

# PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN ÁP LỰC NỔ TÁC DỤNG LÊN THÀNH LỖ KHOAN BIÊN TRONG ĐƯỜNG HẦM NẴM NGANG

TS. ĐÀM TRỌNG THẮNG, KS. TÔ ĐỨC THỌ  
Bộ Tư lệnh Công binh

**H**iện nay hiệu quả công tác nổ khi thi công các đường hầm quân sự rất thấp, đặc biệt đường biên hầm sau nổ không đạt theo thiết kế, điều này dẫn đến tăng hệ số thừa tiết diện và khối lượng chèn lấp, làm giảm tính bền vững và tuổi thọ công trình do sự hình thành các nứt nẻ và biến dạng dư thừa sinh từ quá trình nổ trong các vùng đất đá bao quanh biên hầm. Để khắc phục các nhược điểm này, trên thế giới công tác nổ nói chung và đặc biệt là kỹ thuật nổ tạo biên là một trong các nhiệm vụ được quan tâm hàng đầu khi đào hầm [2].

Mục tiêu của nổ tạo biên là tạo một “mặt nhẵn” theo biên thiết kế và để lại thành lỗ khoan sau khi nổ với độ nứt nẻ thừa sinh ít nhất, trong điều kiện cần thiết “mặt biên” tạo ra được sử dụng như một màn chắn bao quanh gương hầm để triệt tiêu sự lan truyền của sóng nổ của các lượng nổ chính trong gương vào đá nguyên khối.

Kết quả của lý thuyết nổ trong môi trường đất đá đã chứng minh rằng, áp lực sản phẩm khí nổ đạt giá trị rất lớn sau khi kích nổ và là yếu tố chính gây phá hủy trực tiếp đất đá ở miền bao sát thành lỗ khoan [2], chính vì vậy việc nghiên cứu áp lực khí nổ và việc điều khiển sự thay đổi của chúng chính là một vấn đề khoa học có ý nghĩa để tính toán lượng nổ biên tới hạn và đưa ra các giải pháp đảm bảo đất đá bao quanh thành lỗ khoan phía ngoài biên hầm không bị phá hủy.

Bài báo tiến hành thiết lập qui luật biến đổi của hàm áp lực nổ theo thời gian và các thông số đặc trưng cho loại thuốc nổ, búa và kết cấu lượng nổ khi nổ mìn trong lỗ khoan biên nằm ngang.

**1. Xác định các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến quy luật biến đổi áp lực nổ trong lỗ khoan biên nằm ngang**

Áp lực nổ ( $p$ ) trong lỗ khoan là một thông số phức tạp phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như các đặc tính của búa, lượng nổ và đất đá, có rất nhiều các công trình khoa học nghiên cứu về nó, tuy nhiên trong thực tế để đơn giản thông thường có thể sử dụng công thức thực nghiệm của giáo sư Prôtôđiakônôp M.M. làm cơ sở cho các tính toán có dạng [2], [3], [4]:

$$p = p_0 e^{-\alpha \cdot t}, \quad (1)$$

Trong đó:  $p_0$  - Giá trị áp lực tối đa ban đầu của sản phẩm nổ,  $p_0 = p_T \cdot D^2 / [2 \cdot (k+1)]$ ;  $p_T$  - Mật độ thuốc nổ;  $D$  - Tốc độ kích nổ;  $k$  - Chỉ số đa biến, đối với sản phẩm nổ theo Landau [5] thì  $k=3$ ;  $\alpha$  - Hệ số đặc trưng cho sự suy giảm của hàm áp lực nổ trong buồng mìn, phụ thuộc vào đặc tính búa, lượng nổ, đất đá;  $t$  - Thời điểm khảo sát sau khi kích nổ.

Phương trình này không tường minh về quan hệ áp lực nổ với các đặc tính của búa, lượng nổ,.... Vì vậy, để có thể điều khiển áp lực nổ trong lỗ khoan biên thì cần thiết phải thiết lập mối quan hệ giữa nó với thông số vật lý cơ bản.

Khi nổ lượng thuốc trong lỗ khoan chôn trong đá cứng, vì tốc độ chuyển động của búa rất lớn so với tốc độ giãn nở xuyên tâm dọc theo lỗ khoan, nên có thể bỏ qua sự dẫn nổ thể tích theo phương xuyên tâm và sự dẫn nổ theo hướng dọc trục sẽ là yếu tố chính làm biến thiên thể tích buồng mìn [3].

Chính vì lý do đó việc nghiên cứu quy luật chuyển động của búa trong lỗ khoan sẽ cho phép thiết lập được mối quan hệ giữa áp lực khí nổ với thể tích buồng mìn.

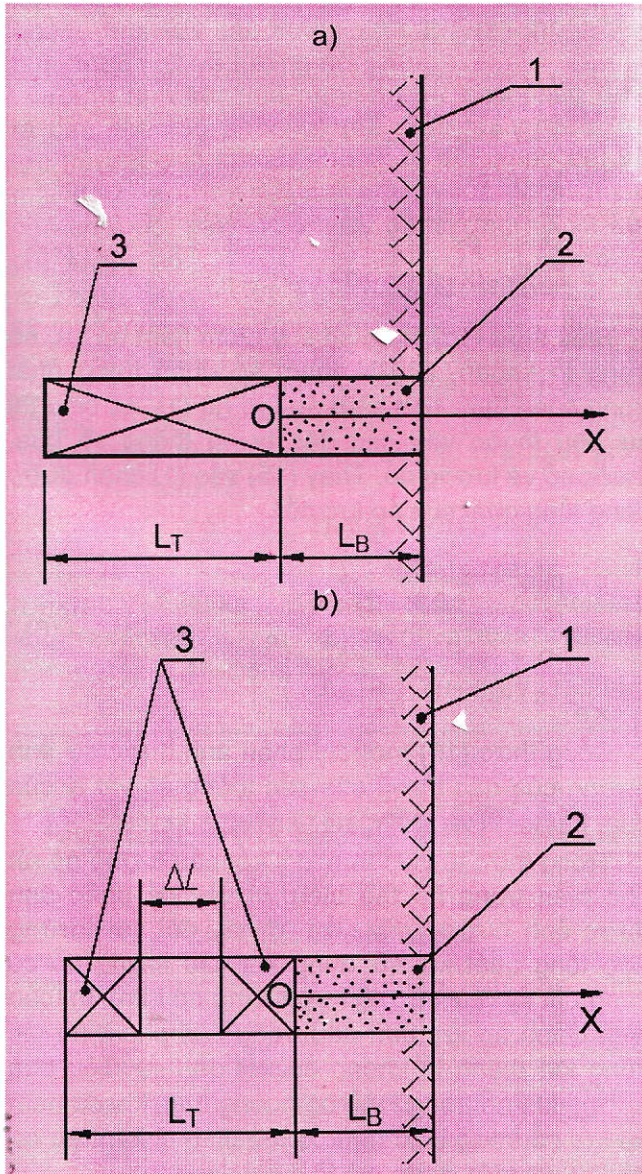
Giả thiết lượng nổ có kết cấu như H.1 và được kích nổ tức thời, sau kích nổ ngay lập tức áp lực nổ tác dụng đều lên thành lỗ khoan. Sau một khoảng thời gian  $t$  dưới tác dụng của áp lực nổ mặt phân cách búa và sản phẩm nổ chuyển động được một



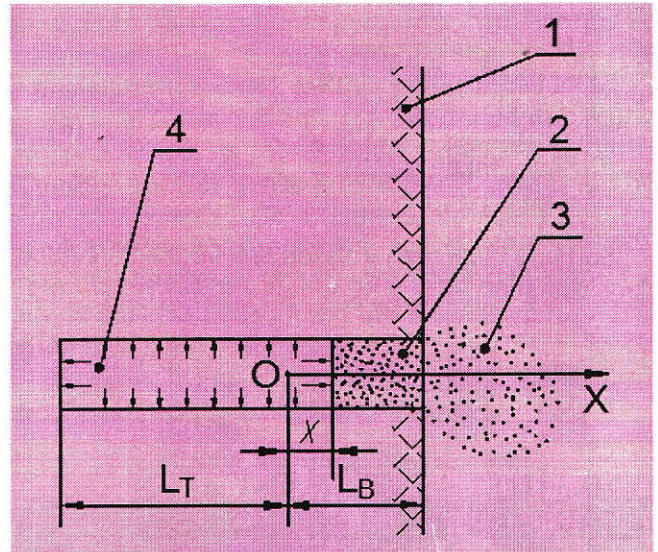
đoạn là  $x$  so với gốc tọa độ ban đầu (gốc tọa độ ban đầu đặt tại đầu trên của thuốc nổ, xem H.2), vì lỗ khoan nằm ngang, nên khi phần búa chuyển động ra khỏi miệng lỗ khoan sẽ bị rời ra và rơi xuống dưới, khi đó phần khối lượng búa tích cực ( $M$ ) chuyển động trong lỗ khoan là:

$$M = \frac{L_B - x}{L_B} M_B = \left(1 - \frac{x}{L_B}\right) M_B \quad (2)$$

Trong đó:  $M_B$  - Khối lượng của búa ban đầu trong lỗ khoan;  $L_B$  - Chiều dài búa.



H.1. Sơ đồ mô tả các thông số của lượng nổ và búa trong lỗ khoan biên nằm ngang: a - Với lượng nổ liên tục; b - Với lượng nổ phân đoạn; 1 - Môi trường đất đá; 2 - Búa; 3 - Lượng nổ;  $x$  - Trục tọa độ có gốc O nằm ở mặt phân cách búa và thuốc nổ;  $\Delta L$  - Khoảng không khí.



H.2. Sơ đồ mô tả quá trình búa chuyển động trong lỗ khoan biên nằm ngang: 1 - Môi trường đất đá; 2 - Phần búa trong lỗ khoan; 3 - Phần búa thoát ra khỏi lỗ khoan; 4 - Sản phẩm khí nổ trong lỗ khoan.

Phương trình chuyển động của búa trong lỗ khoan là:

$$M \frac{dv}{dt} = p \cdot S \quad (3)$$

Trong đó:  $p$  - Giá trị áp lực nổ trong buồng mìn;  $S$  - Diện tích lỗ khoan;  $v$  - Tốc độ chuyển động của búa trong lỗ khoan.

Thay (1) (2) vào (3) ta được:

$$\left(1 - \frac{x}{L_B}\right) \frac{dv}{dt} = \frac{\rho_T D^2}{2M_B(k+1)} \cdot S \cdot e^{a \cdot t} \quad (4)$$

Vì  $dv/dt = dv/dx(dx/dt) = (1/2)dv^2/dt$  nên:

$$dv^2 = \frac{\rho_T D^2}{M_B(k+1)} \cdot S \cdot \left(1 - \frac{x}{L_B}\right)^{-1} e^{a \cdot t} dx \quad (5)$$

Tích phân hai vế (5) ta nhận được:

$$v^2 = -\frac{mD^2 L_B}{M_B(k+1)L_T} e^{-at} \ln\left(1 - \frac{x}{L_B}\right) + C \quad (6)$$

Trong đó:  $m = \rho_T \cdot S \cdot L_T$  - Khối lượng thuốc nổ;  $L_T$  - Chiều dài lượng nổ trong lỗ khoan;  $C$  - Hằng số tích phân được xác định theo điều kiện tại  $x=0$  có  $v=0$  và thay vào (6) ta có  $C=0$ .

Sau khi thay  $C=0$  vào (6) và sử dụng  $v=dx/dt$  ta được:

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{mD^2 L_B}{M_B(k+1)L_T} e^{-at} \ln\left(1 - \frac{x}{L_B}\right)^{-1}} \quad \text{hay} \quad (7)$$



$$\int_0^x \left[ \ln \left( 1 - \frac{x}{L_B} \right)^{-1} \right]^{-\frac{1}{2}} dx = \int_0^t \sqrt{\frac{mD^2 L_B}{M_B(k+1)L_T}} e^{-\frac{at}{2}} dt \quad (8)$$

Sử dụng thuật toán Poisson tính về trái có thể thu được như sau:

$$\begin{aligned} \int_0^x \left[ \ln \left( 1 - \frac{x}{L_B} \right)^{-1} \right]^{-\frac{1}{2}} dx &= \\ &= L_B \int_0^x \left[ \ln \left( 1 - \frac{x}{L_B} \right)^{-1} \right]^{-\frac{1}{2}} d(x/L_B) \\ &= L_B \sqrt{\pi \frac{x}{L_B}} \Big|_0^x = \sqrt{\pi L_B x} \end{aligned} \quad (9)$$

Tích phân về phải ta có:

$$\begin{aligned} \int_0^t \sqrt{\frac{mD^2 L_B}{M_B(k+1)L_T}} e^{-\frac{at}{2}} dt &= \\ &= -\frac{2}{a} \sqrt{\frac{mD^2 L_B}{M_B(k+1)L_T}} \left( 1 - e^{-\frac{at}{2}} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

Thay (9), (10) vào (8) và rút ra ta được:

$$x = \frac{4mD^2}{a^2 \pi M_B(k+1)L_T} \left( 1 - e^{-\frac{at}{2}} \right)^2 \text{ hay} \quad (11)$$

$$t = \frac{2}{a} \ln \left[ \frac{1}{1 - \frac{a}{2D} \sqrt{\frac{\rho_B L_B(k+1)x}{\rho_T}}} \right] \quad (12)$$

Tại đây:  $\rho_B = M_B/(S \cdot L_B)$  - Mật độ vật liệu búa.

Khi  $x = L_B$  thì (12) chính là thời gian tồn tại của hàm áp lực nổ mạnh trong lỗ khoan. Các biểu thức (11), (12) là phương trình mô tả quy luật chuyển động của búa trong lỗ khoan. Quy luật chỉ ra rằng khối lượng búa càng lớn hay thuốc nổ càng yếu (mật độ thuốc, tốc độ kích nổ càng nhỏ) thì thời gian búa chuyển động trong lỗ khoan càng lớn, có nghĩa là thời gian tồn tại áp lực nổ trong lỗ khoan càng lớn và ngược lại.

Vì quá trình nổ và quá trình dẫn nổ khí nổ xảy ra rất nhanh nên ta có thể xem quá trình này là một quá trình đoạn nhiệt. Theo định luật về sự giãn nở của khí nổ mạnh giá trị áp suất trong sản phẩm khí nổ giãn nở có dạng:

$$p = p_0 \left( \frac{V_0}{V} \right)^k = p_0 \left( \frac{L_T}{L_T + x} \right)^k = p_0 \left( \frac{1}{1 + x/L_T} \right)^k \quad (13)$$

Trong đó:  $V_0$  - Thể tích khí nổ ở thời điểm ban đầu bằng thể phần thuốc nổ trong lỗ khoan;  $V$  - Thể tích khí nổ dẫn nổ ở thời điểm khảo sát.

Để xác định hệ số  $\alpha$  tại vị trí mặt phân cách búa và sản phẩm nổ chuyển động đến miệng lỗ khoan  $x = L_B$  nhận được giá trị áp lực nổ tính theo (1) với thông số thời gian theo (12) phải cân bằng (13) có dạng:

$$\begin{aligned} p &= \frac{\rho_T D^2}{2(k+1)} e^{-2 \ln \frac{1}{1 - \frac{a L_B}{D} \sqrt{\frac{\rho_B(k+1)}{\rho_T d^2}}}} \\ &= p_0 \left( \frac{L_T}{L_T + L_B} \right)^k \end{aligned} \quad (14)$$

Từ đó rút ra:

$$\alpha = \frac{D}{L_B} \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_B(k+1)}} \left[ 1 - \left( \frac{1}{1 + L_B/L_T} \right)^{k/2} \right] \quad (15)$$

Biểu thức (15) là hệ số suy giảm hàm áp lực nổ trong lỗ khoan, đây là tham số quan trọng nhất trong công thức tính hàm áp lực nổ (1), nó biểu thị sự phụ thuộc vào các đặc trưng thông số búa, thuốc nổ và lượng nổ. Thay (15) vào (1) nhận được dạng tổng quát của áp lực nổ:

$$\begin{aligned} p &= p_0 e^{-\alpha \cdot t} = \frac{\rho_T D^2}{2(k+1)} \times \\ &\times e^{-\frac{D}{L_B} \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_B(k+1)}} \left[ 1 - \left( \frac{1}{1 + L_B/L_T} \right)^{k/2} \right] \cdot t} \end{aligned} \quad (16)$$

Công thức (16) mới chỉ phản ánh được sự ảnh hưởng của đặc trưng của các thông số vật lý của búa, thuốc nổ và lượng nổ liên tục.

Trong thực tế việc thay đổi kết cấu lượng nổ rất phổ biến trong nổ tạo biên, vì vậy để phản ánh được ảnh hưởng của yếu tố này đối với trường hợp tổng quát khi sử dụng kết cấu lượng nổ có dạng bất kỳ (trừ trường hợp lượng nổ lõm), thì cần điều chỉnh áp lực ban đầu trong sản phẩm nổ tác động lên thành lỗ khoan có xét đến sự điều hoà trường khí nổ trong toàn bộ buồng mìn, khi đó hàm áp lực nổ trong lỗ khoan có thể điều chỉnh trên cơ sở (13) và (16) được mô tả dưới dạng:

$$\begin{aligned} p &= \frac{\rho_T D^2}{2(k+1)} \left( \frac{1}{1 + \Delta V/V_T} \right)^k \times \\ &\times e^{-\frac{D}{L_B} \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_B(k+1)}} \left[ 1 - \left( \frac{1}{1 + L_B/L_T} \right)^{k/2} \right] \cdot t} \end{aligned} \quad (17)$$



Trong đó:  $\Delta V$  - Thể tích của các khoảng không khí trung gian trong phần lỗ khoan chứa thuốc;  
 $V_T$  - Thể tích của phần thuốc nổ.

Trong công thức (17) tỷ số  $\Delta V/V_T$  đặc trưng cho ảnh hưởng của sự thay đổi kết cấu lượng nổ đến áp lực khí nổ trong buồng mìn.

### 3. Kết luận

Từ việc nghiên cứu quá trình chuyển động của búa trong lỗ khoan và qui luật dẫn nổ của khí nổ mạnh trong buồng mìn đã cho phép thiết lập được mối quan hệ giữa áp lực khí nổ trong buồng mìn với các thông số vật lý-kỹ thuật của búa, thuốc nổ và lượng nổ.

Phân tích kết quả nghiên cứu cho phép đưa ra các phương pháp có thể điều khiển hàm áp lực nổ trong lỗ khoan như thay đổi chiều dài và mật độ búa, thay đổi mật độ và tốc độ kích nổ của chất nổ, thay đổi chiều dài lượng nổ và kết cấu lượng nổ.

Trong thực tế tùy theo điều kiện địa chất và kỹ thuật của công trình cần kết hợp sử dụng hài hòa các phương pháp trên để thỏa mãn tốt nhất giá trị hàm áp lực nổ giảm thiểu đủ tạo biên nhưng không phá huỷ đất đá ở các vùng ngoài đường biên hay để lại nửa thành lỗ khoan phía ngoài biên sau nổ. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ф.А. Баум, К.П. Станюкович, Б.И. Шехтер. Физика взрыва. Государственное издательство физико-математической литературы. Москва. 1975.

2. Б.Н. Кутузов. Разрушение горных пород взрывом - Взрывные технологии в промышленности". МГГУ. Москва. 1994.

3. F.A Baum. Đánh giá hiệu quả tác động nổ phá của bao thuốc phân đoạn không khí - Tuyển tập Công tác nổ N°54/11. NXB "Lòng Đất". Matxcova. 1954 (Bản dịch tiếng Việt).

4. Нôвълов М.Г và cộng sự. Nghiên cứu hiệu quả nổ phân đoạn không khí. Tuyển tập Công tác nổ N°54/11". NXB "Lòng Đất". Matxcova. 1954 (Bản dịch tiếng Việt).

5. Đàm Trọng Thắng. Lý thuyết cơ bản về nổ. Bộ Tư lệnh Công binh. Hà Nội. 2002.

**Người biên tập: Hồ Sĩ Giao**

### SUMMARY

The pressure of explosive gas is an important parameter of contour blast. Investigation into relation between the explosive pressure in the drill hold and physics - technical parameters of explosion, allows to set up methods to control pressure of explosive gas in the horizontal contour drill hold. Influences of the burden, of the structure of charge and of explosive characteristic on pressure of explosive gas are investigate in this article.

## NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP...

(Tiếp theo trang 31)

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phùng Mạnh Đắc. Nghiên cứu khả năng khai thác hầm lò dưới các mỏ than lộ thiên Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Công Thương. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ. 2006.

2. Dự án đầu tư khai thác hầm lò rìa moong lộ thiên Công ty TNHH một thành viên Than Khánh Hoà-Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-2009.

3. Dự án đầu tư xây dựng công trình khai thác mỏ than Khe Chàm II-IV-Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-2011.

4. Dự án đầu tư xây dựng công trình khai thác hầm lò mỏ than Núi Béo-Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-2010.

5. Phương án kỹ thuật thử nghiệm xây dựng công trình giếng thoát nước bãi thải moong lộ thiên mỏ than Núi Béo-Viện Khoa học Công nghệ Mỏ. 2011.

**Người biên tập: Võ Trọng Hùng**

### SUMMARY

The paper shows some results of technological solution using the complex method for underground and open pit mining for Núi Béo mine and other mines in Vietnam.