

NGHIÊN CỨU CẮT VÁCH BẰNG PHƯƠNG PHÁP HỖ HỢP THỦY LỰC - NỔ Mìn ĐỊNH HƯỚNG TRONG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC KHÔNG ĐỂ LẠI TRỤ BẢO VỆ

Phạm Trung Nguyên, Trần Tuấn Ngạn*, Trương Đức Dư,
Phạm Khánh Minh, Lưu Quang Dương

Trung tâm Hỗ trợ Tiến bộ Kỹ thuật Mỏ, 226 Lê Duẩn, Hà Nội, Việt Nam.

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 25/10/2025

Ngày nhận bài sửa: 24/11/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2025

*Tác giả liên hệ:

Email: ngan3191@gmail.com

TÓM TẮT

Điều khiển trạng thái khối đá nhằm dỡ tải áp lực mỏ lên đường lò dọc vỉa vận tải trong vùng áp lực tựa lò chợ là khâu công nghệ quan trọng và phức tạp nhất trong tổ hợp các giải pháp chống giữ duy trì để sử dụng lại lò dọc vỉa vận tải trong sơ đồ công nghệ khai thác không để lại trụ bảo vệ. Phương pháp nổ mìn cắt vách định hướng được áp dụng rộng rãi ở Trung Quốc, LB Nga. Do tính chất cơ lý và cấu tạo của khối đá vách rất đa dạng và biến đổi trong phạm vi lớn nên rất khó có thể tạo ra một mặt khe nứt lý tưởng (mặt liên kết yếu) trong khối đá để vách có thể sập đổ, gãy xuống theo dự kiến. Thực tế thường sử dụng phương pháp hỗn hợp: kết hợp phương pháp nổ mìn tự năng cắt vách định hướng với phương pháp nổ mìn phá vỡ khối đá; phương pháp nổ mìn – thủy lực định hướng với phương pháp nổ mìn phá vỡ khối đá. Khi đó, khối lượng công tác khoan - nổ mìn rất lớn, đặc biệt trong trường hợp khai thác vỉa dày theo sơ đồ khấu lò chợ trụ - hạ trần thu hồi than nóc và đá vách thuộc loại bền vững, khó sập đổ. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết và thực tiễn áp dụng các phương pháp làm yếu khối đá, các tác giả đề xuất công nghệ cắt vách bằng phương pháp hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng áp dụng cho điều kiện khai thác vỉa dày và một số kết quả thử nghiệm công nghệ tại lò dọc vỉa vận tải lò chợ IV-9-17 Công ty than Hạ Long.

Từ khóa: công nghệ cắt vách, phương pháp hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ khai thác không để lại trụ bảo vệ (KTBV) về bản chất là một tổ hợp các giải pháp kỹ thuật, công nghệ được thực hiện trong quá trình đào lò chuẩn bị và khai thác lò chợ nhằm chống giữ đường lò ổn định trong suốt thời gian tồn tại, đáp ứng chức năng lò dọc vỉa vận tải khi khai thác lò chợ phân tầng trên và chức năng lò thông gió cho lò chợ phân tầng dưới [3].

Với tính ưu việt nổi trội là không phải đào mới lò thông gió cho lò chợ phân tầng dưới và loại bỏ hoàn toàn tổn thất than trong trụ bảo vệ, đồng nghĩa với việc giảm chi phí đào lò, tiết kiệm tài nguyên than, nâng cao hiệu quả sản xuất nên công nghệ khai thác KTBV được nghiên cứu và phát triển áp dụng ở nhiều nước trên thế giới từ nhiều

năm trước và đặc biệt phát triển mạnh mẽ ở Trung Quốc trong khoảng 10 năm trở lại đây cả về phương diện lý thuyết và thực tiễn [8].

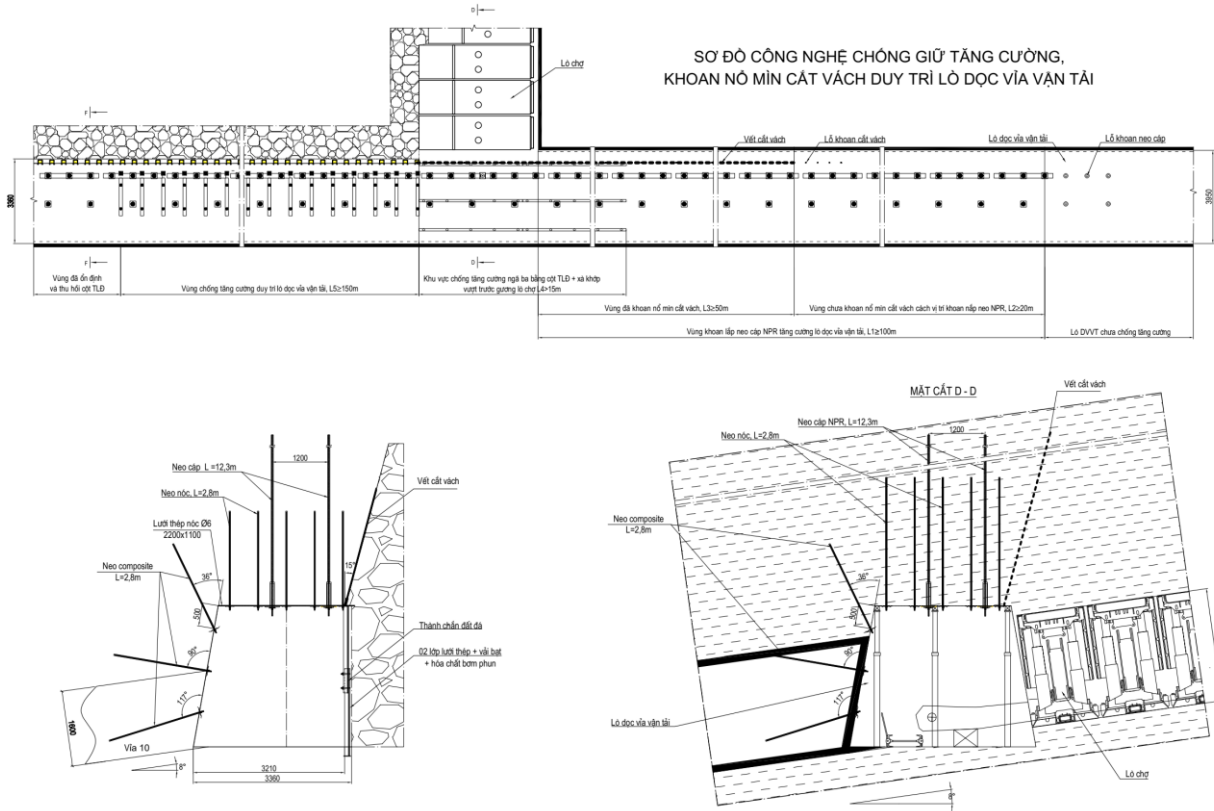
Ở Việt Nam, trong giai đoạn 2021-2024 đã triển khai nghiên cứu và thử nghiệm công nghệ khai thác KTBV trong điều kiện vỉa dày trung bình, độ dốc thoải đến nghiêng tại khu vực Khe Chàm I thuộc Công ty than Hạ Long - TKV với bốn giải pháp công nghệ chính: (i) Chống lò bằng neo cáp dự ứng lực với lực kháng không đổi; (ii) Điều khiển trạng thái khối đá vách để dỡ tải áp lực mỏ tác động lên đường lò; (iii) Chống giữ tăng cường lò trong vùng áp lực tựa lò chợ; (iv) Tạo tường chắn ngăn đá phá hỏa và chống rò gió dọc theo hông lò lò dọc vỉa tiếp giáp với khoảng trống đã khai thác lò chợ. Trong đó, điều khiển trạng thái khối đá vách



để đỡ tải áp lực mỏ tác động lên đường lò bằng phương pháp cắt vách định hướng là giải pháp công nghệ quan trọng và phức tạp nhất [4].

Trong điều kiện địa chất - kỹ thuật mỏ các lò chợ khu Khe Chàm I - Công ty than Hạ Long đã sử

dụng phương pháp nổ mìn tự năng định hướng để cắt dầm công xôn đá vách theo đường biên hông lò dọc vỉa vận tải tiếp giáp với khoảng trống đã khai thác lò chợ (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ công nghệ khai thác KTBV áp dụng tại khu Khe Chàm I - Công ty than Hạ Long

Kết quả nghiên cứu và theo dõi cho thấy, đá vách dọc theo biên lò sập đổ xuống chèn lấp khoảng trống đã khai thác, đạt yêu cầu đỡ tải áp lực, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác chống giữ duy trì đường lò ổn định, đảm bảo chức năng lò thông gió cho lò chợ phân tầng dưới.

Hạn chế cơ bản của phương pháp nổ mìn tự năng định hướng là khối lượng công tác khoan - nổ mìn lớn. Trong trường hợp khai thác vỉa dày theo sơ đồ khấu lò chợ trụ - hạ trần thu hồi than nóc cần phải khoan - nổ mìn với số lượng lớn lỗ khoan dài trong đá vách, đặc biệt khi đá vách thuộc loại bền vững khó sập đổ, chi phí cho công tác điều khiển khối đá, đỡ tải áp lực mỏ sẽ rất lớn. Trong một số trường hợp có thể không hiệu quả do không cắt được hết chiều dày dầm công xôn đá vách, khối đá sập đổ xuống không lấp đầy khoảng trống đã khai thác, vẫn gây nên hiện tượng “treo” của đá vách.

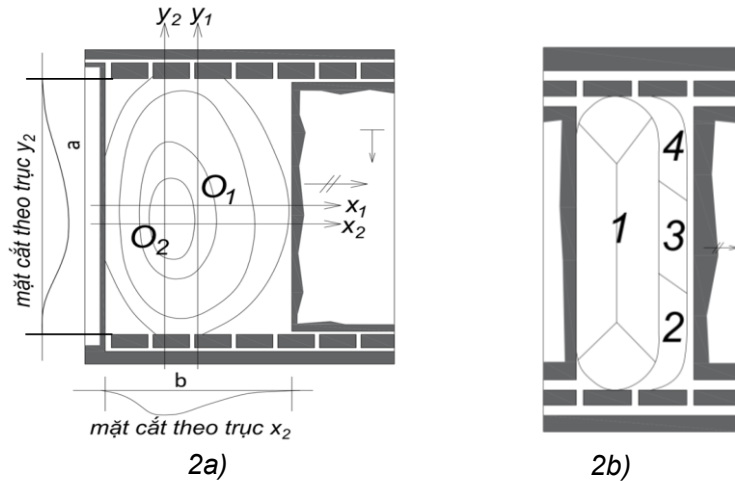
Chính vì vậy, để áp dụng hiệu quả công nghệ khai thác KTBV trong điều kiện vỉa dày, dốc thoải

đến nghiêng ở các mỏ hầm lò Quảng Ninh, cần thiết nghiên cứu, tìm giải pháp kỹ thuật giảm chi phí cho công tác khoan - nổ mìn điều khiển đá vách, đảm bảo đỡ tải áp lực mỏ, tạo điều kiện thuận lợi chống giữ duy trì ổn định lò vận tải, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật để sử dụng lại làm lò thông gió cho lò chợ phân tầng sau.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết điều khiển trạng thái khối đá mỏ trong vùng áp lực tựa của lò chợ

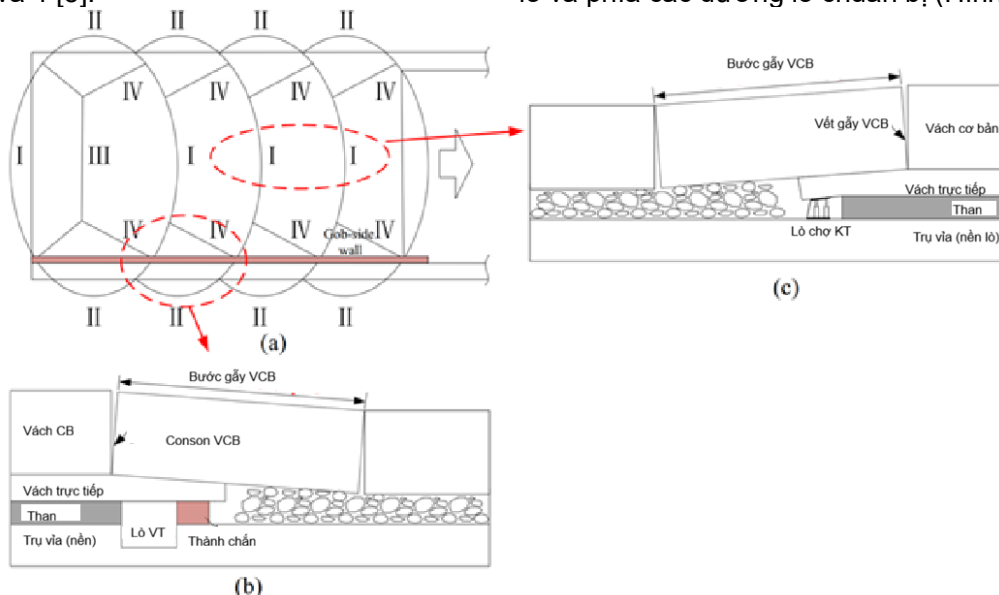
Quá trình biến dạng, phá hủy đá vách trực tiếp (VTT) và đá vách cơ bản (VCB) trong vùng áp lực tựa lò chợ trong hệ thống khai thác cột dài theo phương được nghiên cứu trên mô hình cũng như tại hiện trường, đã xác định được cơ chế biến dạng, phá hủy ban đầu và phá hủy thường kỳ của đá VTT và đá VCB [1].



Hình 2. Cơ chế biến dạng và sập đổ ban đầu đá vách trực tiếp

Hình 2a mô tả đặc tính biến dạng của VTT: theo tiến độ lò chợ bắt đầu từ lò thượng khởi điểm, diện tích lộ trần của VTT tăng dần, tỷ số a/b giảm dần đến thời điểm xảy ra sập đổ ban đầu của VTT theo diện tích lộ trần của khoảng trống đã khai thác được giới hạn từ 4 phía: (1) trụ than tiếp giáp thượng khởi điểm khai thác; (2) gương lò chợ; (3,4) trụ than bảo vệ lò dọc vỉa thông gió và vận tải. Vòm sập đổ ban đầu có dạng gần giống với hình oval, trong đa số trường hợp có dạng giống với hình elip. Đối với điều kiện vỉa thoải và trong khối đá vách không có các phá hủy kiến tạo, quá trình phá hủy của VTT thường xảy ra theo trình tự được mô tả trên Hình 2b: khi VTT lộ trần đến một diện tích giới hạn, đầu tiên sẽ sập đổ trong khoảng trống 1, tiếp theo sẽ sập đổ lần lượt theo thứ tự vùng 2 đến vùng 3 và 4 [5].

Sau sập đổ ban đầu của VTT, quá trình tiến gương lò chợ dần dần hình thành dầm công xôn đá vách trên nóc lò chợ với một phía ngàm trong khối đá phía trước gương lò và một phía tựa trên khối đá chân vòm sập đổ. Khi chiều dài dầm công xôn đủ lớn, VTT sẽ tự sập đổ sau gương lò tạo nên bước gãy thường kỳ. Tương tự phía các lò dọc vỉa thông gió và vận tải cũng hình thành dầm công xôn VTT trên nóc các đường lò với một phía ngàm trong khối đá trên trụ than và đường lò chuẩn bị, phía còn lại là ranh giới với vòm sập đổ. Quá trình biến dạng, phá hủy và cơ chế hình thành các dầm công xôn VCB trên nóc lò chợ và các đường lò chuẩn bị xảy ra cũng tương tự như đối với đá VTT. Chính các công xôn VTT và VCB này tạo nên vùng áp lực tựa trong khu vực lò chợ phía trước gương lò và phía các đường lò chuẩn bị (Hình 3).

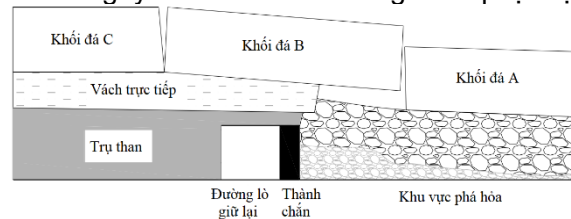


Hình 3. Cơ chế hình thành các dầm công xôn VTT và VCB trước gương lò chợ và trên trụ than và lò chuẩn bị

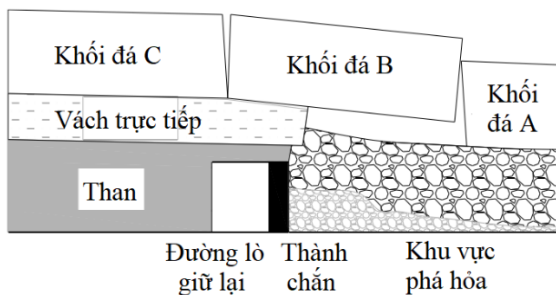


Các nghiên cứu [8] đã xác định 03 mô hình biến dạng, phá hủy và sập đổ của công xôn đá vách trong khu vực lò dọc vỉa vận tải (Hình 4): (a) công xôn đá vách gãy nằm hoàn toàn trên vỉa than và đường lò; (b) công xôn đá vách gãy nằm trên

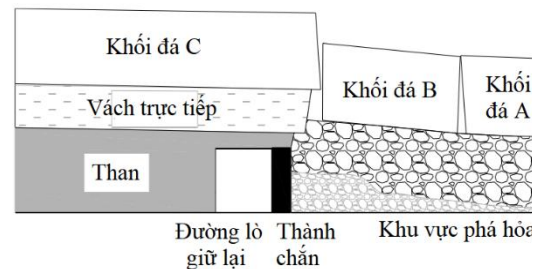
đường lò và (c) công xôn đá vách gãy nằm ngoài đường lò trong khoảng trống đã khai thác và chỉ ra rằng trong trường hợp (c) đường lò được chống giữ trong điều kiện thuận lợi nhất do ít chịu ảnh hưởng của áp lực tựa lò chợ.



a) công xôn đá vách gãy nằm trên vỉa than và đường lò



b) công xôn đá vách gãy nằm trên đường lò



c) công xôn đá vách gãy nằm ngoài đường lò

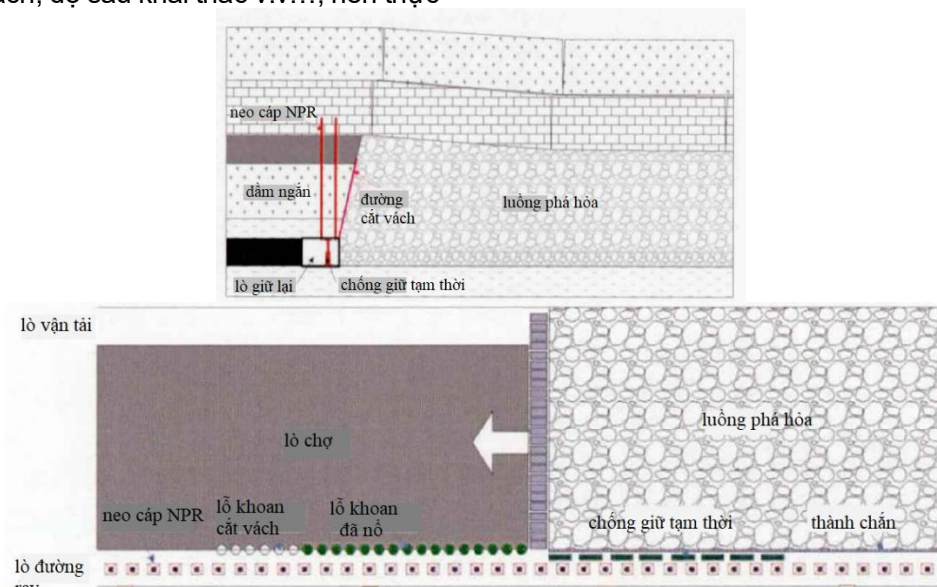
Hình 4. Sự sập đổ đá vách tác động lên lò chuẩn bị trong vùng áp lực tựa lò chợ

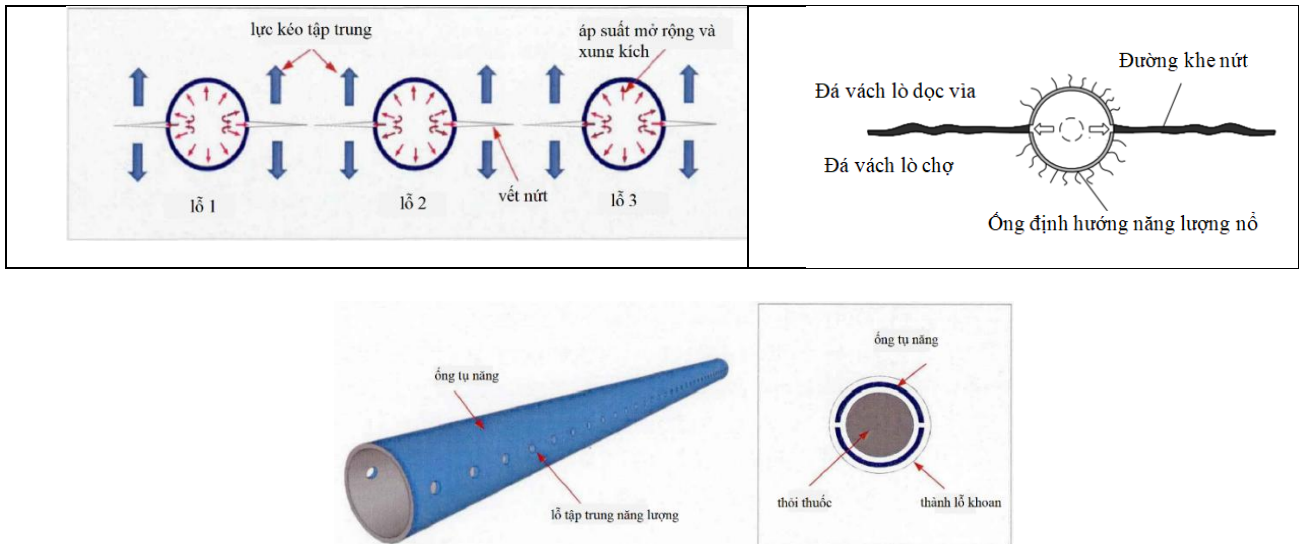
2.2. Một số phương pháp điều khiển trạng thái khối đá mỏ áp dụng trong sơ đồ công nghệ khai thác không để lại trụ bảo vệ

Do tính chất đa dạng và phức tạp của khối đá mỏ, sự phá hủy và sập đổ của các công xôn đá vách phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố địa chất – kỹ thuật mỏ như điều kiện sản trạng vỉa than, cấu tạo và tính chất cơ lý đá vách, độ sâu khai thác v.v..., nên thực

tế đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng các giải pháp công nghệ để chủ động điều khiển khối đá vách sập đổ, giảm tải áp lực lên đường lò.

Ở Trung Quốc từ năm 2008 GS He Manchao đã phát triển công nghệ cắt vách dựa trên phương pháp nổ mìn tự năng định hướng để cắt gãy dầm công xôn dọc theo biên đường lò làm giảm tải áp lực tác động lên đường lò (Hình 5).





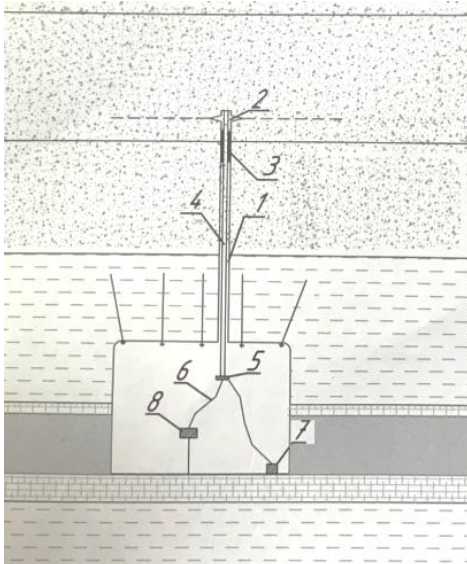
Hình 5. Sơ đồ nguyên lý cắt vách bằng phương pháp nổ mìn tụ năng định hướng

Ống tụ năng có 3 tác dụng chính; (i) tạo ra áp lực cao, tốc độ nhanh và nhiệt độ cao để hình thành trong khối đá một khe nứt theo một hướng nhất định; (ii) áp suất khí và sóng xung kích tác động lên thành ống tạo điều kiện phát triển khe nứt; (iii) tăng hiệu suất năng lượng nổ.

Ở LB Nga áp dụng rộng rãi phương pháp tách lớp thủy lực định hướng (TLTL) và nổ mìn thủy lực (NMTL) làm yếu khối đá để đảm công xôn dễ sập đổ dọc theo biên đường lò với khoảng trống đã khai thác nhằm đỡ tải áp lực, tạo điều kiện thuận

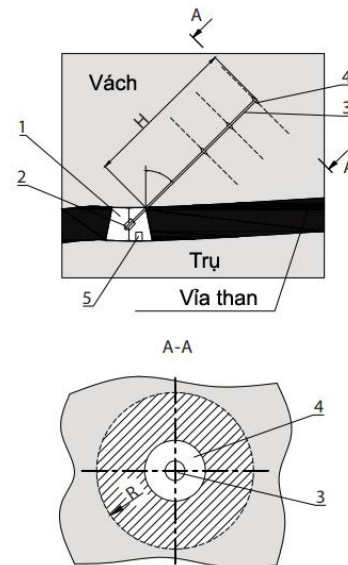
lợi chống giữ đường lò trong sơ đồ công nghệ khai thác KTBV [6, 7].

Bản chất của phương pháp TLTL là tạo ra một rãnh mở ban đầu trong thành lỗ khoan 1, song song hoặc nghiêng với mặt phân lớp trong khối đá vách bằng một kết cấu cơ khí đặc biệt gọi là thiết bị tạo rãnh mở ban đầu, sau đó bịt lỗ khoan bằng nút mềm chịu áp lực cao 3 và dùng bơm cao áp 7 bơm ép dung dịch (nước hoặc nhũ tương) vào rãnh mở ban đầu theo đường ống mềm cao áp 4 qua múp nối mềm 5 liên kết máy bơm với đường ống (Hình 6, 7, 8).



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý công nghệ cắt vách thủy lực theo mặt phân lớp

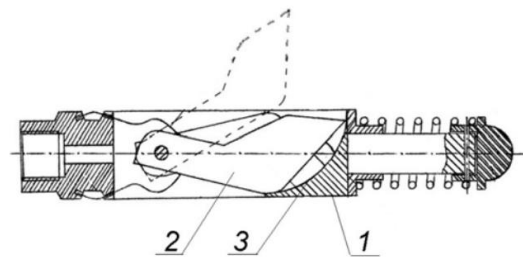
- 1 - Lỗ khoan; 2 - Rãnh mở ban đầu;
3 - Nút bịt lỗ khoan; 4 - Đường ống cao áp;
5 - Múp nối mềm; 6 - Đường ống mềm cao áp;
7 - Trạm bơm; 8 - Thiết bị kiểm tra.



Hình 7. Sơ đồ tạo rãnh mở ban đầu theo hướng nghiêng với mặt phân lớp

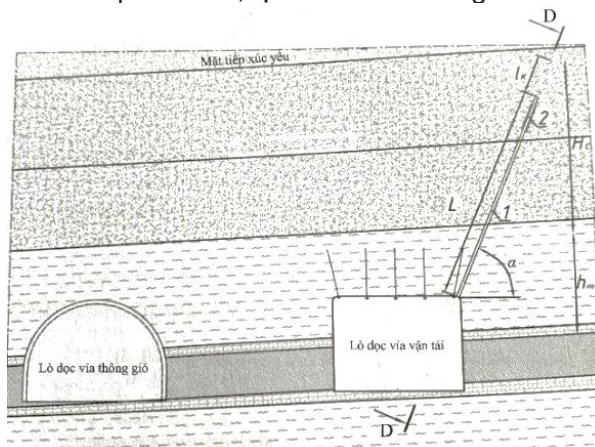
- 1 - đường lò; 2 - Máy khoan;
3 - Lỗ khoan; 4 - rãnh mở ban đầu;
5 - trạm bơm.

Do hiệu ứng phá hủy dưới tác dụng của áp lực dung dịch, rãnh mở ban đầu phát triển mở rộng tạo thành mặt liên kết yếu trong khối đá vách theo hướng được xác định trước. Đối với các loại đá trầm tích thì độ bền đứt theo mặt phân lớp là nhỏ nhất, vì vậy rãnh mở ban đầu đặt ở vị trí mặt phân lớp sẽ dễ dàng phát triển mở rộng tạo thành mặt liên kết yếu, làm giảm độ bền của khối đá vách, tạo điều kiện đá vách trở nên dễ sập đổ hơn trong quá trình khai thác. Có thể tạo ra các mặt phẳng cắt vách ở nhiều mức khác nhau phụ thuộc vào số lượng và vị trí đặt các thiết bị tạo rãnh mở rộng trong thành lỗ khoan.



Hình 8. Thiết bị tạo rãnh mở rộng.
1 - Thân máy; 2 - Dao cắt;
3 - khe dẫn hướng

Bản chất của phương pháp NMTL: từ lò chuẩn bị phía trước gương lò chợ trong vùng áp lực tựa khoan các lỗ khoan đỡ tải vào vách vỉa than với góc nghiêng so với mặt phân lớp gần bằng góc sập đổ tự nhiên của đá vách sau đó tiến hành nạp mìn và búa trong lỗ khoan. Sau khi nổ mìn tiến hành bơm ép dung dịch vào lỗ khoan với áp suất lớn, tạo ra khe nứt trong khối đá vách dọc theo đường lò (hình 9).



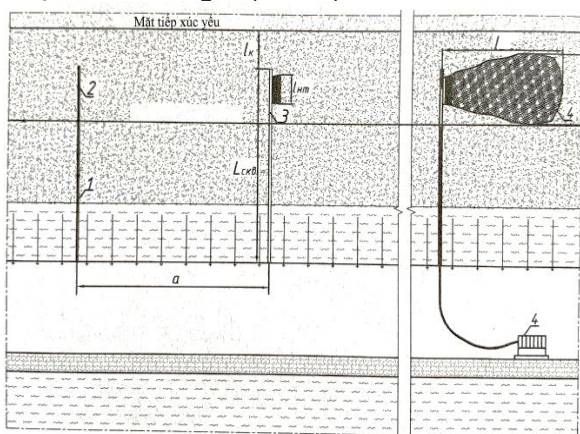
Hình 9. Sơ đồ công nghệ nổ mìn thủy lực (NMTL)

1 - Lỗ khoan; 2 - Thuốc mìn nổ om; 3 - Khe nứt; 4 - Mặt phá hủy; 5 - Máy bơm

Phương pháp NMTL thường được áp dụng cho mục đích giảm cường độ áp lực khi vách cơ bản khó sập đổ gây lún đầu, tạo bước gãy thường kỳ ổn định, cũng như tạo điều kiện thuận lợi chống giữ duy trì ổn định lò chuẩn bị trong khu vực khai thác do cắt được công xôn đá vách, không để xảy ra tình trạng vách “treo” trên diện rộng, ổn định lò, giảm bùng nền, đảm bảo tiết diện công tác đường lò trong suốt thời gian khai thác lò chợ.

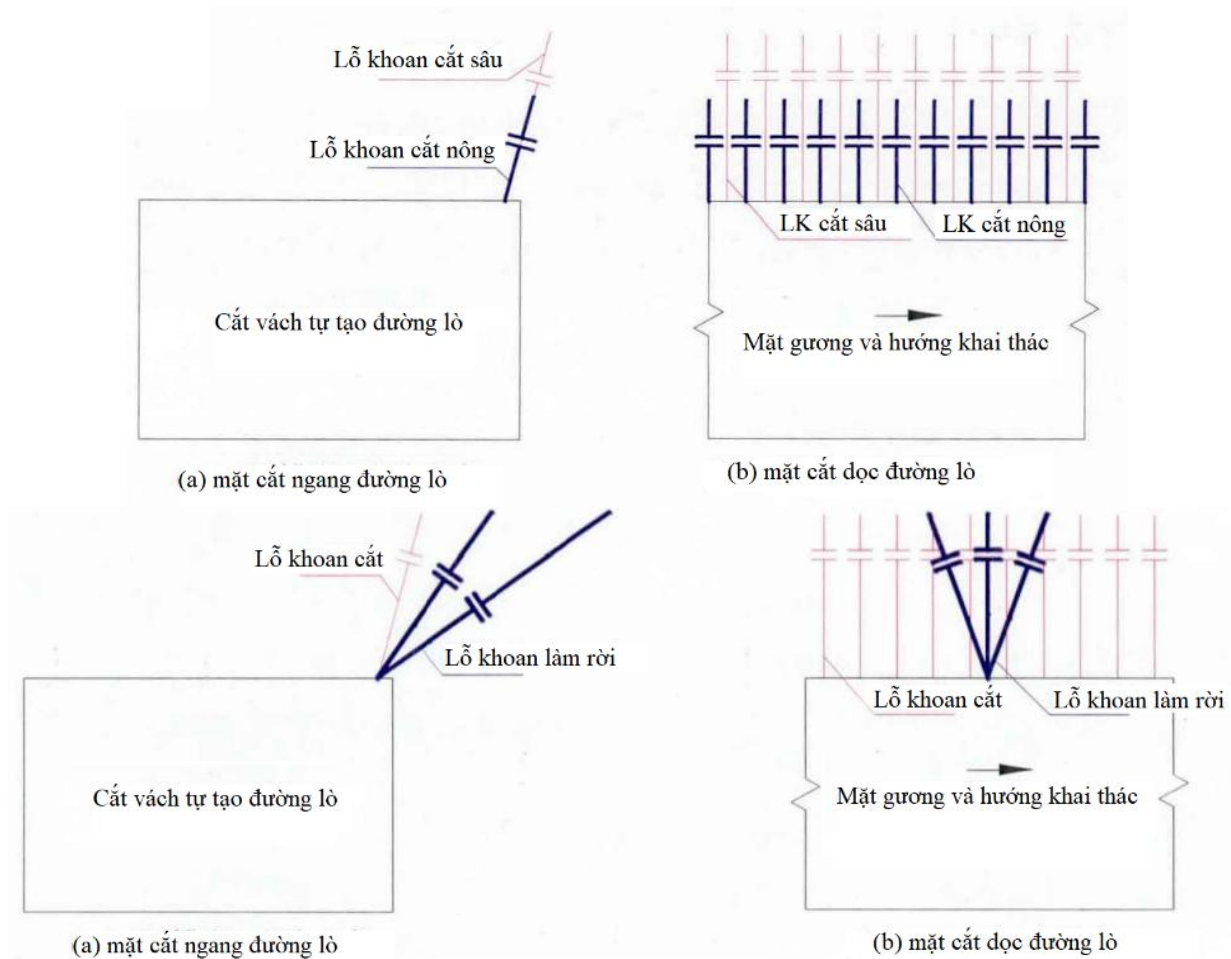
2.3. Phân tích và lựa chọn phương pháp điều khiển trạng thái khối đá trên nóc đường lò

Về bản chất, phương pháp nổ mìn - thủy lực và nổ mìn tự năng định hướng cùng mục đích tạo ra mặt khe nứt (mặt liên kết yếu trong khối đá) nghiêng với mặt phân lớp khối đá vách một góc gần với góc sập đổ tự nhiên dọc theo đường lò, tạo điều kiện công xôn đá vách gãy theo đường biên, giảm tải áp lực tựa lên đường lò; khác biệt cơ bản



giữa hai phương pháp là để tạo thành mặt phẳng khe nứt, phương pháp nổ mìn tự năng định hướng cần khoan - nổ một số lượng lớn các lỗ khoan dọc theo đường biên hông lò với khoảng cách 0,5 ÷ 0,7 m giữa các lỗ khoan để nổ mìn tạo khe nứt nối các lỗ khoan, còn phương pháp nổ mìn - thủy lực khoảng cách giữa các lỗ khoan cách xa nhau hơn, mặt khe nứt giữa các lỗ khoan được tạo thành bởi áp lực nước hoặc dung dịch bơm ép với áp suất lớn vào lỗ khoan. Như vậy, giảm đáng kể chi phí cho công tác khoan nổ.

Phụ thuộc vào tính chất cơ lý đá và cấu tạo của đá vách nên trên thực tế rất khó có thể tạo ra một mặt khe nứt lý tưởng trong khối đá. Vì vậy để công xôn đá vách có thể sập đổ theo đường cắt nhất định, thường sử dụng phương pháp hỗn hợp: kết hợp phương pháp nổ mìn tự năng cắt vách định hướng hoặc phương pháp nổ mìn - thủy lực với nổ mìn phá vỡ khối đá (Hình 10)



Hình 10. Sơ đồ nổ mìn phối hợp giữa nổ mìn tự năng cắt vách với nổ mìn phá (a); nổ mìn phối hợp lỗ khoan nổ nông và sâu (b).

Ưu điểm nổi bật của phương pháp TLTL định hướng là có thể áp dụng với mọi loại đá vách theo tính chất sập đổ, có thể tạo ra các dầm công xôn có chiều dày khác nhau do có thể đặt thiết bị tạo rãnh mở rộng ban đầu ở các vị trí khác nhau và có thể cắt vách theo mặt phẳng song song hoặc nghiêng với mặt phân lớp khối đá vách. Hạn chế của phương pháp này là không chủ động điều khiển được công xôn đá vách gãy theo mặt khe nứt dọc theo đường biên tiếp giáp giữa hông lò dọc vỉa với khoảng trống đã khai thác.

Từ phân tích ưu nhược điểm của các phương pháp điều khiển trạng thái khối đá vách trong vùng áp lực tựa lò chợ, để tạo điều kiện cho công xôn đá vách sập đổ đến độ cao đảm bảo lấp đầy khoảng trống đã khai thác và gãy dọc theo đường biên hông lò dọc vỉa nhằm giảm tối đa ảnh hưởng của áp lực tựa lên đường lò, các tác giả đã đề xuất Công nghệ cắt vách bằng phương pháp hỗn hợp

thủy lực - nổ mìn định hướng. Bản chất của đề xuất mới là sự kết hợp giữa hai phương pháp làm yếu khối đá: (i) phương pháp tách lớp thủy lực định hướng nhằm tạo ra các mặt liên kết yếu (mặt khe nứt) song song hoặc nghiêng với mặt phân lớp của khối đá, đảm bảo vách sập đổ đến chiều cao cần thiết để lấp đầy khoảng trống đã khai thác; và (ii) phương pháp nổ mìn tự năng định hướng nhằm tạo ra mặt liên kết yếu (mặt khe nứt) dọc theo biên đường lò và nghiêng với mặt phân lớp của khối đá một góc gần với góc sập đổ tự nhiên của đá vách.

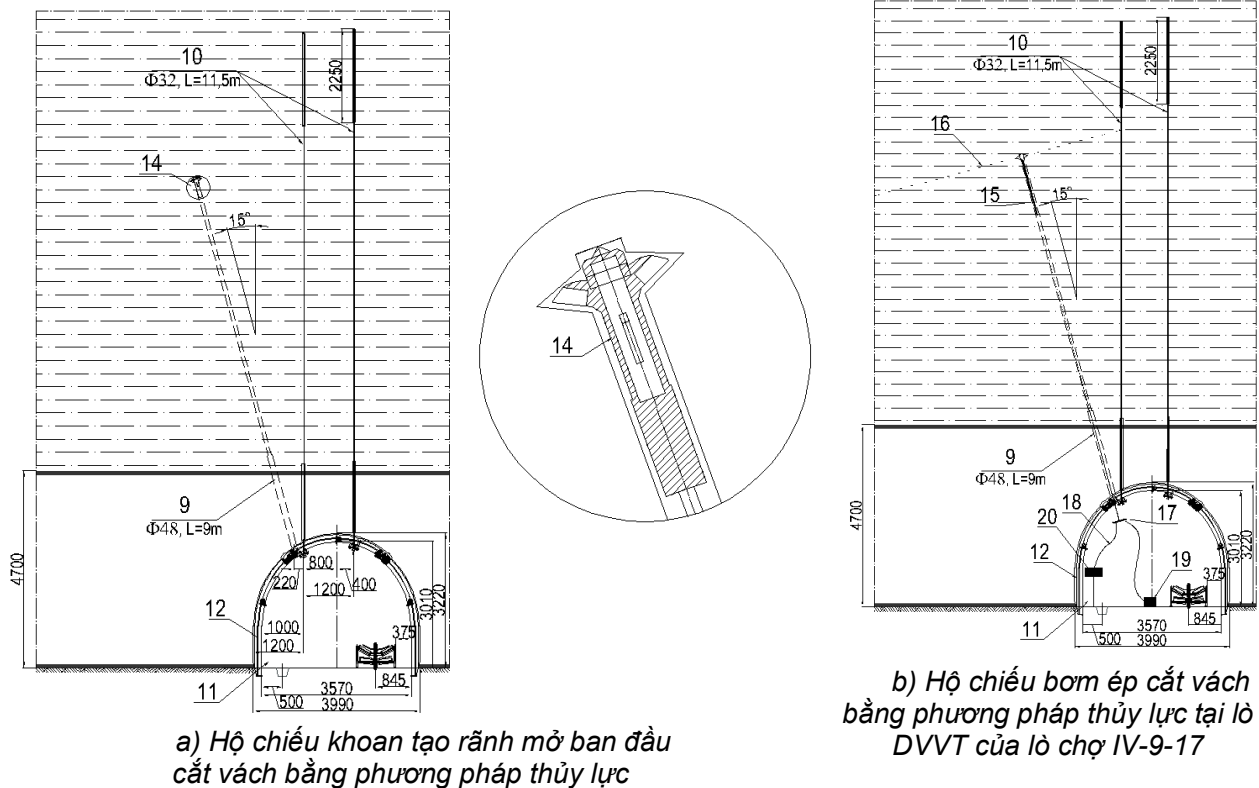
Bằng cách tạo ra hai mặt liên kết yếu trong khối đá trước gương lò chợ, có thể chủ động điều khiển đá vách sau gương lò chợ sập đổ và gãy theo biên lò dọc vỉa đến chiều cao cần thiết, đảm bảo dỡ tải áp lực công xôn đá vách tác động lên đường lò, tạo điều kiện thuận lợi chống giữ duy trì lò ổn định, đáp ứng yêu cầu để sử dụng lại làm lò thông gió cho lò chợ phân tầng sau.

3.1. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Áp dụng thử nghiệm công nghệ cắt vách bằng phương pháp hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng [4, 7, 8].

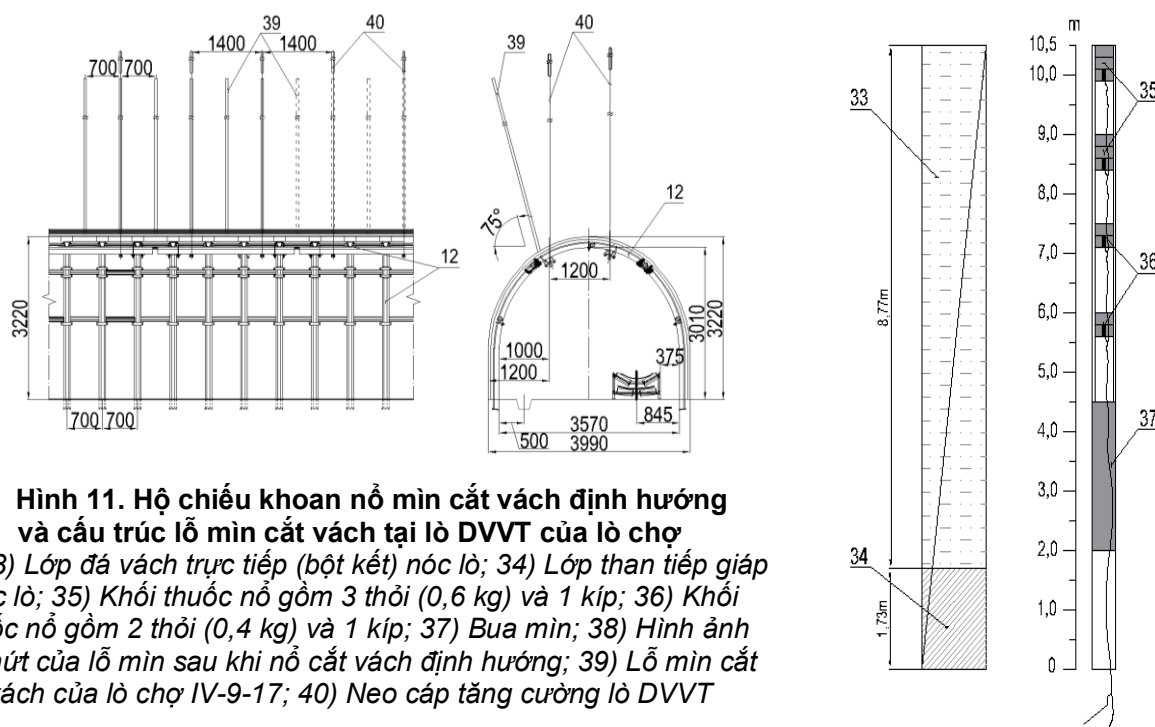
Công nghệ cắt vách bằng phương pháp hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng được thử nghiệm tại lò dọc vỉa vận tải lò chợ IV-9-17 vỉa 9 khu Khe chàm IV Công ty than Hạ Long. Điều kiện địa chất - kỹ thuật mỏ khu vực khai thác, như sau: Chiều dày vỉa thay đổi từ $3,5 \div 5,5$ m, trung bình 4,7 m; góc dốc vỉa $\alpha = 0 \div 10^\circ$; khối lượng thể tích của than $\gamma = 1,51$ tấn/m³. Đá vách trực tiếp là bột kết, chiều dày từ $1,8 \div 15$ m, trung bình là 8,0 m

(đôi chỗ có lớp sét than chiều dày đến 1,8 m). Đá vách cơ bản là cát kết chiều dày từ $9,9 \div 25,4$ m, trung bình 14,4 m. Trụ trực tiếp là bột kết hoặc cát kết chiều dày từ $1,0 \div 17,9$ m, trung bình 7,4 m. Lò chợ khấu theo sơ đồ công nghệ khai thác KTBV, lò dọc vỉa vận tải được chống giữ duy trì sử dụng lại làm lò thông gió cho lò chợ phân tầng sau. Lò DVVT của lò chợ được đào bám trụ, tiết diện hình vòm, chống bằng vì thép SVP-27, diện tích đào $S_d = 11$ m², bước chống $L = 0,7$ m/vì. Qua tính toán, thiết kế, đề tài đã xây dựng hộ chiếu và quy trình công nghệ cắt vách bằng phương pháp hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng (Hình 10, 11).



Hình 10. Hộ chiếu khoan tạo rãnh mở ban đầu và bơm ép tách lớp định hướng bằng phương pháp thủy lực tại lò DVVT của lò chợ

- 9) Lỗ khoan tách lớp thủy lực; 10) Neo cáp tăng cường lò DVVT; 11, 12) Đường lò và vì chống, chống giữ lò DVVT; 13) Máy khoan; 14) Thiết bị tạo rãnh mở rộng ban đầu; 15) Nút bịt lỗ khoan; 16) Vết nứt mở rộng; 17) Múp nối mềm; 18) Ống mềm cao áp; 19) Đồng hồ đo lưu lượng trạm bơm; 20) Đồng hồ đo áp suất nước.



Hình 11. Hệ chiều khoan nổ mìn cắt vách định hướng và cấu trúc lỗ mìn cắt vách tại lò DVVT của lò chợ

33) Lớp đá vách trực tiếp (bột kết) nóc lò; 34) Lớp than tiếp giáp nóc lò; 35) Khối thuốc nổ gồm 3 thời (0,6 kg) và 1 kíp; 36) Khối thuốc nổ gồm 2 thời (0,4 kg) và 1 kíp; 37) Bua mìn; 38) Hình ảnh vết nứt của lỗ mìn sau khi nổ cắt vách định hướng; 39) Lỗ mìn cắt vách của lò chợ IV-9-17; 40) Neo cáp tăng cường lò DVVT

Công nghệ cắt vách hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng đỡ tải áp lực mỏ để duy trì lò DVVT của lò chợ bắt đầu triển khai vào thực tế từ tháng 11/2025, tính đến nay đã thực hiện cắt vách được 50m. Quá trình thi công, theo dõi và đánh giá kết quả áp dụng, cho thấy: đá vách dọc hông lò DVVT của lò chợ, sau cắt vách đã cho kết quả rất tốt, cụ thể: đá vách cắt bằng thủy lực định hướng đã tạo ra được khe nứt mở rộng theo yêu cầu thiết kế đặt ra (Việc thi công bơm ép cắt vách thủy lực ở mỗi lỗ khoan từ 20 ÷ 25 phút, đã có dấu hiệu nước chảy ra thành dòng ở các lỗ khoan liền kề hoặc từ các khe nứt ở thành lò DVVT (trong phạm vi từ 10 ÷ 15 m tính từ vị trí lỗ khoan thi công bơm ép nước); Công tác khoan nổ mìn cắt vách định hướng cũng đảm bảo (Các lỗ mìn sau khi nổ đã tạo ra được các vết nứt đảm bảo các thông số theo yêu cầu thiết kế đặt ra (đảm bảo mức độ nứt nẻ trong lỗ khoan $\geq 75\%$). So sánh với giải pháp cắt vách thuần túy bằng khoan nổ mìn định hướng cho thấy, công tác cắt vách hỗn hợp có nhiều ưu điểm nổi trội: (1) Khối lượng các lỗ mìn cắt vách định hướng giảm được một nửa. Do đá vách đã được làm yếu sơ bộ bằng cắt vách thủy lực. Từ đó, giảm được mật độ các lỗ mìn cắt vách định hướng (Tính sơ bộ trong 50 m lò DVVT, cho thấy: nếu áp dụng thuần túy nổ mìn cắt vách định hướng phải cần 71 lỗ mìn, còn khi áp dụng cắt vách hỗn hợp, số lỗ mìn chỉ cần 35 lỗ và 4 lỗ khoan cắt vách thủy lực định hướng); (2) Thiết bị cho công tác cắt vách đều sử dụng các

thiết bị hiện có (máy khoan lỗ, máy bơm cao áp – trạm bơm cấp dịch nhũ tương của lò chợ), chỉ cần đầu tư thêm mũi khoan tạo rãnh. Công tác cắt vách thủy lực có quy trình công nghệ đơn giản, chi phí cho một lỗ khoan cắt vách bằng thủy lực có thể tính tương đương với lỗ khoan nổ mìn cắt vách định hướng, từ đó nâng cao được hiệu quả công tác cắt vách.

3.2. Thảo luận

Công nghệ cắt vách hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng đỡ tải áp lực mỏ là tiến bộ kỹ thuật mới, lần đầu tiên được áp dụng trong khai thác mỏ hầm lò Việt Nam. Việc thi công cắt vách được bắt đầu từ vị trí ngã ba với thượng khởi điểm của lò chợ. Trình tự thi công, như sau: đầu tiên thi công cắt vách bằng phương pháp thủy lực định hướng. Sau đó, thi công cắt vách bằng phương pháp khoan nổ mìn định hướng;

* **Thi công cắt vách bằng phương pháp tách lớp thủy lực định hướng**, được thực hiện theo hệ chiều thiết kế. Vị trí thi công lỗ khoan cắt vách thủy lực đảm bảo vượt trước vị trí chống tăng cường neo cáp bằng khoảng cách giữa hai lỗ khoan, cách gương khai thác lò chợ từ 70 ÷ 100 m và được thực hiện theo các bước: (1) Xác định vị trí lỗ khoan; (2) Lắp đặt, định vị máy khoan; (3) Thi công lỗ khoan; (4) Tạo rãnh mở ban đầu; (5) Thi công cắt vách bằng thủy lực định hướng; (6) Tháo dỡ



thu hồi thiết bị và di chuyển đến vị trí lỗ khoan cắt vách tiếp theo.

* **Thi công cắt vách đường lò DVVT của lò chợ bằng khoan nổ mìn định hướng**, được thực hiện theo hộ chiếu thiết kế. Công tác khoan, nổ mìn cắt vách ở sau và cách vị trí đường lò đang chống tăng cường cáp neo ≥ 20 m và cách gương khai thác lò chợ ≥ 50 m. Trong mỗi đoạn lò DVVT, các lỗ khoan cắt vách được thi công lần lượt theo hướng tiến của gương lò chợ và được thực hiện, như sau: đầu tiên thực hiện các bước tương tự như bước (1), bước (2) và bước (3) nêu trên. tiếp theo thực hiện các bước: (7) Nạp các khối thuốc và kíp nổ vào từng ống tụ năng riêng lẻ. Sau đó, đưa các ống tụ năng đã nạp thuốc và kíp vào lỗ khoan theo yêu cầu thiết kế và phải được định vị chắc chắn; (8) Nạp búa cho lỗ mìn; (9) Đấu nối mạng và nổ mìn (các kíp nổ trong một lỗ mìn được đấu nối tiếp. Trường hợp nổ đồng thời giữa các lỗ mìn, mạng nổ trong các lỗ mìn và giữa các lỗ mìn với nhau cũng phải đấu nối tiếp); (10) Kiểm tra đánh giá chất lượng nổ mìn.

4. KẾT LUẬN

➤ Phương pháp cắt vách hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng đỡ tải áp lực mỏ để duy trì lò DVVT có những ưu điểm vượt trội so với phương pháp cắt vách thuận túy bằng khoan nổ mìn định hướng áp dụng trước đây: (i) Chi phí cho công tác cắt vách thấp hơn (giảm được từ 40 ÷ 50%); (ii) Quy trình công nghệ đơn giản và nhu cầu đầu tư thiết bị cũng như vật tư không nhiều, do đó nâng cao

được hiệu quả của công tác cắt vách; (iii) Cũng do công tác cắt vách được thực hiện tốt, nên việc giữ lại đường lò DVVT của lò chợ thuận lợi, tạo điều kiện tốt để sử dụng làm lò thông gió cho khai thác lò chợ phân tầng dưới liền kề, nhờ đó không cần đào mới lò thông gió, giảm chi phí duy trì, bảo dưỡng và củng cố đường lò. Như vậy, phương pháp này vừa giảm được khối lượng mét lò đào mới, vừa tiết kiệm được chi phí. Đồng thời, tạo điều kiện sớm đưa lò chợ dưới vào khai thác, giảm chi phí khấu hao và tiền lương cho công tác đào, duy trì, bảo dưỡng đường lò.

➤ Hiện nay, theo Dự án khai thác mỏ Khe Chàm II-IV đã được phê duyệt, trữ lượng các vỉa mỏng đến dày trung bình, độ dốc thoải đến nghiêng, ước tính khoảng trên 20 triệu tấn, chiếm khoảng 23% tổng trữ lượng huy động vào khai thác. Các lò chợ trong khu vực này, hiện nay đều áp dụng sơ đồ khai thác để lại trụ than bảo vệ (chiều rộng các trụ than bảo vệ từ 12 ÷ 15 m). Do đó, khối lượng tổn thất than là rất lớn, khoảng 2,6 triệu tấn. Đồng thời, chi phí đào, chống xén, củng cố để duy trì đường lò cũng tương đối cao. Việc phát triển áp dụng sơ đồ công nghệ khai thác KTBV của Công ty, cũng như trong các mỏ hầm lò thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam nói chung, đồng nghĩa với khối lượng công tác cắt vách đỡ tải áp lực mỏ để duy trì lò DVVT là rất lớn. Công tác này rất cần thiết và có ý nghĩa thiết thực, vừa đảm bảo an toàn ổn định lò DVVT, vừa giảm tổn thất than và chi phí khai thác, củng cố lò □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phùng Mạnh Đắc, Trương Đức Dư (2019). Giải pháp công nghệ mới về khai thác không trụ bảo vệ tiết kiệm tài nguyên và khả năng áp dụng để khai thác than ở Việt Nam, *Tạp chí Công nghiệp mỏ số 2/2019*.
- [2]. TS. Trương Đức Dư (2020). *Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài TKV: “Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ khai thác các vỉa than dốc thoải và nghiêng trong sơ đồ công nghệ khai thác cột dài theo phương khẩu đồng thời toàn bộ chiều dày vỉa ở các mỏ hầm lò thuộc Tập đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam”*, Trung tâm Hỗ trợ Tiến bộ Kỹ thuật Mỏ, Hà Nội.
- [3]. TS. Trương Đức Dư (2024). *Báo cáo tổng hợp kết quả Dự án SXTN cấp Nhà Nước: “Hoàn thiện và áp dụng thử nghiệm công nghệ khai thác không để lại trụ bảo vệ trong điều kiện vỉa dày trung bình, độ dốc thoải đến nghiêng ở khu vực Khe Chàm I thuộc Công ty than Hạ Long - TKV”*, Trung tâm Hỗ trợ Tiến bộ Kỹ thuật Mỏ, Hà Nội.
- [4]. Trung tâm Hỗ trợ Tiến bộ Kỹ thuật Mỏ (2025). *Thiết kế áp dụng thử nghiệm giải pháp cắt vách bằng phương pháp hỗn hợp thủy lực - nổ mìn định hướng để duy trì lò DVVT của lò chợ IV-9-17 vỉa 9 khu IV Khe Chàm II-IV Công ty than Hạ Long – TKV*, Hà Nội..
- [5]. A. A. Борисов (1983). Управление горным давлением, “Недра”, Москва.
- [6]. Hướng dẫn lựa chọn phương pháp và các thông số giảm bền của đá vách trong vùng khai thác, Matxcova - 1990.
- [7]. Hướng dẫn về việc lựa chọn phương pháp và thông số làm yếu đá vách tại các khu vực khai thác, Leningrad - 1991.
- [8]. Manchao He (2018), *A New Mining Method without Coal Pillars and Roadways Excavation - the 3rd Mining Revolution in China*.



RESEARCH ON ROOF CUTTING USING A MIXED HYDRAULIC-DIRECTED BLASTING METHOD IN MINING TECHNOLOGY WITHOUT LEAVING PROTECTIVE PILLARS

Nguyen Trung Pham, Ngan Tuan Tran*, Du Duc Truong,
Minh Khanh Pham, Duong Quang Luu

Mining Advanced Technology Support Center, 226 Le Duan, Ha Noi, Viet Nam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 25/10/2025

Revised: 24/11/2025

Accepted: 28/11/2025

*Corresponding author:

Email: ngan3191@gmail.com

ABSTRACT

Controlling the rock mass's state to relieve mine pressure on the haulage roadway in the longwall pressure zone is the most important and complex technological stage in the combination of support and maintenance solutions for reusing the haulage roadway under non-pillar mining schemes. Directional roof-cutting blasting has been widely applied in China and the Russian Federation. Due to the wide variability in physico-mechanical properties and structural characteristics of roof strata, it is difficult to form an ideal fracture surface (weakly connected surface) that allows the roof to cave and break as expected. In practice, combined methods are commonly employed: combining the method of concentrated blasting to cut the rock face with the method of blasting to break up the rock mass; combining the method of directional hydraulic blasting with the method of blasting to break up the rock mass. These approaches result in a very large volume of drilling and blasting work, especially in the case of mining thick seams according to the method by mining lower coal layer and caving upper layer to retrieve coal and the roof rock is stable and unlikely to collapse. Based on theoretical research and practical application of methods to weaken the rock mass, the authors propose a technology for roof cutting using a combined hydraulic-directional blasting method applied to the conditions of mining thick seams and some experimental results of the technology at the IV-9-17 longwall haulage roadway of Ha Long Coal Company.

Keywords: roof cutting technology, a combined hydraulic-directional blasting method.

@ Vietnam Mining Science and Technology Association