

# NGHIÊN CỨU THIẾT LẬP TRƯỜNG NĂNG LƯỢNG, VÙNG PHÁ HỦY ĐẤT ĐÁ CỦA LƯỢNG NỔ DÀI

NCS. VŨ TRỌNG HIẾU, PGS.TS. ĐÀM TRỌNG THẮNG  
*Học viện Kỹ thuật quân sự*

Trên cơ sở coi mỗi điểm trên thành lỗ mìn là một nguồn nổ phụ, áp dụng nguyên lý Huyghen thiết lập được công thức tính tổng mật độ năng lượng tại một điểm bất kỳ ngoài lượng nổ. Nhờ chương trình mô phỏng được xây dựng trên ngôn ngữ Matlab (MP1) để phân tích công thức trên, bài báo đã tiến hành nghiên cứu thiết lập và phân tích trường năng lượng và vùng phá hủy đất đá xung quanh lượng nổ hình trụ. Phân tích kết quả nhận được: theo khoảng cách xa dần lượng nổ, trường năng lượng của lượng nổ dài hình trụ luôn biến đổi từ hình trụ, sang elipxoit và cuối cùng về hình cầu khi ở xa tâm nổ; hình dạng vùng phá hủy chính là hình dạng bề mặt có cùng một mức năng lượng tương ứng bằng trị số tới hạn để phá hủy đá; khi tăng chiều dài tương đối của lượng nổ dài so với bán kính của nó thì bán kính vùng phá hủy tăng và đạt bão hòa khi chiều dài tương đối tăng đến một giá trị nhất định.

## 1. Tổng quan

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của chiều dài lượng nổ đến hình dạng, kích thước vùng phá hủy đất đá. Điển hình có thể kể đến các kết quả nghiên cứu của Pokrovski G.I, Vlaxov O.E, Kutuzov B.N, Belin V.A, Neyman, Harries, Hagan, Le Văn Trung, Pham Van Hoa... Tất cả các nghiên cứu đều chứng minh khi tăng chiều dài tương đối lượng nổ thì bán kính vùng phá hủy sẽ tăng, hình dạng trường năng lượng sẽ chuyển dần từ hình trụ sang elipxoit và cuối cùng về dạng hình cầu, khi lượng nổ rất dài thì vùng này có dạng trụ và tồn tại một tỷ số tới hạn giữa chiều dài lượng thuốc nổ và đường kính lượng thuốc nổ ( $L/d_c$ ) mà nếu lớn hơn hoặc bằng tỷ số này thì bán kính phá hủy đất đá xung quanh lượng thuốc không tăng [1], [2], [3], [4], [5]. Tuy nhiên tất cả các công trình đều xem xét lượng nổ dài có dạng "đường điểm" ở góc độ phát xạ năng lượng, đặc biệt chưa xem xét đến sự ảnh hưởng của phần diện tích tác dụng truyền năng

lượng của buồng mìn đến điểm khảo sát, điều này dẫn đến sự chưa hoàn toàn thuyết phục về phương diện lý thuyết của các công trình nghiên cứu. Trên thực tế lượng nổ luôn tồn tại một giá trị đường kính nhất định (thông thường tốt thiểu là 32 mm) và đặt trong một lỗ khoan có đường kính xác định. Khi đó sự phân bố năng lượng nổ lên thành lỗ khoan mới chính là nguồn năng lượng nổ phát xạ ra môi trường đất đá xung quanh. Trong trường hợp như vậy theo kết quả nghiên cứu của lĩnh vực cơ học đất đá, thì độ cong lỗ khoan có ảnh hưởng đến trường năng lượng nổ. Vì vậy cần phải đưa ra một mô hình tổng quát khắc phục được các tồn tại trên để thiết lập mối quan hệ giữa trường năng lượng nổ hay vùng phá hủy với nguồn nổ.

## 2. Nghiên cứu xác định trị số năng lượng nổ phát xạ tại một điểm trong không gian

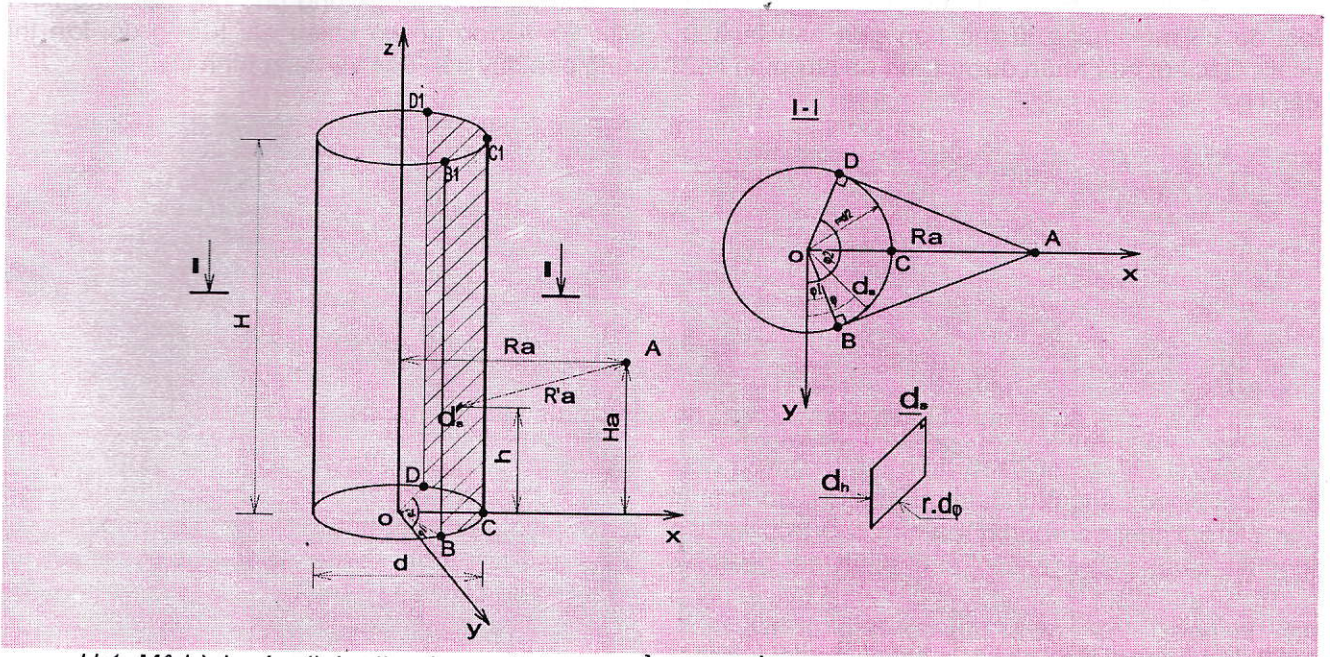
Theo lý thuyết nổ quá trình hình thành và lan truyền sóng nổ đều tuân theo quy luật quang học và âm học. Vì vậy theo nguyên lý Huyghen trường năng lượng nổ hay sóng nổ phát ra từ lượng nổ khi kích nổ có thể xem như được phát ra từ tập hợp nguồn nổ điểm phân bố trên bề mặt của thành buồng mìn (thành lỗ khoan), với trị số cường độ bằng tổng năng lượng thuốc nổ chia cho diện tích xung quanh buồng thuốc. Như vậy khi nổ lượng nổ dài trong lỗ khoan thì mỗi phân tử  $dS$  vô cùng nhỏ trên mặt lượng nổ sẽ trở thành một nguồn phát năng lượng, năng lượng này sẽ chuyển toàn bộ lên một mặt kín bất kỳ bao quanh.

Khi xem xét tác dụng nổ của một lượng nổ có chiều dài  $H$ , đường kính  $d$ , năng lượng truyền tới một vị trí  $A$  nào đó cách trục lượng nổ một khoảng  $R_a$  và cách đáy lượng nổ một khoảng  $H_a$  sẽ được xác định bằng tổng tất cả các năng lượng của các phần tử  $dS$  trên phần mặt trụ  $BCDD_1C_1B_1$  nhìn thấy điểm  $A$ , xem H.1. Nếu tại điểm  $A$ , năng lượng do lượng nổ truyền đến thắng được liên kết của các phần tử đất đá thì đất đá sẽ bị phá hủy, đập vỡ.

Nếu giả thiết rằng đất đá là môi trường đồng

nhất, đẳng hướng (lý tưởng) thì vùng phá hủy đất đá sẽ là tập hợp của tất cả những điểm A có cùng mức tổng năng lượng do khối thuốc nổ truyền đến

bằng trị số năng lượng giới hạn của đất đá. Nói cách khác hình dạng trường năng lượng ở mức giới hạn chính và vùng phá hủy đất đá.



H.1. Mô hình xác định năng lượng từ lượng nổ dài truyền tới một điểm trong môi trường đất đá

Khi tính toán năng lượng truyền đến một điểm trong môi trường đất đá ở điều kiện lý tưởng (không xét đến tổn thất năng lượng trên đường truyền), có thể biểu diễn như sau:

❖ Tại mặt của khối thuốc nổ, mỗi một phần tử dS sẽ mang 1 năng lượng: dS.q với q là mật độ năng lượng trên mặt lỗ khoan;

❖ Theo nguyên lý Huyghen, mật độ năng lượng từ dS truyền tới điểm A sẽ là:

$$dE = \frac{q}{4\pi R_a^2} \cdot dS \quad (1)$$

Khi đó tổng năng lượng từ các d\_s truyền tới điểm A sẽ là:

$$E_A = \int_0^{\varphi_2} \int_{\varphi_1} \frac{q}{4\pi R_a^2} dS \quad (2)$$

Có thể thấy:  
dS = r.dφ

$$R'_a = \sqrt{(R_a - r \cdot \sin\varphi)^2 + r^2 \cdot \cos^2\varphi + (H_a - h)^2}$$

Chấp nhận giả thiết r là bán kính lượng nổ, R<sub>a</sub> là bán kính phá hoại trong đất đá nên có thể xem r << R<sub>a</sub>, do đó (2.r/R<sub>a</sub>) << 1 và do đó

$$\frac{-2 \cdot R_a \cdot r \cdot \sin\varphi}{(R_a)^2 + r^2 + (H_a - h)^2} \ll 1 \quad (3)$$

và sử dụng xấp xỉ toán học: (1+βx)<sup>α</sup> = 1+α(β.x) nếu |β.x| << 1 cuối cùng tính được:

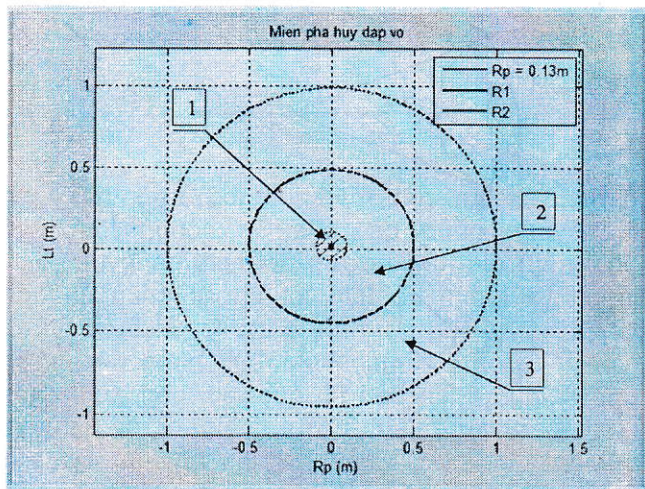
$$E_A = \frac{q \cdot r}{2 \cdot R_a} \left[ \arctg\left(\frac{H-H_a}{R_a}\right) - \arctg\left(\frac{H_a}{R_a}\right) \right] + \frac{q \cdot r^2}{\pi \cdot R_a} \left[ \frac{H-H_a}{(R_a)^2 + (H-H_a)^2} + \frac{H_a}{(R_a)^2 + (H_a)^2} \right] + \frac{q \cdot r^2}{\pi \cdot (R_a)^2} \left[ \arctg\left(\frac{H-H_a}{R_a}\right) - \arctg\left(\frac{-H_a}{R_a}\right) \right] \quad (4)$$

Công thức (3) chính là biểu diễn dạng giải tích tổng mức năng lượng tại điểm A do nguồn nổ hình trụ dài cung cấp. Tập hợp các điểm có cùng mức năng lượng thỏa mãn phương trình (3) chính là trường năng lượng xung quanh lượng nổ dài hình trụ.

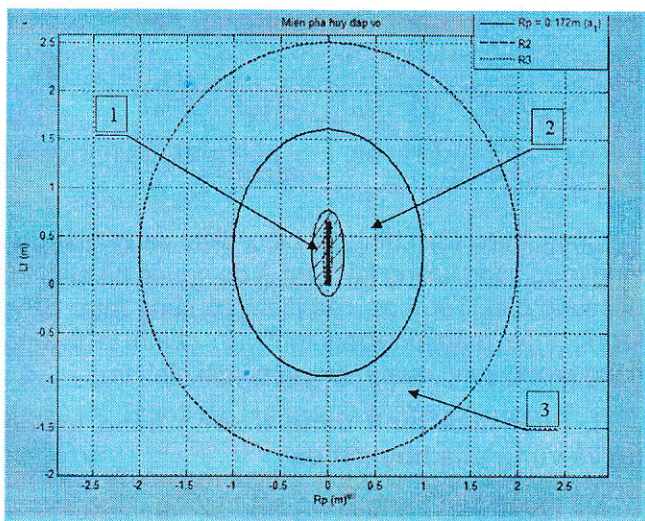
### 3. Phân tích hình dạng trường năng lượng nổ và vùng phá hủy đất đá

Để thuận tiện trong khảo sát trường năng lượng và vùng phá hủy xung quanh lượng nổ, tiến hành xây dựng một chương trình mô phỏng bằng ngôn ngữ Matlab (MP1). Chương trình đã cho phép mô tả hình ảnh của tập hợp các điểm có cùng tổng mức năng lượng. Giả thiết tổng mật độ năng lượng tại điểm A là biên phá hủy đập vỡ bằng một giá trị nào đó. Với cách đặt vấn đề như vậy, những điểm có tổng mật độ năng lượng lớn hơn điểm A sẽ nằm trong vùng phá hủy còn những điểm có tổng mật độ năng lượng nhỏ hơn điểm A sẽ nằm ngoài vùng phá hủy (vùng chấn động). Tiến hành khảo sát

hình dạng trường năng lượng và vùng phá hủy của lượng nổ amonit số 6 JV có đường kính 32 mm và chiều dài lượng nổ biến đổi từ nhỏ đến lớn tương ứng nhận các giá trị 3,2 cm; 64 cm; 300 cm trong loại đá có mức năng lượng bền giới hạn là 350 j/cm<sup>2</sup>. Các kết quả nhận được trình bày từ hình H.2 đến H.4.



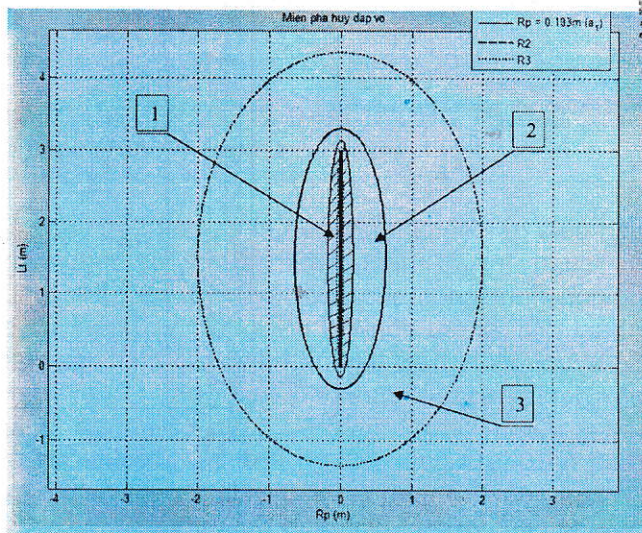
H.2. Hình dạng vùng phá hủy khi chiều dài lượng nổ nhỏ  $L_t=3,2$  cm ( $L_t/d=1$ ): 1 - Vùng phá hoại đập vỡ; 2 - Vùng chấn động gần; 3, 4 - Vùng chấn động xa



H.3. Hình dạng vùng phá hủy chiều dài lượng nổ  $L_t=64$  cm ( $L_t/d=20$ ): 1 - Vùng phá hoại đập vỡ; 2 - Vùng chấn động gần; 3 - Vùng chấn động xa

Phân tích kết quả nhận được trong hình H.2, H.3 và H.4 chỉ ra rằng: hình dạng trường năng lượng của lượng nổ dài biến đổi theo khoảng cách xa dần tâm nổ luôn tuân theo qui luật từ dạng hình trụ khi ở sát lượng nổ, chuyển dần sang hình elip và cuối cùng về dạng hình cầu khi rất xa tâm nổ; hình dạng vùng phá hủy phụ thuộc vào chiều dài

tương đối của lượng nổ so với bán kính của lượng nổ, với lượng nổ tập trung thì hình dạng vùng phá hủy có dạng cầu, với lượng nổ có chiều dài tương đối nhỏ thì hình dạng vùng phá hủy có dạng hình elip, với lượng nổ có chiều dài tương đối lớn thì vùng phá hủy tiến dần về dạng hình trụ.



H.4. Hình dạng vùng phá hủy khi chiều dài lượng nổ  $L_t=300$  cm ( $L_t=93,75$ ): 1 - Vùng phá hoại; 2 - Vùng chấn động gần; 3 - Vùng chấn động xa

Các kết quả xuất phát từ nghiên cứu độc lập theo phương pháp năng lượng và phù hợp với những nghiên cứu từ trước tới nay, thể hiện sự đúng đắn của phương pháp nghiên cứu cũng như kết quả của lời giải bài toán.

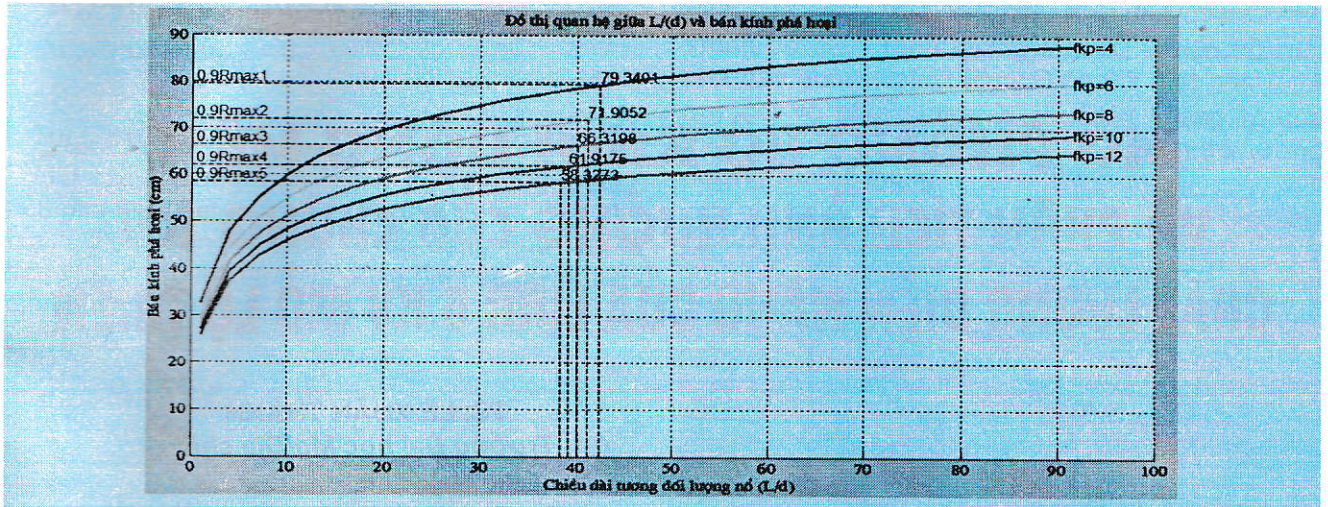
#### 4. Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài tương đối lượng nổ đến bán kính vùng phá hủy

Trên cơ sở xác định vùng phá hủy của lượng nổ dài tổng quát có dạng elipxoit, khảo sát quan hệ giữa chiều dài tương đối lượng nổ và bán kính vùng phá hủy tương ứng với các loại đất đá có độ cứng  $f_{kp}=4, f_{kp}=6, f_{kp}=8, f_{kp}=10, f_{kp}=12$ .

Nguyên tắc xác định bán kính phá hoại có các bước như sau:

- ❖ Từ bán kính và chiều dài lượng nổ xác định được thể tích, khối lượng của lượng nổ;
- ❖ Từ khối lượng của lượng nổ xác định được thể tích đất đá phá vỡ, theo phương pháp cân bằng lượng tiêu hao thuốc nổ đơn vị đối với từng loại đất đá;
- ❖ Cân bằng thể tích đất đá phá vỡ với thể tích của elipxoit, xác định được các bán kính của elipxoit. Bán kính phá hoại sẽ là bán kính vuông góc với trục của lượng nổ.

Sử dụng ngôn ngữ Matlab để lập chương trình khảo sát (KS1), kết quả thể hiện ở hình H.5.



H.5. Biến đổi bán kính phá hủy theo chiều dài tương đối của lượng nổ

Phân tích hình H.5 chỉ ra rằng khi tăng chiều dài tương đối của lượng nổ thì bán kính vùng phá hủy đập vỡ cũng tăng theo. Ở vùng mà chiều dài tương đối của lượng nổ là nhỏ, sự biến đổi của bán kính phá hoại là tương đối rõ. Khi chiều dài tương đối lượng nổ tăng qua một mức nào đó thì sự biến đổi của bán kính phá hoại là không đáng kể. Nếu xác định mức độ chính xác của bán kính phá hủy lớn nhất  $R_p^{max}$  khoảng 90 % thì tương ứng với chiều dài tương đối của lượng nổ khoảng trên dưới 40. Điều này cũng có nghĩa là với chiều dài tương đối lượng nổ nhỏ hơn 40 thì có thể điều khiển được bán kính vùng phá hủy đập vỡ, còn khi lớn hơn 40 thì bán kính vùng phá hủy đập vỡ xem như không thay đổi và không điều chỉnh được.

**5. Kết luận**

Từ kết quả nghiên cứu và phân tích lý thuyết có thể rút ra các kết luận như sau:

- ❖ Khi nổ lượng nổ hình trụ dài trong môi trường đất đá, trị số năng lượng nổ tại một điểm trong không gian không chỉ phụ thuộc vào cường độ nguồn nổ, khoảng cách tương đối đến lỗ khoan, chiều dài lượng nổ, vị trí điểm khảo sát, mà còn phụ thuộc vào bán kính lỗ khoan (buồng mìn);

- ❖ Hình dạng trường năng lượng của lượng nổ dài biến đổi theo khoảng cách xa dần tâm nổ luôn tuân theo quy luật từ dạng hình trụ khi ở sát lượng nổ, chuyển dần sang hình elip và cuối cùng về dạng hình cầu khi rất xa tâm nổ. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với thực tiễn sinh động khi sử dụng lượng nổ dài phá các kết cấu bê tông của cầu Bắc Luân (Việt-Trung) năm 1991;

- ❖ Khi chiều dài lượng nổ rất lớn thì hình dạng vùng phá hủy đập vỡ sẽ có dạng trụ, khi giảm dần chiều dài lượng nổ thì vùng phá hủy đập vỡ chuyển về dạng elipxoit, cuối cùng khi chiều dài bằng đường

kính lượng nổ thì hình dạng vùng phá hủy đập vỡ là hình cầu. Các kết quả này là phù hợp với những nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới và thể hiện sự đúng đắn của phương pháp nghiên cứu;

- ❖ Khi tăng chiều dài tương đối lượng nổ thì kích thước vùng phá hủy tăng. Với gia số tăng đạt 90 % giá trị, thì khi tăng chiều dài lượng nổ ( $L/d$ ) vượt khoảng 40 lần đường kính lỗ khoan thì trị số kích thước vùng phá hủy xem như bão hòa trong các loại đất đá có độ kiên cố từ 4 đến 12. □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

4. Đàm Trọng Thắng. Phân tích ảnh hưởng của chiều dài lượng nổ, chiều sâu lỗ khoan đến hiệu quả phá hủy đất đá khi khoan nổ trong đường hầm. Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 9 năm 2010.

5. Lê Văn Trung, Trần Hồng Minh, Đàm Trọng Thắng, Lê Quang Hồng. Thiết lập mô hình để xác định công thức tính lượng nổ đa năng trong môi trường đất đá. Báo cáo khoa học tại Hội nghị khoa học Mỏ Địa chất lần thứ 23. Hà Nội. Tháng 11/2012.

6. Кутузов Б.Н, Рубцов В.К. Физика взрывного разрушения горных пород. МГУ. Москва. 1970.

7. Покровский Г.И. Зависимость формы зоны действия взрыва от формы и расположения зарядов. Взрывное дело №54/11. Недра, Москва 1954.

8. Pham Van Hoa. Research on the determination of suitable blasting parameters using for low bench blasting in the condition of Vietnam. Berlin. 2012.

**Người biên tập: Hồ Sĩ Giao**

(Xem tiếp trang 70)

hiện tính nổ ổn định phi lý tưởng) nên cho kết quả chính xác hơn, còn hai phần mềm EXPLOSION 2.0 và Cheetah đều được xây dựng dựa trên lý thuyết nổ ổn định lý tưởng nên kết quả tính có sai lệch lớn hơn. Với áp suất trên mặt sóng nổ, do không có số liệu thực nghiệm nên chưa đưa ra được đánh giá độ chính xác của các phần mềm với nhau. Tuy nhiên, ta nhận thấy kết quả tính theo ba phần mềm trên không có sự chênh lệch nhiều. Như vậy, nếu so với phần mềm Vixen-I, EXPLOSION 2.0 có độ chính xác kém hơn (nhưng không nhiều) nhưng nếu so với phần mềm Cheetah, độ chính xác của EXPLOSION 2.0 không khác nhau đáng kể.

### 5. Kết luận

Trên cơ sở mô hình toán quá trình nổ ổn định lý tưởng, các tác giả đã xây dựng thành công phần mềm cùng cơ sở dữ liệu đi kèm có khả năng dự đoán các đặc trưng nổ của thuốc nổ công nghiệp với độ chính xác không thua kém phần mềm của nước ngoài. Điều này giúp các đơn vị nghiên cứu vật liệu nổ trong nước nâng cao năng lực, hiệu quả trong nghiên cứu chế tạo thuốc nổ mới. Ngoài ra, dựa trên thuật toán của phần mềm này, có thể tiếp tục phát triển các phần mềm chuyên dụng khác để nghiên cứu sâu về cơ chế kích nổ, truyền nổ và sinh công của thuốc nổ công nghiệp trong các điều kiện gần với thực tế tiến hành công tác nổ. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. L. Fried, P. Soers. CHEETAH: A Next Generation Thermochemical Code, Lawrence Livermore National Laboratory. 1994. 28 pp.
2. Cunningham C., Braithwaite M. and Parker I. Vixen detonation code: Energy input for HSBM, Pro. of the 8 th Int. Sym. on rock fragmentation by blasting (FRAGBLAST 8), 2006, pp. 169-174.
3. Đàm Quang Sang và nnk, Dự đoán các thông số trên mặt sóng nổ của thuốc nổ chứa C, H, O và N. Tạp chí khoa học và kỹ thuật. Số 163. 2014, tr. 80-90.
4. Belov G.V. REAL for Windows - Computer modeling of complex chemical equilibrium at high pressure and temperature. Moscow. 2002. 21 pp.
5. M.W. Chase and others, JANAF Thermochemical Tables / J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 14, Suppl. 1, 1985, 1856 pp.
6. Đàm Quang Sang, Xác định các hệ số trong phương trình nhiệt động của một số sản phẩm cháy, nổ ở trạng thái lý tưởng. Tạp chí khoa học và kỹ thuật. Số 152, 2013, tr. 71-77.
7. Hakan Hansson, Determination of properties for emulsion explosives using cylinder expansion tests and numerical simulation. Swebrec Report, Stockholm, 2009, 74 pp.

8. Muhamed Suceska, Test Methods for Explosives, Springer, 1995, 225 pp.

*Người biên tập: Hồ Sĩ Giao*

### SUMMARY

The software "EXPLOSION 2.0" and database of the thermodynamic properties of substances are developed to predict the detonation characteristics (velocity of detonation, pressure on detonation-wave front) of commercial explosives. This is an important studying of novel explosives. The software has some advantages such as its simple interface, it is easy to use and its calculation outputs are corresponding with those obtained by the foreign computer codes and practical data.

## NGHIÊN CỨU THIẾT LẬP...

*(Tiếp theo trang 93)*

### SUMMARY

Based on each point on the mine hole as a secondary explosive source, application the Huyghen principles sets the formula to determine the total energy density at any point outside of the charge. By dint of the simulation program which is built on the language Matlab (MP1) to analyze the above formula, the paper presents the researches and analyzes about the energy field and the zone of destroy rock surrounding cylinder-shaped charge. Analysing the getting results shows that, according to the distance from away the charge, the field explosive energy of long cylinder-shaped charge always changes from cylindrical to ellipsoidal and finally the sphere shape when away from the explosive center; the shape of destructive region is surface shapes having the same energy levels corresponding with the critical values to destroy rock; when increasing the relative length of charge compared with its radius, the radius of destruction zone increases and reaches saturation when the relative length increases to a certain value.