

# CÁC THAM SỐ CÔNG NGHỆ VÀ LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA HIỆN TRƯỜNG CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG PHUN CHỐNG GIỮ ĐƯỜNG HẦM

TS. ĐÀO VIẾT ĐOÀN, ThS. TĂNG VĂN LÂM  
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Hiện nay khi thi công các đường hầm giao thông một trong những phương pháp thi công thường được áp dụng là phương pháp đào hầm mới của Áo (NATM). Trong phương pháp NATM bê tông phun có thể sử dụng độc lập hoặc kết hợp với kết cấu chống khác làm kết cấu chống tạm thời trong quá trình thi công. Mặc dù trên thế giới đã đạt được những tiến bộ cao về công nghệ bê tông phun và ở nước ta bê tông phun cũng đã được sử dụng khá phổ biến nhưng để phát huy được những ưu điểm loại hình kết cấu chống này một cách tốt nhất thì vẫn cần phải nghiên cứu các tham số kỹ thuật, công nghệ và lựa chọn phương pháp kiểm tra cường độ bê tông phun phù hợp cho từng công trình với các điều kiện cụ thể.

## 1. Các tham số công nghệ khi phun bê tông

Tham số công nghệ trong bê tông phun cho công trình ngầm chủ yếu bao gồm phân đoạn vùng phun, trình tự phun, chiều dày mỗi lớp phun, khoảng cách về thời gian giữa hai lớp phun, áp lực khí nén, áp lực nước, khoảng cách giữa vòi phun tới bề mặt phun và góc phun.

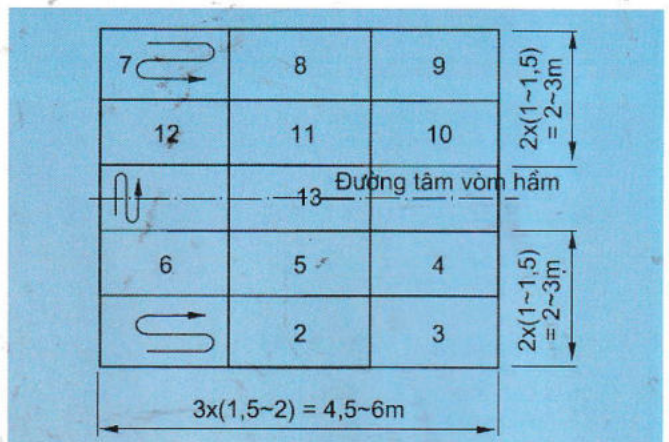
### 1.1. Phân vùng phun và trình tự phun bê tông trong công trình ngầm

❖ Khi phun bê tông trong công trình ngầm cần phải phân vùng phun, phân bộ phận phun, phân các mảng phun. Thông thường chiều dài đoạn phun theo chiều dài của đường hầm không nên lớn hơn 6 m, dựa vào diện tích đường hầm lại chia thành các bộ phận có chiều cao 1÷1,5 m, và các khoảng nhỏ bằng 1,5÷2 m để tiến hành công tác phun thể hiện như trên H.1.

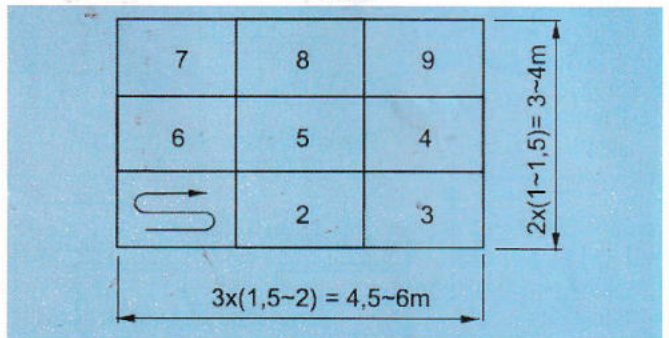
❖ Khi phun cần tuân thủ theo nguyên tắc phun phần tường trước phần nóc sau, phần dưới trước phần trên sau. Mục đích là phun xong phần dưới trước để làm bộ phận chống đỡ cho phần phun trên, để tránh hiện tượng trọng lượng của bê tông

phun dễ bị tách lớp chảy sệ, rơi vãi làm bẩn phần bề mặt chưa phun phía dưới không phun phần trên trước.

a)



b)



H.1. Trình tự và chia vùng phun trong thi công bê tông phun [1]: a - Phần nóc đường hầm; b - Phần tường đường hầm

❖ Khi phân mảng phun cần phun chuyển động theo hình chữ "S", một đoạn 6m phân thành 3 vùng nhỏ để phun và trình tự di chuyển vòi phun như mũi tên trong H.1. Đợt cho 3 vùng đầu tiên (1, 2, 3)

phun xong khoảng 30 giây thì tiếp tục phun đến các vùng 4, 5, 6 ở bên trên và cứ như vậy lặp lại chu kỳ phun cho đến hết chiều dài đường hầm.

**1.2. Chiều dày một lần phun và khoảng cách thời gian giữa hai lớp phun**

❖ Chiều dày một lần phun chủ yếu liên quan đến vị trí phun, lực dính kết giữa bê tông phun và bề mặt phun, đồng thời dựa vào các yếu tố: có hay không có chất phụ gia cho vào, yêu cầu về lượng rơi vãi,... để xác định chiều dày phun. Chiều dày phun không nên nhỏ hơn 2÷2,5 lần đường kính hạt cốt liệu lớn nhất, nếu không hạt cốt liệu lớn sẽ không bám được vào vữa xi măng cát mà bắn trở lại, làm cho bề mặt phun chỉ bám được một lớp mỏng vữa bê tông phun, ảnh hưởng đến hiệu quả phun và chất lượng phun. Chiều dày một lần phun cũng không nên quá dày, nếu không sẽ xuất hiện hiện tượng bê tông phun bị chảy sệ và rơi xuống. Đặc biệt khi phun phần nóc đường hầm, bê tông phun dễ bị rơi (do tự trọng của nó), do đó khó đảm bảo được chất lượng của bê tông phun. Chiều dày lớp bê tông phun có thể tham khảo trong Bảng 1, khi chiều dày một lần phun nhỏ hơn 50 mm thì đường kính lớn nhất của cốt liệu lớn cũng cần giảm xuống cho phù hợp.

Bảng 1. Chiều dày lớp bê tông phun [1]

Công nghệ phun	Vị trí phun	Chiều dày một lần phun/mm	
		Có phụ gia đông cứng nhanh	Không có phụ gia đông cứng nhanh
Phương pháp phun khô	Phần tường	70÷100	50÷70
	Phần vòm	50÷60	30÷40
Phương pháp phun ướt	Phần tường	80÷150	-
	Phần vòm	60÷100	-

Ghi chú: Phun lần đầu lấy giá trị bé, phun lần thứ 2 trở đi lấy giá trị lớn.

❖ Lớp phun sau được tiến hành khi lớp phun trước đã đông cứng, khoảng cách giữa hai lần phun phụ thuộc vào loại xi măng, loại phụ gia đông cứng nhanh, tỷ lệ N/X, công nghệ phun, điều kiện khí hậu,... Khi nhiệt độ khoảng 15÷20 °C, dùng xi măng poóc-lăng có sử dụng phụ gia đông cứng nhanh thì khoảng cách giữa hai lớp phun trong khoảng 15÷20 phút. Nếu phun lớp thứ 2 sau khi bê tông phun ninh kết 1 giờ thì cần dùng nước hoặc khí nén làm sạch bề mặt phun.

**1.3. Áp lực khí nén và áp lực nước**

❖ Áp lực phun là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến lượng rơi vãi và lượng bụi. Nếu áp lực quá lớn làm cho tốc độ phun cao, cốt liệu đập vào bề mặt phun và bắn trở lại làm tăng lượng rơi vãi, nếu áp lực quá nhỏ làm cho lực phun yếu thì cốt liệu không đủ lực dính bám vào biên công trình ngầm. Áp lực phun nên khống chế trong khoảng 0,15÷0,2 MPa là hợp lý.

❖ Khi máy phun sử dụng khí nén thì áp lực khí nén quyết định đến áp lực ở đầu vòi phun. Áp lực khí nén có quan hệ chặt chẽ với khoảng cách vận chuyển hỗn hợp vật liệu, độ cong của ống dẫn vật liệu, độ thô nhám của thành ống phun, tỷ lệ hỗn hợp bê tông, tỷ lệ nước,... Áp lực công tác tăng tỷ lệ thuận với chiều dài dẫn hỗn hợp vật liệu bê tông phun. Khi vận chuyển theo phương ngang trong khoảng 200 m, áp lực công tác của máy phun  $P_w$  có thể áp dụng công thức sau để tính toán [1]:

$$P_w = (P_n + 0,001.L) \tag{1}$$

Trong đó:  $P_n$  - Áp lực đầu vòi phun, MPa, máy phun khô lấy bằng 0,1 MPa, máy phun ướt lấy bằng 0,15÷0,18 MPa; L - Chiều dài đường ống dẫn vật liệu, m.

❖ Thông thường chiều dài đường ống phun tăng thêm 100 m theo phương ngang thì áp lực công tác tăng từ 0,08÷0,1 MPa; theo phương thẳng đứng từ trên xuống thì áp lực công tác tăng từ 0,08÷0,1 MPa; theo phương thẳng đứng từ dưới lên trên nếu chiều dài đường ống phun tăng thêm 10 m thì áp lực công tác lớn hơn áp lực theo phương ngang 0,02÷0,03 MPa.

❖ Áp lực nước cho phương pháp phun khô nên lớn hơn 0,2 MPa so với phương pháp phun ướt, để nước có thể trộn đều với hỗn hợp khô.

**1.4. Khoảng cách từ đầu vòi phun đến bề mặt phun và góc phun**

❖ Khoảng cách từ đầu vòi phun đến bề mặt phun phụ thuộc vào áp lực phun, thông thường phun khô khoảng cách này bằng 0,8÷1,2 m, phun ướt là 1,5÷2 m. Lúc này lực va đập phun phù hợp, cốt liệu lớn dễ ăn sâu vào vữa bê tông phun, đồng thời chiều dày một lần phun cũng lớn, lượng rơi vãi nhỏ, nồng độ bụi nhỏ. Khi vòi phun vuông góc với bề mặt phun, bê tông phun sẽ được nén chặt tốt nhất, nhưng dễ làm tổn hại đến các lớp đã phun trước, lượng bật lại và rơi vãi cũng lớn. Do vậy đầu vòi phun nên gần vuông góc với bề mặt phun, đồng thời hơi lệch một chút (khoảng không lớn hơn 10°), nếu bề mặt phun có cốt thép thì khoảng cách từ vòi phun đến bề mặt phun có thể nhỏ hơn 0,6 m, góc phun có thể lệch một chút (không cần phun vuông góc), chiều dày lớp phun cần phủ lên cốt thép lớn hơn 20 mm.

❖ Để làm chặt bê tông phun trên bề mặt phun, vòi phun thường xoay theo hình xoắn ốc với tốc độ đều, đường kính xoắn ốc khoảng 200÷300 mm. Nếu phun theo quỹ đạo xoắn ốc hình elíp thì trục ngắn khoảng 150÷200 mm, trục dài 400÷600 mm. Tại đầu vòi phun có thể sử dụng loại ống phun nhựa mềm với đường kính bằng 100 m chiều dài bằng 0,8÷1 m. Ống phun này có thể làm cải thiện thủy hóa của xi măng, làm cho bê tông phun tập trung và hạt cốt liệu lớn bật lại không gây nguy hại đến người phun.

## 2. Các phương pháp kiểm tra hiện trường cường độ của bê tông phun

Các phương pháp kiểm tra hiện trường để kiểm tra cường độ của bê tông phun bao gồm: phương pháp kéo nhỏ, phương pháp bắn đinh, phương pháp búa nảy, phương pháp siêu âm, phương pháp tổng hợp siêu âm và bắn nảy, phương pháp tải trọng điểm, phương pháp bóc tách và phương pháp dò ra đa. Các phương pháp này đều dễ thực hiện, cho kết quả nhanh, chi phí thấp, độ chính xác cao.

### 2.1. Phương pháp kéo nhỏ

Phương pháp kéo nhỏ chia làm 2 loại: phương pháp chôn lắp trước và phương pháp chôn lắp cơ cấu kéo sau mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm riêng.

Đối với bê tông phun thích hợp sử dụng phương pháp chôn lắp cơ cấu kéo sau, trong thực tế trên bề mặt phun tiến hành khoan lỗ sau đó cắt rãnh lắp đặt kết cấu neo kéo nhỏ và thiết bị sau đó tiến hành kéo nhỏ, dựa vào lực kéo nhỏ để xác định cường độ của bê tông phun, thường thì chiều sâu cơ cấu kéo nhỏ khoảng 25 mm, nếu quá sâu sẽ khó kéo nhỏ, nếu quá nông sẽ không thể phản ánh được cường độ bên trong của bê tông phun. Ưu điểm của phương pháp này là phá hủy kết cấu nhỏ, thời gian tiến hành thí nghiệm ngắn, nhanh, chi phí kiểm tra thấp. Nhược điểm công tác chuẩn bị nhiều, thông qua thí nghiệm để thiết công thức cường độ liên quan, để nâng cao hiệu quả kiểm tra thử nghiệm có thể tại các vị trí kiểm tra thử nghiệm khoan lỗ trước sau đó thay mũi khoan cắt rạch, tiến hành khoan tạo rạch với tất cả các lỗ xong thì lắp đặt cơ cấu kéo nhỏ và tiến hành thí nghiệm kéo, hiện nay trong và ngoài nước có rất nhiều các bộ dụng cụ thiết bị kéo nhỏ có thể lựa chọn tương ứng với các quy chuẩn thí nghiệm.

### 2.2. Phương pháp bắn đinh

Phương pháp bắn đinh sử dụng cơ cấu bắn đinh bắn vào bề mặt bê tông phun, dựa vào độ sâu của đinh để xác định cường độ của bê tông phun. Phương pháp này thao tác đơn giản, không làm

phá hủy đến kết cấu của bê tông phun nhưng cũng cần xây dựng công thức liên quan đến cường độ.

### 2.3. Phương pháp búa nảy

Phương pháp này sử dụng búa nảy bắn vào bề mặt bê tông phun, dựa vào độ nảy của cần đập để xác định cường độ của bê tông phun, phương pháp này đơn giản nhưng cũng cần xây dựng công thức chuyển đổi ra cường độ, ngoài ra kết quả của phương pháp này còn phụ thuộc nhiều vào trạng thái bề mặt bắn, và chỉ xác định được cường độ bề mặt của bê tông phun, còn cường độ sâu bên trong thì không thể xác định được. Chính vì vậy đây chỉ là phương pháp phụ trợ để xác định cường độ bê tông phun.

### 2.4. Phương pháp siêu âm

Dựa vào thời gian và khoảng cách lan truyền sóng siêu âm tính toán mô đun đàn hồi và hệ số poat xông, mật độ, mô đun đàn hồi động liên quan đến cường độ của bê tông phun, nhưng mối liên hệ này cũng chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như loại cốt liệu, tỷ lệ N/X, tỷ lệ cốt liệu, ngoài ra còn phải thông qua thiết lập công thức liên quan, phương pháp này có độ sai số lớn, khi sử dụng kiểm tra cường độ của bê tông có độ khó nhất định, phương pháp này sử dụng khá tốt để kiểm tra tính đồng nhất và tồn tại các khe nứt lỗ rỗng của kết cấu bê tông phun.

### 2.5. Phương pháp tổng hợp bắn nảy và siêu âm

Phương pháp này tổng hợp giá trị bắn nảy và tốc độ truyền sóng siêu âm xác định cường độ của bê tông phun, ưu điểm của phương pháp này là sử dụng hai tham số vật lý khác nhau để xác định cường độ của bê tông phun, có thể từ các góc độ khác nhau phản ánh quan hệ lượng nước với điều kiện đông cứng của bê tông phun, có thể phản ánh quan hệ lượng dùng xi măng và tổ hợp hạt cốt liệu và cũng có thể biết được trạng thái chất lượng bên trong và trên bề mặt của bê tông phun. Phương pháp này đạt được nhiều thông tin, nhưng mất nhiều thời gian và chi phí cao mà hiệu quả độ chính xác cường độ của bê tông phun cũng không cao.

### 2.6. Phương pháp tải trọng điểm

Phương pháp này sử dụng máy khoan để khoan mẫu có kích thước  $\phi$  50mm hoặc  $\phi$  30mm sau đó sử dụng thiết bị tải trọng điểm tiến hành kiểm tra cường độ bê tông phun tại hiện trường, mẫu thí nghiệm không cần tiến hành gia công chỉ cần kích thước chiều cao lớn hơn kích thước đường kính của mẫu là được, khi thử nghiệm tiến hành gia tải theo hướng kính dựa vào tải trọng phá hủy để tính cường độ của bê tông phun, phương pháp tải trọng điểm giảm được chi phí thí nghiệm

nhưng cũng phải tiến hành xây dựng công thức liên quan.

Phương pháp này chỉ cần loại hình máy thí nghiệm nhỏ tại hiện trường, dễ thao tác lấy mẫu và thông qua đo chiều dài của mẫu khoan có thể kiểm tra chiều dày lớp bê tông phun.

**2.7. Phương pháp kéo bóc tách**

Phương pháp này sử dụng chất dính kết có cường độ cao dính vào mặt tấm kiểm tra và dính lên bề mặt của lớp bê tông phun làm cho tấm thí nghiệm dính chặt vào mặt bê tông phun sau đó tiến hành kéo tấm sẽ làm cho lớp bê tông bị bóc tách khỏi bề mặt phun một độ sâu nhất định, dựa vào lực phá hủy khi bê tông phun bị bóc tách để tính toán cường độ; phương pháp này dễ thực hiện và thời gian kiểm tra nhanh.

**2.8. Phương pháp dò ra đa**

Phương pháp này sử dụng máy ra đa dò các khuyết tật và các vật bên trong bề mặt kết cấu bê tông phun, lợi dụng sóng điện từ để truyền các loại sóng từ khác nhau qua các lớp từ bề mặt bê tông phun vào phía bên trong kết cấu đồng thời nhận được các tín hiệu sóng hiển thị trên màn hình ra đa, thông qua phân tích đặc điểm quang phổ và các tham số sẽ biết được chiều dày và tính chất của kết cấu bê tông phun, phương pháp này ít được sử dụng để tính cường độ của bê tông phun vì cho kết quả sai lệch lớn.

**2.9. So sánh lựa chọn phương pháp kiểm tra cường độ bê tông phun**

Để đánh giá các phương pháp kiểm tra cường độ của bê tông phun theo các phương pháp trên ở đây đưa ra 4 tiêu chí đánh giá bao gồm: khả năng thực hiện, tính kinh tế, yếu tố độ nhanh về thời gian và độ tin cậy. Từ 4 tiêu chí này có thể biết được các ưu nhược điểm của từng phương pháp, Bảng 2 dưới đây sẽ so sánh các phương pháp theo các tiêu chí trên và phân ra làm 4 cấp đó là: tốt, khá tốt, trung bình và kém. Từ Bảng 2 có thể thấy rằng, phương pháp tải trọng điểm và phương pháp kéo nhỏ có ưu điểm hơn so với các phương pháp khác và thường được sử dụng rộng rãi tại hiện trường để kiểm tra nhanh cường độ của bê tông phun sau đây sẽ trình bày thêm về cách thức tiến hành kiểm tra của hai phương pháp này.

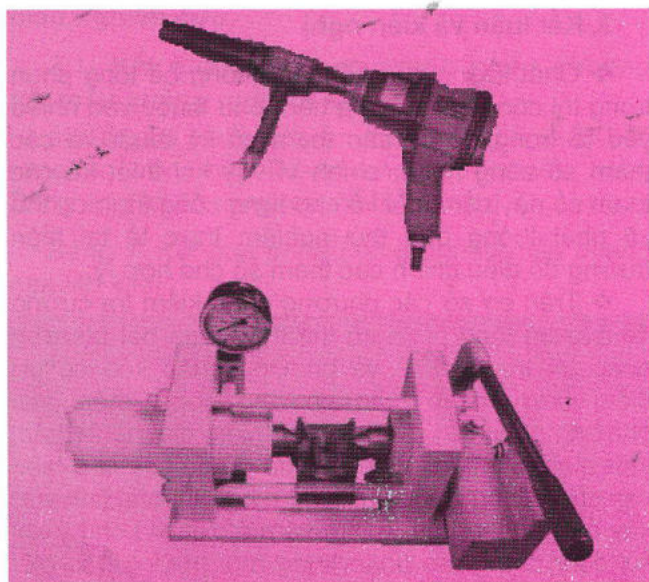
❖ Phương pháp tải trọng điểm

Đầu tiên dựa vào phương án kiểm tra thử nghiệm, dùng máy khoan ZQH6 để khoan lấy mẫu bê tông phun, khoan mẫu có kích thước  $\phi 30$  mm sau đó tại hiện trường sử dụng thiết bị HQC40 kiểm tra cường độ, tiến hành thử nghiệm tải trọng điểm đối với mẫu, sau khi kiểm tra cường độ với khối lượng lớn sẽ dựa vào quy

phạm để tiến hành xử lý phân tích kết quả và đưa ra kết quả cuối cùng.

Bảng 2. So sánh các phương pháp kiểm tra thử nghiệm cường độ của bê tông phun

Phương pháp kiểm tra	Khả năng thực hiện	Tính kinh tế	Độ nhanh về thời gian	Độ tin cậy
Phương pháp kéo nhỏ	Tốt	Tốt	Tốt	Khá tốt
Phương pháp bán dính	Tốt	Tốt	Tốt	Trung bình
Phương pháp bán nẩy	Tốt	Tốt	Tốt	Kém
Phương pháp siêu âm	Tốt	Tốt	Tốt	Kém
Phương pháp tổng hợp siêu âm và bán nẩy	Tốt	Tốt	Tốt	Kém
Phương pháp tải trọng điểm	Tốt	Tốt	Tốt	Khá tốt
Phương pháp bóc tách	Trung bình	Khá tốt	Trung bình	Trung bình
Phương pháp dò ra đa	Khá tốt	Khá tốt	Khá tốt	Kém

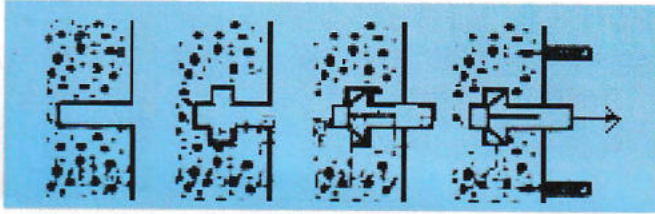


H.2. Thiết bị khoan ZQH6 và thiết bị tải trọng điểm HQC40

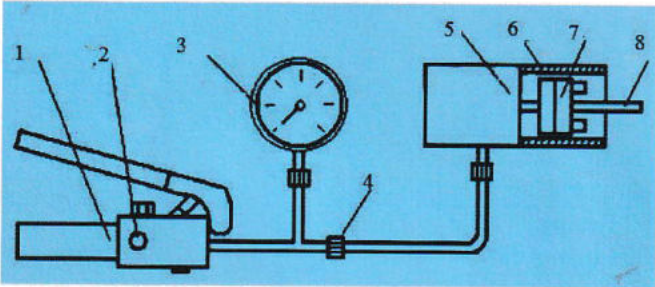
❖ Phương pháp kéo nhỏ

Dựa vào phương án kiểm tra thử nghiệm, sử dụng máy khoan lấy mẫu ZQH6 để tiến hành khoan lỗ trên bề mặt bê tông phun với kích thước  $\phi 10$  mm; sau đó thay đổi mũi khoan cắt rãnh để khoan tạo rãnh, sau đó lắp đặt cơ cấu kéo vào trong rãnh và trong lỗ khoan, dùng thiết bị HLB8 để tiến hành kéo nhỏ kiểm

tra cường độ, sau khi tiến hành kiểm tra với khối lượng lớn xong dựa vào quy phạm quy định tiến hành xử lý phân tích kết quả và đưa ra kết quả cuối cùng.



H.3. Các bước tiến hành tạo lỗ lắp cơ cấu kéo nhỏ kiểm tra cường độ bê tông phun: khoan lỗ; tạo rạch; lắp cơ cấu kéo; kéo kiểm tra



H.4. Thiết bị kéo nhỏ kiểm tra cường độ bê tông phun HLB8 [5]: 1 - Bơm dầu; 2 - Van tháo; 3 - Đồng hồ áp; 4 - Đầu nối; 5 - Cơ cấu gia tải; 6 - Vòng chịu lực; 7 - Bản liên kết; 8 - Cần kéo

**3. Kết luận và kiến nghị**

❖ Chất lượng của kết cấu chống bê tông phun trong thi công các đường hầm phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó có các tham số kỹ thuật và các tham số công nghệ, chính vì vậy khi thiết kế các tham số này cần thiết kế cho từng công trình cụ thể và phải thông qua thử nghiệm thực tế tại hiện trường để điều chỉnh các tham số cho hợp lý;

❖ Trên cơ sở các phương pháp kiểm tra cường độ của bê tông phun có thể thấy rằng hai phương pháp tải trọng điểm và phương pháp kéo có ưu điểm hơn so với các phương pháp khác. Hai phương pháp này đều dễ thực hiện, giá thành thấp, thời gian kiểm tra nhanh và có độ tin cậy cao hiện nay cũng đang được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm và mỏ. Nhưng chú ý khi sử dụng trong mỏ hoặc trong môi trường đặc biệt các thiết bị kiểm tra cần có tính năng phòng nổ, phòng ẩm, phòng bụi và phòng chấn động. □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. 孙延宗 孙继业 编著. 岩巷工程施工支护工程. 冶金工业出版社. 2011年05月.
2. 王晓宁. 喷射混凝土强度检测方法比较. 井技术. 2012年6月.
3. MT/T5015-96 锚喷支护工程质量检测规程.

4. GB50086-2001. 主编部门:原国家冶金工业局. 锚杆喷射混凝土支护技术规范. 2001.
5. <http://www.hntc30.com/show-9-1419-1.html>.

**Người biên tập: Võ Trọng Hùng**

**Từ khóa:** bê tông phun; chất lượng; thi công; đường hầm; tham số; kỹ thuật; công nghệ

**Ngày nhận bài:** 16-09-2016

**Ngày duyệt đăng:** 18-11-2016

**SUMMARY**

This paper presents some problems on the selection of technical parameters and technological parameters for shotcrete in tunnel driving process.

**PHƯƠNG PHÁP LỰA CHỌN...**

(Tiếp theo trang 20)

2. Lưu Văn Thực (2014), Nghiên cứu công nghệ khai thác các mỏ quặng sắt lộ thiên dưới mức thoát nước tự chảy trong điều kiện địa chất và địa chất thủy văn phức tạp ở Việt Nam. Luận văn tiến sĩ kỹ thuật. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

3. Lý thuyết và phương pháp giải các dạng bài tập tính tương đối của chuyển động, Công thức cộng vận tốc (<http://vatly247.com>)

**Người biên tập: Hồ Sĩ Giao**

**Từ khóa:** đồng bộ thiết bị; cát lòng sông; bơm hút-vận chuyển

**Ngày nhận bài:** 12-08-2016

**Ngày duyệt đăng:** 11-11-2016

**SUMMARY**

The article refers to mining technology by dredgers ship combined with sand tankers. In synchronous equipment-transport pump technology is the decisive factor of economic efficiency of the extraction process. Author of the article has given selection method to reduce train stopping time, increase productivity and reduce costs for combinatorial exploitation.