

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO KHẢ NĂNG CHỐNG GIỮ CHO ĐƯỜNG LÒ BỊ NÉN LÚN TẠI KHU VỰC MỎ THAN NAM KHE TAM

Vũ Thị Ngọc^{1,*}, Vũ Văn Nam²

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

²Công ty CP tư vấn Mỏ và công nghiệp-VINACOMIN-Xí nghiệp thiết kế than Hòn Gai

*Email: ngocvuqui89@gmail.com

TÓM TẮT

Mỏ than Nam Khe Tam thuộc quyền quản lý, bảo vệ, thăm dò và khai thác của Tổng công ty Đông Bắc. Trên cơ sở trữ lượng than nguyên khai khai thác được là 5 triệu tấn, công suất mỏ hàng năm, tuổi thọ của mỏ Nam Khe Tam được xác định là 14 năm (kể cả thời gian xây dựng cơ bản). Trong công tác xây dựng cơ bản gặp một số khó khăn khi phải thi công qua khu vực địa chất bất lợi. Bài báo nghiên cứu đánh giá hiện trạng biến dạng, nén lún và suy giảm khả năng chống giữ của các đường lò tại khu vực mỏ than Nam Khe Tam, nơi có điều kiện địa chất phức tạp và chịu ảnh hưởng mạnh của áp lực mỏ. Thông qua phân tích số liệu quan trắc, khảo sát nhóm tác giả xác định các cơ chế gây nén lún chủ yếu và đánh giá, phân tích các đặc điểm tự nhiên cũng như là hiện trạng thi công đào chống lò tại của mỏ than Nam Khe Tam.

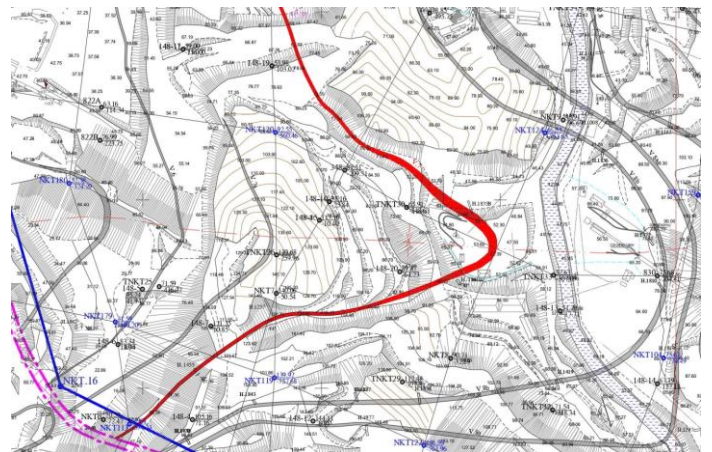
Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số giải pháp củng cố và nâng cao khả năng chống giữ đường lò phù hợp với điều kiện khu vực, bao gồm tối ưu hóa kết cấu chống, áp dụng công nghệ chống giữ phù hợp với công nghệ hiện có của công ty, kiểm soát áp lực mỏ và cải tiến quy trình gia cố sau đào lò.

Từ khóa: Mỏ than Nam Khe Tam, áp lực mỏ, đường lò bị nén, củng cố đường lò, nâng cao khả năng chống giữ đường lò.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

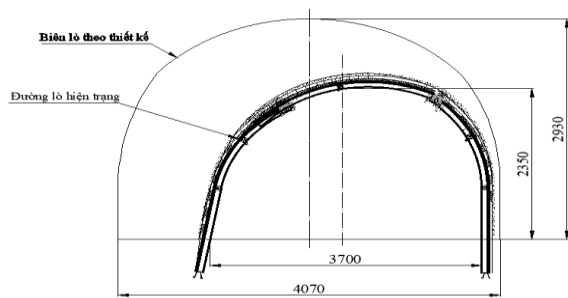
Công trình bài báo nghiên cứu thuộc dự án “Khai thác hầm lò mở rộng, xuống sâu mỏ Nam Khe Tam” đã được Chủ tịch Tổng công ty Đông Bắc phê duyệt. Theo dự án hiện nay Chủ đầu tư đã cơ bản thi công xong các đường lò mở vỉa của dự án.

Trên mặt bằng sản công nghiệp mỏ cũng đã thi công xong một số công trình xây dựng, hạ tầng kỹ thuật,... Cụ thể đã thi công các đường lò mở vỉa như: Giếng chính băng tải +40/-343, giếng phụ trực tải +40/-320, ga chân trực giếng phụ mức -320, lò xuyên vỉa mức -320, hầm bơm – lò chứa nước và sân ga – hầm trạm, lò xuyên vỉa thông gió mức -175 khu I vỉa 7, và đang tiếp tục đào các đường lò chuẩn bị vỉa 6 và 7 tạo diện sản xuất. Khi thi công đến vỉa 7 thì gặp các vấn đề về địa chất bất lợi dễ gây nén lún cho đường lò (hình 1).

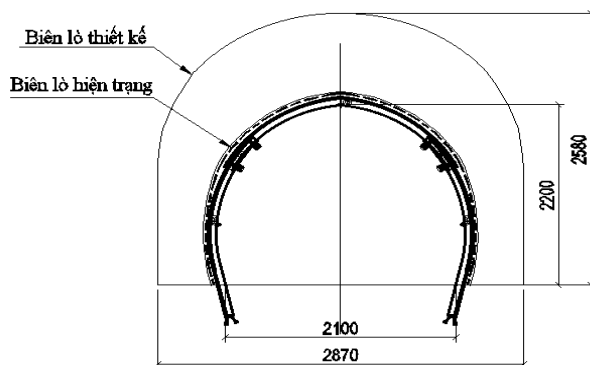


Hình 1. Tổng đồ mặt mỏ than Nam Khe Tam [1]

Qua quá trình khảo sát hiện trường cho thấy sau thời gian ngắn thi công đường lò bị nén thấp, búng nền, vụn vôi, tiết diện lò thu hẹp không đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật của đường lò theo thiết kế. Đường lò cần phải tổ chức chống xén làm giảm tiến độ đào lò, tăng chi phí. Xem hình 2 và hình 3. [2]



Hình 2. Mặt cắt ngang hiện trạng lò dọc vỉa mức -320 ($S_d = 13,0 \text{ m}^2$)



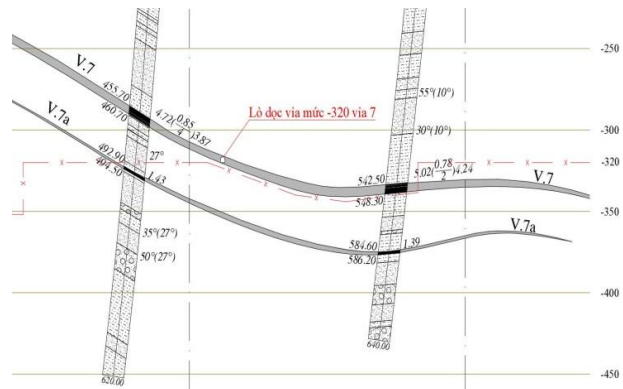
Hình 3. Mặt cắt ngang hiện trạng các đường lò thượng ($S_d = 8,3 \text{ m}^2$)

Do đó đề xuất các giải pháp củng cố, nâng cao khả năng chống giữ đường lò bị nén lún là rất cấp thiết.

2. ĐÁNH GIÁ NGUYÊN NHÂN GÂY RA SỰ MẤT ỔN ĐỊNH CỦA ĐƯỜNG LÒ THUỘC KHU VỰC MỎ NAM KHE TAM

Điều kiện địa chất mỏ được cập nhật theo thực tế thi công như sau: Cấu trúc địa chất than khu vực vỉa 7 đang thi công sơ bộ đánh giá cấu trúc vỉa có chiều dày 3÷5 m, than phân lớp rõ ràng, phần giáp trụ phân lớp dày từ 0,4÷0,6 m, độ cứng $f = 2÷3$, phần giáp vách phân lớp mỏng, mềm yếu dễ tụt lở. Đá vách trực tiếp vỉa 7 là bột kết phân lớp mỏng, dễ tách lớp khi xuất hiện khoảng lộ; đá trụ là bột kết màu xám sáng, phân lớp từ trung bình đến dày, liên kết khá chắc chắn [3].

Các khối đá xung quanh công trình có tính phân lớp, với các lớp đá có thông số hình học và cơ học khác nhau do vậy mọi quy luật về phân bố ứng suất, dịch chuyển và sự hình thành các vùng phá hủy rất phức tạp, không giống như các biểu hiện nhận được với mô hình khối đá đồng nhất. [4].



Hình 4. Mặt cắt địa chất vỉa đường lò khu vỉa 7

Chiều sâu khai thác lớn làm tăng ứng suất, thay đổi trạng thái đá gây nứt vỡ làm giảm độ bền khối đá. Từ đó dẫn đến chiều cao vòm cân bằng tự nhiên tăng. Áp lực tác động lên kết cấu chống tăng dẫn đến các sự cố mất ổn định của đường lò.

Các đường lò ở mức -320 đào ở khu vực đáy động tụ của vỉa 7, gây nên áp lực lớn của khối đất đá vách vỉa than lên đường lò

3. PHÂN TÍCH TỔNG HỢP GIẢI PHÁP CÙNG CỐ NÂNG CAO KHẢ NĂNG CHỐNG GIỮ CHO ĐƯỜNG LÒ MẤT ỔN ĐỊNH

Với tình trạng nêu trên, hiện nay có nhiều giải pháp củng cố và nâng cao khả năng chống giữ các đường lò mất ổn định đã được áp dụng phổ biến trong các mỏ than hầm lò của nước ta và đem lại hiệu quả cao như sau:

3.1. Thu hẹp bước chống, sử dụng các loại thép vì chống lớn hơn

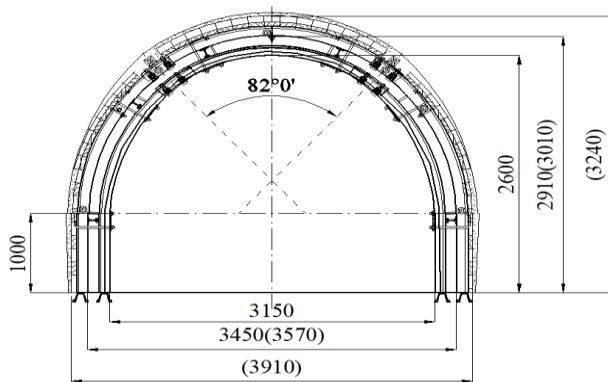
Sử dụng vì thép cường độ cao giúp khả năng kháng biến dạng, chống lại biến dạng hông và mất ổn định tại nóc tốt hơn. Lò đào trong điều kiện địa chất yếu thường biến dạng nhanh ở giai đoạn đầu; bước chống dày hơn giúp kiểm soát biến dạng sớm, giảm khó khăn cho đào lò tiếp theo. Khu vực áp lực mỏ lớn, đá mềm yếu, đá nứt nẻ hoặc chịu ảnh hưởng của đào lò cũ có thể được ổn định đáng kể nhờ tăng mật độ thép chống. Nhưng giải pháp này khiến chi phí vật liệu và thi công tăng. Thời gian lắp dựng kéo dài hơn bình thường. Tuy vậy không giải quyết triệt để nguyên nhân biến dạng địa chất và không phù hợp trong lò có tiết diện nhỏ hoặc yêu cầu thông gió lớn.

3.2. Chống tăng cường, đánh khuôn, xếp cũi lộn, cột thủy lực đơn

Đây là giải pháp khi mà đường lò đào tiết diện lớn hoặc bắt đầu có dấu hiệu nén lún, vì chống bắt đầu biến dạng... Thực tế sản xuất, ngoài việc sử dụng tăng cường bằng việc đánh khuôn gỗ, để tăng cường độ chống giữ một số mỏ thay thế đánh khuôn thép kết hợp ray gia cường khi đó hiệu quả chống giữ tăng lên rõ rệt.



Hình 5. Vi chống kết hợp Đánh khuôn sắt

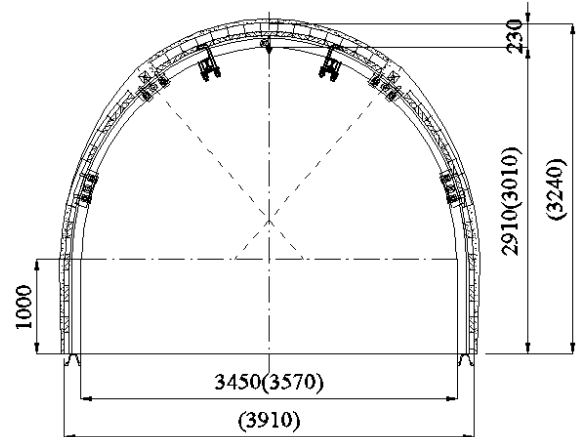


Hình 6. Chống tăng cường đường lò bằng phương pháp chống đối, chống 2 lớp

3.3. Sử dụng vi chống 5 đoạn thay cho vi chống 3 đoạn

Loại vi chống 3 đoạn được dùng ở đường lò không có hiện tượng bùng nền và độ chuyển vị của đất đá nóc không lớn hơn 300 mm theo phương thẳng đứng. Khi có sự dịch chuyển của đất đá lớn hơn dùng loại vi chống 5 đoạn sẽ cho độ linh hoạt có thể đạt tới 700 mm qua đó giúp làm tăng khả năng làm việc bình thường của kết cấu chống mà vẫn giữ được hình dạng tiết diện công trình (chỉ bị thu hẹp về kích thước) đồng thời làm giảm ứng suất xuất hiện trong vi chống

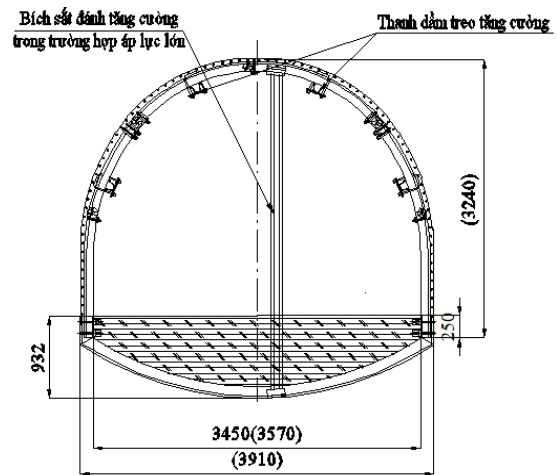
qua đó làm hạn chế tình trạng biến dạng vì (vì bị nén vắn, phá hủy gông, nén toác đầu cột,...



Hình 7. Chống đường lò bằng vi chống 5 đoạn

3.4. Chống lò bằng vi chống đầy đủ (có thể kết hợp với đánh khuôn gỗ hoặc khuôn thép)

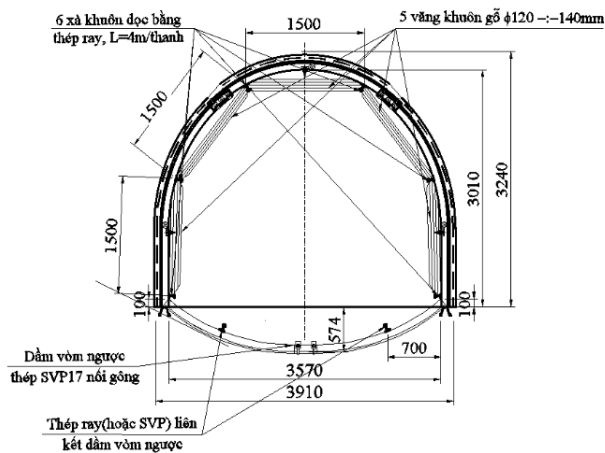
Đây là giải pháp phổ biến áp dụng cho các đường lò chịu áp lực đất đá tương đối lớn và có xuất hiện hiện tượng bùng nền.



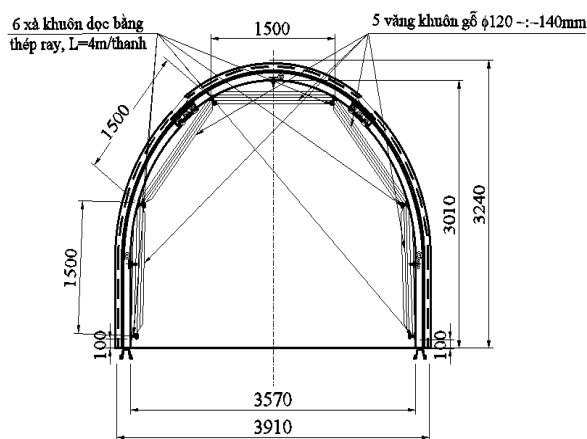
Hình 8. Chống đường lò bằng vi chống đầy đủ

3.5. Xén lò và chống lại vi thép (có thể giảm bước chống) kết hợp với bổ sung ray tăng cường và đánh khuôn gỗ hoặc khuôn thép

Đây là giải pháp được áp dụng phổ biến trong tập đoàn Than khi đường lò bị nén lún, không đáp ứng tiết diện sử dụng.



Hình 9. Chống tăng cường đường lò bằng vì chống đầy đủ kết hợp với đánh khuôn gỗ



Hình 10. Chống tăng cường đường lò bằng đánh khuôn gỗ

4. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP Củng Cố, NÂNG CAO KHẢ NĂNG CHỐNG GIỮ TẠI CÁC ĐƯỜNG LÒ MỎ NAM KHE TAM

Đối với mỏ Nam Khe Tam, do chưa có kết quả chính xác về quan trắc áp lực mỏ, qua khảo sát cho thấy mức độ nén lún được đánh giá ở mức trung bình. Vì vậy cần phải có thời gian theo dõi thêm để đánh giá hết về mức độ, cường độ dịch chuyển của khối đá cũng như mức độ mất ổn định của đường lò. Trước mắt tùy theo điều kiện cụ thể của từng đường lò, có thể ưu tiên lựa chọn áp dụng một số giải pháp giúp củng cố để đảm bảo khả năng chịu tải lớn, phát huy hiệu quả cao, chi phí thấp, dễ dàng áp dụng, đơn giản trong thi công và đáp ứng được tiến độ đào lò nhanh chóng đưa mỏ vào sản xuất như sau:

+ Sử dụng vì chống 5 đoạn thay cho vì chống 3 đoạn;

+ Thu hẹp bước chống, sử dụng các loại thép vì chống có cường độ lớn hơn tùy theo điều kiện cụ thể để nâng cao mức độ ổn định của đường lò;

+ Sử dụng các biện pháp chống tăng cường như: Treo ray tăng cường, chống dầm, chống đội, đánh khuôn gỗ hoặc khuôn thép, đánh bích, xếp củi lộn, cột thủy lực đơn... nhằm tăng mật độ chống giữ và khả năng chịu áp lực của vì chống;

+ Đánh dầm nền hoặc sử dụng vì chống đầy đủ đối với đoạn lò có xảy ra hiện tượng bùng nền;

+ Đối với các đường lò dọc vỉa, lò đào trong than: Đào lò bám trụ, cắt trụ vỉa vào khoảng 1÷1,5 m;

+ Trong quá trình thi công đào lò cũng cần phải hạn chế, giảm thiểu sự tác động của quá trình đào phá đối với đất đá xung quanh bằng cách áp dụng phương pháp nổ mìn tạo biên hoặc sử dụng các biện pháp đào lò không nổ mìn (sử dụng máy combai đào lò) [5].

4.1. Lò dọc vỉa mức -320 khu II vỉa 7

* Với đường lò đã thi công: Theo dõi, quan trắc khi thấy đường lò bắt đầu có dấu hiệu nén lún, vì chống bắt đầu biến dạng... Tiến hành treo ray, đánh khuôn gỗ hoặc khuôn thép tăng cường. Cản hạ và đặt dầm nền (nếu xuất hiện hiện tượng bùng nền). Tiến hành chống xén với những đoạn lò đã bị nén bẹp, bùng nền không đảm bảo hình dạng, tiết diện và công năng sử dụng của công trình. Chống xén sử dụng vì thép SVP27 thay cho vì thép SVP22; thu hẹp bước chống từ 0,7 m xuống 0,5 m; cản hạ và đặt dầm nền; chống đội 2 lớp hoặc đánh khuôn gỗ, khuôn thép tăng cường.

* Với đường lò thi công tiếp: Có thể tiếp tục tiến hành đồng thời các giải pháp đơn vị đang thực hiện mà bước đầu cho thấy đã giảm đáng kể việc nén đẩy chân cột, vãn vì chống so với kết cấu chống giữ ban đầu như:

- Tăng cường đào lò cắt đá trụ từ (1,0÷1,5) m;

- Sử dụng vì chống 5 đoạn thay cho vì chống 3 đoạn;
- Dùng vì thép SVP27 thay cho vì thép SVP 22;
- Thu hẹp bước chống từ 0,7 m xuống 0,5 m;
- Chống đội 2 lớp hoặc đánh khuôn gỗ, khuôn thép tăng cường.

4.2. Lò dọc vỉa mức -320 khu I vỉa

** Với đường lò đã thi công:*

- Đoạn lò có $S_d = 8,4 \text{ m}^2$: Đơn vị thi công đã đào lò cắt đá trụ $0,5 \div 1 \text{ m}$, thực hiện bổ sung chống dậm, treo dầm ray nóc và chân cột, đánh văng ngang, bích đỡ xà tăng cường bằng thép SVP17. Hiện tại, đường lò cơ bản đảm bảo yêu cầu kỹ thuật về kết cấu và tiết diện sử dụng. Tuy vậy, cần tiếp tục theo dõi, quan trắc khi thấy đường lò bắt đầu có dấu hiệu nén lún, vì chống bắt đầu biến dạng... Cần tiến hành các biện pháp củng cố, chống tăng cường như: Treo ray, đánh bích, đánh khuôn gỗ hoặc khuôn thép tăng cường. Cấn hạ và đặt dầm nền (nếu xuất hiện hiện tượng bùng nền).

- Đoạn lò có $S_d = 13,1 \text{ m}^2$: Hiện đơn vị đang sử dụng vì chống SVP22, bước chống 0,7 m/vì, chèn BTCT, lò đào trong than bổ trụ. Quá trình sử dụng, đường lò bị nén lún, bùng nền, vì chống bị nén vụn không đảm bảo kết cấu và tiết diện lò để phục vụ công tác vận tải, thông gió. Hiện trạng đã thực hiện chống xén mở rộng tiết diện lò, tiếp tục sử dụng vì chống SVP22, $S_d = 13,1 \text{ m}^2$; đồng thời bổ sung chống dậm, treo ray tăng cường cho đoạn lò trên sau khi xén. Tuy nhiên, qua quá trình khảo sát, đánh giá cho thấy sau khi chống xén đường lò vẫn có những biểu hiện mất ổn định (đường lò bị nén lún thu hẹp tiết diện sau một thời gian ngắn) do vậy có thể áp dụng một số giải pháp chống tăng cường như sau:

+ Khi đường lò bắt đầu có dấu hiệu nén lún, vì chống bắt đầu biến dạng... Tiến hành treo ray, đánh khuôn gỗ hoặc khuôn thép tăng cường, cấn hạ và đặt dầm nền nếu xuất hiện hiện tượng bùng nền.

+ Tiến hành xén sửa lò với những đoạn lò đã bị nén bẹp, bùng nền không đảm bảo hình

dạng, tiết diện và công năng sử dụng của công trình, chống xén sử dụng vì thép SVP27 thay cho vì thép SVP22; thu hẹp bước chống từ 0,7 m xuống 0,5 m; cấn hạ và đặt dầm nền, chống đội 2 lớp hoặc đánh khuôn gỗ, khuôn thép tăng cường.

** Với đường lò thi công tiếp:*

- Đoạn lò có $S_d = 8,4 \text{ m}^2$: Thực hiện đào lò cắt đá trụ $0,5 \div 1 \text{ m}$, sử dụng vì thép SVP-22 thay cho vì thép SVP17, thu hẹp từ bước chống từ 0,7 m xuống 0,5 m; treo ray tăng cường vì chống; cấn hạ và đặt dầm nền (nếu xảy ra hiện tượng bùng nền).

- Đoạn lò có $S_d = 13,1 \text{ m}^2$: Tiến hành đào lò bám trụ, cắt trụ vỉa. Sử dụng vì thép SVP27 thay cho vì thép SVP22; thu hẹp bước chống từ 0,7 m xuống 0,5 m; cấn hạ và đặt dầm nền (nếu xảy ra hiện tượng bùng nền). Thực hiện các biện pháp chống tăng cường khi đường lò bắt đầu có dấu hiệu nén lún, vì chống bắt đầu biến dạng như: chống đội 2 lớp hoặc đánh khuôn gỗ, khuôn thép...

4.3. Lò thượng thông gió mức -320/-175 khu II V.7

** Với đường lò đã thi công:*

Qua khảo sát cho thấy: Đường lò thi công trong than có $S_d = 9,3 \text{ m}^2$ được chống giữ bằng vì thép SVP22, bước chống 0,5 m/vì, chèn lưới thép. Tuy nhiên, quá trình sử dụng đường lò gặp tình trạng gia tăng áp lực mỏ nhanh gây biến dạng các vì chống, thu giảm tiết diện làm ảnh hưởng đến công tác đi lại, vận tải và thông gió do đó cần tiến hành chống xén sửa lò, đánh bích gỗ hoặc bích thép tăng cường. Tùy vào mức độ gia tăng áp lực và biến dạng của đường lò có thể tiến hành thêm biện pháp treo ray tăng cường vì chống, đánh khuôn gỗ để củng cố, nâng cao khả năng chống giữ của kết cấu chống.

** Với đường lò thi công tiếp:*

Hiện nay, Công ty 35 đã thay đổi điều kiện thi công chuyển từ đào lò trong than sang thi công đào lò trong đá. Sau một thời gian theo dõi, quan trắc tình trạng biến [3] dạng vì chống, nén lún đường lò chưa xảy ra. Công ty 35 vẫn tiếp tục biện pháp thi công đã thực hiện và cần

tiến hành các biện pháp củng cố, chống tăng cường như: Sử dụng vì chống 5 đoạn thay cho vì chống 3 đoạn; treo ray tăng cường vì chống, căn hạ và đặt dầm nền (nếu xảy ra hiện tượng nén lún, bồng nền)...

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích trình bày những giải pháp trước mắt để khắc phục tình trạng mất ổn định đường lò khu vực mỏ Nam Khe Tam. Sau khi áp dụng những biện pháp xử lý nêu trên cần phải tiếp tục tiến hành quan trắc và theo dõi thêm thời gian và mức độ biến dạng của đường lò để có những biện pháp xử lý tiếp theo. Cần có những giải pháp thiết kế lâu dài cho từng đoạn đường lò sau khi có kết quả quan trắc áp lực mỏ.

Với điều kiện địa chất phức tạp và áp lực mỏ lớn tại khu vực mỏ than Nam Khe Tam, hiện tượng nén lún, biến dạng nóc và hông tại các

đường lò gây ra nhiều khó khăn cho công tác tổ chức sản xuất và xây dựng cơ bản. Trên cơ sở phân tích các yếu tố gây mất ổn định và đánh giá hiện trạng cũng như là xem xét đặc trưng cơ lý của đá và khối đá, bài báo đã đề xuất một số giải pháp củng cố và nâng cao khả năng chống giữ có tính khả thi cao.

Thông qua nghiên cứu các tài liệu khoa học cho thấy các giải pháp như thu hẹp bước chống, sử dụng vì thép tiết diện lớn, sử dụng các biện pháp chống tăng cường, đánh dầm nền hoặc sử dụng vì chống đầy đủ đối với đoạn lò có xảy ra hiện tượng bồng nền đã mang lại hiệu quả tăng cường và nâng cao khả năng chống đỡ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Xí nghiệp Thiết kế than Hòn Gai. (2023). Báo cáo nghiên cứu khả thi dự án “*Khai thác hầm lò mở rộng, xuống sâu mỏ Nam Khe Tam (Khai thác hầm lò xuống sâu dưới mức -175 mỏ Nam Khe Tam)*”. phê duyệt theo Quyết định số: 2769/QĐ-ĐB
2. Tổng công ty than Đông Bắc. (2024). Báo cáo giám sát “*Khai thác hầm lò mở rộng, xuống sâu mỏ Nam Khe Tam*”.
3. Tổng công ty than Đông Bắc, (2024). Báo cáo “*Cập nhật hiện trạng mặt bằng, đào lò và khai thác khu mỏ than Nam Khe Tam đến thời điểm 30/9/2024*”.
4. Vũ Ngọc Thuần (2013) . *Cơ lý đá*. Trường đại học Công nghiệp Quảng Ninh.
5. Vũ Đức Quyết (2019). *Thi công công trình ngầm bằng phương pháp đặc biệt*. Trường đại học Công nghiệp Quảng Ninh.
6. Đỗ Văn Hoàng. (2022). *Kết quả sử dụng vì chống thép trong chống giữ đường lò trong các mỏ hầm lò ở Quảng Ninh*. Bản tin thông tin khoa học công nghệ Mỏ <https://imsat.vn/wp-content/uploads/2022/09/KHCNM-02-2022.pdf>

Thông tin của tác giả:

ThS. Vũ Thị Ngọc

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).382.138.870 - Email: ngocvuqui89@gmail.com

KS. Vũ Văn Nam

Công ty cổ phần tư vấn Mỏ và công nghiệp-VINACOMIN-Xí nghiệp thiết kế than Hòn Gai

Điện thoại: +(84).987.414.271 - Email: yannamvu96@gmail.com

PROPOSED REINFORCEMENT SOLUTIONS TO ENHANCE THE STABILITY AND BEARING CAPACITY OF SUBSIDENCE-AFFECTED ROADWAYS IN THE NAM KHE TAM COAL MINE

Information about authors:

Vu Thi Ngoc, MsEng., Quang Ninh University of Industry, Email : ngocvuqui89@gmail.com

Vu Van Nam, Eng., Branch of Vinacomin industry investment consulting joint stock company-Hon Gai coal design enterprise, Email: vannamvu96@gmail.com

ABSTRACT:

The Nam Khe Tam coal mine is operated, protected, explored, and exploited under the authority of the Dong Bac Corporation. Based on the estimated recoverable raw coal reserves of 5 million tonnes and the designed annual production capacity, the mine's operational lifespan including the period of basic construction has been determined to be 14 years. During the basic construction phase, several challenges arise due to excavation activities passing through zones of unfavorable geological conditions. This study investigates the current state of deformation, subsidence, and the degradation of roadway support capacity in the Nam Khe Tam coal mine, where complex geological structures and significant mine pressure effects are prevalent. Through the analysis of monitoring data and on-site inspections, the authors identify the predominant mechanisms responsible for roadway compression and instability. Correspondingly, the paper develops methodological approaches for assessing geological characteristics and evaluating the existing excavation and support practices employed in the mine.

Based on these analyses, the study proposes several reinforcement solutions aimed at improving roadway stability under the specific geological and mining conditions of the area. These include optimizing the support structures, applying support technologies compatible with the company's existing systems, enhancing mine pressure control, and improving post-excavation reinforcement procedures.

Keywords: Nam Khe Tam Coal Mine, Mine pressure, roadway under compression, roadway reinforcement, enhancement of roadway support capacity.

REFERENCES

1. Hon Gai Coal Design Enterprise. 2023. *Feasibility Study Report for the Project: "Expansion and Deep-Level Underground Mining at the Nam Khe Tam Coal Mine (Underground Extraction Below Level -175 at the Nam Khe Tam Mine)"*, approved under Decision No. 2769/QĐ-ĐB.
2. Dong Bac Coal Corporation. 2024. Monitoring Report: *"Expansion and Deep-Level Underground Mining at the Nam Khe Tam Coal Mine."*
3. Dong Bac Coal Corporation. 2024. Report: *"Updated Status of Surface Layout, Roadway Development, and Mining Activities at the Nam Khe Tam Coal Mine as of September 30, 2024."*
4. Vu Ngoc Thuan. (2013). *Rock Mechanics*. Quang Ninh University of Industry
5. Vu Duc Quyet. (2019). *Construction of Underground Works Using Special Methods*. Quang Ninh University of Industry.
6. Do Van Hoang. (2022). *"Results of Using Steel Arch Supports for Roadway Support in Underground Coal Mines in Quang Ninh"*. Mining technology bulletin. <https://imsat.vn/wp-content/uploads/2022/09/KHCNM-02-2022.pdf>

Ngày nhận bài: 08/12/2025;

Ngày nhận bài sửa: 13/01/ 2026;

Ngày chấp nhận đăng: 16/01/ 2026.