

HỘI KỸ THUẬT NỔ Mìn VIỆT NAM



TUYỂN TẬP BÁO CÁO

HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT NỔ Mìn VIỆT NAM LẦN THỨ I

**KỸ THUẬT NỔ Mìn TIỀN TIẾN
AN TOÀN VÀ THÂN THIỆN VỚI MÔI TRƯỜNG**



HỘI KỸ THUẬT NỔ Mìn VIỆT NAM

TUYỂN TẬP BÁO CÁO
HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT NỔ Mìn VIỆT NAM LẦN THỨ I

ISBN: 978-604-76-3270-1



SÁCH KHÔNG BÁN



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

HỘI KỸ THUẬT NỔ Mìn VIỆT NAM

TUYỂN TẬP BÁO CÁO

HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT NỔ Mìn VIỆT NAM LẦN THỨ I

**KỸ THUẬT NỔ Mìn TIỀN TIẾN
AN TOÀN VÀ THÂN THIỆN VỚI MÔI TRƯỜNG**

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC

TT	Tên bài báo và tác giả	Trang
1	Kỹ thuật nổ mìn tiên tiến trong khai thác lộ thiên: Xu hướng công nghệ, kiểm soát rủi ro và định hướng phát triển thân thiện với môi trường <i>Bùi Xuân Nam, Lê Ngọc Ninh, Trần Quang Hiếu</i>	11
2	Phi carbon hóa khai thác than lộ thiên tại Việt Nam: Nghiên cứu điển hình về vòng đời phát thải và các lộ trình giảm thiểu <i>Bùi Xuân Nam, Nguyễn Thị Tâm, Lê Ngọc Ninh, Quách Đức Tín, Trần Quang Hiếu, Chang-Woo Lee, Đỗ Văn Triều, Nguyễn Văn Đức</i>	45
3	Nghiên cứu khả năng sử dụng hệ thống cấp nổ điện tử nhằm nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các mỏ lộ thiên Việt Nam <i>Trần Quang Hiếu, Phạm Đại Hải, Trần Văn Dũng, Phan Mạnh Lộc</i>	68
4	Nghiên cứu kỹ thuật nổ mìn an toàn và thân thiện với môi trường <i>Lê Ngọc Ninh</i>	86
5	Nghiên cứu sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để tính toán lập hộ chiếu khoan - nổ mìn đào lò nhằm từng bước chuyển đổi số và tự động hóa công tác thiết kế khoan - nổ mìn tại các mỏ hầm lò thuộc TKV <i>Đặng Văn Kiên, Đoàn Đắc Thọ, Lê Quốc Khang, Trần Đăng Hải, Tạ Đăng Đại, Trần Công Thái, Nguyễn Văn Hải, Ngô Văn Giáp, Trần Quốc Đoàn</i>	103
6	Rủi ro trong công tác nổ mìn tại mỏ lộ thiên: phân tích, đánh giá và các giải pháp kiểm soát toàn diện <i>Trần Đình Bảo, Nguyễn Đình An, Trần Quang Hiếu</i>	120

7	Nghiên cứu phương án sản công tác nổi lấp ghép phục vụ việc khoan lỗ mìn dưới nước khi thi công công trình giao thông quy mô nhỏ	142
	<i>Nguyễn Mạnh Thường, Đàm Trọng Thắng, Trần Quang Hiếu</i>	
8	Xác định các thông số kỹ thuật của giải pháp phá vỡ đất đá bằng CO ₂ lỏng cho các mỏ lộ thiên Việt Nam	153
	<i>Hoàng Mạnh Thắng, Đàm Công Khoa, Đoàn Văn Thanh</i>	
9	Nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật công nghệ nhằm nâng cao hiệu quả khoan-nổ mìn tại các đường lò của Công ty cổ phần Than Núi Béo	166
	<i>Đặng Văn Kiên, Lê Quốc Khang, Nguyễn Văn Định</i>	
10	Nghiên cứu khảo sát sự suy giảm cường độ sóng xung kích lan truyền trong không khí sau tường chắn do nổ lượng nổ tập trung bằng phương pháp số	177
	<i>Nguyễn Đức Khởi, Đàm Trọng Thắng, Nguyễn Văn Hiếu</i>	
11	Nghiên cứu ảnh hưởng của góc nghiêng của lỗ mìn đơn trong môi trường đất đá đến trường phân bố tốc độ xung quanh lượng nổ	192
	<i>Kiều Xuân Bách, Đàm Trọng Thắng, Vũ Trọng Hiếu</i>	
12	Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá giải pháp gia cường kết cấu tường gạch khi chịu tải trọng nổ	210
	<i>Nguyễn Hữu Thế, Đàm Trọng Thắng, Nguyễn Mạnh Thường, Nguyễn Công Nghị</i>	
13	Nghiên cứu đổi mới phương pháp tính toán chỉ tiêu thuốc nổ và các thông số khoan - nổ mìn hợp lý cho các mỏ lộ thiên của TKV	220
	<i>Lê Đức Phương, Lê Việt Phương, Phí Trung Kiên, Phạm Xuân Tráng, Nguyễn Ngọc Dũng</i>	
14	Đề xuất ứng dụng ống tập trung năng lượng khi đào lò đá ở các mỏ hầm lò thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than khoáng sản Việt Nam	235
	<i>Đào Văn Chi, Phạm Đức Hưng, Nguyễn Minh Đức</i>	

15	Kíp điện tử - nền tảng chuyển đổi số cho nổ mìn thông minh <i>Nguyễn Đình An, Hoàng Trung Thành, Trần Đình Bão, Lê Quí Thảo, Trần Văn Dũng</i>	243
16	Mô hình hóa quỹ đạo đá văng theo điều kiện nổ mìn: Áp dụng cho mỏ đá Diều Phon, Cao Bằng <i>Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Phạm Văn Hòa, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Anh Kiên, Phùng Văn Thắng, Ngọc Thúy Oanh, Phùng Bảo Ngọc, Phùng Tuấn Kiệt</i>	254
17	Nghiên cứu khả năng tận dụng dầu ăn đã qua sử dụng để chế tạo thuốc nổ nhũ tương <i>Đàm Quang Sang, Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Vũ Hùng</i>	274
18	An toàn, sức khỏe nghề nghiệp cho thợ nổ mìn trong cung ứng dịch vụ nổ mìn trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh - Thực tiễn triển khai tại Tổng công ty Công nghiệp Hóa chất Mỏ (MICCO) <i>Ngô Kim Tú, Lâm Kiều Anh, Trần Văn Dũng</i>	285
19	Đánh giá nguy cơ rủi ro và phòng ngừa ô nhiễm bụi, khí độc trong công tác nổ mìn cho các mỏ sử dụng vật liệu nổ công nghiệp <i>Lâm Kiều Anh</i>	300
20	Tác động môi trường của vật liệu nổ trong xung đột vũ trang và hàm ý đối với quản lý nổ mìn thân thiện môi trường <i>Lê Ngọc Ninh</i>	315

ĐỀ XUẤT ỨNG DỤNG ỐNG TẬP TRUNG NĂNG LƯỢNG KHI ĐÀO LÒ ĐÁ Ở CÁC MỎ HÀM LÒ THUỘC TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

Đào Văn Chi^{1, *}, Phạm Đức Hưng¹, Nguyễn Minh Đức²

TÓM TẮT

Hiện nay, khoan - nổ mìn vẫn là phương pháp chủ đạo để phá vỡ đất đá trong các dự án công trình ngầm của Việt Nam, bao gồm hầm giao thông, thủy lợi, thủy điện, cũng như ngành công nghiệp khai khoáng. Phương pháp này được ưa chuộng bởi tính linh hoạt và hiệu quả của nó trong điều kiện thi công ở đất đá cứng. Hiệu quả của phương pháp này phụ thuộc vào nhiều yếu tố kỹ thuật và quản lý, bao gồm chủng loại thuốc nổ, kíp nổ, thiết bị thi công, và đặc biệt là hộ chiếu khoan nổ. Khoan - nổ mìn vẫn là phương pháp phổ biến nhất để phá vỡ đất đá và quặng khi đào lò, chi phí và quy trình thi công tương đối đơn giản, chỉ một khối lượng rất nhỏ các đường lò than được thi công bằng máy combai chiều khoảng gần 4%. Phần lớn các đường lò được chống bằng vì thép tỷ lệ chiếm từ 81,2÷91,63%, từ năm 2004, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) bắt đầu đưa vào áp dụng vì neo và ngày càng được sử dụng rộng rãi tại các đơn vị. Năm 2025, tỷ lệ đường lò chống bằng neo chiếm khoảng 15%.

Việc sử dụng thuốc nổ để phá vỡ đất đá khi đào lò dẫn đến rung chấn đường lò, ảnh hưởng rất lớn đến sự ổn định của đường lò làm cho giá thành chống giữ đường lò tăng, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn khi chống giữ đường lò có thể dẫn đến nguy cơ mất an toàn lao động trong mỏ. Theo thống kê, khối lượng chống xén đường lò thực hiện hằng năm khá lớn và có xu thế tăng đều theo thời gian, bình quân bằng từ 25,54÷28,48% mét lò đào mới. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả kinh tế của hoạt động sản xuất mỏ.

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Cục Công nghiệp - Bộ Công thương

*Email: daovanchi@humg.edu.vn

Bài toán đặt ra là tìm được giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của thuốc nổ đến đất đá xung quanh đường lò tạo thuận lợi cho công tác chống lò và giảm giá thành đào chống lò. Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả đề xuất sử dụng ống tập trung năng lượng khi đào lò để giải quyết vấn đề nêu trên.

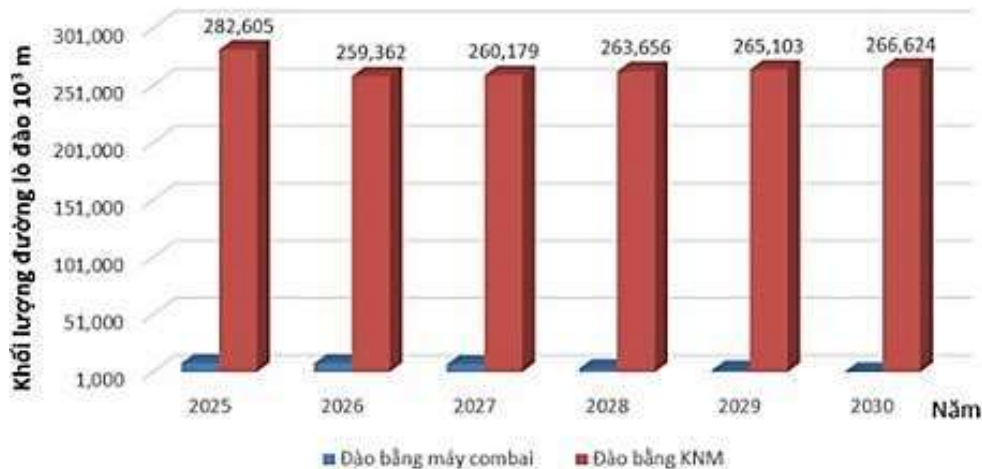
Từ khóa: đào lò, hộ chiếu đào lò, ống tập trung năng lượng, khoan - nổ mìn.

1. Đặt vấn đề

Theo kế hoạch sản xuất của các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh, để có thể chủ động việc đáp ứng sản lượng khai thác thì công tác đào lò tạo diện sản xuất mới luôn được chú trọng. Các đường lò đào trong đá có tiết diện khoảng từ $10 \div 15 \text{ m}^2$ và khoảng từ $8 \div 11 \text{ m}^2$ đối với đường lò đào trong than. Theo kế hoạch sản xuất giai đoạn 2026 - 2030, các mỏ hầm lò thuộc TKV sẽ đào tổng số khoảng 1,7 triệu mét lò mới [3].

Riêng trong năm 2025, khối lượng đào lò của TKV là khoảng 300.000 m, trong đó đào lò đá chiếm khoảng 30% tổng khối lượng. Hầu hết được thực hiện bằng khoan - nổ mìn, chỉ một khối lượng rất nhỏ các đường lò than được thi công bằng máy combai, chiếm từ $0,65 \div 4,42\%$ khối lượng lò than thi công hằng năm. Nếu tính chung trên tổng khối lượng đường lò cơ bản sản xuất, tỷ lệ mét lò đào bằng máy càng khiêm tốn, chỉ từ $0,50 \div 3,03\%$ [4]. Như vậy, công tác đào lò hiện nay vẫn được chủ yếu thực hiện bằng công nghệ thủ công khoan - nổ mìn bởi tính linh hoạt của nó. Tuy nhiên, việc thực hiện tách phá đất đá trong đào lò bằng thuốc nổ cũng đã gây ra một số vấn đề tồn tại đến nay vẫn còn chưa giải quyết triệt để như: gây ra hệ số thừa tiết diện trong đào lò; đất đá xung quanh đường lò bị phá vỡ trạng thái cân bằng do rung chấn gây nứt nẻ và ảnh hưởng đến mức độ ổn định của đường lò; công tác chống xén bảo dưỡng đường lò hàng năm lớn [2].

Thực tế trong quá trình sản xuất của mỏ đã xảy ra nhiều vụ tai nạn liên quan đến công tác chống giữ đường lò có liên quan trực tiếp đến công tác khoan - nổ mìn khi đào lò, ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn lao động trong mỏ. Việc tính toán sử dụng lượng thuốc nổ hợp lý đảm bảo hiệu quả phá vỡ đất đá khi đào lò cũng như giảm thiểu mức độ rung chấn của thuốc nổ đối với các tếp đất đá xung quanh đường lò đang được chú trọng nghiên cứu.



Hình 1. Tổng hợp khối lượng thi công đào lò theo loại đường lò giai đoạn 2025 - 2030 tại các mỏ than thuộc TKV

Như vậy có thể thấy, khối lượng đào lò theo kế hoạch các năm tiếp theo có xu hướng ngày càng tăng, việc cải thiện công tác khoan - nổ mìn cần được chú trọng để nâng cao hiệu quả đào lò là bài toán thách thức mà được các mỏ thuộc TKV đặc biệt quan tâm. Bài báo tiến hành nghiên cứu giải pháp áp dụng ổng tập trung năng lượng nhằm nâng cao hiệu quả của công tác nổ mìn phá vỡ đất đá trong quá trình đào lò là có tính khoa học khi nâng cao hiệu quả nổ mìn và giảm chi phí khi nổ mìn, cũng như tăng hiệu quả kinh tế khi đào các đường lò đá ở các mỏ hầm lò thuộc TKV.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Hiện trạng công tác đào lò tại các mỏ thuộc TKV

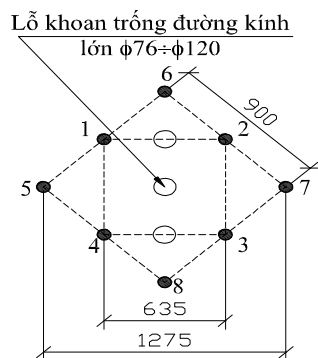
Để đảm bảo hiệu quả trong quá trình thi công đào lò, việc lập hộ chiếu nổ mìn là một tài liệu kỹ thuật quan trọng, quy định chi tiết nội dung và phương pháp thi công nổ mìn. Vai trò của hộ chiếu nổ mìn vượt xa một văn bản tuân thủ pháp luật đơn thuần. Nó là một bản thiết kế kỹ thuật chi tiết, là công cụ cốt lõi để kiểm soát chất lượng nổ mìn, đảm bảo an toàn lao động, bảo vệ môi trường và tối ưu hóa hiệu quả kinh tế của công tác đào lò. Trong đó hệ số thừa tiết diện là một chỉ số kỹ thuật quan trọng trong công tác đào lò đá, phản ánh mức độ sai lệch giữa khối lượng đào thực tế và khối lượng đào theo thiết kế. Về mặt kỹ thuật, hệ số thừa tiết diện là một thước đo trực tiếp về độ chính xác của công tác khoan - nổ mìn so với thiết kế. Việc kiểm soát tốt hệ số này có tầm quan trọng đặc biệt trong việc đạt được hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao.

Hiện nay, một số mỏ đã tiến hành nghiên cứu để giải quyết phần nào vấn đề đặt ra ở trên. Mỏ than Thống Nhất đã tiến hành áp dụng một số giải pháp nhằm hoàn thiện công tác đào lò bằng công nghệ khoan - nổ mìn với các thông tin như sau [3], [9]:

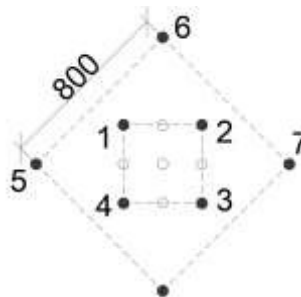
- Nổ mìn toàn gương.
- Tăng tiến độ nổ mìn từ 1,4÷1,5 m (bằng 2÷3 bước chống), chiều sâu khoan 1,5÷1,6 m.
- Sử dụng phương pháp tạo rạch phá hủy bằng lăng trụ kép kết hợp tạo mặt thoáng phụ bằng lỗ khoan trống.
- Bố trí hợp lý vị trí các nhóm lỗ mìn (tập trung ở phạm vi 2/3 phía gương dưới).
- Sử dụng tối đa cấp số vi sai (6 cấp) và kiến nghị bổ sung cấp số 7.
- Bố trí hợp lý các nhóm vi sai để tạo cộng hưởng sóng nổ nhằm tạo hiệu quả nổ tối đa, cỡ hạt đồng đều, tập trung gần gương, giảm chấn động.

Với việc thực hiện giải pháp này, mỏ than Thống Nhất đã đạt được những kết quả cải thiện như sau:

- Hệ số sử dụng lỗ mìn đạt $\eta = 0,9 \div 0,95$, tăng 15÷20% so với hiện trạng ($\eta = 0,7 \div 0,8$).
- Tiến độ nổ mìn 1,4 m, tăng 100%.
- Chi phí thuốc nổ giảm 18÷20%.
- Chi phí kíp nổ giảm 25÷38,3%.
- Chi phí mét khoan giảm 12÷17%.
- Tốc độ đào lò tăng 11÷21,5%.

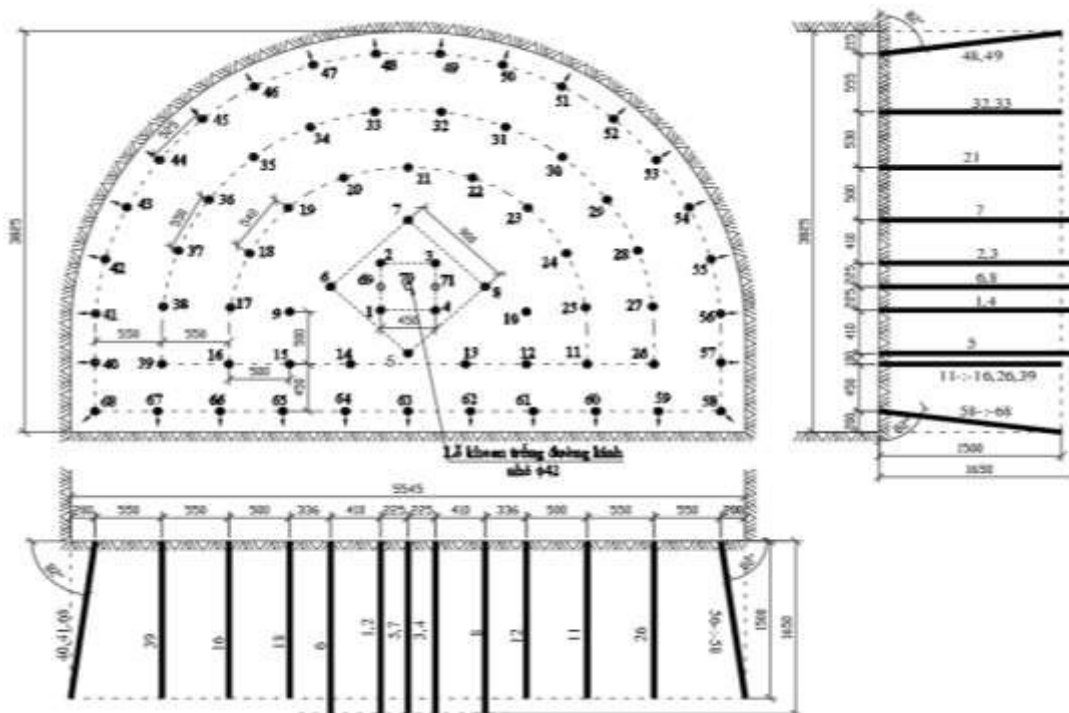


Dạng đột phá hình trụ kép hợp lỗ khoan trống đường kính lớn ($\phi = 76 - 120$)



Dạng đột phá hình trụ kép hợp lỗ khoan trống đường kính nhỏ ($\phi = 42$)





Hình 2. Hệ chiếu khoan - nổ mìn khi đào lò đá tại mỏ than Thống Nhất [6 - 8]

2.2. Đề xuất giải pháp sử dụng ống tập trung năng lượng khi đào lò bằng công nghệ khoan - nổ mìn [11]

Hiện nay, các mỏ hầm lò tại Trung Quốc đang sử dụng ống tập trung năng lượng nổ khi đào lò bằng khoan - nổ mìn. Đây là một thiết bị nổ đặc biệt, được thiết kế để tập trung năng lượng nổ vào một hướng nhất định, làm tăng cường hiệu quả phá đá (Hình 3). Vỏ ống thường làm bằng vật liệu composite, lớp lót hình nón hoặc lõm (liner) giúp định hướng năng lượng nổ, thuốc nổ được nạp đầy xung quanh lớp lót. Khi thuốc nổ phát nổ, năng lượng nổ được dẫn hướng nhờ lớp lót lõm, tạo dòng năng lượng cực mạnh tập trung vào đá, gây phá vỡ tập trung và hiệu quả. Khi sử dụng ống tập trung năng lượng này trong lỗ khoan, sóng kích nổ từ thuốc nổ đặt trong ống tạo ra hơi nước ở nhiệt độ cao, đạt áp suất 7.000÷30.000 MPa (nổ mìn thông thường kiểu truyền thống hiện nay áp suất từ 300÷2.000 MPa). Khi đó năng lượng nổ ở tốc độ cao làm đá phá vỡ theo các khe nứt, tạo ra sức công phá lớn hơn khi nổ mìn thông thường từ 30÷50%. Quá trình này giúp tăng thời gian thi công, giảm khối lượng công tác khoan lên đến 30% (mạng khoan được mở rộng, giảm 30% lượng thuốc nổ (giảm chỉ tiêu thuốc nổ) và mà vẫn đạt được công suất ngang bằng với phương pháp nổ mìn truyền thống.



Hình 3. Hình ảnh ống tập trung năng lượng khi nổ mìn [11]

Đối với các mỏ hầm lò, sau khi đặt ống tập trung năng lượng định hình vào các vị trí khoan, tiến hành cho thuốc nổ như thông thường và đặt hệ thống kích nổ từ xa. Phần năng lượng nổ có ích hình thành ở tốc độ cao làm đá bị cắt thẳng hoặc đường cong đã định hình sẵn các lát cắt gọn hơn dễ thi công hơn giảm thiểu chi phí phát sinh, sức công phá của thuốc nổ có kiểm soát sẽ tiết kiệm so với quy trình truyền thống 30÷50% chi phí. Quá trình này giúp giảm 30÷50% lượng thuốc nổ và nhân công mà vẫn đạt được công suất ngang bằng với quy trình nổ mìn truyền thống.



Hình 4. Ống tập trung năng lượng áp dụng khi đào lò [11]

Thuốc nổ được đặt vào ống tập trung năng lượng và cho vào các lỗ khoan và thực hiện quy trình nổ như bình thường (cho phép giảm 30% lượng thuốc nổ và 30% mũi khoan so với quy trình cũ trên cùng một bãi nổ). Ống tập trung năng lượng tạo vết nứt định hướng, hạn chế rung chấn và bụi mịn phát tán ra môi trường xung quanh.

Thuốc nổ được đặt vào ống thu năng lượng và cho vào các lỗ khoan và thực hiện quy trình nổ như bình thường (lưu ý giảm 30÷50% lượng thuốc nổ so với quy trình hiện tại trên cùng gương nổ), nâng cao hiệu quả nổ mìn tạo biên, giảm thiểu rung chấn nổ mìn và lượng bụi phát sinh.



Hình 5. Sử dụng ống tập trung năng lượng sau khi nổ mìn [11]

3. Kết luận

Đào lò bằng công nghệ khoan - nổ mìn vẫn được sử dụng chủ yếu ở các mỏ hầm lò thuộc TKV tại Việt Nam trong những năm tới. Các vấn đề hiện nay của công tác đào lò vẫn chưa giải quyết triệt để, trong đó việc lập hộ chiếu khoan - nổ mìn vẫn còn nhiều công việc phải hoàn thiện mới có thể nâng cao được hiệu quả đào lò. Việc nghiên cứu và thử nghiệm các giải pháp dựa trên kích thước vùng phá hủy của đất đá thay vì chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị truyền thống, nhằm tối ưu hóa hộ chiếu, giảm chi phí và nâng cao hiệu quả trong công tác lập hộ chiếu khoan - nổ mìn cũng đã và đang được chú trọng triển khai. Kết quả của công tác này cũng đã phần nào có được sự cải thiện của hiệu quả nổ mìn khi đào lò. Tuy vậy, với việc sử dụng công nghệ khoan - nổ mìn là chủ yếu để đào các đường lò chuẩn bị sản xuất và đường lò xây dựng cơ bản trong những năm tới theo kế hoạch sản xuất của TKV thì vẫn chưa đáp ứng được yêu cầu của các đơn vị sản xuất mỏ.

Bài toán tính lượng thuốc nổ cần thiết để đảm bảo hiệu quả phá vỡ đất đá, giảm thiểu hệ số thừa tiết diện đường lò cũng như giảm chấn động đến đất đá xung quanh đường lò do thuốc nổ cần được chú trọng ưu tiên hàng đầu trong quá trình đào lò. Các mỏ hầm lò tại Trung Quốc sử dụng ống tập trung năng lượng trong công tác nổ mìn khi đào lò. Việc nghiên cứu áp dụng giải pháp mà các mỏ Trung Quốc đã thực hiện cần xem xét để xử lý các vấn đề mà hiện nay đang còn tồn tại trong công tác đào lò tại các mỏ TKV ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bùi Danh Lưu (1999). *Khoan - nổ mìn tạo biên - Neo trong đất đá*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội.
- [2] QCVN 01:2019/BCT “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ”.
- [3] Phạm Khánh Minh. *Báo cáo kết quả đề tài Nhà nước: “Nghiên cứu lựa chọn áp dụng các giải pháp công nghệ tiên tiến chống lò bằng vì neo ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh”*. Trung tâm Hỗ trợ TBKT Mỏ, Hà Nội. 2025.
- [4] Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. *Báo cáo khối lượng mỏ của Tập đoàn TKV từ năm 2021 ÷ 2025*.
- [5] TCVN 4586:1997 - *Vật liệu nổ công nghiệp - Yêu cầu an toàn về bảo quản, vận chuyển và sử dụng*. Hà Nội. 1997.
- [6] TKV - *Hướng dẫn tính toán và lựa chọn kết cấu chống giữ hợp lý cho các đường lò thi công trong điều kiện địa chất phức tạp, áp lực mỏ lớn tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV-2024*.
- [7] TKV - *Hướng dẫn sử dụng vật liệu hóa chất phục vụ gia cường khối than, đá và an toàn, phòng chống cháy nổ tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV*.
- [8] TKV - *Tiết diện mẫu các đường lò* (Ban hành kèm theo Quyết định số 1950/QĐ-VINACOMIN ngày 11/9/2012).
- [9] Viện KHCN Mỏ. *Nghiên cứu nâng cao hiệu quả nổ mìn đào lò đá tại công ty than Thống Nhất*. 2025
- [10] *Tiết diện mẫu các đường lò* (Ban hành kèm theo Quyết định số 1950/QĐ-VINACOMIN ngày 11/9/2012).
- [11] *Курсанов А.К, Обоснование параметров буровзрывных работ при строительстве подземных горизонтальных и наклонных горных выработок: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, 2019 (Lý giải các thông số của hoạt động khoan - nổ mìn trong xây dựng các công trình mỏ ngầm nằm ngang và nghiêng. Luận án tiến sĩ khoa học kỹ thuật, 2019)*.
- [11] *中国网站搜查.中国发明的聚能管光面爆破技*. 2025.