dùng các thiết bị cấp bê tông vào khối đổ trong hầm bằng cách dùng các thiết bị bơm kiểu khí nén rất có hiệu quả (hình 6.4). Sau khi cấp bê tông vào thùng chứa hình chuông thì tiến hành đưa khí nén vào bình. Dưới áp lực, hỗn hợp bê tông đẩy vào đường ống và đến khối đổ. Sơ đồ của thiết bị đổ bê tông bằng khí nén như trên hình 6.4.

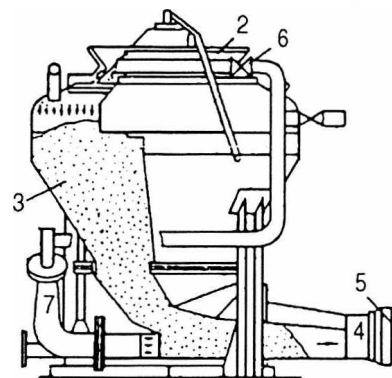
Năng suất kỹ thuật của bơm khí nén

$$P_T = W_p \cdot n \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (6.1)$$

trong đó:

W_p - thể tích hữu ích của thùng chứa, m^3 ;

n - số chu kỳ đổ trong 1 giờ.



Hình 6.4: Máy bơm bê tông khí nén

1. thân máy; 2. phễu nhận vật liệu;
3. hỗn hợp bê tông; 4. ống ra;
5. bình nối; 6. van khí nén;
7. ống cấp khí nén để đẩy bê tông

$$n = \frac{3600}{t_z + \frac{L}{v}} \quad (6.2)$$

ở đây: t_z - thời gian cấp bê tông vào thiết bị $t_z = 90 \div 120s$;

L - khoảng cách chuyển bê tông đến chỗ đổ, m;

v - tốc độ di chuyển của bê tông ở trong ống, m/s.

$$v = 1 \div 3 \text{ m/s.}$$

Năng suất khai thác các thiết bị đổ bê tông bằng khí nén:

$$P = P_r \cdot k_u, \text{ m}^3/\text{h} \quad (6.3)$$

trong đó: k_u - hệ số sử dụng thiết bị, $k_u = 0,55 \div 0,65$.

Đặc tính kỹ thuật của một số loại thiết bị đổ bê tông dùng khí nén có thể tham khảo trong bảng 6.1.

Bảng 6.1

Các chỉ tiêu	ПБУ-300	ПБУ-500	ПБУ-800
Năng suất kỹ thuật, m ³ /h	6	15	20
Dung tích có ích, lít	300	500	800
Bơm xa theo phương ngang, m	200	200	200
Độ lớn của cốt liệu, mm	45	45	60
Áp lực làm việc, MPa	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8

Để nâng cao năng suất của các thiết bị hoạt động mang tính chu kỳ người ta thường tổ hợp hai thiết bị thành một thiết bị chung gọi là tổ hợp thiết bị. Việc sử dụng tổ hợp thiết bị sẽ đảm bảo cho công tác đổ bê tông liên tục.

Tính đơn giản về cấu tạo và độ tin cậy cao trong khai thác đã làm cho các thiết bị đổ bê tông bằng khí nén có được sự áp dụng rộng rãi trong xây dựng ngầm. Nhược điểm cơ bản của thiết bị này là dễ phân tầng bê tông trong khi dịch chuyển trong dòng khí nén ở trong ống và bê tông thường có chấn động lớn khi vào khối đổ sau ván khuôn. Để khắc phục nhược điểm này người ta thường đưa vào đầu ống một thiết bị giảm năng và đầm kỹ bê tông trong khối đổ.

Trong hầm nhỏ có thể dùng máy phun bê tông loại БМ-68(y) hoạt động liên tục để cấp bê tông vào khối đổ với cự ly đến 120m, năng suất 3-3,5m³/h.

§3. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ ĐỔ BÊ TÔNG

Với mục đích chọn sơ đồ công nghệ đổ bê tông tối ưu và tổ chức lao động một cách hợp lý ở trong gương, cần phải xác định các thông số cơ bản của công tác đổ bê tông. Phương pháp đổ bê tông được xác định từ các giả thiết (tiêu đề) sau đây:

- Việc đổ bê tông được thực hiện với tốc độ đã xác định (đặt trước) với việc tổ chức lao động theo chu kỳ.

- Nhịp điệu đổ bê tông, chiều dài khối đổ và mỗi đợt ván khuôn bị hạn chế bởi tính hợp lý về công nghệ.

- Việc làm chặt bê tông bằng đầm phải kết thúc trước khi bê tông bắt đầu ninh kết ở hai lớp đổ sau cùng.

Khi tính toán giả thiết là đã biết các kích thước hầm; lượng tiêu hao bê tông cho 1m chiều dài hầm có xét đến cả đào vượt; trắc dọc hầm; tính chất công nghệ của hỗn hợp bê tông. Tốc độ đổ bê tông được giả thiết từ điều kiện tiến hành song song công tác đào và công tác bê tông. Chiều dày lớp đổ lấy từ 0,3 đến 0,4m.

Việc tính toán tiến hành theo trình tự sau:

- Xác định chiều dài khối đổ bê tông, ở đây tiến hành đồng thời các công việc của quá trình đổ bê tông vỏ hầm.

$$L = (6 \div 7)t_{ca} \frac{V_b}{lg V_b}, m \quad (6.4)$$

trong đó: t_{ca} - thời gian ca làm việc, ngày;

V_b - tốc độ đổ bê tông, m/ngày đêm.

Xác định thời gian của một chu kỳ đổ bê tông

$$t_{ck} = \frac{L}{V_b}, h \quad (6.5)$$

trong đó: V_b - tốc độ đổ bê tông, m/h.

Thời gian chu kỳ t_{ck} lấy là bội số của thời gian ca làm việc (thường đối với hầm là 6h). Để làm việc này thường phải hiệu chỉnh chiều dài L cho phù hợp. Khi sử dụng ván khuôn cơ giới hoá có chiều dài mỗi đợt sẽ là:

$$l_c = \frac{L}{n}, m \quad (6.6)$$

trong đó: l_c - chiều dài một đợt ván khuôn, m;

n - số đợt trong một đoạn khối đổ.

Đối với ván khuôn một đợt ($n = 1$); thì $30 \geq l_c \geq 10$ đối với ván khuôn nhiều đợt $n = 1, 2 \dots 5, 6$; thì $10 \geq l_c \geq 2m$.

Thời gian thực hiện tất cả các công đoạn thành phần của một chu kỳ (t_i) xác định có xét đến loại ván khuôn:

- Đối với ván khuôn lắp ghép

$$t_i = t_{az}, \quad \text{giờ} \quad (6.7)$$

trong đó: t_{az} - thời gian chuẩn bị và kết thúc các quá trình, giờ.

- Đối với ván khuôn cơ giới hoá:

$$t_1 = m \frac{l_c}{V_o} + t_{az} \quad (6.8)$$

trong đó: m - tỷ số của chiều dài khối đổ và chiều dài đốt;

V_o - tốc độ di chuyển cốp pha:

$$V_o = (0,8 \div 1,0) \lg \cdot l_c, \text{ m/h} \quad (6.9)$$

- Đối với ván khuôn cơ giới hoá một đốt

$$t_1'' = \frac{l_c}{V_o} + t_b + t_{az}, \text{ h} \quad (6.10)$$

trong đó: t_b - thời gian giữ bê tông trong ván khuôn, h.

$$V_o = (3,0 \div 4,0) \lg \cdot l_c$$

$$t_{az} = \sqrt{S_b \tau}$$

ở đây: τ - chỉ tiêu chi phí thời gian đơn vị cho việc chuẩn bị và kết thúc một công đoạn $\tau = 0,6 \div 1,2 \text{ h/m}$;

S_b - diện tích tiết diện ngang của vỏ đổ bê tông, m^2 .

- Xác định năng suất đổ bê tông:

$$P_y = \frac{S_b V_b}{1 - t_1 \frac{V_b}{L}}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (6.13)$$

- Thời gian đổ bê tông:

$$t_y = \frac{S_b L}{P_y}, \text{ h} \quad (6.14)$$

- Thời gian di chuyển cốp pha:

$$t_{cp} = \frac{L}{V_o} \quad (6.15)$$

- Chiều dài một đoạn cốp pha

$$L_{cp} = l_b + L$$

trong đó: l_b - chiều dài của đoạn giữ bê tông trong cốp pha song song với quá trình đổ bê tông, m;

l_b - xác định phụ thuộc vào loại cốp pha được sử dụng khi thi công với cốp pha cơ giới hoá dạng một đốt $l_b = 0$ bởi vì $L = l_c$ và $L_{cp} = l_c$; khi dùng ván khuôn lắp ghép $l_b = t_b V_b$ và do đó:

$$L_{cp} = t_b \cdot V_b + L \quad (6.16)$$

Khi sử dụng ván khuôn cơ giới hoá dạng nhiều đốt, chiều dài của một bộ cốp pha được làm chính xác xuất phát từ khả năng sử dụng một số đốt biểu thị bằng một số nguyên. Trong trường hợp này số đốt n được lấy:

$$n = \frac{l}{l_c} (t_b V_b + L) \quad (6.17)$$

§4. CÔNG TÁC XI MĂNG HÓA

Sau khi xây dựng xong vỏ hầm bao giờ cũng phải tiến hành công tác xi măng hoá lấp đầy khoảng trống sau vỏ hầm (trừ vỏ hầm bê tông nén và bê tông phun). Công tác xi măng hoá được tiến hành qua các lỗ khoan hoặc lỗ chừa sẵn trong vỏ hầm.

Đọc theo hàng các lỗ khoan xi măng hoá bố trí thành từng hàng trong mặt phẳng vuông góc với trục hầm. Trong đá nứt nẻ khoảng cách giữa các hàng lấy từ 1,5 đến 3,0m. Số lượng lỗ khoan trong một hàng thẳng đứng sơ bộ có thể lấy theo bảng 6.2.

Bảng 6.2.

Đường kính hầm (m)	Số lượng lỗ khoan trong mặt cắt ngang (lỗ)	Bước của lỗ khoan theo chiều dài hầm (m)
5	3 và 4	2,5
6	3 và 4	3,0
7	3 và 4	4,5
8	4 và 5	4,0
9 - 12	5 và 6	5 - 6

Khi hầm đi qua các nguồn nước ngầm, vùng chứa nước cũng như ở những chỗ gần bề mặt, khoảng cách giữa các lỗ khoan xi măng hoá cần giảm đi 30-40%.

Vữa được ép theo hướng từ dưới lên trên, tức là bắt đầu từ những lỗ khoan ở phần dưới của hầm cho đến khi lấp đầy các khoảng trống giữa vỏ hầm và địa tầng hoặc vữa không xuất hiện ở lỗ khoan hàng trên. Sau đó ép các lỗ tiếp sau theo chiều cao. Quá trình ép vữa kết thúc ở những lỗ trên đỉnh vòm. Sau một số ngày tiến hành khoan các lỗ ở giữa các hàng để ép kiểm tra. Xi măng hoá lấp đầy được xem như đạt yêu cầu nếu như lượng tiêu hao vữa xi măng đơn thuần tỉ lệ 1:2 với áp lực thiết kế không vượt quá 10 lít sau 5 phút ép. Nếu lượng tiêu hao vữa lớn hơn thì khoan và ép tiếp.

Để xi măng hoá lấp đầy người ta sử dụng vữa có thành phần và độ đặc khác nhau. Lúc đầu khi ép có các khoảng trống lớn sau vỏ hầm thì dùng thành phần 1:2:1 và 1:1:0,7 (xi măng, cát, nước). Giai đoạn cuối để tạo tiếp xúc tốt giữa khối địa tầng và vỏ hầm, sử dụng vữa 1:0,8 và 1:0,6 (xi măng: nước).

Thành phần vữa để xi măng hoá gia cố có liên quan đến mức độ nứt nẻ của khối địa tầng và kích thước của khe nứt cần xi măng hoá.

Trong các quy trình kỹ thuật kiến nghị với trị số rộng của các khe nứt khác nhau, người ta sử dụng vữa ximăng với tỷ lệ nước ximăng từ 0,5 đến 10. Phụ thuộc vào độ đông đặc ban đầu của vữa mà lượng tiêu hao vữa đơn vị như ghi trong bảng 6.3. Trong thực tế thường sử dụng các thành phần vữa sau đây: đối với khe nứt nhỏ và trung bình là 1: 0,2; 1:0,4; đối với khe nứt lớn 1:1:2; 1:1:1,5 (X:C:N).

Bảng 6.3

Lượng tiêu nước đơn vị của đá cho 1m dài lỗ khoan trước khi ximăng hoá (l/ph)	Độ đậm đặc ban đầu của vữa (N/X)	Lượng tiêu nước ban đầu của đá trước khi ximăng hoá cho 1m lỗ khoan (l/ph)	Độ đậm đặc ban đầu của vữa (N/X)
0,01 - 0,10	10	1,0 - 2,0	2
0,1 - 0,50	5	2,0 - 4,0	1
0,5 - 1,0	3	lớn hơn 4,0	0,5 - 0,8

Việc khoan lỗ để tiến hành công tác ximăng hoá được thực hiện bằng các thiết bị khoan tiêu chuẩn có trang bị các búa khoan loại nặng (ПК-60; ПК-75) với quả đập có khả năng di chuyển dài. Trong những năm gần đây người ta sử dụng rộng rãi để khoan lỗ ximăng hoá các loại máy khoan КБҮ-50 và КБҮ-80 do Liên Xô (cũ) sản xuất. Đặc điểm những loại máy khoan này là có thể khoan lỗ dạng dẻ quạt từ một vị trí đứng máy.

Đường kính của các lỗ khoan ximăng hoá từ 56 đến 76mm tùy thuộc loại thiết bị khoan sử dụng. Trong những trường hợp cá biệt có thể sử dụng lỗ khoan đường kính 105mm để ximăng hoá.

Khi ximăng hoá lấp đầy sau vỏ hầm lỗ khoan được khoan sâu thêm vào khối đá 10 - 15cm. Khi ximăng hoá gia cố thì khoan đến chiều sâu thiết kế. Khi thi công công tác ximăng hoá trong hầm tiết diện lớn, các thiết bị khoan có thể đặt trên các sàn công tác, từ đó có thể tiến hành công tác trên toàn tiết diện hầm. Các lỗ khoan để ximăng hoá phải làm sạch mặt khoan, rửa lỗ và đo chiều sâu lỗ. Vị trí của các lỗ khoan và chiều sâu lỗ phải được ghi rõ trong nhật ký công tác ximăng hoá. Trước khi ximăng hoá miệng lỗ được lắp đặt tampôn đảm bảo kín trong suốt quá trình ép vữa. Khi ximăng hoá lấp đầy tampôn đặt gần miệng lỗ khoan, còn khi ximăng hoá gia cố vị trí tampôn cách miệng một khoảng yêu cầu quy định rõ trong tình tự tiến hành công tác khoan phụt.

Khi ximăng hoá lấp đầy người ta sử dụng sơ đồ nén ép, khi đó toàn bộ vữa chui vào khoảng trống sau vỏ hầm cho đến khi xuất hiện vữa ở hàng lỗ trên hoặc khi đạt độ chối với áp lực 0,3 - 0,5MPa.

Khi ximăng hoá gia cố tùy thuộc vào thành phần vữa và mật độ của khe nứt mà tiến hành ép theo sơ đồ phân đoạn, bán phân đoạn hoặc nén ép.

Theo sơ đồ phân đoạn vữa được đưa vào tận đáy lỗ khoan qua ống ép vữa và trực tiếp vào khe nứt nhiều hơn khi cùng một áp lực xi măng hoá. Vữa thừa chảy dọc theo vách lỗ

khoan trở lại thùng chứa. Điều kiện cần thiết của việc áp dụng sơ đồ phân đoạn là vữa chuyển động trong không gian ống với tốc độ cao đảm bảo đưa theo tất cả các hạt cứng có kích thước lớn của vữa ở trạng thái đầy nổi. Vữa để ximăng hoá chế tạo từ mác ximăng 300 - 500, tốc độ này không nhỏ hơn 0,7m/s. Khi sử dụng các loại vữa khác, tốc độ tối thiểu cho phép xác định bằng thực nghiệm. Sơ đồ phân đoạn là sơ đồ tổng hợp cho phép tiến hành công tác ximăng hoá một cách chất lượng với các mật độ khác nhau.

Với sơ đồ bán phân đoạn sự chuyển động của vữa ximăng thực hiện chỉ ở giữa bơm và đầu phụt. Ở trong lỗ khoan vữa dịch chuyển từ miệng lỗ đến gương phụt. Sơ đồ này có thiết bị đơn giản, dễ điều khiển trong suốt quá trình ximăng hoá. Sơ đồ này được áp dụng để ximăng cả cho đá có khe nứt nhỏ và đá có khe nứt lớn. Khi ximăng hoá các khe nứt nhỏ nên đưa vào trong thành phần vữa phụ gia để nâng cao tính linh động của vữa.

Đơn giản hơn cả là sơ đồ nén ép. Vữa ximăng qua đầu phụt được bơm nén vào trong lỗ khoan, rồi lan truyền vào các khe nứt. Sơ đồ này chủ yếu áp dụng cho khoan phụt lấp đầy.

Vữa phụt được chế tạo ở các trạm trộn và thường đặt ở ngay hiện trường. Việc ép vữa vào lỗ khoan thường bằng các bơm bùn có áp lực cao và dây cao su mềm chịu áp lực lớn nối với đầu phụt. Trạm trộn, bơm thường ghép nối với nhau thành một cụm phụt đặt ở gần vị trí thi công. Đặc tính kỹ thuật của các loại bơm (do Liên Xô cũ sản xuất) có thể tham khảo bảng 6.4.

Bảng 6.4

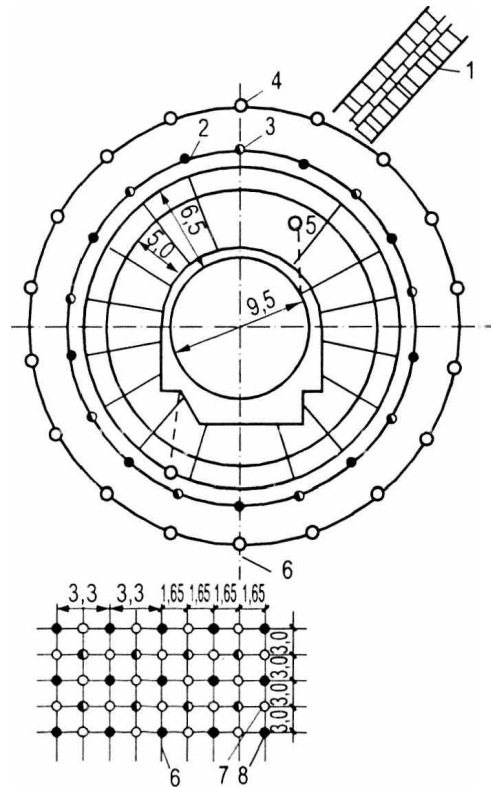
Các thông số của bơm	Mác bơm		
	НБ4-320/63	НБ5-320/100	ГРЦИ
Công suất, m ³ /h	1,9 - 19,2	9 - 19,2	20
Áp lực lớn nhất, MPa	3,0 - 6,0	3,0 - 6,0	1,0 - 6,0
Số xilanh	3	3	2
Công suất động cơ, kW	22	36	38
Trọng lượng động cơ, kg	1250	1225	964

Sơ đồ bố trí thiết bị trong hầm được chọn phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của hiện trường.

Sau đây là một ví dụ minh hoạ về công tác ximăng hoá gia cố cho một hầm dẫn nước vào tuabin của nhà máy thủy điện Inguri ở Liên Xô cũ (hình 6.5).

Công tác ximăng hoá tiến hành sau khi đổ bê tông vòm ngửa để lấp đầy và nối các khe thi công giữa các bộ phận vỏ hầm. Sơ đồ ximăng hoá gia cố cho hầm có vỏ dày 0,5m lập từ 18 lỗ khoan để quạt, vuông góc với vỏ hầm.

Bước của hàng lỗ khoan là 3,0m theo dọc hầm. Các lỗ khoan được ximăng hoá làm ba đợt. Chiều sâu lỗ khoan đợt I và I là 6,5m, đợt 3 là 5m. Trên từng đoạn một chiều sâu vùng ximăng hoá là 8 - 10m.



Hình 6.5: Sơ đồ bố trí lỗ khoan để xi măng hoá

1. Sự phân lớp đá; 2. lỗ khoan đợt I; 3. lỗ khoan đợt II; 4. lỗ khoan đợt III;
5. lỗ khoan kiểm tra; 6. trục hầm; 7. hàng lẻ; 8. hàng chẵn.

Lỗ khoan đợt I (9 lỗ trong một mặt cắt với khoảng cách là 40°). Bước dọc hầm là 6m được khoan và xi măng hoá làm hai vùng. Bắt đầu ở độ sâu 3,5m với áp lực 0,7 MPa, sau đó đến độ sâu 6,5m với áp lực 2 MPa.

Các lỗ khoan đợt II (9 lỗ trong một mặt cắt), làm với lỗ khoan đợt I thành dạng ô cờ. Việc khoan và xi măng hoá cũng giống như đợt I nhưng áp lực vùng 1 là 1,5 MPa; vùng 2 là 3,0 MPa.

Các lỗ khoan đợt III (9 lỗ trong mỗi mặt cắt) nằm ở giữa các lỗ khoan đợt I và đợt II. Việc khoan và xi măng hoá ngay trên toàn chiều sâu; áp lực phụ 3,5 - 4,0 MPa. Như vậy 1m dài hầm có 42 - 48m lỗ khoan, mỗi mét lỗ khoan gia cố có 18m^3 đá.

Việc xi măng hoá ở đây dùng sơ đồ nén ép với nồng độ vữa ban đầu $N/X = 10$ và tăng từ từ cả độ đậm đặc và áp lực đến giá trị quy định trong thiết kế.

Để tăng tiến độ xi măng hoá đã thực hiện một sơ đồ hợp lý: tạo ra 10 cụm phụt đặt ở các cửa hầm và trong các hang phụ cùng với việc sử dụng khung khoan chuyên dụng.

Vữa có nồng độ N/X : 0,6 được chế tạo ở trạm trung tâm rồi dẫn đến các cụm phụt bằng đường ống. Với sơ đồ này đã đảm bảo tiến độ xi măng hoá là 1700m/tháng cho mỗi cụm phụt.

Chương 7

CÁC CÔNG TÁC PHỤ TRONG THI CÔNG HẦM

§1. THÔNG GIÓ HANG NGẦM TRONG GIAI ĐOẠN THI CÔNG

Không khí trong hang ở bất kỳ thời điểm nào cũng phải đảm bảo cho mọi hoạt động của con người và ở tất cả các diện thi công. Các quy định về thành phần không khí trong hang ngầm được chỉ rõ trong "Quy tắc an toàn khi thi công công trình ngầm". Trong các hang có người lượng oxy không nhỏ hơn 20%. Hàm lượng khí cacbonic ở chỗ thi công không lớn hơn 0,5% còn ở trên luồng khí ra không lớn hơn 0,75%. Hàm lượng các thành phần độc hại trong không khí của hang ngầm cũng không được vượt quá nồng độ cho phép như trong bảng 7.1.

Trong quá trình thi công thành phần không khí trong hang luôn thay đổi do việc thải ra các khí độc hại từ máy móc, thiết bị, máy hàn, nổ mìn, khí thải trong quá trình hô hấp của người, khí tạo ra từ địa tầng, từ vật liệu khác nhau v.v..

Bảng 7.1

Các hơi và khí độc	Nồng độ giới hạn cho phép	
	% theo thể tích	mg/m ³
Oxyt cacbon	0,00170	20
Ôxyt nitơ chuyển thành NO ₂	0,00010	2
Các sản phẩm độc hại do động cơ đốt trong		
Akrolein	0,000008	0,2
Phormaldehit	0,000037	0,5

Vì vậy thành phần không khí trong hang ngầm cần được giữ với các hàm lượng tối ưu của ôxy, nitơ, các khí ôxyt và các hỗn hợp (tạp chất) độc hại khác không lớn hơn trị số cho phép. Việc giữ ổn định các thành phần của không khí trong hầm được thực hiện bằng cách pha loãng các thành phần độc hại nhờ việc trao đổi nhiều lần không khí ở những chỗ thi công.

Trong các gương cũng có sự thay đổi gay gắt của nhiệt độ không khí, điều này cũng tác động có hại cho trạng thái sức khỏe con người. Vì thế thông gió cũng có nhiệm vụ giữ nhiệt độ và độ ẩm tối ưu ở nơi có người, tạo điều kiện thuận lợi cho lao động ở trong hầm.

Do tình trạng trên trong quá trình thi công ngầm phải có chế độ kiểm tra định kỳ thành phần và trạng thái của không khí: lấy mẫu, phân tích, đo tốc độ không khí, độ ẩm của luồng gió thông ở trong hầm.

Khi thiết kế và thực hiện thông gió công trình ngầm, tốc độ di chuyển của luồng gió không nhỏ hơn 0,15 m/s (trừ các buồng) và không vượt những trị số sau:

Trong hang ngầm đang đào	4m/s
Trong hang đã thông, trong giếng nơi có người và hàng lên xuống	8m/s
Trong giếng gió	15m/s

Trong các lỗ khoan thông gió tốc độ không khí không hạn chế. Theo "Quy tắc an toàn khi thi công ngầm" tất cả các hang ngầm đều phải có thông gió nhân tạo.

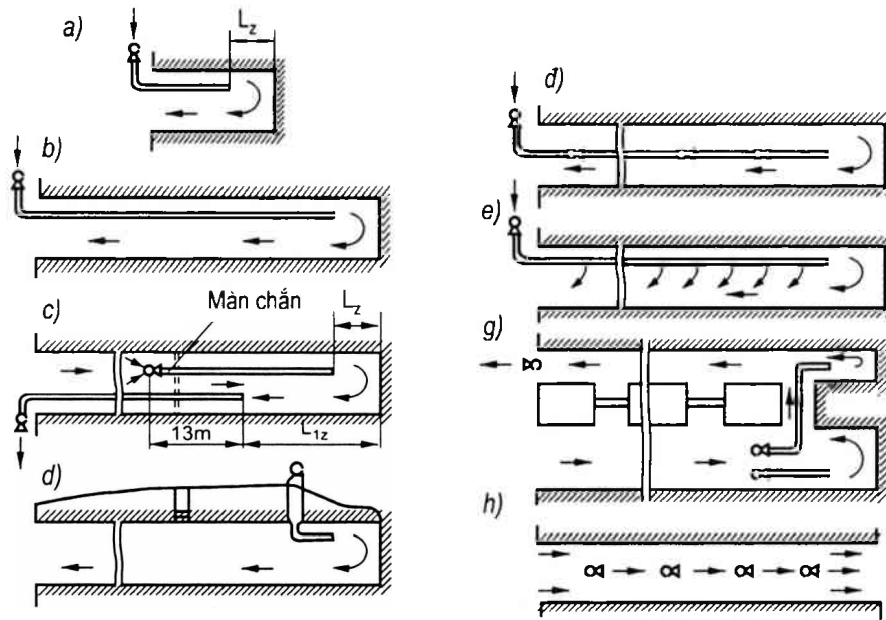
Tất cả các hang được thông gió, một cách qui ước, có thể phân ra làm hang cắt và hang xuyên (thông). Việc thông gió cho hang cắt chủ yếu là bằng quạt. Các hang thông được thông gió bằng dòng không khí quạt chuyển động tạo nên do sự làm việc đồng thời của các quạt và luồng gió tự nhiên sinh ra do chênh áp thông gió và gió tự nhiên...

Hợp lý hơn cả để thông gió cho hang cắt là sơ đồ thông gió kiểu ép và sơ đồ hỗn hợp. Với sơ đồ ép, không khí sạch được đưa vào gương theo đường ống để hoà tan (pha loãng) các hỗn hợp chất độc hại đến nồng độ cho phép và đẩy chúng ra xa gương do chênh áp lực. Trong sơ đồ hỗn hợp không khí bẩn được hút ra khỏi vùng gần gương và đồng thời với việc ép không khí sạch vào từ phần hang ngầm có nối thông với mặt đất.

Phương pháp ép kiến nghị dùng ở những hầm kích thước tiết diện ngang khác nhau có chiều dài $\leq 500\text{m}$ cho tất cả các công đoạn của chu trình đào. Trong thời kỳ đầu của quá trình đào việc thông gió được thực hiện bằng luồng gió tự do. Tiếp theo khi tăng chiều dài hầm, việc thông gió bằng luồng gió tự do bị hạn chế thì phải chuyển sang thông gió qua ống (hình 7.1a, b).

Phương pháp thông gió hỗn hợp kiến nghị sử dụng trong những hầm có tiết diện ngang khác nhau với chiều dài lớn hơn 500m sau khi thi công công tác nổ mìn (hình 6.1c). Trong những hầm tiết diện nhỏ hơn 20m^2 có thể áp dụng phương pháp thông gió hỗn hợp có sử dụng màn chắn. Khi tiết diện hầm lớn hơn 20m^2 để làm việc này có thể sử dụng màn sương. Khoảng cách giữa đầu ống hút và ống ép cần phải không lớn hơn 10 - 15m.

Nếu tuyến hầm đào gần mặt đất, việc thông gió có thể thực hiện bằng phương pháp ép nhờ các lỗ khoan thông gió (hình 7.1d). Trong trường hợp này các hang đã xây dựng được nối với bề mặt bằng các lỗ khoan. Trên miệng lỗ khoan có đặt quạt để đẩy không khí vào hầm. Theo sự di chuyển của gương các lỗ khoan được khoan tiếp tục với sự tính toán sao cho chiều dài phần hang cắt là tối thiểu. Quạt được chuyển sang miệng giếng mới còn lỗ khoan trước được đậy lại. Phần không gian gần gương hầm được thông gió theo sơ đồ ép ngắn có đường ống và quạt cục bộ hoặc không cần thông gió cục bộ tùy theo hoàn cảnh cụ thể.



Hình 7.1: Các phương pháp và sơ đồ thông gió hầm

- a) Thông gió ép có dòng không khí tự do; b) Ép có dòng không khí hạn chế
 c) Phương pháp hỗn hợp; d) Ép có sử dụng lỗ khoan thông gió; đ) Ép nhiều quạt nối tiếp;
 e) Ép có thiết bị điều chỉnh không khí; g) Phương pháp hỗn hợp có sử dụng hang thông gió;
 h) Luồng không khí có quạt chuyển tiếp.

Trong những hang cắt tiết diện ngang không lớn thường sử dụng ống thông gió đường kính không lớn (400 - 500mm) có sức cản không khí đáng kể. Để thông gió những hang loại này người ta sử dụng các loại quạt hướng trục đặt phân bố dọc theo chiều dài ống thông gió (hình 7.1đ). Do lượng gió sạch không lớn lắm, do đó việc ứng dụng sơ đồ này chỉ hạn chế cho những hang mà lượng khí độc hại tạo ra trong quá trình thi công không lớn.

Khi đào những hầm có chiều dài lớn hơn 500m có sử dụng những trang thiết bị có động cơ đốt trong, người ta sử dụng sơ đồ thông gió có điều chỉnh lượng không khí thoát ra từ đường ống thông gió (hình 7.1e). Thực chất của phương pháp biến tướng này của sơ đồ thông gió kiểu ép là ở việc phân bố lượng không khí sạch dọc theo hầm tương ứng với các khí độc thải ra. Việc phân bố không khí sạch được thực hiện qua các cửa si gió trên đường ống và có cánh điều chỉnh.

Khi đào hầm dạng gương cắt có chiều dài lớn hơn 1500m với tiết diện hầm $\leq 20m^2$ và 2000m với tiết diện $> 20m^2$ bằng các hang dẫn song song thì thông gió hợp lý hơn cả là dùng các hang nhánh nối hai hầm (cự ly từ 150 đến 200m). Tùy theo mức độ đào của cả hai phía, các nhánh cũ được đóng lại bằng màn chắn có các cửa sổ để điều chỉnh lượng gió (hình 7.1g). Ở cửa hầm đặt quạt thông gió chính, theo suốt chiều dài hang có luồng gió chính di chuyển. Các gương cắt có thông gió bổ sung bằng các quạt cục bộ.

Việc thông gió cho hầm xuyên được thực hiện với các sơ đồ khác nhau cho từng điều kiện cụ thể của quá trình thi công. Một trong những sơ đồ đó là hệ thống luồng gió có sử dụng quạt chuyển tiếp (hình 7.1h). Luồng gió tạo nên chủ yếu là do chênh áp lực.

Khi đào hầm bằng khiên đào hoặc máy liên hợp đối với từng trường hợp cụ thể người ta thiết kế hệ thống thông gió cho gương có xét đến quá trình làm bẩn không khí khi bộ phận đào của khiên hoặc máy đào liên hợp làm việc.

Những hang ngầm trong khi đào có sinh ra khí mêtan hoặc hydrô tạo thành hỗn hợp khí nổ thì cần phải chuyển đổi sang chế độ khí phù hợp với "Quy tắc an toàn trong mỏ than và mỏ trong đá diệp thạch".

Lượng không khí sạch cần để thông gió cho công trình ngầm trong quá trình thi công được xác định theo các nhân tố sau:

- Theo lượng người tối đa ở trong hầm;
- Theo tốc độ không khí tối thiểu dọc theo hang;
- Theo lượng khí độc tạo ra trong quá trình thi công do nổ mìn, do bụi độc hại, do hàn điện, do động cơ đốt trong và do các thiết bị khác...

Bằng tính toán theo các điều kiện trên để quyết định giá trị tối đa nhận được khi có sự phối hợp một số quá trình thi công cùng với các quá trình tạo khí độc hại khác.

a) Theo số người tối đa đồng thời có mặt trong hầm

$$Q_z = \frac{q_n N}{60}, \text{ m}^3/\text{s} \quad (7.1)$$

trong đó: N - số lượng người tối đa cùng có mặt trong gương;

q_n - lượng cấp khí tiêu chuẩn cho một người.

$$q_n = 6\text{m}^3/\text{ph}$$

b) Theo tốc độ không khí tối thiểu dọc theo hang

$$Q_z = V_{\min} \cdot S, \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7.2)$$

trong đó: V_{\min} - tốc độ gió tối thiểu trong hầm, $V_{\min} = 0,15\text{m/s}$;

S - diện tích tiết diện hang, m^2 .

c) Theo lượng hơi độc tạo ra khi nổ mìn

1. Phương pháp ép dòng không khí tự do

$$Q_z = \frac{V}{K_T \cdot t} \ln \frac{C_o}{C_g} \quad (7.3)$$

trong đó: V - thể tích vùng gần gương hầm, m^3 (thể tích hang giữa đầu ống gió và gương);

t - thời gian thông gió, s;

K_T - hệ số sử dụng luồng gió.

$$K_T = \frac{0,45\sqrt{S}}{d_n} \quad (7.4)$$

ở đây: d_n - đường kính quy đổi của ống gió, m; với vị trí ống gió ở góc trên hoặc góc dưới hang, nó bằng hai lần đường kính ống; còn khi đặt ở nóc, bằng 1,5 lần đường kính;

C_o - nồng độ ban đầu của hơi:

$$C_o = \frac{A.B}{10L_z S} \% \quad (7.5)$$

với A - lượng tiêu hao thuốc nổ theo hệ chiếu khoan đào, kg;

B - lượng ôxyt cacbon qui ước tạo ra khi nổ 1kg thuốc nổ (40 - 60 lít) kể cả ôxyt nitơ;

L_z - khoảng cách từ điểm cuối của ống thông gió đến gương, m (hình 7.1).

$$L_z = (4 \div 5)\sqrt{S} \quad (7.6)$$

với C_g - nồng độ tối đa cho phép của lượng ôxyt cacbon qui ước bằng 0,008% theo thể tích.

2. Phương pháp ép với luồng không khí hạn chế

$$Q_z = 0,1923 \sqrt{\frac{Qq^2}{\eta_y^2 C_g}} \quad , \quad m^3/s \quad (7.7)$$

trong đó: Q - lượng không khí cần thiết theo chế độ pha loãng tính lượng khí nổ ra trên toàn hang xuống nồng độ cho phép:

$$Q = \frac{A.B}{10C_g t} \quad , \quad m^3 / s \quad (7.8)$$

ở đây: q - lượng không khí cần thiết cấp vào hang cho một lần trao đổi:

$$q = \frac{SL}{t} \quad , \quad m^3/s \quad (7.9)$$

với L - chiều dài hang cụt, m;

η_y - hệ số xét đến mất mát không khí.

$$\eta_y = \left(\frac{1}{3} k \frac{d}{m} L \sqrt{R} + 1 \right)^2 \quad (7.10)$$

$$R = 6,5 \frac{\alpha L}{d^5} \quad (7.11)$$

trong công thức trên α - hệ số sức cản không khí của ống;

d - đường kính ống, (mm);

m - chiều dài một đốt ống, mm;

k - hệ số nối ống đơn vị;

khi nối chất lượng k = 0,0005,

khi nối đạt yêu cầu k = 0,002

nối không tốt k = 0,005.

Các giá trị của α và R đối với các loại ống gió phổ biến nhất như trong bảng 7.2.

Bảng 7.2

Vật liệu ống gió và đường kính của ống, đặc điểm của hang	Hệ số sức cản không khí của ống, $\alpha \cdot 10^4$	Sức cản không khí của 100m ống (R), $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Các loại ống thép		
500	3,5	7,28
600	3,2	2,68
800	2,9	0,58
1000	2,3	0,16
1200	2,0	0,05
Vải chuyên dụng		
500	4,0	0,52
600	3,2	0,32
800	2,2	0,18
1000	1,7	0,11
Hang ngầm		
Không chống, đào trong đá bằng phương pháp khoan nổ mìn	10,0	-
Chống bằng lưới thép	12,0	-
Chống bằng bê tông phun	8,0	
Chống bằng bê tông	5,0	

* Kilômuy là đơn vị sức cản động không khí của ống thông gió đơn vị là $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6$

3. Phương pháp thông gió hỗn hợp

Đối với phương pháp này đầu tiên tính lượng không khí cấp vào gương theo các công thức đã nêu với luồng không khí hạn chế. Thay thế L bằng $L_{\text{hút}}$ là khoảng cách từ đầu ống thông gió hút tới gương. Khi đó lượng không khí do quạt hút ra được xác định:

- Đối với sơ đồ không màn chắn

$$Q_{\text{hút}} \geq 1,3 Q_z \quad (7.12)$$

- Sơ đồ có màn chắn:

$$Q_{\text{hút}} \geq 1,1 Q_z \quad (7.13)$$

4. Thông gió cho hang xuyên

Lượng gió yêu cầu khi xây dựng bậc dưới của hầm khi đã đào và đổ bê tông phần trên:

$$Q_z = \frac{SL_T}{t} + \frac{10S}{t} \sqrt[3]{L_T + D_{np}^2} (3 + \ln C_o), \quad m^3/s \quad (7.14)$$

trong đó: L_T - chiều dài đoạn thông gió, m;

D_{np} - đường kính thiết kế quy đổi của đoạn hầm thông gió, m;

C_o - nồng độ ban đầu của khí nổ mìn xác định theo công thức 7.5, %.

d) Theo lượng bụi độc hại, tạo ra khi hàn

$$Q_z = \frac{xM}{3600C_n} n, \quad m^3/s \quad (7.15)$$

trong đó: n - số lượng những điểm hàn cùng làm việc;

x - lượng bụi toả ra khi hàn 1 kg que hàn, g;

C_n - tiêu chuẩn cho phép của bụi hàn, mg/m³;

M - khối lượng que hàn đốt trong một đơn vị thời gian, kg/h

$$M = k_H \cdot \alpha \cdot I \quad (7.16)$$

ở đây: k_H - hệ số làm việc liên tục, $k_H = 0,6 \div 0,7$

α - hệ số chảy thép hàn, kg/A.h;

I - cường độ dòng điện hàn, $I = (150 \div 200)A$.

Nếu ta biểu thị quan hệ $x/C_n = q$ như là lượng không khí đơn vị cần thiết để pha loãng bụi do đốt cháy 1 kg que hàn đến nồng độ cho phép thì:

$$Q_z = \frac{n \cdot q \cdot M}{3600}, \quad m^3/s \quad (7.17)$$

Giá trị α , x , q phụ thuộc vào loại que hàn sử dụng lấy theo bảng 7.3.

Bảng 7.3

Mác que hàn (Liên Xô cũ)	Hệ số nhiệt luyện $\alpha \cdot 10^{-3}$	Lượng bụi hàn khi đốt 1kg que hàn, χ (g/kg)	Lượng không khí đơn vị, q (m ³ /kg)
AHO-1	15,0	7,1	1800
AHO-3	8,5	5,9	2880
AHO-5	11,0	14,4	6230
AHO-6	8,5	16,3	6500
03C-4	8,5	9,3	3750

Chú ý: Đối với các loại que hàn khác có thể căn cứ vào tính năng của que hàn để xác định các hệ số tương ứng.

e) Theo lượng khí thải khi các động cơ đốt trong làm việc

Theo các tài liệu hướng dẫn kỹ thuật về an toàn khi sử dụng giao thông không ray ở trong hầm, nơi có sử dụng các trang thiết bị, phương tiện giao thông là động cơ đốt trong thì phải cấp lượng không khí sạch với số lượng đảm bảo giảm nồng độ khí thải trong không khí hầm xuống đến tiêu chuẩn vệ sinh công nghiệp và không nhỏ hơn $6,5\text{m}^3/\text{ph}$ cho 1kW công suất động cơ diesel và $7,8\text{m}^3/\text{ph}$ cho 1kW các động cơ xăng. Khi có sử dụng các động cơ đốt trong, sơ đồ thông gió bắt buộc là sơ đồ ép có sự điều chỉnh lượng không khí ra:

$$Q_z = K.n.q.T, \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (7.18)$$

trong đó: n - số lượng xe máy đồng thời làm việc ở trong hầm;

q - khối lượng khí thải do một nguồn tạo khí độc thải ra m^3/s ;

T - độ độc hại chung của khí thải;

K - hệ số hiệu chỉnh, khi $n = 1, K = 1,$

$n = 2, K = 0,9.$

$n = 3, K = 0,85$

Lượng không khí yêu cầu cấp vào hang theo sơ đồ ép (công suất quạt):

$$Q_q = P_y Q_z \quad (7.19)$$

trong đó: P_y - hệ số điều chỉnh lượng mất mát không khí sạch trên toàn chiều dài hầm:

$$P_y = 2 \left(\frac{L_T}{v \cdot \tau} + 1 \right) \quad (7.20)$$

ở đây: L_T - chiều dài hầm, m;

v - tốc độ chuyển động của ô tô và các thiết bị cơ khí khác có động cơ đốt trong,

$v = 2 \div 5,5 \text{ m/s};$

τ - thời gian xúc đá cho ô tô, $\tau = 180 \div 250\text{s}.$

Giá trị của các thông số q, τ , v và công suất của các loại ô tô phổ biến nhất do Liên Xô (cũ) sản xuất dùng trong thi công hầm như trong bảng 7.4.

Bảng 7.4

Các chỉ tiêu	Mác ô tô		
	МА3-508	ЗИММ3-555	БЛАЗ-540
Độ độc hại chung của khí thải (T)	80	106	83
Khối lượng khí thải q, m^3/s	0,08	0,07	0,15
Tốc độ di chuyển trong hầm, m/s	2 - 5,5	2 - 5,5	2 - 5,5
Công suất động cơ, kW	145	125	230
Thời gian xúc đá (τ), s	200 - 280	150 - 180	840 - 900

Việc đưa không khí sạch từ đường ống ra với sơ đồ ép được thực hiện qua các cửa sổ thông gió có cánh điều chỉnh với diện tích:

$$S_{CS} = 0,38d^2 \frac{Q_{ra}}{Q_{TC}}, m^2 \quad (7.21)$$

trong đó: S_{CS} - diện tích cửa gió, m^2 ;

d - đường kính ống gió, m ;

Q_{TC} - lượng gió đi qua tiết diện ngang ống gió ở cửa sổ xả gió;

$$Q_{TC} = Q_z \left[1 + \frac{z}{l} (P_y - 1) \right], m^3/s \quad (7.22)$$

ở đây: z - chiều dài hầm từ gương đến cửa lấy gió, m .

Lượng không khí sạch đi qua cửa sổ:

$$Q_{ra} = Q_z / (P_y - \eta_y) / L. m^3/s \quad (6.23)$$

trong đó: l - khoảng cách giữa các cửa sổ gió $l = 150 \div 200m$.

η_y - hệ số mất gió tự nhiên từ ống có chiều dài L (m) (tính theo công thức 7.10).

Để chọn loại quạt căn cứ vào công suất và áp lực yêu cầu.

$$Q_q = Q_z \cdot \eta_y \quad (7.24)$$

$$H = 10RQ_z^2 \eta_y \quad (7.25)$$

Trong những năm gần đây để thông gió cho hang xuyên, trong đó có bậc dưới của hầm đã đào thông người ta sử dụng rộng rãi sơ đồ thông gió không ống nhờ quạt thông gió chính đặt chuyển tiếp ở bậc dưới. Việc sử dụng quạt chuyển tiếp là hợp lý chỉ trong trường hợp nếu như lực cản không khí của hầm R nhỏ hơn sức cản tiêu chuẩn R_{TC} :

$$R_{TC} = \frac{0,122}{S} \left(\frac{1}{S_q} - \frac{1}{S} \right), k\mu \quad (7.26)$$

trong đó: S - diện tích tiết diện ngang hầm, m^2 ;

S_q - tiết diện của quạt ở cửa ra, m^2 .

Lượng gió đi qua hầm khi đặt quạt chuyển tiếp là:

$$Q_T = k \cdot Q_q \sqrt{\frac{S}{S_b(8,2R \cdot S^2 + 1)}}, m^2/s \quad (6.27)$$

trong đó: Q_q - công suất quạt, m^3/s ($Q_q = Q_z$);

k - hệ số thực nghiệm, phụ thuộc vào tiết diện hầm; khi $S \leq 40m^2$, $k = 0,85$,
khi $S \leq 80m^2$, $k = 0,6$; khi $S > 80m^2$, $k = 0,5$;

R - sức cản không khí động của hầm:

$$R = \frac{\alpha \cdot L \cdot \chi}{S^3} \quad \text{k}\mu \quad (7.28)$$

trong đó: χ - chu vi hầm, m;

α - hệ số sức cản không khí động của hầm lấy theo bảng 7.2.

Áp lực của quạt (Pa) của hàng thông gió có dòng khí xuyên $H = 10 \cdot R \cdot Q_T^2$.

Vị trí đặt quạt chuyển tiếp sẽ tăng lên 10 - 15%.

$$l_{tg} = (0,1 \div 0,5)L_T \quad (7.29)$$

ở đây: l_{tg} - khoảng cách từ cửa hầm đến chỗ đặt quạt, m;

L_T - chiều dài của hầm thông gió, m.

Theo giá trị tìm được đối với H và Q_q theo bảng 7.5, ta chọn được loại quạt cần thiết, chế độ làm việc của nó được thiết lập theo đặc tính riêng của chúng. Đặc tính kỹ thuật của các loại quạt thông dụng do Liên Xô chế tạo có thể tham khảo bảng 7.5.

Bảng 7.5

Các chỉ tiêu kỹ thuật	Các loại quạt								
	Hướng trục					Ly tâm			
	CBM-6M	BM-12	BO-16	BOJ-21	BOJ-30	BUJ-9	BUJ-16	BUJ-25	BUJ-31,5
Công suất, m ³ /s									
tối thiểu	3,2	10	18	20	50	5	12	28	35
tối đa	7,0	32	70	110	223	29	43	98	165
Áp lực, Pa									
tối thiểu	1175	650	350	800	800	2943	1140	1500	1275
tối đa	2400	3600	2000	3400	2900	9810	3500	4700	5000
Công suất, kW									
tối thiểu	12	20	15	100	115	100	65	210	500
tối đa	14	110	130	500	800	250	106	360	800
Trọng lượng, t	0,265	1,78	2,0	13,5	32,3	1,8	5,4	8,14	16,3

§2. CHỐNG BỤI KHI THI CÔNG NGẦM

Tất cả các nguồn tạo bụi trong quá trình thi công xây dựng công trình ngầm qui ước có thể phân làm tạo bụi nguyên sinh (lần đầu) và tạo bụi thứ sinh (tạo lại).

Nguồn tạo bụi nguyên sinh là các công đoạn cơ bản của chu trình đào (khoan lỗ, phun bê tông, bốc đá...). Đặc điểm của chúng là quá trình tạo bụi có cường độ lớn.

Nguồn tạo bụi thứ sinh là các nguồn đưa các loại bụi đã tạo ra vào trong không khí như giao thông bằng ô tô, sóng nổ mìn v.v...).

Việc có bụi trong không khí ngầm gây ra hàng loạt bệnh nghề nghiệp cho công nhân, phổ biến hơn cả là bệnh Xilicô.

Người ta đã xác nhận rằng mức độ nguy hiểm của các hạt bụi tác động lên cơ thể được xác định trước tiên là bởi lượng bụi trong một đơn vị thể tích không khí và độ khuếch tán của chúng. Các tiêu chuẩn về hàm lượng giới hạn cho phép của các dạng bụi khác nhau được quy định bằng miligam bụi trong 1m^3 không khí ở chỗ có người ghi rõ trong "Quy tắc an toàn khi thi công công trình ngầm" và thường quy về những hạt bụi sau đây: Những hạt bụi có chứa đioxyt-silic lớn hơn 70% là $1\text{mg}/\text{m}^3$; đioxyt silic (10-70%) là $2\text{mg}/\text{m}^3$; đioxyt silic nhỏ hơn 10% là $4\text{mg}/\text{m}^3$; bụi ximăng, apatit và các khoáng vật khác có chứa đioxyt silic nhỏ hơn 10% là $5\text{mg}/\text{m}^3$; bụi sét, các khoáng vật khác cũng như các hỗn hợp của chúng không chứa đioxyt silic tự do là $10\text{mg}/\text{m}^3$.

Công tác khoan là nguồn tạo bụi lớn nhất, hàm lượng của các hạt nhỏ khuếch tán trong dòng bụi chung là 7 - 8%. Một búa khoan không có thiết bị khử bụi sẽ tung vào không khí 150 - 160mg/ph các hạt nhỏ khuếch tán. Khi không có biện pháp chống bụi thì ở vị trí khoan có thể đạt $800\text{mg}/\text{m}^3$.

Người ta sử dụng ba phương pháp chống bụi khi thi công công tác khoan:

Dùng nước để khử bụi, khử bụi bằng hỗn hợp không khí và chất lỏng; tách bụi bằng phương pháp khô.

Khử bụi bằng thủy lực là phương pháp phổ biến nhất. Bằng cách dùng nước để rửa đáy lỗ khoan và hòa tan bụi trong thời gian khoan. Người ta sử dụng hai cách (hai phương án) là phương án dọc trục và phương án bên hông. Với hai phương án này người ta đưa nước áp lực qua một lỗ dọc cần khoan qua một khớp nối ở đầu cần khoan hoặc từ thân máy khoan. Hiệu quả hơn cả là phương pháp rửa bên. Chất lỏng để rửa bụi là nước kỹ thuật hoặc nhũ tương nước với phụ gia bôi trơn (ОП-7; ОП-10) với lượng tiêu hao 5 - 10 lít/ph.

Trong những đất dễ ướt khi khoan nổ mìn phổ biến hơn cả là dùng hệ tách bụi (hỗn hợp nước không khí). Hỗn hợp này được chế tạo trong các kim phụ đặc biệt đảm bảo nhận được hỗn hợp nước: không khí có tỷ lệ 1:400. Các bộ kim phụ được đặt trực tiếp trên các tổ hợp khoan và điều chỉnh được theo chế độ khoan cũng như điều kiện về cấu trúc địa chất.

Việc tách bụi khô sử dụng chủ yếu khi khoan ở những vùng đóng băng vĩnh cửu, nơi mà tách bụi thủy lực không áp dụng được do chất lỏng tách bụi sẽ bị đóng băng ở trong lỗ khoan. Đất đá bị đập nát khi khoan và bụi sẽ được hút ra qua một kênh trong cần

khoan vào thiết bị tách bụi. Qua thiết bị này bụi được hút lại, không khí sạch được tách ra và đưa trở lại vào gương đào. Khi khử bụi khô thì một thiết bị khử bụi có thể phục vụ cho một nhóm máy khoan (ví dụ thiết bị của Liên Xô (cũ) sản xuất là ПЮ-4).

Khi xúc bốc bụi có thể khử bằng nước hoặc kim phun hỗn hợp nước không khí (tạo sương) đặt trên máy xúc.

Khi nổ mìn muốn chống bụi người ta dùng màn chắn phun nước. Màn sương kiểu phun nước được tạo ra bằng một hệ kim phun đặt theo chu vi hang ở khoảng 50 - 60m kể từ chỗ nổ mìn ra. Việc đóng mở hệ kim phun có thể tự động do tác động của sóng nổ mìn.

Để chống nguồn bụi thứ sinh chủ yếu ở trong hầm do ô tô đi lại người ta sử dụng hệ thống tưới nước đường định kỳ và tăng cường thông gió.

§3. THOÁT NƯỚC TRONG THI CÔNG HẦM

Phần lớn các công trình ngầm đều xây dựng trong điều kiện có nước dưới đất. Tùy theo lưu lượng của nước vào hầm người ta phân ra: nước nhỏ giọt từ vòm và vách hang ($\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$); nguồn nước kiểu chảy thành dòng dọc theo hầm ($\leq 5 \text{ m}^3/\text{h}$); nguồn nước cục bộ và vùng ngậm nước ($> 5 \text{ m}^3/\text{h}$). Ngoài ra trong quá trình đào hang, nước kỹ thuật sử dụng trong quá trình thi công cũng khá lớn (khoan, công tác bê tông, các loại nước tưới khác...) lưu lượng của chúng cũng đạt tới $4,5 - 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Vì thế lượng nước tổng cộng cần thoát trong đa số trường hợp đạt tới $20 - 25 \text{ m}^3/\text{h}$ điều đó thường gây khó khăn cho công tác thi công. Trong xây dựng để thoát nước ngầm và nước kỹ thuật người ta phải dùng thoát nước tự nhiên và thoát nước nhân tạo.

Khi tổng lưu lượng nước theo tuyến công trình $\leq 50-60 \text{ m}^3/\text{h}$ và hầm có độ dốc về phía cửa thì người ta làm rãnh tự chảy tiết diện rãnh $0,2 - 0,25 \text{ m}^2$. Thông thường sử dụng một rãnh đặt ở một bên vách hang và đập bằng tấm nắp để có thể làm sạch rãnh theo chu kỳ trong thời gian sử dụng. Khi có độ dốc ngược thì người ta làm rãnh tự chảy về phía gương sau đó đưa ra ngoài bằng bơm với việc sử dụng sơ đồ thoát nước hai giai đoạn. Với sơ đồ này nước từ gương đưa về hố thu bằng các bơm nhẹ di chuyển theo gương, còn từ hố thu đưa ra ngoài theo đường ống bằng các bơm đặt cố định ở trạm. Dung tích hố thu lấy bằng lưu lượng tối đa trong giờ mà không bơm. Khoảng cách giữa các hố thu lấy tùy thuộc vào độ dốc:

$$L = \frac{h_r}{i_r + i_T}, \text{ m} \quad (7.30)$$

trong đó: L - khoảng cách giữa các hố thu;

h_r - chiều sâu tối đa của rãnh nước, $h_k \leq 0,6 \text{ m}$;

i_r, i_T - độ dốc của rãnh nước và của hầm.

Trong thực tế, khoảng cách này thường lấy bằng 150 - 200m. Khi xây dựng các giếng đứng, nước được thu ngay phần dưới của giếng hoặc vào một buồng bơm riêng nơi có đặt tổ hợp bơm thoát nước. Các hố thu được đặt hai bơm, một làm việc và một dự phòng. Công suất của mỗi bơm lấy lớn hơn lưu lượng giờ tối đa 20%. Áp lực tính toán của bơm lấy bằng tổng chênh cao giữa hố thu và cửa hầm hay miệng giếng ΔH và những mất mát theo tuyến H_n .

$$H = \Delta H + H_n \quad (7.31)$$

$$H_n = \lambda \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad (7.32)$$

trong đó: H - áp lực yêu cầu của bơm, m;

λ - hệ số ma sát thuỷ lực, $\lambda = 0,03$;

d - đường kính ống, m;

V - tốc độ của nước trong ống dẫn, $V = 2 \div 3 \text{ m/s}$;

L - chiều dài ống dẫn, m.

Đường kính ống dẫn có áp:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V \cdot 3600}}, \text{ m} \quad (7.33)$$

ở đây: Q - công suất bơm, m^3/h

Công suất của động cơ bơm:

$$N = \frac{Q_b \cdot H \cdot \rho}{3,6 \cdot 102 \cdot \eta}, \text{ m} \quad (7.34)$$

trong đó: Q_b - công suất tính toán của bơm, m^3/s ;

H - tổng áp lực của nước, m;

ρ - mật độ của nước cần bơm $\rho = 1,05 \div 1,08 \text{ t/m}^3$;

η - hiệu suất máy bơm, $\eta = 0,6 \div 0,75$.

Để bơm nước ở gương người ta dùng chủ yếu là các bơm dùng khí nén kiểu H-1M do Liên Xô (cũ) chế tạo, công suất $25 \text{ m}^3/\text{h}$ áp lực 10m hoặc bơm "Gnom" dùng động cơ điện công suất $20 \text{ m}^3/\text{h}$ áp lực 20m. Ở các hố thu có trang bị các loại bơm bùn ly tâm có công suất yêu cầu (các loại do Liên Xô (cũ) sản xuất như 2K6, 4HДВ, 4HФ v.v...).

Khi lưu lượng nước lớn hơn $100 \text{ m}^3/\text{h}$ từ những nguồn cục bộ hoặc hầm đi qua vùng bão hoà nước thì các sơ đồ thoát nước nêu trên trở nên kém hiệu quả. Giải pháp chống nước ngầm lúc này sẽ phải có hệ thống thu nước hoặc làm khô đất nhân tạo cũng như biện pháp hạ mực nước ngầm.

Khi dùng hệ thống thoát nước trong vùng bão hoà nước mà hầm cắt qua không có tác dụng người ta phải dùng đến biện pháp gia cố hoá học như Silicat hoá, sét hoá, bitum hoá hoặc ép keo hữu cơ.

§4. CHIẾU SÁNG VÀ CẤP NĂNG LƯỢNG CHO HANG NGÂM

Tất cả các công trình ngâm trong quá trình thi công đều phải chiếu sáng nhân tạo bằng điện. Việc chiếu sáng cục bộ trong gương, chỗ làm việc cũng là bắt buộc (đèn ắc qui đèn chiếu sáng di động...). Cấm tuyệt đối không được làm việc ở chỗ không có chiếu sáng.

Trong quá trình thi công người ta phân biệt hai loại chiếu sáng. Chiếu sáng cố định thường xuyên và chiếu sáng gần gương. Ở gần gương, những nơi tiến hành thi công việc chiếu sáng được thực hiện bằng các nguồn sáng di động như đèn pin ắc qui, đèn pha... Điện áp nguồn cấp cho hệ chiếu sáng này không lớn hơn 36V. Đối với các tổ hợp di động bằng kim loại, khi trong gương có nước thì điện áp chiếu sáng không được lớn hơn 12V.

Nguồn năng lượng chiếu sáng ở gần gương phải đặt ở chỗ an toàn và nối với đèn bằng cáp mềm bọc cách điện cao su. Tất cả các thiết bị chiếu sáng ở gần gương phải là thiết bị chuyên dụng cho hầm mỏ (của Liên Xô cũ có ký hiệu PH). Đối với những hang có tạo khí cháy nổ thì mức độ cách điện còn đòi hỏi cao hơn. Trong trường hợp này phải dùng các thiết bị điện chuyên dụng đối với hang nguy hiểm do nổ mìn (của Liên Xô cũ ký hiệu là PB).

Những phân hang nối với địa điểm thi công có hệ chiếu sáng thường xuyên, cố định bằng các thiết bị chiếu sáng điện áp 127V hoặc 220V (loại 220V cho các hang khô ráo).

Đối với những hang đã kết thúc quá trình thi công, các hang khô ráo, khi chiều cao trên các thiết bị chiếu sáng không nhỏ hơn 2,5m cũng dùng điện áp 220V. Nguồn cấp điện cho chiếu sáng cố định là mạng điện động lực ngầm điện áp 380V qua biến áp, bằng cáp bọc kim loại hoặc các loại có ký hiệu chuyên dụng như đã nêu trên nếu hang có tạo khí nguy hiểm.

Ngoài hệ thống chiếu sáng cố định, chiếu sáng gần gương như đã nêu trên còn phải trang bị chiếu sáng cá nhân như đèn ắc quy trong thời gian làm việc. Loại thiết bị này phải có thời gian làm việc liên tục không nhỏ hơn 10 giờ. Sau khi kết thúc ca làm việc đèn phải được nạp điện trở lại.

Đối với các hang trong tổ hợp ngâm của các công trình thuỷ lợi theo "Quy tắc an toàn trong thi công công trình thuỷ lợi ngầm" quy định như sau: hang dẫn tiết diện $\leq 10m^2$, thiết bị chiếu sáng có công suất 40W cách nhau 6m ở cả hai bên vách hang; hang có tiết diện $10-30m^2$, đèn chiếu sáng công suất 40W qua 4m ở cả hai bên; những hầm tiết diện $< 30m^2$ đèn chiếu sáng công suất 100W cách nhau 8m ở cả hai vách hang. Hầm tiết diện $30 - 70m^2$ đèn công suất 150W cách nhau 6m ở cả hai bên vách; hầm tiết diện lớn hơn $70m^2$ và các buồng ngâm phải có tính toán riêng theo thiết kế thi công. Gương của hang nằm ngang là 15W công suất cho $1m^2$; gương thẳng đứng là 20W công suất $1m^2$.

Mạng chiếu sáng cho tổ hợp ngâm phải không được xảy ra sự cố, và cấp điện bằng hai nguồn độc lập nhau.

Khi thi công hang ngầm bằng phương pháp mỏ (khoan nổ mìn) mà dùng các thiết bị khí nén là chính thì không khí nén là nguồn năng lượng cơ bản. Vì thế khi xây dựng các tổ hợp ngầm thường phải xây dựng trạm cấp khí nén. Trạm cấp khí nén là một nhóm các máy nén khí lắp chung trong một nhà cùng với các nguồn cấp không khí, nguồn làm lạnh, nguồn điều áp...

Công suất của trạm nén khí được tính toán theo số lượng thiết bị sử dụng khí nén có dự trữ khoảng 20%.

$$Q_K = 1,2k_1.k_2.k_3.k_4.\Sigma q.k_5 \quad (7.35)$$

trong đó: q - lượng tiêu hao khí nén của thiết bị, m^3/ph ;

k_1 - hệ số đồng thời làm việc của thiết bị dùng khí nén:

$$k_1 = 0,82 \text{ khi } n = 5;$$

$$k_1 = 0,71 \text{ khi } n = 10;$$

$$k_1 = 0,69 \text{ khi } n = 15.$$

k_2 - hệ số có xét đến mất mát khí nén trên mạng:

$$k_2 = 1,4 \div 1,6;$$

k_3 - hệ số xác định khối lượng không khí khi nó bị lạnh:

$$k_3 = 1,3;$$

k_4 - hệ số hiệu chỉnh cao độ đặt trạm:

$$k_4 = 1 \text{ khi độ cao } < 300m;$$

$$k_4 = 1,03 \text{ khi } h_1 = 300 \div 600m;$$

$$k_4 = 1,14 \text{ khi } h_1 = 600 \div 1400m.$$

k_5 - hệ số xét đến độ mòn của thiết bị, $k_5 = 1,2$.

Để đảm bảo cấp khí nén đồng đều vào mạng cấp khí, khi không khí nén ra khỏi máy nén khí được đi qua một bình điều áp, dung tích của bình tính theo công thức:

$$V_b = 1,16\sqrt{Q_k} \text{ , } m^3 \quad (7.36)$$

Tại bình điều áp có trang bị áp kế, van an toàn đảm bảo xả không khí thừa từ mạng khí nén.

Do khi làm việc máy nén khí xả ra nhiệt lượng đáng kể, nó được tách tuần hoàn từ thân máy bằng nước. Trạm khí nén bao giờ cũng có thiết bị để làm mát bằng nước theo kiểu bể tuần hoàn hoặc bể phun. Tại đây nước nóng được làm lạnh đi bằng dòng không khí để thu nhiệt lượng thừa. Khi khởi động hoặc cho ngừng máy nén khí phải qua một thiết bị khởi động đặt trong trạm.

Trạm khí nén ở công trường thường tổ hợp từ một loại máy (phần lớn là máy piston) công suất 20, 25, 50 và $100m^3/ph$ đảm bảo áp lực tối đa 0,9 - 1,0 MPa và áp lực ổn định trong lưới 0,6 - 0,65 MPa.

Mạng khí nén ngầm làm từ ống thép có đường kính tính toán, nối với nhau bằng bích hoặc hàn và cứ 200 - 300m phải đặt thiết bị tách nước. Ống được đặt có độ dốc 3 - 4% theo chiều chuyển động của khí nén để đảm bảo cho việc tách nước, dầu đến thiết bị tách dễ dàng. Ở phần gần gương người ta dùng ống có khớp tháo thanh để làm mạng khí nén.

Việc áp khí nén từ mạng đến thiết bị chủ yếu là dùng ống cao su mềm đường kính 20 - 65mm tùy thuộc vào loại thiết bị.

Trong các thời kỳ đầu của công trường khi chưa kịp lắp trạm khí nén, người ta dùng các máy nén khí di động có động cơ điện hoặc điêzen có công suất 10 và 20m³/ph (BK-10, BK-20). Khi nối chúng lại với nhau thành trạm để cấp cho mạng chung, nhất thiết phải sử dụng bình điều áp và van an toàn.

Điện năng cấp cho các máy móc, thiết bị thi công hầm thường là điện xoay chiều điện áp 380V qua biến thế riêng đặt ở gần cửa hầm. Việc bảo vệ cho các thiết bị được thực hiện nhờ dây trung tính thứ tư của cáp theo "Quy tắc an toàn khi xây dựng công trình ngầm". Ngoài ra trên suốt chiều dài hầm phải có hệ tiếp địa biên, điện trở của hệ tiếp địa phải được đo kiểm tra định kỳ.

Trong thời kỳ thi công, công trình ngầm phải thường xuyên kiểm tra bằng công tác trắc địa do đội trắc địa hầm tiến hành. Công tác đo đạc hầm phải đảm bảo phục vụ cho các công tác lắp đặt các trang thiết bị, kiểm tra hướng tuyến, đo đạc tiết diện ngang, các đo đạc liên hệ với các công tác lộ thiên, công tác che khuất (đặt cốt thép, đặt các chi tiết chôn sẵn, xác định đào vượt, đào thiếu v.v...).

Ngoài ra, trong chức năng của công tác trắc địa còn có việc kiểm tra khối lượng đá ngầm, bê tông ngầm ở các giai đoạn thi công.

Phương pháp đo, độ chính xác và tính chu kỳ của công tác trắc địa, các tài liệu... được xác định theo các chỉ dẫn kỹ thuật.

Chương 8

CƠ GIỚI HOÁ ĐỒNG BỘ KHI THI CÔNG HẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP MỎ

§1. HẦM TIẾT DIỆN NHỎ VÀ TRUNG BÌNH

Công nghệ đào và đổ bê tông hầm hiện đại dựa trên việc cơ giới hoá đồng bộ các quá trình thi công. Việc cơ giới hoá đồng bộ các quá trình dựa trên cơ sở sử dụng hợp lý các thiết bị cơ giới, thống nhất chúng lại thành một tổ hợp cho những điều kiện đặc trưng nhất của công trình. Ở các nước công nghiệp phát triển có nền công nghiệp mỏ đồng bộ thì các công nghệ thi công cho từng loại hầm, từng phương pháp là khá hoàn chỉnh. Trong điều kiện nước ta máy móc thiết bị nhập ngoại từ nhiều nước việc nghiên cứu để đưa ra công nghệ thích hợp là có ý nghĩa rất quan trọng không chỉ trong thi công mà còn định hướng cho việc mua sắm máy móc thiết bị. Có thể tham khảo tính năng các thiết bị đưa vào các tổ hợp công nghệ của Liên Xô trước đây trong các bảng của chương 3, 4 và chương 6 và các trang thiết bị do các nước khác sản xuất có tính năng tương tự để lựa chọn sơ đồ cơ giới hóa đồng bộ các quá trình thi công hầm.

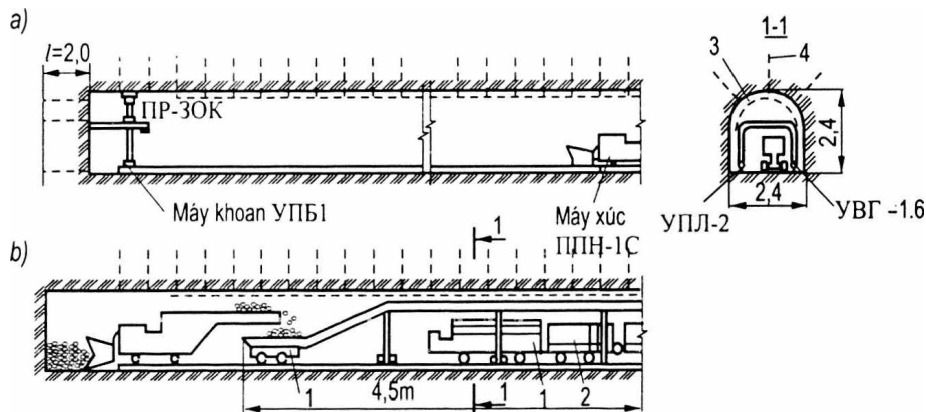
Khi đề xuất các tổ hợp công nghệ phải xuất phát từ điều kiện địa chất công trình theo tuyến hầm, diện tích tiết diện ngang, chiều dài, sơ đồ xúc chuyển hợp lý nhất. Chỉ có như vậy mới chọn được công nghệ thi công hợp lý.

Trong những hang tiết diện nhỏ, người ta sử dụng phổ biến hai sơ đồ công nghệ (đối với những hang tiết diện $\leq 10 - 12$ và $12 - 16m^2$) việc đào và đổ bê tông, khác nhau chỉ ở thứ tự thực hiện các công đoạn, bởi mức độ cơ giới hoá gương, bởi hệ thống đổi goòng và các chi tiết công nghệ của quá trình xây vỏ hầm.

Khi xây dựng hầm tiết diện $\leq 10 - 12m^2$ (hình 8.1), công tác khoan được thực hiện bằng các máy khoan tay loại ПП-22, ПП-24, ПП-30K đặt trên giá đỡ khí nén. Cũng có thể sử dụng các thiết bị khoan cơ khí loại nhỏ để khoan như các máy khoan truyền động dạng trục xoắn vítme hoặc các tay búa loại nhẹ kiểu pistông, ví dụ như loại УПБ của Liên Xô (cũ).

Do nhịp hang không lớn do đó dùng đường ray đơn khổ 600mm để vận chuyển. Khổ hầm hẹp, chật trội nên việc dùng các thiết bị đổi goòng đòi hỏi phải đào các ngạch riêng. Việc xúc đá dùng các máy loại gầu nhỏ (như loại ППН-1С) cùng với các thiết bị chuyển tải loại nhỏ nhẹ. Nếu đã dùng thiết bị chuyển tải thì người ta cố gắng sao cho dưới chúng

xếp được cả đoàn tàu và chở toàn bộ đá nổ ra trong một chu kỳ bằng một chuyến tàu. Đầu máy kéo dùng loại ắc qui nhỏ (АМД-8 của Liên Xô cũ).



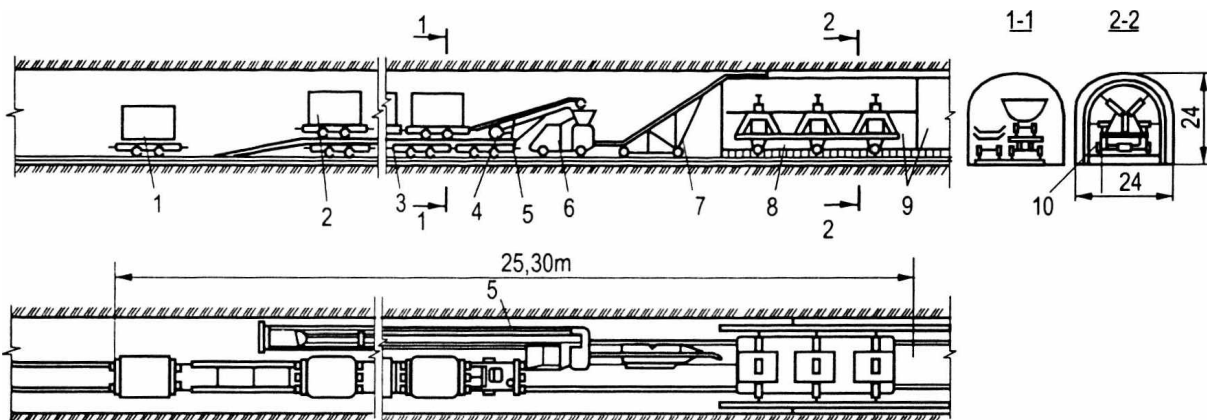
Hình 8.1: Sơ đồ công nghệ đào và đổ bê tông hầm tiết diện nhỏ ($\leq 10m^2$)

a) Khoan; b) Bốc đá.

1. đầu máy điện; 2. goòng; 3. lưới bảo vệ; 4. neo

Việc gia cố tạm tiến hành sau khi thải đá xong. Cá biệt có thể song song với chúng. Phổ biến là dùng neo và bê tông phun đôi khi dùng vì chống vòm.

Việc đổ bê tông vỏ hầm (hình 8.2) được tiến hành theo sơ đồ tuần tự, có nghĩa là sau khi kết thúc các công tác đào trên toàn bộ chiều dài của gương. Điều đó đòi hỏi công tác chống đỡ tạm phải chất lượng. Ván khuôn dùng loại thép chế sẵn. Việc cấp bê tông dùng goòng dung tích 1,0 - 1,2m³ có mở ở đầu goòng. Để lắp ráp và tháo dỡ ván khuôn người ta dùng các thiết bị cơ khí nhỏ. Nhiều trường hợp đã sử dụng dốt ván khuôn di động dài 4-5m, dùng các thiết bị khí nén kích thước nhỏ đặt trên xe kéo hoặc trên toa goòng để đổ bê tông và được đồng bộ các thiết bị thành tổ hợp. Khối lượng hỗn hợp bê tông tổng cộng trong thiết bị đổ bê tông khí nén là tương ứng với khối lượng của khối đổ. Việc đưa

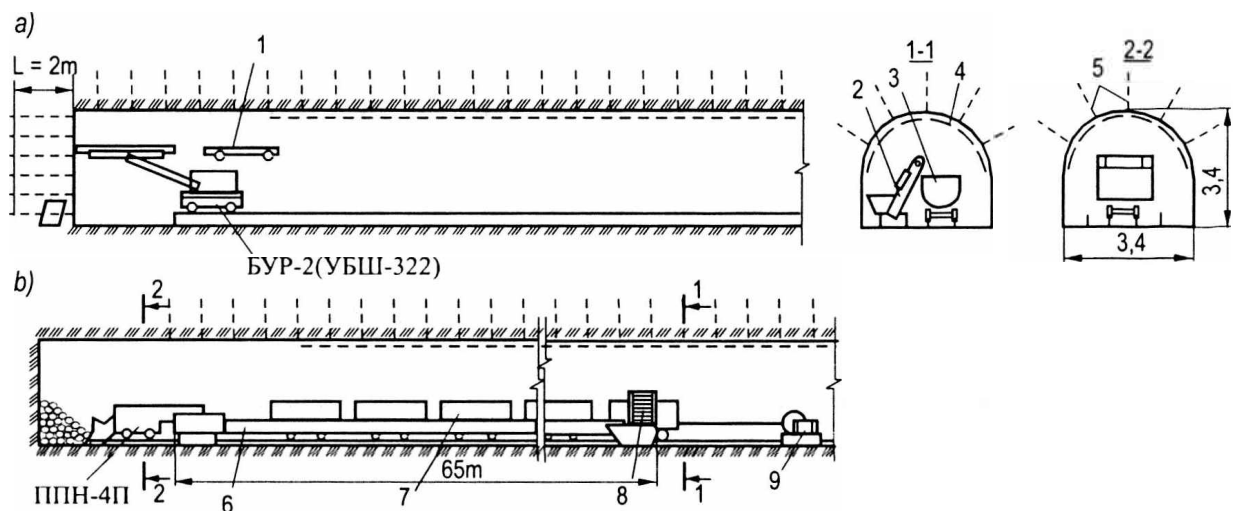


Hình 8.2: Đổ bê tông các hầm tiết diện $\leq 10m^2$

1. goòng dung tích 0,8m³; 2. goòng 0,8m³ dưới thiết bị dỡ tải; 3. goòng kê di động;
4. tời 4,5t; 5. băng tải; 6. tổ hợp đổ bê tông БМ-68; 7. xe nâng ống bê tông;
8, 10. ván khuôn di động; 9. dốt ván khuôn.

bê tông vào thiết bị tiến hành ở trên mặt đất còn việc đổ bê tông bằng cách đóng thiết bị vào mạng khí nén và ống dẫn bê tông của khối đổ. Việc đổ bê tông đáy tiến hành sau khi đổ bê tông vòm và tường. Công nghệ như vừa mô tả đảm bảo tiến độ đào và đổ bê tông khoảng 100 - 150m/tháng.

Khi xây dựng hầm tiết diện 12 - 16m² (hình 8.3) nhịp hàng cho phép tổ chức vận chuyển bằng ray đường đôi bề rộng bánh xe 600 hay 750mm có trang bị ghi để đổi tàu. Điều kiện trên cho phép sử dụng thiết bị khoan chạy trên ray (như loại БУР-2М, УБШ-322П do Liên Xô chế tạo) đảm bảo tốc độ khoan lỗ lớn, có chiều sâu đến 3m. Do có đường ray đôi nên thiết bị khoan có thể chuyển từ phần này sang phần khác của gương.



Hình 8.3: Đào hầm tiết diện 10 - 20m²

a) Khoan; b) Thải đá;

1. sàn công tác; 2. băng chất tải; 3, 7 - goòng УБГ - 1,6; 4. lưới bảo vệ;
5. neo bê tông cốt thép $l = 1,5m$, bước 1,2m; 6. băng tải; 8. băng chuyển tải; 9. tời.

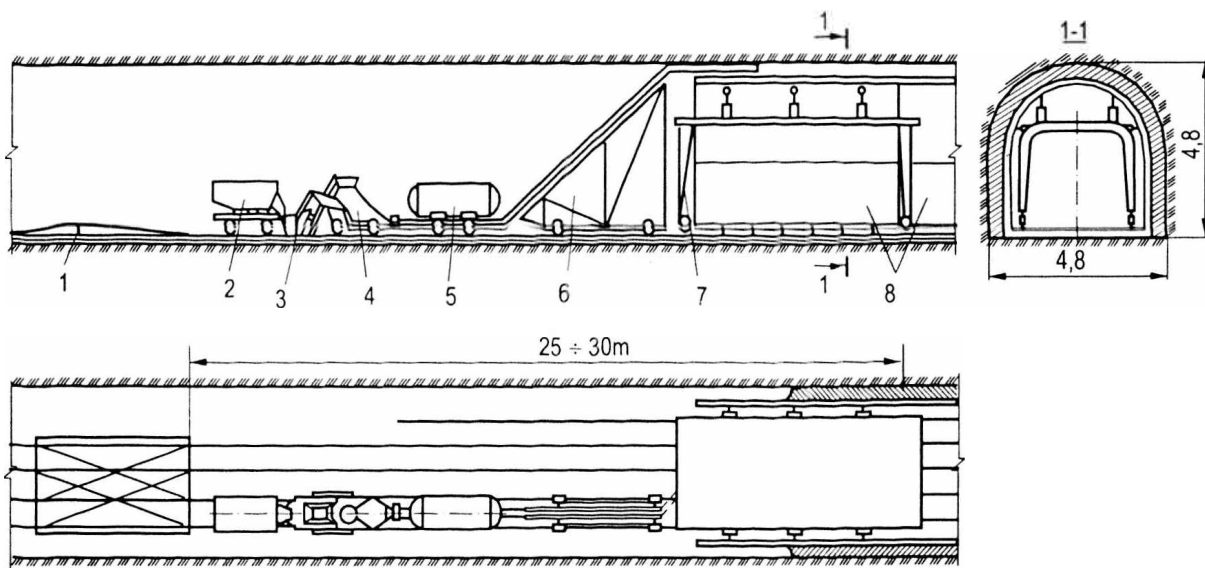
Trong gương sử dụng các máy xúc loại gầu và các phương tiện vận chuyển cỡ lớn như goòng dung tích 1,6 - 2,5m³ với đầu kéo điện có sức kéo 12 đến 14t. Máy xúc kiểu như ППН-4П của Liên Xô (cũ) chế tạo. Việc đổi goòng và đổi tàu sử dụng các bộ ghi chuyển đổi và các thiết bị khác. Trong những năm gần đây để vận chuyển chủ yếu dùng các loại goòng có thiết bị chuyển tải (kiểu БПК do Liên Xô cũ chế tạo).

Gia cố tạm được thực hiện sau khi thải đá hoặc bố trí song song một phần với công tác khoan (vì chống neo hoặc vì chống vòm thép). Đổ bê tông vỏ hầm (hình 8.4) được tiến hành sau khi kết thúc công tác đào của toàn hầm hoặc kết thúc từng gương trên toàn hầm, cũng như tổ chức song song với đào ở khoảng cách gương là 180 - 200m (khoảng cách kỹ thuật) để bố trí các thiết bị khoan đào khi nổ mìn. Trong bước 1 của công tác đổ bê tông vỏ tiến hành đồng thời cả tường và vòm cùng một lúc. Ván khuôn dùng loại ván khuôn thép chế sẵn cơ giới hoá. Chiều dài mỗi đốt đổ có thể tăng đến 6m. Việc cấp bê tông cho gương đổ bê tông có thể dùng bơm hoặc goòng chuyên dụng để chở

bê tông tươi. Đổ bê tông vào khối đổ bằng bơm khí nén hoặc các loại bơm khác. Sơ đồ đổ bê tông đáy hang tương tự như phương án đã nêu ở phần trên đối với hầm tiết diện $\leq 10m^2$. Việc sử dụng đường đôi để vận chuyển cho phép tăng cường việc cơ giới hoá các quá trình thi công và tăng tiến độ thi công đến 150 - 160m/tháng.

Cũng nên biết rằng kích thước của những hầm tiết diện đến $20m^2$ khi chiều dài lớn thì các cánh (vai) gương đào sẽ gây khó khăn cho việc bố trí ống thông gió có đường kính yêu cầu. Do tình hình trên dẫn đến việc phải thông gió hai hay nhiều cấp. Một khó khăn nữa là kéo ống gió qua các khối đổ bê tông. Để khắc phục khó khăn này trong trường hợp có thể thì giải pháp dùng lỗ khoan thông gió cho sơ đồ ép là hợp lý hơn cả (xem các sơ đồ trên hình 7.1). Trong trường hợp này ống gió chỉ bố trí ở đoạn từ những lỗ khoan đã dùng đến gần gương. Phần còn lại của hầm sẽ không có ống được sử dụng để hút không khí bẩn ra.

Khi xây dựng hầm tiết diện trung bình sẽ sử dụng hai sơ đồ công nghệ chủ yếu phụ thuộc vào các kích thước của tiết diện ngang hầm và tổ hợp thiết bị xúc vận chuyển ở trong hầm.

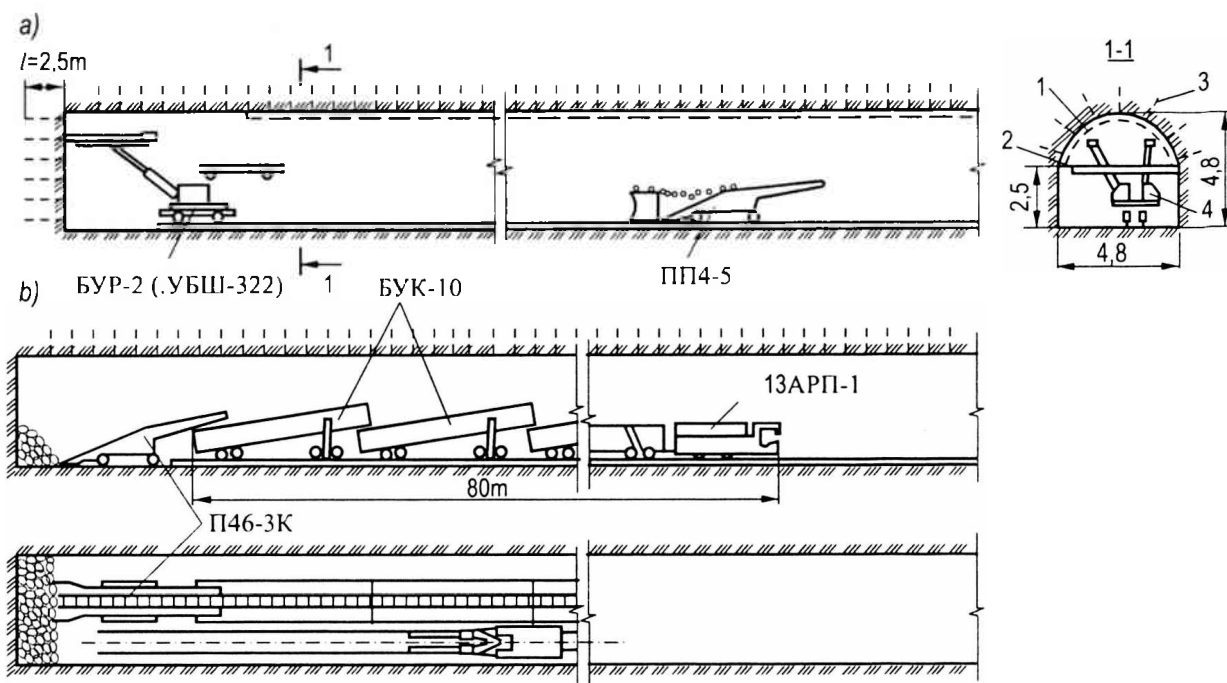


Hình 8.4: Đổ bê tông hầm tiết diện $10 - 20m^2$

1. ghi đối xứng; 2. thiết bị chở bê tông; 3. ben nâng hạ; 4. thiết bị đổ bê tông khí nén;
5. bình điều áp; 6. xe giữ ống bê tông; 7. ván khuôn đi động; 8. đốt ván khuôn

Khi diện tích tiết diện ngang $\leq 30 - 35m^2$ hợp lý hơn cả là dùng vận chuyển có ray. Sơ đồ này cũng dùng cho cả hầm tiết diện lớn khi có giếng phụ. Trong các trường hợp còn lại khi tiết diện hầm lớn hơn $30 - 35m^2$ thì dùng vận chuyển không ray.

Cũng cần nhấn mạnh là việc chọn sơ đồ vận chuyển thuộc nhóm này cũng phụ thuộc khá nhiều vào các thiết bị điều xe, đổi tàu, đổi goòng cũng như việc tổ chức thông gió cho hầm. Việc quyết định chọn sơ đồ này hay sơ đồ khác phải dựa trên luận cứ kinh tế kỹ thuật đầy đủ.



Hình 8.5: Đào hầm tiết diện 20 - 30m²

a) Khoan; b) Bốc đá.

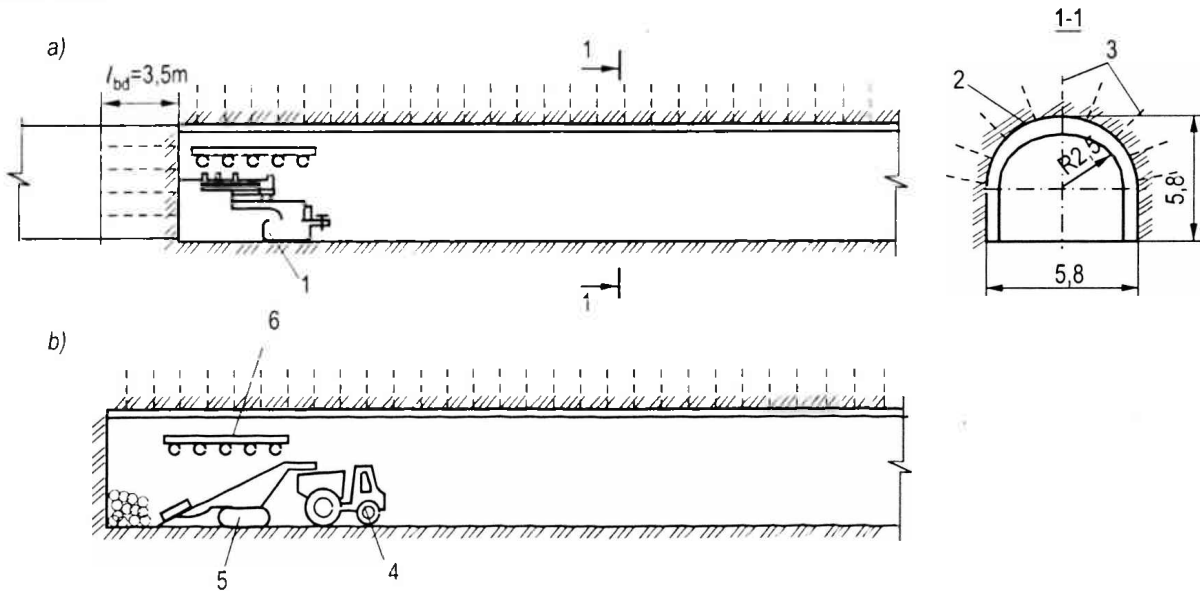
1. lưới bảo vệ; 2. sàn di động; 3. neo bê tông cốt thép; $l = 1,5\text{m}$ bước 1,2m; 4. máy khoan.

Khi dùng đường ray vận chuyển khổ từ 750 và 900mm (hình 8.5) thì việc khoan lỗ thường tiến hành bằng các thiết bị khoan loại nặng chạy trên ray (như các loại máy khoan БУР-2М, УБШ-322П do Liên Xô cũ chế tạo hoặc các loại có tính năng tương tự) với chiều sâu khoan 2,7 - 3,0m. Các máy khoan tay được sử dụng như là các thiết bị hỗ trợ khi làm việc ở trong gương (để khoan xử lý đá quá cỡ, xử lý những chỗ đào thiếu v.v...).

Việc xúc đá tiến hành bằng các máy xúc loại gầu cỡ lớn (như loại ППН-4, ППН-5 do Liên Xô cũ chế tạo) đổ vào gòong tự đổ dung tích lớn (loại có tính năng tương tự như loại ВПК-7, ВПК-10 do Liên Xô cũ chế tạo). Đầu máy nên dùng loại đầu máy điện ắc quy với sức kéo 14t hoặc đầu kéo diesel có trang bị thiết bị làm sạch khí thải (thiết bị làm sạch kiểu hai cấp). Việc gia cố tạm được thực hiện sau khi kết thúc công tác thải đá hoặc có thể bố trí một phần song song với công tác khoan neo hoặc dựng vòm.

Xây vỏ hầm vĩnh cửu, tường và vòm được tiến hành song song với công tác đào với cự ly kỹ thuật 200 - 250m. Việc cấp bê tông cho khối đổ dùng các loại gòong chuyên dụng. Việc đổ bê tông vào sau ván khuôn bằng các loại bơm khí nén hoặc bơm piston có kích thước nhỏ có ben nâng hạ được để đưa bê tông vào bơm. Ván khuôn có thể dùng ván khuôn lắp ghép chế sẵn bằng thép hoặc ván khuôn cơ giới hoá gồm ba khâu, chiều dài mỗi đốt 6m. Việc đổ bê tông đáy hầm được tiến hành sau khi đã đổ xong bê tông vòm và tường theo thứ tự giạt lùi. Việc đổ bê tông đáy phải dùng thiết bị chuyên dụng chạy trên cầu cạn và có thước đảm chuẩn. Công nghệ như mô tả trên đây đảm bảo đào hang và xây vỏ với tốc độ 150 - 200 m/tháng.

Khi xây dựng các hầm tiết diện trong khoảng từ 30 đến 59m² và có các hang phụ nằm ngang, phổ biến hơn cả là sử dụng sơ đồ vận chuyển không ray và các thiết bị tự hành. Với sơ đồ công nghệ này công tác khoan (hình 8.6) được tiến hành bằng các thiết bị khoan tự hành trên bánh xích bằng động cơ khí nén hay thủy lực (kiểu 1СВУ-2К, УБШ-532) với chiều sâu lỗ đến 4,0m. Ngày nay đã ra đời hạt loạt thiết bị khoan loại này với công suất khá lớn.



Hình 8.6: Đào hầm tiết diện 30 - 50m²

a) Khoan; b) Bốc đá;

1. máy khoan; 2. bê tông phun; 3. neo bê tông cốt thép; 4. xe chở đá; 5. máy xúc; 6. sàn di động

Đá nổ ra được xúc bốc bằng các máy xúc hoạt động liên tục chạy trên bánh xích (kiểu ПНБ-2, ПНБ-3К...). Phương tiện vận chuyển chủ yếu là ô tô tự đổ tải trọng từ 4,5t trở lên (như MAZ-508). Khi không thể vận chuyển hai chiều thì phải giải quyết các ngách tránh xe kết hợp làm các buồng để đặt các thiết bị thi công và phòng tránh cho thiết bị khi nổ mìn.

Các thiết bị chính được dùng phối hợp với các thiết bị phụ trợ như máy ủi, máy nâng để gom đá, và tiến hành các công việc ở phần trên cao của gương như chọc đá om, đặt, dựng vì chống, ống gió, màn chắn v.v...

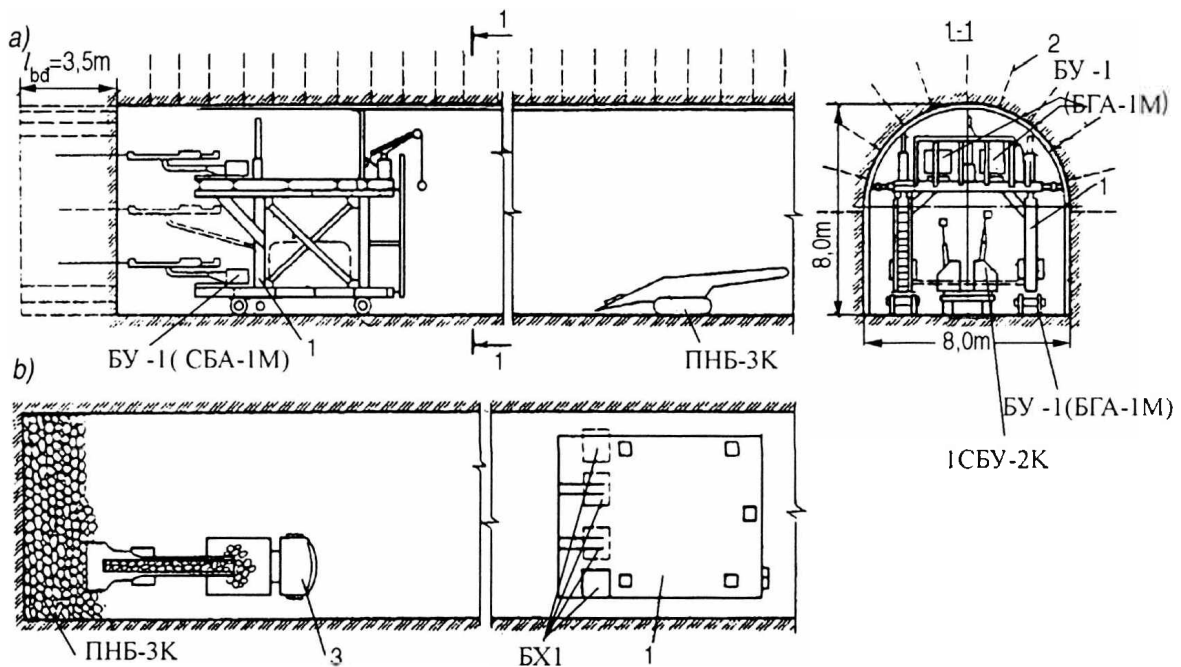
Vì chống tạm được lắp dựng sau khi thải đá. Khoan lỗ đặt neo tiến hành cùng với việc khoan gương. Khi có khung khoan thì việc dựng vì chống tạm (neo, bê tông phun) bố trí cùng với việc khoan gương. Việc dựng các vì chống vòm tiến hành sau khi thải đá nhờ các thiết bị chuyên dụng như máy nâng thủy lực.

Khi xây vỏ vĩnh cửu, tường và vòm thường tiến hành đồng thời. Việc cấp bê tông dùng ô tô tự đổ phối hợp với bơm bê tông. Đổ bê tông đáy hầm cùng thực hiện giống như các sơ đồ công nghệ đã mô tả ở các phần trên. Tiến độ đào và đổ bê tông khi áp dụng sơ đồ công nghệ này có thể đạt 70 - 120m/tháng.

§2. THI CÔNG HẦM TIẾT DIỆN LỚN

Việc đào hầm trong đá ổn định ($f_k \geq 4$) được thực hiện theo kiểu toàn tiết diện hay bậc thang dưới tùy theo diện tích của tiết diện ngang (xem chương 2). Khi nhịp hang có giá trị lớn (10 - 15m) thì có thể sử dụng các thiết bị tự hành có năng suất cao.

Với phương pháp đào toàn tiết diện và khi đào mở rộng phần trên của phương pháp bậc thang dưới (hình 8.7a) thì công tác khoan lỗ được thực hiện bằng hai loại thiết bị: thiết bị khoan tự hành loại lớn (thường 2 máy cho 1 gương) hoặc bằng khung khoan, trên khung đặt 8 - 10 máy khoan có tay búa. Điều này cho phép nhanh chóng chuyển mức khoan dễ dàng.



Hình 8.7: Đào hầm tiết diện lớn

a) Khoan; b) Thải đá;

1. khung khoan; 2. neo bê tông; 3. ô-tô tự đổ.

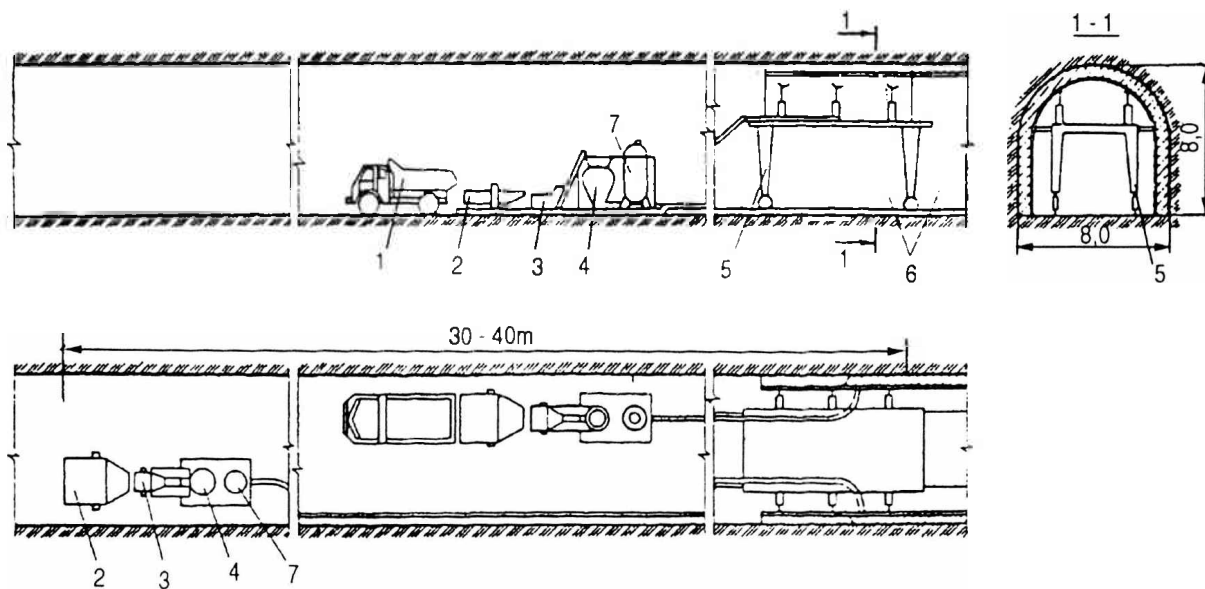
Việc dựng vòm chống tạm phần lớn thực hiện bằng các máy nâng thủy lực (theo kiểu máy nâng МШТС-2ТП do Liên Xô cũ chế tạo) và tiến hành ngay sau khi thải đá. Việc khoan lỗ đặt neo được tiến hành đồng thời với khoan gương. Khi có khung khoan thì công tác gia cố tiến hành song song với công tác khoan gương.

Công tác xúc đá được tiến hành bằng các máy xúc hoạt động liên tục cỡ lớn (như loại ПНБ-3Д, ПНБ-4 do Liên Xô cũ chế tạo) hoặc các máy xúc gầu có cần xúc ngắn với dung tích gầu 1,25 - 2,0m³ (như kiểu ЭО-5114). Một loại máy xúc theo kiểu máy ủi (hoặc bánh lốp) có gầu chứa 3-4m³ đổ qua thân máy hoặc đổ sườn cũng rất triển vọng trong thi công hầm và hiện nay đã được sử dụng phổ biến ở Việt Nam.

Để vận chuyển thải đá chủ yếu dùng các loại ô tô tự đổ, tải trọng 8-10t (các loại xe KAMAZ-5511, MA3-508; MoA3-6401...). Khi khoảng cách vận chuyển ngắn $\leq 1\text{km}$ có thể dùng các loại goòng tự hành hoặc các loại máy xúc - chuyên.

Các loại thiết bị công nghệ phụ trợ trong trường hợp này là các loại máy nâng có tầm với đến 12m, các loại máy ủi công suất lớn để gom đá, làm sạch nền hầm v.v. Để lắp đặt các khung cốt thép người ta dùng các loại cầu kiểu máy ủi có cần ngắn và sức nâng đến 10t.

Việc đổ bê tông vỏ hầm (hình 8.8) được tiến hành song song với công tác khoan đào với khoảng cách công nghệ 200 - 280m. Các ván khuôn cơ giới hoá theo kiểu nhiều đốt đảm bảo cho việc đổ bê tông vòm và tường đồng thời hoặc chỉ cho phần trên của vỏ. Khi chiều dày vỏ hầm lớn hơn 80cm người ta sử dụng ván khuôn lắp ghép theo kiểu vòm chu bin. Việc lắp và tháo ván khuôn tiến hành nhờ thiết bị chuyên dụng như thi công vỏ hầm lắp ghép. Việc cấp bê tông từ ngoài vào gương bằng các loại ô tô tự đổ hoặc loại xe tự trộn (kiểu C-1036, C-1042). Việc đổ bê tông vào ván khuôn bằng bơm pistông hai cấp hoặc máy đổ khí nén hai thùng chứa (2AIBY-800).

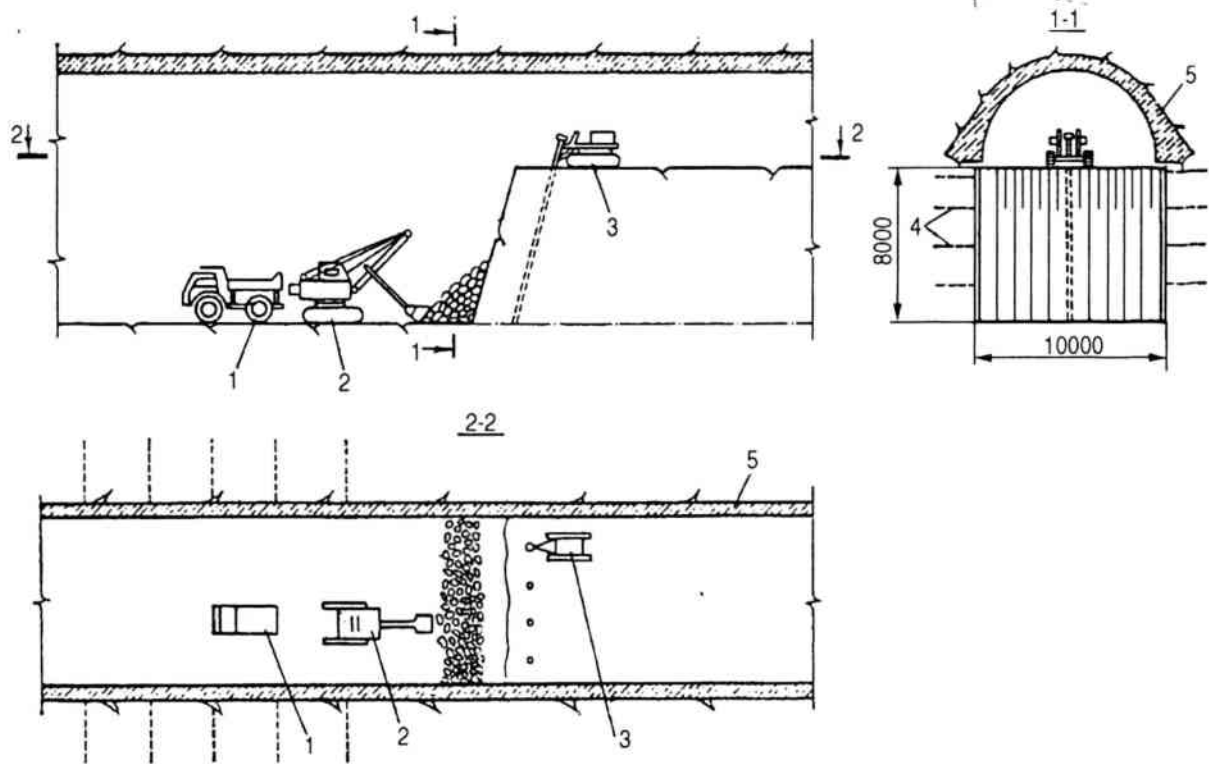


Hình 8.8: Đổ bê tông vỏ hầm tiết diện lớn

1. ô tô tự đổ; 2. thùng chứa trung gian; 3. thiết bị nâng; 4. máy bơm bê tông;
5. ván khuôn di động; 6. các đốt ván khuôn; 7. bộ phận phân phối

Đào bậc dưới hầm được bắt đầu sau khi kết thúc bê tông phần vòm. Để hạ bậc dưới có thể dùng các loại máy khoan công suất lớn. Khi bậc cao hơn 4m người ta thường dùng lỗ khoan xiên đường kính lớn để đào bậc dưới. Điều đó cho phép dùng các thiết bị khoan tự hành (kiểu CBY-100Г của Liên Xô cũ) để khoan các lỗ mìn loại này. Khi chiều cao bậc nhỏ hơn 4m thì việc khoan gương phải dùng các thiết bị khoan lỗ mìn đường kính nhỏ như khoan bậc trên của hầm (hình 8.9).

Khi khối lượng đá nổ ra lớn, để xúc đá người ta dùng các loại máy xúc gầu với dung tích gầu 2-3m³. Chuyển đá ra ngoài bằng ô tô tự đổ tải trọng lớn (kiểu như MoA3-6401, БЕЛАЗ-540 của Liên Xô cũ).



Hình 8.9: Đào bậc dưới hầm tiết diện lớn

1. ô tô tự đổ; 2. máy xúc; 3. máy khoan; 4. neo bê tông cốt thép gia cố vách;
5. vỏ hầm vĩnh cửu phần vòm.

Các thiết bị công nghệ phụ trợ như máy ủi, máy nâng, cần cẩu có sức nâng đến 20t.

Việc gia cố tạm vách hầm được tiến hành song song với công tác xúc bốc. Ở những chỗ vách hang ổn định cho phép để gia cố tạm chậm sau một bước đào. Do tác động của sóng nổ mìn nên việc đổ bê tông tường và đáy hầm được tiến hành song song với khoảng cách tối thiểu 300 - 350m. Tốc độ đào bậc dưới 150 - 200m/tháng.

Việc đổ bê tông tường được tiến hành bằng cách dùng ván khuôn cơ giới hoá với chiều dài mỗi đốt đổ bê tông 8 - 12m. Việc đổ bê tông vào khối đổ bằng bơm hoặc thiết bị cầu hoặc nâng kết hợp với máng.

Việc đổ bê tông lót đáy tiến hành khi đã kết thúc bê tông tường và xử lý xong mối nối công nghệ. Đổ bê tông đáy có thể toàn bộ một lúc hoặc chia làm hai rải dọc hầm (khi nhịp hang lớn hơn 10m). Để đổ bê tông đáy người ta thường dùng một tổ hợp tự hành để chuyển và phân phối bê tông đều trong khối đổ. Việc làm chặt bê tông bằng đầm sâu và đầm bàn (đầm mặt). Công tác cốt thép phải đi trước một bước. Tốc độ đổ bê tông đáy là 200 - 300 m/tháng.

Khi đào từng bộ phận hang (phương pháp vòm trước, phương pháp nhân đỡ), việc đào hang dần tiến hành theo sơ đồ công nghệ như đối với hầm tiết diện bé. Khi quyết định tiết diện hang dần không nên chỉ chú ý với việc ổn định của hang trong quá trình đào mà phải chú ý đến sơ đồ vận chuyển vì trong nhiều trường hợp nó quyết định tiến độ đào hầm nói chung.