



BẢN TIN

TƯ VẤN VÀ CÔNG NGHỆ MỎ

CONSULTING AND TECHNOLOGY BULLETIN FOR MINING INDUSTRY

Số 3/2025

CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN

ĐẠI HỘI ĐẢNG BỘ CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP LẦN THỨ XI, NHIỆM KỲ 2025-2030



*Đồng chí Khuất Mạnh Thắng, Phó Bí thư thường trực
Đảng ủy TKV phát biểu chỉ đạo Đại hội*



*Đồng chí Lê Văn Duẩn, Bí thư Đảng ủy Công ty
phát biểu tại Đại hội*



Các đại biểu khách mời dự Đại hội



*Ban Chấp hành Đảng bộ Công ty
nhiệm kỳ 2025 - 2030*



CHỊU TRÁCH NHIỆM NỘI DUNG

Trưởng Ban Biên tập

ThS. Lê Văn Duẩn, Giám đốc, Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

Phó Trưởng Ban Biên tập

ThS. Nguyễn Việt Hùng, Phó Giám đốc, Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

BAN BIÊN TẬP

ThS. Lê Việt Phương - PGĐ, Thành viên

ThS. Đào Ngọc Hiệp - PGĐ, Thành viên

ThS. Phí Trung Kiên - TP Kế Hoạch, Thành viên

CN. Trần Thị Ngọc Bích, Thành viên

TOÀ SOẠN

Địa chỉ: số 565 đường Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội.

Điện thoại: (+84) 24 3552 4045

Email: tuvancongnghemo@gmail.com

Giấy phép xuất bản số 47/GP-XBBT ngày 16/8/2024 của Cục Báo chí - Bộ Thông tin và Truyền thông.

MỤC LỤC

KHAI THÁC LỘ THIÊN

- Lê Việt Phương, Phí Trung Kiên, Phạm Xuân Tráng, Lê Đức Phương

Hiện trạng và phương hướng hoàn thiện công tác khoan nổ mìn các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV..... 2

KHAI THÁC HÀM LÒ

- Trần Tiến Huệ

Công nghệ chống vì neo tại lò dọc vỉa trong các vỉa than mềm..... 8

XÂY DỰNG MỎ

- Trần Tiến Huệ

Công nghệ đào và chống lò ở vùng đất đá yếu bị phá hủy do kiến tạo .14

TỰ ĐỘNG HÓA

- Phạm Xuân Tráng, Trần Tiến Huệ

Tự động hóa và rô-bốt hóa các công tác mỏ lộ thiên21

AN TOÀN MỎ

- Lại Thị Linh Chi (Biên dịch)

Những rủi ro an toàn, thách thức công nghệ và biện pháp đối phó trong xây dựng mỏ than thông minh.....27

QUẢN LÝ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ

- Trần Tiến Huệ

Hệ thống kiểm soát giám sát và thu thập dữ liệu (SCADA) trong ngành mỏ35

THIẾT KẾ MỎ

- Nguyễn Mai Hoa

Nghiên cứu thiết kế và ứng dụng công trình lò giếng dựa vào kỹ thuật phát triển REVIT thứ cấp40

CHUYÊN ĐỔI SỐ

- Phạm Tú Phương

Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong Mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM).....48

TIN VĂN

Hiện trạng và phương hướng hoàn thiện công tác khoan nổ mìn các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV

>> ThS. Lê Việt Phương, ThS. Phí Trung Kiên, ThS. Phạm Xuân Tráng

Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

>> TS. Lê Đức Phương, Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam

Tóm tắt: Việc đánh giá hiện trạng và định hướng hoàn thiện công tác khoan nổ mìn trên các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của Tập đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) là một trọng những cơ sở để nghiên cứu hoàn thiện công tác khoan nổ mìn hợp lý cho các mỏ đó. Kết quả đánh giá cho thấy, từ việc sử dụng công thức tính toán xác định chỉ tiêu thuộc nổ đến các thông số khoan nổ mìn đã và đang được sử dụng trên các mỏ than lộ thiên là chưa thực sự hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu gần đây và thực tiễn sản xuất trên thế giới. Cụ thể, công thức tính toán xác định chỉ tiêu thuộc nổ hiện đang được sử dụng trong tính toán định mức tiêu hao vật tư chủ yếu trong khai thác lộ thiên của TKV có một số thông số chưa phù hợp với điều kiện khai thác mỏ lộ thiên Việt Nam. Đồng thời, mạng khoan nổ mìn trên các mỏ đang dùng chủ yếu là mạng tam giác cân, nạp thuốc nổ theo sơ đồ liên tục hoặc kết hợp, hàng ngoài và hàng trong cùng nạp liên tục, các hàng giữa nạp phân đoạn. Tuy nhiên, việc phân đoạn tỷ lệ thuốc cũng chưa hoàn toàn hợp lý. Cần được nghiên cứu hoàn thiện công thức tính toán xác định chỉ tiêu thuộc nổ và các thông số khoan nổ mìn đảm bảo mức độ đập vỡ đồng đều hơn, phù hợp với điều kiện kỹ thuật khai thác trên các mỏ than lộ thiên ở Quảng Ninh của TKV.

Abstract: The assessment of the current status and orientation for completing drilling and blasting work in open-pit coal mines in Quang Ninh area of Vietnam National Coal and Mineral Industries Group (TKV) is one of the bases for studying and completing reasonable drilling and blasting work for those mines. The assessment results show that from the use of calculation formulas to determine explosives indexes to drilling and blasting parameters that have been and are being used in open-pit coal mines are not really completely consistent with recent research results and production practices in the world. Specifically, the formula for calculating specific explosives consumption currently used in calculating the main material consumption rates in open-pit mining of Vinacomin has some parameters that are not suitable for open-pit mining conditions in Vietnam. At the same time, the drilling and blasting network in the mines is mainly an isosceles triangle network, charging explosives according to a continuous or combined diagram, the outer and inner rows are charged continuously, the middle rows are charged in segments. However, the segmentation of the explosive ratio is not completely reasonable. It is necessary to study and perfect the calculation formula to determine the explosive index and drilling and blasting parameters to ensure a more uniform level of breakage, suitable for the technical conditions of mining in open-pit coal mines in Quang Ninh of TKV.

1. Đặt vấn đề

Công tác khoan nổ mìn là khâu đi đầu trong các khâu công nghệ trên mỏ khai thác lộ thiên. Chất lượng đất đá và giá thành nổ mìn có ảnh hưởng trực tiếp tới năng suất và giá thành của các khâu công nghệ xúc bốc, vận tải, nghiền đập (đối với băng tải) và hiệu quả của công tác khai thác mỏ lộ thiên.

Công tác khoan nổ mìn trên các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh trong những năm qua đã thực hiện khá tốt nhưng vẫn còn một số hạn chế nhất định có ảnh hưởng tới hiệu quả của công tác khai thác. Vì vậy, để giảm thiểu chi phí bóc đất đá, góp phần nâng cao hiệu quả công tác khai thác của các Công ty quản lý và khai thác các mỏ than lộ thiên

vùng Quảng Ninh cần thiết phải đánh giá hiện trạng và đề xuất định hướng hoàn thiện về công tác khoan nổ mìn cho các mỏ đó.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Hiện trạng công tác khoan nổ mìn trên các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV

2.1.1. Công tác khoan

Hiện tại, trên các mỏ khai thác than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV đang sử dụng chủ yếu các máy khoan xoay cầu chạy điện loại CBIII-250 có đường kính lỗ khoan $d = 250$ mm để khoan các lỗ khoan nổ mìn phá đá lần 1. Các máy khoan này đã được đầu tư hàng chục năm nay, mặc dù hiện nay đều có chất lượng loại C, trong đó có cái đang ở thời kỳ thanh lý nhưng vẫn hoạt động khá tốt. Đối với các máy khoan xoay cầu CBIII-250 khi làm việc trên các tầng có nhiều nước ngầm, việc thổi mìn khoan gặp khá nhiều khó khăn, hệ số tổn thất mét khoan do lắng phoi và sập lở thành lỗ khoan chiếm tỷ lệ lớn, lên tới 10÷12% tổng số mét khoan. Sở dĩ như vậy vì theo đặc tính kỹ thuật của máy khoan CBIII-250, tải trọng lên đáy lỗ khoan chỉ đạt dưới 30 tấn. Đặc biệt, đối với đá có độ kiên cố $f > 12$ sẽ rất khó khoan. Chính vì vậy, năng suất máy khoan CBIII-250 của Công ty CP Than Cao Sơn - TKV rất thấp, máy mau hỏng.

Trong những năm gần đây các công ty cũng đã đầu tư một số máy khoan thủy lực có đường kính $d = 230÷250$ mm để bổ sung cũng như thay thế dần các máy khoan CBIII-250. Các máy khoan đập xoay thủy lực với phương pháp đập đáy, yêu cầu áp lực trực lên đáy lỗ khoan cũng khi khoan loại đá đó chỉ cần 200÷300 kG/cm² là đủ. Do đó trong thời gian tới cần có sự thay đổi về máy khoan và phương pháp khoan đối với từng khu vực đất đá và điều kiện khoan cho phù hợp hơn.

2.2.2. Công tác nổ mìn

2.2.2.1. Sử dụng vật liệu nổ

Hiện nay, công tác nổ mìn trên các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV đều do Tổng công ty Công nghiệp Hoá chất mỏ - Vinacomin (MICCO) đảm nhiệm.

Từ nhiều năm nay các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV chủ yếu sử dụng các loại thuốc nổ do MICCO và Bộ Quốc phòng sản xuất, bao gồm một số loại thuốc nổ không chịu nước chính như: ANFO rời nạp xe và ANFO bao gói, và một số loại thuốc nổ chịu nước chính như: Nhũ tương hầm lò, NTR 07, NTR08, nhũ tương quốc phòng, TFD - 15WR, ANFO chịu nước 15WR, v.v...

Vật liệu nổ chủ yếu là kíp nổ điện, kíp nổ điện vi sai, kíp nổ vi sai phi điện (Loại KVP-8N-TM và Loại KVP-8N-XL), trong đó dùng kíp nổ vi sai phi điện là chính, chiếm từ 96÷99% tùy theo từng năm và từng mỏ.

Môi nổ chủ yếu dùng loại VE05 - A và MN - 31.

Nhìn chung, các loại thuốc nổ, vật liệu nổ và môi nổ trên khá phù hợp với điều kiện tự nhiên cũng như kỹ thuật của các mỏ khai thác than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV.

2.2.2.2. Chỉ tiêu thuốc nổ

Chỉ tiêu thuốc nổ (kg/m³) được xác định bởi công thức [2]:

$$q = 0,13 \cdot \gamma_d \cdot \sqrt[4]{f} (0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3} d_n d_{lk}) \left(\frac{0,5}{d_{qc}} \right)^{2/5} \cdot K_{qc} \left(\frac{0,5}{d_{tb}} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Trong đó:

f - hệ số độ kiên cố của đất đá với đất đá cấp II có $f = 5÷8$, cấp III: $f = 9÷20$;

γ - dung trọng của đất đá, t/m³ với đất đá cấp II: $\gamma = 2,1÷2,5$ t/m³, cấp III: $\gamma = 2,6÷3,0$ t/m³;

d_n - kích thước trung bình của các cục đá nứt nẻ trong khối với đất đá cấp II: $d_n = 0,35÷0,42$ m, cấp III: $d_n = 0,43÷1,25$ m;

d_{lk} - đường kính lỗ khoan, mm;

d_{qc} - kích thước đá quá cỡ, m;

K_{qc} - hệ số chuyển đổi năng lượng của chất nổ sử dụng tính toán sang chất nổ chuẩn và được tính bởi $K_{qc} = Q_{tc} / Q_{tt}$;

Q_{tc} - khả năng công nổ của thuốc nổ tiêu

chuẩn, $Q_{tc} = 360 \text{ cm}^3$;

Q_{tt} - khả năng công nổ của thuốc nổ sử dụng, thuốc nổ ANFO $Q_{tt} = 320-330 \text{ cm}^3$;

d_{tb} - đường kính cỡ hạt nổ mìn trung bình của đất đá, m.

Do đó, với điều kiện áp dụng của công thức tính chỉ tiêu thuốc nổ giai đoạn trước cơ bản là phù hợp, chỉ tiêu thuốc nổ tăng/giảm sẽ làm tăng/giảm giá thành chi riêng của công đoạn nổ mìn. Tuy nhiên, qua nghiên cứu tính toán, đề tài xác định việc tăng/giảm giá thành riêng một công đoạn có ý nghĩa thực tiễn không cao, phải hướng đến mục tiêu tổng thể đó là: Tổng chi phí tất cả các công đoạn sản xuất là nhỏ nhất. Do đó, đã xác định được đường kính cỡ hạt tối ưu đối với mỗi loại đất đá, mỗi loại thiết bị xúc bốc, vận tải và mỗi loại phương thức vận tải (đơn thuần/liên hợp,...).

Sau khi tính toán xác định theo nguyên tắc: Tổng chi phí tất cả các công đoạn sản xuất là nhỏ nhất, đường kính cỡ hạt đất đá tối ưu được xác lập và là thông số chủ yếu ảnh hưởng đến chỉ tiêu thuốc nổ. Do đó, trên cơ sở kết quả nghiên cứu của đề tài, định mức tiêu hao vật liệu nổ tại Quyết định số 2048/QĐ-TKV và các tài liệu tham khảo. Đề tài đề xuất công thức tính toán chỉ tiêu thuốc nổ là tiếp tục vận dụng công thức của Viện sĩ B.N. Kutuzov mà Định mức đang áp dụng nhưng có điều chỉnh căn cứ theo thông số đường kính cỡ hạt tối ưu để phù hợp trong điều kiện hiện nay hoặc có thể sử dụng công thức của V.A. Kuznetsov.

Công thức xác định chỉ tiêu thuốc nổ (kg/m^3) của giáo sư B.N Kutuzov như sau [3]:

$$q = 0,13 \cdot \gamma_a \cdot \sqrt[3]{f} (0,6 + 0,33 d_n d_c) \left(\frac{0,5}{d_{tu}} \right)^{2/5} K_B \quad (2)$$

Trong đó:

d_z - đường kính khối thuốc nổ, m;

d_0 - kích thước trung bình của các khối đá trong tự nhiên, mm;

d_k - kích thước cỡ hạt hợp quy cách, m;

K_B - hệ số chuyển đổi năng lượng của chất nổ sử dụng tính toán sang chất nổ chuẩn.

2.2.2.3. Các thông số khoan nổ mìn

Từ định mức theo Quyết định số 2048/QĐ-TKV ngày 08/12/2020 của TKV, các Công ty đã lập sẵn bảng các thông số khoan nổ mìn và chỉ tiêu thuốc nổ cho từng loại máy xúc có dung tích gầu, đường kính lỗ khoan đối với các loại đất đá có độ kiên cố f khác nhau. Ví dụ ở Bảng 1 giới thiệu các thông số khoan nổ mìn và chỉ tiêu thuốc nổ đối với từng loại máy xúc khi đường kính lỗ khoan $d = 250 \text{ mm}$ và $f = 11 \div 12$.

Ngoài ra, đối với một số vị trí đất đá có độ kiên cố f cao, vỉa đá dày, độ khối d_n lớn, để đảm bảo phá vỡ được, các doanh nghiệp một mặt tăng f thêm so với thực tế để tăng chỉ tiêu thuốc nổ q; mặt khác phải khoan thêm các lỗ khoan phụ không nạp thuốc giữa các lỗ khoan nạp thuốc nổ. Điều này đã làm tăng chi phí khoan, thậm chí sẽ tăng chi phí bóc đất đá lớn hơn so với khi tăng chỉ tiêu thuốc nổ.

Từ Bảng 1 cho thấy:

- Các thông số khoan và chỉ tiêu thuốc nổ được tính toán cho từng loại dung tích gầu xúc và đường kính lỗ khoan là hợp lý. Tuy nhiên, chưa có tính toán cho loại thiết bị vận tải bằng băng tải. Hơn nữa, trong công thức (1) có đề cập đến thông số kích thước trung bình của các cục đá nứt nẻ trong khối dn nhưng trong bảng tính thì không có thông số này.

- Sơ đồ mạng nổ chủ yếu là mạng tam giác cân với các thông số làm tròn theo bội số của 0,5. Với mạng này có hạn chế là sẽ hình thành vùng không được đập vỡ lớn hơn so với mạng tam giác đều, tức là sẽ có tỷ lệ đá quá cỡ lớn hơn.

- Chiều sâu khoan thêm L_{kt} cũng lấy theo bội số của 0,5 theo chiều cao tầng h cũng cần được thảo luận thêm, vì L_{kt} phụ thuộc rất ít vào h mà chủ yếu phụ thuộc vào đường kính khối thuốc nổ, tức là phụ thuộc vào đường kính lỗ khoan.

2.2.2.4. Phương pháp nổ mìn

Hiện nay các mỏ than lộ thiên của TKV đều đã áp dụng phương pháp nổ mìn vi sai, phương pháp nổ tức thời chủ yếu dùng khí xử lý sự cố. Sử dụng mạng kíp vi sai phi điện (KVP-XL, KVP-TM, v.v...) là chính.

Bảng 1. Các thông số khoan nổ mìn mở đang áp dụng với $d = 250 \text{ mm}$

Dung tích gàu xúc, m^3	Chiều cao tầng, m	Chiều sâu khoan thêm, m	Đường kính chân tầng, m	Khoảng cách giữa các lỗ khoan, m	Khoảng cách giữa các hàng, m	Chỉ tiêu thuốc nổ, kg/m^3
5	10÷12	2,0	7,0	7,0	6,5	0,469÷0,503
	13÷15	2,5	8,0	7,5	7,0	0,469÷0,503
	16÷18	3,0	8,5	8,0	7,5	0,469÷0,503
6,7	10÷12	2,0	7,0	7,0	6,5	0,431÷0,463
	13÷15	2,5	8,0	7,5	7,0	0,431÷0,463
	16÷18	3,0	8,5	8,0	7,5	0,431÷0,463
8	10÷12	2,0	7,5	7,5	7,0	0,408÷0,438
	13÷15	2,5	8,0	8,0	7,0	0,408÷0,438
	16÷18	3,0	8,5	8,0	7,5	0,408÷0,438
10	10÷12	2,0	7,5	7,5	7,0	0,380÷0,407
	13÷15	2,5	8,0	8,0	7,0	0,380÷0,407
	16÷18	3,0	8,5	8,0	7,5	0,380÷0,407
12	10÷12	2,0	7,5	7,5	7,0	0,361÷0,387
	13÷15	2,5	8,0	8,0	7,0	0,361÷0,387
	16÷18	3,0	8,5	8,0	7,5	0,361÷0,387

Loại kíp vi sai phi điện trên mặt KVP-TM có thời gian cháy chậm danh định: 17, 25, 42 hoặc 100 ms; cường độ nổ số 6. Loại kíp vi sai phi điện xuống lỗ KVP-XL có thời gian cháy chậm danh định 400 ms, cường độ nổ số 8.

Nạp thuốc nổ theo sơ đồ liên tục hoặc kết hợp, hàng giữa nạp thuốc phân đoạn bằng phoi khoan với lượng thuốc đoạn trên cố định 50 kg đối với tất cả các lỗ khoan, còn các hàng ngoài và hàng trong cùng nạp thuốc liên tục.

Việc áp dụng phương pháp nổ mìn vi sai với kíp vi sai phi điện có ưu điểm là thi công đơn giản, an toàn và bãi mìn được nổ vi sai qua từng lỗ, nâng cao chất lượng hiệu quả nổ mìn, giảm chấn động, đảm bảo an toàn.

Tuy nhiên, việc nạp thuốc nổ theo sơ đồ liên tục hoặc kết hợp và cố định lượng thuốc của đoạn trên khi nạp phân đoạn cần được thảo luận thêm.

2.2.2.5. Mức độ đập vỡ đất đá

Kết quả khảo sát thành phần cỡ hạt (TPCH) đất đá nổ mìn tại các mỏ cho thấy:

1. Mỏ than Cao Sơn

- Chỉ tiêu thuốc nổ thực tế ở các bãi đều lớn hơn so với định mức của TKV nhưng cỡ hạt đất đá sau nổ mìn đều lớn hơn so với yêu cầu;

- Mức độ đập vỡ (MĐDV) đất đá đa phần thuộc loại đập vỡ trung bình đến yếu (cỡ hạt đất đá dtb lớn hơn so với yêu cầu của dung tích gàu xúc), cá biệt có những khu vực MĐDV đất đá thuộc loại rất yếu (dtb = 0,70 m);

- Đất đá quá cỡ có xu hướng phát sinh nhiều tại các bãi nổ đất đá có hệ số độ kiên cố f và d_n lớn, khu vực nhiều nước ngầm và các bãi nổ có chiều cao tầng $h < 10 \text{ m}$;

- Một số bãi mìn có TPCH rất không đồng đều, tỉ lệ TPCH có đường kính $d_{ch} > 0,4 \text{ m}$ chiếm từ 44,69÷72,66%; $d_{ch} > 0,6 \text{ m}$ chiếm từ 27,29÷45,22%; đặc biệt $d_{ch} > 1 \text{ m}$ chiếm từ 3,77÷25,08% toàn bãi. Điều này sẽ ảnh hưởng đến năng suất của đồng bộ máy

xúc – ô tô và nhất là đối với hệ thống trạm nghiền – băng tải đá. Kích thước cục đá quá cỡ lên đến 2,0÷2,5 m, làm tăng đáng kể khối lượng và chi phí khoan nổ mìn lần 2.

- Tỷ lệ đá phải khoan nổ lần 2 trong những năm gần đây từ 0,6÷1,03% tổng khối lượng đất đá phải khoan nổ là không lớn. Vì tỷ lệ này chủ yếu là đối với máy xúc chạy điện EKG, còn một khối lượng đá quá cỡ khá lớn không phải khoan nổ lần 2 do máy xúc thủy lực gàu ngược (TLGN) có thể quật, ôm và chất lên ô tô. Tuy nhiên, rất mất thời gian để thực hiện công việc này, làm giảm đáng kể năng suất của đồng bộ máy xúc - ô tô, dẫn đến giảm hiệu quả khai thác mỏ. Đặc biệt, khi khối lượng đá này được vận chuyển lẫn cùng với đất đá được làm toi tốt đến trạm nghiền của hệ thống băng tải (0,27÷0,28%/năm) sẽ phải sử dụng máy xúc TLGN để xúc từ bun ke lên bãi chứa tạm gần trạm nghiền rồi xúc bốc lại để chất lên ô tô vận chuyển ra bãi thải. Tức là làm tăng chi phí do phải xúc lại 2 lần với năng suất thấp.

Ngoài ra, để tăng cường MĐĐV và giảm tỷ lệ đá quá cỡ phải khoan nổ lần 2, đặc biệt đối với đất đá dai có dn lớn, áp dụng chỉ tiêu thuộc nổ q thấp theo định mức của TKV và vận chuyển đến hệ thống trạm nghiền – băng tải, Công ty đã khoan thêm các lỗ khoan phụ không nạp thuốc giữa các lỗ khoan nạp thuốc nổ. Điều này đã làm tăng chi phí khoan, thậm chí sẽ tăng chi phí bốc đất đá lớn hơn so với tăng chỉ tiêu thuộc nổ q.

2. Mỏ than Đèo Nai

- Tỷ lệ TPCH của các bãi nổ tương đối đồng đều với MĐĐV đất đá khá tốt, đảm bảo yêu cầu xúc bốc với tỷ lệ cỡ hạt có dch ≤ 0,4 m chiếm khá lớn, đạt 81,36÷87,19%;

- MĐĐV đất đá đa phần thuộc loại đập vỡ trung bình, cá biệt có những khu vực MĐĐV thuộc loại yếu và rất yếu (dtb > 0,6 m);

- Cỡ hạt ở các bãi mìn đảm bảo phù hợp cho công tác xúc bốc, vận tải; tỉ lệ TPCH có đường kính dch > 0,4 m chiếm từ 20,00÷39,06%, kích thước cục đá quá cỡ lên đến trên 2,0 m làm tăng khối lượng và chi phí khoan nổ mìn lần 2.

3. Mỏ than Khe Chàm II

- Chất lượng bãi nổ chưa thực sự hoàn toàn tốt. Tỷ lệ đá quá cỡ thay đổi từ

0,83÷1,2%. Chất lượng cỡ hạt chưa thực sự tối ưu cho các thiết bị xúc bốc và vận tải của mỏ;

- Tỷ lệ TPCH theo yêu cầu có dch ≤ 0,4 m đạt 74,24÷76,74%; tỉ lệ cỡ hạt có dch > 0,4 m chiếm 17,41÷28,80%; dch > 0,6 m chiếm 11,71÷18%; trong đó đá quá cỡ chiếm 0,83÷1,2%;

- MĐĐV đất đá đa phần thuộc loại đập vỡ trung bình đến yếu, cá biệt có những khu vực MĐĐV đập vỡ đất đá thuộc loại rất yếu (dtb > 0,7 m);

- Tỷ lệ TPCH có đường kính có dch > 0,4 m chiếm từ 30,56÷56,82%, kích thước cục đá quá cỡ lên đến trên 2,5 m làm tăng khối lượng và chi phí khoan nổ mìn lần 2.

4. Mỏ than Cọc Sáu

- Chất lượng bãi nổ tương đối tốt, đất đá phá ra khá đồng đều. Chất lượng cỡ hạt đảm bảo cho các thiết bị xúc bốc và vận tải của mỏ. Kích thước cục đá trung bình dtb = 0,30÷0,40 m tương đối phù hợp với kích thước cục đá trung bình hợp lý dtbh = 0,35÷0,44 m khi độ kiên cố của đất đá f = 9÷11 đối với máy xúc có dung tích gàu E = 4,3÷6,7 m³ hiện đang hoạt động trên mỏ;

- Tỷ lệ TPCH theo yêu cầu dch ≤ 0,4 m đạt 85,13÷88,49%; tỉ lệ cỡ hạt dch > 0,4 m chiếm 11,51÷14,87% và dch > 0,6 m chiếm 8,13÷8,32%;

- MĐĐV đất đá đa phần thuộc loại đập vỡ trung bình, cá biệt có những khu vực MĐĐV đất đá thuộc loại yếu đến rất yếu (dtb > 0,6 m).

Từ những số liệu thực tế của các mỏ được trình bày ở trên cho thấy TPCH, MĐĐV đất đá của các mỏ, nhất là mỏ than Cao Sơn là chưa đảm bảo phù hợp với từng dây chuyền đồng bộ thiết bị khai thác, vận tải, đặc biệt là hệ thống vận tải đá bằng băng tải.

2.3. Một vài định hướng hoàn thiện công tác khoan nổ mìn

Từ những đánh giá trên cho phép đề xuất một số định hướng hoàn thiện công tác khoan nổ mìn cho các mỏ than lộ thiên của TKV như sau:

- Trong thời gian tới khi các mỏ khai thác xuống sâu, đáy mỏ chật hẹp và đặc biệt ở khu vực đất đá có độ kiên cố $f > 12$ cần đầu tư và bố trí các loại máy khoan đập xoay thủy lực vừa cơ động, vừa có năng suất lớn và chịu được sự mài mòn cao.

- Hoàn thiện hoặc thay thế công thức tính toán chỉ tiêu thuốc nổ cho phù hợp với tính chất cơ lý đất đá và dây chuyền đồng bộ thiết bị khai thác, vận tải, nhất là cho hệ thống vận tải bằng băng tải theo tiêu chí giảm thiểu chi phí bóc đất đá.

- Mạng nổ được thực hiện theo sơ đồ tam giác đều và các thông số khoan nổ mìn được lấy theo kết quả tính toán từ các công thức đã được các nhà khoa học mỏ nghiên cứu, thực nghiệm và phổ biến trong thực tế.

- Sơ đồ nạp thuốc cần nạp phân đoạn toàn bãi hoặc kết hợp hàng ngoài nạp liên tục, còn các hàng trong nạp phân đoạn, lượng thuốc của đoạn trên khi nạp phân đoạn cần chiếm từ 25÷35% khối lượng thuốc được nạp trong lỗ khoan v.v.

3. Kết luận

Qua kết quả đánh giá hiện trạng và một vài định hướng về công tác khoan nổ mìn cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh của TKV cho phép đưa ra một số kết luận như sau:

- Đề xuất hoàn thiện định mức tiêu hao thuốc nổ (mã hiệu (A12110000) và sử dụng công thức của B.N. Kutuzôv để tính toán căn cứ vào đường kính cỡ hạt đất đá tối ưu.

- Hiện nay phần lớn các Công ty đã và đang thực hiện tương đối tốt công tác khoan nổ mìn, đảm bảo yêu cầu của sản xuất nhưng vẫn còn một số hạn chế nhất định. Các mỏ ngày càng xuống sâu, điều kiện làm việc ngày càng khó khăn, đất đá ngậm nước nhiều, việc đầu tư và bố trí các loại máy khoan cơ động, có năng suất lớn, chịu được sự mài mòn cao là hoàn toàn hợp lý và cần thiết.

- Tỷ lệ TPCH hạt đất đá nổ mìn có $d_{ch} > 0,6$ m của mỏ than Cao Sơn khá lớn, chiếm từ 27,29÷45,22%; đặc biệt loại $d_{ch} > 1$ m chiếm từ 3,77÷25,08% toàn bãi. Trong khi trên mỏ than Cao Sơn hiện đang được sử

dụng hệ thống băng tải đá là hoàn toàn chưa hợp lý. Điều đó cũng chứng minh rằng, đất đá mỏ Cao Sơn không chỉ có độ kiên cố f cao mà đường kính khối nứt dn cũng rất lớn, không tương ứng với f và dn đã được xác định theo định mức của TKV.

- Chỉ tiêu thuốc nổ một số bãi (đặc biệt là mỏ Cao Sơn) mặc dù cao hơn định mức hiện hành của TKV nhưng kích thước cỡ hạt vẫn khá lớn, không đảm bảo năng suất cho các khâu xúc bốc và vận tải. Đặc biệt là đối với dây chuyền vận chuyển đất đá bằng hình thức liên hợp ô tô - băng tải.

- Tỷ lệ đá quá cỡ phải khoan nổ lần 2 trong những năm gần đây là không lớn. Tuy nhiên, khá nhiều đá quá cỡ mặc dù không phải khoan nổ lần 2 nhưng làm tăng thời gian chu kỳ xúc, giảm năng suất của đồng bộ máy xúc – ô tô, do đó giảm hiệu quả khai thác chung của doanh nghiệp mỏ.

- Các thông số khoan nổ mìn và sơ đồ nạp thuốc nổ cũng chưa thực sự hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu gần đây và thực tiễn sản xuất trên thế giới. Cần được nghiên cứu, tính toán hoàn thiện các thông số khoan nổ mìn đảm bảo MĐĐV đồng đều hơn và phù hợp với từng dây chuyền đồng bộ thiết bị cụ thể, nhất là hệ thống trạm nghiền và băng tải đá đang được sử dụng trên mỏ than Cao Sơn./.

Tài liệu tham khảo

1. Các tài liệu về khoan nổ mìn, khai thác, vận tải, v.v... thu thập tại các Công ty CP Than Cao Sơn, Cọc Sáu, Đèo Nai, Khe Chàm II, Bắc Bàng Danh và Tổng công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ - Vinacomin.

2. Định mức tiêu hao vật tư chủ yếu trong khai thác than lộ thiên, Quyết định số 2048/QĐ-TVK ngày 08/12/2020 của Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam.

3. Кутузов Б.Н. (2009), Методы ведения взрывных работ – Часть 1. Разрушение горных пород взрывом, Москва.

Công nghệ chống vùi neo tại lò dọc vỉa trong các vỉa than mềm

>> **KS. Trần Tiến Huệ**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

Tóm tắt: Tăng cường áp dụng công nghệ đào chống lò bằng vùi neo trong hầm lò đã trở thành định hướng của ngành than trong điều kiện địa chất phức tạp như trong điều kiện địa chất đá mềm. Bài báo này tìm hiểu về công trình nghiên cứu về công nghệ vùi chống neo tại lò dọc vỉa thông gió trong vỉa than mềm của khu mỏ than Liangdu (Lương Đô), Trung Quốc. Để giải quyết vấn đề điều khiển áp lực mỏ của lò dọc vỉa thông gió của vỉa than số 2 tại vùng than Liangdu, tác giả nghiên cứu: các điều kiện cơ học của đá xung quanh lò dọc vỉa đã được phân tích bằng phương pháp điều tra thực địa, thí nghiệm cơ học đá và mô phỏng số. Các nguyên tắc thiết kế chống giữ lò dọc vỉa trong vỉa than mềm đã được đưa ra: chống giữ neo cáp cường độ cao, chống giữ dự ứng lực trước cao và chống giữ độ cứng cao. Tăng cường khả năng mang tải của đá xung quanh bằng chống giữ neo cáp theo đá biến dạng và phá hủy của đá xung quanh đã được kiểm soát hiệu quả. Thông qua phương pháp mô phỏng số, phạm vi biến dạng và phá hủy dẻo của lò dọc vỉa theo các sơ đồ chống giữ khác nhau được so sánh và phân tích. Kết cấu chống giữ của lò dọc vỉa vận tải tập trung được nghiên cứu và xác định, và thử nghiệm thực địa được thực hiện, giúp kiểm soát hiệu quả biến dạng của đá xung quanh của lò dọc vỉa trong vỉa than yếu.

Abstract: Increasing the application of anchor support technology in underground mines has become the orientation of the coal industry in complex geological conditions such as in weak rock geological conditions. This article studies the research work on anchor support technology in roadway in weak coal seams at Liangdu, China. To solve the problem of surrounding rock control of the ventilation roadway of No. 2 coal seam in Liangdu coal area, the author studies: the mechanical conditions of roadway surrounding rock were analyzed by means of field investigation, rock mechanics experiment and numerical simulation. The design principles of roadway support in soft coal seam were put forward: high strength anchor cable support, high preload support and high stiffness support. The bearing capacity of surrounding rock was strengthened by anchor cable support, and the deformation and failure of surrounding rock were effectively controlled. Through the numerical simulation method, the deformation and plastic failure range of roadways under different support schemes are compared and analyzed. The support scheme of centralized transportation roadway is studied and determined, and the field test is carried out, which effectively controls the deformation of surrounding rock of roadway in weak coal seam.

1. Mở đầu

Địa chất đá mềm có cường độ nén đơn trục nhỏ hơn 25 MPa, dễ vỡ, yếu, bị phong hóa, giãn nở của lớp đá nói chung. Những loại đá này chủ yếu là đá bùn, đá phiến sét, sạn kết có độ bền thấp, dạng hình thái địa chất tự nhiên của môi trường phức tạp.

Đặc điểm nổi bật nhất của đá mềm là có khả năng dịch chuyển, biến dạng mạnh, khó khăn trong việc duy trì đường lò, chủ yếu là do sự ổn định của đá xung quanh trong thời gian ngắn để tạo ứng suất nhanh chóng,

lượng đá biến dạng lớn, tốc độ, thời gian dài, môi trường xung quanh chịu áp lực, bùng nổ rõ ràng, biến dạng tăng lên, có thể tóm tắt trong 4 từ: mất liên kết, rời rạc, mềm, yếu.

Với mục tiêu đưa công nghệ đào chống lò bằng vùi neo trong hầm lò trở thành phổ biến, trong định hướng phát triển của ngành than, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) cũng đang yêu cầu các đơn vị trong ngành đổi mới tư duy và cách tiếp cận, chủ động triển khai áp dụng đào chống lò bằng vùi neo khi điều kiện địa chất,

kỹ thuật cho phép, trong đó có địa chất đá mềm.

Kết cấu đào chống lò bằng vì neo thay thế một phần kết cấu chống truyền thống đã mang lại hiệu quả cao. So với công nghệ cũ, công nghệ đào chống lò bằng vì neo có ưu điểm nổi trội, như: Chống giữ chủ động, phát huy được khả năng mang tải của khối đá; có thể sử dụng với công trình có hình dạng tiết diện khác nhau; có thể cơ giới hóa công tác lắp đặt neo, đảm bảo khả năng chống giữ an toàn và tăng năng suất lao động; lò chống neo giúp điều kiện thông gió thoáng hơn, mang lại điều kiện làm việc tốt hơn cho thợ lò. Bên cạnh đó, vật liệu gọn nhẹ, dễ vận chuyển giúp thợ lò giảm cường độ lao động, tiết kiệm chi phí... cũng là những ưu thế khi đưa công nghệ này vào áp dụng trong quá trình khai thác than hàm lò.

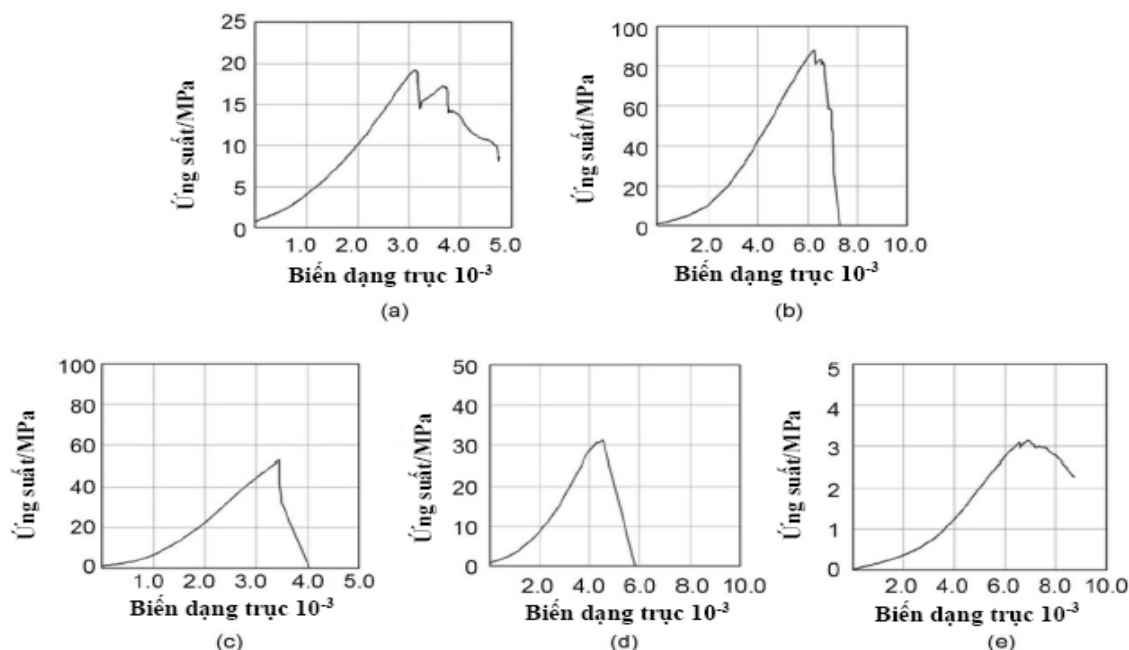
Trong những năm gần đây, với sự phát triển của lý thuyết và công nghệ chống giữ lò dọc vỉa trong mỏ than, tỷ lệ đào các đường lò dọc theo vỉa than ngày càng tăng và hình thức chống giữ của lò dọc vỉa trong vỉa than

đã thay đổi rất nhiều. Chống giữ kim loại thụ động truyền thống, neo cường độ thấp và tải trọng trước thấp và chống giữ phun bê tông không thể đáp ứng được nhu cầu kiểm soát đá xung quanh lò dọc vỉa trong vỉa than mềm.

Bài báo tìm hiểu về công trình nghiên cứu về công nghệ vì chống neo tại lò dọc vỉa thông gió trong vỉa than mềm của khu mỏ than Liangdu (Lương Đô), Trung Quốc của tác giả Mã Tân Nguyên (và nnk): nghiên cứu, phân tích các tính chất cơ học và các thông số của đá xung quanh đường lò, dựa trên nguyên tắc tải đặt trước cao và độ bền cao, nghiên cứu và xác định sơ đồ và thông số chống giữ bằng vì neo đường lò, và thực hiện thành công các thử nghiệm thực địa.

2. Tóm tắt dự án

Vỉa than số 2 của vùng than Liangdu được chia thành vỉa số 2 trên và vỉa dưới, là vỉa than ổn định có thể khai thác. Mức cao của bề mặt là 880 - 965 m, mức cao trong lò là 475 - 585 m và độ sâu là 305 - 450 m. Để đảm bảo sản xuất bình thường và an toàn



Hình 1. Đường cong ứng suất-biến dạng nén đơn trục của khối đá than

- (a) Đường cong ứng suất-biến dạng của đá bùn; (b) Đường cong ứng suất-biến dạng của cát kết; (c) Đường cong ứng suất-biến dạng của đá bùn cát; (d) Đường cong ứng suất-biến dạng của đá phiến sét cát; (e) Đường cong ứng suất-biến dạng của than vỉa số 2

của vùng than Liangdu, các đặc điểm cơ học địa chất và công nghệ chống giữ vỉa than số 2 đã được nghiên cứu. Lấy lò thông gió hồi lưu trung tâm làm ví dụ, lò thông gió hồi lưu trung tâm làm lò thông gió hồi lưu phục vụ khai thác vỉa than số 2. Tiết diện đào là hình chữ nhật có chiều rộng $\times$ chiều cao tương ứng là 5,3 m $\times$ 3,3 m, chủ yếu phục vụ hồi lưu không khí của gương lò chợ trong quá trình khai thác vỉa than.

Trong quá trình đào lò thông gió hồi lưu tập trung, quá trình đào lò được thực hiện dọc theo vỉa than số 2. Độ dày trung bình của vỉa than số 2 trên là 0,87 m. Đá bùn ở vách vỉa là chính, tiếp theo là đá phiến sét chứa cát, đá bùn ở trụ vỉa, cát kết hạt mịn và kết cấu đơn giản. Chiều dày trung bình của vỉa than số 2 dưới là 1,23 m và đá vách dần thay đổi từ đá phiến sét chứa cát sang cát kết và đá bùn từ nam ra bắc. Trụ vỉa dần thay đổi từ đá phiến sét chứa cát sang cát kết pha sét và đá bùn từ nam lên bắc, kết cấu đơn giản.

3. Thí nghiệm và phân tích các tính chất vật lý và cơ học của đá xung quanh lò dọc vỉa

Để nắm bắt các tính chất và thông số cơ học của đá xung quanh lò dọc vỉa vỉa than số 2 tại vùng than Liangdu, các mẫu than và mẫu lõi đá vách đã được lấy từ gương lò và được gia công thành các mẫu hình trụ tiêu chuẩn có đường kính 50 mm và chiều cao 100 mm. Các thử nghiệm cường độ nén đơn trục và cường độ kéo đơn trục đã được thực hiện bằng cách sử dụng hệ thống thử nghiệm cơ học đá. Một số đường cong ứng suất-biến dạng của khối than và đá được thể hiện trong Hình 1. Các tính chất cơ học và thông số của đá xung quanh được phân tích và các đặc điểm cơ học của đá xung quanh lò thông gió hồi lưu tập trung đã thu được:

1) Đá bùn và đá bùn chứa cát trong đá xung quanh ở vách yếu và dễ biến dạng. Cường độ nén đơn trục trung bình của đá bùn và đá bùn chứa cát lần lượt là 14,56 MPa và 26,86 MPa, và cường độ kéo trung bình lần lượt là 1,79 MPa và 1,81 MPa. Nhìn chung, cường độ của đá bùn và đá bùn chứa cát trong đá xung quanh của vỉa than thấp và

mô đun đàn hồi nhỏ. Đối với khối địa chất đá xung quanh diện tích lớn, do ảnh hưởng của phân lớp, mỗi nôi (bề mặt nứt gãy giòn trong đá) và cấu trúc nên cường độ của đá xung quanh thấp hơn và dễ bị biến dạng và phá hủy hơn.

2) Cường độ nén đơn trục trung bình của cát kết và đá phiến chứa cát lần lượt là 82,21 MPa và 41,50 MPa, và cường độ kéo trung bình lần lượt là 5,15 MPa và 2,06 MPa. Cát kết ở vách có cường độ nén cao, thuộc về đá cứng và có khả năng chịu lực cao.

3) Cường độ nén đơn trục của hai bên hông lò thấp, và cường độ nén đơn trục trung bình là 4,37 MPa. Theo nghiên cứu về tiêu chuẩn phân loại cường độ của thân vỉa than mềm và yếu, giá trị này nhỏ hơn 5 MPa, thuộc về thân vỉa than mềm. Đá xung quanh yếu của đường lò làm tăng độ khó kiểm soát của đá xung quanh.

Có thể thấy từ kết quả thí nghiệm cường độ của đá xung quanh đường lò cho thấy hai bên hông lò thông gió hồi lưu tập trung của vỉa than số 2 đều yếu, và đá vách về cơ bản là đá cứng trung bình 20 - 40 MPa ngoại trừ một phần nhỏ cát kết cứng.

4. Nguyên tắc thiết kế chống giữ lò thông gió hồi lưu tập trung

Chống giữ bằng vì neo là một hình thức chống giữ được sử dụng rộng rãi, tiết kiệm và hiệu quả trong lò dọc vỉa khai thác than. Bản chất của công nghệ chống giữ bằng vì neo là đảm bảo lực chống giữ ban đầu cao và khả năng tăng cường sức chịu lực hiệu quả. Dựa trên công nghệ chống giữ lò dọc vỉa tiên tiến hiện tại và kết hợp với các điều kiện địa chất và cơ học thực tế, nguyên tắc thiết kế chống giữ bằng vì neo và cáp neo trong lò thông gió hồi lưu tập trung của vỉa than số 2 được đưa ra:

1) Sử dụng hệ thống chống giữ cáp neo cường độ cao. Các lớp vách của lò thông gió hồi lưu tập trung tương đối yếu và dày, một số đoạn có cấu trúc đứt gãy. Lò dọc vỉa ở cả hai bên gương lò dễ bị tác động bởi hoạt động khai thác. Khối than và đá yếu dễ biến dạng và gãy hoặc trượt dọc theo bề mặt yếu, lực dọc và lực cắt do cáp neo tạo ra rất lớn.

Do đó, lò dọc vỉa của vỉa than số 2 áp dụng hệ thống chống giữ cáp neo cường độ cao để đảm bảo thân neo có độ cứng và độ bền lớn hơn và có thể chịu được tải trọng lớn hơn.

2) Sử dụng dự ứng lực trước cao, chống giữ độ cứng cao, phát huy hết khả năng chịu lực của đá xung quanh. Thông qua lực siết chặt trước cao để đạt được sự chống giữ chủ động và kịp thời thực sự, để mỗi lớp đá được gắn kết như tổng thể, cải thiện góc nội ma sát và độ kết dính của lớp đá trong phạm vi neo, giảm hiệu quả biến dạng sớm và phá hủy của đá xung quanh, cải thiện các tính chất cơ học của đá xung quanh và tận dụng tối đa khả năng chịu lực của đá xung quanh. Cáp neo được kết nối bằng lưới kim loại và đai thép để tạo thành một cấu trúc chịu lực tổng thể, có thể tránh được sự hỏng hóc cục bộ và mất ổn định của đá xung quanh. Cấu trúc chống

giữ không chỉ cung cấp khả năng chống đỡ cao mà còn thực hiện chống giữ độ cứng cao và có thể thích ứng với một số biến dạng của đá xung quanh.

3) Chống giữ gia cố cáp neo có lực siết chặt trước lớn. Độ dày của tầng đá yếu của vách lớn và cáp neo có ưu điểm là chiều dài lớn và lực siết chặt trước cao. Nó không thể chỉ neo đá xung quanh bị vỡ vào khu vực ổn định của vách mà còn ngăn không cho vách yếu bị đổ và rơi do khoảng cách lớn bên ngoài neo vòm. Thông qua lực siết chặt trước cao của cáp neo, nó có thể cải thiện thêm môi trường ứng suất của đá xung quanh, cải thiện độ bền của chính đá xung quanh và giảm hiệu quả sự biến dạng của đá xung quanh.

5. Mô phỏng số của sơ đồ chống giữ lò

Bảng 1. Các thông số vật lý và cơ học của vỉa than trong mô hình số

Đất đá	Mô đun đàn hồi khối K/ GPa	Mô đun cắt G/ GPa	Tỷ trọng d/Nm ³	Góc nội ma sát f/°	Độ bền bám dính C/MPa	Độ bền kéo t/ MPa
Cát kết	5.5	3.2	1900	29	2.2	2.5
Đá bùn	2.5	1.5	1700	27	1.0	2.0
Cát kết hạt vừa	6.0	4.2	2450	33.5	2.6	3.5
Đá phiến cát	5.4	3.2	2100	29	2.3	3
Than số 2	2.0	1.0	1400	27	1.0	1.5
Than số 3	2.0	1.0	1400	27	1.0	1.5
Đá bùn cát	4.8	2.6	1850	29	1.8	2.0

Bảng 2. Các thông số vật lý và cơ học của vỉa than trong mô hình số

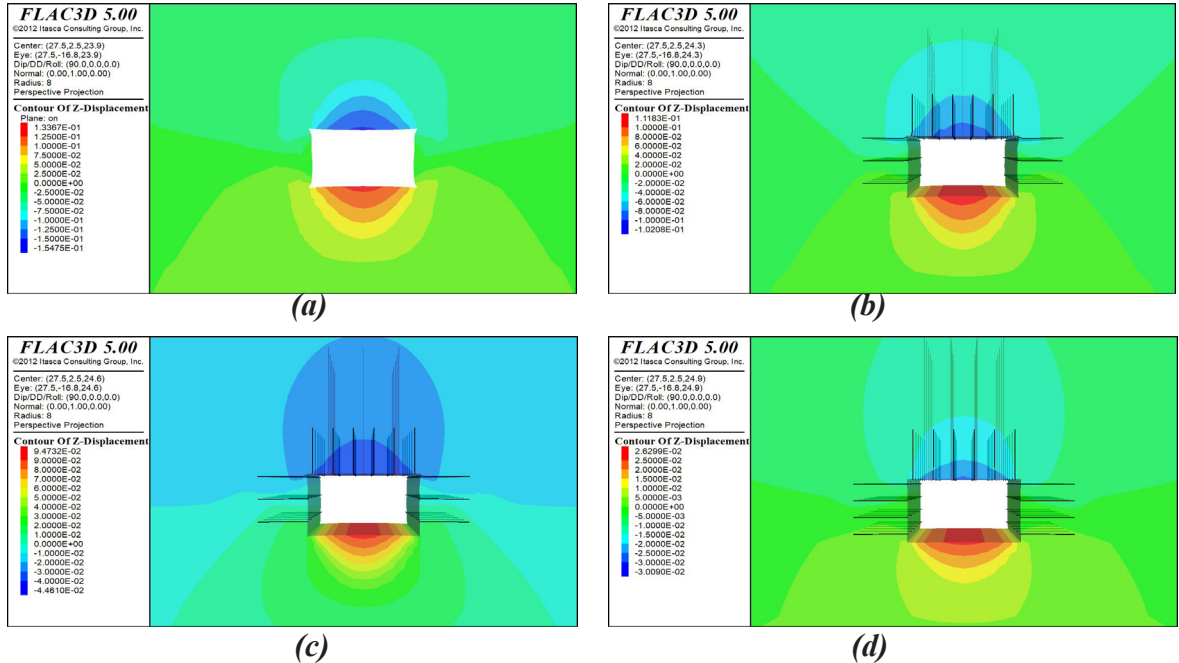
Sơ đồ	Neo nóc	Neo hông	Neo cáp nóc
Sơ đồ 1	0	0	0
Sơ đồ 2	6Φ20 × L2000 mm neo cốt thép, khoảng cách hàng 800 × 1000 mm	3Φ20 × L2000 mm neo cốt thép, khoảng cách hàng 1200 × 1000 mm	3Φ21.8 × L5300 mm neo dây trên vòm, khoảng cách hàng 1600 × 1000 mm
Sơ đồ 3	6Φ20 × L2200 mm neo cốt thép, khoảng cách hàng 800 × 1000 mm	3Φ20 × L2200 mm neo cốt thép, khoảng cách hàng 1200 × 1000 mm	3Φ21.8 × L6300 mm neo dây trên vòm, khoảng cách hàng 1600 × 1000 mm
Sơ đồ 4	6Φ20 × L2400 mm neo cốt thép, khoảng cách hàng 800 × 1000 mm	3Φ20 × L2400 mm neo cốt thép, khoảng cách hàng 1200 × 1000 mm	4Φ21.8 × L7300 mm neo dây trên vòm, khoảng cách hàng 1200 × 1000 mm

đọc vĩa

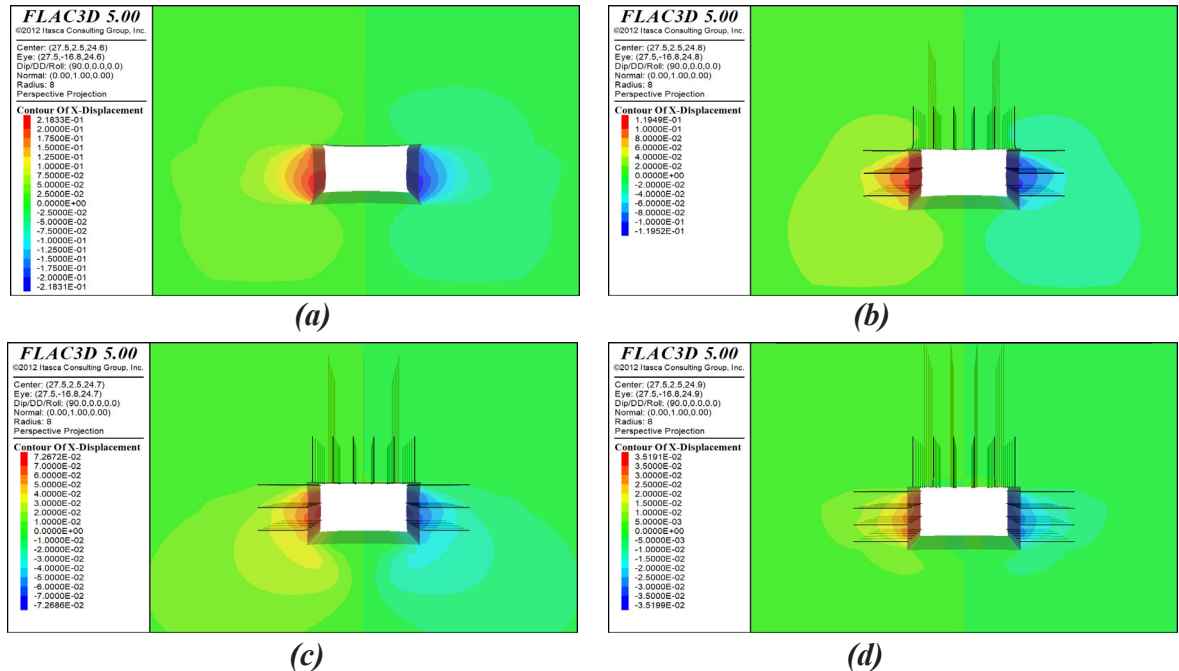
5.1. Thiết lập mô hình số và sơ đồ mô phỏng số

Lấy lò thông gió hồi lưu tập trung của vĩa than số 2 làm đối tượng, theo các điều

kiện địa chất và cơ học của lò đọc vĩa và cấu trúc đá xung quanh, mô hình số được thiết lập bằng phần mềm FLAC3D và mô hình cấu thành Mohr-Coulomb được áp dụng. Tải trọng quá tải 7,5 MPa được áp dụng phía



Hình 2. Biểu đồ đám mây dịch chuyển theo phương thẳng đứng của các sơ đồ đường dẫn khí hồi lưu tập trung khác nhau. (a) - sơ đồ 1, (b)- sơ đồ 2; (c) - sơ đồ 3; (d) - sơ đồ 4



Hình 3. Biểu đồ đám mây dịch chuyển ngang của các sơ đồ lò thông gió bản tập trung khác nhau. (a) sơ đồ 1; (b) sơ đồ 2; (c) sơ đồ 3; (d) sơ đồ 4.

Bảng 3. Các thông số vật lý và cơ học của vỉa than trong mô hình số

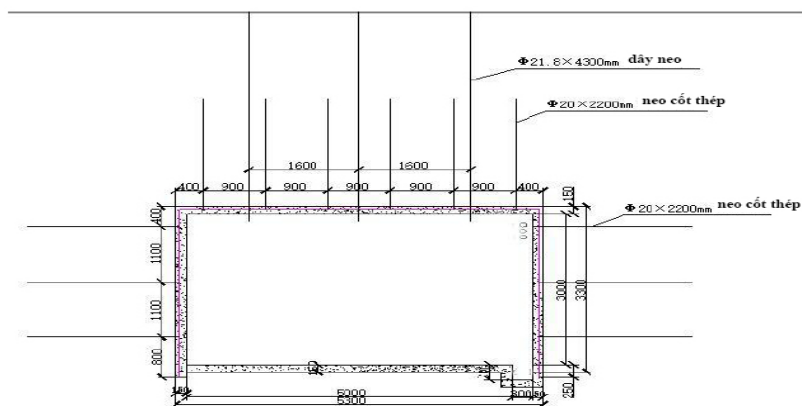
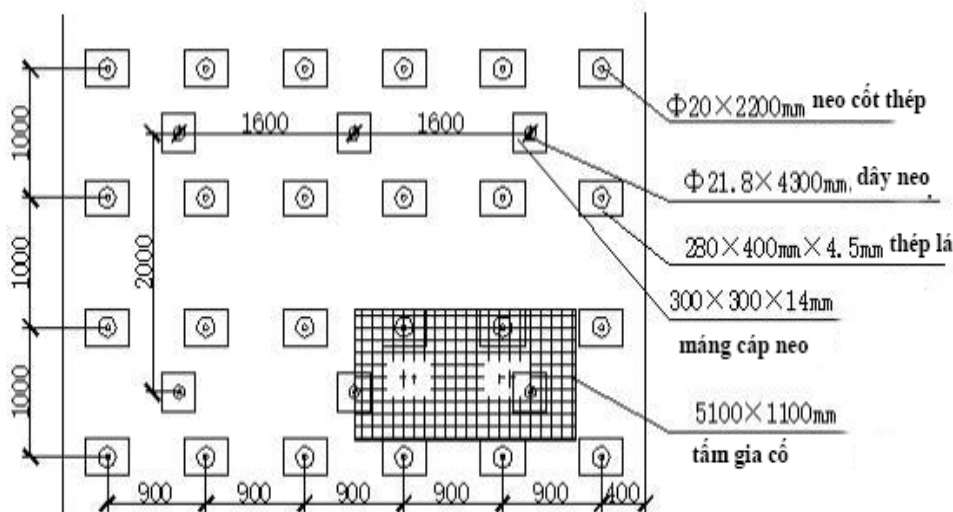
Sơ đồ	Sụt lún vách/ mm	Bùng nền/ mm	Độ dịch chuyển tương đối của hai bên hông/mm /mm
1	154	134	436
2	102	112	238
3	45	95	146
4	30	26	70

trên mô hình và ràng buộc chuyển vị ngang và ràng buộc chuyển vị thẳng đứng được áp dụng ở cả hai bên và đáy của mô hình. Các thông số vật lý và cơ học của các lớp than trong mô hình số được thể hiện trong Bảng 1. Kết hợp với kinh nghiệm của kỹ thuật chống giữ lò dọc vỉa, xét đến tuổi thọ dài của lò thông gió hồi lưu tập trung, bốn sơ đồ chống giữ được thiết kế, trong đó sơ đồ

1 không chống giữ và sơ đồ mô phỏng số cụ thể được thể hiện trong Bảng 2. Bằng cách mô phỏng độ ổn định của đá xung quanh lò dọc vĩa theo các sơ đồ chống giữ khác nhau, sơ đồ chống giữ hợp lý được lựa chọn thông qua phân tích so sánh.

5.2. Phân tích kết quả mô phỏng số

Thông qua mô phỏng số, thu được các đặc điểm ảnh hưởng của các sơ đồ chống giữ



Hình 4. Sơ đồ mặt cắt chống giữ lò dọc vỉa thông gió tập trung

khác nhau đến biến dạng của lò thông gió hồi lưu tập trung, xem Bảng 3; ảnh hưởng của các sơ đồ chống giữ khác nhau đến biến dạng của đá xung quanh trong lò thông gió hồi lưu tập trung được thể hiện trong Hình 2 và Hình 3.

Có thể thấy từ Bảng 3 và Hình 2 và Hình 3 rằng khi tăng chiều dài vách và hai bên neo, chiều dài cáp neo vách và khoảng cách hàng giữa neo và cáp neo giảm, biến dạng đường lò giảm liên tục từ phương án chống giữ 1 đến phương án chống giữ 4. Phương án 1 là phương án không chống giữ, đường lò bị biến dạng nghiêm trọng. Độ lún của vách, hai bên hông lò và độ bồng nền của trụ lần lượt là 154 mm, 436 mm và 134 mm. Có thể thấy hai bên lò thông gió hồi lưu tập trung là than yếu, và độ dịch chuyển tương đối của hai bên hông lò là lớn nhất. Khi cường độ chống giữ tăng, biến dạng của đường lò ngày càng nhỏ. Khi áp dụng phương án 3, độ lún của vách giảm từ 154 mm xuống 45 mm, độ hội tụ hai bên hông giảm từ 436 mm xuống 146 mm và độ bồng nền của sàn giảm từ 134 mm xuống 95 mm. Có thể thấy từ các phương án chống giữ khác nhau rằng khi cường độ chống giữ của vách và hai bên tăng lên, phạm vi biến dạng đá xung quanh giảm dần và độ bồng nền của trụ cũng đã được kiểm soát hiệu quả, cho thấy rằng việc chống giữ vách và hai bên được tăng cường có ích cho việc kiểm soát độ bồng nền của trụ. Khi cường độ chống giữ tiếp tục tăng từ phương án 3 đến phương án 4, mức giảm biến dạng và dịch chuyển của đường lò là nhỏ. Do đó, thông qua phân tích so sánh, xem xét các yếu tố như hiệu quả chống giữ, lợi ích kinh tế và thi công thuận tiện, phương án chống giữ 3 được áp dụng cho lò thông gió hồi lưu tập trung.

5.3. Sơ đồ thiết kế chống giữ lò dọc vỉa

Dựa trên các điều kiện địa cơ học của các loại đá xung quanh lò dọc vỉa, thông qua nghiên cứu mô phỏng số ở trên, xác định được rằng đường thông gió hồi lưu tập trung được chống giữ bởi “phun lưới neo” có cường độ cao và lực siết chặt trước cao. Mặt cắt chống giữ lò dọc vỉa được thể hiện

trong Hình 4 và các thông số thiết kế chống giữ cụ thể như sau:

Tiết diện đào của đường thông gió hồi lưu tập trung là hình chữ nhật, chiều rộng $\times$ chiều cao của tiết diện đào là 5,3 m $\times$ 3,3 m và chiều rộng $\times$ chiều cao của mặt cắt lưới là 5,0 m $\times$ 3,0 m. Áp dụng phương pháp chống giữ chủ động “phun lưới neo” có cường độ cao và lực siết chặt trước cao. Mỗi hàng vách được bố trí sáu neo cốt thép có $\Phi 20$ mm, L2200 mm và cường độ chịu kéo là 500 MPa và khoảng cách giữa các hàng là 900 $\times$ 1000 mm. Vách được trang bị lưới kim loại lực giác 5300 mm $\times$ 1100 mm và dải thép W cường độ cao 320 mm $\times$ 5200 mm $\times$ 4,5 mm. Mỗi hàng vách sử dụng ba cáp neo cường độ cao $\Phi 21,8$ mm và L6300 mm với khay cường độ cao hình vòm có thể điều chỉnh 300 mm $\times$ 300 mm $\times$ 14 mm và khoảng cách giữa các cáp neo là 1600 $\times$ 2000 mm. Sáu neo cốt thép $\Phi 20$ mm, L2200 mm, cường độ chịu kéo 500 MPa được bố trí ở mỗi hàng của hông lò. Khoảng cách giữa các hàng là 1100 $\times$ 1000 mm, với lưới kim loại 3600 $\times$ 1100 mm và dải thép W cường độ cao 320 mm $\times$ 400 mm $\times$ 4,5 mm. Vách và hai bên của lò được neo bằng 2 tuýp chất neo nhựa MSK2355, và mô men xoắn trước tải là 300 N.m. Cáp neo vách được neo bằng 3 tuýp chất neo nhựa MSK2355, và lực siết trước của cáp neo là 200 kN. Sau cáp neo chống giữ, bê tông phun C25 được sử dụng để chống giữ bằng bê tông phun, và độ dày bê tông phun là 150 mm.

6. Phân tích hiệu ứng chống giữ

Ứng dụng thực địa được thực hiện bằng cách sử dụng sơ đồ thiết kế chống giữ của lò thông gió hồi lưu tập trung của vỉa than số 2, và sự dịch chuyển bề mặt và sự tách vách của đường lò đã được quan sát.

Ứng dụng thực địa được thực hiện bằng cách sử dụng sơ đồ thiết kế chống giữ của lò thông gió hồi lưu tập trung của vỉa than số 2, và sự dịch chuyển bề mặt và sự tách vách của đường lò đã được quan sát.

"Phương pháp đo chéo" đã được sử dụng để quan sát sự dịch chuyển bề mặt của đường lò. Máy đo khoảng cách laser được

sử dụng để đo khoảng cách giữa vách và trụ của đường lò và hai bên hông lò, và kết quả đọc chính xác đến 1 mm. Sau đào lò, khi biến dạng đường lò nhanh, quan sát 3 đến 5 lần một tuần. Sau khi biến dạng đường lò có xu hướng ổn định, quan sát 1 đến 2 lần một tuần. Kết quả quan sát cho thấy biến dạng của lò thông gió hồi lưu tập trung là nhỏ sau khi chống giữ cáp neo cường độ cao và lực siết chặt trước cao, và nó có xu hướng ổn định sau 25 - 30 ngày sau khi đào lò. Độ lún của vách là 50 - 70 mm, độ dịch chuyển tương đối của hai bên hông là 100 - 120 mm và độ bùng nèn của trụ là 60 - 70 mm.

“Dụng cụ đo tách vách” được sử dụng để quan sát sự tách vách của đường lò. Độ sâu dịch chuyển của điểm gốc sâu của dụng cụ đo tách là 7 m và độ sâu dịch chuyển của điểm gốc nông là 2 m. Khoảng cách lắp đặt dụng cụ đo tách vách không quá 50 m. Dụng cụ đo tách vách được lắp đặt kịp thời với đào lò để đảm bảo có thể đo tách vách bất cứ lúc nào. Kết quả quan sát cho thấy sau khi biến dạng vách ổn định, khoảng tách vách của mặt đường lò nhỏ và tổng lượng tách là 35 mm, cho thấy độ ổn định của đá xung quanh mặt đường lò tốt và sơ đồ có thể kiểm soát hiệu quả sự biến dạng của đá xung quanh.

7. Kết luận

1) Lò thông gió hồi lưu tập trung là lò dọc vỉa được đào dọc theo vỉa than số 2. Hai bên hông lò thông gió hồi lưu tập trung vỉa than số 2 yếu. Vách chủ yếu được cấu tạo từ lớp đá cứng trung bình 20 - 40 MPa và cát kết pha sét yếu dưới 20 MPa ngoại trừ một phần nhỏ cát kết cứng.

2) Đối với vỉa than yếu, bản chất của công nghệ chống giữ bằng vì neo là đảm bảo lực chống giữ ban đầu cao và khả năng tăng cường sức chịu lực hiệu quả. Kết hợp với công nghệ chống giữ đường lò hiện đại, nguyên lý thiết kế chống giữ bằng vì neo trong đường thông gió hồi lưu tập trung của vỉa than số 2 được đưa ra: sử dụng hệ thống chống giữ bằng vì neo và cáp neo cường độ cao; áp dụng chống giữ tải trước cao và độ cứng cao để phát huy hết khả năng chịu lực của đá xung quanh. Chống giữ gia cố cáp

neo dự ứng lực trước cao.

3) Sau khi triển khai chống giữ cường độ cao và dự ứng lực trước cao trong đường thông gió hồi lưu tập trung, biến dạng của đường lò được kiểm soát hiệu quả và sơ đồ chống giữ có thể đáp ứng các yêu cầu về an toàn sản xuất.

Mặc dù bài báo này đã nghiên cứu sơ bộ công nghệ chống giữ bằng vì neo tại lò dọc vỉa trong vỉa than mềm, có ý nghĩa hướng dẫn nhất định cho kỹ thuật thực tế, nhưng nội dung nghiên cứu chưa toàn diện và một số công việc vẫn cần được thảo luận thêm:

1) Trong nghiên cứu điển hình về ứng dụng kỹ thuật lò dọc vỉa, có thể lựa chọn các tuyến đường điển hình có các điều kiện địa chất khác nhau để thiết kế và ứng dụng chống giữ nhằm có được nhiều kỹ thuật chống giữ hơn.

2) Trong thiết kế sơ đồ chống giữ, vẫn còn chỗ để cải thiện sơ đồ chống giữ được đề xuất trong bài báo này. Do đó, đề cải thiện hơn nữa hiệu quả chống giữ của sơ đồ chống giữ bằng vì neo trong đường lò với đá mềm, cần phải tối ưu hóa cấu trúc chống giữ.

Tài liệu tham khảo

1. Mai Hoa, Đào chống lò bằng vì neo nhiều ưu điểm nổi trội, <https://congngiepmoitruong.vn/dao-chong-lo-bang-vi-neo-nhieu-uu-diem-noi-troi-5206.html>.

2. Tập đoàn TKV: Hội nghị về chống lò bằng vì neo và sử dụng tấm nhựa trong đào lò, khai thác than hầm lò, <https://imsat.vn/?p=113501>.

3. Haifeng Lin, Study of Soft Rock Roadway Support Technique, *Procedia Engineering*, Volume 26, 2011, Pages 321-326; <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2174>.

4. Ma, X.Y., Zhou, W.Z., Zhao, S., Jiang, M.X. and Yu, Z.H. (2023) Research on Bolt Support Technology in Soft Coal Seam Roadway. *World Journal of Engineering and Technology*, 11, 370-380. <https://doi.org/10.4236/wjet.2023.112026>.

Công nghệ đào và chống lò ở vùng đất đá yếu bị phá hủy do kiến tạo

>> **KS. Trần Tiến Huệ**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

Tóm tắt: Sự hiện diện của các vùng đất đá yếu và bị phá hủy do kiến tạo làm giảm tốc độ đào lò và sự an toàn của việc tiến hành công tác mỏ. Các vùng như vậy thường bị giới hạn bởi các phá hủy theo chiều thẳng đứng và gần thẳng đứng góp phần làm yếu và mất tính ổn định của khối đá và quặng. Trạng thái tự nhiên bị phá hủy, đặc biệt là do quá trình khai thác mỏ, gây ra các biến dạng do sự phân bố lại và tập trung ứng suất vào khối đá ranh giới cứng hơn. Hơn nữa, trong khối đá của chính vùng kiến tạo, các ứng suất đáng kể do sự sụp đổ của nó không được hình thành. Do đó, khi triển khai các giải pháp để đào và chống các đường lò trong vùng kiến tạo, khối đá nên được coi là yếu và bị nghiền vỡ mạnh với các khối cấu trúc rời rạc. Thành phần cỡ hạt của khối đá của vùng kiến tạo thay đổi trong phạm vi rộng - từ vài đến hàng chục cm. Bài báo này nghiên cứu các đặc điểm vật lý và cơ học của trạng thái ứng suất-biến dạng của khối đá thuộc vùng đất đá yếu do phá hủy kiến tạo và các đá vây quanh ở ranh giới và trên cơ sở này, đề xuất công nghệ đào và chống lò.

Abstract: The presence of weak and tectonically damaged rock zones is accompanied by a decrease in the speed of heading and the safety of mining operations. Such zones are often limited by vertical and near-vertical damage that contributes to the weakening and instability of the rock and ore mass. The natural state of damage, especially due to mining processes, causes deformations due to the redistribution and concentration of stresses in the harder boundary rock mass. Moreover, in the rock mass of the tectonic zone itself, significant stresses due to its collapse are not formed. Therefore, when implementing solutions for excavation and support of tunnels in the tectonic zone, the rock mass should be considered weak and highly crushed with discrete structural blocks. The grain size composition of the rock mass of the tectonic zone varies in a wide range - from several to tens of centimeters. This paper studies the physical and mechanical characteristics of the stress-strain state of rock masses in weak soil and rock areas due to tectonic destruction and surrounding rocks at the boundary and on this basis, proposes the technology of excavation and tunnel support.

1. Mở đầu

Thuật ngữ "vùng đất đá yếu" đã trở nên phổ biến và được sử dụng rộng rãi trong địa chất, khai thác mỏ, cơ học địa chất, kiến tạo, địa động lực học và địa chấn học. Người ta biết rằng trong quá trình khai thác hầm lò, các vùng đất đá yếu được phát hiện trong các hoạt động khai thác mỏ, nơi khối đá dịch chuyển hoặc gần như ổn định. Các khu vực riêng lẻ của khối đá tại các giao điểm của các vùng dịch chuyển với các hoạt động khai thác mỏ trở nên thấm và không ổn định. Sự xuất hiện của các vết nứt là do các loại ứng suất khác nhau phát sinh trong quá trình chuyển động của lớp vỏ trái đất.

Các vùng đất đá yếu có thể bao gồm:

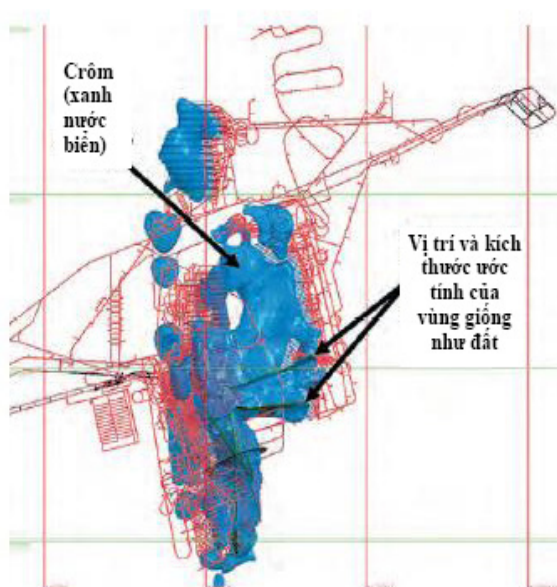
- Vùng bị phá hủy do kiến tạo,
- Vùng đứt gãy phân tách gần như song

song,

- Vùng nứt nẻ,
- Nút giao cắt của các đứt gãy,
- Nút giao cắt của các nứt nẻ,
- Vùng giải nén của đá và đất,
- Vùng giãn nở,
- Vùng chịu ảnh hưởng của các đứt gãy gây ra giải nén và sụt lún đất bên trên, thường đóng vai trò là nền tảng hỗ trợ của nhiều vật thể khác nhau,

- Vùng khối đá di động, bán ổn định, không ổn định, v.v.

Vấn đề đào và chống lò trong các vùng đất đá yếu do kiến tạo (gọi tắt là vùng đất đá yếu) là nhiệm vụ khoa học và thực tiễn mang tính thời sự nhằm đảm bảo an toàn trong quá trình khai thác trong các loại đá bị phá hủy và không ổn định.



Hình 1. Vị trí các vùng đất đá yếu do kiến tạo

Dựa trên các đặc điểm địa cấu trúc tự nhiên của các vùng đất đá yếu được xem xét, việc lựa chọn công nghệ đào và loại vỉ chống cần tính đến các yếu tố sau:

- Sự sụp đổ nghiêm trọng của gương lò và vách lò sau khi đào lò;
- Duy trì tính ổn định của khối đá mở trong thời gian ngắn (dưới 4 giờ);
- Các thành phần cấu trúc của kết cấu chống phải chịu tải trọng từ trọng lượng của khối đá bị sụp đổ.

Để tìm hiểu công nghệ đào và chống lò ở vùng đất đá yếu do kiến tạo, bài báo tìm hiểu công trình nghiên cứu về công nghệ này tại vùng đất đá bị phá hủy do kiến tạo trong các thân quặng của mỏ “Decades of Independence” của Kazakhstan (Khomtau, Kazakhstan). Trong Hình 1, các vùng bị giới hạn bởi các phá hủy thẳng đứng và gần thẳng đứng góp phần làm yếu đi và mất tính ổn định của khối đá và quặng.

Bảng 1. Các thông số thiết kế của vỉ chống kết hợp nhiều cấp

Cấu kiện vỉ chống	Thông số kỹ thuật	Khuyến nghị quy cách lắp đặt, kích thước
Neo ma sát	Cường độ liên kết 0,120 MN trên mét Khả năng chống biến dạng 0,120 MN	Khoảng cách neo 0,3 m, chiều dài 3,0 m Độ dốc hướng lên theo góc 10-15°
Lưới thép	4 thanh cốt thép #140 Đường kính cốt thép: 20 mm	Khoảng cách 1,0 m
Bê tông phun cốt sợi - chu kỳ 1	Cường độ nén 35 MPa Hệ số hấp thụ năng lượng RDP sau 28 ngày - 450 J	Đối với hông và vách lò 50 mm (tối thiểu) Đối với chống gương lò 25 mm (tối thiểu)
Lưới hàn	Đường kính 8 mm	Để gia cố hông và vách lò Khoảng cách giữa các ô vuông 0,1 m
Neo ma sát	SS46 Khả năng chống biến dạng 0,120 MN	Đối với hông và vách lò Theo lưới ô vuông 1,0 m x 1,0 m, chiều dài 3,0 m
Neo cáp	Φ17,8 mm Khả năng chống biến dạng 0,305 MN	Theo lưới ô vuông 1,0 m x 1,0 m, chiều dài 6,0 m Lắp đặt ở độ cao 1 m so với mặt đất, buộc vào lưới thép
Bê tông phun cốt sợi - chu kỳ 2	Cường độ nén 35 MPa Hệ số hấp thụ năng lượng RDP sau 28 ngày - 450 J	Đối với hông và vách lò - 100 mm (tối thiểu)

2. Công nghệ đào và chống lò trong vùng đất đá yếu

Dựa trên phân tích các đặc điểm địa chất của khối và các giả định được chấp nhận, công nghệ chống lò kết hợp nhiều cấp đã được phát triển để đảm bảo tính ổn định của khối đất không gắn kết, nứt nẻ mạnh. Loại và thành phần của các cấu kiện vì chống kết hợp được trình bày trong Bảng 1.

Công nghệ và kết cấu được thiết kế của loại vì chống này có liên quan đến chu trình công nghệ đào lò và bao gồm chuỗi các hoạt động và quy trình sau. Đầu tiên, một lỗ khoan thăm dò được khoan đến độ sâu ít nhất 15 m trước khi giao cắt với vùng đất đá yếu. Công tác khoan thăm dò được thực hiện để nghiên cứu và làm rõ các điều kiện địa chất trước khi bắt đầu các hoạt động đào lò. Ở giai đoạn thứ hai, thực hiện việc gia cố trực tiếp, bắt đầu ít nhất 5 m trước khi giao cắt với đất đá của vùng đất đá yếu về mặt kiến tạo (khoảng cách đến ranh giới vùng được xác định bằng cách khoan thăm dò). Việc gia cố được thực hiện theo từng cấp độ theo trình tự sau:

- Lắp đặt neo ma sát (SS46) dài 3,0 m theo góc hướng lên trên 10-15°, là khoảng gia cố vượt trước;

- Lắp đặt lưới thép trực tiếp tại mặt gương lò để sau đó cố định dây cáp;

- Tiến gương lò cỡ 1 m trong khối đá bờ rời của vùng kiến tạo;

- Phun một lớp bê tông phun cốt sợi dày ít nhất 25 mm trên mặt gương lò và ít nhất 50 mm trên vách lò và hai bên hông đường lò để ngăn khối đá vỡ vụn. Nếu cần, loại gương lò này được thực hiện theo từng giai đoạn trong quá trình vệ sinh gương lò;

- Lắp lưới hàn trên vách lò và hai bên hông bằng bu lông kẹp vào neo ma sát SS46;

- Lắp neo cáp ở hai bên hông và vách lò, được buộc vào các lưới thép đã lắp đặt trước đó, cách gương làm việc 1,0 m;

- Phun một lớp bê tông phun cốt sợi dày 100 mm để cách nhiệt đầu neo, lưới hàn, lưới thép.

Sau đó, lặp lại chu trình đào lò. Sự khác biệt chính so với các phương pháp đào và chống lò hiện nay là sự hiện diện của các lưới thép, được lắp đặt với khoảng cách 1,0

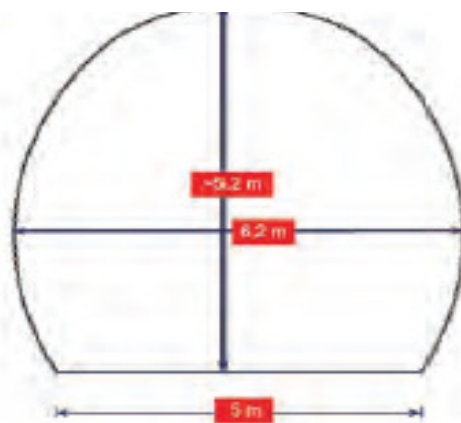
m khi gương lò tiến gương. Phương pháp chống lò được trình bày tiếp tục ở khoảng cách 5 m sau khi rời khỏi vùng kiến tạo yếu.

Các đặc điểm hoạt động cần thiết của phương pháp chống lò được thiết kế đạt được bằng cách tuân thủ nghiêm ngặt trình tự các bước trên với việc theo dõi thường xuyên tình trạng của khối đất đá phía trên. Khi áp dụng đào và chống bằng công nghệ này, một số yêu cầu và khuyến nghị nhất định được hình thành:

1. Khi đào các đường lò dọc vỉa song song, để duy trì tính ổn định của trụ bảo vệ giữa các đường lò, cần theo dõi thêm các biến dạng của khối đất đá mỏ và tăng cường chống lò ở vùng đất đá yếu do kiến tạo.

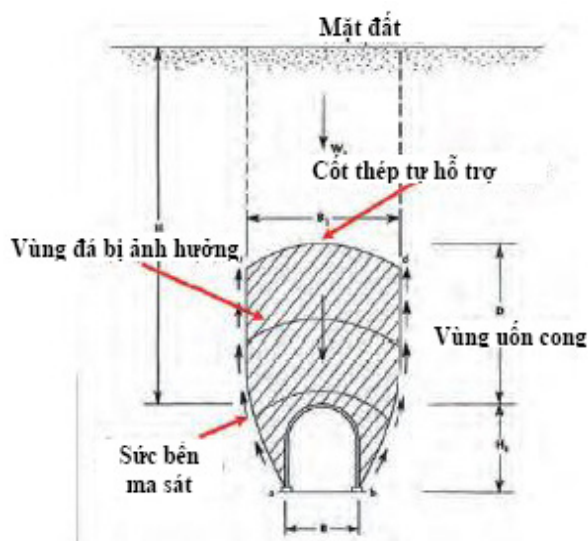
2. Đào và chống lò của vùng kiến tạo yếu làm giảm cường độ gương lò chuẩn bị, điều này cần được tính đến khi lập lịch tổ chức gương lò.

Dựa trên các đặc điểm vật lý và cơ học của khối đá tạo nên vùng kiến tạo yếu, có khả năng cao là đá rời rạc không kết dính ở vách lò và hai bên của công trình ngay cả sau khi đã được đóng và hỗ trợ. Về vấn đề này, sự hỗ trợ phải đảm bảo tính ổn định của gương lò dưới tải trọng tĩnh từ các tầng đá nằm phía trên. Tải trọng tĩnh trên gương lò được tính toán bằng giả thuyết Terzaghi, theo đó, trong các đường lò ở độ sâu đáng kể trong khối đất đá yếu, cường độ tải trọng trên vách lò được ước tính theo độ sâu của ảnh hưởng neo, được xác định bởi danghinh học của đường lò.



Hình 2. Hình dạng đường lò được khuyến nghị

Nguyên tắc ảnh hưởng neo nằm ở khả năng của khối đất đá yếu chuyển sang trạng thái tự chống ở độ cao nhất định phía trên đường lò do lực ma sát tác động dọc theo ranh giới của các đất đá (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ tính toán tải trọng lên vì chống

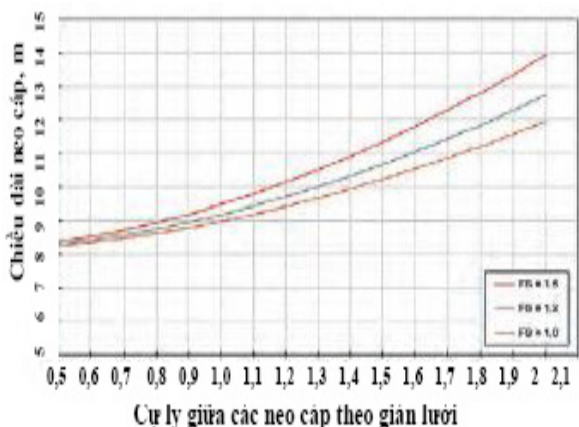
Theo nghĩa vật lý, nguyên tắc xác định khả năng của đất đá phía trên đường lò truyền trọng lượng của chúng sang các đất đá ở cả hai bên hông của đường lò. Tiêu chí để tính toán lựa chọn các kết cấu chống ở các vùng đất đá yếu là khả năng chống đỡ để giữ đất đá phía trên bị phá vỡ cấu trúc ban đầu do công tác khai đào với hệ số an toàn là 1,5.

Có tính đến kết quả đánh giá tải trọng thực hiện bằng giả thuyết Terzaghi, các thành phần cấu trúc sau đây của hệ thống neo nhiều cấp được khuyến nghị sử dụng:

1. Neo cấp đơn và neo ma sát loại SS46;
2. Bê tông phun cốt sợi với các thông số sau:
 - Cường độ nén 8 giờ - 5 MPa;
 - Cường độ nén 28 ngày - 35 MPa;
 - Hệ số hấp thụ năng lượng RDP cho ngày thứ 28 - 450 J;
3. Lưới hàn có đường kính 8 mm;
4. Lưới thép - 4 thanh cốt thép số 140 có đường kính 20 mm.

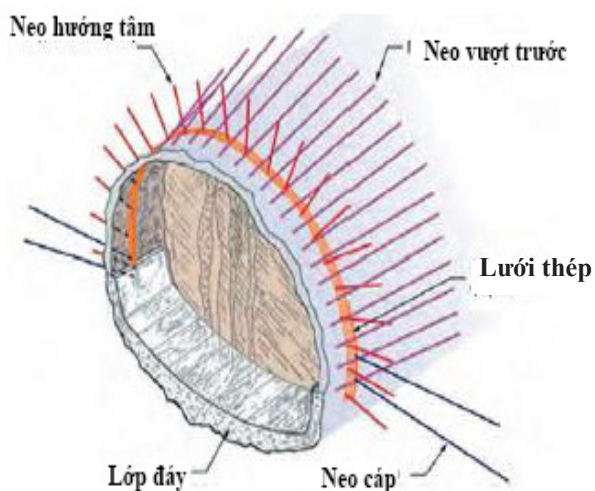
Dựa trên kết quả lập mô hình, chiều cao của vật liệu bờ rời được tính toán có tính đến

hệ số điều chỉnh H_p ult bằng 0,73 và cao hơn 8 m so với đường lò dọc vỉa vận tải. Đối với độ sâu bờ rời 8 mét, cần có neo cấp dài 9,5 m với khoảng cách 1,0 m trên lưới vuông với hệ số an toàn yêu cầu là 1,5. Tính toán tóm tắt về các thông số gia cố được đưa ra dưới dạng biểu đồ trong Hình 4.



Hình 4. Sự phụ thuộc của chiều dài cần thiết của neo cấp vào lưới lắp đặt

Dự kiến sử dụng biện pháp gia cố nâng cao khối đất đá vây quanh bằng cách lắp đặt thêm neo ma sát xuyên tâm (Hình 5), sau đó phun bê tông cốt sợi để giảm nguy cơ phá vỡ tính ổn định của các đường lò.



Hình 5. Sơ đồ vì chống vượt trước

Bảng 2. Vị trí kiểm soát chất lượng kết cấu vì chống trong quá trình khai thác ở các vùng đất đá yếu và bị phá hủy

Nội dung đánh giá chất lượng	Biện pháp kiểm soát chất lượng
Kiểm tra việc chống neo	Kiểm tra trực quan hệ thống vì chống đã lắp đặt và độ sâu của chu kỳ đào, kiểm tra tính chính xác của việc thực hiện các khuyến nghị về lắp đặt hệ thống vì chống và đào
Sụp đổ ở khu vực xung quanh	Giám sát các đường lò không được chống trong quá trình đào và dọn sạch gương lò, cũng như trước và trong quá trình lắp đặt hệ thống vì chống để xác định hình dạng của các đường lò đã đào và mức độ sụp đổ hoặc các chỉ số của vùng kiến tạo
Chất lượng lắp đặt vì chống	Thử nghiệm kéo neo đã lắp đặt Thử nghiệm bê tông phun Giám sát sau khi phun bê tông để so sánh với bề mặt không được gia cố và đánh giá độ dày của lớp bê tông phun đã đổ

3. Kiểm soát chất lượng đào và chống lò

Sau khi đào lò và lắp đặt kết cấu chống trong vùng đất đá yếu do kiến tạo, thường xuyên theo dõi chất lượng lắp đặt kết cấu chống và xác định sự phù hợp của các thông số của kết cấu chống và hình dạng của các đường lò. Các nội dung để kiểm soát chất lượng được đưa ra trong Bảng 2.

4. Kết luận

Tóm lại, cần lưu ý rằng trong vấn đề quản lý tối ưu quá trình đào lò trong điều kiện khai thác và kiến tạo phức tạp, cần phải tính đến các biện pháp tổng quát nêu trên:

- Cho phép thay đổi hình dạng của các đường lò thành mặt cong hoàn chỉnh;
- Sử dụng vì chống vượt trước bắt buộc;
- Tốc độ tiến gương một lần nổ mìn không quá 1,0 m;
- Bắt buộc áp dụng bê tông phun cốt sợi bằng cách phun bê tông;
- Để ngăn ngừa vật liệu rơi vãi, cần xem xét chống gương lò bằng cách phun một lớp bê tông phun cốt sợi dày 25 mm trong mỗi chu kỳ đào lò;
- Đề xuất lắp đặt lưới thép sau mỗi 1,0 m.

Tài liệu tham khảo

1. Гусельцев А.С. Определение ослабленных зон с позиций инженерной геологии и гидрогеологии. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2023;65(4):89-96. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-4-89-96>.
2. Oleksandr Krukovskiy et al; The use of steel and injection rock bolts to support mine workings when crossing tectonic faults, 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1156 012024.
3. Nasyrov R.Sh., Tretyak A.V., Neugomonov S.S., Mazhitov A.M. Developing a technology of driving and supporting mine workings in tectonically weakened rock zones. Russian Mining Industry. 2024;(3):126-130. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-3-126-130>.

Tự động hóa và rô-bốt hóa các công tác mỏ lộ thiên

>> ThS. Phạm Xuân Tráng, KS. Trần Tiến Huệ,

Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin

Tóm tắt: Quá trình chuyển đổi số của các doanh nghiệp khai thác mỏ trên thế giới là chặng đường dài. Các giai đoạn phát triển của quá trình này diễn ra cùng với sự phát triển của các công nghệ lõi đại diện cho các trụ cột của chuyển đổi số (DT) trong ngành mỏ như: Tự động hóa, Robot và Hoạt động từ xa; Internet vạn vật (IoT), Cảm biến thông minh/Thu thập dữ liệu thời gian thực IoT; Phân tích, Trí tuệ nhân tạo (AI)/Học máy (ML); Bản sao kỹ thuật số. Bài báo nghiên cứu kinh nghiệm của Công ty VIST Group, Nga trong việc tự động hoá và rô-bốt hoá các công tác mỏ lộ thiên để hiểu cách thức tích hợp các công nghệ kỹ thuật số vào ứng dụng thực tế chuyển đổi số ngành mỏ.

Abstract: The digital transformation process of mining enterprises in the world is a long journey. The development stages of this process take place along with the development of core technologies representing the pillars of DT in the mining industry such as: Automation, Robotics and Remote Operations; Internet of Things (IoT), Smart Sensors/Real-time Data Collection IoT; Analytics, Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML); Digital Twin. The article studies the experience of VIST Group Company in automating and robotizing open-pit mining operations to understand how to integrate digital technologies into practical applications of digital transformation in the mining industry.

1. Mở đầu

Chuyển đổi số (Digital Transformation - DT) trong ngành mỏ là một quá trình thay đổi theo chiều ngang trên toàn bộ chuỗi giá trị của ngành mỏ, từ thăm dò đến sản xuất các sản phẩm cuối cùng, thương mại hóa chúng và đóng cửa mỏ. Có thể xác định một tập hợp các công nghệ lõi đại diện cho các trụ cột của DT trong ngành mỏ như: Tự động hóa, Robot và Hoạt động từ xa; Internet vạn vật (IoT), Cảm biến thông minh/Thu thập dữ liệu thời gian thực IoT; Phân tích, Trí tuệ nhân tạo (AI)/Học máy (ML); Bản sao kỹ thuật số. Thực tế cho thấy, các giai đoạn chuyển đổi số của các doanh nghiệp khai thác mỏ trên thế giới là chặng đường dài. Vấn đề là ở chỗ các công nghệ kỹ thuật số nói trên không được áp dụng một cách đơn lẻ mà được tích hợp trong các ứng dụng để đáp ứng nhu cầu thực tế của ngành mỏ. Để có thể hiểu rõ hơn cách mà các công nghệ kỹ thuật số được sử dụng trong thực tế, dưới đây sẽ xem xét ứng dụng tự động hoá, rô-bốt hoá cho mỏ lộ thiên của Công ty VIST

Group sử dụng các công nghệ kỹ thuật số ở trên.

Hoạt động chính của Công ty VIST Group (công ty con của Tập đoàn TSIFRA, LB Nga) là tạo ra các hệ thống thông tin để quản lý doanh nghiệp khai thác mỏ. Kinh nghiệm của Công ty tích lũy trong hơn 30 năm tại các doanh nghiệp khai thác mỏ lớn nhất thế giới đã giúp hình thành các giải pháp toàn diện để nâng cao hiệu quả và an toàn của doanh nghiệp. Có thể nói rằng trong những thập kỷ gần đây, Công ty VIST Group đã tham gia vào quá trình chuyển đổi số của các doanh nghiệp khai thác mỏ, tức là thay đổi phương pháp quản lý doanh nghiệp ở mọi giai đoạn tạo ra giá trị trong hoạt động kinh doanh cốt lõi của mình thông qua việc sử dụng các công nghệ thông tin hiện đại. Thuật ngữ "chuyển đổi số" chỉ mới xuất hiện phổ biến trong những năm gần đây và ngày nay, nhà nước và xã hội đang ngày càng quan tâm đến các vấn đề chuyển đổi số, kinh tế số và số hóa doanh nghiệp. Nhưng lý do thực sự khiến Công ty chú trọng đến chuyển đổi số

như vậy là gì và liệu đó có phải chỉ là chạy theo trào lưu đổi mới không? Các quy trình chuyển đổi số trong thực tế khách quan và cần thiết như thế nào? Nhiều nhà phân tích tin rằng chuyển đổi số được coi là cơ hội để nắm bắt thị trường mới, là cơ hội để tối ưu hóa các quy trình kinh doanh nội bộ và giảm đáng kể chi phí. Điều này cũng được chứng minh bằng nhiều năm kinh nghiệm của Công ty trong việc triển khai các hệ thống quản lý khai thác lộ thiên tại các doanh nghiệp khai thác mỏ của Nga.

2. Các giải pháp chuyển đổi số ở mỏ lộ thiên

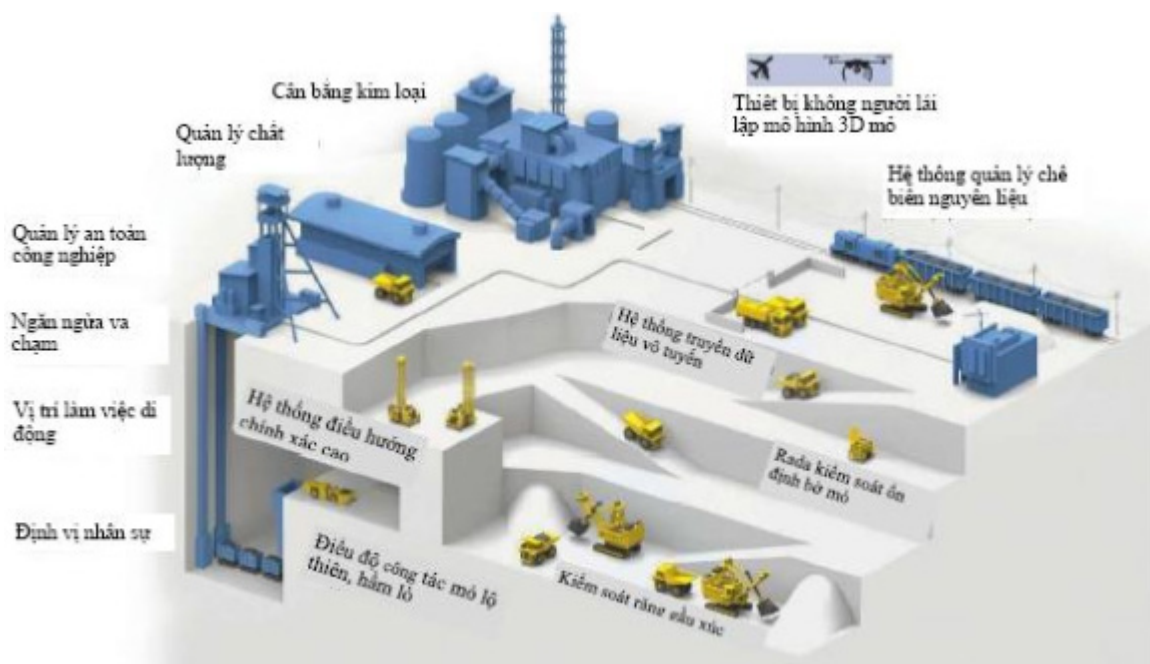
Khi nói về các quy trình chuyển đổi số trong ngành mỏ, là muốn nói đến mục tiêu cuối cùng là tạo ra một doanh nghiệp khai thác mỏ kỹ thuật số. Trong sơ đồ được trình bày (Hình 1), có thể thấy nhiều thành phần phần mềm và phần cứng cũng như công nghệ sản xuất khai thác mỏ kỹ thuật số: điều phối khai thác lộ thiên và hầm lò, hệ thống truyền dữ liệu không dây, máy bay không người lái để xây dựng mô hình mỏ kỹ thuật số, hệ thống định vị nhân sự, hệ thống định vị có độ chính xác cao, hệ thống RADAR để dự đoán độ ổn định bờ mỏ, hệ thống lập kế hoạch khai thác, hệ thống quản lý an toàn

công nghiệp và các hệ thống kỹ thuật số khác.

Hệ thống quản lý hiện đại (điều độ, điều phối) phức hợp khai thác mỏ và vận chuyển chiếm vị trí trung tâm của doanh nghiệp khai thác mỏ kỹ thuật số. Các hệ thống này hợp nhất, tích hợp tất cả các hệ thống khai thác mỏ lộ thiên kỹ thuật số và phần lớn quyết định hiệu quả và mức độ an toàn công nghiệp của sản xuất khai thác mỏ.

Công ty VIST đã phát triển và bắt đầu triển khai Hệ thống tự động hóa quản lý cho các tổ hợp khai thác và vận chuyển của mỏ lộ thiên (Автоматизированные системы управления горно-транспортным комплексом - ACS GTK) có tên "KARYER" (mỏ lộ thiên) (Hình 2) tại các doanh nghiệp khai thác mỏ vào cuối những năm 1990, và hiện nay nó được sử dụng tại hàng chục mỏ than và mỏ quặng của tất cả các loại khoáng sản rắn.

Hệ thống "KARYER" là ví dụ cho thấy cách các quy trình chuyển đổi số của một doanh nghiệp khai thác mỏ đã phát triển trong những thập kỷ qua. Giai đoạn quan trọng của quá trình chuyển đổi số bắt đầu vào đầu những năm 1990. Trong giai đoạn này, các công nghệ định vị vệ tinh trước đây



Hình 1. Doanh nghiệp khai thác mỏ kỹ thuật số



Hình 2. Cấu trúc của ACS GTK "QUARRY"

được phát triển cho mục đích quân sự bắt đầu được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp, bao gồm cả khai thác mỏ.

Đồng thời, vào những năm 1990, các công nghệ GIS để xây dựng mô hình 3 chiều của mỏ khoáng sản bắt đầu phát triển nhanh chóng. Quá trình chuyển đổi số của doanh nghiệp khai thác mỏ vào thời điểm đó gắn liền với sự xuất hiện của các hệ thống đầu tiên để điều phối thiết bị khai thác mỏ và vận chuyển trong các mỏ lộ thiên, lập mô hình địa chất và hệ thống lập kế hoạch khai thác mỏ. Hơn nữa, các quy trình chuyển đổi số trong những thập kỷ qua đã bám sát theo sự phát triển của công nghệ định vị vệ tinh, viễn thông, công nghệ máy tính, cảm biến và điện tử vô tuyến. Khi chúng phát triển, các quy trình chuyển đổi số đã bao phủ một phạm vi ngày càng tăng các nhiệm vụ sản xuất khai thác mỏ ở cấp độ thiết bị riêng lẻ, doanh nghiệp và công ty quản lý, và các giải pháp số của Tập đoàn VIST và các mô-đun chức năng của hệ thống KARYER đã chuyển từ các nhiệm vụ đơn giản nhất là chẩn đoán và kiểm soát hoạt động của thiết bị khai thác mỏ, giám sát, kế toán, thống kê sang tối ưu

hóa và hệ thống quản lý hiện đại thông minh bằng rô-bốt. ACS GTK KARYER cũng dần dần chuyển đổi và ngày càng có được các đặc tính của hệ thống quản lý an toàn công nghiệp và khai thác lộ thiên tích hợp (ACS OGr và PB) (Hình 3).

Nguyên nhân của sự phát triển nhanh chóng của quá trình chuyển đổi số phải là do tính khả thi về mặt kinh tế của các quy trình số hóa, điều này ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả và mức độ an toàn công nghiệp của các doanh nghiệp khai thác mỏ. Tính khả thi đó và nhu cầu triển khai các công nghệ quản lý số mới trở nên đặc biệt rõ ràng với sự xuất hiện của những chủ sở hữu và chủ nhân thực sự để quản lý các công ty khai thác mỏ vào cuối những năm 1990 và đầu những năm 2000. Các doanh nghiệp bắt đầu hoạt động theo cách mới, tăng doanh thu và giảm thiểu chi phí. Chỉ bằng cách tiết kiệm nhiên liệu, chi phí triển khai các hệ thống điều độ đầu tiên đã được hoàn vốn trong vài tháng.

3. Các giai đoạn chính của quá trình chuyển đổi số các mỏ lộ thiên



Các hệ thống tự quản trị



Điều phối và an toàn



Xe tự đồ mỏ lộ thiên

Hình 3. Các giải pháp kỹ thuật số của Công ty VIST Group

Có thể xác định một số giai đoạn chính của quá trình chuyển đổi số, tương ứng với mức độ phát triển công nghệ (Hình 4). Mỗi giai đoạn chuyển đổi số đều gắn liền với việc tăng hiệu quả và an toàn công nghiệp. Việc đưa vào sử dụng các cảm biến và hệ thống chẩn đoán và điều khiển tự động đã dẫn đến việc tăng năng suất thiết bị ở các giai đoạn đầu. Ví dụ, hệ thống kiểm soát tải trọng và nhiên liệu do Công ty VIST phát triển vào đầu những năm 2000 và hiện được lắp đặt trên tất cả các xe tự đồ khai thác lộ thiên BELAZ có sức nâng từ 55 tấn trở lên đã giúp tăng năng suất vận chuyển hàng hóa lên 6-8%. Hiện nay, hệ thống này cũng đã trải qua quá trình chuyển đổi và cho phép kiểm soát các thông số như chất lượng đường ô tô, chất lượng lái xe và tình trạng hệ thống treo (bộ phận liên kết khung gầm xe và bánh xe) trên cùng một cơ sở phân cứng, nhờ vào sự phát triển của các thuật toán và phần mềm.

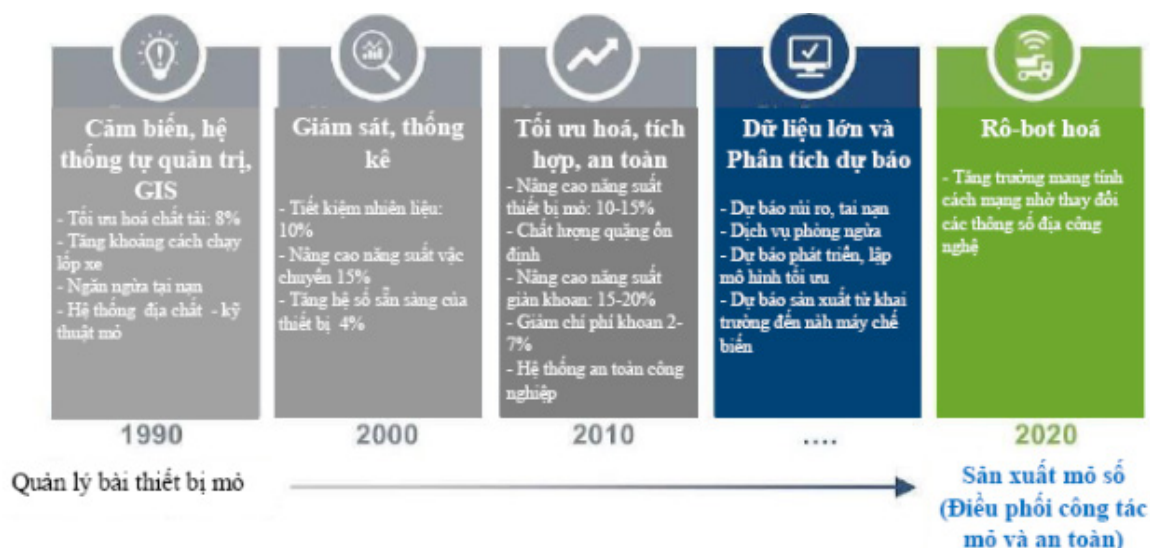
Sự tăng trưởng hơn nữa về năng suất của

thiết bị khai thác mỏ ở giai đoạn đầu của quá trình chuyển đổi số có liên quan đến việc phát triển các phiên bản đầu tiên của ACS GTK "KARYER" dưới dạng hệ thống giám sát và kiểm soát dựa trên công nghệ định vị vệ tinh và liên lạc vô tuyến. Ở giai đoạn chuyển đổi số này, các vấn đề về tích hợp các hệ thống tự động được sử dụng tại doanh nghiệp để lập mô hình địa chất và lập kế hoạch hoạt động khai thác, để phân tích hoạt động sản xuất và tài chính, bảo trì và sửa chữa, v.v. cũng đã được giải quyết. Nếu không có sự tích hợp như vậy, sẽ không thể có tiến triển hơn nữa trên con đường chuyển đổi số. Kết quả là năng suất tổ hợp khai thác mỏ tăng 5-20%, chi phí vận hành giảm 7-10%, hệ số sẵn sàng kỹ thuật tăng 7-10%, chi phí sử dụng nhiên liệu ngoài mục tiêu giảm 15-100%.

Các giai đoạn tiếp theo của quá trình chuyển đổi số liên quan việc triển khai các hệ thống định vị có độ chính xác cao, việc sử dụng các hệ thống này cho phép tăng năng suất của giàn khoan lên 11-25%, tối ưu hóa và tự động hóa các hoạt động khoan nổ mìn.

Ngoài ra, việc sử dụng các hệ thống định vị có độ chính xác cao cho phép giải quyết các vấn đề đa mục tiêu về tối ưu hóa vận chuyển hàng hóa và quản lý chất lượng khoáng sản, giúp tăng năng suất vận chuyển hàng hóa thêm 5-10% và ổn định chất lượng quặng đến nhà máy chế biến. Trong quá trình phát triển các thuật toán để tối ưu hóa vận chuyển hàng hóa, Công ty VIST đã sử dụng các phương pháp Trí tuệ nhân tạo - một trong những công cụ chính của các giai đoạn Chuyển đổi số hiện đại.

Các phương pháp Phân tích dự đoán và Phân tích dữ liệu lớn mà gần đây đã được thảo luận nhiều liên quan đến các chương trình chuyển đổi số, cũng được sử dụng để giải quyết các vấn đề cụ thể về sản xuất khai thác mỏ. Thuật ngữ "Dữ liệu lớn", thường được sử dụng gần đây, sẽ không có ý nghĩa gì nếu không có các giai đoạn chuyển đổi số kéo dài nhiều năm trước có liên quan đến hoạt động và tích lũy dữ liệu của các hệ thống điều phối. Nhờ đó, các phương pháp



Hình 4 Các giai đoạn chuyển đổi số của doanh nghiệp khai thác mỏ

phân tích Dữ liệu lớn và phương pháp Phân tích dự đoán cho phép các giám đốc công ty đưa ra các quyết định chiến lược quan trọng theo thời gian thực dựa trên dữ liệu cụ thể, thay vì các giả định. Theo các nhà phân tích, tiềm năng sử dụng Dữ liệu lớn trong ngành khai thác mỏ và luyện kim đến năm 2025 sẽ lên tới 11 tỷ đô la. Quá trình chuyển đổi sang thiết bị khai thác mỏ bằng rô-bốt và công nghệ không người lái để khai thác khoáng sản đã xuất hiện trong những năm gần đây là một giai đoạn hiện đại của quá trình chuyển đổi số của các doanh nghiệp khai thác mỏ. Quá trình chuyển đổi sang công nghệ không người lái trong khai thác mỏ lộ thiên là không thể nếu không sử dụng kinh nghiệm của tất cả các giai đoạn chuyển đổi số trước đó. Trang bị các tổ hợp khai thác mỏ và vận tải bằng hệ thống quản lý hiện đại là điều kiện tiên quyết để phát triển thành công các công nghệ rô-bốt tại các doanh nghiệp khai thác mỏ.

Tính khả thi của việc sử dụng công nghệ rô-bốt dựa trên các yếu tố về hiệu quả kinh tế và tăng mức độ an toàn khi sử dụng công nghệ không người lái.

Có thể đạt được hiệu quả bằng cách giảm thiểu thời gian chết của thiết bị rô-bốt. Ăn ca, thay ca, nhu cầu cá nhân - tất cả những thời gian chết bắt buộc của thiết bị đều không có

trong trường hợp sử dụng thiết bị khai thác mỏ lộ thiên tự động. Nhiều hoạt động sản xuất khác nhau cũng có thể được tối ưu hóa, ví dụ như việc chất tải và dỡ tải xe tự đổ mỏ lộ thiên. Theo ước tính của các chuyên gia, một xe tự đổ rô-bốt trung bình 130 tấn có thể tăng năng suất lên 16-18%. Tiết kiệm đáng kể và tăng tuổi thọ của thiết bị khai thác mỏ cũng có thể đạt được thông qua việc sử dụng thiết bị "có kiểm soát" hơn, giảm tai nạn và sự cố. Nhưng về lâu dài, có thể đạt được mức tiết kiệm và giảm chi phí sản xuất lớn nhất khi sử dụng thiết bị rô-bốt bằng cách thay đổi các thông số địa công nghệ: góc dốc sườn tầng mỏ lộ thiên, chiều rộng của đường ô tô và các thông số khai thác lộ thiên khác.

Yếu tố an toàn cũng rất quan trọng. Công nghệ không người lái sẽ cho phép các hoạt động khai thác mỏ ở những khu vực có mức độ ô nhiễm khí tăng cao - do tự nhiên và do con người tạo ra (ví dụ, sau một vụ nổ), và đưa công nhân ra khỏi các khu vực khai thác nguy hiểm do các yếu tố địa chất-mỏ và kỹ thuật-mỏ, tạo điều kiện làm việc thoải mái và an toàn và giảm khả năng mắc các bệnh nghề nghiệp. Ngoài hiệu quả và an toàn, các yếu tố xã hội khi sử dụng công nghệ không người lái để khai thác và vận chuyển khoáng sản cũng rất quan trọng, vì khai thác ở những khu vực khó tiếp cận với điều kiện tự nhiên

và khí hậu khắc nghiệt làm phức tạp thêm vấn đề thu hút công nhân có trình độ.

Công nghệ robot đã được phát triển ở các nước trong nhiều năm. Người ta biết rằng rất nhiều tiền được đầu tư vào các nghiên cứu và phát triển này, kết quả mong đợi từ việc triển khai không đạt được ngay lập tức, ví dụ, lúc đầu, hệ số ăn sàng kỹ thuật của xe tự đổ mỏ lộ thiên giảm, năng suất giảm, nhưng các công ty vẫn kiên trì tiếp tục tiến lên và cải tiến công nghệ. Đối với các công ty khai thác mỏ toàn cầu và các nhà sản xuất thiết bị khai thác mỏ, như đã lưu ý ở trên, chuyển đổi số và rô-bốt hóa, như giai đoạn hiện tại của nó, trước hết có nghĩa là chiếm lĩnh thị trường mới, ở mức độ lớn hơn là giải quyết các vấn đề hiện tại về việc tăng hiệu quả hoạt động.

Năm 2010, Công ty VIST Group, cùng với nhà máy BELAZ, đã bắt đầu phát triển các tổ hợp khai thác mỏ và vận chuyển bằng rô-bốt. Năm 2010, Công ty VIST đã thử nghiệm các công nghệ điều khiển từ xa cho xe tự đổ mỏ lộ thiên tại nhà máy, năm 2012-2014, đã thử nghiệm thành công xe tự đổ tự hành 130 tấn tại bãi thử nghiệm và năm 2016-2017 thử nghiệm tổ hợp xếp dỡ và dỡ hàng bằng rô-bốt dựa trên máy xúc lật phía trước BELAZ-78250 và xe tự đổ BELAZ-75137 130 tấn. Và năm 2019, cuối cùng đã bắt đầu các cuộc thử nghiệm công nghiệp đầu tiên về công nghệ không người lái tại mỏ than Abakansky (SUEK-Khakassia). Vào thời điểm này, nhà máy BELAZ đã tạo ra và đưa vào phạm vi mô hình một xe tự đổ mỏ lộ thiên bằng rô-bốt BELAZ-75131R. Các cuộc thử nghiệm tại mỏ Abakansky là trải nghiệm đầu tiên về việc triển khai công nghiệp dự án Khai thác thông minh của các công ty trong nước - SUEK, VIST Group và BELAZ, cung cấp tài chính chung cho công việc thiết kế, tạo cơ sở hạ tầng truyền thông, mua sắm và triển khai kỹ thuật. Tất cả các công ty khai thác mỏ ở Nga và các nhà sản xuất thiết bị khai thác mỏ đều quan tâm đến sự thành công của dự án này: việc triển khai thành công dự án sẽ tạo động lực mạnh mẽ cho sự phát triển đổi mới của ngành. Tuy

nhien, kinh nghiệm cho thấy rằng sự phát triển nhanh chóng của các công nghệ trong nước liên quan đến rô-bốt hóa và điều khiển từ xa các thiết bị khai thác mỏ (dự án Khai thác thông minh) là không thể nếu không có sự tham gia của các cơ chế hợp tác công tư để phát triển các sáng kiến trong ngành khai thác mỏ.

4. Kết luận

Như đã thấy trong nội dung ở trên về các giai đoạn phát triển chuyển đổi số của mỏ lộ thiên, các giai đoạn chuyển đổi số của các doanh nghiệp khai thác mỏ trên thế giới là chặng đường dài. Việc tạo ra sản xuất và doanh nghiệp số là nhu cầu khách quan và hiện thực. Chuyển đổi số và giai đoạn hiện tại của nó - giai đoạn rô-bốt hóa các quá trình khai thác mỏ. Chuyển đổi số là yếu tố quyết định trong việc tăng hiệu quả và an toàn của sản xuất mỏ và khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp trong điều kiện địa chất-mỏ, khai thác và khí hậu ngày càng phức tạp của khai thác mỏ.

Tuy việc phát triển cơ sở hạ tầng kỹ thuật là điều kiện cần nhưng chưa đủ cho quá trình chuyển đổi số của một doanh nghiệp. Giai đoạn phức tạp hơn trong quá trình chuyển đổi của doanh nghiệp là tái cấu trúc tất cả các quy trình tổ chức, phát triển năng lực nhân sự trong việc sử dụng các phương pháp phân tích và tạo dựng lòng tin vào các công nghệ số mới. Sự hỗ trợ của chính phủ chắc chắn sẽ đẩy nhanh tiến độ thực hiện dự án trong lĩnh vực chuyển đổi số và tự động hóa khai thác mỏ, và có thể dẫn đến việc tổ chức các cơ sở thử nghiệm cho các công nghệ số, tài trợ cho các chương trình giáo dục.

Tài liệu tham khảo

1. Sánchez, F., Hartlieb, P. Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation. Mining, Metallurgy & Exploration 37, 1385–1399 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00262>.

2. Клебанов А.Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации // Горная промышленность. - 2020. 1. - С. 8-12.

Những rủi ro an toàn, thách thức công nghệ và biện pháp đối phó trong xây dựng mỏ than thông minh

Nguồn: Jinyan Bai - Tập đoàn Công trình Công nghệ Than Trung Quốc, Bắc Kinh, Trung Quốc; Dezhi Zheng - Viện Nghiên cứu Than Trung Quốc, Trường Chính sách công và Quản lý, Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc, Từ Châu, Giang Tô, Trung Quốc; và Chen Jia - Cục các cơ quan thuộc Bộ Quản lý tình trạng khẩn cấp, Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa, Bắc Kinh, Trung Quốc

>> **CN. Lại Thị Linh Chi**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin (Biên dịch)

Tóm tắt: Hiện nay, việc xây dựng mỏ than thông minh của Trung Quốc vẫn đang trong giai đoạn phát triển cơ bản. Sự phát triển kết hợp thể hệ công nghệ thông tin truyền thông mới và ngành than đang được đẩy nhanh; quá trình chuyển đổi và nâng cấp xanh thông minh của ngành than cũng đang được đẩy mạnh. Với việc đẩy nhanh quá trình xây dựng mỏ than thông minh của Trung Quốc và sự cải thiện liên tục về trình độ thông minh của mỏ than, khả năng tương thích của hệ thống, thu thập thông tin và nghiên cứu thông minh đã nâng cao nhận thức về các rủi ro an toàn khai thác mới. Dựa trên phân tích về quá trình xây dựng thông minh của Trung Quốc, bài báo này mô tả các rủi ro quản lý và kiểm soát an toàn cũng như các thách thức công nghệ mà việc xây dựng mỏ than thông minh của Trung Quốc phải đối mặt về các định mức và tiêu chuẩn, thu thập dữ liệu, hệ thống con và cảm biến đầu cuối, tích hợp đa hệ thống, quản lý rủi ro an toàn và khả năng kiểm soát. Điều quan trọng là phải tận dụng toàn bộ những lợi thế của các nguồn tài nguyên khoa học và công nghệ mỏ than thông minh. Quá trình đổi mới công nghệ và xác minh việc tiếp cận an toàn thiết bị thông minh cũng cần được hỗ trợ nhằm để thúc đẩy sự phát triển mỏ than thông minh đạt chất lượng cao.

Abstract: At present, China's intelligent coal mine construction is still in the primary development stage. The integrated development of a new generation of information and communication technology and the coal industry is accelerating, and this industry's intelligent green transformation and upgrading is being promoted. With the continuous acceleration of China's intelligent coal mine construction and the continuous improvement in the degree of coal mine intelligence, system compatibility, information acquisition, and intelligent research have raised awareness of new mining safety risks. Based on the analysis of the process of China's intelligent construction, this paper describes the safety management and control risks and the technical challenges faced by China's intelligent coal mine construction in terms of norms and standards, data acquisition, subsystem and terminal sensors, multisystem integration, safety risk management, and control ability. It is important to make full use of the collaborative advantages of intelligent scientific and technological coal mine resources. Technological innovation and intelligent equipment safety access verification need to be supported, so as to promote the intelligent and high-quality development of coal mines.

1. Mở đầu

Mặc dù tỷ lệ than trong cơ cấu tiêu thụ năng lượng của Trung Quốc tiếp tục giảm, nhưng tỷ lệ này vẫn ở mức khoảng 60% vào năm 2020. Có thể thấy rằng than vẫn là nền tảng quan trọng trong việc đảm bảo an ninh

cung cấp năng lượng của Trung Quốc. Với mục tiêu trung hòa cacbon, cần phải đẩy nhanh quá trình chuyển đổi cơ cấu tiêu thụ năng lượng của Trung Quốc sang năng lượng xanh và tỷ lệ tiêu thụ năng lượng phi hóa thạch cần tăng đáng kể. Quá trình tiến hóa

của cơ cấu tiêu thụ năng lượng của Trung Quốc từ năm 2015 đến năm 2020 được thể hiện trong Hình 1. Hoạt động khai thác và sử dụng than chắc chắn sẽ gây ra thiệt hại cho môi trường và có những tác động tiêu cực đến môi trường và sinh thái. Quá trình chuyển đổi, nâng cấp và phát triển chất lượng cao ngành than có thể được thực hiện thông qua sự phát triển kết hợp công nghệ thông tin hiện đại và ngành than. Trong 10 năm qua, ngành than đã có một số đột phá quan trọng trong đổi mới, nghiên cứu và phát triển công nghệ khai thác thông minh và thiết bị khai thác; các mỏ than hiện đại thông minh, xanh, an toàn, sạch và hiệu quả đã được xây dựng, tạo nền tảng vững chắc cho sự chuyển đổi và phát triển chất lượng cao ngành than Trung Quốc.

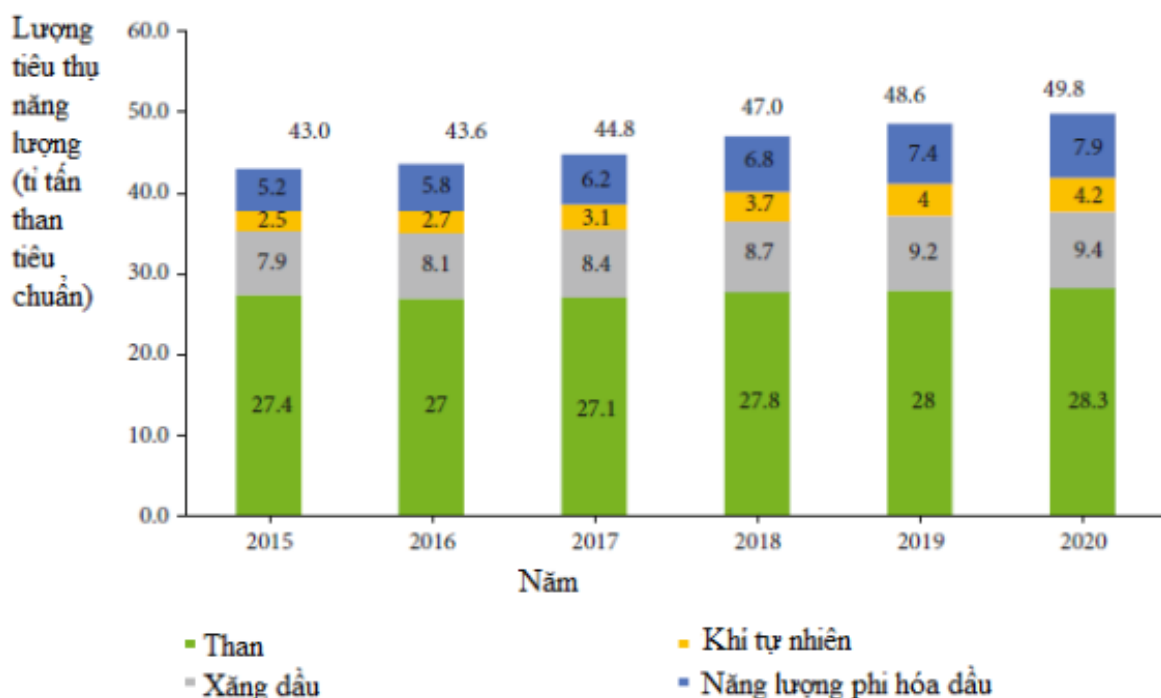
Sự phát triển kết hợp ngành than và thể hệ công nghệ thông tin truyền thông mới đã đạt được những kết quả đáng chú ý trong công nghệ khai thác thông minh cơ giới hóa đồng bộ không người lái của các mỏ than. Công nghệ khai thác thông minh cơ giới hóa đồng bộ không người lái là công nghệ khai thác an toàn và hiệu quả, được trang bị giàn chống thủy lực, máy khâu, máng cào và các thiết bị khai thác cơ giới hóa đồng bộ khác, có khả năng cảm biến, ghi nhớ, học hỏi và ra quyết định. Công nghệ sử dụng hệ thống điều khiển tự động làm trung tâm và giám sát từ xa trực quan làm phương tiện để thực hiện “hoạt động không người lái và giám sát an toàn” trong quá trình khai thác cơ giới hóa đồng bộ. Hiện nay, các công ty China Coal Energy, Shandong Energy, Jinneng Holding và các doanh nghiệp khác đang tích cực triển khai xây dựng thông minh. Đến cuối năm 2021, Trung Quốc có 687 gương khai thác thông minh, bao gồm 431 gương khai thác thông minh và 256 gương đào lò thông minh, góp phần làm giảm số lượng người, tăng hiệu quả trong mỏ và đạt được kết quả ứng dụng tốt. Tháng 9/2014, mỏ than Huangling số 1 đã hiện thực hóa gương khai thác cơ giới hóa đồng bộ thông minh một vỉa than có độ dày trung bình, với sản lượng 4 triệu tấn/năm. Mỏ than này

dẫn đầu trong việc thực hiện khai thác than bằng điều khiển từ xa trên mặt đất ở Trung Quốc. Tháng 8/2016, lò chợ 23303 của mỏ than Zhuanlongwan đã trở thành lò chợ RSS hoàn toàn sau khi tự động hóa và căn chỉnh tự động LASC, đạt được độ chính xác cao và hiệu quả như mong đợi. Năm 2018, các mỏ than Zhangjiamao và Balasu đã tiến hành chuyển đổi thông minh các mỏ sản xuất và thiết kế thông minh các mỏ mới, qua đó giải quyết vấn đề thiếu quyết định thông minh thông qua việc xây dựng nền tảng quản lý và điều khiển mỏ thông minh. Đề xuất xây dựng mỏ than thông minh cho Heidaigou, Shangwan và sáu mỏ than khác đã nhận được sự chấp thuận của tỉnh.

Thông minh hóa mỏ than là sự hỗ trợ kỹ thuật cốt lõi cho sự phát triển chất lượng cao của ngành than Trung Quốc, nhận được sự đồng thuận rộng rãi trong ngành và không thể tách rời khỏi sự phát triển công nghệ, thiết kế chính sách cấp cao và thúc đẩy phối hợp của ngành. Hiện nay, với việc liên tục đẩy nhanh quá trình xây dựng mỏ than thông minh của Trung Quốc và cải thiện liên tục về trình độ thông minh hóa mỏ than, việc xây dựng mỏ than thông minh đã trở thành điều kiện cơ bản để phê duyệt các mỏ than, là yêu cầu cơ bản của xây dựng và vận hành, và là khía cạnh quan trọng của giám sát an toàn. Xây dựng thông minh đã trở thành phương tiện hiệu quả để giảm nhân công, nâng cao hiệu quả và cải thiện môi trường nghề nghiệp. Tuy nhiên, nó cũng mang lại những rủi ro an toàn và thách thức kỹ thuật mới đối với an toàn mỏ ở nhiều cấp độ. Bài báo này tóm tắt quá trình phát triển của xây dựng mỏ than thông minh ở Trung Quốc và mô tả những rủi ro an toàn và thách thức kỹ thuật mà xây dựng mỏ than thông minh có thể mang lại đối với an toàn sản xuất mỏ than.

2. Trang thiết bị và phương pháp

Do phải đối mặt với điều kiện địa chất phức tạp, thiên tai, khai thác khó khăn và tai nạn thường xuyên trong các mỏ than của Trung Quốc, Trung Quốc đã tiếp tục thúc đẩy mạnh mẽ việc xây dựng các mỏ an toàn

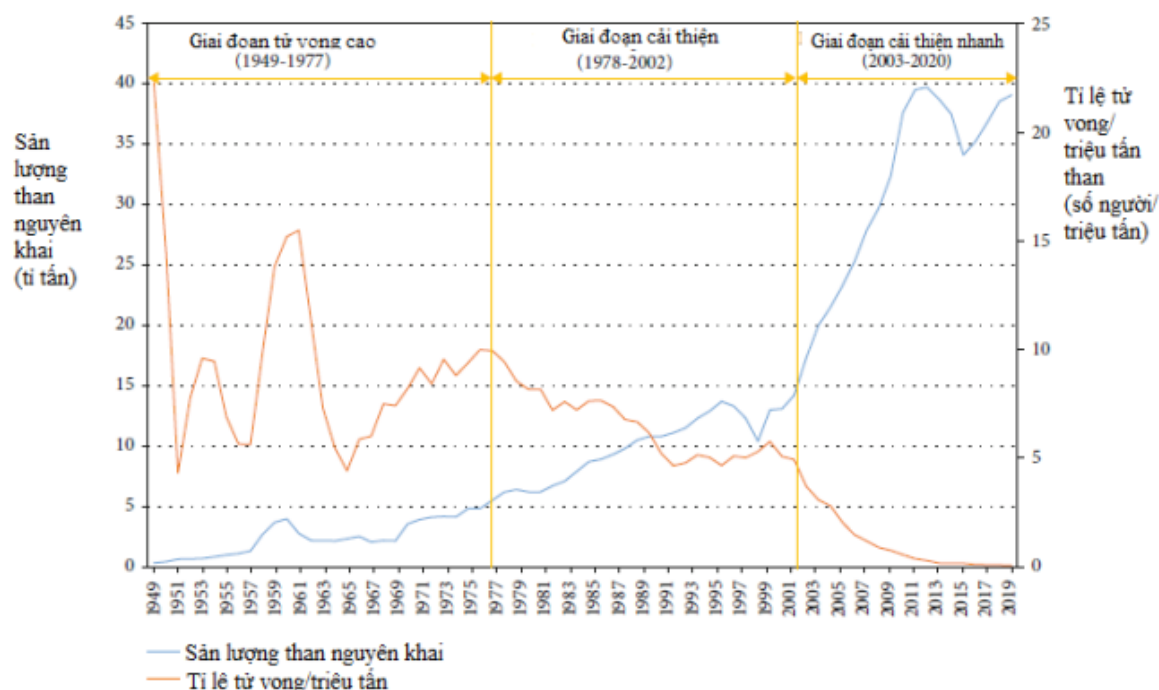


Hình 1: Cơ cấu tiêu thụ năng lượng ở Trung Quốc từ năm 2015 đến năm 2020

và hiệu quả, các mỏ hiện đại, cải cách công nghệ khai thác than và từng bước cải thiện an toàn trong điều kiện sản xuất mỏ than; tỷ lệ tử vong trên một triệu tấn đã giảm dần theo từng năm. Xu hướng phát triển của sản lượng than nguyên khai và tỷ lệ tử vong trên một triệu tấn than của Trung Quốc được thể hiện trong Hình 2. Nhìn chung, quá trình phát triển an toàn mỏ than ở Trung Quốc được chia thành ba giai đoạn chính: giai đoạn từ 1949 đến 1977 là giai đoạn biến động mạnh, giai đoạn từ 1978 đến 2002 là giai đoạn cải thiện liên tục và giai đoạn từ 2003 đến 2020 là giai đoạn cải thiện nhanh chóng. Sự cải thiện về an toàn sản xuất trong ngành than qua từng năm không thể tách rời khỏi công tác quản lý an toàn toàn diện và các biện pháp loại bỏ tình trạng quá công suất do nhà nước thực hiện, cũng như chủ trương chính sách của nhà nước nhằm đẩy nhanh quá trình xây dựng thông tin hóa và thông minh hóa mỏ.

Qua phân tích quá trình phát triển của xây dựng mỏ than thông minh ở Trung Quốc, có thể kết luận rằng khai thác nguồn tài nguyên than của Trung Quốc chủ yếu trải qua bốn

giai đoạn: khai thác thủ công từ năm 1949 đến năm 1959, khai thác bằng nổ mìn từ năm 1960 đến năm 1966, chuyển đổi từ khai thác tổng hợp sang khai thác cơ giới hóa từ năm 1967 đến năm 2000 và chuyển dần từ khai thác tự động hóa sang khai thác thông minh từ năm 2001 (như được thể hiện ở Hình 3). Trong giai đoạn khai thác thủ công và khai thác bằng nổ mìn, nhiệm vụ cốt lõi của ngành than Trung Quốc là đảm bảo sản xuất và cung cấp than. Các mỏ than được xây dựng chủ yếu là các mỏ vừa và nhỏ, công nghệ và thiết bị sản xuất của mỏ than tương đối lạc hậu, dẫn đến tai nạn mỏ than thường xuyên xảy ra. Tỷ lệ tử vong trên một triệu tấn dao động trong khoảng từ 4,32 đến 22,28, sản xuất trở nên mất an toàn nghiêm trọng. Với sự phát triển của công nghệ chế tạo thiết bị khai thác than và công nghệ thông tin, Trung Quốc dần bước vào giai đoạn khai thác cơ giới hóa vào những năm 1980. Giai đoạn này là thời kỳ cải thiện liên tục về an toàn sản xuất của mỏ than. Trong thời kỳ này, việc khai thác an toàn và hiệu quả các mỏ than thông qua tiến bộ công nghệ đã dần được thúc đẩy và đạt được tiên bộ đáng kể trong



Hình 2: Sản lượng than nguyên khai và tỉ lệ tử vong/triệu tấn ở Trung Quốc từ năm 1949 đến năm 2020

việc xây dựng các cơ sở than lớn. Tỷ lệ tử vong trên một triệu tấn đã giảm từ 9,44 vào năm 1978 xuống còn 4,94 vào năm 2002. An toàn sản xuất mỏ than tổng thể tiếp tục được cải thiện ổn định. Vào đầu thế kỷ 21, mỏ Xiaoping của Tập đoàn Tiefsa đã đưa vào sử dụng máy bào than đầu tiên tại Trung Quốc và xây dựng lò chợ tự động đầu tiên. Do đó, ngành công nghiệp than của Trung Quốc đã bước vào giai đoạn khai thác tự động, mở ra “thập kỷ vàng” của sự phát triển của ngành công nghiệp than. An toàn sản xuất đã được cải thiện nhanh chóng, đầu tư vào an toàn sản xuất của các doanh nghiệp khai thác than tiếp tục tăng, trình độ cơ giới hóa khai thác than được cải thiện đáng kể, công nghệ và thiết bị chủ chốt để quản lý hiểm họa lớn đã được phổ biến và áp dụng, tỷ lệ tử vong trên một triệu tấn đã giảm nhanh chóng từ 3,71 năm 2003 xuống còn 0,058 năm 2020.

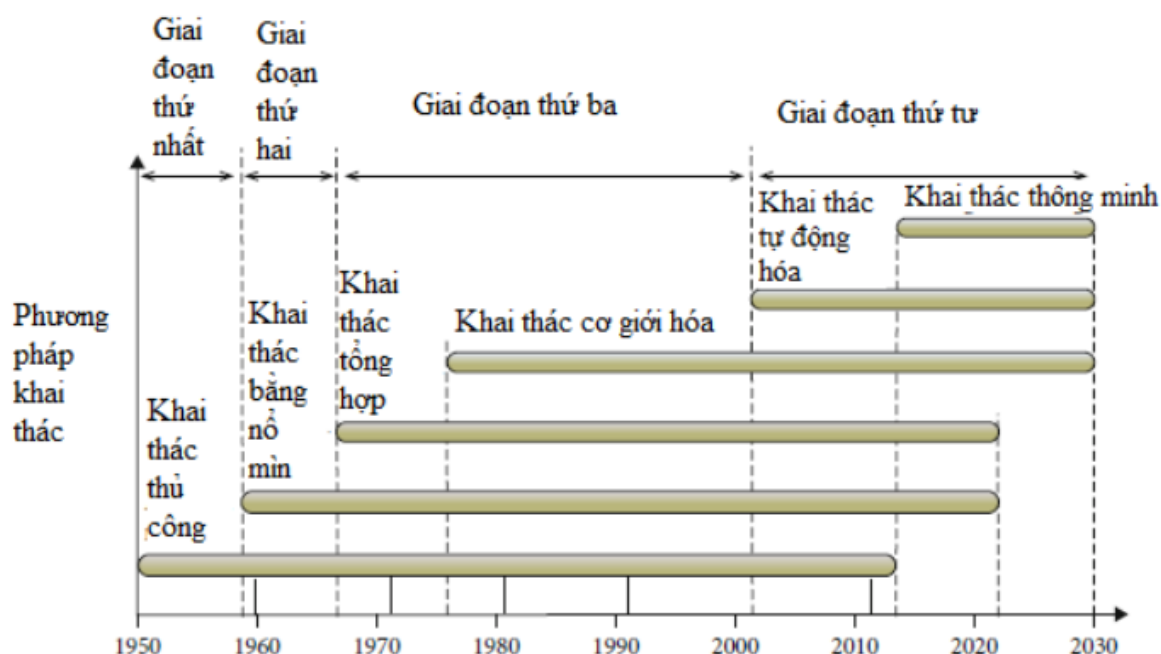
Kể từ Kế hoạch 5 năm lần thứ 12, việc xây dựng thông minh các mỏ than của Trung Quốc đã đạt được những tiến bộ đáng kể, mở đầu cho việc khai thác thông minh các nguồn tài nguyên than của Trung Quốc.

Ngành công nghiệp than của Trung Quốc đã dần bước vào giai đoạn khai thác thông minh, được thực hiện dần dần theo từng giai đoạn. Sự tiến bộ từ công nghệ đến thiết bị là sự đảm bảo quan trọng cho việc khai thác thông minh các mỏ than. Tổng cục Năng lượng Quốc gia và Tổng cục An toàn Mỏ Nhà nước đã nghiên cứu và xây dựng tài liệu hướng dẫn về xây dựng mỏ than thông minh, trong đó nêu rằng các mỏ than thông minh cần dựa trên việc xây dựng một nền tảng Internet công nghiệp, áp dụng một bộ hệ thống tiêu chuẩn, xây dựng một mạng lưới nhận thức toàn diện, xây dựng một kênh truyền dữ liệu tốc độ cao, hình thành một trung tâm ứng dụng dữ liệu lớn và hiện thực hóa các dịch vụ theo yêu cầu cho các bộ phận chuyên môn nghiệp vụ khác nhau. Khung kỹ thuật tổng thể của xây dựng thông minh trong các mỏ than hầm lò và mỏ than lộ thiên được thể hiện trong Hình 4.

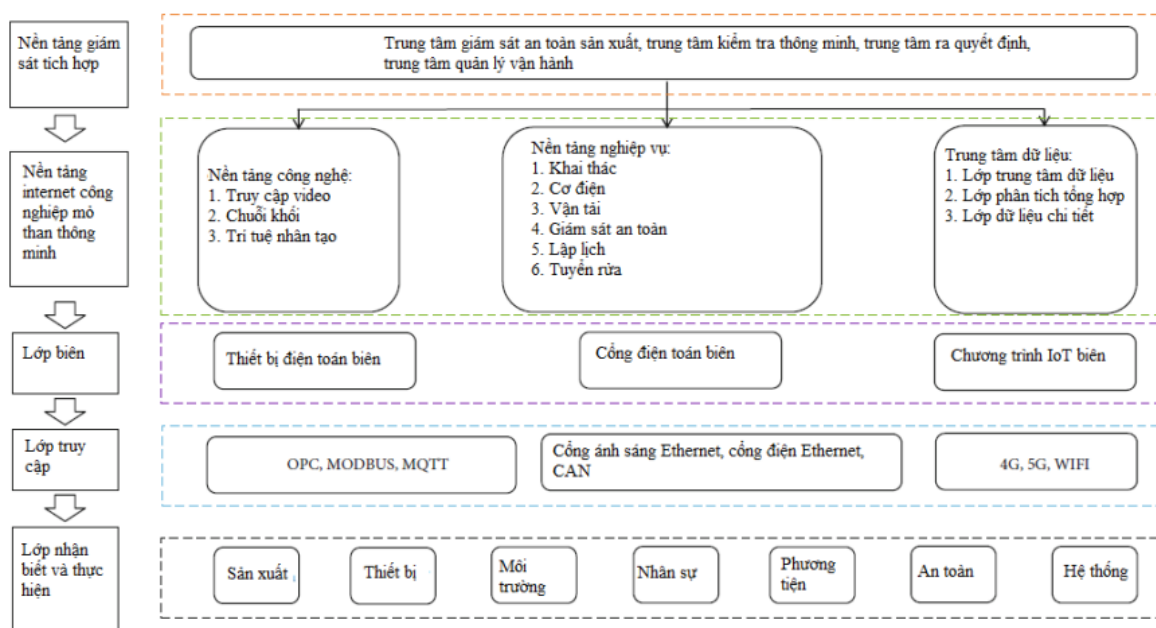
3. Kết quả

3.1. Nhận thức đúng đắn về xây dựng mỏ than thông minh và rủi ro an toàn

Cơ chế xảy ra sự cố trong mỏ đã trở nên



Hình 3: Lịch sử phát triển của xây dựng mỏ than thông minh ở Trung Quốc



Hình 4: Khung kỹ thuật tiêu chuẩn cho xây dựng thông minh

cực kỳ phức tạp, công tác phòng ngừa và kiểm soát khó khăn hơn, an toàn mỏ than đang phải đối mặt với những thách thức nghiêm trọng. Cùng với sự phân bố không gian ba chiều của rủi ro an toàn mỏ than trong không gian địa lý và sự phát triển động theo thời gian, các sự cố như nổ khí và bụi than,

thấm nước, hỏa hoạn, sự cố vách và cơ điện là động, ngẫu nhiên và mơ hồ. Là một ngành công nghiệp có rủi ro cao truyền thống, các mỏ than vẫn rất không an toàn và các tai nạn xảy ra thường xuyên. Mặc dù việc xây dựng các mỏ than thông minh có thể giảm thiểu rủi ro an toàn, nhưng vẫn chưa có bước đột phá

nào trong công nghệ khai thác và phương pháp khai thác than. Ngoài ra, rủi ro an toàn là một thuộc tính cố hữu của các mỏ than. Tương tự như vậy, với việc ứng dụng công nghệ các vật liệu hoặc công nghệ mới, còn thiếu các đảm bảo giám sát và kiểm tra hiệu quả và đáng tin cậy, điều này cũng dẫn đến các rủi ro an toàn không biết trước đối với sản xuất thông minh của các mỏ than. Do đó, chúng ta nên tăng cường giám sát hiệu quả các mỏ than.

Từ quan điểm bảo mật thông tin, các đối tượng bảo vệ an toàn cấu thành nên hệ thống mỏ thông minh chủ yếu bao gồm thiết bị, mạng, điều khiển, dữ liệu và hệ thống ứng dụng. Các yếu tố chính gây ra rủi ro bảo mật là bảo mật nội bộ của thiết bị, mạng, điều khiển, dữ liệu và hệ thống ứng dụng cũng như bảo mật hệ thống giữa thiết bị và mạng, giữa thiết bị và điều khiển và giữa dữ liệu và mạng. Hiện tại, Trung Quốc vẫn đang trong giai đoạn đầu xây dựng mỏ thông minh và còn nhiều vấn đề về kỹ thuật. Ví dụ, giao thức truyền thông của các thiết bị thông minh chưa thống nhất, tiêu chuẩn giám sát an toàn thông minh chưa thống nhất, môi trường không thể nhận thức đầy đủ, thu thập dữ liệu nguồn chưa được chuẩn hóa và khả năng phân tích và xử lý dữ liệu lớn còn thấp, dẫn đến các vi phạm an toàn có hệ thống và mang lại rủi ro an toàn mới cho an toàn sản xuất mỏ.

Giám sát an toàn sản xuất theo thời gian thực và dữ liệu quản lý hàng ngày là các nguồn chuyển đổi số và nâng cấp doanh nghiệp trong tương lai. Tuy nhiên, nếu dữ liệu bị can thiệp ác ý, nó cũng sẽ có tác động không thể đảo ngược đến hoạt động của hệ thống an toàn sản xuất. Mặc dù việc ứng dụng công nghệ blockchain trong các mỏ than trong những năm gần đây đã đảm bảo việc truyền dữ liệu đáng tin cậy về mặt truyền dữ liệu và đã ngăn chặn hiệu quả việc can thiệp ác ý, nhưng nó không thể đảm bảo tính xác thực và độ chính xác của dữ liệu bên ngoài blockchain trong các liên kết thu thập nguồn và đầu vào. Dữ liệu đầu vào blockchain chỉ có nghĩa là dữ liệu không thể

bị can thiệp và tính xác thực và độ chính xác của dữ liệu nguồn không thể được đảm bảo. Đồng thời, không có cơ chế kiểm tra và xác minh lẫn nhau hiệu quả giữa dữ liệu đó và dữ liệu ngoài nguồn. Trong quá trình xây dựng mỏ thông minh, nếu tính xác thực và độ tin cậy của nguồn dữ liệu bị bỏ qua, sẽ dẫn đến rủi ro bảo mật về mặt bóp méo trong nguồn dữ liệu và trong các ứng dụng của các nền tảng quản lý và kiểm soát thông minh toàn diện; các phân tích quyết định dữ liệu lớn và các ứng dụng, chẳng hạn như trình tự thời gian, thuộc tính đối tượng, phân tích không gian và phân tích chỉ mục, sẽ không chính xác.

Trong quá trình phát triển hệ thống cơ giới hóa và tự động hóa các gương khai thác và thiết bị vận chuyển, có nhiều vấn đề như nhiều hệ thống máy đơn lẻ, có lượng lớn nhiệm vụ vận hành phối hợp, các chức năng khác nhau, hiệu quả thực hiện khác nhau, thiếu các biện pháp đảm bảo an toàn nhất quán, thiếu các phương pháp thử nghiệm và phương tiện kiểm tra tiêu chuẩn, và thiếu kiểm tra tính năng an toàn trong các liên kết đa máy và đa hệ thống, trong đó liên kết đa hệ thống đã trở thành rủi ro lớn trong an toàn sản xuất của khai thác thông minh. Ví dụ, về vận chuyển dòng than chính, phát hiện dòng than băng tải, phát hiện vật lạ trong dòng than, phát hiện chất đông than, phát hiện hư hỏng bề mặt băng tải, giám sát cháy băng tải và rô-bốt kiểm tra thiếu các điều kiện thử nghiệm và thiếu các phương pháp giám sát và kiểm tra. Độ tin cậy của hệ thống giám sát băng tải, chống nhiễu thông tin liên lạc, phạm vi giám sát, hiệu quả bảo vệ và kiểm soát tối ưu thiếu phương tiện xác minh có hệ thống và phối hợp cụm băng tải. Việc kiểm tra tính năng an toàn liên kết đa hệ thống cũng không đầy đủ, đây đã trở thành điểm yếu trong xây dựng thông minh vận chuyển dòng than.

Trong quá trình phân tích và ra quyết định khai thác thông minh, thiết bị cảm biến thông minh của quá trình xử lý hợp nhất tham số đa nhận thức, điều khiển cộng tác thông minh các lò chộc và rô-bốt kiểm tra thông minh áp

dụng các công nghệ và thiết bị mới vào quá trình xây dựng mỏ thông minh. So với các rủi ro về an toàn do các yếu tố phức tạp như con người, máy móc, vật liệu và môi trường trong chế độ sản xuất truyền thống, thì lợi thế của nhận thức toàn diện, ra quyết định thông minh và thực hiện tự động các mỏ than thông minh có thể giảm hiệu quả các rủi ro về an toàn tại khu vực sản xuất. Đồng thời, điều này dẫn đến sự bất ổn và thách thức tính năng về bảo mật và độ không tin cậy của thiết bị Internet vạn vật (IoT), mạng hệ thống điều khiển và hệ thống thông tin liên lạc. Khả năng tương thích và khả năng thích ứng với môi trường của thiết bị đa hệ thống và IoT “thông tin liên lạc quyết định điều khiển sản xuất” có thể gây ra các rủi ro an toàn sản xuất mới có tính hệ thống.

3.2. Thách thức kỹ thuật của quá trình xây dựng mỏ than thông minh

Thiết bị cảm biến chính là nguồn dữ liệu trong các mỏ than thông minh. Cảm biến thông minh có thể cải thiện độ chính xác và độ tin cậy của dữ liệu đo cảm biến và nâng cao hiệu quả bảo trì và độ ổn định hoạt động của thiết bị và hệ thống. Hiện tại, các tiêu chuẩn, thông số kỹ thuật, yêu cầu kỹ thuật và nền tảng thử nghiệm của cảm biến mỏ than chủ yếu được tạo ra cho các thông số cụ thể, lỗi, hiển thị, thông tin liên lạc và các nhiệm vụ cơ bản khác. Với việc triển khai các mỏ than thông minh, ngoài các chức năng cơ bản nêu trên, các cảm biến thông minh được sử dụng trong các mỏ than cũng phải có các chức năng thông minh hơn, chẳng hạn như tải lên thông tin nhận dạng, tự chẩn đoán lỗi, bảo trì và hiệu chuẩn từ xa, tự hiệu chuẩn, tự đo lường, sao lưu dữ liệu tại chỗ và truyền liên tục ngắt kết nối. Tuy nhiên, vẫn còn thiếu các phương pháp thử nghiệm và xác minh cũng như nền tảng xác minh cho chức năng thông minh của cảm biến.

Ví dụ, hệ thống thông gió được gọi là “hệ thống tuần hoàn máu” của mỏ, giúp đảm bảo sản xuất an toàn và hiệu quả của mỏ. Do đó, xây dựng hệ thống thông gió thông minh là xu hướng tất yếu trong phát triển thông gió mỏ. Dữ liệu giám sát khí môi trường, đo

lượng và giám sát lưu lượng gió trong đường lò và tính toán lưu lượng gió là cách trực tiếp và đơn giản nhất để các mỏ than nắm được trạng thái vận hành của các hệ thống thông gió. Trong bối cảnh thông minh hóa, các yêu cầu cao hơn được đưa ra đối với độ chính xác, tính kịp thời, tính toàn diện và độ tin cậy của các phép đo lưu lượng gió trong thông gió mỏ. Phương pháp truyền thống là đo tốc độ gió trung bình và tính toán lưu lượng gió của đường lò bằng cách sử dụng cảm biến tốc độ gió loại điểm và máy đo gió cầm tay không thể đáp ứng được nhu cầu thông gió thông minh. Dựa trên xu hướng phát triển này và nhu cầu thực tế của người dùng, các thiết bị đo lưu lượng gió trong đường lò dựa trên các phương pháp đo khác nhau đã có sẵn trên thị trường, chẳng hạn như cơ cấu di động tự động, cơ cấu ống lồng đa điểm và phép đo chênh lệch thời gian lan truyền siêu âm. Do không có thiết bị tiêu chuẩn để đo lường lưu lượng gió trong đường lò tại Trung Quốc nên độ chính xác của phép đo không thể được xác minh. Sau khi hệ thống thông gió thông minh được thiết lập thông qua mạng gió, cần phải điều chỉnh kích thước và hướng đóng mở cửa gió tại chỗ nếu cần và kết quả sau điều chỉnh cũng phải được phản hồi động về nền tảng hệ thống quản lý mạng lưới thông gió theo thời gian thực. Hệ thống thông gió có các yêu cầu tích hợp và ứng dụng phối hợp giữa nhiều hệ thống như “giao tiếp quyết định kiểm soát sản xuất” nhằm hướng đến sự an toàn và độ tin cậy. Các tiêu chuẩn phát hiện và kiểm tra cũng như các yêu cầu về chỉ số tính năng sẽ hạn chế sự phát triển của công nghệ phát hiện lưu lượng gió trong đường lò và thông gió thông minh ở một mức độ nhất định, làm ảnh hưởng đến hiệu quả xây dựng thông gió mỏ thông minh và thậm chí dẫn đến các mối nguy hiểm tiềm ẩn về an toàn.

Các ứng dụng cho nghiệp vụ quản lý và kiểm soát phối hợp thông minh cần phải thu thập dữ liệu khảo sát địa chất thực và đáng tin cậy, dữ liệu giám sát và theo dõi theo thời gian thực, dữ liệu an toàn sản xuất, dữ liệu quản lý nghiệp vụ và các thông tin khác.

Nhiều yếu tố can thiệp khách quan hoặc do con người tạo ra sẽ được tạo ra trong nhiều liên kết, chẳng hạn như tạo, thu thập, truyền, lưu trữ và hiển thị dữ liệu, điều này sẽ ảnh hưởng đến việc thu thập dữ liệu thực cuối cùng. Độ tin cậy của dữ liệu trong quá trình quản lý và kiểm soát là nền tảng để hiện thực hóa ứng dụng quản lý và kiểm soát phối hợp thông minh về an toàn sản xuất của mỏ than. Quản lý và kiểm soát toàn diện thông minh phải dựa vào liên kết dữ liệu có độ tin cậy để xây dựng hệ thống ứng dụng thông minh. Tuy nhiên, dữ liệu thu thập được hiện tại thiếu phương tiện xác minh và phân tích độ tin cậy của dữ liệu. Việc tăng cường khả năng phân tích và xác minh độ tin cậy của dữ liệu trong liên kết tạo, thu thập, truyền, lưu trữ và hiển thị là rất cấp thiết nhằm đáp ứng yêu cầu quản lý và kiểm soát toàn diện thông minh.

Mặc dù một số mỏ than đã thực hiện bảo vệ thứ cấp công nghệ bảo mật thông tin và bảo vệ an ninh hệ thống thông tin nhằm đáp ứng chức năng bảo vệ an toàn cơ bản mỏ than, nhưng do quản lý không đảm bảo tiêu chuẩn nên các cuộc tấn công mạng, vi-rút, Trojan và phần mềm hãm dọa tổng tiền đều mang đến những mối nguy hiểm tiềm ẩn lớn đối với an toàn sản xuất của mỏ than cũng như ảnh hưởng đến độ tin cậy và ổn định của hệ thống điều khiển công nghiệp. Với việc lập kế hoạch và triển khai xây dựng thông minh tổng thể trong các mỏ than, do sự tồn tại của các hệ thống con ông khó khăn ban đầu nên có những chênh lệch lớn về lựa chọn kỹ thuật, thiết kế kiến trúc và bảo vệ an toàn cho từng hệ thống con. Mỗi hệ thống con có quản lý truy cập và xác thực riêng, bao gồm danh tính người dùng, mật khẩu và quyền hạn. Tuy nhiên, với việc quản lý quyền hạn và xác thực đăng nhập thông nhất theo yêu cầu của nền tảng quản lý và kiểm soát tích hợp thông minh cho từng hệ thống con, nguy cơ rò rỉ dữ liệu người dùng trong quản lý người dùng và phân phối quyền hạn tăng lên. Đồng thời, việc kiểm soát cấp quyền không đúng cách cũng có thể dẫn đến các vấn đề về bảo mật truy cập dữ liệu. Với việc thúc

đẩy xây dựng quản lý và kiểm soát thông minh trong các mỏ than, số lượng thiết bị đầu cuối di động thông minh sẽ tăng lên. Kết hợp với thiết bị thông minh cầm tay, việc đạt được các tương tác an toàn trong mạng lưới người-vật dựa trên môi trường không dây là một vấn đề chính cần được giải quyết. Việc thao tác và bảo trì không đảm bảo tiêu chuẩn, phân bổ quyền hạn không phù hợp và kiểm soát truy cập mạng lỏng lẻo có thể gây ra các tai nạn an toàn sản xuất. Sự phân mảnh của hệ sinh thái IoT và sự không chắc chắn của trí tuệ nhân tạo dẫn đến các mối đe dọa an ninh hệ thống mới đối với an toàn sản xuất mỏ than. Hiện tại, tương tác giữa người và máy tính chủ yếu đạt được thông qua công nghệ mật khẩu và xác thực, công nghệ này đảm bảo tính bảo mật của mạng và thông tin. Tuy nhiên, nhu cầu thiết yếu về nhận thức toàn diện và kết nối mọi thứ trong quá trình xây dựng các mỏ thông minh trong ngành than không thể được đáp ứng chỉ bằng cách dựa vào công nghệ mật khẩu và xác thực mà cần phải xây dựng một hệ thống bảo mật toàn diện. Chỉ bằng cách sử dụng các phương tiện kỹ thuật và chiến lược bảo mật mạng như tương tác bảo mật, liên kết đáng tin cậy và phòng thủ thông minh có thể làm cho hệ thống bảo mật trở nên đáng tin cậy.

4. Thảo luận

Hiện tại, sự phát triển của trí tuệ hóa mỏ than của Trung Quốc vẫn còn trong giai đoạn “trúng nước”, phải đối mặt với nhiều rủi ro an toàn và thách thức kỹ thuật nghiêm trọng. Việc lập kế hoạch tổng thể, tăng cường phân tích và xác minh quyền truy cập của thiết bị thông minh, tăng cường phân tích và xác minh độ tin cậy của dữ liệu trong quá trình xây dựng, nâng cao mức độ bảo mật và thúc đẩy trí tuệ nhân tạo, chuỗi khối, dữ liệu lớn, điện toán đám mây và Internet vạn vật là điều hết sức cần thiết. Sự tích hợp các công nghệ mới như thiết bị thông minh và công nghệ khai thác than góp phần thúc đẩy xây dựng mỏ than thông minh và đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao an toàn sản xuất mỏ than một cách liên tục và ổn định.

Việc nâng cao an toàn sản xuất mỏ than không thể tách rời khỏi việc đổi mới khoa học và công nghệ trong lĩnh vực an toàn sản xuất. Trong những năm gần đây, thông qua nghiên cứu và phát triển sáng tạo về công nghệ và thiết bị khai thác thông minh, các công nghệ đột phá đã được thiết lập và đã đạt được những thành tựu quan trọng trong khai thác cơ giới hóa đồng bộ thông minh các vỉa than mỏng có chiều cao khai thác lớn. Hiện tại, cuộc cách mạng công nghệ và chuyển đổi công nghiệp mới đang phát triển với tốc độ nhanh chóng. Thế hệ công nghệ thông tin mới được tích hợp sâu rộng vào quá trình sản xuất than và các hệ thống thiết bị thông minh và số hóa đang dần được áp dụng. Điều quan trọng là phải sử dụng dữ liệu lớn, điện toán đám mây, IoT, công nghệ AI và các phương tiện khoa học và công nghệ khác để khắc phục các vấn đề kỹ thuật như sự không tương thích của hệ thống thông minh, thiếu độ tin cậy của thiết bị cảm biến truyền thống, mất cân bằng khai thác, mất cân bằng đào lò và khả năng thích ứng kém của thiết bị. An toàn sản xuất của các mỏ than cần được đảm bảo.

5. Kết luận

(1) Trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, điện toán đám mây, IoT công nghiệp và các công nghệ thông tin thế hệ mới khác được tích hợp sâu rộng với công nghệ khai thác truyền thống để thúc đẩy cải cách phát triển mỏ than. Thông minh hóa mỏ than là sự hỗ trợ kỹ thuật cốt lõi được sử dụng để phát triển ngành than

đạt chất lượng cao và có ý nghĩa to lớn trong việc cải thiện giám sát rủi ro an toàn mỏ than, hệ thống cảnh báo sớm và quản lý thảm họa toàn diện.

(2) Xây dựng mỏ than thông minh ở Trung Quốc đã đạt được bước tiến bộ lớn. Tuy nhiên, sự phát triển liên tục của thông minh hóa mỏ than, đặc biệt là ứng dụng các vật liệu và công nghệ mới trên quy mô lớn, thiếu các đảm bảo giám sát và kiểm tra hiệu quả và đáng tin cậy, điều này cũng dẫn đến những rủi ro không thể lường trước và những thách thức kỹ thuật mới đối với an toàn mỏ than. Các tiêu chuẩn giám sát sự cố thông minh không đồng nhất, thu thập dữ liệu nguồn không chuẩn, phân tích dữ liệu lớn ít, năng lực xử lý và các yếu tố khác có thể gây ra các vi phạm an toàn mang tính hệ thống. Đồng thời, hiện còn thiếu phương tiện xác minh và phân tích về tính xác thực và độ tin cậy của dữ liệu thu được.

(3) Điều quan trọng mang tính cốt lõi là phải thúc đẩy xây dựng thông minh các mỏ than cùng với đổi mới công nghệ, hỗ trợ nhận thức và kiểm soát thông minh các mỏ than bằng cách xác minh quyền truy cập an toàn của thiết bị thông minh, cải thiện an toàn của các mỏ than bằng công nghệ và kỹ thuật mới, tận dụng tối đa lợi thế phối hợp các nguồn lực khoa học và công nghệ thông minh, giải quyết những vấn đề tồn tại hạn chế của công nghệ và đảm bảo tiến độ xây dựng mỏ than thông minh một cách có trình tự.

Hệ thống kiểm soát giám sát và thu thập dữ liệu (SCADA) trong ngành mỏ

>> **KS. Trần Tiến Huệ** Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

Tóm tắt: Cùng với việc đẩy mạnh quá trình chuyển đổi số hiện nay, Hệ thống kiểm soát giám sát và thu thập dữ liệu SCADA ngày càng được sử dụng rộng rãi để quản lý các hoạt động công nghiệp quy mô lớn trong ngành mỏ. Bài báo tìm hiểu các thành phần, chức năng của hệ thống SCADA cũng như các ứng dụng của hệ thống SCADA trong ngành mỏ, trong đó đặc biệt là vai trò của hệ thống SCADA trong việc giám sát và kiểm soát hoạt động khai thác theo thời gian thực. Điều đó cho thấy vai trò của hệ thống SCADA không chỉ là công nghệ đơn thuần; nó trở thành động lực thúc đẩy vươn lên, khả năng tái tạo và đổi mới trong ngành khai thác mỏ.

Abstract: Along with the current digital transformation process, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems are increasingly used to manage large-scale industrial operations in the mining industry. This article explores the components and functions of the SCADA system as well as the applications of the SCADA system in the mining industry, especially the role of the SCADA system in monitoring and controlling mining operations in real time. This shows that the role of the SCADA system is not just a simple technology; it becomes a driving force for progress, regeneration and innovation in the mining industry.

1. Mở đầu

Một phần đáng kể các vụ tai nạn lao động trong mỏ hầm lò liên quan đến thông gió mỏ là do nổ mìn, ngộ độc khí CO và hỏa hoạn bên trong mỏ. Nguyên nhân chính gây ra các vụ nổ khí xảy ra trong các mỏ than, là do không phát hiện kịp thời nồng độ khí trong môi trường vượt quá giá trị giới hạn đã xác định. Vì lý do này, phải đo lường lượng khí của từng mỏ và nếu cần phải lắp đặt hệ thống cảnh báo sớm. Các hệ thống cảnh báo sớm được sử dụng trong các mỏ thực tế hiện nay về cơ bản hoạt động theo nguyên tắc đo lường tức thời khí độc hại và kích hoạt cơ chế cảnh báo-báo động kịp thời. Ví dụ về hệ thống loại này là Hệ thống giám sát khí mê-tan tự động do Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học và Tự động hóa Việt Nam (VIELINA) thuộc Bộ Công Thương thực hiện (Hình 1). Đây là ứng dụng của Hệ thống kiểm soát giám sát và thu thập dữ liệu (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) là hệ thống được sử dụng để giám sát và kiểm soát từ xa trong nhiều quy trình công nghiệp khác nhau. Cùng với việc đẩy mạnh quá trình chuyển đổi số hiện nay trong

ngành mỏ, hệ thống SCADA được sử dụng để quản lý các hoạt động công nghiệp quy mô lớn một cách hiệu quả và an toàn. Bài báo tìm hiểu về hệ thống SCADA và những ứng dụng trên nền SCADA trong ngành mỏ.

2. Các thành phần chính của SCADA

Hệ thống SCADA bao gồm một số thành phần chính hoạt động cùng nhau để giám sát, kiểm soát và thu thập dữ liệu từ các quy trình công nghiệp. Các thành phần này rất cần thiết cho hoạt động hiệu quả của hệ thống SCADA. Sau đây là cái nhìn chi tiết về từng thành phần chính:

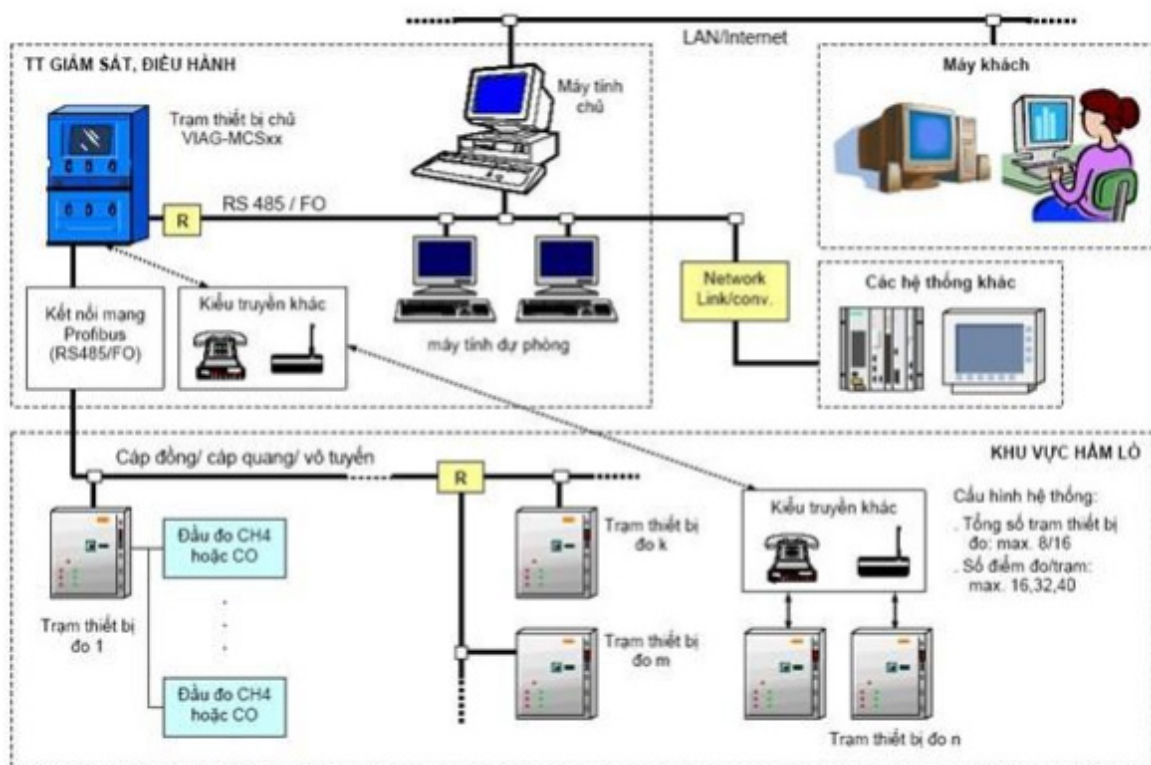
1) Giao diện người-máy (HMI):

Chức năng: HMI là giao diện người dùng kết nối người vận hành với hệ thống SCADA. Nó cung cấp biểu diễn đồ họa về dữ liệu của hệ thống và cho phép người vận hành giám sát và kiểm soát quy trình.

Các thành phần: Màn hình hiển thị Bảng điều khiển; Thiết bị đầu vào (bàn phím, chuột, màn hình cảm ứng); Phần mềm trực quan hóa cho sơ đồ quy trình, xu hướng, cảnh báo và chỉ báo trạng thái.

2) Trạm giám sát (chính):

Chức năng: Trạm giám sát là đơn vị xử lý



Hình 1. Hệ thống giám sát khí mê-tan tự động (VIELINA)

trung tâm của hệ thống SCADA. Nó thu thập dữ liệu từ các thiết bị tại hiện trường, xử lý dữ liệu này và hiển thị cho người vận hành thông qua HMI. Nó cũng gửi lệnh điều khiển đến các thiết bị tại hiện trường.

Các thành phần: Máy chủ và máy trạm; Phần mềm SCADA (để thu thập, xử lý và điều khiển dữ liệu); Cơ sở dữ liệu để lưu trữ và quản lý dữ liệu lịch sử Hệ thống dự phòng để đảm bảo độ tin cậy và khả dụng.

3) Thiết bị đầu cuối từ xa (RTU) và Bộ điều khiển logic lập trình (PLC):

Chức năng: RTU và PLC là các thiết bị tại hiện trường giao tiếp với thiết bị vật lý. Chúng thu thập dữ liệu từ các cảm biến và thực hiện các lệnh từ trạm giám sát để điều khiển thiết bị.

Các thành phần: Mô-đun đầu vào/đầu ra (I/O) để thu thập và điều khiển dữ liệu Mô-đun truyền thông để truyền dữ liệu Bộ xử lý nhúng để xử lý và điều khiển cục bộ Nguồn điện và vỏ bảo vệ môi trường.

4) Cơ sở hạ tầng truyền thông:

Chức năng: Cơ sở hạ tầng truyền thông tạo điều kiện thuận lợi cho việc truyền dữ liệu giữa RTU/PLC và trạm giám sát. Đảm bảo truyền dữ liệu đáng tin cậy và an toàn.

Các thành phần:

Mạng có dây (Ethernet, cáp quang) Mạng không dây (radio, di động, vệ tinh)

Giao thức truyền thông (Modbus, DNP3, IEC 60870-5, OPC) Bộ định tuyến, công tắc và modem.

5) Hệ thống thu thập dữ liệu:

Chức năng: Hệ thống thu thập dữ liệu thu thập dữ liệu thời gian thực từ các cảm biến và thiết bị tại hiện trường. Dữ liệu này được sử dụng cho mục đích giám sát và kiểm soát.

Các thành phần: Mô-đun đầu vào tương tự (dành cho dữ liệu từ các cảm biến như nhiệt độ, áp suất); Mô-đun đầu vào/ra kỹ thuật số (dành cho dữ liệu từ công tắc, role) Bộ ghi dữ liệu để ghi và lưu trữ dữ liệu; Bộ điều hòa và bộ chuyển đổi tín hiệu.

Các thành phần và lựa chọn bổ sung:

6) Cảm biến và bộ truyền động:

Chức năng: Cảm biến thu thập dữ liệu về nhiều thông số vật lý khác nhau (ví dụ: nhiệt độ, áp suất, lưu lượng), trong khi bộ truyền động thực hiện các hành động dựa trên lệnh điều khiển (ví dụ: mở van, khởi động máy bơm).

Thành phần: Cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất, lưu lượng kế Van, động cơ, rơ le, solenoid.

7) Quản lý báo động và sự kiện:

Chức năng: Quản lý báo động và sự kiện do hệ thống SCADA tạo ra. Nó cảnh báo người vận hành về các điều kiện bất thường và sự kiện cần chú ý.

Thành phần: Phần mềm quản lý báo động; Nhật ký sự kiện và lưu trữ dữ liệu lịch sử Hệ thống thông báo (email, SMS, còi báo động).

8) Dữ liệu lịch sử và báo cáo:

Chức năng: Lưu trữ dữ liệu lịch sử để phân tích, báo cáo và tuân thủ quy định. Giúp xác định xu hướng và tối ưu hóa quy trình.

Thành phần: Cơ sở dữ liệu và kho dữ liệu Công cụ và phần mềm báo cáo; Công cụ phân tích và trực quan hóa dữ liệu.

9) Hệ thống bảo mật:

Chức năng: Bảo vệ hệ thống SCADA khỏi truy cập trái phép và các mối đe dọa mạng. Đảm bảo tính toàn vẹn, khả dụng và bảo mật của dữ liệu.

Thành phần: Tường lửa, hệ thống phát hiện/ngăn chặn xâm nhập (IDS/IPS); Cơ chế mã hóa và xác thực; Chính sách và quy trình bảo mật.

10) Công cụ bảo trì và chẩn đoán:

Chức năng: Đảm bảo hệ thống SCADA hoạt động liên tục và hiệu quả. Cung cấp các công cụ để chẩn đoán sự cố và thực hiện bảo trì.

Các thành phần: Phần mềm và phần cứng chẩn đoán; Công cụ bảo trì từ xa; Phụ tùng thay thế và các thành phần thay thế.

3. Chức năng của Hệ thống SCADA

Hệ thống Giám sát Điều khiển và Thu thập Dữ liệu (SCADA) được thiết kế để thực hiện một số chức năng quan trọng nhằm đảm bảo hoạt động hiệu quả và đáng tin cậy của các quy trình công nghiệp. Sau đây là cái

nhìn sâu sắc về các chức năng chính của hệ thống SCADA:

1) Thu thập dữ liệu

Chức năng: Hệ thống SCADA liên tục thu thập dữ liệu từ nhiều cảm biến và thiết bị hiện trường khác nhau trên khắp khu công nghiệp.

Các hoạt động chính: Giám sát các biến quy trình như nhiệt độ, áp suất, lưu lượng và mức; Thu thập dữ liệu từ các đầu vào kỹ thuật số (ví dụ: công tắc, rơle) và đầu vào tương tự (ví dụ: cảm biến); Lấy mẫu dữ liệu theo các khoảng thời gian xác định để duy trì độ chính xác theo thời gian thực.

2) Truyền dữ liệu

Chức năng: Truyền dữ liệu đã thu thập từ các thiết bị hiện trường từ xa (RTU/PLC) đến trạm giám sát trung tâm và ngược lại.

Các hoạt động chính: Sử dụng mạng truyền thông có dây hoặc không dây để truyền dữ liệu. Triển khai các giao thức truyền thông như Modbus, DNP3 và IEC 60870-5; Đảm bảo truyền dữ liệu đáng tin cậy và an toàn để ngăn ngừa mất mát hoặc hỏng dữ liệu.

3) Xử lý dữ liệu

Chức năng: Phân tích và xử lý dữ liệu thô thu thập được từ các thiết bị tại hiện trường để tạo ra thông tin có ý nghĩa.

Các hoạt động chính: Chuyển đổi dữ liệu thô thành các đơn vị kỹ thuật để diễn giải tốt hơn; Lọc và xác thực dữ liệu để đảm bảo độ chính xác; Thực hiện các phép tính và tổng hợp (ví dụ: trung bình, tổng, tốc độ thay đổi) trên dữ liệu đã thu thập.

4) Trực quan hóa dữ liệu

Chức năng: Cung cấp biểu diễn đồ họa của dữ liệu để người vận hành theo dõi và kiểm soát các quy trình một cách hiệu quả.

Các hoạt động chính: Hiện thị dữ liệu thời gian thực bằng Giao diện người-máy (HMI) như bảng thông tin, biểu đồ và đồ thị; Tạo sơ đồ luồng quy trình để trực quan hóa trạng thái hoạt động của nhiều thành phần khác nhau; Làm nổi bật các xu hướng, mô hình và bất thường thông qua các công cụ trực quan.

5) Hành động kiểm soát

Chức năng: Cho phép người vận hành gửi lệnh điều khiển đến các thiết bị tại hiện

trường để điều chỉnh các thông số quy trình và duy trì trạng thái hoạt động mong muốn.

Hoạt động chính: Thực hiện các hành động điều khiển thủ công như mở/đóng van, khởi động/dừng bơm và điều chỉnh điểm đặt; Triển khai logic điều khiển tự động để duy trì các quy trình trong các thông số được xác định trước; Sử dụng vòng phản hồi để đảm bảo tính ổn định và nhất quán của quy trình.

6) Xử lý báo động

Chức năng: Phát hiện và cảnh báo người vận hành về các điều kiện và sự kiện bất thường cần được xử lý ngay lập tức.

Các hoạt động chính: Thiết lập ngưỡng giới hạn cho các thông số quy trình khác nhau; Tạo báo động và cảnh báo khi các thông số vượt quá giới hạn đã đặt hoặc xảy ra các sự kiện bất thường; Phân loại báo động theo mức độ ưu tiên và mức độ nghiêm trọng để giúp người vận hành ưu tiên phản hồi của họ; Cung cấp thông tin chi tiết về tình trạng báo động, bao gồm dấu thời gian và vị trí.

7) Ghi nhật ký dữ liệu

Chức năng: Ghi lại dữ liệu lịch sử để phân tích, báo cáo và mục đích tuân thủ.

Các hoạt động chính: Lưu trữ dữ liệu trong cơ sở dữ liệu hoặc lịch sử dữ liệu để lưu giữ lâu dài; Ghi lại các sự kiện, báo động và hành động của người vận hành; Duy trì nhật ký toàn diện về hiệu suất hệ thống và lịch sử hoạt động.

8) Báo cáo và phân tích

Chức năng: Tạo báo cáo và phân tích dữ liệu lịch sử để hỗ trợ ra quyết định và cải thiện hiệu quả hoạt động.

Các hoạt động chính: Tạo báo cáo thường xuyên về hiệu suất hệ thống, số liệu sản xuất và tóm tắt sự cố; Phân tích xu hướng lịch sử để xác định các lĩnh vực cần cải thiện và tối ưu hóa; Sử dụng các kỹ thuật phân tích nâng cao và khai thác dữ liệu để khám phá thông tin chi tiết.

9) Giám sát và điều khiển từ xa

Chức năng: Cho phép truy cập từ xa vào hệ thống SCADA để giám sát và điều khiển các quy trình từ xa.

Các hoạt động chính: Cung cấp quyền truy cập từ xa an toàn thông qua giao diện web hoặc các công cụ truy cập từ xa chuyên

dụng; Cho phép người vận hành thực hiện chẩn đoán và bảo trì từ xa; Đảm bảo khả năng điều khiển từ xa được bảo mật và được ủy quyền.

10) Quản lý dự phòng và chuyển đổi dự phòng

Chức năng: Đảm bảo độ tin cậy và tính khả dụng của hệ thống thông qua các cơ chế dự phòng và chuyển đổi dự phòng.

Các hoạt động chính: Triển khai các đường dẫn truyền thông dự phòng và máy chủ dự phòng để ngăn ngừa các điểm lỗi đơn lẻ; Cấu hình các quy trình chuyển đổi dự phòng tự động để chuyển sang các hệ thống dự phòng trong trường hợp hệ thống chính bị lỗi; Thường xuyên kiểm tra các thiết lập dự phòng và chuyển đổi dự phòng để đảm bảo chúng hoạt động chính xác khi cần.

4. Các ứng dụng của SCADA trong ngành mỏ

Hệ thống giám sát và thu thập dữ liệu (SCADA) đóng vai trò quan trọng trong ngành khai thác mỏ, cung cấp khả năng giám sát, kiểm soát và tự động hóa các hoạt động khai thác theo thời gian thực. Dưới đây là các ứng dụng chính của hệ thống SCADA trong khai thác:

1/ Giám sát và kiểm soát quy trình

Hệ thống SCADA cung cấp khả năng kiểm soát tập trung đối với nhiều quy trình khai thác khác nhau, bao gồm:

- Khai thác quặng: Thu thập dữ liệu theo thời gian thực từ thiết bị khoan, nổ mìn và vận chuyển.

- Nghiền và nghiền: Giám sát trạng thái máy nghiền, tải động cơ và tốc độ băng tải.

- Quy trình tuyển quặng: Kiểm soát tuyển nổi, lọc và các kỹ thuật tách khoáng khác.

2/ Giám sát thông gió và môi trường

- Kiểm soát quạt thông gió, van điều tiết và luồng khí.

- Giám sát mức khí (ví dụ: mê-tan, CO), nồng độ bụi, độ ẩm và nhiệt độ.

- Tự động báo động và quy trình tắt máy khi phát hiện điều kiện không an toàn.

3/ Phân phối và quản lý điện

- Giám sát tải điện trên các khu vực khai thác khác nhau.

- Kiểm soát các chất, máy biến áp và máy

phát điện dự phòng.

- Cắt tải và phát hiện lỗi để duy trì hoạt động không bị gián đoạn.

4/ Quản lý đội xe và thiết bị

- Theo dõi vị trí, hiệu suất và tình trạng của xe tải kéo, máy đào và máy khoan.

- Khởi động/dừng từ xa, chẩn đoán lỗi và bảo trì dự đoán.

- Giảm thời gian chết và cải thiện việc sử dụng tài sản.

5/ Quản lý nước và nước thải

- Giám sát và kiểm soát máy bơm thoát nước, hệ thống thoát nước và ao chứa chất thải.

- Quản lý lưu lượng, áp suất và chất lượng nước xử lý và nước thải.

- Đảm bảo tuân thủ các quy định về môi trường.

6/ Hệ thống an toàn và bảo mật

- Tích hợp với CCTV, kiểm soát ra vào và phát hiện xâm nhập.

- Hệ thống ứng phó khẩn cấp và kiểm soát hỏa hoạn.

- Ghi nhật ký và theo dõi kiểm toán để điều tra sự cố.

7/ Phân tích và tối ưu hóa dữ liệu

- Thu thập dữ liệu theo thời gian thực và lịch sử để phân tích sản xuất.

- Xác định các điểm nghẽn, tình trạng kém hiệu quả và cơ hội tiết kiệm chi phí của quy trình.

- Hỗ trợ các mô hình song sinh kỹ thuật số và kiểm soát dự đoán do AI điều khiển.

8/ Hoạt động từ xa và Tự động hóa

- Cho phép các trung tâm hoạt động khai thác từ xa, đặc biệt là ở những khu vực nguy hiểm hoặc xa xôi.

- Hỗ trợ xe tự hành, khoan tự động và hệ thống băng tải.

- Cải thiện hiệu quả hoạt động đồng thời giảm thiểu tình trạng lao động phải tiếp xúc với các điều kiện nguy hiểm.

5. Kết luận

Trong lĩnh vực khai thác mỏ, hệ thống SCADA nổi lên như một chốt chặn, điều phối giám sát và kiểm soát theo thời gian thực để đảm bảo hoạt động xuất sắc. Bằng cách tận dụng sức mạnh của dữ liệu, tự động hóa và kết nối, các đơn vị khai thác mỏ có

thể vượt qua các thách thức, tăng cường an toàn và đạt được mục tiêu khai thác tài nguyên bền vững và hiệu quả. Vai trò của hệ thống SCADA không chỉ là công nghệ đơn thuần; nó trở thành động lực thúc đẩy vươn lên, khả năng tái tạo và đổi mới trong ngành khai thác mỏ.

Tài liệu tham khảo

1. Ilten, E., Unsal, M. E., (2024). PLC Based SCADA System Design for Instant Monitoring and Early Warning Mechanism of Toxic Gases in Underground Mines, Journal of Engineering Sciences and Design,12(1), 64-74.

2. Automatic methane monitoring system successfully manufacture, <https://vietnamenergy.vn/automatic-methane-monitoring-system-successfully-manufactured-9081.html>

3. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

<https://www.e-spincorp.com/supervisory-control-and-data-acquisition-scada/>

4. Goran Blazeski , Vladimir Dilevski; Automation System for the well drainage system at Coal Mine “Underlying Seam Suvodol”, Mining Power Complex Bitola <https://www.siskon.com.mk/BalkanMINE/Paper%20-%20BM.pdf>

5. Priyanka Shewale1, Ashwini Patil2, Harsha Borkhade3, Mr. S. U. Shinde ; Coal Mine Safety & Monitoring by using PLC & SCADA; International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET); Volume: 07 Issue: 11 | Nov 2020 www.irjet.net.

6. The role of SCADA systems in realtime monitoring and control of mining operations <https://www.qlresources.com.au/the-role-of-scada-systems-in-real-time-monitoring-and-control-of-mining-operations/>.

Nghiên cứu thiết kế và ứng dụng công trình lò giếng dựa vào kỹ thuật phát triển REVIT thứ cấp

Nguồn: Kỳ 2 quyền 55 Tạp chí Công trình Than Trung Quốc

>> CN. Nguyễn Mai Hoa, Công ty CP Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin (Biên dịch)

Tóm tắt: Để giải quyết các vấn đề trong thiết kế mỏ than truyền thống như khối lượng thiết kế lớn và tính toán bản vẽ phức tạp, nghiên cứu này phân tích nhu cầu thiết kế thuận của công trình mỏ than, sử dụng phương pháp trực quan và lập thể hóa để thể hiện hệ thống khai thác, đào lò phức tạp ở mỏ than hầm lò. Từ đó, đề xuất ý tưởng phát triển thứ cấp dựa trên nền tảng Revit, thực hiện phát triển thứ cấp nhằm mở rộng các chức năng ứng dụng của nền tảng này, nâng cao khả năng thích ứng của Revit trong hệ thống BIM đối với ngành thiết kế công trình mỏ than.

Abstract: In order to solve the problems in traditional coal mine design such as large design volume and complex drawing calculation, this study analyzes the forward design needs of coal mine construction, using visualization and stereoscopic methods to represent the complex mining and tunneling system in underground coal mines. From there, proposes the idea of secondary development based on Revit platform, carries out secondary development to expand the application functions of this platform, and enhances the adaptability of Revit in BIM system for coal mine construction design industry..

Thông qua thực tế cho thấy, khai thác, mở rộng và thiết kế các cấu kiện chính ở mỏ than hầm lò Qianxin Quý Châu, lập thông số tương ứng cho cấu kiện mô hình, hoàn thành thống kê tự động khối lượng công trình, đồng thời kết hợp phần mềm BIM khác để thiết kế mô hình số hóa 3 chiều trong lò đã nâng cao chất lượng thiết kế và hiệu suất xuất bản bản vẽ, hoàn thiện tính liên kết giữa dữ liệu và hình vẽ, phục vụ ứng dụng công nghệ BIM trong thiết kế hướng chính công trình mỏ than, đồng thời gán các thông số thuộc tính tương ứng cho các mô hình cấu kiện, hoàn thành thống kê khối lượng công trình một cách tự động. Bằng cách kết hợp với các phần mềm BIM khác, nghiên cứu đã thiết kế mô hình số hóa 3D dưới lòng đất, giúp nâng cao chất lượng thiết kế, cải thiện hiệu suất xuất bản vẽ, tăng cường sự liên kết giữa dữ liệu và hình ảnh, góp phần thúc đẩy quá trình xây dựng mỏ than số hóa.

Ngoài số lượng lớn các mỏ mới xây dựng, việc phát triển và đào sâu các mỏ hiện

có và thiết kế tích hợp các mỏ theo chỉ đạo chính sách, tốc độ thiết kế mỏ than truyền thống ngày càng không đáp ứng được nhu cầu ngày càng tăng [1]. Tài nguyên than vẫn chiếm vị trí chủ đạo trong cơ cấu tiêu thụ năng lượng sơ cấp của Trung Quốc. Khai thác than hầm lò vẫn là phương thức chính để thu được tài nguyên than. Tuy nhiên, quá trình khai thác mỏ than là một quá trình hình thành hệ thống động, trong đó thiết kế mỏ ban đầu liên tục thay đổi trong quá trình sản xuất. Cùng với việc xây dựng số lượng lớn mỏ mới, khai thác xuống sâu các mỏ hiện có, cũng như thiết kế tổng hợp các mỏ theo chủ trương, chính sách làm cho tốc độ thiết kế mỏ than truyền thống ngày càng khó đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng. Mô hình thiết kế mỏ mới dựa trên công nghệ BIM đề cập đến việc lựa chọn phần mềm Revit làm nền tảng trong hệ thống BIM, kết hợp các chức năng của Revit với các hệ thống như CAD, Civil 3D, Dynamo... để hiện thực hóa công nghệ thiết kế thuận cho mỏ than, tích hợp các chức

năng như mô hình hóa trực tiếp, sử dụng mô hình đa mục đích, tính toán khối lượng công trình và tự động xuất bản vẽ. Hoàng Hạ trong “Nghiên cứu ứng dụng của kỹ thuật BIM trong dự án mỏ than Daliuta” (Tập chí công trình than, 2016, 48(12)), dựa trên dự án BIM trong ngành than đầu tiên được ứng dụng thực tế tại Trung Quốc, đã phân tích phương pháp triển khai và triển vọng ứng dụng của dự án thí điểm BIM trong mỏ than. Triệu Anh trong “Nghiên cứu phân tích phần mềm BIM và lựa chọn phần mềm BIM cho công trình mỏ than (Khảo sát thiết kế Trung Quốc, 2019 (1)) ” đã tiến hành tổng kết và phân tích về nguyên tắc lựa chọn phần mềm BIM trong các công trình than, cũng như các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn phần mềm BIM cho các dự án kỹ thuật mỏ than. Vũ Địch Tuấn trong “Thiết kế huân BIM hệ thống sản xuất trên mặt bằng mỏ than lộ thiên (Tập chí công trình than, 2021, 53 (8))” đã xây dựng quy trình thiết kế thuận BIM cho hệ thống sản xuất trên mặt bằng của mỏ than lộ thiên, hình thành nên một hệ thống thiết kế thuận toàn diện, trong đó các chuyên ngành cùng phối hợp trên một nền tảng hợp tác, cung cấp định hướng đúng đắn cho việc ứng dụng công nghệ thiết kế xuôi BIM trong các mỏ than lộ thiên. Hà Lợi Huy trong “Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật BIM trong thiết kế đường lò mỏ than (Tập chí công trình than, 2021, 53(7))” đã ứng dụng công nghệ BIM để phát triển hệ thống thiết kế ba chiều cho các đường lò mỏ than và đã được triển khai thành công trong thực tế, giúp nâng cao chất lượng thiết kế đường lò và thay đổi mô hình thiết kế truyền thống. Ngụy Hồng Lỗi và Tạ Kim Thảo trong “Nghiên cứu ứng dụng phát triển thiết kế công trình lò giếng dựa vào kỹ thuật Revit (Tập chí công trình than, 2019)”, thông qua việc phát triển mở rộng nền tảng Revit, đã cung cấp hỗ trợ kỹ thuật cho thiết kế mỏ than kiểu mới. Thông qua việc phát triển và ứng dụng mô hình ba chiều cho các công trình đường lò mỏ than, họ đã cung cấp các phương tiện công nghệ thông tin cho việc xây dựng mỏ than số hóa. Hiện nay, công nghệ phát triển thứ cấp (mở rộng)

(secondary development) dựa trên nền tảng Revit ở Trung Quốc chủ yếu được áp dụng trong lĩnh vực kiến trúc, trong khi việc ứng dụng vào lĩnh vực kỹ thuật mỏ than vẫn còn tương đối hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu là do: Thứ nhất, tính đặc thù của các công trình ngầm dưới lòng đất; thứ hai, các chức năng thiết kế của Revit chưa thống nhất và vẫn chưa hoàn toàn đáp ứng được qui phạm thiết kế và qui phạm lập bản vẽ ngoài lĩnh vực kiến trúc. Dựa trên các nghiên cứu trước đây, bài viết này thông qua việc phân tích nhu cầu thiết kế thuận của công nghệ BIM trong kỹ thuật mỏ than, tiến hành phát triển thứ cấp dựa trên Revit nhằm mở rộng các chức năng ứng dụng trên nền tảng này, xây dựng thông số hóa cho các cấu kiện công trình mỏ than, từ đó hình thành phương pháp thiết kế thuận công trình mỏ than phát triển thứ cấp dựa trên Revit. Đồng thời, thông qua sự kết hợp giữa các phần mềm BIM khác nhau, bài viết tìm hiểu tính khả thi trong việc ứng dụng công nghệ BIM vào thiết kế mỏ than hầm lò.

1. So sánh thiết kế truyền thống và thiết kế thuận BIM

Lưu trình thiết kế mỏ than truyền thống chủ yếu bao gồm: lập bản vẽ địa hình, khai thông mỏ, lập bản vẽ đường lò cơ bản, khai thác và vận tải trong lò, thông gió và an toàn mỏ. Nếu có những thay đổi về phương án, sẽ làm cho tất cả các lưu trình thay đổi, do đó cần nhiều nhiều thời gian và nhân lực để điều chỉnh. Ngoài ra, mỗi quy trình có nhiều bên tham gia, dẫn đến tình trạng thông tin bị tắc nghẽn trong giao tiếp, gây ra các vấn đề như mất dữ liệu, quản lý bảo mật kém, hiệu quả thấp trong quá trình tạo dự án. Tư duy thiết kế thuận công trình mỏ than dựa trên công nghệ BIM là xây dựng loại hình cấu kiện thông số hóa tương ứng với từng hạng mục công trình mỏ than, lấy mô hình ba chiều làm nền tảng. Thông qua phần mềm Revit, thực hiện kiểm soát và liên kết giữa các tham số, từ đó tiến hành xử lý thiết kế. Sau đó, kết hợp với các phần mềm khác trong hệ sinh thái BIM như Civil 3D, Dynamo... để tạo ra sản phẩm thiết kế hoàn chỉnh. Phương pháp này kết hợp chặt chẽ giữa phần mềm máy

tính và quy trình thiết kế, mang lại ba đặc điểm mới nổi bật: trực quan hóa, khả năng phối hợp và mức độ tinh chỉnh cao.

1) Trực quan hóa. Công nghệ BIM có thể tạo ra bước nhảy vọt từ mặt phẳng sang không gian trong các bản vẽ mô than, thông qua việc quan sát mô hình 3D, các thông tin liên quan giữa các cấu kiện khác nhau trong mô than có thể được kết nối với nhau.

2) Tính phối hợp: Phương pháp thiết kế hướng chính cho phép “một mô hình, nhiều ứng dụng”, tức là với cùng một loại mô hình nhưng ở các giai đoạn ứng dụng khác nhau chỉ cần chỉnh sửa và hoàn thiện trên một mô hình duy nhất. Bằng cách thiết lập mối liên kết giữa mô hình và bản vẽ, lấy mô hình làm điểm xuất phát, nền tảng thông tin BIM kết nối các bên như đơn vị thiết kế và đơn vị thi công. Khi một bên thực hiện chỉnh sửa, bên còn lại có thể nhận được thông tin cập nhật tương ứng trong phần mềm Revit, từ đó giảm thiểu thời gian, nhân lực và chi phí phát sinh do thay đổi trong quá trình thi công.

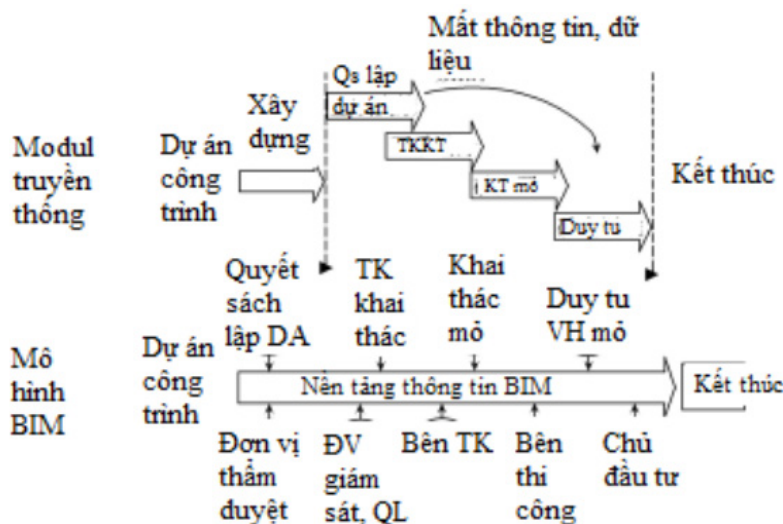
3) Độ tinh chỉnh cao. Công nghệ BIM có thể lưu trữ thông tin của các cấu kiện trong máy tính, sử dụng máy tính để thống kê khối lượng, cung cấp dữ liệu cơ bản công trình chính xác hơn, chẳng hạn như chiều rộng đường lờ, diện tích, v.v., để cung cấp hỗ trợ cho công tác quản lý xây dựng sau này. So sánh hai loại thiết kế như hình 1 mô tả.

2. Phát triển thứ cấp dựa trên Revit

2.1 Định hướng phát triển thứ cấp

Chức năng của phần mềm Revit phát triển thứ cấp cần sử dụng đến Dynamo và các chương trình bên ngoài.

Dynamo là một plugin lập trình trực quan trong Revit, cho phép kết nối nhiều phần tử với nhau để xác định mối quan hệ và xây dựng các chuỗi thao tác thuật toán tùy chỉnh. Dynamo giúp tối ưu hóa các thao tác như mô hình hóa thông số, xử lý hàng loạt mô hình và các tác vụ khác, từ đó nâng cao hiệu quả mô hình hóa 3D. Khi lập trình các ứng dụng bên ngoài, bắt buộc phải gọi các lệnh từ giao diện lập trình bên ngoài của Revit. Những lệnh này yêu cầu sử dụng Revit API – tức giao diện lập trình ứng dụng của Revit. Revit API cung cấp một lượng lớn các không gian tên (namespaces) và hàm phong phú, hỗ trợ mạnh mẽ cho phát triển thứ cấp các chức năng của Revit. Hiện nay, có hai công cụ chính để phát triển mở rộng Revit dựa trên Revit API: VSTA (Visual Studio Tools for Applications) và VS (Visual Studio). Với VSTA, người dùng có thể sử dụng ngôn ngữ C# hoặc VB.Net trong môi trường làm việc của Revit để viết các chức năng mở rộng, đồng thời tạo ra các macro lệnh nhằm thực hiện các tác vụ mở rộng bên ngoài. Còn với Visual Studio, các chương trình được viết bằng các ngôn ngữ như C++. Sau khi hoàn



Hình 1. So sánh mô hình truyền thống và BIM

tất, chương trình được biên tập thành các tập tin DLL, sau đó sử dụng các tập tin giao diện bên ngoài để tạo thành các chương trình mở rộng. Tuy nhiên, trong quá trình lập trình, bắt buộc phải tham chiếu đến các thư viện thành phần được tích hợp sẵn trong Revit. Bài viết này chủ yếu sử dụng Visual Studio 2015 để tiến hành phát triển mở rộng Revit.

Việc phát triển mở rộng (phát triển lần hai) các chức năng bên ngoài của Revit API cần được thực hiện trong môi trường máy tính có hỗ trợ.

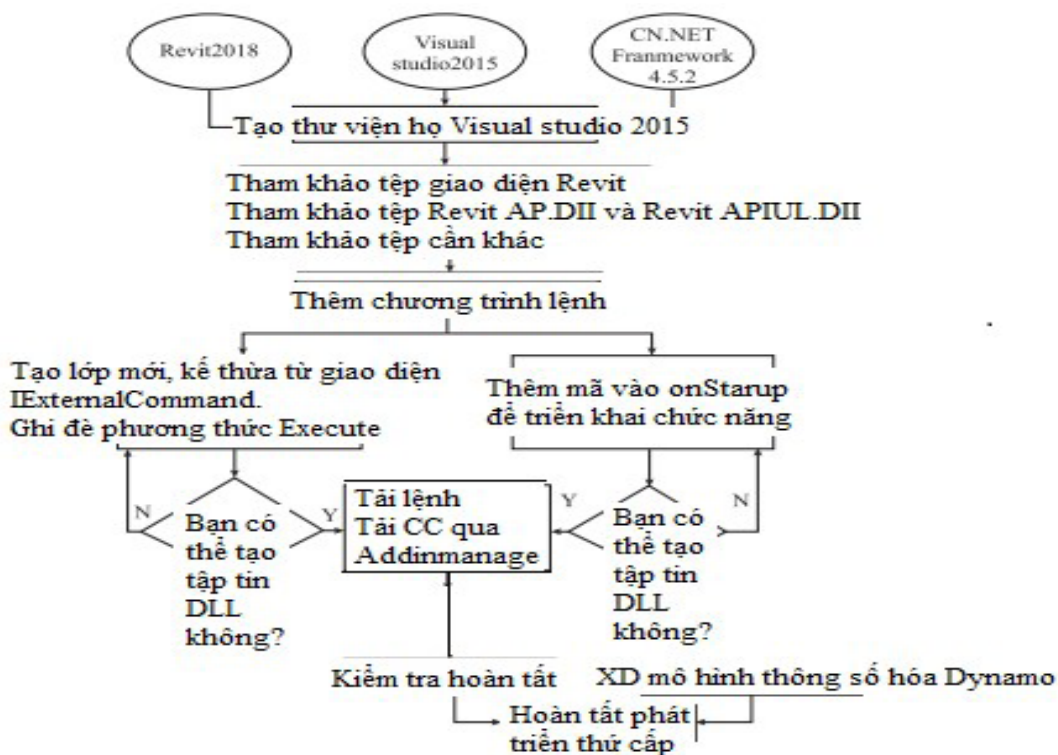
.NET.

Trong quá trình phát triển, chương trình sẽ gọi đến hai thư viện tham chiếu là API (RevitAPI.dll) và APIUI (RevitAPIUI.dll). RevitAPI.dll bao gồm các lệnh trong Application và Document, đặc biệt là hai giao diện bên ngoài là IExternalApplication và IExternalCommand. RevitAPIUI.dll phụ trách việc định danh và tham chiếu các hàm không gian trong giao diện người dùng. Việc có tạo ra được tập tin DLL hay không là cơ sở để đánh giá xem quá trình phát triển và

thử nghiệm đã hoàn tất hay chưa. Sau khi quá trình thử nghiệm hoàn tất, có thể kết hợp với Dynamo để tiến hành mô hình hóa thông số, từ đó hoàn thiện quá trình phát triển mở rộng lần hai. Quy trình tư duy phát triển mở rộng Revit dựa trên Revit API được minh họa ở Hình 2.

2. 2 Lưu trình phát triển thứ cấp

Bởi vì chức năng thiết kế kết cấu mặc định của Revit không phù hợp với lĩnh vực mô than, nên cần phải thiết kế riêng cho công trình mô than. Trước tiên, sử dụng chương trình bên ngoài là Visual Studio (VS), kết hợp với việc gọi các API và APIUI, viết mã bằng ngôn ngữ C++ để tạo một thẻ tùy chọn riêng cho mô than. Dựa trên thẻ tùy chọn này, tiến hành xây dựng các bảng chọn tương ứng với các mô-đun chính trong công trình mô than, bao gồm lựa chọn chức năng liên quan đến thông tin mô than: vẽ đường lò, hệ thống khai thông, hệ thống khai thác, phân tích đơn giá, mô hình địa chất. Sau khi hoàn thành giao diện tùy chọn cho việc phát triển Revit lần hai, cần tạo một API



Hình 2. Quy trình phát triển thứ cấp dựa trên Revit

điều khiển (control API) hiển thị thông tin bật lên và hình ảnh liên quan, nhằm cung cấp thêm dữ liệu và hỗ trợ thiết kế mô hình thuận tiện hơn. API điều khiển này hiển thị thông tin qua ba hình thức: công cụ gợi ý (ToolTip), mô tả dài (LongDescription) và hình ảnh gợi ý (ToolTipImage). Khi người dùng di chuột đến nút chức năng, các thông tin gợi ý sẽ tự động hiển thị, giúp kỹ thuật viên thao tác một cách thuận tiện và hiệu quả hơn. Sau khi hoàn thành các thao tác trước đó, tiến hành tạo các thông số family (họ thông số) dành cho mỏ than. Quy trình thao tác như sau: chọn tệp mẫu family 2D, sau đó sử dụng các chức năng của Revit như kéo giãn (Extrusion), xoay (Revolve), hợp nhất (Blend), hợp nhất rỗng (Void Blend), tạo hình theo đường dẫn (Swept Blend) v.v... để kết hợp tạo thành mô hình 3D. Tiếp theo, nhập các thông số family hợp lý, liên kết các thông số này với thông số thiết kế. Sau đó, thông qua Revit Manager thiết lập sự tương tác và liên kết giữa các thông số family với nhau, từ đó tạo ra mối quan hệ liên động: khi nhập một lần dữ liệu có thể sử dụng nhiều lần, thông số thay đổi sẽ kéo theo hình học thay đổi. Sau khi hoàn thành tất cả các bước trên, cuối cùng tiến hành đồng bộ và tải lên thư viện family. Sau khi hoàn thành mô hình hóa thông số, có thể sử dụng chức năng bảng thống kê (Schedule) trong phần mềm Revit để trích xuất các dữ liệu như thông số của cấu kiện mô hình, số lượng cấu kiện, loại cấu kiện, khối lượng công trình... và xuất ra dưới dạng bảng. Bảng thống kê có mối liên hệ trực tiếp với các bản vẽ nguồn, do đó khi bản vẽ nguồn hình học có sự thay đổi thì bảng thống kê cũng sẽ tự động cập nhật theo. Bài viết này thông qua phương pháp phát triển lần hai để tạo thẻ tùy chọn riêng cho công trình mỏ than. Bằng cách sử dụng chương trình bên ngoài Visual Studio (VS), có thể xuất bảng thống kê do Revit tạo ra sang định dạng Excel, giúp việc ứng dụng thực tế và lưu trữ dữ liệu trở nên thuận tiện hơn. Hơn nữa, trong giai đoạn sau, hoàn toàn có thể nhập ngược dữ liệu từ bảng Excel trở lại Revit để thực hiện chức năng truyền dẫn

hai chiều.

3. Ứng dụng thực tế

3.1. Khái quát mỏ than

Mỏ than Kiềm Hâm (Qianxin) nằm ở vùng Hồng Lâm (Honglin), phía tây bắc huyện Kiềm Tây (Qianxi), tỉnh Quý Châu. Khu mỏ nằm gần đoạn gấp khúc phía tây nam của nếp lồi Chi Xưởng theo hướng đông bắc. Về mặt cấu trúc địa chất lớn, khu vực này thuộc vùng biến dạng cấu trúc theo hướng đông bắc của đới gãy Tuân Nghĩa (Zunyi) trong mái vòm phía bắc Quý Châu, thuộc nền địa chất Dương Tử. Tầng địa chất trong khu vực có dạng đơn nghiêng, dốc về phía nam với góc nghiêng từ 6° đến 12° . Cấu trúc đứt gãy không phát triển, trong khu vực không có đứt gãy lớn. Các cấu kiện chính trong lòng đất của mỏ bao gồm: giếng nghiêng chính, giếng nghiêng phụ, giếng thông gió nghiêng, mặt khai thác, đường lò dẫn khí gas, phòng trú ẩn vĩnh viễn... Các cấu kiện chủ yếu có tiết diện hình vòm, là hình thức đường lò điển hình trong các mỏ than hầm lò, với các ưu điểm như khả năng chịu lực tốt, cấu tạo đơn giản, khả năng vượt tải lớn. Toàn bộ mỏ áp dụng phương pháp mở vỉa bằng giếng nghiêng. Giếng nghiêng chính sử dụng băng tải để vận chuyển than nguyên khai, đồng thời bố trí hệ thống ống dẫn khí nén và ống cấp nước chữa cháy. Giếng nghiêng phụ sử dụng hệ thống kéo đơn móc để vận chuyển đất đá, vật tư và thiết bị, đồng thời lắp đặt thiết bị vận chuyển người dạng treo trên cao và hệ thống ống thoát nước. Tại cao độ +1562m của giếng nghiêng phụ có bố trí sân ga đáy giếng, trạm bơm nước và hầm chứa nước. Giếng thông gió nghiêng có cốt cao miệng giếng là +1612.588m. Ba giếng: chính, phụ và thông gió, được liên thông ở cốt cao +1562m thông qua đường lò liên lạc đáy giếng, tạo thành hệ thống mở vỉa cho khu khai thác số một của mỏ.

3.2 Xây dựng mô hình cấu kiện chủ yếu công trình mỏ than

Lấy giếng nghiêng chính (đoạn đất bề mặt) của mỏ than Kiềm Hâm làm nguyên mẫu, do trong thư viện mặc định của Revit không có mô hình hình học cho công trình

mỏ than, vì vậy cần phải sử dụng dữ liệu thực tế từ hiện trường mỏ, như chiều rộng đường lò, chiều cao vòm đường lò v.v. để tạo mô hình mặt cắt hai chiều của công trình mỏ bằng CAD. Sau đó, sử dụng các chức năng của Revit như kéo dài, xoay, hợp nhất, hợp nhất rỗng, hợp nhất theo đường biên v.v. để tạo mô hình ba chiều, như thể hiện trong Hình 3.



Hình 3 Đường lò hình vòm tạo thành từ Revit

Sau khi mô hình ba chiều được tạo sơ bộ, trong hộp thoại tham số family của Revit, đặt tên cho đường lò này. Dựa theo các thông số thiết kế của mỏ, thiết lập các tham số family, sau đó sử dụng Revit Manager để liên kết các tham số này với family. Như vậy, có thể thay đổi mô hình family tương ứng trong Revit bằng cách thay đổi các thông số thiết kế. Áp dụng phương pháp này cho các loại mặt cắt đường lò khác, dựa vào các loại đường lò ngầm tại mỏ than Kiểm Tân, Quý Châu, có thể lần lượt hoàn thành các mô hình cấu kiện như: giếng nghiêng chính (đoạn nền đá), giếng nghiêng phụ, đường lò sân ga đáy giếng, lò thông gió lò chợ CGHĐB v.v. Một số cấu kiện được thể hiện trong Hình 4. Để đảm bảo các cấu kiện mỏ than hầm lò được tạo dựa trên mỏ này có thể tái sử dụng trong các mỏ than khác với điều kiện tương tự, cần tạo một thư viện family để quản lý, tích hợp và sắp xếp các tập tin family rồi tải lên và lưu trữ.

Sau đó, sử dụng chức năng bảng thống kê (Schedule) trong danh sách chức năng hiển thị (View) của Revit, chọn mô hình thông thường, rồi thêm các tham số cần thiết vào. Lấy ví dụ với đường lò hình vòm, sử dụng

phần mềm VS2015 để lập trình, sau đó dùng plugin Addin Manager để đọc và tạo file thực thi, từ đó có thể tạo ra bảng thống kê khối lượng công trình đường lò, bao gồm diện tích đào lò...giúp ích rất lớn cho công nhân đào lò tuyến đầu.

3. 3. Xây dựng mô hình số 3 chiều mỏ than

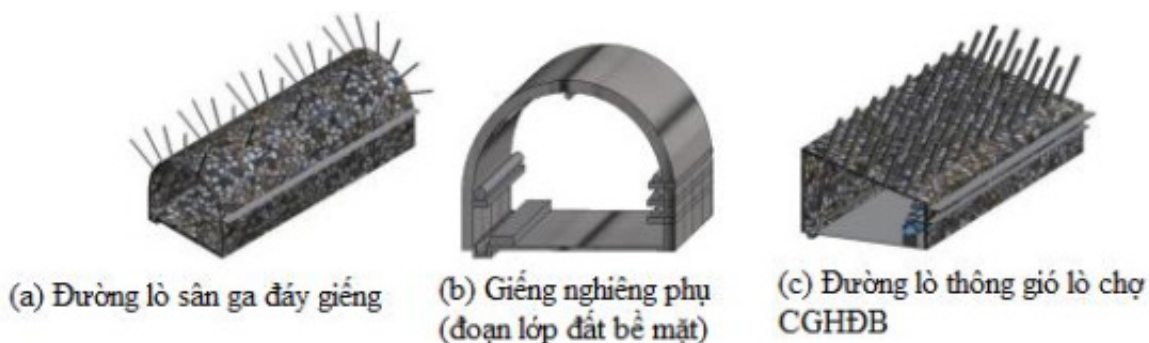
Sử dụng mô hình phần mềm thu được từ phát triển thứ cấp của Revit, kết hợp với các phần mềm như Civil 3D, Dynamo, CAD... để xây dựng mô hình số hóa 3D cho hệ thống mỏ than hầm lò.

1) Tạo mô hình địa chất: Thông qua việc làm tròn tọa độ kinh vĩ độ của địa hình khu mỏ, tiến hành lấy điểm 3D toàn bộ địa hình, sau đó chuyển sang dạng bảng Excel. Tiếp theo, sử dụng Dynamo để đọc tệp Excel, dùng nút File Path chuyển đổi lượng lớn dữ liệu điểm trong Excel thành các điểm hiển thị trong Revit. Khi chạy trên giao diện Revit, sẽ thu được bản phân bố tọa độ điểm có trật tự, sau đó dùng phương pháp vẽ đường cong để nối các điểm, từ đó tạo ra đường cong địa hình của khu mỏ, như thể hiện ở Hình 5.

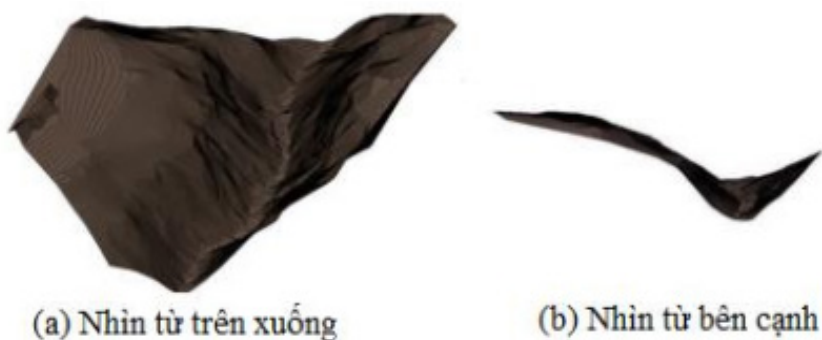
2) Xét đến tính chất phức tạp của cấu trúc dưới lòng đất và do bài viết này tập trung thảo luận về tính phù hợp của việc ứng dụng công nghệ BIM trong lĩnh vực khai thác than, nên các cấu kiện và bản đồ địa hình được tạo ra chỉ có thể đáp ứng yêu cầu mô hình hóa đơn giản trong hầm lò. Toàn bộ mô hình được tạo sẽ được nhập vào phần mềm Civil 3D để tạo ra hình ảnh hiệu quả, như thể hiện trong Hình 6.

4. Phân tích triển vọng ứng dụng

Từ ví dụ ứng dụng có thể thấy rằng, những đặc điểm và ưu thế vốn có của công nghệ BIM có thể được khai thác triệt để trong thiết kế mỏ than. Ưu điểm lớn nhất của BIM là khả năng trực quan hóa - thông qua mô hình 3D trực quan, giúp người dùng dễ dàng hình dung, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thảo luận phương án và điều chỉnh thiết kế. Tiếp theo là tính chi tiết và chính xác - nhờ vào hệ thống xây dựng công trình hoàn chỉnh và đáng tin cậy, mỏ than có thể tính toán chính



Hình 4. Mặt cắt đường lò bộ phận

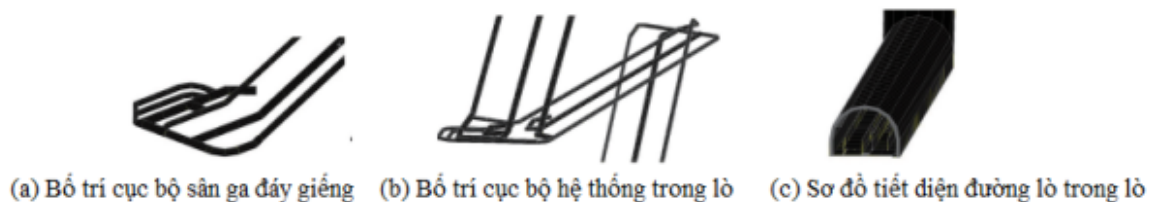


Hình 5. Mô hình địa chất mỏ sơ bộ tạo thành từ giao diện Revit

xác khối lượng công việc cần thiết, từ đó đưa ra phương án chi phí hợp lý hơn, tránh lãng phí nhân lực và vật tư, góp phần kiểm soát chi phí hiệu quả và nâng cao lợi nhuận cho doanh nghiệp. Tuy nhiên, những vấn đề tồn tại trong quá trình ứng dụng cũng cần được giải quyết tối ưu. Trước hết là chu kỳ ứng dụng thuận tiện. Công nghệ BIM có giá trị thực tiễn rất cao trong thiết kế mỏ than, tuy nhiên để phát huy tối đa hiệu quả trong toàn bộ vòng đời vận hành của một mỏ than, vẫn cần mở rộng ứng dụng sang các giai đoạn như khai thác, bảo trì và vận hành. Bên cạnh đó, việc ứng dụng BIM vào lắp đặt và chạy thử thiết bị trong ngành sản xuất như vì neo, máy khai thác than, máy đào lò... cũng cần được đẩy mạnh. Chỉ khi đó, lợi thế ứng dụng của BIM trong toàn bộ vòng đời dự án công

trình mỏ than mới có thể được khai thác tối đa. Ngoài ra, số lượng các trường hợp điển hình có thể tham khảo trên thực tế vẫn còn hạn chế, kinh nghiệm sử dụng cũng chưa phong phú. Dựa trên ví dụ trong bài viết, có thể thấy hai vấn đề nổi bật: Thứ nhất, tài nguyên phục vụ phát triển thứ cấp Revit API trong lĩnh vực mỏ than còn khan hiếm, các phần được khai thác, phát triển trong bài chỉ mới chiếm một phần nhỏ. Thứ hai, do hệ thống khai thác hầm lò chưa được xây dựng hoàn thiện, nên chưa thể thể hiện toàn diện cấu trúc và hoạt động của hệ thống dưới lòng đất. Vì vậy, cần tiếp tục nâng cao năng lực thiết kế công trình, tối ưu hóa thiết kế chương trình, đồng thời thúc đẩy ứng dụng sâu hơn công nghệ BIM trong khai thác than.

Tóm lại, việc ứng dụng các công nghệ



Hình 6. Hiệu quả mô hình công trình mỏ than

trực quan như BIM vào lĩnh vực khai thác than sẽ vẫn là xu hướng trong tương lai. Đặc biệt, với Revit là cốt lõi, mô hình BIM mô đã được xây dựng và thư viện dữ liệu chung đã được tạo ra. Trong tương lai, cần phải tạo ra một thư viện họ mô hình quy mô lớn và rộng khắp cho các loại mô hình mỏ khác nhau và thực hiện mô hình hóa ba chiều tinh vi về các điều kiện thực tế của cấu trúc đá địa chất ngầm, thân quặng v.v, thiết kế nền tảng thông tin BIM ngầm, cập nhật thông tin địa chất mới và cũ và các mô hình ngầm theo thời gian thực, thực hiện cập nhật động và tối ưu hóa mô hình, hình thành mô hình mô hình địa chất ba chiều ngầm động hoàn chỉnh của mỏ và thúc đẩy xây dựng thông minh các mỏ than.

Tổng kết lại, việc ứng dụng các công nghệ trực quan hóa như BIM vào lĩnh vực khai thác than trong tương lai vẫn là một xu hướng tất yếu, đặc biệt, việc lấy Revit làm nền tảng cốt lõi để xây dựng mô hình BIM cho mỏ than và tạo lập thư viện family, trong tương lai, vẫn cần tiếp tục xây dựng các thư viện family quy mô lớn, phạm vi rộng phù hợp với nhiều loại hình mỏ khác nhau. Đồng thời, phải tiến hành mô hình hóa 3D một cách chi tiết các yếu tố thực tế như cấu trúc lớp đá địa chất trong lò, quặng... Trên cơ sở đó, thiết kế một nền tảng thông tin BIM chuyên biệt trong lò, cho phép cập nhật theo thời gian thực các dữ liệu địa chất mới và cũ, cũng như các mô hình trong hầm lò. Qua đó, có thể thực hiện việc cập nhật và tối ưu hóa mô hình một cách linh hoạt, hướng tới việc xây dựng một hệ thống mô hình 3D địa chất trong lò mang tính động hoàn chỉnh, góp phần thúc đẩy xây dựng thông minh hóa trong mỏ than. Công nghệ BIM được ứng dụng vào lĩnh vực công trình mỏ than tương đối muộn và hiện tại các chức năng trong thiết kế mỏ than vẫn chưa được thống nhất đồng bộ. Tuy nhiên, cùng với sự hỗ trợ ngày càng mạnh mẽ của Nhà nước đối với việc phát triển mỏ than thông minh, triển vọng ứng dụng BIM trong ngành than chắc chắn sẽ tiếp tục được mở rộng. Trong tương lai, khi ngành công nghiệp than từng bước xây dựng và hoàn thiện các tiêu chuẩn, quy phạm liên

quan đến ứng dụng công nghệ BIM, đồng thời tăng cường đầu tư cho việc áp dụng kỹ thuật này, thì những lợi thế mà BIM mang lại sẽ được phát huy toàn diện trong lĩnh vực khai thác than. Công nghệ này sẽ được ứng dụng rộng rãi không chỉ trong khâu thiết kế, mà còn trong các hoạt động sản xuất.

5. Kết luận

1) Thông qua việc phân tích nhu cầu thiết kế thuận (thiết kế theo hướng mô hình hóa) trong kỹ thuật mỏ than bằng công nghệ BIM, nhóm nghiên cứu đã tiến hành phát triển thứ cấp dựa trên nền tảng Revit, mở rộng các chức năng ứng dụng từ nền tảng này. Qua các ví dụ thực tiễn, đã tiến hành xây dựng tham số hóa cho các cấu kiện thực tế trong hầm lò mỏ than, từ đó thiết lập một phương pháp thiết kế thuận cho công trình mỏ than dựa trên phát triển thứ cấp Revit, đồng thời kết hợp với phần mềm Dynamo xây dựng được mô hình số hóa cục bộ trong hầm lò, hiện thực hóa quá trình chuyển đổi từ thiết kế truyền thống hai chiều sang hình ảnh không gian ba chiều. Kết quả cho thấy việc tính toán khối lượng công trình trở nên chính xác và nhanh chóng, đồng thời xác minh được tính khả thi và tính phù hợp của công nghệ BIM trong các công trình thực tế của mỏ than, giúp đơn giản hóa quy trình thiết kế phức tạp, không chỉ nâng cao chất lượng thiết kế và hiệu quả xuất bản vẽ, mà còn nâng cao mối liên kết giữa dữ liệu và hình ảnh.

2) Công nghệ BIM được ứng dụng trong lĩnh vực khai thác than còn khởi đầu khá muộn, do đó cần sớm xây dựng một hệ thống tiêu chuẩn và quy chuẩn ứng dụng thống nhất. Trong bối cảnh ngành khai thác than đang dần chuyển mình theo hướng phát triển thông minh trong tương lai, việc ứng dụng công nghệ BIM sẽ trở thành một phương thức nghiên cứu quan trọng. Điều này không chỉ góp phần thúc đẩy sự phát triển chất lượng cao của ngành công nghiệp than, mà còn có ý nghĩa to lớn trong việc đảm bảo năng lực cạnh tranh của toàn ngành trong bối cảnh chuyển đổi số và hiện đại hóa ngày càng mạnh mẽ.

Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong Mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM)

>> **Th.S. Phạm Tú Phương**, Công ty CP Tư vấn đầu tư và công nghiệp mỏ - Vinacomin

Tóm tắt: Trong bối cảnh ngành công nghiệp mỏ Việt Nam đang từng bước chuyển mình theo xu thế chuyển đổi số, việc tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) vào Mô hình thông tin khai thác mỏ (Mining Information Modeling – MIM) được kỳ vọng sẽ tạo ra bước đột phá trong công tác quy hoạch, vận hành và giám sát an toàn mỏ, đặc biệt là tại các mỏ than hầm lò. Bài báo trình bày hiện trạng ứng dụng công nghệ số trong lĩnh vực khai khoáng, với trọng tâm là khả năng tích hợp AI vào MIM. Nội dung tập trung làm rõ các cấu phần chính của hệ thống MIM, các giai đoạn có thể áp dụng AI như: phân tích địa chất – thiết kế khai thác, giám sát thiết bị và môi trường, vận hành mỏ và mô phỏng lan truyền bụi. Một số nghiên cứu trong nước đã bước đầu áp dụng AI vào các bài toán như dự báo nồng độ bụi PM2.5, phát hiện bất thường từ dữ liệu cảm biến, xây dựng mô hình lan truyền bụi, nhưng phần lớn vẫn ở quy mô thử nghiệm. Thực trạng tại Việt Nam cho thấy một số rào cản lớn gồm: dữ liệu phân tán, hạ tầng CNTT hạn chế, thiếu nhân lực liên ngành và thiếu hướng dẫn thể chế cụ thể. Dù vậy, tiềm năng ứng dụng AI trong ngành mỏ rất lớn, đặc biệt với hành lang pháp lý mới như Luật Địa chất và Khoáng sản 2024, Nghị quyết số 88/NQ-CP và các tiêu chuẩn BIM-MIM mới ban hành. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất một số nhóm giải pháp trọng tâm về chuẩn hóa dữ liệu, phát triển hạ tầng số, đào tạo nhân lực liên ngành và hoàn thiện khung pháp lý, góp phần thực hiện chủ trương chuyển đổi số của Chính phủ trong lĩnh vực tài nguyên - khoáng sản phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Abstract: In the context of Vietnam's mining industry gradually transitioning toward digital transformation, the integration of artificial intelligence (AI) into Mining Information Modeling (MIM) is expected to be a breakthrough in mine planning, operations, and safety monitoring, especially in underground coal mines. This paper presents an overview of the current state of digital technology application in the mining sector, with a particular focus on the potential of combining AI with MIM. The content clarifies key components of MIM systems and the stages at which AI can be applied, including geological analysis, mine design, equipment and environmental monitoring, operational control, and dust dispersion simulation. Several domestic studies have preliminarily applied AI to problems such as methane prediction, anomaly detection based on sensor data, and dust propagation modeling. However, most of these initiatives remain at a trial or pilot scale. In practice, Vietnam faces several challenges, including fragmented data, limited IT infrastructure, a shortage of interdisciplinary human resources, and the absence of detailed regulatory guidelines. Nevertheless, the potential for AI application in the mining sector is substantial, particularly in light of new legal frameworks such as the 2024 Law on Geology and Minerals, Resolution No. 88/NQ-CP, and recently issued BIM-MIM standards. Based on this context, the paper proposes several key solution groups: standardizing mining data, developing digital infrastructure, training interdisciplinary human resources, and completing the regulatory framework. These recommendations aim to support the Government's digital transformation agenda in the natural resources and mining sector in a manner suitable to Vietnam's specific conditions.

I. Tổng quan về chuyển đổi số trong ngành khai khoáng

Chuyển đổi số trong lĩnh vực khai khoáng

được hiểu là quá trình ứng dụng có hệ thống các công nghệ số tiên tiến như dữ liệu lớn (Big Data), điện toán đám mây (Cloud

Computing), Internet vạn vật (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI), và mô hình thông tin số (BIM/MIM) nhằm nâng cao hiệu quả trong toàn bộ chuỗi hoạt động của ngành - từ công tác điều tra địa chất, thăm dò, thiết kế khai thác, vận hành mỏ cho đến đóng cửa mỏ và quản lý môi trường sau khai thác.

Trên thế giới, nhiều quốc gia có ngành công nghiệp khai khoáng phát triển như Australia, Canada, Nam Phi hay Chile đã sớm xây dựng chiến lược “khai thác thông minh” (Smart Mining) với định hướng số hóa toàn diện và khai thác dựa trên dữ liệu. Trong các mô hình này, AI và hệ thống thông tin tích hợp đóng vai trò trung tâm giúp doanh nghiệp mỏ ra quyết định nhanh chóng, vận hành an toàn và tăng trưởng bền vững.

Tại Việt Nam, quá trình chuyển đổi số trong khai khoáng mới đang ở giai đoạn khởi động, với những bước đi đầu tiên tập trung vào số hóa dữ liệu địa chất, mô phỏng thiết kế bằng công nghệ BIM, ứng dụng GIS và triển khai các giải pháp quản lý sản xuất bằng công nghệ thông tin tại đơn vị lớn như Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV). Mặc dù tiềm năng chuyển đổi số trong ngành là rất lớn, song hiện nay phần lớn các hoạt động vẫn mang tính truyền thống, rời rạc và thiếu nền tảng tích hợp. Điều này đòi hỏi cần có chiến lược tổng thể về ứng dụng công nghệ số trong ngành khai khoáng, đặc biệt là khai thác than - lĩnh vực giữ vai trò quan trọng trong đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia.

II. Mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM)

- Khái niệm và cấu phần

1. Khái niệm về MIM

Mô hình thông tin khai thác mỏ (Mining Information Modeling - MIM) là một phương pháp tiếp cận hiện đại trong công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý khai thác mỏ trên nền tảng số. MIM cho phép tích hợp đồng bộ các lớp thông tin liên quan đến địa chất, kỹ thuật, môi trường và thiết bị vào một hệ thống thống nhất. Qua đó, MIM giúp số hóa toàn bộ khu vực mỏ, hỗ trợ ra quyết định chính xác và kịp thời trong suốt vòng đời khai thác, từ thăm dò ban đầu đến giai đoạn

đóng cửa và phục hồi môi trường. Khác với các phần mềm mô hình hóa đơn lẻ, MIM là một hệ thống thông tin đa chiều, có khả năng kết nối các nguồn dữ liệu đa ngành và liên thông với các nền tảng công nghệ số như IoT, AI, GIS, thực tế ảo (VR), thực tế tăng cường (AR) và các giải pháp quản trị doanh nghiệp (ERP).

2. Các cấu phần chính của MIM

a) Mô hình địa chất 3D:

Là nền tảng cốt lõi của MIM, mô hình địa chất số hóa toàn bộ cấu trúc không gian của thân quặng, các tầng địa chất, đứt gãy, cấu tạo địa hình và các thông số vật lý - cơ học của đất đá. Mô hình này được xây dựng từ dữ liệu khoan, khảo sát địa vật lý và các nguồn dữ liệu thăm dò hiện trường.

b) Thiết kế khai thác số:

Bao gồm thiết kế đường lò, hệ thống thông gió, vận chuyển, thoát nước, kết cấu hầm và các hạng mục phụ trợ khác. Các phương án thiết kế được trực quan hóa dưới dạng mô hình 3D, có thể kiểm tra va chạm, xung đột và tối ưu hóa trước khi triển khai thực tế.

c) Hệ thống cảm biến và dữ liệu thời gian thực (IoT):

Cho phép giám sát liên tục các thông số quan trọng như khí mê-tan, bụi, nhiệt độ, rung chấn, vận hành thiết bị, lưu lượng gió... Dữ liệu được truyền về hệ thống trung tâm và tích hợp vào MIM để phục vụ phân tích, cảnh báo và điều hành.

d) Dữ liệu không gian và ảnh vệ tinh (GIS - Remote Sensing):

Hỗ trợ theo dõi biến động địa hình, khu vực sụt lún, khai thác vượt ranh giới, ảnh hưởng đến khu dân cư hoặc môi trường xung quanh.

e) Giao diện trực quan hóa 3D, thực tế ảo và tăng cường (VR/AR):

Tăng cường khả năng tương tác với mô hình mỏ bằng hình ảnh không gian 3 chiều hoặc mô phỏng thực tế, giúp kỹ sư, cán bộ kỹ thuật và lãnh đạo mỏ đưa ra quyết định dễ dàng, nhanh chóng và chính xác hơn.

III. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong MIM mỏ than

Việc tích hợp trí tuệ nhân tạo (Artificial

Cấu trúc các lớp dữ liệu trong Mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM)



Intelligence – AI) vào Mô hình thông tin khai thác mỏ (Mining Information Modeling – MIM) đang là xu hướng phát triển trong ngành khai khoáng, đặc biệt đối với các mỏ than hầm lò có điều kiện địa chất – kỹ thuật phức tạp. AI hỗ trợ tự động hóa quá trình phân tích dữ liệu lớn, phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường và đề xuất phương án điều hành theo thời gian thực.

1. Giai đoạn thăm dò và thiết kế khai thác

Trong giai đoạn đầu của vòng đời mỏ, AI có thể phát huy hiệu quả mạnh mẽ khi được sử dụng để xử lý khối lượng lớn dữ liệu thăm dò như: tài liệu khoan, địa vật lý, địa hóa, bản đồ địa chất tỉ lệ lớn, dữ liệu ảnh vệ tinh... Các thuật toán học máy (machine learning) và học sâu (deep learning) có khả năng phát hiện mẫu (pattern recognition) trong dữ liệu địa chất để:

- Tự động phân loại các lớp đất đá và

khoáng sản theo chỉ tiêu vật lý;

- Dự báo phân bố thân quặng với độ tin cậy cao hơn so với phương pháp nội suy cổ điển;

- Tối ưu hóa sơ đồ bố trí lỗ khoan và tiết kiệm chi phí thăm dò.

Ngoài ra, AI còn được sử dụng để hỗ trợ phân tích các tổ hợp phương án đào lò bằng thuật toán tối ưu hóa, giúp rút ngắn tổng chiều dài lò hoặc giảm độ dốc vận tải, trong điều kiện ràng buộc về thông gió và ổn định địa chất.

2. AI trong giám sát và vận hành mỏ than

Một trong những ưu thế lớn nhất của AI là khả năng xử lý dữ liệu thời gian thực từ các thiết bị cảm biến (IoT) được lắp đặt trong toàn mỏ. Trong khai thác than hầm lò, các thông số như:

- Nồng độ khí metan, CO₂, bụi mịn (PM2.5), nhiệt độ, độ ẩm;

- Tình trạng hoạt động của hệ thống vận tải, quạt thông gió, máy khoan, máy xúc;
- Chuyển vị khối đá, áp lực lên vỉ chống... được truyền liên tục về trung tâm điều hành. AI sẽ phân tích các dòng dữ liệu này theo các mô hình đã được huấn luyện để:

- Nhận diện bất thường (anomaly detection) trong chuỗi dữ liệu cảm biến;
- Dự báo xu hướng tích tụ khí độc dựa trên điều kiện vận hành và thông gió;
- Phân tích trạng thái thiết bị để đưa ra lịch bảo trì dự đoán (predictive maintenance);
- Hỗ trợ điều phối khai thác tối ưu hóa theo thời gian thực.

3. Giám sát môi trường và an toàn

Tại các mỏ than lộ thiên lớn như Cọc Sáu, Cao Sơn, vấn đề bụi mịn và thoát nước mỏ là thách thức lớn. AI có thể tích hợp dữ liệu cảm biến môi trường với ảnh vệ tinh để:

- Phân tích mức độ phát tán bụi theo mùa, hướng gió, hoạt động khai thác;
- Dự báo chất lượng nước mỏ và ảnh hưởng đến khu vực dân cư lân cận;

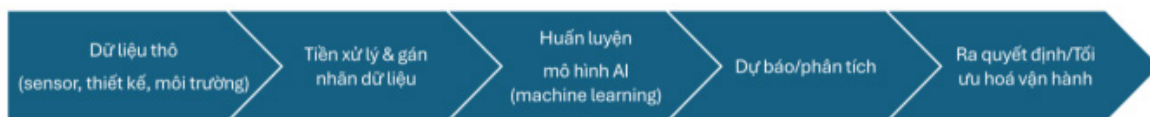
- Hỗ trợ mô hình hóa sự lan truyền ô nhiễm để xây dựng kế hoạch giảm thiểu.

4. Tích hợp AI với BIM tạo nền tảng vận hành mô thông minh

Trong hệ thống MIM hiện đại, việc kết nối mô hình BIM (Building Information Modeling) với AI tạo nên một “bản sao số sống” - Digital Twin - cho toàn bộ mỏ than. Dữ liệu từ thực địa được đồng bộ liên tục vào mô hình 3D và được AI phân tích để:

- Theo dõi tiến độ khai thác thực tế so với kế hoạch;
- Đưa ra khuyến nghị kỹ thuật như thay đổi cấu trúc chống giữ, bố trí lại đường lò;
- Phân tích rủi ro trong thời gian thực để hỗ trợ lãnh đạo mỏ ra quyết định kịp thời.

Một số tập đoàn khai khoáng quốc tế như Rio Tinto, Anglo American đã ứng dụng mô hình này trong các mỏ than ngầm với hiệu quả rõ rệt. Tại Việt Nam, TKV đã có lộ trình từng bước số hóa các công trình ngầm bằng công nghệ BIM để tổng hợp và thống nhất dữ liệu số



5. Khả năng phát triển Digital Twin cho mỏ than

Trong bối cảnh các hệ thống MIM ngày càng tích hợp nhiều dữ liệu thời gian thực và trí tuệ nhân tạo, khái niệm mô song sinh số (Digital Twin) đang dần được hiện thực hóa tại một số mỏ than lớn trên thế giới. Digital Twin là mô hình ảo phản ánh đầy đủ trạng thái hiện tại và dự báo của một hệ thống vật lý - ở đây là mỏ than - thông qua kết nối dữ liệu hai chiều liên tục.

Khi được kết hợp với AI, Digital Twin cho phép mô phỏng các kịch bản khai thác khác nhau, đánh giá rủi ro trong thời gian thực, hoặc tự động điều chỉnh hoạt động khai thác nhờ các thuật toán học tăng cường (reinforcement learning). Một ví dụ điển hình về khả năng ứng dụng Digital Twin kết hợp robot tự hành trong ngành khai khoáng là hệ thống vận tải tự động của Rio Tinto.

Năm 2022, tập đoàn này phối hợp cùng Scania tiến hành thử nghiệm xe tải khai thác tự hành 40 tấn trong mô hình mô phỏng vận hành mỏ. Kết quả đạt được là chu trình vận chuyển - bốc dỡ hoàn toàn không người lái, được điều phối thông qua nền tảng điều hành số. Đây là minh chứng cho việc số hóa toàn diện mỏ và tích hợp mô hình song sinh số để điều khiển và giám sát thiết bị vận tải theo thời gian thực.

6. Mô hình vòng phản hồi (Loop feedback) trong AI - MIM

Một đặc trưng quan trọng trong hệ thống AI cho mô thông minh là khả năng tự học và điều chỉnh nhờ vòng phản hồi khép kín (closed-loop feedback). Vòng này bao gồm các bước:

- Quan trắc dữ liệu thời gian thực (từ cảm biến, thiết bị, khí, bụi...);
- Phân tích bằng mô hình AI (ML, DL)

→ phát hiện bất thường / tối ưu lộ trình;

c) Đưa ra cảnh báo hoặc tác động trực tiếp (gửi lệnh đến thiết bị);

d) Ghi nhận phản ứng của hệ thống → dữ liệu mới được cập nhật lại → vòng lặp tiếp tục.

Mô hình này giúp hệ thống AI ngày càng "hiều" hơn, ra quyết định ngày một chính xác, giảm can thiệp của con người trong vận hành thường nhật. Đây cũng chính là nền tảng cho khai thác bán tự động và không người trực.

IV. Thực trạng và tiềm năng triển khai AI trong MIM tại Việt Nam

Trong những năm gần đây, quá trình chuyển đổi số ngành khai khoáng Việt Nam nói chung và khai thác than nói riêng đã có những chuyển biến rõ nét. Nhiều đơn vị trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) đã chủ động tiếp cận các công nghệ tiên tiến, từng bước ứng dụng mô hình thông tin công trình (BIM), công nghệ quét laser 3D (TLS) và cơ sở dữ liệu dùng chung. Tuy nhiên, việc tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) vào hệ thống quản lý mỏ theo hướng MIM hiện đại mới chỉ dừng lại ở một số dự án thử nghiệm và đề tài nghiên cứu bước đầu.

Tiêu chí	Australia	Canada	Việt Nam
Mức độ triển khai MIM	Rộng rãi, toàn bộ vòng đời mỏ	Tập trung giai đoạn thiết kế - vận hành	Mới bắt đầu, quy mô nhỏ
Tích hợp AI vào vận hành mỏ	Có - trong tối ưu hóa đào lò, bốc xúc	Có - trong bảo trì thiết bị, quản lý quặng	Một số đề tài nghiên cứu, chưa thương mại
Chính sách hỗ trợ chính phủ	Rõ ràng, ưu đãi tài chính & công nghệ	Tài trợ nghiên cứu AI - khoáng sản	Mới được đặt nền tảng từ 2022-2024
Vai trò của đại học - viện nghiên cứu	Mạnh mẽ, liên kết với doanh nghiệp khai khoáng	Tập trung tại các cụm nghiên cứu công nghệ mỏ	Rời rạc, đang cần tăng liên kết

1. Các nghiên cứu trong nước

Trong nước, một số cơ sở nghiên cứu và đào tạo đã triển khai các đề tài ứng dụng AI và công nghệ số vào lĩnh vực khai khoáng và thăm dò tài nguyên:

- Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Trường Đại học Mỏ - Địa chất: Sử dụng thuật toán AI để giảm thiểu ảnh hưởng sóng chấn động nổ mìn tới các công trình mỏ lộ thiên;

- Trường Đại học Dầu khí Việt Nam, Ban Tìm kiếm thăm dò (PVN),...: Ứng dụng AI trong tìm kiếm, thăm dò dầu khí;

- Trường Đại học Mỏ - Địa chất: Đề xuất giải pháp IoT cảnh báo sớm rủi ro, sự cố trong mỏ than hầm lò trên bề than Quảng Ninh.

Tuy nhiên, hầu hết mới dừng ở mức nghiên cứu thử nghiệm trên quy mô nhỏ, chưa triển khai thực tế rộng rãi hoặc chưa

kết nối thành hệ thống MIM tổng thể.

2. Đánh giá mức độ sẵn sàng chuyển đổi số

a) Về dữ liệu số hóa

Các đơn vị trong TKV đã số hóa khá nhiều bản vẽ, hồ sơ kỹ thuật và báo cáo địa chất. Một số đơn vị áp dụng hệ thống GIS nội bộ, tuy nhiên việc chuẩn hóa dữ liệu, đặc biệt là dữ liệu thời gian thực và tích hợp từ cảm biến, còn phân tán. Thiếu bộ khung dữ liệu chuẩn IFC (Industry Foundation Classes) cho ngành mỏ.

b) Về hạ tầng công nghệ

Hạ tầng CNTT tại các mỏ hầm lò nhìn chung vẫn hạn chế về kết nối thời gian thực, thiếu trạm thu phát dữ liệu ổn định trong lòng đất. Việc truyền tải dữ liệu cảm biến, video giám sát hầm lò thường chậm hoặc gián đoạn.

c) Về nhân lực và thể chế

Nguồn nhân lực thành thạo cả chuyên

môn khai thác mỏ và lập trình AI/BIM còn khan hiếm. Thiếu cơ chế phối hợp giữa các viện nghiên cứu, trường đại học, doanh nghiệp công nghệ và doanh nghiệp khai khoáng. Một số cán bộ quản lý còn dè dặt trước việc đầu tư công nghệ mới do lo ngại chi phí - hiệu quả.

3. Tiềm năng và xu thế phát triển

Mặc dù còn nhiều thách thức, song tiềm năng ứng dụng AI trong MIM tại Việt Nam là rất lớn, đặc biệt tại các mỏ hầm lò có sản lượng cao, yêu cầu an toàn nghiêm ngặt như Hà Lâm, Mạo Khê, Dương Huy... Những khu mỏ này có nhu cầu mạnh về:

- Hệ thống giám sát điều kiện địa chất động lực cao;

- Tối ưu hóa đào lò và vận hành thiết bị nặng;

- Cảnh báo sớm sự cố, theo dõi tình trạng thiết bị để giảm thiểu tai nạn lao động.

Đồng thời, việc Chính phủ ban hành Luật Địa chất và Khoáng sản 2024 (số 54/2024/QH15) cùng các chính sách về chuyển đổi số ngành năng lượng, như Nghị quyết số 88/NQ-CP (2022), Quyết định 749/QĐ-TTg (2020), đã tạo hành lang pháp lý thuận lợi để ngành mỏ từng bước đầu tư các hệ thống MIM có tích hợp AI.

V. Cơ sở pháp lý liên quan đến triển khai MIM và ứng dụng AI trong ngành khai thác mỏ

Việc triển khai mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM) có tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) trong thực tiễn khai thác mỏ - đặc biệt tại các mỏ than hầm lò - cần phải được đặt trong khuôn khổ pháp lý rõ ràng, minh bạch, đồng bộ. Trong thời gian gần đây, nhiều văn bản quan trọng từ cấp Luật đến tiêu chuẩn kỹ thuật đã được ban hành, tạo nền tảng cho việc chuyển đổi số ngành mỏ, đặc biệt là các công trình ngầm, công trình hạ tầng kỹ thuật trong mỏ than.

1. Văn bản pháp luật và chính sách ở cấp Nhà nước

a) Luật Địa chất và Khoáng sản số 54/2024/QH15 (hiệu lực từ 01/07/2025)

Đây là văn bản pháp lý mới nhất, thay thế Luật Khoáng sản 2010, bổ sung nhiều quy định liên quan đến công tác điều tra cơ bản

địa chất, quản lý thông tin khoáng sản, ứng dụng công nghệ số, và quản lý dữ liệu địa chất theo hướng hiện đại, đồng bộ và có thể kết nối liên thông.

b) Nghị quyết số 10-NQ/TW ngày 10/02/2022 của Bộ Chính trị:

Về “Định hướng chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045”, trong đó xác định rõ: “Khuyến khích ứng dụng công nghệ tiên tiến, công nghệ số và tự động hóa vào điều tra, thăm dò, khai thác và chế biến khoáng sản; thúc đẩy nghiên cứu và phát triển mô hình khai thác thông minh.”

c) Nghị quyết số 88/NQ-CP ngày 25/7/2022 của Chính phủ:

Ban hành Chương trình hành động thực hiện Nghị quyết 10-NQ/TW, cụ thể hóa việc triển khai chuyển đổi số trong lĩnh vực khoáng sản và yêu cầu xây dựng cơ sở dữ liệu ngành địa chất - khoáng sản quốc gia, tích hợp các nền tảng quản lý thông minh.

d) Quyết định số 749/QĐ-TTg ngày 03/6/2020 của Thủ tướng Chính phủ:

Về việc phê duyệt Chương trình chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến 2030, trong đó chỉ rõ: “Ngành năng lượng, khai khoáng là một trong các lĩnh vực ưu tiên chuyển đổi số”, thúc đẩy ứng dụng các công nghệ AI, dữ liệu lớn, mô hình số hóa.

2. Hệ thống văn bản chuyên ngành xây dựng - khai thác có liên quan đến BIM/MIM

a) Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ:

Phê duyệt Lộ trình áp dụng BIM trong hoạt động xây dựng. Trong đó khuyến khích áp dụng rộng rãi BIM cho các dự án sử dụng vốn nhà nước, dự án công trình kỹ thuật phức tạp - phù hợp với đặc thù của các công trình trong mỏ hầm lò.

b) Hệ thống tiêu chuẩn TCVN 14177:2024 (phát hành đầu năm 2024):

- TCVN 14177-1:2024: “Tổ chức và số hóa thông tin về công trình xây dựng - Phần 1: Khái niệm và nguyên tắc”

- TCVN 14177-2:2024: “Phần 2: Giai đoạn chuyển giao tài sản”

Các tiêu chuẩn này làm rõ các yêu cầu kỹ

thuật đối với việc thu thập, quản lý và trao đổi thông tin số trong toàn bộ vòng đời công trình, có thể áp dụng trực tiếp cho mô hình hóa công trình mở (MIM) và tích hợp dữ liệu cảm biến, mô hình AI.

3. Chính sách nội bộ ngành công nghiệp than đến năm 2030, tầm nhìn 2045

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đã xác định chuyển đổi số là một trong ba trụ cột phát triển, với các định hướng và mục tiêu đến năm 2025 bao gồm số hóa dữ liệu địa chất, hiện đại hóa quản lý

sản xuất bằng hệ thống điều hành tập trung, và tích hợp AI cho giám sát an toàn và vận hành.”

VI. Thách thức và khuyến nghị

1. Những thách thức đặt ra

Mặc dù chuyển đổi số trong ngành khai thác mỏ, đặc biệt là việc tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) vào Mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM), đã bước đầu ghi nhận một số thành công tại các mỏ than lớn, song trên thực tế vẫn còn tồn tại nhiều rào cản, có thể phân thành các nhóm sau:

Nhóm thách thức	Vấn đề cụ thể	Tác động đối với triển khai MIM - AI
1. Dữ liệu không chuẩn hóa	Dữ liệu địa chất, bản vẽ, quan trắc phân tán, không theo chuẩn (IFC, COBie, openBIM...)	Khó tích hợp vào mô hình MIM; AI không xử lý được dữ liệu không đồng nhất, thiếu gán nhãn
2. Hạ tầng công nghệ yếu	Thiếu mạng truyền dẫn ổn định trong lòng đất; cảm biến nhiều tín hiệu; không có trung tâm dữ liệu	Không đảm bảo truyền dữ liệu thời gian thực; gián đoạn hệ thống cảnh báo; khó vận hành mô hình AI
3. Nhân lực chưa sẵn sàng	Kỹ sư mỏ thiếu kiến thức AI/BIM; thiếu chương trình đào tạo liên ngành; lãnh đạo còn ngại đầu tư	Khó vận hành hệ thống MIM-AI; triển khai rời rạc, không có người dẫn dắt kỹ thuật
4. Thiếu cơ chế - thể chế hỗ trợ	Chưa có hướng dẫn cụ thể đầu tư, lựa chọn công nghệ, tiêu chí đánh giá; thiếu phối hợp liên Bộ	Các đơn vị lúng túng khi triển khai; khó huy động vốn; không hình thành được mô hình điểm, thí điểm

2. Một số kiến nghị, giải pháp đề xuất

a) Xây dựng bộ chuẩn dữ liệu MIM cho ngành mỏ

Các Bộ ngành liên quan cần phối hợp xây dựng và ban hành khung chuẩn dữ liệu dùng chung cho lĩnh vực khai khoáng, phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế (như IFC, ISO 19650), làm cơ sở để đồng bộ dữ liệu giữa các phần mềm mô hình hóa, hệ thống cảm biến và nền tảng AI.

b) Phát triển hạ tầng số ngành khai khoáng

Đầu tư hệ thống truyền dẫn tín hiệu ổn định trong lòng đất, xây dựng các trung tâm dữ liệu tại các mỏ lớn, từng bước hình thành mạng lưới “mỏ số”. Ưu tiên phát triển hệ thống SCADA, DCS, IoT tại các khâu giám

sát thiết bị, môi trường, an toàn.

c) Tăng cường đào tạo nguồn nhân lực liên ngành

Các trường đại học kỹ thuật, đặc biệt là trường Đại học Mỏ - Địa chất, trường Đại học Dầu khí Việt Nam,... cần xây dựng các chương trình đào tạo kết hợp giữa khai thác mỏ, khoa học dữ liệu, trí tuệ nhân tạo và mô hình thông tin công trình. Đồng thời, doanh nghiệp nên phối hợp với viện nghiên cứu, công ty công nghệ để đào tạo lại đội ngũ kỹ sư hiện trường, nâng cao năng lực vận hành hệ thống thông minh.

d) Cần có cơ chế tài chính và chính sách ưu đãi

Đề xuất Nhà nước có chính sách hỗ trợ

vốn đầu tư ban đầu cho các hệ thống MIM - AI như một phần của chương trình chuyển đổi số quốc gia. Đồng thời, cần có cơ chế ưu đãi về thuế, tín dụng, và hỗ trợ doanh nghiệp tiếp cận công nghệ AI - BIM tiên tiến từ các quốc gia phát triển.

VII. Kết luận

Việc tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) vào mô hình thông tin khai thác mỏ (MIM) là một xu hướng tất yếu trong quá trình chuyển đổi số ngành khai khoáng hiện nay. Đặc biệt, với đặc thù kỹ thuật và quy mô sản xuất lớn của các mỏ than hầm lò tại Việt Nam, việc ứng dụng AI trong các khâu từ thiết kế, giám sát, vận hành đến đảm bảo an toàn và bảo vệ môi trường sẽ góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm thiểu rủi ro và hướng tới phát triển bền vững.

Thực tiễn triển khai tại một số đơn vị của TKV đã cho thấy tiềm năng rất lớn của hướng tiếp cận này, tuy nhiên cũng đồng thời bộc lộ những thách thức không nhỏ về dữ liệu, công nghệ, con người và thể chế. Trong bối cảnh đó, việc hoàn thiện hành lang pháp lý, chuẩn hóa dữ liệu, đầu tư hạ tầng, và phát triển nguồn nhân lực liên ngành sẽ là những yếu tố then chốt để hiện thực hóa mô hình “mỏ thông minh” tại Việt Nam trong giai đoạn tới.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Hồng Hạnh và Phạm Thị Nhân. Xây dựng mô hình 3D giếng đứng mỏ than Núi Béo bằng công nghệ quét laser mặt đất, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 62, kỳ 5a, tr. 128-134, 2021.

2. Nguyễn Hoàng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Phạm Văn Hòa; Nghiên cứu phát triển quần thể mạng

neuron nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ than Đèo Nai, Quảng Ninh, Tuyển tập báo cáo Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020), Hà Nội, 11-12-2020, 19-26, 2020.

3. Nguyễn Hoàng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Trần Khắc Hùng, Nguyễn Tuấn Thành. Dự báo nồng độ bụi PM2.5 phát tán trong quá trình nổ mìn trên các mỏ lộ thiên sử dụng mạng neuron nhân tạo và giải thuật tối ưu hóa bầy đàn cải tiến (APSO-MLP), Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 1, 88-99, 2022.

4. Salmi, Jyrki. BIM in mining - current and future potential, 2020,

https://www.researchgate.net/publication/378205040_BIM_in_mining_current_and_future_potential.

5. CSIRO Futures. Mining Equipment, Technology and Services (METS), A Roadmap for unlocking future growth opportunities for Australia, 2017.

6. Quốc hội. Luật Địa chất và Khoáng sản, số 54/2024/QH15, thông qua ngày 15/11/2024, có hiệu lực từ 01/7/2025.

7. Thủ tướng Chính phủ. Quyết định số 258/QĐ-TTg về Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng, 2023.

Dự án “EcoStruxure Power SCADA” cho Công ty Than Cao Sơn (VINACOMIN)

Hoạt động khai khoáng luôn đòi hỏi các giải pháp phân phối điện an toàn, tính khả dụng cao và hiệu quả năng lượng cho các hệ thống điện. Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - Vinacomin là đơn vị sản xuất than lớn nhất Việt Nam. Để có được một hệ thống phân phối điện hoàn chỉnh như vậy, Vinacomin đã đặt ra các yêu cầu nghiêm ngặt cho dự án “EcoStruxure Power SCADA” đối với ESEC cũng như các nhà cung cấp khác:

- Giám sát hiệu suất vận hành và mức tiêu thụ điện năng theo thời gian thực.
- Cung cấp điện với tính khả dụng cao và chất lượng điện năng.
- Tiết kiệm năng lượng.
- Hiệu quả hơn, tin cậy hơn, an toàn hơn, số hóa hơn.

Dự án đã lắp đặt một nền tảng bao phủ toàn bộ mạng lưới điện bao gồm phần cứng (hệ thống trung thế (MV)/hệ thống hạ thế (LV)/máy biến áp/Biến tần) và phần mềm (tự động hóa quy trình, SCADA) cho ngành mỏ. Với các sản phẩm và giải pháp của Schneider Electric (SE) được triển khai bởi các kỹ sư ESEC.

Giải pháp mà ESEC đưa ra cho dự án này nhằm tạo nên hệ thống phân phối điện hoàn chỉnh cho khách hàng của Vinacomin là:

- Lắp đặt máy biến áp khô (Dry Type Transformers)
- Lắp đặt tủ trung thế (MV Cabinet)
- Lắp đặt Relay Easergy P3
- Lắp đặt đồng hồ giám sát năng lượng (Power meter)
- PSO (Power SCADA Operation) & Advanced Report & Dashboard Module

Những lợi ích mà dự án mang lại cho Vinacomin:

- Một giải pháp tích hợp hoàn chỉnh tạo nên hệ thống phân phối điện hoàn chỉnh
- Tăng vòng đời đồng bộ
- Tạo ra hệ thống vận hành và bảo dưỡng tốt nhất
- Cải thiện hiệu suất Quản lý năng lượng & Quản lý tài sản, tăng tính khả dụng và độ tin cậy của lưới điện cao

Nguồn: <https://esec.vn/wp-content/uploads/-2022/09/ESPC-PSO-CAOSONCOAL.pdf>

Năm mỏ than lớn nhất đang hoạt động tại Trung Quốc

Theo cơ sở dữ liệu mỏ và dự án của GlobalData, có hơn 3025 mỏ than đang hoạt động trên toàn cầu, trong đó có 367 mỏ ở Trung Quốc. Sau đây là năm mỏ than lớn nhất theo sản lượng tại Trung Quốc vào năm 2023, theo cơ sở dữ liệu khai thác của GlobalData, theo dõi hơn 33.000 mỏ và dự án từ giai đoạn thăm dò ban đầu đến khi đóng cửa tại hơn 150 quốc gia và hơn 100 mặt hàng.

1. Mỏ Bắc Thiểm Tây

Mỏ Bắc Thiểm Tây là một mỏ lộ thiên và hầm lò nằm ở Thiểm Tây. Mỏ này thuộc sở hữu của Tập đoàn Công nghiệp Than và Hóa chất Thiểm Tây và ước tính đã sản xuất được 41,34 triệu than vào năm 2023.

2. Mỏ Heidaigou (Hắc Đại Câu)

Nằm ở Nội Mông, Mỏ Heidaigou thuộc sở hữu của China Shenhua Energy. Mỏ lộ thiên khai thác được ước tính 33,1 triệu than vào năm 2023. Mỏ sẽ hoạt động đến năm 2030.

3. Mỏ Daliuta-Huojitu (Hoắc Lâm Hà)

Mỏ Daliuta-Huojitu nằm ở Thiểm Tây. Mỏ này thuộc sở hữu của China Shenhua Energy và khai thác được ước tính 30,45 triệu than vào năm 2023. Mỏ sẽ hoạt động đến năm 2055.

4. Mỏ Bulianta (Đại Liễu Tháp)

Mỏ Bulianta, thuộc sở hữu của China Shenhua Energy, là một mỏ hầm lò nằm ở Nội Mông. Mỏ này khai thác được ước tính 29 triệu than vào năm 2023. Mỏ sẽ hoạt động đến năm 2034.

5. Mỏ than Huolinhe (Hoắc Cát Đồ)

Thuộc sở hữu của Inner Mongolia Dian Tou Energy, Mỏ than Huolinhe là một mỏ lộ thiên nằm ở Nội Mông. Mỏ này khai thác được ước tính 27,88 triệu than vào năm 2023.

Nguồn: <https://www.mining-technology.com/-marketdata/five-largest-coal-mines-china/?cf-view>

Đại hội Đảng bộ Công ty lần thứ XI Nhiệm kỳ 2025 - 2030

Ngày 13/5/2025, Đảng bộ Công ty cô phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp đã tổ chức Đại hội Đảng bộ Công ty lần thứ XI, nhiệm kỳ 2025 - 2030. Đây là sự kiện chính trị quan trọng, đánh dấu một giai đoạn phát triển mới của Đảng bộ cũng như toàn thể cán bộ, Đảng viên trong Công ty.

Đại hội vinh dự đón tiếp các đồng chí lãnh đạo Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam: đồng chí Khuất Mạnh Thắng - Phó Bí thư thường trực Đảng uỷ TKV, đồng chí Đặng Thị Tuyết - Uỷ viên Ban Thường vụ, Chủ nhiệm Uỷ ban Kiểm tra Đảng uỷ TKV, các thành viên Tổ công tác số 6 với sự tham gia của 84 đảng viên thuộc Đảng bộ.

Trong nhiệm kỳ 2020 - 2025, trong bối cảnh kinh tế thế giới và khu vực biến động mạnh mẽ bởi đại dịch Covid-19, các xung đột địa chính trị và sự cạnh tranh khốc liệt trong lĩnh vực tư vấn, Đảng bộ Công ty cô phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp đã phát huy tinh thần đoàn kết, nỗ lực vượt qua khó khăn, lãnh đạo Công ty hoàn thành tốt các nhiệm vụ chính trị, duy trì hoạt động ổn định và từng bước phát triển. Dưới sự chỉ đạo trực tiếp của Đảng uỷ Tập đoàn công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam, Đảng bộ Công ty đã cụ thể hóa các nghị quyết của Đảng phù hợp với tình hình thực tiễn, giữ vững vai trò hạt nhân chính trị.

Tại Đại hội, các đại biểu đã tập trung thảo luận, đánh giá kết quả thực hiện Nghị quyết nhiệm kỳ 2020 - 2025, thẳng thắn nhìn nhận những mặt còn tồn tại, rút ra bài học kinh nghiệm và đề ra phương hướng, nhiệm vụ trọng tâm cho nhiệm kỳ 2025 - 2030. Trước những cơ hội và thách thức mới, Đảng bộ Công ty xác định cần tiếp tục nâng cao năng lực cạnh tranh, đổi mới phương thức quản trị, phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, đồng thời giữ vững kỷ luật, kỷ cương và xây dựng môi trường làm việc chuyên nghiệp, hiệu quả.

Phát biểu tại Đại hội, đồng chí Khuất Mạnh Thắng đề nghị Đảng bộ Công ty tiếp tục phát huy vai trò lãnh đạo của cấp uỷ, không ngừng đổi mới nội dung, phương thức hoạt động, công tác, đồng thời đẩy mạnh quản trị và điều hành sản xuất kinh

doanh trên nền tảng công nghệ thông tin, mở rộng thị trường, phấn đấu đạt 15% doanh thu ngoài Tập đoàn đối với lĩnh vực tư vấn, xây dựng mô hình thông tin công trình trong tư vấn thiết kế công trình khai thác khoáng sản. Đồng chí đề nghị Đảng bộ tiếp tục phát huy tinh thần đoàn kết, lãnh đạo toàn diện cán bộ, đảng viên thực hiện thắng lợi Nghị quyết Đại hội, góp phần vào thành công của Nghị quyết Đại hội đại biểu Đảng bộ Tập đoàn lần thứ VI.

Với tinh thần dân chủ và trách nhiệm cao, Đại hội đã bầu Ban Chấp hành Đảng bộ Công ty nhiệm kỳ 2025 - 2030 gồm 09 đồng chí có đầy đủ phẩm chất, năng lực và bản lĩnh để lãnh đạo Công ty trong giai đoạn phát triển tiếp theo. Ban Chấp hành Đảng bộ nhiệm kỳ 2025-2030 đã phiên họp thứ nhất bầu Ban Thường vụ, Bí thư, Phó Bí thư, UBKT Đảng uỷ, Chủ nhiệm UBKT. Đồng chí Lê Văn Duân, Bí thư Đảng uỷ Công ty khoá X tái đắc cử Bí thư Đảng uỷ Công ty khoá XI nhiệm kỳ 2025 - 2030. Đại hội cũng thống nhất bầu đoàn đại biểu tham dự Đại hội đại biểu Đảng bộ Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam lần thứ IV gồm 01 đại biểu chính thức và 01 đại biểu dự khuyết.



Các đảng viên biểu quyết tại Đại hội

Đại hội Đảng bộ Công ty lần thứ XI, nhiệm kỳ 2025 - 2030 tổ chức thành công sau 02 phiên làm việc nghiêm túc, đúng nguyên tắc với tinh thần “Đoàn kết - Dân chủ - Kỷ cương - Đổi mới - Phát triển”, quyết tâm thực hiện thắng lợi Nghị quyết Đại hội đề ra.



CÔNG TY CỔ PHẦN TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN

Địa chỉ: Số 565 đường Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Nam, quận Thanh Xuân, Thành phố Hà Nội

CÁC ĐƠN VỊ TRỰC THUỘC:

1. Xí nghiệp Thiết kế than Hòn Gai

Địa chỉ: Số 61, phố Ba Đèo, phường Hòn Gai, thành phố Hạ Long,
tỉnh Quảng Ninh. Tel: 020303939637

2. Xí nghiệp Thương mại và Dịch vụ tổng hợp

Địa chỉ: Tổ 35b, khu 3, phường Cẩm Thành, thành phố Cẩm Phả,
tỉnh Quảng Ninh. Tel: 020303939637