

## THIẾT LẬP MÔ HÌNH ĐỂ XÁC ĐỊNH CÔNG THỨC TÍNH LƯỢNG NỔ ĐA NĂNG TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT ĐÁ

LÊ VĂN TRUNG, ĐÀM TRỌNG THẮNG, TRẦN HỒNG MINH  
Bộ Tư lệnh Công binh

**Tóm tắt:** Các công thức tính lượng thuốc nổ văng truyền thống sử dụng chỉ kể đến ảnh hưởng của loại đất đá, chiều sâu đặt lượng thuốc và chỉ số tác dụng nổ. Chưa có công thức tính lượng nổ dài văng đất đá phụ thuộc vào chiều dài lượng nổ. Trong thực tiễn nổ, khi chiều dài lượng thuốc nổ tăng thì bán kính phá huỷ cũng tăng theo, chiều dài lượng nổ tăng đạt đến một giá trị nhất định thì bán kính vùng phá huỷ đạt giá trị bão hoà. Điều này làm khó khăn trong trường hợp thiết kế ngoài thực tế. Nhiều nhà khoa học trên thế giới đã nghiên cứu vấn đề này, tuy nhiên vẫn chưa đến được đích cuối cùng phục vụ trực tiếp vào công tác tính toán thiết kế. Sau nhiều năm nghiên cứu kế thừa và phát triển các bài toán của các nhà khoa học đi trước, điển hình của viện sĩ Nga O.E Vlastov, nhóm nghiên cứu đứng đầu là tiến sĩ Lê Văn Trung đã xây dựng bài toán nổ trong môi trường đất đá có xét đến tính chịu nén, với lượng thuốc nổ tổng quát có dạng elíp. Nghiên cứu quá trình phát triển của sóng nổ của lượng nổ dài biến đổi từ dạng trụ, đến elíp và cuối cùng chuyển thành sóng cầu khi xa tâm nổ. Tính chịu nén của đất đá, sự phát triển hình dạng của sóng nổ chính là mấu chốt điểm mới trong quá trình nghiên cứu và dẫn đến thành công. Kết quả nghiên cứu đưa ra công thức lý thuyết tổng quát để tính lượng thuốc nổ văng với chiều dài khác nhau.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay trên thế giới có hai hệ thống công thức tính lượng thuốc nổ văng trong môi trường đất đá là:

- Đối với lượng thuốc nổ tập trung (chiều dài cạnh lớn nhất không vượt quá 4 lần cạnh nhỏ nhất):

$$Q = K_0 \cdot f(n) \cdot h^3, \text{ kG}, \quad (1)$$

- Đối với lượng thuốc nổ dài đặt nằm ngang song song với mặt đất:

$$Q_y = K_y \cdot f(n_y) \cdot h^2, \text{ kG/m} \quad (2)$$

trong đó:  $K_0$ ,  $K_y$  - chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị để tạo phễu nổ tiêu chuẩn tương ứng của lượng nổ tập trung và lượng nổ dài,  $\text{kG/m}^3$ ;  $h$  - chiều sâu chôn thuốc, m;  $f(n)$ ,  $f(n_y)$  - hàm chỉ số tác dụng nổ tương ứng của lượng thuốc nổ tập trung và lượng nổ dài. Giá trị hàm số  $f(n)$ ,  $f(n_y)$  tương ứng với chỉ số  $n$ ,  $n_y$  hợp lý thường được sử dụng trong thực tế nằm trong phạm vi từ 1 đến 3;  $n$ ,  $n_y$  - chỉ số tác dụng nổ của lượng nổ tập trung và lượng nổ dài.

Qua phân tích, chúng tôi thấy hai dạng công thức trên tồn tại những vấn đề sau:

+ Xét cho cùng lượng thuốc nổ tập trung chẳng qua chỉ là lượng nổ dài trong trường hợp đặc biệt, chiều dài lượng nổ bằng đường kính. Vậy tại sao không có một công thức dạng tổng quát đại diện cho chúng? Nói một cách khác câu hỏi giữa hai dạng công thức (1) và (2) là gì? Chiếu câu hỏi này phải chăng là chỗ khiếm khuyết mà lý thuyết nổ bắn tung trong đất đá chưa đề cập tới;

+ Qua kết quả thử nghiệm ở một số nước trên thế giới cũng như kết quả thử nghiệm của chúng tôi cho thấy mặc dù thỏa mãn các quy ước về dạng lượng nổ tập trung hay dài, nhưng nhiều khi áp dụng công thức (1) và (2) đều cho ra kết quả khá xa với thực tế.

Những tồn tại nêu trên chính là điều mà các nhà nghiên cứu nổ trên thế giới (chủ yếu ở Nga) cũng như chúng tôi quan tâm đến, từ đó đặt ra cách giải quyết. Dưới đây chúng tôi sẽ trình bày cách giải quyết của họ và của chúng tôi để chúng ta cùng nhau tham khảo.

### 2. Xây dựng mô hình và giải bài toán

Để xây dựng mô hình toán lý cho việc giải quyết vấn đề đặt ra chúng tôi đưa ra các điều kiện biên dưới đây:

- Khối thuốc được kích nổ tức thời;  
 - Đất đá là môi trường liên tục, đồng nhất, đẳng hướng;  
 - Quá trình tác động của sóng nổ, phương trình chuyển động liên tục của môi trường tuân thủ định luật bảo toàn khối lượng dưới dạng vi phân:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

trong đó:  $u, v, w$  - tốc độ hạt tương ứng với các trục  $x, y, z$ ;  $\rho$  - mật độ hạt;

- Dưới tác dụng của nổ đối với đất mềm  $\frac{\partial \rho}{\partial x}, \frac{\partial \rho}{\partial y}, \frac{\partial \rho}{\partial z} \neq 0$  (mặc dù rất nhỏ), còn đối với đá cứng mật độ cao có thể coi mật độ là không đổi  $\rho = \text{const}$ .

- Khi nửa chiều dài lượng nổ ( $b$ ) bằng bán kính lượng nổ ( $r_0$ ), công thức lượng nổ tập trung (1).

Giả sử trong môi trường vô hạn ta cho nổ lượng nổ hình elip có kích thước là  $a, b, c$  (thực tế khi nổ lượng nổ dài cũng có tác dụng tương tự). Phương trình mặt cong của elip có thể biểu thị bằng công thức dưới đây:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1, \quad (4)$$

Bây giờ chúng ta sẽ nghiên cứu họ mặt elíp cùng tiêu điểm với (4) được biểu thị bằng phương trình sau:

$$\frac{x^2}{a^2 + \lambda} + \frac{y^2}{b^2 + \lambda} + \frac{z^2}{c^2 + \lambda} = 1, \quad (5)$$

$$\text{Đặt: } F = \frac{x^2}{a^2 + \lambda} + \frac{y^2}{b^2 + \lambda} + \frac{z^2}{c^2 + \lambda} - 1 = 0, \quad (6)$$

$$\text{Sau khi vi phân ta có: } \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial x} = 0, \quad (7)$$

$$\text{Hay: } \frac{\partial \lambda}{\partial x} = - \frac{\frac{\partial F}{\partial x}}{\frac{\partial F}{\partial \lambda}}, \quad (8)$$

$$\text{Đạo hàm riêng của } F: \frac{\partial F}{\partial x} = \frac{2x}{a^2 + \lambda}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = - \frac{x^2}{(a^2 + \lambda)^2} - \frac{y^2}{(b^2 + \lambda)^2} - \frac{z^2}{(c^2 + \lambda)^2}, \quad (10)$$

Từ (8), (9) và (10) ta có:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial x} = \frac{2x}{(a^2 + \lambda)} \times \left[ \frac{x^2}{(a^2 + \lambda)^2} + \frac{y^2}{(b^2 + \lambda)^2} + \frac{z^2}{(c^2 + \lambda)^2} \right]^{-1}, \quad (11)$$

Tương tự ta có:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial y} = \frac{2y}{(b^2 + \lambda)} \times \left[ \frac{x^2}{(a^2 + \lambda)^2} + \frac{y^2}{(b^2 + \lambda)^2} + \frac{z^2}{(c^2 + \lambda)^2} \right]^{-1}, \quad (12)$$

$$\frac{\partial \lambda}{\partial z} = \frac{2z}{(c^2 + \lambda)} \times \left[ \frac{x^2}{(a^2 + \lambda)^2} + \frac{y^2}{(b^2 + \lambda)^2} + \frac{z^2}{(c^2 + \lambda)^2} \right]^{-1}, \quad (13)$$

Bình phương  $\left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right), \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right), \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)$ . Sau đó

cộng chúng lại và giản ước có:

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2 = 4 \times \\ &\times \left[ \frac{x^2}{(a^2 + \lambda)^2} + \frac{y^2}{(b^2 + \lambda)^2} + \frac{z^2}{(c^2 + \lambda)^2} \right]^{-1}, \end{aligned} \quad (14)$$

Tìm đạo hàm bậc 2 của (7) ta được:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial x} + \frac{\partial^2 F}{\partial \lambda^2} \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \frac{\partial F}{\partial \lambda} \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} = 0, \quad (15)$$

Từ phương trình (9) ta có:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = \frac{2}{a^2 + \lambda}, \quad (16)$$

$$\text{Và } \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial \lambda} = - \frac{2x}{(a^2 + \lambda)^2}, \quad (17)$$

Từ (10) ta có:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda^2} = \frac{2x^2}{(a^2 + \lambda)^3} + \frac{2y^2}{(b^2 + \lambda)^3} + \frac{2z^2}{(c^2 + \lambda)^3}, \quad (18)$$

Từ phương trình (11), (16), (17), (18), thay vào (15). Đối với  $y$  và  $z$  cũng tiến hành tương tự. Cuối cùng rút gọn ta được:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} &= 2 \left[ \frac{1}{a^2 + \lambda} + \frac{1}{b^2 + \lambda} + \frac{1}{c^2 + \lambda} \right] \times \\ &\times \left[ \frac{x^2}{a^2 + \lambda} + \frac{y^2}{b^2 + \lambda} + \frac{z^2}{c^2 + \lambda} \right]^{-1} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\text{Đặt: } \varphi = f(\lambda), \quad (20)$$

Vi phân trực tiếp ta có:  $\frac{\partial \varphi}{\partial x} = f'(\lambda) \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)$ ;

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = f'(\lambda) \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right); \quad \frac{\partial \varphi}{\partial z} = f'(\lambda) \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right).$$

Tiếp tục vi phân bậc hai nhận được:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = f''(\lambda) \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + f'(\lambda) \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2};$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = f''(\lambda) \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + f'(\lambda) \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2};$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = f''(\lambda) \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2 + f'(\lambda) \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2}.$$

Cộng chúng lại ta có:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = f''(\lambda) \left[ \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2 \right] + f'(\lambda) \left[ \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} \right], \quad (21)$$

Từ (3) khi ta chỉ nghiên cứu trục không gian, không nghiên cứu trục thời gian, ta có được:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial x} + \rho \frac{\partial v}{\partial y} + \rho \frac{\partial \omega}{\partial z} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + \omega \frac{\partial \rho}{\partial z} = 0, \quad (22)$$

$$\text{Vì: } u = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}; v = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}; \omega = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}, \quad (23)$$

Nên:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = \frac{1}{\rho} \left( u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + \omega \frac{\partial \rho}{\partial z} \right), \quad (24)$$

$$\text{Vì: } u = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \frac{\partial \lambda}{\partial x}; v = -\frac{\partial \varphi}{\partial y} \frac{\partial \lambda}{\partial y}; \omega = -\frac{\partial \varphi}{\partial z} \frac{\partial \lambda}{\partial z}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} = \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial x}; \frac{\partial \rho}{\partial y} = \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial y}; \frac{\partial \rho}{\partial z} = \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial z}$$

Nên sau khi thay các giá trị này vào (24) ta có:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -\frac{1}{\rho} f'(\lambda) \times \left[ \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2 \right] \frac{\partial \rho}{\partial \lambda}, \quad (25)$$

Cân bằng (21) và (25) ta có:

$$f''(\lambda) \left[ \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2 \right] + f'(\lambda) \times \left[ \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} \right] = -\frac{1}{\rho} f'(\lambda) \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} \times \left[ \left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2 \right], \quad (26)$$

Trường hợp  $\rho = \text{const}$  thì  $\frac{\partial \rho}{\partial \lambda} = 0$ , vế phải của phương trình (26) bằng 0. Trong trường hợp này chúng ta có phương trình Laplace thuần túy:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0$$

Từ (26) ta có:

$$-\frac{f''(\lambda)}{f'(\lambda)} = \frac{\left[ \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} \right]}{\left( \frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial \lambda}{\partial z} \right)^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial \lambda}, \quad (27)$$

Thay giá trị của (19) và (14) vào (27) ta có:

$$-\frac{f''(\lambda)}{f'(\lambda)} = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{a^2 + \lambda} + \frac{1}{b^2 + \lambda} + \frac{1}{c^2 + \lambda} \right] + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial \lambda}$$

Tích phân hàm số này khi thay  $\int \frac{d\rho}{\rho} = K^{-\alpha}$

ta có:

$$-\int \frac{f''(\lambda)}{f'(\lambda)} = \frac{1}{2} \left[ \int \frac{d\lambda}{a^2 + \lambda} + \int \frac{d\lambda}{b^2 + \lambda} + \int \frac{d\lambda}{c^2 + \lambda} \right] + \int \frac{d\rho}{\rho} + \ln A$$

Kết quả ta được:

$$-f'(\lambda) = \frac{A}{\sqrt{(a^2 + \lambda)(b^2 + \lambda)(c^2 + \lambda)}} K^{-\alpha}, \quad (28)$$

trong đó: A - hằng số;  $\alpha$  - số mũ chỉ độ nén của môi trường. Khi môi trường không chịu nén  $\rho = \text{const}$  thì  $\alpha = 0$  và từ đó ta có  $K^{-\alpha} = 1$ .

Bây giờ ta xác định tốc độ của hạt theo trục x ( $u_x$ ).

$$\text{Vì } u = -\frac{\partial \varphi}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial x} \text{ mà } \lambda = x^2 - a^2 \text{ nên:}$$

$$U = -f'(\lambda) 2x. \text{ Thay vào (23) ta có:}$$

$$u = \frac{2AxK^{-\alpha}}{\sqrt{(a^2 + \lambda)(b^2 + \lambda)(c^2 + \lambda)}}, \quad (29)$$

Đối với elip tròn xoay

$a=c$ ,  $a^2 + \lambda = c^2 + \lambda = x^2 = r_2^2$ . Sau khi thay

các giá trị này vào (29) và giản ước ta có:

$$u = \frac{2AK^{-\alpha}}{x\sqrt{b^2 + \lambda}}, \quad (30)$$

Bây giờ ta xác định hằng số A (đối với hình cầu kí hiệu là  $A_0$  và đối với hình trụ kí hiệu là  $A_y$ ). Căn cứ vào định luật bảo toàn năng lượng ta có:

- Đối với lượng thuốc nổ hình cầu:

$$CoQ_0 = \int_{r_0}^R (4\pi r^2 dr) \rho_0 \frac{u^2}{2}, \quad (31)$$

Vì là lượng nổ hình cầu nên  $b^2 + \lambda = x^2$ . Thay giá trị này vào (31), sau đó đưa giá trị u vào (31) để tích phân.

$$CoQ_0 = \int_{r_0}^R (4\pi r^2) \rho_0 \frac{4A_0 K^{-2\alpha}}{r^4}$$

Sau khi tích phân và bỏ qua giá trị  $1/R$  vì nó quá nhỏ. Kết quả cuối cùng ta được:

$$A_0 = \sqrt{\frac{CoQ_0 r_0}{8\pi \rho_0 K^{-2\alpha}}}, \quad (32)$$

- Đối với lượng thuốc nổ hình trụ:

Khi  $b \gg \lambda$ , tương tự như cách tính ở trên ta có:

$$C_y Q_0 = \int_{r_0}^R (2\pi r dr) \rho_0 \frac{u^2}{2}$$

Thay  $u^2 = \frac{4A_y^2 K^{-2\alpha}}{r^2 b^2}$  vào và tích phân cuối

cùng ta được:

$$A_y = \sqrt{\frac{b^2 C_y Q_0}{4\pi \rho_0 \ln\left(\frac{R}{r_0}\right) K^{-2\alpha}}}, \quad (33)$$

$$A = \sqrt{\frac{Q \left[ b - r_0 + \ln\left(\frac{R}{r_0}\right) \right]}{8\pi \rho_0 \ln\left(\frac{R}{r_0}\right) K^{-2\alpha}}}, \quad (34)$$

Khi  $b = r_0$  (lượng thuốc nổ hình cầu) (34) lại quay về dạng (32), còn khi  $b \gg r_0 + \ln(R/r_0)$ , (34) lại quay về dạng (33) đối với sóng hình trụ. Bình phương (30) và thay  $b^2 + \lambda = (r^2 + b^2 - r_0)$  ta có:

$$u^2 = \frac{4A^2 K^{-2\alpha}}{r^2 (r^2 + b^2 - r_0)}$$

$$\text{hay: } r^4 + r^2 (b^2 - r_0) - \frac{4A^2 K^{-2\alpha}}{u^2} = 0.$$

Sau khi giải phương trình này ta được:

$$r^2 = \frac{-(b^2 - r_0^2) + \sqrt{(b^2 - r_0^2)^2 + \frac{16A^2 K^{-2\alpha}}{u^2}}}{2}$$

Thay  $q = \rho_0 \frac{u^2}{2}$  ( $q$  - mật độ năng lượng) và

(34) vào công thức trên và khai căn ta có:

$$r = \sqrt{\left(\frac{r_0^2 - b^2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{r_0^2 - b^2}{2}\right)^2 + \frac{Q[b - r_0(1+B)]}{4\pi q B K^{-2\alpha}}}}, \quad (35)$$

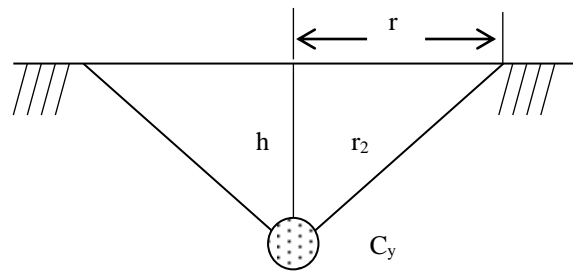
trong đó:  $B = \ln R / r_0$ .

- Đối với lượng thuốc nổ dài nằm ngang vắng xa: Trong trường hợp này ta đưa hàm ảnh hưởng của mặt thoáng  $K_1 \psi(n)$  vào. Do ảnh hưởng của mặt thoáng, bán kính  $r_2$  có dạng sau đây:

$$r_2 = K_1 \psi(n_y) \sqrt{\left(\frac{r_0^2 - b^2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{r_0^2 - b^2}{2}\right)^2 + \frac{Q}{4\pi q B K^{-2\alpha}} \times [b - r_0(1-B)]}}, \quad (36)$$

Thay  $b = \mu r_0$  vào (36), sau đó rút gọn  $r_0^2$  ra ta có:

$$r_0^2 = \frac{r_2^2}{K_1 \psi(n_y)^2 \left\{ \left(\frac{1 - \mu^2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{1 - \mu^2}{2}\right)^2 + \frac{\pi \gamma_{bb} \mu}{2q B K^{-2\alpha}} \times (\mu - 1 + B)} \right\}}, \quad (37)$$



Hình 1. Mặt cắt ngang hố nổ của lượng nổ dài nằm ngang

Từ hình 1 có  $r_2 = h^2 (1 + n_y^2)$ . Trong đó

$$n_y = \frac{r}{h}$$

Thay giá trị  $r_2$  vào (37), sau đó nhân cả hai vế của (37) với  $\pi \gamma_{bb}$  ta được:

$$\pi\gamma_{bb}r_0^2 = C_y = \frac{\pi\gamma_{bb}}{K_1^2} \left( \frac{1+n_y^2}{\psi(n_y)^2} \right) h^2 \times$$

$$\times \frac{1}{\left( \frac{1-\mu^2}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{1-\mu^2}{2} \right)^2 + \frac{\gamma_{bb}Q_0\mu}{2qBK^{-2\alpha}}(B+\mu-1)}}}, \quad (38)$$

Nhân cả tử và mẫu với  $\frac{\gamma_{bb}Q_0}{2qBK^{-2\alpha}} = A_1$ , (39)

Biểu thức (38) sẽ có dạng:

$$C_y = \frac{2qBQ_0K^{-2\alpha}}{K_1^2} \left( \frac{1+n_y^2}{\psi(n_y)^2} \right) h^2 \times$$

$$\times \frac{A_1}{\left( \frac{1-\mu^2}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{1-\mu^2}{2} \right)^2 + A_1\mu(B+\mu-1)}}}, \quad (38')$$

Đặt:  $K_y = \frac{2qBQ_0K^{-2\alpha}}{K_1^2}$  sẽ có:  $q = \frac{K_y K_1^2 Q_0}{2\pi BK^{-2\alpha}}$ , (40)

Thay vào (38') ta có:

$$C_y = K_y f(n_y) h^2 \frac{A_1}{\left( \frac{1-\mu^2}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{1-\mu^2}{2} \right)^2 + A_1\mu(B+\mu-1)}}, \quad (41)$$

Công thức (41) chính là công thức nổ đa năng cần tìm. Khi  $C_y$ ,  $h$  cố định,  $\mu$  thay đổi ( $\mu=b/r_0$ ) ta sẽ có giá trị tương ứng  $f(n_y)$  và từ đó có được chiều rộng hồ nổ đối với loại môi trường đất đá xác định. Mẫu số của công thức (41) là một hàm số dạng  $f(\mu)$ , phạm vi sử dụng sẽ được trình bày trong [2].

Để xác định được giá trị cụ thể lượng nổ cũng như chiều rộng hồ nổ chúng ta cần làm tiếp các việc dưới đây:

*Xác định hàm số chỉ số tác dụng nổ:*

$$f(n_y) = \frac{1+n^2}{\psi(n_y)^2}.$$

Giả sử  $\psi(n_y)$  có dạng dưới đây:

$$\psi(n_y) = (a_1 n_y b_1 + c)^d, \quad (42)$$

Thay (42) vào (41) và tìm limu tiến tới vô cùng. Lúc đó ta sẽ có:

$$C_y = K_y f(n_y) h^2, \quad (43)$$

Đây là dạng công thức tính lượng thuốc nổ dài quen thuộc quay về dạng truyền thống (2).

Từ công thức (43), trong cùng một loại đất đá nhất định với cùng một chiều sâu đặt lượng thuốc nổ ( $h$ ), chúng tôi tiến hành nổ thực nghiệm các lượng nổ  $C_{y1} \neq C_{y2} \neq C_{y3} \neq C_{y4}$  trên cơ sở đó có được:

$$\frac{1+n_y^2}{(a_1 n_i^b + c)^{2d}} = F_i; \quad (i=1,2,3,4), \quad (44)$$

Sau khi xử lý các số liệu chúng tôi có được

$$a_1 \approx -\frac{18}{81}; b \approx 1; c \approx \frac{180}{81}; d \approx \frac{1}{2}$$

Sau khi thay các giá trị  $a, b, c, d$  vào (44) chúng tôi có được công thức thực nghiệm dưới đây:

$$f(n_y) = 0,46 \left( \frac{1+n_y^2}{1-0,1n_y} \right), \quad (45)$$

*- Xác định hệ số  $K_1$  và  $B$ :*

Trước khi xác định hệ số  $K_1$  và  $B$  chúng tôi thấy cần giảm bớt độ phức tạp của công thức mà vẫn bảo đảm được độ chuẩn xác cao (sai số không lớn), chúng ta một lần nữa xem xét lại hệ số  $\alpha$  (hệ số phụ thuộc vào độ nén của môi trường dưới tác dụng của sóng nổ). Hệ số này rất nhỏ đối với môi trường không khí, nên nó càng nhỏ hơn đối với môi trường đất đá (xin tham khảo phần phân tích khi nổ trong không khí sẽ sáng tỏ hơn), vì thế chúng ta có thể coi nó bằng 0. Trong trường hợp này công thức (39) và (40) sẽ có dạng dưới đây:

$$A_1 = \frac{\gamma_{bb}Q_0}{2qB}, \quad (46)$$

$$q = \frac{K_y K_1^2 Q_0}{2\pi B} \text{ (kg/m}^2\text{)}, \quad (46')$$

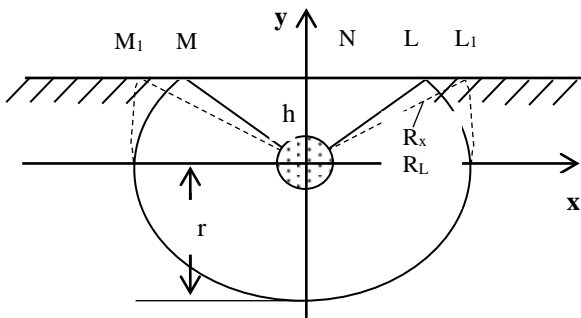
*- Xác định  $K_1$ :*

Khi nổ trong môi trường đất đá vô hạn, bán kính phá hoại đối với trục  $x, y$  là như nhau. Nhưng khi nổ ở gần mặt thoáng, khi sóng nổ tới điểm  $N$  thì đất đá bắt đầu chuyển động tạo ra sóng dẫn làm ảnh hưởng tới sự phát triển của vùng phá hoại trên bề mặt thoáng. Trong trường

hợp này giá trị OL không thể bằng OL<sub>1</sub> = RL được nữa. Điều này đã được các chuyên gia nổ của Trung Quốc xác định bằng thực nghiệm [3]. Theo tác giả [3], thì bán kính vùng phá hoại theo chiều ngang bằng 1,4 lần bán kính theo chiều dọc và tạo ra elip như hình vẽ 2. Phương trình elip này có dạng:

$$\frac{x^2}{R_L^2} + \frac{y^2}{r^2} = 1, \quad (47)$$

$$\text{Hệ số } K_1 = \frac{R_x}{R_L} = \frac{OL}{R_L}.$$



Hình 2. Xác định hệ số  $K_1$

Trong trường hợp lượng nổ tiêu chuẩn ( $n=1$ ) từ (47) ta có:

$$\frac{x^2}{R_L^2} + \frac{x^2}{\left(\frac{R_L}{1,4}\right)^2} = 1, \text{ suy ra: } x = \sqrt{\frac{R_L^2}{1+1,4^2}} = 0,58R_L$$

$$\text{Vì } R_x = \sqrt{x^2 + x^2} = \sqrt{2}(0,58R_L) = 0,822R_L$$

$$\text{hay: } K_1 = 0,822, \quad (48)$$

– Xác định giá trị B:

Căn bằng (41) với trị số  $C_y = \pi r_0^2 \gamma_{bb}$  và rút gọn  $r_0^2$ , sau đó khai căn và lập phương lên ta có:

$$r_0^3 = \left(\frac{K_y}{\pi \gamma_{bb}}\right)^{\frac{3}{2}} f(n_y)^{\frac{3}{2}} h^3 \times$$

$$\times \left\{ \frac{A_1}{\left(\frac{1-\mu^2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{1-\mu^2}{2}\right)^2 + A_1 \mu (B + \mu - 1)}} \right\}^{\frac{3}{2}}, \quad (48')$$

Khi  $\mu=1$  có  $C_0 = \pi r_0^2 2b \gamma_{bb} = 2\pi r_0^3 \gamma_{bb}$  và từ (48') nhân hai vế với  $2\pi \gamma_{bb}$

Thay (46') vào (46) có:

$$2\pi \gamma_{bb} r_0^3 = C_0 = 2\pi \gamma_{bb} \left(\frac{K_y}{\pi \gamma_{bb}}\right)^{\frac{3}{2}} f(n_y)^{\frac{3}{2}} h^3 \left(\frac{A_1}{B}\right)^{\frac{3}{4}}$$

$$A_1 = \frac{\gamma_{bb} Q_0 2\pi B}{2BK_y K_1^2 Q_0} = \frac{\pi \gamma_{bb}}{K_y K_1^2}$$

Thay giá trị này vào (48') ta có:

$$C_0 = 2\pi \gamma_{bb} \left(\frac{K_y}{\pi \gamma_{bb}}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\pi \gamma_{bb}}{BK_y K_1^2}\right)^{\frac{3}{4}} \times f(n_y)^{\frac{3}{2}} h^3, \quad (49)$$

Để thỏa mãn điều kiện biên như đã nêu trên ta có:

$$K_0 = 2(\pi \gamma_{bb}) \frac{K_y^{\frac{3}{4}}}{(\pi \gamma_{bb})^{\frac{3}{4}} (BK_1^2)^{\frac{3}{4}}}$$

Sau khi thay  $K_y=0,92K_0$  và giải ra ta được:

$$B = 5 \left(\frac{\gamma_{bb}}{K_0}\right)^{\frac{1}{3}}, \quad (50)$$

Đồng thời chúng ta cũng có công thức cho lượng thuốc nổ tập trung:

$$C_0 = K_0 \left[0,46 \left(\frac{1+n^2}{1-0,1n}\right)\right]^{\frac{3}{2}} h^3, \quad (51)$$

Kết quả nghiên cứu lý thuyết trên đã được tiến hành nghiên cứu thử nghiệm nổ trên thực tế về sự thay đổi chiều dài lượng nổ, đã nhận được độ tin cậy và tính tổng quát của công thức đa năng đề xuất [2].

### 3. Kết luận

Quá trình hơn 350 năm kể từ khi công thức tính lượng thuốc nổ văng ra đời (đó là công thức tính lượng nổ tập trung của Pháp) và gần một thế kỷ, chính xác hơn là năm 1937 (công thức lượng nổ dài của Nga), trên thế giới vẫn chưa có tác giả nào tìm ra được công thức nổ đa năng để giải cho những trường hợp thực tế cần thiết gặp phải. Mặc dù có sự dầy công nghiên cứu của nhiều nhà khoa học, ví dụ như cách đây trên nửa thế kỷ viện sĩ hàn lâm khoa học nổi tiếng của Liên xô O.E Vlastov đã đề cập tới bài toán này nhưng chưa tới được đích [1]. Gần đây

nhất là công thức nổ đa năng của Liên đoàn nổ Nga [2], nhưng công thức này mới chỉ đạt tới về hướng chứ chưa cho ra về lượng. Từ đây cho ta thấy ngoài độ tin cậy đã nêu ở trên, việc đề xuất công thức nổ đa năng có cả ý nghĩa thực tiễn và khoa học. Công thức nổ đa năng đã được áp dụng vào thực tế nổ lớn san đồi Cẩm Sơn và mở luồng ngoài ở đảo Đá lớn - Trường Sa một cách thành công.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Власов О.Е. Основы теории действия взрыва. ВИА, Москва, 1957.
- [2]. Lê Văn Trung. Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước “Nổ mở luồng trên nền đá san hô”. Bộ Tư lệnh Công binh. Hà Nội, 1990.
- [3]. Mã Lãi Diêu, Chu Trung Tiết. Nổ lớn. Bắc Kinh, 1970 (Tiếng Trung).

## SUMMARY

### **Establish mode for defining calculating general charge in rock and soil**

**Le Van Trung, Dam Trong Thang, Tran Hong Minh**

*Engineering Command*

Traditional formulas used for calculating the general explosive charge mass required to produce a crater only show the impacts of rock and soil types, burial depths of explosive charges, and explosion parameters. Meanwhile, there has not been a formula that is applied for calculating the linear explosive charge mass required to produce a crater, and that takes into account the effects of charge lengths. Field experience shows that destruction radius increases as a result of the increased charge length and then standstills at a given charge length value. This fact makes field blasting works challenging. It has drawn the attention of many world researchers; yet a final formula to be applied in practical term remains to be seen. By streamlining and continuing previous studies, notably those by Russian academician O.E Vlasov, a group of researchers headed by Lê Văn Trung has studied blasting works conducted in soil and rock environments with reference to pressure using a general oval-shaped charge mass. Based on the explosion waves produced by linear charges, this group studies their change in shape from cylindrical to elliptical and finally orbicular as they move away from explosion center. The discovery of the pressure absorption of soil and rock, the evolution of explosion waves is the core features and successes of the group's success. The research results produce a generalized theoretical formula that is used to develop linear charges for creating craters.