NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT CÁC ĐIỀU KIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP HỢP LÝ ĐỂ TÍNH TOÁN LỰA CHỌN CÁC THIẾT BỊ THI CÔNG ĐƯỜNG HẦM TIẾT DIỆN LỚN

GS.TS. VÕ TRỌNG HÙNG
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Trên thực tế, vấn đề lựa chọn các thiết bị thi công có ý nghĩa quan trọng nhằm đảm bảo hiệu quả cho toàn bộ quá trình xây dựng công trình ngầm. Việc lựa chọn đúng số lượng, chủng loại các thiết bị thi công chủ yếu trong dây chuyền công nghệ sẽ tạo nên các điều kiện thuận lợi giúp cho quá trình xây dựng công trình ngầm tiết diện lớn diễn ra nhịp nhàng, loại bỏ hiện tượng ách tắc, đạt hiệu quả cao trong một chu kỳ thi công.

Cho đến nay số lượng, chủng loại của các thiết bị chính trong dây chuyền công nghệ xây dựng công trình ngầm tiết diện lớn vẫn chỉ được lựa chọn dựa trên kinh nghiệm, mang tính định tính, thiếu cơ sở khoa học. Dưới đây giới thiệu kết quả nghiên cứu bước đầu đề xuất một số điều kiện, phương pháp hợp lý để tính toán lựa chọn các thiết bị thi công đường hầm tiết diện lớn nhằm thoả mãn yêu cầu tổ chức hợp lý quá trình thi công.

1. Một số vấn đề lý thuyết tổ chức thi công toàn tiết diện cho công trình ngầm tiết diện lớn bằng phương pháp khoan nổ mìn

Quá trình xây dựng công trình ngầm tiết diện lớn sẽ sử dụng nhiều phương pháp, sơ đồ công nghệ thi công khác nhau. Trên thực tế, các sơ đồ thi công công trình ngầm tiết diện lớn đều có mối liên hệ ở những mức độ khác nhau với sơ đồ thi công toàn tiết diện bằng phương pháp khoan nổ mìn. Đây là sơ đồ công nghệ thi công cơ bản, cơ sở, có thể sử dụng từng phần hay toàn phần trong các sơ đồ công nghệ xây dựng phù hợp khác nhau trên thực tế.

Khi xây dựng công trình ngầm tiết diện lớn bằng phương pháp khoan nổ mìn trên toàn tiết diện, một chu kỳ thi công bao gồm các công việc chính như sau [1], [2]:

- ❖ Các công tác chuẩn bị bắt đầu chu kỳ thi công;
- ❖ Đánh dấu các lỗ mìn trên gương thi công;
- ❖ Khoan các lỗ khoan trên gương thi công;
- ❖ Nạp mìn cho các lỗ khoan và tiến hành công tác kích nổ mìn;
- ❖ Thông gió cho gương thi công và các khu vực lân cận cần thiết;
- ❖ Kiểm tra gương và đưa gương thi công vào trạng thái an toàn;
- ❖ Chống giữ tạm thời;
- ❖ Xúc bốc và vận chuyển đất đá;
- ❖ Các công tác phụ trợ khác phục vụ cho quá trình thi công công trình ngầm.

Trong đó, hai công việc chủ yếu chiếm nhiều thời gian nhất là: công tác khoan các lỗ khoan trên gương thi công; công tác xúc bốc và vận chuyển đất đá [1], [2].

Trong công nghệ thi công công trình ngầm tiết diện lớn, toàn bộ công tác chống giữ cố định thường không nằm trong thành phần của chu kỳ đào-chống tạm trên đây. Công tác chống cố định thường được tiến hành tại thời điểm sau khi hoàn thành toàn bộ quá trình đào-chống tạm thời cho công trình ngầm hoặc trên một khoảng cách phù hợp nhất định tính từ gương thi công [1], [2].

Khi thiết lập chu kỳ tổ chức thi công, vấn đề sáng tạo có ý nghĩa rất lớn trong quá trình tổ chức toàn bộ các công việc trong chu kỳ để tăng nhanh tốc độ xây dựng. Trong quá trình thiết lập chu kỳ thi công, mối liên hệ tương tác hợp lý giữa đại lượng thời gian của một chu kỳ thi công "T_{ck}" và đại lượng thời gian của một ca công tác "T_{ca}" đảm bảo chế độ làm việc liên tục cho tất cả các máy móc, thiết bị thi công có ý nghĩa quan trọng. Điều này có thể thực hiện thông qua giải pháp lựa chọn chuẩn xác số lượng, chủng loại máy móc, thiết bị dự trữ để có thể loại bỏ hiện tượng phải sửa chữa chúng ngay tại gương thi công công trình ngầm [1], [2].

Khi thiết lập biểu đồ tổ chức chu kỳ cần cố gắng sao cho thời gian của một chu kỳ thi công "T_{ck}" phải bằng bội số của thời gian một ca công tác "T_{ca}" [1]:

$$T_{ck}=(n_{ca}.T_{ca}), \text{ giờ.} \quad (1)$$

Tại đây: T_{ck} - Thời gian của một chu kỳ thi công công trình ngầm, giờ; n_{ca} - Số lượng ca công tác

trong một ngày-đêm; n_{ca}=1÷4; T_{ca} - Thời gian của một ca công tác, giờ; T_{ca}=(6; 7 hoặc 8 giờ). Thông thường T_{ck}≤24 giờ - Nghĩa là, thời gian của một chu kỳ thi công công trình ngầm không nên chọn lớn hơn một ngày-đêm.

Điều kiện (1) sẽ cho phép chuyên môn hoá các nhóm thợ trong đội thợ thi công. Khi cho trước chủng loại máy khoan, máy xúc bốc, máy vận tải, điều kiện (1) thường được kết hợp với các yêu cầu gia tăng tốc độ xây dựng thông qua các giải pháp lựa chọn sơ đồ tổ chức thi công hợp lý. Sơ đồ tổ chức thi công hợp lý phải chứa các thông số kỹ thuật-công nghệ-thiết bị... phù hợp như sau: chiều sâu lỗ khoan; bước tiến gương thi công; thời gian một chu kỳ công tác; số lượng và chủng loại các thiết bị khoan, xúc bốc, vận tải; sơ đồ chuyển động của các thiết bị thi công trong khu vực gương công tác... [1].

Trên thực tế, thời gian của một chu kỳ thi công "T_{ck}" sẽ bằng tổng của các đại lượng thời gian thực hiện các công việc trong toàn bộ một chu kỳ thi công công trình ngầm tiết diện lớn [1]:

$$T_{ck}=(T_{kh}+T_{xb}+T_{ph}),\ \text{giờ}. \qquad (2)$$

Tại đây: T_{kh} - Thời gian khoan các lỗ khoan trên gương, giờ; T_{xb} - Thời gian xúc bốc đất đá, giờ; T_{ph} - Thời gian của các công tác phụ trợ trong chu kỳ thi công, giờ.

Thời gian của các công tác phụ trợ trong chu kỳ thi công "T_{ph}" có thể được phân chia thành hai phần "$T_{ph.1}$", "$T_{ph.2}$" như sau [1]:

$$T_{ck}=(T_{ph.1}+T_{ph.2}),\ \text{giờ}. \qquad (3)$$

Tại đây: $T_{ph.1}$ - Thời gian thực hiện các công tác chuẩn bị và kết thúc sau khi khoan lỗ khoan (vận chuyển, lắp đặt, đưa vào-chuyển ra các thiết bị khoan trong khu vực gương thi công, thời gian đánh dấu các lỗ khoan, thời gian nạp và nổ mìn), giờ; $T_{ph.2}$ - Thời gian thông gió, đưa gương vào trạng thái an toàn, thời gian vận chuyển máy xúc vào-ra khỏi gương thi công, thời gian trao đổi-điều phối các thiết bị vận tải, thời gian chống giữ tạm thời..., giờ.

Các công tác phụ trợ khác còn lại trong chu kỳ thi công sẽ được tiến hành song song với các công việc chính trên đây.

Kinh nghiệm thực tế cho thấy, sơ đồ tổ chức chu kỳ thi công sẽ trở nên hợp lý nhất khi các điều kiện sau đây đồng thời được thoả mãn [1]:

$$T_{kh}=\left(T_{ca}-T_{ph.1}\right),\ \text{giờ}. \qquad (4)$$

$$T_{xb}=\left[T_{ca}.(n_{ca}-1)-T_{ph.2}\right],\ \text{giờ}. \qquad (5)$$

Các mối quan hệ (4), (5) do các nhà khoa học Nga [1] đề xuất nhằm tổ chức chu kỳ thi công hợp lý. Các mối quan hệ này cho thấy: để có thể thiết lập sơ đồ tổ chức chu kỳ hợp lý cho quá trình thi công công trình ngầm tiết diện lớn, người thiết kế nên dành riêng một ca công tác cho công tác khoan lỗ khoan; các ca còn lại sẽ sử dụng để xúc bốc-vận chuyển đất đá và hoàn thành các công tác chính còn lại của chu kỳ. Các công tác phụ trợ khác sẽ được thực hiện song song với các công việc chính trong chu kỳ thi công. Đây là vấn đề quan trọng cần lưu ý khi nghiên cứu lựa chọn thiết bị thi công công trình ngầm tiết diện lớn.

Theo chúng tôi, các thiết bị thi công chủ yếu (thiết bị khoan lỗ khoan, thiết bị xúc bốc đất đá) phải được lựa chọn trên cơ sở thoả mãn đồng thời hai điều kiện (4), (5). Vì khi đó chúng ta mới có thể thoả mãn yêu cầu hoàn thành toàn bộ các công tác thi công trong giới hạn của khoảng thời gian một chu kỳ thi công đã chọn trước theo kinh nghiệm hay theo những điều kiện cho trước cụ thể nào đó.

2. Nghiên cứu đề xuất các điều kiện, phương pháp hợp lý để lựa chọn thiết bị khoan lỗ khoan

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, các điều kiện hợp lý để lựa chọn thiết bị khoan lỗ khoan thi công công trình ngầm tiết diện lớn có thể được tìm ra theo trình tự như sau.

Đầu tiên, xác định thời gian khoan các lỗ khoan trên gương có thể theo công thức [1], [2]:

$$T_{kh}=\left(\frac{N.l_{lk}}{\varphi_1.\beta_1.m_{kh}.v_{kh}}\right),\ \text{giờ}. \qquad (6)$$

Tại đây: N - Số lượng lỗ khoan trên gương; l_{lk} - Chiều dài trung bình của các lỗ khoan nổ mìn trên gương thi công, m; φ_1 - Hệ số sử dụng thời gian khoan; φ_1=0,75÷0,9; β_1 - Hệ số làm việc đồng thời của các máy khoan; β_1=0,7÷0,9; m_{kh} - Số lượng máy khoan hoạt động trên gương; v_{kh} - Tốc độ khoan lý thuyết các lỗ khoan trên gương, m/giờ.

Sau khi kết hợp hai điều kiện (4) và (6) ta có:

$$\left(T_{ca}-T_{ph.1}\right)=\left(\frac{N.l_{lk}}{\varphi_1.\beta_1.m_{kh}.v_{kh}}\right). \qquad (7)$$

Từ mối quan hệ (7), chúng ta có thể dễ dàng rút ra điều kiện như sau:

$$\left(m_{kh}.v_{kh}\right)=\left[\frac{N.l_{lk}}{\varphi_1.\beta_1.\left(T_{ca}-T_{ph.1}\right)}\right]. \qquad (8)$$

Điều kiện (8) chính là cơ sở quan trọng để lựa chọn chủng loại và số lượng máy khoan trên gương thi công.

Tiếp theo, việc lựa chọn số lượng và chủng loại máy khoan để thi công công trình ngầm tiết diện lớn có thể được tiến hành theo hai hướng sau đây:

❖ Hướng thứ nhất - Chọn trước số lượng máy khoan hoạt động đồng thời trên gương "m_{kh}" từ các điều kiện sau: tổ chức công tác khoan hợp lý; mức

độ ảnh hưởng ít nhất từ các máy khoan hoạt động đồng thời trên gương. Từ đây, theo mối quan hệ (8), giá trị tốc độ khoan "v_{kh}" cần thiết đảm bảo điều kiện hợp lý tổ chức chu kỳ thi công sẽ có thể xác định theo công thức:

$$v_{kh} = \left[\frac{N.l_{lk}}{m_{kh}.\varphi_1.\beta_1.(T_{ca} - T_{ph.1})} \right]. \quad (9)$$

Giá trị tốc độ khoan "v_{kh}" xác định theo công thức (9) là điều kiện cần thiết để người thiết kế có thể lựa chọn thiết bị khoan phù hợp trong hoàn cảnh thực tế.

❖ Hướng thứ hai - Chọn trước chủng loại máy khoan theo những điều kiện thực tế. Từ đây, người thiết kế sẽ xác định giá trị tốc độ khoan "v_{kn}" máy khoan có thể đạt được trong điều kiện thực tế. Tiếp theo, theo mối quan hệ (8), số lượng máy khoan lớn nhất "m_1" hoạt động đồng thời trên gương có thể xác định theo công thức:

$$m_{kh} = \left[\frac{N.l_{lk}}{v_{kh}.\varphi_1.\beta_1.(T_{ca} - T_{ph.1})} \right]. \quad (10)$$

Giá trị số lượng máy khoan lớn nhất "m_1" xác định theo công thức (10) là điều kiện cần thiết để người thiết kế có thể lựa chọn số lượng thiết bị khoan phù hợp trong hoàn cảnh thực tế.

Như vậy, sau khi chọn trước các điều kiện hợp lý tổ chức một chu kỳ thi công và sử dụng các công thức (9), (10), chúng ta có thể đề xuất phương pháp hợp lý lựa chọn các thiết bị khoan các lỗ khoan trên gương thi công.

Phương pháp lựa chọn các thiết bị khoan các lỗ khoan thi công công trình ngầm tiết diện lớn cụ thể bao gồm các bước sau đây:

❖ Bước 1 - Lựa chọn thời gian của một ca công tác "T_{ca}", số lượng ca công tác "n_{ca}" trong một chu kỳ thi công;

❖ Bước 2 - Lựa chọn thời gian "$T_{ph.1}$" cho các công tác chuẩn bị và kết thúc sau khi khoan lỗ khoan (vận chuyển, lắp đặt, đưa vào-chuyển ra các thiết bị khoan trong khu vực gương thi công, thời gian đánh dấu các lỗ khoan, thời gian nạp và nổ mìn) theo kinh nghiệm. Đối với công trình ngầm tiết diện lớn có thể chọn sơ bộ $T_{ph.1}$=1,5 giờ [1];

❖ Bước 3 - Tính toán số lượng lỗ khoan trên gương "N";

❖ Bước 4 - Lựa chọn hoặc tính toán chiều sâu lỗ mìn lý thuyết trung bình "l_{lk}" theo một phương pháp nào đó. Tiếp theo, số lượng và chủng loại máy khoan sẽ được lựa chọn theo một trong hai hướng tại hai bước 5 hoặc 6 tuỳ theo điều kiện cụ thể;

❖ Bước 5 - Xác định số lượng và chủng loại máy khoan theo hướng thứ nhất - Chọn trước số lượng máy khoan "m_{kh}" và xác định chủng loại máy khoan cần thiết: đầu tiên chọn trước số lượng máy khoan hoạt động hợp lý trên gương; sau đó, tính giá trị tốc độ khoan cần thiết "v_{kh}" theo công thức (9); từ giá trị "v_{kh}" đã xác định sẽ tiến hành lựa chọn chủng loại máy khoan phù hợp;

❖ Bước 6 - Xác định số lượng và chủng loại máy khoan theo hướng thứ hai - Chọn trước chủng loại máy khoan và xác định số lượng máy khoan cần thiết: đầu tiên chọn trước chủng loại máy khoan phù hợp và tốc độ khoan "v_{kh}" tương ứng; sau đó số lượng máy khoan lớn nhất "m_{kh}" có thể hoạt động đồng thời trên gương sẽ được xác định theo công thức (10). Giá trị số lượng máy khoan "m_{kh}" vừa xác định phải được kiểm tra lại theo các điều kiện sau: tổ chức công tác khoan tốt nhất; mức độ ảnh hưởng lẫn nhau ít nhất từ các máy khoan hoạt động đồng thời trên gương từ các điều kiện thi công thực tế.

3. Nghiên cứu đề xuất các điều kiện, phương pháp hợp lý lựa chọn thiết bị xúc bốc đất đá

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, các điều kiện hợp lý để lựa chọn thiết bị xúc bốc đất đá để thi công công trình ngầm tiết diện lớn có thể được tìm ra theo trình tự như sau.

Đầu tiên, thời gian xúc bốc đất đá có thể xác định theo công thức [1], [2]:

$$T_{xb} = \left(\frac{l_{lk}.\eta.S_{tc}.\mu.k_{nr}}{n_{xb}.P_{xb}} \right), \text{ giờ.} \quad (11)$$

Tại đây: η - Hệ số sử dụng lỗ mìn; η=0,8÷0,9; S_{tc} - Diện tích thi công của công trình ngầm tiết diện lớn, m^2; μ - Hệ số thừa tiết diện; k_{nr} - Hệ số nở rời của đất đá sau khi khoan nổ mìn; n_{xb} - Số lượng máy xúc bốc đất đá hoạt động đồng thời trên gương thi công; P_{xb} - Năng suất xúc bốc thực tế của đất đá nở rời sau khi khoan nổ mìn trên gương, m^3/giờ.

Sau khi kết hợp hai điều kiện (5) và (11) ta có:

$$[T_{ca}.(n_{ca} - 1) - T_{ph.2}] = \left(\frac{l_{lk}.\eta.S_{tc}.\mu.k_{nr}}{n_{xb}.P_{xb}} \right). \quad (12)$$

Từ mối quan hệ (12), chúng ta có thể dễ dàng rút ra điều kiện như sau:

$$(n_{xb}.P_{xb}) = \left[\frac{l_{lk}.\eta.S_{tc}.\mu.k_{nr}}{T_{ca}.(n_{ca} - 1) - T_{ph.2}} \right]. \quad (13)$$

Điều kiện (13) chính là cơ sở quan trọng để lựa chọn chủng loại và số lượng máy xúc bốc đất đá trên gương thi công.

Tiếp theo, việc lựa chọn số lượng, chủng loại máy xúc bốc đất đá để thi công công trình ngầm tiết diện lớn có thể được tiến hành theo hai hướng sau đây:

❖ Hướng thứ nhất - Chọn trước số lượng máy xúc bốc đất đá "n_{xb}" hoạt động trên gương từ các điều kiện sau: tổ chức công tác xúc bốc đất đá hợp lý; mức độ ảnh hưởng ít nhất giữa các máy xúc bốc đất đá hoạt động đồng thời trên gương. Từ đây, theo mối quan hệ (13), giá trị năng suất xúc bốc đất đá "P_{xb}" cần thiết đảm bảo điều kiện hợp lý tổ chức chu kỳ thi công sẽ có thể xác định theo công thức:

$$P_{xb} = \left\{ \frac{l_{lk}.\eta.S_{tc}.\mu.k_{nr}}{n_{xb}.\left[T_{ca}.(n_{ca}-1) - T_{ph.2}\right]} \right\}. \quad (14)$$

Giá trị năng suất xúc bốc đất đá "P_{xb}" xác định theo công thức (14) là điều kiện cần thiết để người thiết kế lựa chọn thiết bị xúc bốc đất đá phù hợp trong hoàn cảnh thực tế.

❖ Hướng thứ hai - Chọn trước chủng loại máy xúc bốc đất đá theo một điều kiện thực tế nào đó. Từ đây xác định được giá trị năng suất xúc bốc đất đá "P_{xb}" có thể đạt được của máy trong điều kiện thực tế. Tiếp theo, theo mối quan hệ (13), số lượng máy xúc bốc đất đá lớn nhất "n_{xb}" hoạt động đồng thời trên gương có thể xác định theo công thức:

$$n_{xb} = \left\{ \frac{l_{lk}.\eta.S_{tc}.\mu.k_{nr}}{P_{xb}.\left[T_{ca}.(n_{ca}-1) - T_{ph.2}\right]} \right\}. \quad (15)$$

Giá trị số lượng máy xúc bốc đất đá lớn nhất "n_{xb}" xác định theo công thức (15) là điều kiện cần thiết để người thiết kế lựa chọn số lượng thiết bị xúc bốc đất đá phù hợp trong hoàn cảnh thực tế.

Như vậy, sau khi chọn trước các điều kiện hợp lý tổ chức một chu kỳ thi công và sử dụng các công thức (14), (15), chúng ta có thể đề xuất phương pháp hợp lý lựa chọn các thiết bị xúc bốc đất đá trên gương.

Phương pháp lựa chọn các thiết bị xúc bốc đất đá khi thi công công trình ngầm tiết diện lớn cụ thể bao gồm các bước sau đây:

❖ Bước 1 - Lựa chọn thời gian của một ca công tác "T_{ca}", số lượng ca công tác "n_{ca}" trong một chu kỳ thi công;

❖ Bước 2 - Lựa chọn thời gian "$T_{ph.2}$" để thông gió, đưa gương vào trạng thái an toàn, thời gian vận chuyển máy xúc vào-ra khỏi gương thi công, thời gian trao đổi-điều phối các thiết bị vận tải, thời gian chống giữ tạm thời theo kinh nghiệm;

❖ Bước 3 - Tính toán diện tích thi công cho công trình ngầm tiết diện lớn "S_{tc}";

❖ Bước 4 - Lựa chọn hoặc tính toán chiều sâu lỗ mìn lý thuyết trung bình "l_{lk}" theo một phương pháp nào đó. Tiếp theo, số lượng và chủng loại máy xúc bốc đất đá sẽ được lựa chọn theo một trong hai hướng tại hai bước 5 hoặc 6 tuỳ theo điều kiện cụ thể;

❖ Bước 5 - Xác định số lượng và chủng loại máy xúc bốc theo hướng thứ nhất - Chọn trước số lượng máy xúc bốc và xác định chủng loại máy xúc bốc cần thiết: đầu tiên chọn trước số lượng máy xúc bốc "n_{xb}" hoạt động hợp lý trên gương; sau đó, tính giá trị năng suất xúc bốc cần thiết "P_{xb}" theo công thức (14); từ giá trị "P_{xb}" đã xác định sẽ tiến hành lựa chọn chủng loại máy xúc bốc đất đá phù hợp;

❖ Bước 6 - Xác định số lượng, chủng loại máy xúc bốc theo hướng thứ hai - Chọn trước chủng loại máy xúc bốc và xác định số lượng máy xúc bốc cần thiết: đầu tiên chọn trước chủng loại máy xúc bốc phù hợp và năng suất xúc bốc đất đá "P_{xb}" tương ứng; sau đó số lượng máy xúc bốc lớn nhất "n_{xb}" có thể hoạt động hợp lý đồng thời trên gương sẽ được xác định theo công thức (15). Giá trị máy xúc bốc "n_{xb}" vừa xác định phải được kiểm tra lại theo các điều kiện: tổ chức công tác xúc bốc đất đá hiệu quả; mức độ ảnh hưởng lẫn nhau ít nhất từ các máy xúc bốc hoạt động đồng thời trên gương từ các điều kiện thi công thực tế.

4. Kết luận

Phương pháp xác định các thiết bị khoan, xúc bốc đất đá trên đây được xây dựng trên cơ sở thoả mãn yêu cầu tổ chức hợp lý một chu kỳ công tác thi công công trình ngầm tiết diện lớn. Phương pháp này chưa xét tới một số yếu tố liên quan khác trong quá trình thi công. Ngoài ra, phương pháp này chỉ được sử dụng trong điều kiện số lượng ca công tác trong một chu kỳ thi công lớn hơn hoặc bằng hai ($n_{ca} \geq 2$). Vì vậy, kết quả nghiên cứu trên đây mới chỉ mang tính chất định hướng lớn trong quá trình lựa chọn, xác định các thiết bị thi công chủ yếu. Những kết quả nghiên cứu này có thể tạo nên cơ sở định lượng bước đầu để lựa chọn số lượng, chủng loại máy khoan, máy xúc bốc đất đá để thi công các công trình ngầm tiết diện lớn trên thực tế.❐

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Попов В. Л. Проектирование строительства подземных сооружений. Москва. Издателъство "Недра". 1989.

2. Картозия Б. А., Федунец Б. И., Шуплик М. Н. и другие. Шахтное и подземное строительство. Издателъство Академии Горных Наук. Москва. 2003. Том 1.

Người biên tập: Hồ Sỹ Giao

SUMMARY

The paper shows some results of study on the estimating the proper conditions to calculate and choose the equipments driving underground constructions.