

BẢN TIN

THÔNG TIN

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ

MINING TECHNOLOGY BULLETIN



ISSN 1859 - 0063

SỐ 3/2026

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ - VINACOMIN

**NHIỆT LIỆT CHÀO MỪNG NGÀY KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI
SÁNG TẠO VIỆT NAM 18/5/2026**

**“KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ, ĐỔI MỚI SÁNG TẠO VÀ CHUYỂN ĐỔI SỐ
– ĐỘNG LỰC CHÍNH CỦA MÔ HÌNH TĂNG TRƯỞNG MỚI”**



BẢN TIN

THÔNG TIN

KHOA HỌC

CÔNG NGHỆ MỎ

SỐ 3/2026

ISSN 1859 - 0063

BAN BIÊN TẬP

Trưởng Ban biên tập

TS. ĐÀO HỒNG QUẢNG

Phó Ban biên tập

TS. PHAN VĂN VIỆT

Thư ký thường trực

KS. ĐÀO ANH TUẤN

Các thành viên

TS. NHỮ VIỆT TUẤN

TS. ĐOÀN VĂN THANH

ThS. PHẠM CHÂN CHÍNH

ThS. NGUYỄN VĂN MINH

Trình bày bìa

KS. ĐÀO ANH TUẤN

TÒA SOẠN

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

Số 3 Phố Phan Đình Giót, Phường

Phương Liệt, Thành phố Hà Nội

Điện thoại: 84-024-38647675

Fax: 84-024-38641564

Email: ttkcnm@gmail.com

Website: www.imsat.vn

MỤC LỤC

CÔNG NGHỆ KHAI THÁC HÀM LÒ		
Nghiên cứu đề xuất hộ chiếu chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ giá khung cho các mỏ hầm lò thuộc TKV	TS. Nguyễn Ngọc Giang KS. Nguyễn Đức Quân	1
CÔNG NGHỆ KHAI THÁC LỘ THIÊN		
Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu quan trắc dịch động bờ mỏ phục vụ giám sát và cảnh báo sớm mất ổn định trong khai thác lộ thiên	ThS. Lê Bá Phúc ThS. Đỗ Văn Triều	8
MÁY VÀ THIẾT BỊ MỎ		
Nghiên cứu thiết kế chế tạo khung thử tải 13000 kN dùng cho công tác kiểm định giàn chống thủy lực hầm lò	TS. Phạm Trung Hải ThS. Đoàn Ngọc Cảnh ThS. Trần Ngô Huân KS. Trần Quốc Chiến	15
ĐIỆN, TỰ ĐỘNG HÓA		
Nghiên cứu xây dựng mô hình hệ thống điều khiển phân tán cho lò chợ thông minh sơ cấp trong TKV	TS. Phạm Thanh Liêm và nnk	22
CÔNG NGHỆ SỐ		
Ứng dụng công nghệ số trong công tác đào tạo vận hành thiết bị mỏ	ThS. Đặng Hồng Thắng ThS. Nguyễn Văn Đức	28
AN TOÀN MỎ		
Công tác bảo trì với việc nâng cao độ tin cậy của hệ thống quan trắc khí mỏ	ThS. Lương Thế Tiến	34
Xu hướng ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong tối ưu hóa năng lượng hệ thống thông gió mỏ than hầm lò	TS. Nguyễn Minh Phiến	38
ĐỊA CƠ MỎ		
Ứng dụng công nghệ trạm GNSS/ CORS quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng khai thác than hầm lò	ThS Nguyễn Duy Long KS Trịnh Quốc Lập	45
KINH TẾ MỎ		
Nghiên cứu xây dựng đơn giá tổng hợp các công đoạn khai thác quặng đồng, quặng bauxit trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam	CN. Vũ Thị Hồng Gấm và nnk	49
GÓC TRAO ĐỔI		
Các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác an toàn, vệ sinh lao động tại Công ty Cổ phần Phát triển Công nghệ và Thiết bị Mỏ	ThS. Phạm Quang Hường ThS. Phùng Thu	54
TIN TRONG NGÀNH		
Tháng 5 năm 2026, TKV sản xuất ước đạt 3,13 triệu tấn than nguyên khai; Vinacomin và Tập đoàn Marubeni (Nhật Bản): Thúc đẩy hợp tác toàn diện và bền vững	KS. Đào Anh Tuấn	58

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT HỘ CHIẾU CHỐNG GIỮ KHÁM ĐẦU, KHÁM CHÂN LÒ CHỢ GIÁ KHUNG CHO CÁC MỎ HÀM LÒ THUỘC TKV

TS. Nguyễn Ngọc Giang, KS. Nguyễn Đức Quân
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Phan Văn Việt

Tóm tắt:

Trên cơ sở kết quả đánh giá hiện trạng công tác chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ giá khung tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV, kết hợp tham khảo kinh nghiệm áp dụng công nghệ khai thác lò chợ giá khung tại một số mỏ than hầm lò của Trung Quốc, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đề xuất hộ chiếu chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ phù hợp với điều kiện địa chất – kỹ thuật và thực tế sản xuất tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV.

1. Đặt vấn đề

Khám đầu và khám chân lò chợ dài là các khu vực chuyển tiếp giữa không gian khai thác với các đường lò dọc vỉa thông gió và vận tải, đồng thời cũng là những vị trí chịu tác động phức tạp nhất của áp lực mỏ trong suốt quá trình khai thác. Hiện nay, tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV, công tác chống giữ khu vực này chủ yếu sử dụng cột thủy lực đơn kết hợp xà hộp. Mặc dù có ưu điểm về tính linh hoạt và khả năng thích ứng với điều kiện khai thác biến động, giải pháp này vẫn bộc lộ nhiều hạn chế do mức độ cơ giới hóa thấp, phần lớn các công đoạn chống giữ, di chuyển và thu hồi vì chống phải thực hiện thủ công; khả năng chịu tải và độ ổn định của hệ thống chống giữ còn hạn chế, khu vực khám thường xảy ra hiện tượng nén lún và biến dạng lớn dưới tác động của áp lực mỏ, gây khó khăn cho công tác điều khiển đá vách và điều kiện làm việc còn hạn chế. Do đó, nhằm đảm bảo an toàn và duy trì sự ổn định của khu vực khám, tại nhiều lò chợ các mỏ thường hạn chế hoặc không thực hiện thu hồi than tại phạm vi khám đầu, khám chân.

Nhằm nâng cao mức độ cơ giới hóa, khả năng chống giữ và độ ổn định tại khu vực khám đầu, khám chân, nhiều mỏ than hầm lò ở Trung Quốc đã nghiên cứu và áp dụng giá khung thủy lực di động (giá khung quá độ). Thực tế sản xuất cho thấy giải pháp này có khả năng chịu tải lớn, tính ổn định cao và mức độ cơ giới hóa vượt trội; đồng thời thời gian thực hiện công tác chống giữ giảm khoảng 60 ÷ 70% so với phương pháp sử dụng cột thủy lực đơn kết hợp xà hộp truyền thống.

Vì vậy, đối với các lò chợ giá khung đang áp dụng tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV, việc

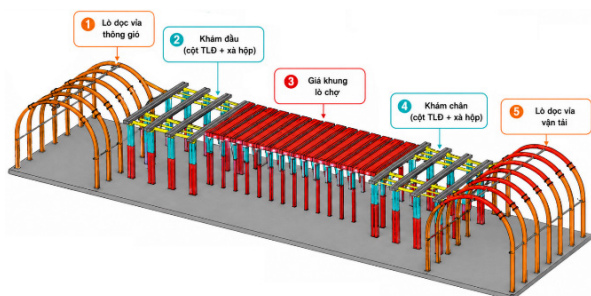
nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chống giữ khám đầu, khám chân theo hướng sử dụng giá khung quá độ là yêu cầu cần thiết, góp phần nâng cao mức độ an toàn, giảm lao động thủ công, tăng cường khả năng kiểm soát áp lực mỏ và nâng cao hiệu quả khai thác của công nghệ lò chợ giá khung trong giai đoạn hiện nay.

2. Hiện trạng áp dụng hộ chiếu chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ giá khung tại các mỏ than hầm lò ở Việt Nam

Hiện nay, công nghệ khai thác lò chợ sử dụng giá khung thủy lực và giá xích vẫn là loại hình công nghệ chủ lực tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV, đóng góp khoảng 60 ÷ 65% tổng sản lượng than hầm lò toàn Tập đoàn. Công suất các lò chợ giá khung hiện đạt khoảng 150.000 ÷ 180.000 tấn/năm, năng suất lao động dao động từ 4,5 ÷ 8,5 tấn/công-ca. Thực tế sản xuất cho thấy công nghệ này cơ bản đáp ứng yêu cầu khai thác trong điều kiện địa chất phức tạp tại các mỏ than hầm lò TKV, bảo đảm sản lượng và hiệu quả sản xuất ổn định trong thời gian dài. Điển hình, Công ty Than Vàng Danh hiện duy trì đồng thời từ 10 ÷ 11 lò chợ giá khung thủy lực, với sản lượng khai thác năm 2025 đạt trên 1,6 triệu tấn than nguyên khai. Tuy nhiên, sau nhiều năm áp dụng và hoàn thiện, công nghệ lò chợ giá khung đã từng bước tiệm cận giới hạn về năng suất và hiệu quả khai thác. Trong bối cảnh điều kiện khai thác ngày càng xuống sâu, áp lực mỏ gia tăng và yêu cầu nâng cao mức độ cơ giới hóa ngày càng cao, dư địa nâng cao hiệu quả công nghệ thông qua các giải pháp truyền thống không còn nhiều. Thực tế cho thấy, một trong những khâu còn tồn tại nhiều hạn chế và chưa theo kịp trình độ cơ giới hóa hiện nay là công tác

chống giữ khám đầu, khám chân.

Tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV (Hình 1), khu vực khám đầu, khám chân hiện chủ yếu được chống giữ bằng cột thủy lực đơn loại DZ22, DZ25 hoặc DW-22, DW-25 kết hợp với xà hộp dài $2,6 \div 3,6$ m. Tùy thuộc điều kiện khai thác của từng lò chợ, chiều dài khám thường dao động từ $2,0 \div 4,0$ m. Mỗi hàng vì chống gồm một cặp xà hộp kết hợp với $4 \div 5$ cột thủy lực đơn, khoảng cách giữa các hàng vì theo hướng dốc từ $0,6 \div 0,8$ m; phía phá hỏa được gia cường bổ sung bằng các gánh tăng cường sử dụng cột TLD kết hợp xà gỗ.



Hình 1. Hệ chiếu chống giữ lò chợ giá khung tại các mỏ hầm lò TKV

Về khả năng chống giữ, mỗi cột thủy lực đơn có tải trọng công tác khoảng $250 \div 300$ kN, trong khi khả năng chịu tải làm việc của xà hộp chỉ khoảng 300 kN (tải trọng cực đại khoảng 400 kN), với mômen chống uốn khoảng 52,5 kN.m. Mặc dù mật độ chống giữ tương đối lớn, nhưng các vì chống tồn tại dưới dạng đơn chiếc và chỉ được liên kết với nhau thông qua văng gỗ, nên chưa hình thành được kết cấu chịu lực đồng bộ. Trong điều kiện làm việc bình thường (đá vách thuộc loại sập đổ trung bình đến dễ sập đổ), tải trọng đá vách có thể được phân bố tương đối đều lên các hàng vì chống. Tuy nhiên, khi xuất hiện áp lực tựa tập trung lớn tại khu vực ngã ba lò chợ hoặc khi đá vách thuộc loại khó sập đổ trở lên, sẽ hình thành các khối đá vách treo có diện tích lớn, tải trọng sẽ tập trung cục bộ lên các hàng cột chống phía luồng phá hỏa. Khi đó, xà hộp và cột chống phải làm việc trong trạng thái chịu tải vượt mức thiết kế, dẫn đến hiện tượng vồng xà, nén lún chân cột, tụt nóc cục bộ và giảm độ ổn định của kết cấu chống khám. Thực tế sản xuất tại các lò chợ giá khung cho thấy khu vực khám đầu, khám chân thường là vị trí xuất hiện biến dạng lớn nhất, phải thường xuyên xử lý củng cố và gia cường. Xét về bản chất cơ học, kết cấu chống giữ bằng cột thủy

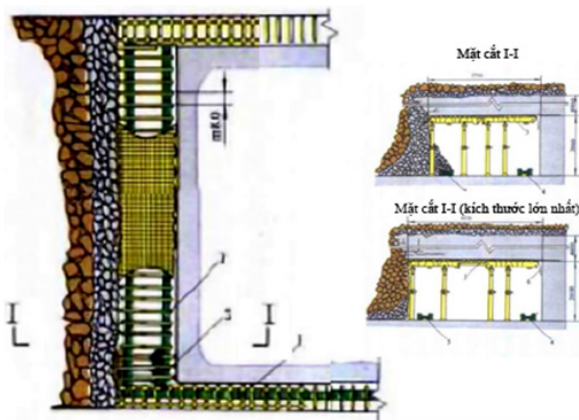
lực đơn kết hợp xà hộp chủ yếu làm việc theo cơ chế chống giữ cục bộ từng điểm tựa, trong khi khu vực khám đầu, khám chân lại chịu tác động của tải trọng không gian có tính tập trung và biến đổi lớn. Đây là nguyên nhân làm cho khả năng thích ứng của kết cấu chống giữ hiện nay ngày càng hạn chế khi chiều sâu khai thác và áp lực mỏ tiếp tục gia tăng.

Bên cạnh đó, toàn bộ các công đoạn lắp đặt, di chuyển và thu hồi chống giữ hiện vẫn được thực hiện thủ công. Đặc biệt, công tác thu hồi cột TLD tại luồng phá hỏa phải tiến hành trong điều kiện áp lực mỏ lớn và đất đá vách thiếu ổn định, có nguy cơ mất an toàn và yêu cầu cường độ lao động cao. Đây được xem là một trong những điểm nghẽn quan trọng làm hạn chế khả năng nâng cao năng suất, giảm lao động thủ công và tiếp tục phát triển công nghệ lò chợ giá khung tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV. Do đó, việc đổi mới hệ chiếu chống giữ khám đầu, khám chân theo hướng thay thế kết cấu cột TLD kết hợp xà hộp bằng các dạng kết cấu chống giữ có khả năng chịu tải lớn hơn, độ ổn định và mức độ cơ giới hóa cao hơn là yêu cầu cấp thiết.

3. Tổng quan kinh nghiệm áp dụng hệ chiếu chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ tại các mỏ than hầm lò tại Trung Quốc

Tương tự như các mỏ than hầm lò thuộc TKV, trong giai đoạn đầu các mỏ than tại Trung Quốc chủ yếu áp dụng giải pháp chống giữ khám đầu, khám chân bằng cột thủy lực đơn kết hợp xà kim loại. Tuy nhiên, do kết cấu chống giữ rời rạc, mức độ cơ giới hóa thấp và phụ thuộc nhiều vào lao động thủ công nên khả năng chịu tải và độ ổn định còn hạn chế. Để khắc phục những tồn tại này, nhiều mỏ đã nghiên cứu và đưa vào áp dụng giá thủy lực dạng xà trượt (Hình 2). Loại hình chống giữ này sử dụng hệ xà liên kết đồng bộ kết hợp cơ cấu kích thủy lực hỗ trợ di chuyển, qua đó nâng cao đáng kể khả năng chịu tải và độ ổn định của hệ thống chống giữ, đồng thời giảm khối lượng thao tác thủ công, cải thiện điều kiện làm việc và nâng cao mức độ an toàn trong lò chợ.

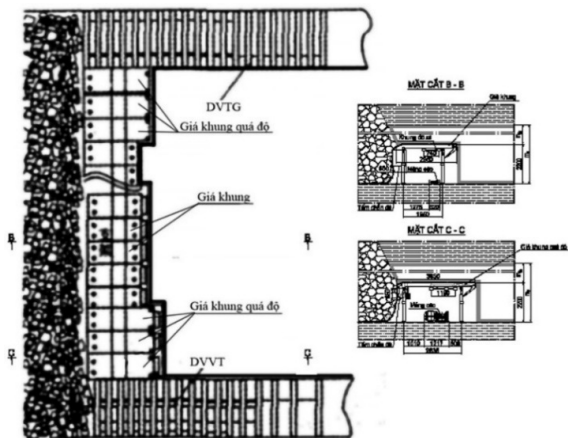
Kết quả áp dụng thực tế tại một số mỏ than ở Trung Quốc cho thấy năng suất lao động đạt khoảng $4,0 \div 4,5$ tấn/công-ca, sản lượng khai thác đạt $15.000 \div 17.000$ tấn/tháng và tỷ lệ thu hồi than trên 75%^[2]. Mặc dù đạt được những hiệu quả nhất định về năng suất và mức độ cơ giới hóa, loại hình chống giữ này vẫn còn một số hạn chế như tỷ lệ



Hình 2. Hệ chiếu chống khám bằng giá thủy lực dạng xà trượt HDY-2 tại mỏ than Cao Trang, Trung Quốc

tồn thất than tương đối lớn và độ ổn định của hệ thống chống giữ chưa cao do các kết cấu liên kết vẫn chủ yếu sử dụng văng gỗ, dễ mất ổn định khi điều kiện góc dốc vỉa thay đổi hoặc áp lực mỏ gia tăng.

Để khắc phục các tồn tại trên, nhiều mỏ than tại Trung Quốc đã nghiên cứu và áp dụng các dạng giá khung quá độ chống khám lò chợ (Hình 3). Về cơ bản, giá khung quá độ có cấu tạo tương tự giá khung trung gian trong lò chợ, gồm hệ xà giá, khung đỡ, cột chống, hệ thống dịch tuần hoàn và cụm điều khiển thủy lực tập trung. Khác với các dạng chống giữ đơn chiếc trước đây, hệ thống khung của giá quá độ được liên kết trực tiếp với hệ thống giá khung trong lò chợ tạo thành kết cấu chống giữ chỉnh thể trên toàn tuyến lò chợ. Nhờ đó, độ ổn định chống giữ được nâng cao đáng kể, khả năng quản lý áp lực đá vách hiệu quả hơn và



Hình 3. Sơ đồ công nghệ khai thác lò chợ sử dụng giá khung quá độ

hiện tượng tụt nóc cục bộ đã giảm rõ rệt.

Thực tế áp dụng tại một số mỏ điển hình ở Trung Quốc cho thấy công nghệ chống giữ khám bằng giá khung quá độ mang lại hiệu quả rõ rệt về kỹ thuật và kinh tế. Tại lò chợ vỉa 5 mỏ Bồ Bạch (Thiểm Tây), khu vực khám chân sử dụng 03 bộ giá khung quá độ ZH1600/16/24ZQ kết hợp với 127 bộ giá khung trung gian ZH1600/16/24Z. Kết quả áp dụng cho thấy thời gian thi công giảm $2 \div 3$ giờ/ca, cường độ lao động giảm $30 \div 40\%$, sản lượng khai thác đạt khoảng 26.900 tấn/tháng và tỷ lệ thu hồi than tăng khoảng 17%^[3].

Tại lò chợ 31011 vỉa 31 thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than Trịnh Châu (Hà Nam), việc áp dụng giá khung quá độ đã nâng năng suất lao động lên khoảng 8,91 tấn/người-ca, cao hơn khoảng 68% so với công nghệ chống giữ bằng cột TLĐ trước đây; đồng thời giảm đáng kể nhân lực, chi phí vật tư và nâng cao hệ số thu hồi than^[4].

4. Nghiên cứu đề xuất hệ chiếu chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ giá khung cho các mỏ hầm lò TKV

4.1. Cơ sở lựa chọn công nghệ chống giữ bằng giá khung quá độ

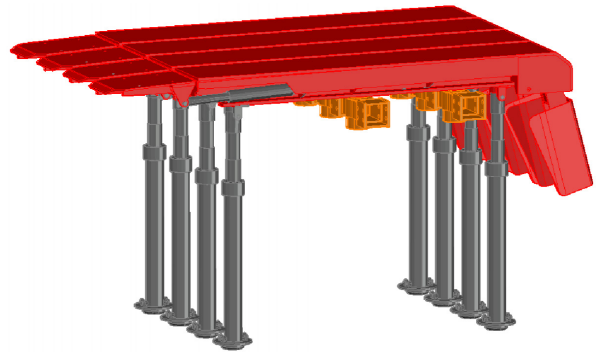
Kinh nghiệm áp dụng tại các mỏ than hầm lò Trung Quốc cho thấy công nghệ chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ giá khung phát triển theo hướng nâng cao mức độ cơ giới hóa, khả năng chịu tải và độ ổn định của hệ thống chống giữ. Trong đó, giá khung quá độ được xem là giải pháp tiên tiến nhờ kết cấu chống giữ dạng chỉnh thể, liên kết đồng bộ với các giá khung trong lò chợ thông qua hệ thống khung đỡ và cơ cấu điều khiển thủy lực. So với kết cấu chống giữ bằng cột thủy lực đơn kết hợp xà hộp, giải pháp này cho phép nâng cao đáng kể khả năng kiểm soát áp lực đá vách, giảm khối lượng lao động thủ công và cải thiện điều kiện an toàn trong quá trình khai thác.

Hiện nay, giá khung quá độ chống khám tại Trung Quốc chủ yếu được nghiên cứu và áp dụng dưới hai dạng kết cấu cơ bản là giá khung quá độ bản xà rộng (hình 4a) và giá khung quá độ bản xà hẹp (hình 4b). Mặc dù có nguyên lý làm việc tương tự giá khung trung gian trong lò chợ, mỗi loại có đặc điểm kết cấu, khả năng chống giữ và phạm vi áp dụng riêng, phù hợp với các điều kiện địa chất và sơ đồ công nghệ khai thác khác nhau.

Giá khung quá độ bản xà rộng có kết cấu gồm bốn cột chống với xà giá dạng bản liên khối có chiều rộng tương đương giá khung chỉnh thể trong



a) Giá khung quá độ bản xà rộng



b) Giá khung quá độ bản xà hẹp

Hình 4. Giá khung quá độ chống khám

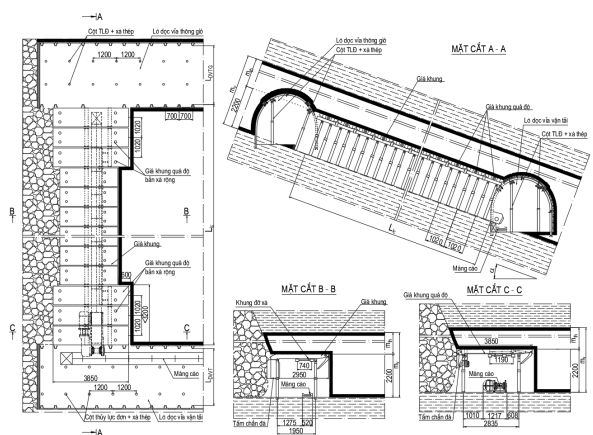
lò chợ. Nhờ diện tích che chắn lớn (khoảng 96%), hạn chế tối đa hiện tượng đất đá và than phá hỏa rơi lọt vào không gian làm việc, đồng thời không cần thực hiện công tác trải lưới nóc trong quá trình chống giữ. Tuy nhiên, do kích thước và trọng lượng lớn nên công tác vận chuyển, lắp đặt và thu hồi tương đối phức tạp, đặc biệt trong điều kiện lò chợ có góc dốc lớn.

Trong khi đó, giá khung quá độ bản xà hẹp có kết cấu nhỏ gọn hơn, thường gồm hai cột chống với xà giá dạng hộp có chiều rộng tương tự một vế xà giá khung phân thể. Nhờ kích thước nhỏ gọn và trọng lượng nhẹ hơn, loại giá này thuận lợi cho công tác vận chuyển, lắp đặt và di chuyển trong điều kiện lò chợ có góc dốc lớn hoặc tiết diện đường lò hạn chế. Tuy nhiên, diện tích che chắn nóc nhỏ hơn nên trong quá trình chống giữ thường phải kết hợp thêm các biện pháp chống tạm như trải lưới nóc.

Do đó, việc lựa chọn loại hình giá khung quá độ phù hợp cần được xem xét trên cơ sở tổng hợp các yếu tố như chiều dày vỉa, góc dốc vỉa, sơ đồ công nghệ khai thác, điều kiện vận tải, trạng thái ổn định nền lò và khả năng đồng bộ với hệ thống giá khung trong lò chợ.

4.2. Đề xuất phạm vi áp dụng giá khung quá độ bản xà rộng

Qua phân tích đặc điểm kết cấu và kinh nghiệm áp dụng thực tế cho thấy giá khung quá độ bản xà rộng (Hình 5) phù hợp với các lò chợ sử dụng giá khung thủy lực di động dạng chỉnh thể, khai thác các vỉa than có góc dốc thoải và vận tải than bằng máng cào. Với kết cấu xà giá dạng bản rộng, diện tích che chắn nóc lớn và mức độ đồng bộ cao với hệ thống giá khung trong lò chợ, loại giá này có khả năng kiểm soát hiệu quả áp lực đá vách và duy trì độ ổn định của khu vực khám đầu, khám



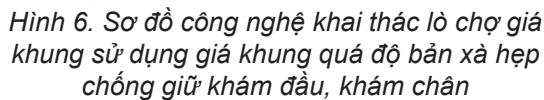
Hình 5. Sơ đồ công nghệ khai thác lò chợ giá khung sử dụng giá khung quá độ bản xà rộng chống giữ khám đầu, khám chân

chân. Do đó, giá khung quá độ bản xà rộng phù hợp với các lò chợ khai thác thu hồi than nóc hoặc làm việc trong điều kiện áp lực mỏ lớn.

Bên cạnh khả năng chống giữ ổn định, công tác chống tạm gương được thực hiện trực tiếp thông qua hệ thống tám chân gương tích hợp trên giá chống, cho phép chống giữ kịp thời khu vực gương lò chợ, hạn chế hiệu quả hiện tượng tụt nóc và lở gương. Đồng thời, nhờ diện tích che chắn lớn nên không cần thực hiện công tác trải lưới nóc như các phương pháp chống giữ truyền thống, qua đó rút ngắn thời gian chống giữ, giảm khối lượng lao động thủ công và nâng cao hiệu quả tổ chức sản xuất.

4.3. Đề xuất phạm vi áp dụng giá khung quá độ bản xà hẹp

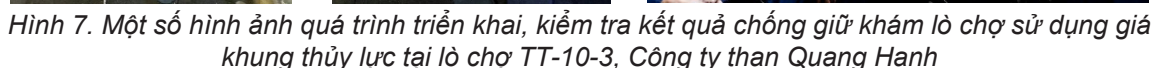
So với giá khung quá độ bản xà rộng, giá khung quá độ bản xà hẹp (Hình 6) có kết cấu nhỏ gọn hơn, trọng lượng nhẹ và thuận lợi hơn cho công tác vận chuyển, lắp đặt, thu hồi trong phạm



Bên cạnh đó, tải trọng chống giữ trên mỗi đơn nguyên tương đối lớn, kết cấu và nguyên lý điều khiển tương đồng với giá khung phân thể đang được áp dụng phổ biến tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV, cho phép thuận lợi trong công tác quản lý, vận hành và đồng bộ thiết bị. Do đó, giá khung quá độ bản xà hẹp phù hợp với các lò chợ khai thác vỉa có góc dốc lớn, chiều dày biến đổi mạnh, điều kiện vận tải phức tạp hoặc các khu vực có yêu cầu thường xuyên điều chỉnh chiều dài khám trong quá trình khai thác.

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, giai đoạn 2024 ÷ 2025, Công ty CP Than Vàng Danh và Công ty Than Quang Hanh đã phối hợp với Viện Khoa

Bên cạnh đó, việc sử dụng hệ thống điều khiển thủy lực tập trung cho phép cơ giới hóa hầu hết các thao tác di chuyển và điều khiển giá chống. Thời gian di chuyển giá sang luồng khẩu mới chỉ khoảng 3 ÷ 5 phút/lần, giảm đáng kể so với mức 25 ÷ 30 phút của phương pháp chống giữ bằng cột thủy lực đơn kết hợp xà hộp. Nhờ đó, năng suất lao động của nhóm khẩu khám tăng từ khoảng 4,0 m/ca lên khoảng 6,0 m/ca. Đồng thời, hệ thống thủy lực tuần hoàn khép kín cho phép thu hồi và tái sử dụng dung dịch nhũ hóa, góp phần giảm tiêu hao vật tư và cải thiện môi trường làm việc trong lò chợ. Với tải trọng chống giữ lớn và độ ổn định cao, công tác thu hồi than hạ trần được thực hiện thuận lợi và an toàn hơn, góp phần nâng



cao hệ số thu hồi tài nguyên và hiệu quả khai thác. Kết quả sản xuất bước đầu cho thấy sản lượng lò chợ đạt $9.174 \div 20.189$ tấn/tháng, trung bình khoảng 14.962 tấn/tháng; năng suất lao động đạt $6,0 \div 11,5$ tấn/công, trung bình khoảng $8,8$ tấn/công, cao hơn khoảng $1,1 \div 1,2$ lần so với thiết kế.

Tuy nhiên, quá trình áp dụng thực tế cũng cho thấy các loại giá khung quá độ hiện nay vẫn còn một số tồn tại cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện. Đối với giá khung quá độ bản xà rộng, kích thước và trọng lượng thiết bị lớn nên công tác vận chuyển, lắp đặt và thu hồi còn gặp nhiều khó khăn, đặc biệt trong điều kiện lò chợ có góc dốc lớn. Thực tế đã ghi nhận hiện tượng trôi trượt giá chống theo hướng dốc khi góc dốc vĩa vượt quá 20° , làm gia tăng khối lượng công tác căn chỉnh và xử lý trong quá trình vận hành. Đối với giá khung quá độ bản xà hẹp, một số chi tiết kết cấu của giá chống cũng chưa thực sự phù hợp với điều kiện làm việc thực tế, như vị trí cột trước lùi vào trong làm thu hẹp không gian thao tác hoặc kết cấu tấm chắn gương chưa bảo đảm áp sát nóc lò trong toàn bộ quá trình làm việc gây khó khăn cho các công tác phụ trợ (khoan lỗ mìn gương, cài chèn, trải lưới nóc).

Nhìn chung, kết quả thử nghiệm đã khẳng định tính khả thi và hiệu quả của giải pháp chống giữ khám đầu, khám chân bằng giá khung quá độ tại các lò chợ giá khung thuộc TKV. Tuy nhiên, để mở rộng phạm vi áp dụng trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện kết cấu thiết bị theo hướng nâng cao khả năng thích ứng với điều kiện phức tạp tại các mỏ hầm lò TKV, qua đó phát huy tối đa hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của công nghệ.

5. Kết luận

Hiện nay, công tác chống giữ khám đầu, khám chân lò chợ giá khung tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV chủ yếu sử dụng cột thủy lực đơn kết hợp xà hộp. Mặc dù đáp ứng yêu cầu duy trì không gian làm việc, giải pháp này vẫn tồn tại nhiều hạn chế về khả năng chịu tải, độ ổn định và mức độ cơ giới hóa, đặc biệt trong điều kiện áp lực mỏ lớn và khai thác xuống sâu. Trên cơ sở tổng hợp kinh nghiệm áp dụng tại Trung Quốc và kết quả thử nghiệm thực tế tại một số mỏ than hầm lò thuộc TKV, nghiên cứu cho thấy giá khung quá độ là giải pháp phù hợp để thay thế kết cấu chống giữ truyền thống tại khu vực khám đầu, khám chân lò chợ.

Kết quả thử nghiệm cho thấy năng suất lao

động tăng khoảng 1,5 lần, thời gian di chuyển chống giữ giảm $65 \div 70\%$ và sản lượng khai thác thực tế đạt cao hơn khoảng $10 \div 20\%$ so với thiết kế; đồng thời khả năng kiểm soát áp lực đá vách, độ ổn định của hệ thống chống giữ và mức độ an toàn lao động được cải thiện rõ rệt. Bên cạnh đó, việc thực hiện thu hồi than hạ trần thuận lợi hơn, góp phần nâng cao hệ số thu hồi tài nguyên và hiệu quả khai thác lò chợ.

Mặc dù vẫn còn một số nội dung cần tiếp tục hoàn thiện về kết cấu thiết bị và khả năng thích ứng với các điều kiện địa chất khác nhau, kết quả nghiên cứu và áp dụng thực tế đã khẳng định tính khả thi cũng như hiệu quả kỹ thuật của công nghệ chống giữ khám đầu, khám chân bằng giá khung quá độ. Đây là cơ sở quan trọng để từng bước hoàn thiện công nghệ khai thác lò chợ giá khung, nâng cao mức độ cơ giới hóa và hiệu quả khai thác tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV trong giai đoạn tới.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phan Văn Việt, *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu áp dụng công nghệ khai thác cơ giới hoá đồng bộ phù hợp với diện sản xuất có quy mô trữ lượng nhỏ (đến 100 nghìn tấn) tại các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh*. Viện KHCN Mỏ, 2025.
- [2]. Trương Như Tiền và Tiêu Kim Vĩnh, *"Nghiên cứu tính khả thi của việc sử dụng giá chống dạng xà trượt HDY-2 trong sơ đồ công nghệ khai thác khấu hết chiều dày vĩa tại mỏ Cao Trang"*, Tạp chí khoa học Bình Môi, số p.h 1, tr 4, 1989.
- [3]. Trương Tăng Hiền và nnk, *"Kết quả áp dụng công nghệ khai thác lò chợ hạ trần than nóc sử dụng giá khung thủy lực di động tại mỏ Bỏ Bạch"*, Tạp chí Công nghiệp mỏ Thiểm Tây, vol 2, tr 49–50, 2009.
- [4]. Lộ Tự Đường và nnk, *"Nghiên cứu áp dụng giá khung thủy lực di động cho điều kiện vĩa than 3 mềm"*, Tạp chí Than Trung Châu, vol 6, tr 20–21, 2007.



Study on Proposed Support Passports for Headgate and Tailgate Junctions of Shield-Supported Longwall for underground coal mines in TKV

Dr. Nguyen Ngoc Giang, Engineer Nguyen Duc Quan

Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

Based on the assessment of the current support practices at headgate and tailgate junctions of shield-supported longwall for underground coal mines in TKV, together with a review of practical experience in applying shield-supported longwall mining technology in several underground coal mines in China, this paper presents the results of a study proposing support passports for headgate and tailgate junctions which are designed to suit the geological and mining conditions as well as the actual production requirements at underground coal mines in TKV.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU QUAN TRẮC DỊCH ĐỘNG BỜ MỎ PHỤC VỤ GIÁM SÁT VÀ CẢNH BÁO SỚM MẤT ỔN ĐỊNH TRONG KHAI THÁC LỘ THIÊN

ThS. Lê Bá Phúc, ThS. Đỗ Văn Triều
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Đoàn Văn Thanh

Tóm tắt:

Trong khai thác lộ thiên, dịch động bờ mỏ, bãi thải là yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến phát triển bền vững của các mỏ. Các đại lượng dịch động được xác định qua giá trị quan trắc. Tuy nhiên, hiện nay, dữ liệu quan trắc thường được lưu trữ phân tán, chưa được tích hợp trong một môi trường cơ sở dữ liệu không gian thống nhất, dẫn đến hạn chế trong phân tích xu thế dịch chuyển và thiết lập cơ chế cảnh báo sớm. Theo đó, một mô hình cơ sở dữ liệu quan trắc dịch động bờ mỏ tích hợp với ứng dụng Desktop và nền tảng GIS nhằm quản lý tập trung dữ liệu biến dạng theo không gian và thời gian. Dữ liệu đầu vào bao gồm các nguồn quan trắc bề mặt khác được chuẩn hóa theo hệ quy chiếu tọa độ, cấu trúc thời gian và đơn vị đo, sau đó tổ chức trong cơ sở dữ liệu PostgreSQL/PostGIS với cấu trúc logic phản ánh mối quan hệ giữa mỏ, khu vực, điểm quan trắc, đợt đo và kết quả dịch chuyển. Ứng dụng Desktop được phát triển theo kiến trúc nhiều lớp, cho phép kiểm soát chất lượng và các tham số đặc trưng như độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc dịch chuyển và phân bố vận tốc trên bản đồ GIS. Trên cơ sở đó, cơ chế cảnh báo kích hoạt TARP được thiết lập theo nguyên tắc ngưỡng động, xét đồng thời giá trị vận tốc và xu thế tăng tốc theo chuỗi thời gian. Kết quả xây dựng hệ thống cho thấy khả năng quản lý dữ liệu quan trắc một cách nhất quán, hỗ trợ phân tích diễn biến dịch động và tạo nền tảng cho phát triển hệ thống cảnh báo sớm trong điều kiện khai thác thực tế. Giải pháp đề xuất góp phần thúc đẩy chuyển đổi số trong cảnh báo ổn định bờ mỏ, bãi thải và nâng cao mức độ an toàn trong khai thác lộ thiên tại Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Theo Quy hoạch tổng thể về năng lượng quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 893/QĐ-TTg ngày 26/7/2023 và Quy thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng các loại khoáng sản thời kỳ 2021 – 2030, tầm nhìn đến năm 2050 tại Quyết định số 866/QĐ-TTg ngày 18/7/2023. Sản lượng than nguyên khai tại các mỏ than lộ thiên thuộc TKV đến năm 2030 từ 11,3 ÷ 12,0 triệu tấn/năm, tương ứng khối lượng đất bóc từ 124 ÷ 156 triệu m³/năm, tập trung chủ yếu tại các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh. Đối với khoáng sản đồng tập trung chủ yếu tại Lào Cai (Sin Quyền, Tả Phời), công suất 02 mỏ từ 2,8÷3,05 triệu tấn quặng nguyên khai/năm, khối lượng đất bóc từ 19,5 ÷ 25,5 triệu m³/năm. Để đáp ứng công suất khai thác như trên, các mỏ lộ thiên tiếp tục khai thác xuống sâu và kết thúc ở các mức: mỏ Đèo Nai - Cọc Sáu (-350 m); mỏ than Cao Sơn (-325

m); mỏ than Hà Tu (-250 m); mỏ than Na Dương (+18 m), mỏ đồng Sin Quyền (-307 m), mỏ đồng Tả Phời (+110 m),..., hình thành các bờ mỏ cao từ 300 ÷ 700 m, góc dốc bờ mỏ từ 210 ÷ 310, đất đá được đổ với khối lượng tới hàng trăm triệu m³ đất đá, chiều cao trung bình từ 60 ÷ 150 m, có nơi đến 270 m, góc dốc sườn bãi thải tương đối lớn (300÷370), số lượng tầng thải 5÷10 tầng.

Hiện nay, để tăng cường quản lý kỹ thuật an toàn các bờ mỏ và bãi thải các mỏ than – khoáng sản lộ thiên, TKV đã thường xuyên chỉ đạo các đơn vị tiến hành rà soát, kiểm tra và đánh giá điều kiện an toàn bờ mỏ và bãi thải. Các mỏ lộ thiên thuộc TKV đã chủ động thực hiện các công trình quan trắc dịch động bờ mỏ, bãi thải hàng năm tại các vị trí xung yếu để có giải pháp xử lý kịp thời khi có nguy cơ mất an toàn. Công tác quan trắc dịch động và đánh giá được thực hiện theo Quy phạm trắc địa và địa chất mỏ hiện hành.

Từ nguồn dữ liệu quan trắc dịch động hàng

năm của các mỏ, ngoài việc lưu trữ, cảnh báo theo các phương pháp truyền thống, còn có thể được khai thác, xây dựng thành CSDL phục vụ công tác theo dõi, quản lý, tiến tới dự báo, cảnh báo hiển thị trực tiếp trên bản đồ số GIS qua chương trình PostgreSQL/PostGIS. Qua đó, với việc tập hợp, xây dựng dữ liệu quan trắc thành hệ thống CSDL được quản lý, vận hành một cách có hệ thống, các kết quả được thể hiện trực tiếp trên bản đồ GIS kết hợp thang kích hoạt TARP sẽ cung cấp thêm giải pháp cảnh báo an toàn, trực quan, góp phần củng cố thêm tính bền vững trong khai thác lộ thiên dưới điều kiện địa kỹ thuật ngày càng phức tạp.

2. Phương pháp xây dựng CSDL và thang cảnh báo kích hoạt TARP

2.1. Phương pháp xây dựng CSDL

Việc xây dựng CSDL quan trắc dịch động bờ mỏ được thực hiện theo cách tiếp cận từ phân tích nghiệp vụ đến mô hình hóa dữ liệu và hiện thực hóa trên hệ quản trị CSDL không gian. Trước hết, từ đặc điểm quản lý kỹ thuật quan trắc dịch động, dữ liệu được phân tách thành hai nhóm chính như trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm dữ liệu quan trắc dịch động tại các mỏ

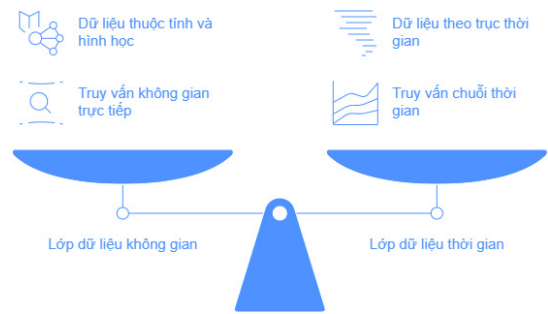
Dữ liệu	(1) Nhóm dữ liệu mô tả đối tượng không gian	(2) Nhóm dữ liệu động theo thời gian
Thuộc tính dữ liệu	Mỏ; khu vực quan trắc; tuyến quan trắc; điểm quan trắc	Đợt đo; kết quả dịch chuyển và các chỉ tiêu quan trắc (dịch động ngang, độ lún, dịch động theo tuyến, vector dịch chuyển và tốc độ dịch chuyển)

Việc phân tách này cho phép xác định rõ “đối tượng được theo dõi” và “trạng thái đo được theo thời gian”, là tiền đề để tổ chức dữ liệu không gian – thời gian nhất quán [1][3].

Về mặt mô hình hóa, nghiên cứu sử dụng mô hình thực thể – liên kết để nhận diện các thực thể chính và quan hệ giữa chúng, sau đó chuẩn hóa về mô hình quan hệ nhằm giảm dư thừa, đảm bảo tính toàn vẹn và tạo thuận lợi cho truy vấn.

Theo đó, phương pháp xây dựng CSDL được lựa chọn phù hợp đặc điểm của dữ liệu theo nhóm chức năng như sơ đồ Hình 1.

Như sơ đồ Hình 1 cho thấy:



Hình 1. Phân loại chức năng của CSDL theo đặc điểm dữ liệu

(1) Lớp dữ liệu không gian: Lựa chọn PostgreSQL kết hợp phần mở rộng PostGIS để quản lý đồng thời dữ liệu thuộc tính và hình học.

Điểm quan trắc được biểu diễn bằng đối tượng hình học điểm; tuyến quan trắc được biểu diễn bằng đối tượng đường; khu vực quan trắc có thể biểu diễn bằng vùng khi có đủ dữ liệu biên. Cách tiếp cận này phù hợp với mô hình Simple Features của OGC và cho phép thực hiện truy vấn không gian trực tiếp trên cơ sở dữ liệu thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào phần mềm GIS bên ngoài.

(2) Lớp dữ liệu thời gian: Lựa chọn GiST để tăng tốc truy vấn không gian, nội suy trường dẫn xuất và kiểm soát nhất quán dữ liệu.

Một yêu cầu quan trọng khác là tổ chức dữ liệu theo trục thời gian. Với dữ liệu quan trắc dịch động, giá trị tại mỗi đợt đo không có ý nghĩa độc lập hoàn toàn mà chủ yếu phát huy giá trị khi đặt trong quan hệ với các đợt đo trước đó. Vì vậy, trong mô hình dữ liệu, mỗi bản ghi kết quả không chỉ lưu đại lượng dịch chuyển, mà còn lưu mã đợt đo đầu, mã đợt đo cuối, khoảng thời gian giữa hai đợt và các đại lượng suy dẫn. Cách tổ chức này giúp cơ sở dữ liệu có thể trực tiếp phục vụ truy vấn chuỗi thời gian, thống kê xu thế và cảnh báo sớm.

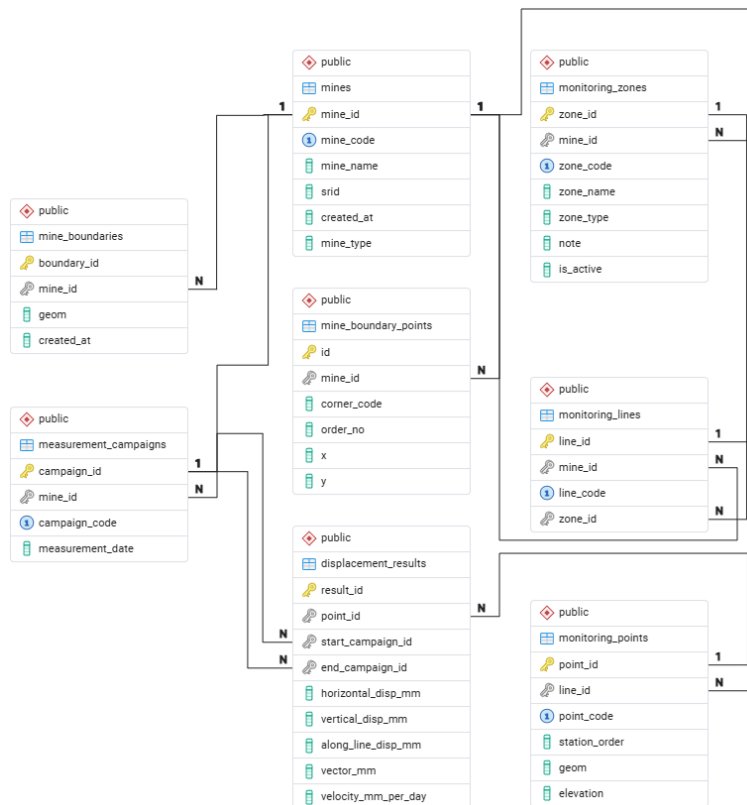
2.2. Thang cảnh báo kích hoạt TARP

TARP là viết tắt của Trigger Action Response Plan, tức kế hoạch phản ứng theo ngưỡng kích hoạt. Trong quản lý rủi ro kỹ thuật, TARP được sử dụng để chuyển đổi tín hiệu theo dõi thành hành động quản trị tương ứng theo các cấp độ [1].

Bản chất của TARP không chỉ là xác định một ngưỡng cảnh báo đơn lẻ, mà là thiết lập mối quan hệ giữa chỉ tiêu giám sát, mức độ nghiêm trọng và phản ứng điều hành tương ứng. Đối với quan trắc dịch động bờ mỏ, logic này đặc biệt phù hợp vì sự gia tăng dịch chuyển không phải lúc nào cũng đồng nghĩa với mất ổn định tức thời; điều quan trọng hơn là nhận biết được trạng thái tăng tốc và

Bảng 2. Chỉ tiêu đánh giá theo thang kích hoạt TARP

Chỉ tiêu	(1) Chỉ tiêu trạng thái	(2) Chỉ tiêu xu thế
Thuộc tính	Vector dịch chuyển và vận tốc dịch chuyển tại thời điểm đánh giá	Gia tốc dịch chuyển hoặc thông qua sự gia tăng liên tiếp của vận tốc giữa các chu kỳ đo



Hình 2. Mô hình thực thể - liên kết đề xuất của CSDL dịch động trên PostgreSQL

mức vượt ngưỡng theo chuỗi thời gian.

Trong nghiên cứu này, thang kích hoạt TARP được xây dựng trên cơ sở hai nhóm chỉ tiêu (Bảng 2).

Việc sử dụng đồng thời hai nhóm chỉ tiêu tại Bảng 2 giúp hạn chế tình trạng cảnh báo thiếu chính xác khi vận tốc tức thời cao nhưng không có xu thế gia tăng, hoặc ngược lại khi vận tốc chưa lớn nhưng đang tăng nhanh qua các chu kỳ liên tiếp.

Về nguyên tắc vận hành, thang TARP được chia thành các cấp độ từ an toàn đến nguy hiểm, tương ứng với các phản ứng như tiếp tục theo dõi bình thường, tăng mật độ quan trắc, kiểm tra hiện trường, rà soát điều kiện an toàn, hạn chế hoạt động hoặc kích hoạt phương án ứng phó khẩn cấp.

Trong cơ sở dữ liệu, các mức này không được quản lý theo dạng mô tả rời rạc mà được số hóa thành bảng ngưỡng, bảng quy tắc và bảng sự kiện cảnh báo. Cách tiếp cận này cho phép điều chỉnh ngưỡng theo mỏ, theo khu vực hoặc theo tuyến

quan trắc mà không phải thay đổi cấu trúc chương trình, đồng thời bảo đảm truy vết đầy đủ lịch sử cảnh báo. Đây chính là cơ sở khoa học để tích hợp TARP vào hệ cơ sở dữ liệu thay vì xử lý tách rời ở lớp ứng dụng.

3. Thiết kế hệ thống cơ sở dữ liệu không gian - thời gian đa tầng

3.1. Thiết kế mô hình thực thể - liên kết trên PostgreSQL

Từ đặc điểm dữ liệu quan trắc dịch động tại các mỏ (Bảng 1), hệ thống được thiết kế theo mô hình thực thể – liên kết gồm sáu thực thể lõi: mỏ, khu vực quan trắc, tuyến quan trắc, điểm quan trắc, đợt đo và kết quả quan trắc. Trong đó, mỏ là thực thể gốc có quan hệ một – nhiều với khu vực quan trắc; khu vực có quan hệ một – nhiều với tuyến; tuyến có quan hệ một – nhiều với điểm; đợt đo có quan hệ một – nhiều với kết quả; và điểm quan trắc cũng có quan hệ một – nhiều với kết quả dịch

chuyển. Cấu trúc này phản ánh đúng logic vận hành dữ liệu trong thực tế sản xuất.

Theo đó, nghiên cứu đề xuất mô hình thực thể - liên kết như Hình 2.

Trên cơ sở mô hình trên, mỗi bảng được thiết kế với khóa chính định danh duy nhất và các khóa ngoại để đảm bảo toàn vẹn tham chiếu. Trong đó, bảng “monitoring_points” là bảng trung tâm của lớp không gian, còn bảng “displacement_results” là bảng trung tâm của lớp thời gian. Đây là lựa chọn hợp lý vì mọi kết quả dịch chuyển đều phải quy chiếu được tới một điểm quan trắc cụ thể và một khoảng thời gian đo xác định (Bảng 3).

Trong hiện thực PostgreSQL, việc tổ chức này cho phép thiết lập các ràng buộc khóa, ràng buộc duy nhất và chỉ mục chuyên biệt. PostgreSQL hỗ trợ phân vùng bảng cho dữ liệu lớn theo thời gian, trong khi PostGIS hỗ trợ chỉ mục GiST trên trường hình học để tăng tốc các phép truy vấn không gian.

3.2. Thiết kế mô hình nội suy đại lượng quan trắc bằng GIS

Mục tiêu của lớp GIS trong hệ thống không chỉ là hiển thị vị trí điểm quan trắc, mà còn trực quan hóa phân bố không gian của các đại lượng dịch động phục vụ đánh giá nhanh. Trên cơ sở các điểm quan trắc có tọa độ và giá trị dịch chuyển tương ứng, nghiên cứu đề xuất tổ chức hai cấp hiển thị như Bảng 4.

Về nguyên tắc kỹ thuật, trong GIS các phép cắt lớp, lọc theo vùng, giao cắt giữa điểm quan trắc và lớp khu vực được thực hiện trực tiếp trên PostGIS bằng các hàm quan hệ không gian. Theo đó, các

phép như ST_Intersects, ST_Within, ST_DWithin có thể tận dụng chỉ mục GiST để tăng tốc đáng kể khi thao tác trên tập dữ liệu lớn. Điều này đặc biệt cần thiết đối với cơ sở dữ liệu quan trắc nhiều năm, nhiều mỏ và số lượng điểm quan trắc tăng liên tục.

3.3. Thiết kế kiến trúc chương trình hiển thị CSDL tích hợp hiển thị trên GIS

Kiến trúc chương trình được xây dựng theo mô hình nhiều lớp, gồm lớp dữ liệu, lớp nghiệp vụ và lớp hiển thị (Hình 3), trong đó:

- Lớp dữ liệu bao gồm: PostgreSQL/PostGIS, nơi lưu trữ thống nhất toàn bộ dữ liệu danh mục, dữ liệu quan trắc và dữ liệu cảnh báo.

- Lớp nghiệp vụ: thực hiện các chức năng chuẩn hóa dữ liệu, tính toán đại lượng suy dẫn, kiểm soát chất lượng và đánh giá ngưỡng TARP.

- Lớp hiển thị gồm ứng dụng Desktop kết hợp nền bản đồ số GIS, cho phép người dùng truy vấn, xem biểu đồ, bản đồ và trạng thái cảnh báo.

Trong kiến trúc này, CSDL đóng vai trò trung tâm, còn ứng dụng Desktop và GIS là các lớp khai thác. Cách tổ chức đó giúp giảm sự phụ thuộc vào file rời, đồng thời cho phép nhiều công cụ cùng truy cập một nguồn dữ liệu thống nhất. Đối với khối cảnh báo, nghiên cứu đề xuất sử dụng trigger tại lớp CSDL để tự động kiểm tra các điều kiện ngưỡng và sinh sự kiện cảnh báo.

4. Xây dựng CSDL quan trắc dịch động trên PostgreSQL kết hợp GIS

4.1. Xây dựng nguồn CSDL

Nguồn dữ liệu đầu vào của CSDL được nghiên cứu tổng hợp từ kết quả quan trắc của các mỏ

Bảng 3. Yếu tố thành phần của CSDL trong PostgreSQL

Bảng	Chức năng chính	Khóa chính	Liên kết chính
mines	Danh mục mỏ	mine_id	Liên kết với tất cả bảng nghiệp vụ
monitoring_zones	Danh mục khu vực quan trắc	zone_id	Thuộc mines
monitoring_lines	Danh mục tuyến quan trắc	line_id	Thuộc zones
monitoring_points	Danh mục điểm quan trắc và hình học điểm	point_id	Thuộc lines
measurement_campaigns	Danh mục đợt đo	campaign_id	Thuộc mines
displacement_results	Kết quả dịch chuyển giữa hai đợt đo	result_id	Liên kết points và campaigns

Bảng 4. Cấp hiển mô hình nội suy trong GIS

Cấp độ	Cấp 1	Cấp 2
Đặc điểm	Hiển thị trực tiếp giá trị tại điểm, phù hợp với truy xuất chi tiết và đối chiếu số liệu gốc	Hiển thị theo tuyến hoặc theo vùng, trong đó các đại lượng đặc trưng như: độ dịch chuyển lớn nhất, vận tốc trung bình, P90 vận tốc hoặc xu thế gia tăng được tổng hợp theo lớp không gian tương ứng



Hình 3. Sơ đồ kiến trúc của chương trình hiển thị CSDL tích hợp GIS

than lộ thiên vùng Quảng Ninh như mỏ Hà Tu, mỏ Cao Sơn, cụm mỏ Cọc Sáu – Đèo Nai trong giai đoạn 2014 ÷ 2025.

Quá trình tập hợp dữ liệu được thực hiện qua ba bước chính như sau:

- (1) Bước 1: Chuẩn hóa khóa định danh như mã mỏ, mã khu vực, mã tuyến, mã điểm và mã đợt đo;
- (2) Bước 2: Chuẩn hóa kiểu dữ liệu, đơn vị tính và thời gian đo;

(3) Bước 3: Ánh xạ các trường dữ liệu vào cấu trúc bảng tương ứng trên PostgreSQL/PostGIS. Với dữ liệu điểm, trường hình học được dựng từ tọa độ (X, Y, H), với dữ liệu kết quả, các trường đợt đo đầu – cuối và khoảng thời gian giữa hai đợt được bổ sung để phục vụ truy vấn chuỗi thời gian.

Sau khi chuẩn hoá, bộ dữ liệu để đưa vào CSDL được thể hiện tại Bảng 5.

Kết quả tại Bảng 4 cho thấy, bộ dữ liệu sau chuẩn hóa gồm 22 khu vực quan trắc, 93 tuyến, 1.057 điểm, 159 đợt đo và 7.473 bản ghi kết quả dịch chuyển. Quy mô dữ liệu này đủ để kiểm chứng tính phù hợp của mô hình cơ sở dữ liệu, đồng thời phản ánh được yêu cầu quản lý theo nhiều mỏ, nhiều tuyến và nhiều giai đoạn đo khác nhau.

4.2. Chương trình hiển thị CSDL tích hợp hiển thị trên GIS

Trên nền cơ sở dữ liệu đã chuẩn hóa, chương trình hiển thị được bài báo xây dựng bằng ngôn ngữ Python + Javascript để hỗ trợ ba nhóm chức năng chính như sau:

- *Nhóm chức năng thứ nhất:* (1) Quản lý danh mục không gian; (2) Truy cập theo mỏ, khu vực

Bảng 5. Quy mô dữ liệu sau chuẩn hoá để tổ chức trong CSDL

Mỏ	Số khu vực	Số tuyến	Số điểm	Số đợt đo	Số bản ghi kết quả
Cao Sơn	5	30	402	32	1.851
Đèo Nai – Cọc Sáu	9	20	314	30	3.076
Hà Tu	8	43	341	97	2.546
Tổng	22	93	1.057	159	7.473

và thời gian quan trắc; (3) theo dõi tuyến và điểm quan trắc.

- *Nhóm chức năng thứ hai:* Hiển thị kết quả quan trắc gồm: (1) biểu đồ điểm, tuyến theo chuỗi thời gian theo giá trị tích lũy hoặc theo đợt của các đại lượng *dịch chuyển ngang lớn nhất, độ lún lớn nhất, dịch chuyển theo tuyến, vector dịch chuyển, tốc độ dịch chuyển* và (2) các chỉ tiêu thống kê (*giá trị dịch chuyển lớn nhất, nhỏ nhất và giá trị đặc trưng (P90)*).

Ngoài việc hiển thị dữ liệu theo từng điểm, tuyến như thống kê, các đại lượng đặc trưng còn được sử dụng trong hệ thống gồm: Độ dịch chuyển tổng hợp và vận tốc dịch chuyển. Các công thức được xác lập như sau [2]:

$$D_i = \sqrt{(\Delta s_i)^2 + (\Delta h_i)^2} \quad (1)$$

$$v_i = \frac{D_i}{\Delta t_i} \quad (2)$$

$$a_i = \frac{v_i - v_{i-1}}{\Delta t_i} \quad (3)$$

Trong đó, D_i - độ dịch chuyển tổng hợp của chu kỳ i ; Δs_i - thành phần dịch chuyển theo phương theo dõi; Δh_i - thành phần dịch chuyển theo phương đứng; v_i - vận tốc dịch chuyển trung bình; a_i - gia tốc dịch chuyển; và Δt_i - khoảng thời gian giữa hai đợt đo liên tiếp.

Các dữ liệu đặc trưng trong 7.473 dữ liệu tập hợp được thể hiện tại Bảng 6.

Kết quả thống kê tại Bảng 5 cho thấy: Phần lớn bản ghi có giá trị vận tốc nhỏ, nhưng vẫn tồn tại một số giá trị rất lớn cần đặc biệt quan tâm tại P90, P95 là 90 ÷ 95 % các điểm quan trắc có giá trị nhỏ hơn. Đây là điều kiện quan trọng để xây dựng thang kích hoạt TARP.

- *Nhóm chức năng thứ ba:* Hiển thị mức cảnh báo theo thang TARP, cho phép đánh giá khu vực cần theo dõi tăng cường.

Trên nền dữ liệu đã được tổ chức tập trung trong PostgreSQL và nguyên tắc xây dựng thang kích hoạt TARP. Trong nghiên cứu này, ngưỡng kích hoạt được xây dựng theo nguyên tắc ngưỡng động, kết hợp đồng thời giá trị vận tốc dịch chuyển

Bảng 6. Các đại lượng dịch chuyển từ CSDL quan trắc dịch động của các mỏ vùng Quảng Ninh

Đại lượng	Min	Trung vị	P90	P95	Max
Dịch chuyển ngang lớn nhất(mm)	-41,98	23,00	293,12	629,36	19.948,30
Độ lún lớn nhất (mm)	-10.878,00	-20,00	0,00	5,00	5.219,90
Dịch chuyển theo hướng tuyến (mm)	-12.989,30	0,00	74,10	200,98	82.188,10
Vector dịch chuyển (mm)	0,00	35,60	384,23	829,24	82.188,30
Tốc độ dịch chuyển (mm/ngđêm)	0,00	0,46	6,40	12,85	1.369,81

Bảng 7. Thang kích hoạt TARP tổng quát đề xuất cho hệ thống quan trắc dịch động bờ mỏ

Cấp cảnh báo	Ngưỡng vận tốc v (mm/ngđêm)	Ngưỡng gia tốc a (mm)	Ý nghĩa trạng thái	Hành động phản ứng
Mức 0 - Bình thường (màu xanh dương)	$v \leq P90$	$a < 0,05$	Biến động trong nền; chưa có xu thế tăng tốc đáng kể.	Theo dõi định kỳ.
Mức 1 - Theo dõi tăng cường (màu xanh lá)	$P90 < v \leq P95$	$0,05 \leq a < 0,10$	Dịch chuyển tăng; cần kiểm soát chặt biến động ngắn hạn.	Tăng mật độ quan trắc; rà soát hiện trường.
Mức 2 - Cảnh báo (màu vàng)	$P95 < v \leq P99$	$0,10 \leq a < 0,50$	Dịch chuyển bất thường hoặc tăng tốc rõ rệt; có thể phát triển mất ổn định cục bộ.	Kiểm tra hiện trường; đánh giá an toàn; xem xét hạn chế hoạt động.
Mức 3 - Nguy hiểm (màu đỏ)	$v > P99$	$a \geq 0,50$	Dịch chuyển vượt nền rõ rệt và tăng tốc mạnh; nguy cơ mất ổn định cao.	Kích hoạt TARP; khoanh vùng nguy hiểm; hạn chế hoặc dừng hoạt động khi cần.

và xu thế tăng tốc theo chuỗi thời gian. Khác với cách tiếp cận sử dụng một ngưỡng cố định cho toàn bộ hệ thống, các giá trị TARP được xác định theo hai tầng:

- Tầng khung tổng quát áp dụng cho logic vận hành của hệ thống (Bảng 7);

- Tầng ngưỡng khởi tạo theo từng mỏ, được xác lập từ các phân vị đặc trưng của dữ liệu lịch sử hiện có. Cách tiếp cận này cho phép vừa bảo đảm tính thống nhất của mô hình cảnh báo, vừa nâng cao độ nhạy cảnh báo đối với đặc trưng dịch động khác nhau giữa các mỏ và khu vực quan trắc (Bảng 8).

Kết quả xây dựng ngưỡng cảnh báo trên cho thấy, tính logic cảnh báo được đặt ngay trong lớp CSDL, thay vì chỉ xử lý ở lớp giao diện. Nhờ đó, sau khi dữ liệu quan trắc được cập nhật, hệ thống có thể tự động kiểm tra điều kiện vượt ngưỡng, ghi nhận sự kiện cảnh báo trong module xử lý bằng AI kết hợp mô hình số và chuyển trạng thái cảnh báo đến lớp hiển thị. Đồng thời, do các giá trị nền

trong Bảng 7 và Bảng 8 được xem là ngưỡng khởi tạo, hệ thống cho phép tiếp tục hiệu chỉnh định kỳ theo dữ liệu lịch sử của từng mỏ, từng tuyến hoặc từng khu vực quan trắc nhằm giảm cảnh báo giả và nâng cao độ tin cậy của phản ứng TARP.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng được mô hình cơ sở dữ liệu quan trắc dịch động bờ mỏ theo cấu trúc không gian – thời gian trên nền PostgreSQL/PostGIS, bảo đảm liên kết chặt chẽ giữa dữ liệu mỏ, khu vực, tuyến, điểm quan trắc, đợt đo và kết quả dịch chuyển. Mô hình đề xuất cho phép chuyển dữ liệu quan trắc từ trạng thái lưu trữ phân tán sang trạng thái quản lý tập trung, truy xuất có hệ thống và sẵn sàng cho phân tích chuỗi thời gian.

Kết quả triển khai trên bộ dữ liệu thực nghiệm cho thấy hệ thống có khả năng quản lý nhất quán dữ liệu quan trắc, hỗ trợ hiển thị trực quan trên GIS các đại lượng đặc trưng như độ dịch chuyển, vận tốc, ... và tạo nền tảng để kích hoạt cảnh báo theo

Bảng 8. Ngưỡng vận tốc kích hoạt TARP đề xuất sơ bộ theo từng mỏ từ dữ liệu lịch sử hiện có

Mỏ	Mức 0 (mm/ngđêm)	Mức 1 (mm/ ngđêm)	Mức 2 (mm/ngđêm)	Mức 3 (mm/ngđêm)
Cao Sơn	$v \leq 12,10$	$12,10 < v \leq 26,65$	$26,65 < v \leq 104,64$	$v > 104,64$
Đèo Nai – Cọc Sáu	$v \leq 5,46$	$5,46 < v \leq 9,86$	$9,86 < v \leq 33,72$	$v > 33,72$
Hà Tu	$v \leq 1,57$	$1,57 < v \leq 6,26$	$6,26 < v \leq 94,09$	$v > 94,09$

thang TARP. So với phương thức quản lý truyền thống bằng bảng tính rời, giải pháp này nâng cao rõ rệt khả năng truy xuất, đối sánh, tổng hợp và hỗ trợ ra quyết định an toàn kỹ thuật.

Ngoài ra, nghiên cứu còn đề xuất một mô hình cơ sở dữ liệu chuyên ngành cho quan trắc dịch động bờ mỏ, trong đó cơ sở dữ liệu được xem là hạt nhân của hệ thống giám sát và cảnh báo sớm. Hướng phát triển tiếp theo là mở rộng tích hợp với các nguồn dữ liệu quan trắc khác, hoàn thiện mô hình phân tích xu thế tự động và hiệu chỉnh ngưỡng

TARP theo dữ liệu lịch sử từng mỏ nhằm nâng cao hơn nữa độ tin cậy của hệ thống cảnh báo.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2016). *Fundamentals of Database Systems (7th ed.)*. Pearson.
- [2] Open Geospatial Consortium. (2023). *OGC API – Observations, Measurements, and Samples / ISO 19156*.
- [3] Obe, R. O., & Hsu, L. S. (2020). *PostGIS in Action (3rd ed.)*. Manning.

Development of a Slope Deformation Monitoring Database for Early Warning and Stability Management in Open-Pit Mining

MSc. Le Ba Phuc, MSc. Do Van Trieu - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology
Abstract:

In open-pit mining, slope and waste dump deformation is a critical factor directly affecting the sustainable development and operational safety of mining projects. Deformation parameters are determined through monitoring measurements. However, monitoring data are currently stored in a fragmented manner and have not yet been integrated into a unified spatial database environment, limiting the ability to analyze displacement trends and establish effective early warning mechanisms. To address this issue, an integrated slope deformation monitoring database model combined with a desktop application and a Geographic Information System (GIS) platform was developed to facilitate centralized management of spatiotemporal deformation data. Input data, including various surface monitoring sources, are standardized with respect to coordinate reference systems, temporal structures, and measurement units before being organized within a PostgreSQL/PostGIS database. The logical database structure reflects the relationships among mines, monitoring zones, monitoring points, survey campaigns, and displacement measurement results. A multi-tier desktop application was developed to support data quality control and the analysis of key deformation parameters, including displacement magnitude, displacement velocity, displacement acceleration, and velocity distribution on GIS-based maps. Based on these functions, a Trigger Action Response Plan (TARP) warning mechanism was established using a dynamic threshold approach that simultaneously considers displacement velocity and acceleration trends derived from time-series data. The implementation results demonstrate the system's capability to consistently manage monitoring data, support the analysis of deformation evolution, and provide a foundation for the development of early warning systems under actual mining conditions. The proposed solution contributes to digital transformation in slope and waste dump stability monitoring and warning, while enhancing operational safety in open-pit mining in Vietnam.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO KHUNG THỦ TẢI 13000 kN DÙNG CHO CÔNG TÁC KIỂM ĐỊNH GIÀN CHỐNG THỦY LỰC HÀM LÒ

TS. Phạm Trung Hải, ThS. Đoàn Ngọc Cảnh
ThS. Trần Ngô Huân, KS. Trần Quốc Chiến
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn

Tóm tắt:

Dàn chống thủy lực là thiết bị an toàn quan trọng trong khai thác than hầm lò, có nhiệm vụ chống giữ mái đá và bảo đảm điều kiện làm việc an toàn cho người và thiết bị. Công tác kiểm định, đánh giá chất lượng dàn chống trước khi đưa vào sử dụng hoặc sau sửa chữa là yêu cầu bắt buộc nhằm nâng cao độ tin cậy và giảm thiểu nguy cơ mất an toàn trong sản xuất. Trên cơ sở nghiên cứu các phương pháp thử tải đang được áp dụng tại Trung Quốc, bài báo phân tích ưu, nhược điểm của hai phương pháp gia tải ngoài và gia tải trong, từ đó lựa chọn phương pháp gia tải trong làm cơ sở thiết kế thiết bị thử tải. Bài báo đề xuất phương án thiết kế khung thử tải có tải trọng thử nghiệm tối đa 13.000 kN sử dụng kết cấu dạng 3 dầm - 4 cột, kết hợp hệ thống mái di động điều chỉnh độ cao và cơ cấu khóa cơ khí bằng chốt thủy lực. Hệ thống điều khiển đồng bộ bốn xi lanh nâng hạ mái được xây dựng trên cơ sở cảm biến vị trí, van servo thủy lực và thuật toán điều khiển PID nhằm bảo đảm độ chính xác và độ ổn định trong quá trình vận hành. Kết quả nghiên cứu cho thấy phương án đề xuất đáp ứng yêu cầu về độ cứng, khả năng chịu tải, tính linh hoạt trong thử nghiệm và phù hợp với điều kiện chế tạo trong nước, góp phần từng bước làm chủ công nghệ thiết kế, chế tạo thiết bị kiểm định dàn chống thủy lực phục vụ ngành khai thác than hầm lò Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

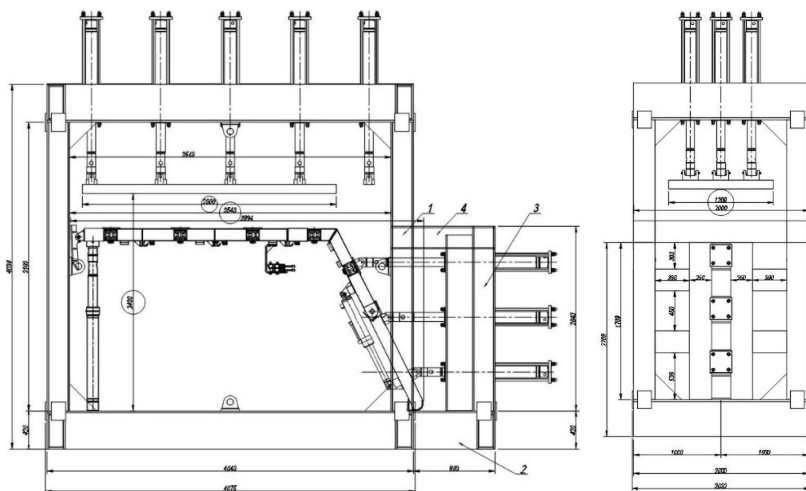
Trong những năm gần đây, ngành khai thác than hầm lò tại Việt Nam đang chuyển mạnh sang cơ giới hóa và khai thác xuống sâu nhằm đáp ứng nhu cầu năng lượng và nâng cao năng suất lao động. Các thiết bị chống giữ như dàn chống thủy lực, giá khung thủy lực và cột chống thủy lực được sử dụng ngày càng phổ biến tại các mỏ thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. Đây là những thiết bị có vai trò đặc biệt quan trọng, trực tiếp bảo vệ mái lò, duy trì không gian làm việc an toàn và bảo đảm hoạt động ổn định của toàn bộ dây chuyền khai thác.

Điều kiện làm việc trong hầm lò vô cùng khắc nghiệt, các dàn chống thủy lực phải chịu tải trọng lớn, rung động mạnh, môi trường ẩm ướt và áp lực địa chất phức tạp. Khi các mỏ khai thác xuống sâu hơn, áp lực mỏ tăng lên làm nguy cơ hư hỏng kết cấu, tụt áp hoặc mất ổn định thiết bị ngày càng cao. Nếu dàn chống xảy ra sự cố có thể dẫn đến sập đổ mái lò, gây tai nạn lao động nghiêm trọng, thiệt hại thiết bị và gián đoạn sản xuất. Vì vậy, việc kiểm định và thử tải thiết bị trước khi đưa

vào sử dụng hoặc sau sửa chữa là yêu cầu bắt buộc nhằm bảo đảm an toàn khai thác. Đối với vấn đề này, Bộ Công thương cũng đã ra Thông tư số 10/2017/TT-BCT ngày 26/7/2017, ban hành quy trình kiểm định kỹ thuật an toàn lao động đối với máy, thiết bị, vật tư có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn lao động. Quy trình kiểm định kỹ thuật an toàn lao động cột chống thủy lực đơn, giá khung di động và dàn chống tự hành cấu tạo từ các cột chống thủy lực đơn sử dụng trong việc chống giữ lò trong khai thác hầm lò được trình bày trong Quy trình kiểm định số 09-2017/BCT.

2. Hiện trạng công tác kiểm tra, kiểm định dàn chống thủy lực tại Việt Nam

Hiện nay, năng lực thử tải và kiểm định dàn chống thủy lực tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế. Hiện tại chỉ có 2 đơn vị là Trung tâm Kiểm định công nghiệp 1 và Công ty Cổ phần Cơ khí Uống Bí có trang bị thiết bị khung thử tải. Thiết bị của Công ty Cổ phần Cơ khí Uống Bí (Hình 1) có lực thử nén tối đa 4000 kN do công ty tự chế tạo, chủ yếu sử dụng để kiểm tra chất lượng xuất xưởng cho sản phẩm của công ty. Thiết bị trên còn



Hình 1. Khung thử tải của Công ty CP Cơ khí
Uông Bí



Hình 2. Khung thử tải của Trung
tâm kiểm định công nghiệp 1

Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật một số loại dàn, giá chống thủy lực đang sử dụng tại TKV

TT	Thông số	Đơn vị	Hạng Nặng (Hà Lâm) ZF8400/ 20/32 (ZFG 9600/ 23/37)	Hạng trung (Hà Lâm, Núi Béo, Hạ Long) - ZF4400/ 16/28	Hạng trung (Khe Chàm) Z F Y 5000/ 16/28	Hạng trung (Khe Chàm) Z F L 2800/ 16/24	Hạng nhẹ (Hạ Long) ZY2400/ 14/32Q	Hạng nhẹ (Mông Dương) ZF3000/ 15/24
1	Chiều rộng giàn	mm	1430÷1600	1430÷1600	1430÷1600	1160÷1300	1430	1190
2	Chiều dài giàn	m	7,50	4,70÷6,20	6,20	6,20	5500	5500
3	Chiều cao chống	m	2,0÷3,2	1,6÷2,8	1,6÷2,8	1,6÷2,4	1,4÷3,2	1,5÷2,4
4	Khoảng cách tâm 2 giàn	mm	1500	1500	1500	1250	1250	1250
5	Số lượng cột	Cột	4	2÷4	4	4	4	4
6	Góc dốc lò	độ	≤25	≤35	≤35	≤35	≤35	≤35
7	Góc dốc theo phương	độ	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15
8	Lực chống làm việc	kN	8400	4400÷5000	5000	2800	2400	3000
9	Lực chống ban đầu	kN	6185	3880÷3958	3880÷3958	2533	2532	
10	Cường độ chống giữ	MPa	0,95÷1,01	0,73÷0,79	0,8	0,7	0,73÷0,79	
11	Áp suất trạm bơm	MPa	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
12	Trọng lượng giàn	Tấn	24,5	15	16	7	12	12

nhieu mặt hạn chế về năng lực cũng nhưng tính năng sử dụng. Thiết bị của Trung tâm kiểm định công nghiệp 1 (Hình 2) được lắp đặt tại Cẩm Phả có lực thử nén tối đa 5000kN sử dụng để kiểm định và cấp phép sử dụng cho các loại dàn chống, giá khung thủy lực có lực chống giữ tương ứng. Thiết bị được nhập khẩu nguyên chiếc từ Trung Quốc, có giá thành cao.

Đối với 2 loại thiết bị thử nghiệm nói trên, tải trọng thử dưới 5000kN chỉ có thể áp dụng kiểm định cho các loại giàn giá có tải trọng chống giữ dưới 4150kN. Trong khi đó các loại dàn giá thủy lực sử dụng trong TKV có những loại có tải trọng chống giữ đạt tới 9600kN. Bảng 1 thống kê một số loại dàn giá thủy lực sử dụng trong các đơn vị của TKV.

Có thể thấy các hệ thống ở trong nước còn ở quy mô nhỏ, chưa đủ khả năng để kiểm tra, thử nghiệm toàn bộ các chủng loại thiết bị đang sử dụng trong TKV. Một số thiết bị phải phụ thuộc vào công nghệ hoặc hệ thống nhập khẩu với chi phí rất cao. Điều này gây khó khăn trong việc đánh giá chính xác khả năng chịu tải, độ bền kết cấu và chất lượng làm việc của dàn chống thủy lực.

Việc nghiên cứu chế tạo thiết bị khung thử tải trong nước vì thế có ý nghĩa rất cấp thiết. Trước hết, hệ thống khung thử tải cho phép kiểm tra khả năng chịu tải, độ ổn định kết cấu, độ kín thủy lực và phát hiện sớm các khuyết tật như nứt mối hàn, biến dạng hoặc rò rỉ áp suất. Nhờ đó có thể loại bỏ các thiết bị không đạt yêu cầu trước khi đưa xuống hầm lò, góp phần giảm thiểu nguy cơ tai nạn và nâng cao độ tin cậy của hệ thống khai thác.

Bên cạnh yếu tố an toàn, việc nghiên cứu chế tạo khung thử tải còn mang ý nghĩa lớn về khoa học - công nghệ. Đây là hệ thống tích hợp nhiều lĩnh vực kỹ thuật như cơ khí kết cấu, thủy lực công suất lớn, cảm biến đo lường, điều khiển PLC/SCADA và xử lý dữ liệu. Quá trình nghiên cứu và chế tạo sẽ giúp nâng cao năng lực thiết kế, chế tạo thiết bị mỏ trong nước, đồng thời tạo cơ sở xây dựng các tiêu chuẩn kiểm định phù hợp với điều kiện khai thác than hầm lò Việt Nam.

Về mặt kinh tế, việc chủ động chế tạo hệ thống thử tải sẽ giúp giảm phụ thuộc vào thiết bị nhập khẩu, tiết kiệm chi phí đầu tư, bảo trì và sửa chữa. Đồng thời, nó còn thúc đẩy quá trình nội địa hóa thiết bị cơ khí mỏ, tạo điều kiện phát triển ngành cơ khí chế tạo trong nước và nâng cao khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp Việt Nam.

Ngoài ra, nghiên cứu chế tạo khung thử tải còn phù hợp với định hướng hiện đại hóa ngành than theo hướng cơ giới hóa, tự động hóa và xây dựng “mỏ thông minh”. Một hệ thống thử tải hiện đại có thể tích hợp cảm biến, lưu trữ dữ liệu và tự động hóa quá trình kiểm định, qua đó hỗ trợ quản lý chất lượng thiết bị và theo dõi tuổi thọ làm việc của dàn chống thủy lực.

Có thể thấy rằng, trong điều kiện các mỏ than Việt Nam ngày càng khai thác sâu và yêu cầu an toàn ngày càng cao, việc nghiên cứu chế tạo thiết bị khung thử tải phục vụ kiểm định dàn chống thủy lực là yêu cầu cấp thiết, mang ý nghĩa lớn về an toàn lao động, hiệu quả kinh tế và phát triển khoa học công nghệ cho ngành công nghiệp than Việt Nam.

3. Khó khăn thách thức và giải pháp thiết kế

Với yêu cầu đặt ra cho thiết bị mới là phải có năng lực thử nghiệm và kiểm định toàn bộ các loại dàn, giá khung thủy lực hiện đang được sử dụng trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV), qua tổng hợp và phân tích đặc tính của các loại dàn, giá chống hiện hành, nhóm nghiên cứu đã xác định các yêu cầu kỹ thuật cốt lõi đối với hệ thống khung thử tải như sau:

- **Năng lực chịu tải:** Tải trọng thử định mức phải đạt **13.000 kN** nhằm đáp ứng khả năng thử nghiệm các loại dàn hiện có.

- **Kích thước buồng thử:** Thiết kế buồng thử đạt 6mx3m và thông ca hai mặt, cho phép linh hoạt thử nghiệm các loại dàn giá có chiều dài vượt quá 6 m.

- **Khả năng điều chỉnh độ cao:** Chiều cao buồng thử có thể thay đổi linh hoạt trong khoảng từ 1,75 m đến 3,75 m để tương thích với dải chiều cao đa dạng của các thiết bị thủy lực.

- **Tính năng thử nghiệm:** Tích hợp đầy đủ các chức năng thử tải chuyên biệt cho cả tấm chắn gương và xà phá hòa.

- **Hệ thống điều khiển:** Vận hành đồng bộ bằng hệ thống điện - thủy lực hiện đại nhằm đảm bảo độ chính xác và an toàn.

- **Tính khả thi và kinh tế:** Thiết kế tối ưu hướng đến việc chế tạo hoàn toàn trong nước nhằm chủ động công nghệ và tiết kiệm tối đa chi phí đầu tư.

Với mức tải lên đến 13.000 kN - tương đương năng lực của các máy ép thủy lực công nghiệp cỡ lớn - hệ thống phải chịu một lực tác động khổng lồ và biến đổi phức tạp. Lực này dễ dẫn đến hiện tượng uốn cục bộ, xoắn khung và tập trung ứng suất nghiêm trọng tại các nút liên kết. Đặc biệt,



Hình 3. Một số thiết bị khung thử tải giàn chống thủy lực kiểu gia tải trong của Trung Quốc

trong thực tế kiểm định, các bài thử tải trọng lệch tâm sẽ phát sinh thêm lực xiên chéo và lực ngang. Nếu khung chịu lực không đủ độ cứng vững, chỉ cần dầm ngang bị võng vài milimét cũng có thể làm phân bố tải trọng mất cân bằng, dẫn đến nguy cơ bó kẹt cơ cấu hoặc gây biến dạng, phá hủy toàn bộ hệ thống khung.

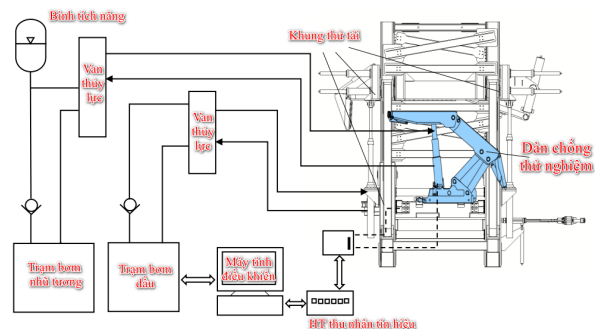
Về phương diện động lực học, hệ thống điều khiển thủy lực thông thường vận hành ở áp suất 31.5 MPa. Để đạt được tải trọng thử 13.000 kN, kích thước piston yêu cầu là cực kỳ lớn. Do đó, phương án sử dụng một xi lanh đường kính lớn hoàn toàn không khả thi vì không thể tìm kiếm nguồn cung trên thị trường trong nước, hoặc nếu có, giá thành cũng vô cùng đắt đỏ. Phương án tối ưu hơn là chia tải thông qua tổ hợp nhiều xi lanh nhỏ. Tuy nhiên, giải pháp này lại đặt ra thách thức lớn cho hệ thống điều khiển trong việc đồng bộ hóa hành trình và kiểm soát dao động áp suất. Chỉ một sai lệch nhỏ vài milimét giữa các xi lanh cũng sẽ gây ra hiện tượng lệch tải, dẫn đến kẹt cơ cấu và có nguy cơ làm gãy hỏng khung thử.

Thêm vào đó, việc thiếu hụt nghiêm trọng các tài liệu kỹ thuật tham khảo trong nước đã buộc nhóm thiết kế phải tự nghiên cứu, dịch thuật và đối chiếu từ các nguồn tư liệu nước ngoài vốn cũng rất hạn chế. Đây chính là một rào cản lớn đối với đội ngũ kỹ sư trong quá trình triển khai dự án.

Trong lĩnh vực kiểm định và thử nghiệm dàn chống, giá chống thủy lực phục vụ khai thác than hầm lò, hiện nay có hai phương pháp thử tải chủ yếu là gia tải ngoài và gia tải trong. Đây là các phương pháp được sử dụng rộng rãi tại các trung tâm nghiên cứu, thử nghiệm thiết bị mỏ của Trung Quốc như Tập đoàn Công nghệ và Kỹ thuật Than Trung Quốc (CCTEG), Viện Nghiên cứu Than Trung Quốc, Đại học Kỹ thuật Công trình Liêu Ninh và nhiều cơ sở nghiên cứu chuyên ngành

khác. Các tiêu chuẩn và tài liệu kỹ thuật của Trung Quốc như GB25974.1-2010 và MT312-2000 cũng đã nghiên cứu, đánh giá và quy định chi tiết đối với hai phương pháp thử tải này.

Phương pháp gia tải ngoài sử dụng các xi lanh thủy lực công suất lớn bố trí bên ngoài để tác động trực tiếp lên dàn chống. Phương pháp này cho phép mô phỏng tương đối chính xác áp lực của mái đá tác dụng lên dàn chống trong điều kiện làm việc thực tế dưới hầm lò. Ưu điểm nổi bật của hệ thống là khả năng tái hiện gần đúng trạng thái làm việc thực tế của thiết bị, từ đó đánh giá chính xác hơn các thông số về biến dạng, chuyển vị, độ ổn định và khả năng chịu tải của kết cấu. Tuy nhiên, hệ thống gia tải ngoài có kết cấu cơ khí phức tạp, yêu cầu hệ thống thủy lực và điều khiển công suất lớn, dẫn đến chi phí đầu tư cao và mức độ nội địa hóa thấp, chưa phù hợp với yêu cầu của đề tài.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý phương pháp thử gia tải trong

Trên cơ sở phân tích các yếu tố kỹ thuật và kinh tế, phương pháp gia tải trong được lựa chọn làm phương án thiết kế. Phương pháp này tận dụng chính hệ thống xi lanh chống của dàn chống để tạo tải thử nghiệm. Nguồn dịch áp suất cao được cung cấp từ trạm bơm dịch và hệ thống tăng áp, cấp trực tiếp vào các cột chống chính, sử dụng lực

sinh ra từ các cột chống để tạo tải lên kết cấu thử nghiệm. So với phương pháp gia tải ngoài, giải pháp này không cần trang bị hệ thống xi lanh gia tải công suất lớn cho khung thử, do đó kết cấu đơn giản hơn, dễ chế tạo và có giá thành đầu tư thấp hơn đáng kể, chỉ khoảng 30÷50% so với hệ thống gia tải ngoài có cùng tải trọng thiết kế.

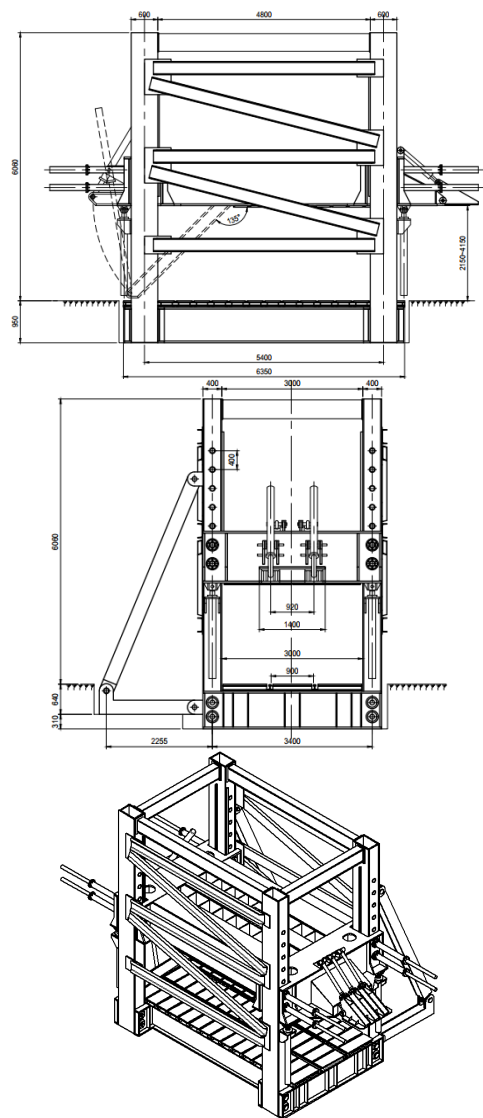
Để đáp ứng yêu cầu thử tải với tải trọng định mức 13.000 kN đồng thời hạn chế ảnh hưởng đến kết cấu nền móng công trình, nhóm thiết kế lựa chọn kết cấu khung thử tải dạng “3 dầm - 4 cột”. Đây là dạng kết cấu chịu lực được sử dụng phổ biến trong các máy ép thủy lực công suất lớn và các hệ thống thử tải tải trọng cao.

Kết cấu chính của khung gồm bốn cột chịu lực bố trí tại bốn góc, đế khung, hệ giằng liên kết, mái di động cùng các cụm chi tiết phụ trợ. Trên các cột được bố trí các lỗ định vị theo từng bước nhất định kết hợp với cơ cấu chốt ngang, cho phép điều chỉnh và cố định vị trí mái di động phù hợp với kích thước của các loại dầm chống và giá chống khác nhau (Hình 5).

Nguyên lý làm việc của kết cấu được hình thành theo vòng tải khép kín. Tải trọng từ mái di động xuống chuyển qua mẫu thử xuống đế khung, sau đó được truyền ngược trở lại mái di động thông qua bốn cột chịu lực. Nhờ cơ chế khép kín này, phần lớn tải trọng thử nghiệm được hấp thụ trong chính kết cấu khung, qua đó làm giảm đáng kể yêu cầu chịu tải của nền móng. Bên cạnh đó, kết cấu 3 dầm - 4 cột có độ cứng và độ ổn định cao, khả năng chịu tải lớn, phân bố tải tương đối đồng đều và phù hợp với các chế độ thử tải tĩnh, tải động cũng như lệch tâm.

Chiều cao khoảng thử nghiệm có thể điều chỉnh bằng cách điều chỉnh độ cao của mái di động. Tại các độ cao nhất định, mái có thể liên kết với cột thông qua các chốt ngang để khóa cứng cao độ phục vụ công tác kiểm định. Các chốt ngang được điều khiển thông qua các xi lanh thủy lực nhỏ, trạng thái khóa của chốt được theo dõi bởi cảm biến và báo về bàn điều khiển thông qua hệ thống đèn tín hiệu.

Việc điều chỉnh vị trí mái di động được thực hiện bằng bốn xi lanh thủy lực bố trí đối xứng trên khung. Các xi lanh được điều khiển đồng bộ thông qua hệ thống cảm biến vị trí kết hợp van servo thủy lực và thuật toán điều khiển PID. Giải pháp này bảo đảm các xi lanh dịch chuyển đồng thời với độ chính xác cao, ngăn ngừa hiện tượng lệch mái

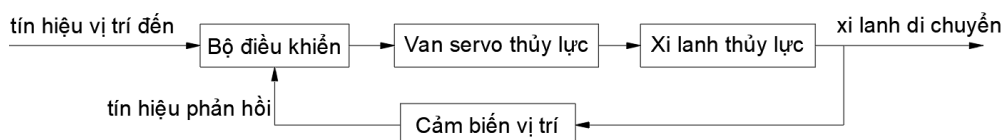


Hình 5. Thiết bị khung thử tải 13000kN

trong quá trình nâng hạ, tránh nguy cơ kẹt cơ khí và bảo đảm phân bố lực đồng đều khi tiến hành thử nghiệm. Sơ đồ khối hệ thống thể hiện trong hình 6. Thông số cơ bản của khung thử nghiệm như trong bảng 2.

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu và đề xuất phương án thiết kế thiết bị khung thử tải phục vụ công tác kiểm định dầm chống thủy lực dùng trong khai thác than hầm lò với tải trọng thử nghiệm tối đa 13.000 kN. Trên cơ sở phân tích các phương pháp thử tải hiện đang được áp dụng trong lĩnh vực thử nghiệm dầm chống thủy lực, phương pháp gia tải trong được lựa chọn do có kết cấu đơn giản, chi



Hình 6. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển xi lanh nâng hạ mái di động

Bảng 2. Thông số cơ bản của khung thử nghiệm

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Kích thước tổng thể (DxRxC)	m	9,7x6,1x6,6	
	Chiều cao tính từ mặt đất	m	<6	
2	Lực thử nghiệm tối đa	kN	13000	
3	Kích thước khoang thử (DxR)	mm	6000x3000	
4	Chiều cao khoảng thử			
	Chiều cao nhỏ nhất	mm	1750	
	Chiều cao lớn nhất	mm	3750	
	Bước tăng/giảm	mm	400	

phí đầu tư hợp lý và phù hợp với khả năng nội địa hóa tại Việt Nam.

Kết cấu khung thử tải dạng 3 dầm – 4 cột được lựa chọn nhờ khả năng chịu tải lớn, độ cứng và độ ổn định cao, đồng thời hình thành vòng tải khép kín giúp giảm đáng kể yêu cầu đối với nền móng công trình. Hệ thống mái di động có khả năng điều chỉnh chiều cao trong phạm vi từ 1.750 mm đến 3.750 mm, đáp ứng yêu cầu kiểm định đối với nhiều chủng loại dàn chống và giá chống thủy lực khác nhau. Giải pháp điều khiển đồng bộ bốn xi lanh nâng hạ mái bằng cảm biến vị trí, van servo thủy lực và thuật toán PID bảo đảm độ chính xác trong quá trình vận hành, hạn chế hiện tượng lệch mái và nâng cao độ an toàn của thiết bị.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng cho việc thiết kế, chế tạo và hoàn thiện thiết bị thử tải dàn chống thủy lực trong nước, góp phần giảm phụ thuộc vào thiết bị nhập khẩu, nâng cao năng lực kiểm định thiết bị mỏ và phục vụ quá trình hiện đại hóa ngành công nghiệp khai thác than hầm lò Việt Nam.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. GB 25974.1-2010. 煤矿用液压支架 第1部分：通用技术条件 (Powered Support for Coal Mine - Part 1: General Specification). Standardization Administration of China, 2010.
- [2]. MT 312-2000. 液压支架通用技术条件 (General Technical Conditions for Hydraulic Supports). China Coal Industry Standard, 2000.
- [3]. 杜贺乐. 50000kN 内外加载液压支架试验台设计研究 (Nghiên cứu thiết kế bệ thử tải dàn chống thủy lực 50.000 kN theo phương pháp

gia tải trong và gia tải ngoài). Luận văn Thạc sĩ, Liaoning Technical University, 2022.

- [4]. Jiang B., Han L., Zhao L. et al. "Reliability Analysis of 50000 kN Hydraulic Support Test Bench under Shrinkage Test Conditions", Journal of Vibroengineering, Vol. 26, No. 1, 2024. Nghiên cứu đánh giá độ bền và độ tin cậy của bệ thử tải 50.000 kN bằng mô hình ADAMS-ANSYS.

- [5]. Wang X., Zhao Z., Song Z. et al. Coal Mine Powered Support – General Technical Specification. Viện Nghiên cứu Than Trung Quốc (CCRI), các tài liệu biên soạn tiêu chuẩn GB25974.1.

- [6]. Jiang B., Gao Q., Pang Q. et al. "Research on Synchronous Load Control of Shield Beam for 50000 kN Hydraulic Support Test Bench", Scientific Reports, 2024. Nghiên cứu điều khiển đồng bộ tải cho bệ thử tải dàn chống 50.000 kN sử dụng thuật toán RBF-PID.

- [7]. MT/T 587. Technical Specifications for Manufacturing Structural Components of Hydraulic Supports. China Coal Industry Standard.

- [8]. MT/T 98. Inspection Specification for Hose and Hose Assembly for Hydraulic Powered Support. China Coal Industry Standard.

- [9]. MT/T 986. U-shaped Pin Quick Coupling and Accessories for Mining Hydraulic Supports. China Coal Industry Standard.

- [10]. EN 1804-1:2020. Machines for Underground Mines – Safety Requirements for Hydraulic Powered Roof Supports – Part 1: Support Units. European Committee for Standardization (CEN).

[11]. EN 1804-2:2020. *Hydraulic Powered Roof Supports – Hydraulic Legs and Rams*. European Committee for Standardization (CEN).

[12]. ANSYS Inc.. *ANSYS Mechanical User's Guide*. Release 2024. Hướng dẫn phân tích kết cấu, ứng suất và độ cứng của các hệ thống chịu tải trọng lớn.

[13]. Siemens. *SIMATIC S7-1200/S7-1500 System Manual*. Tài liệu tham khảo cho thiết kế hệ thống điều khiển đồng bộ xi lanh thủy lực.

Research, Design and Fabrication of a 13,000 kN Load Testing Frame for Hydraulic Roof Support Inspection in Underground Coal Mines

Dr. Pham Trung Hai, MSc. Doan Ngoc Canh, MSc. Tran Ngo Huan, Eng. Tran Quoc Chien
Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

Hydraulic roof supports are critical safety equipment in underground coal mining, serving to support the mine roof and ensure safe working conditions for both personnel and equipment. The inspection and quality assessment of hydraulic roof supports before commissioning or after repair are mandatory requirements to improve equipment reliability and minimize operational safety risks. Based on a review of load-testing methods currently applied in China, this paper analyzes the advantages and limitations of both external loading and internal loading approaches. The internal loading method was subsequently selected as the basis for the design of the testing facility. A load testing frame with a maximum testing capacity of 13,000 kN is proposed, employing a structural configuration consisting of three beams and four columns, combined with a height-adjustable movable roof system and a hydraulic-pin mechanical locking mechanism. A synchronized control system for the four roof-lifting hydraulic cylinders was developed using position sensors, hydraulic servo valves, and a PID control algorithm to ensure high accuracy and operational stability throughout the testing process. The research results demonstrate that the proposed design satisfies the requirements for structural stiffness, load-bearing capacity, operational flexibility, and suitability for domestic manufacturing conditions. The proposed solution contributes to the gradual development of indigenous capabilities in the design and fabrication of hydraulic roof support testing equipment, thereby supporting the advancement of Vietnam's underground coal mining industry.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHÂN TÁN CHO Lò CHỢ THÔNG MINH SƠ CẤP TRONG TKV

TS. Phạm Thanh Liêm và NNK

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn

Tóm tắt:

Từ phân tích mô hình hệ thống điều khiển phân tán (DCS), nhóm nghiên cứu đi đến đánh giá hiện trạng áp dụng mô hình DCS trên thế giới cũng như trong ngành than Việt Nam để thấy rằng nhu cầu xây dựng hệ thống DCS cho lò chợ thông minh là tất yếu. TKV đang vận hành thủ công 12 hệ thống cơ giới hóa trong 13 đơn vị khai thác than hầm lò. Tuy nhiên để đáp ứng công tác triển khai áp dụng công nghệ khai thác than lò chợ giai đoạn 2026÷2030 [1] cần phải đánh giá khả năng áp dụng mô hình lò chợ thông minh vào TKV. Bài báo này nghiên cứu xây dựng một mô hình hệ thống DCS cho lò chợ thông minh sơ cấp tại một đơn vị trong TKV.

Đặt vấn đề

Trong giai đoạn 2020 - 2025 các đơn vị sản xuất than hầm lò của TKV đã tích cực áp dụng công nghệ khai thác than cơ giới hóa đồng bộ (CGHĐB). Công nghệ này mới được áp dụng chủ yếu với vỉa thoải và nghiêng, với tỷ trọng đạt 12-16% tổng sản lượng khai thác than hầm lò.

Tại các nước có nền công nghiệp khai thác than phát triển cho thấy xu hướng trên thế giới từ năm 2000 đến nay đã từng bước loại bỏ công nghệ khai thác thủ công, chuyển sang CGHĐB ở mức độ ngày càng cao. Vì vậy cần phải nghiên cứu đánh giá khả năng áp dụng mô hình lò chợ thông minh vào các đơn vị trong TKV.

Theo phân cấp trong nghiên cứu [2], có 3 mức độ tự động hóa và thông minh hóa lò chợ: sơ cấp, trung cấp và cao cấp. Trong điều kiện địa chất kỹ thuật và trình độ khoa học kỹ thuật của ngành than, nghiên cứu [2], [3] lựa chọn xây dựng 02 mô hình: lò chợ thông minh sơ cấp; lò chợ thông minh trung cấp.

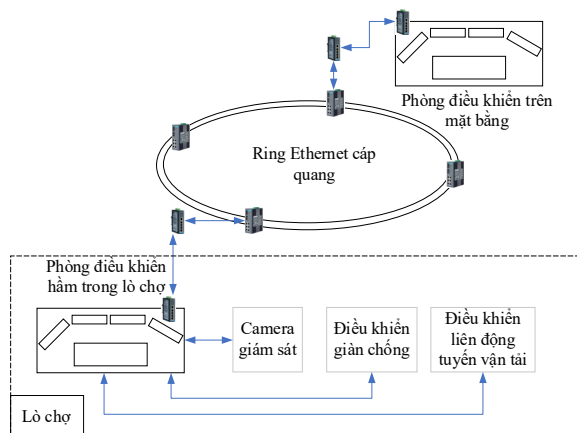
Lò chợ thông minh sơ cấp là lò chợ trong đó giàn chống và hệ thống vận tải được tự động hóa và có khả năng hoạt động độc lập với nhau.

Lò chợ thông minh trung cấp là lò chợ trong đó máy khâu, giàn chống và hệ thống vận tải được tự động hóa và hoạt động liên kết với nhau.

Lò chợ thông minh cao cấp có khả năng tự vận hành đồng bộ dưới sự điều khiển của phần mềm và trí tuệ nhân tạo.

1. Mô hình hệ thống DCS cho lò chợ thông minh sơ cấp

Nguyên lý hệ thống điều khiển đó được thể hiện trong Hình 1. Phòng giám sát trên mặt bằng kết nối với phòng điều khiển trong hầm lò tại khu vực lò chợ thông qua mạch vòng cáp quang trên nền ethernet. Phòng điều khiển trong lò chợ kết nối với 3 hệ thống chính trong lò chợ (camera giám sát, điều khiển giàn chống, điều khiển liên động tuyến vận tải) qua hệ thống cáp ethernet. Như vậy có thể thấy rằng mô hình bao gồm 6 phần chính: phòng giám sát; hệ thống truyền thông; phòng điều khiển; hệ thống camera; hệ thống điều khiển giàn chống; hệ thống điều khiển liên động tuyến vận tải.



Hình 1. Mô hình hệ thống DCS cho lò chợ thông minh sơ cấp

2. Hiện trạng hệ thống điều khiển DCS cho lò chợ thông minh cơ cấp

Với mô hình hệ thống DCS cho lò chợ thông

minh sơ cấp trên, hiện trạng sử dụng trên thế giới và tại Việt Nam cụ thể như sau:

Hệ thống điều khiển phân tán (DCS) trong các mô hình lò chợ thông minh sơ cấp trên thế giới hiện nay đã đạt được những bước tiến vượt bậc nhờ vào sự tích hợp của công nghệ Internet vạn vật (IoT), mạng truyền thông băng thông rộng và các thuật toán điều khiển thông minh tự động. Tại các quốc gia có ngành công nghiệp mỏ phát triển mạnh như Trung Quốc, Mỹ, Úc và Ba Lan, kiến trúc hệ thống DCS sơ cấp dịch chuyển mạnh mẽ từ mô hình điều khiển tập trung sang cấu trúc phân tán theo tầng. Theo mô hình phân tán này, các thiết bị tại gương khai thác như giàn chống thủy lực tự hành, máy khâu than và máng cào đều được trang bị các bộ điều khiển logic độc lập (chẳng hạn như bộ xử lý DSP hoặc bộ điều khiển điện-thủy lực chuyên dụng), cho phép xử lý dữ liệu và phản hồi tại chỗ theo thời gian thực.

Ở cấp độ vận hành thiết bị, hệ thống DCS sơ cấp tích hợp mạng lưới cảm biến đa dạng như cảm biến đo góc nghiêng giàn chống hay cảm biến định vị quán tính (IMU) lắp đặt trên máy khâu để xác định chính xác trạng thái không gian và dịch chuyển của thiết bị. Các dữ liệu thô này được thu thập, xử lý phân tán tại các trạm điều khiển cục bộ dưới lò để thực hiện các chức năng tự động hóa cơ bản như điều khiển máy khâu chạy theo chế độ nhớ, tự động căng xích máng cào, hay tự động bổ sung áp lực chống giữ cho giàn chống khi chịu tải. Nhờ kết nối phân tán này, hệ thống đảm bảo tính sống còn cao; trường hợp một phân hệ bị mất tín hiệu, các thiết bị chấp hành khác vẫn có thể duy trì vận hành an toàn độc lập dựa trên các kịch bản lập trình sẵn.

Truyền thông công nghiệp kết nối các nút phân tán trong hệ thống DCS sơ cấp trên thế giới đang chuyển giao mạnh mẽ từ hệ thống cáp quang hữu tuyến sang các giải pháp không dây tích hợp như mạng 5G công nghiệp phòng nổ. Điều này cho phép giải quyết triệt để bài toán đứt gãy dây dẫn do sự di chuyển và rung lắc liên tục của thiết bị lò chợ. Dữ liệu từ các nút điều khiển phân tán dưới gương sẽ được gom và đồng bộ lên hệ thống máy chủ đặt tại mặt bằng theo thời gian thực để phục vụ giám sát tập trung. Sự phát triển đồng bộ này đã chứng minh hiệu quả vận hành khi giúp giảm lượng nhân công trực tiếp tại gương và tăng sản lượng khai thác trung bình từ 19% đến 35% so với các lò chợ cơ giới hóa truyền thống.

Tại Việt Nam, qua các đánh giá khảo sát của Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, các lò chợ hầm lò thuộc TKV chủ yếu nằm trong điều kiện địa chất từ tương đối phức tạp đến phức tạp. Địa hình vỉa than biến động lớn, đá vách trụ thường có độ ổn định kém, nhiều khu vực bị ảnh hưởng bởi nước ngầm gây bùng nền hoặc lở gương.

Hiện trạng các hệ thống điều khiển thành phần trong dây chuyền khai thác hầm lò của TKV mới chỉ dừng lại ở mức độ tự động hóa cục bộ, chưa hình thành một hệ thống DCS lò chợ thông minh sơ cấp hoàn chỉnh. Đối với hệ thống chống giữ, các mỏ đang áp dụng đa dạng các loại giàn chống tự hành với tải trọng khác nhau nhưng việc điều khiển cơ bản vẫn phụ thuộc vào thao tác thủ công hoặc bán tự động đơn lẻ. Trạm cung cấp dịch nhũ hóa cho giàn chống hầu hết là các trạm dịch cục bộ sử dụng các bơm BRW sản xuất từ Trung Quốc, việc pha chế dịch vẫn làm thủ công và hoàn toàn thiếu vắng hệ thống giám sát tự động chất lượng dịch.

Hạ tầng truyền thông kết nối DCS dưới lò chợ của TKV cũng đang gặp phải những thách thức lớn về băng thông và tính đồng bộ. Mạng lưới truyền tin dưới lò chợ cơ giới hóa hiện tại chủ yếu sử dụng các đường truyền hữu tuyến truyền thống, rất dễ hỏng hóc do va đập và không gian lò chợ chật hẹp, gây cản trở việc thu thập dữ liệu liên tục từ các cảm biến. Mặc dù TKV đã và đang đẩy mạnh chương trình hiện đại hóa, cơ giới hóa đồng bộ giai đoạn 2026–2030, việc xây dựng một kiến trúc DCS đồng nhất kết nối phân tán giữa giàn chống, hệ thống camera giám sát, hệ thống vận tải vẫn đang trong quá trình nghiên cứu.

3. Xây dựng thành phần chi tiết của hệ thống DCS

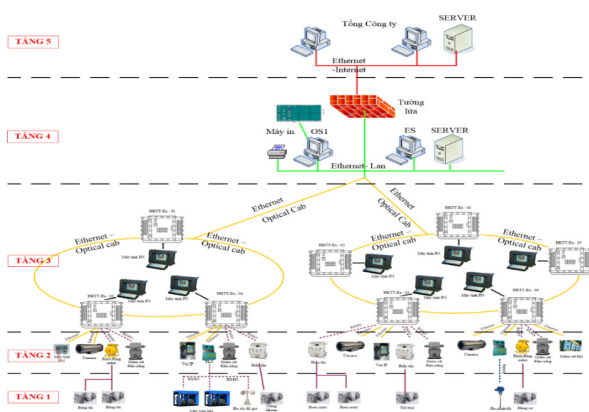
Hệ thống DCS lò chợ thông minh sơ cấp gồm 6 thành phần chính sau:

Phòng giám sát

Phòng giám sát đã được hầu hết các mỏ đầu tư khá bài bản và có không gian lớn để có thể thêm bớt các thành phần, mục đích theo dõi quá trình vận hành các hệ thống: truyền thông, phòng điều khiển, hệ thống camera giám sát, hệ thống điều khiển giàn chống, hệ thống điều khiển tuyến băng tải.

Hệ thống truyền thông

Trong mô hình lò chợ thông minh sơ cấp chỉ sử dụng công nghệ truyền thông có dây [4]. Công nghệ kết hợp 2 cấu trúc mạng hình tròn (ring) cáp



Hình 2. Cấu trúc hệ thống truyền thông lò chợ thông minh

quang làm trục chính kết hợp mạng hình sao đến các tủ điều khiển qua cáp đồng. Trong đó mạng ring trên nền cáp quang ethernet được sử dụng làm mạng nền cho toàn bộ công ty. Mạng hình sao được triển khai từ các nút mạng của mạng ring. Cấu trúc các tầng của hệ thống (Hình 2) được cụ thể như sau:

Tầng 1 (chấp hành):

Tại tầng này là các thiết bị cấp trường bao gồm: Động cơ của các thiết bị cấp trường, cảm biến góc nghiêng, cảm biến áp suất, cảm biến di chuyển v.v.. Trong tầng này chủ yếu sử dụng 2 loại truyền thông là truyền thông RS485 và truyền thông Analog qua cáp đồng và kết nối với tầng trên qua đường động lực bằng cáp đồng.

Các chức năng chính của tầng chấp hành là đo lường, dẫn động và chuyển đổi tín hiệu trong trường hợp cần thiết. Thực tế, đa số các thiết bị cảm biến hay chấp hành cũng có phần điều khiển riêng cho việc thực hiện đo lường/truyền động được chính xác và nhanh nhạy.

Tầng 2 (điều khiển):

Tại tầng này các thiết bị điều khiển trực tiếp tác động đến một nhóm các thiết bị chấp hành tại tầng 1 thông qua giao tiếp ngoại vi hoặc truyền thông cáp trường. Thiết bị chấp hành tại tầng này gồm có: Camera IP phòng nổ, hệ thống điều khiển giàn chống, hệ thống điều khiển liên động tuyến vận tải.

Tại tầng này sử dụng 2 kiểu truyền thông: Truyền thông Ethernet đối với các thiết bị điều khiển và truyền thông RS485 đối với các thiết bị chấp hành. Nhiệm vụ chính của cấp điều khiển là nhận thông tin từ các bộ cảm biến, xử lý các thông tin đó theo một thuật toán nhất định và truyền đạt lại kết quả xuống các bộ chấp hành.

Tầng 3 (điều khiển điều độ):

Tầng này sử dụng trạm điều khiển tập trung có kết cấu phòng nổ; Kiểu truyền thông của máy trạm bao gồm: Analog, Ethernet, RS485. Có chức năng điều độ và vận hành một quá trình kỹ thuật, có nhiệm vụ hỗ trợ người sử dụng trong việc cài đặt ứng dụng, thao tác theo dõi, điều độ vận hành và xử lý những tình huống bất thường.

Tầng 4 (điều hành sản xuất):

Tầng này là tầng quản lý cấp phòng ban của Công ty bao gồm: Máy tính giám sát và phân tích số liệu, máy in phục vụ công tác xuất báo cáo, ngoài ra còn có máy tính chủ phục vụ lưu cơ sở dữ liệu của toàn bộ các thiết bị trong hệ thống, thiết bị tường lửa kiểm soát việc truy cập dữ liệu trong và ngoài mạng Lan.

Trong tầng này sử dụng truyền thông Ethernet Lan trên đường truyền cáp đồng trong khu vực văn phòng. Điều hành sản xuất, tại tầng này toàn bộ dữ liệu của một nhà máy hoặc một khu vực lớn được đưa về đây.

Phòng điều khiển



Hình 3. Giao diện phần mềm điều khiển lò chợ thông minh đang ứng dụng tại Trung Quốc

Phòng điều khiển được thiết kế để quản lý và tối ưu hóa hoạt động. Phần mềm (Hình 3) của phòng điều khiển được thiết kế để quản lý, giám sát và tối ưu hóa hoạt động của lò chợ. Các tính năng chính:

- Giám sát thời gian thực: Thu thập dữ liệu về nhiệt độ, áp suất, độ ẩm và các thông số khác.
- Báo cáo và thống kê: Tạo báo cáo định kỳ về hiệu suất, năng lượng và các thông số quan trọng.

Hệ thống camera giám sát

Thiết bị hệ thống giám sát video khu vực lò chợ bao gồm: máy chủ quản lý lưu trữ video; màn hình hiển thị; camera PTZ phòng nổ; camera cố định phòng nổ; đèn LED phòng nổ; switch mạng phòng nổ; cáp mạng ethernet chống cháy. Cấu hình của các thành phần trong hệ thống cụ thể:

- 1 máy chủ quản lý lưu trữ video và 4 đĩa cứng 8TB được cấu hình để lưu trữ hình ảnh video trong lò chợ và khu vực quanh lò chợ;

- 03 màn hình hiển thị video lò chợ được kết nối đến máy chủ để hiển thị toàn bộ video giám sát trạng thái lò chợ;

- Camera PTZ phòng nổ kết nối trực tiếp với bộ điều khiển. Để theo dõi hình ảnh video của lò chợ, cứ 8 giàn chống lắp đặt 1 camera;

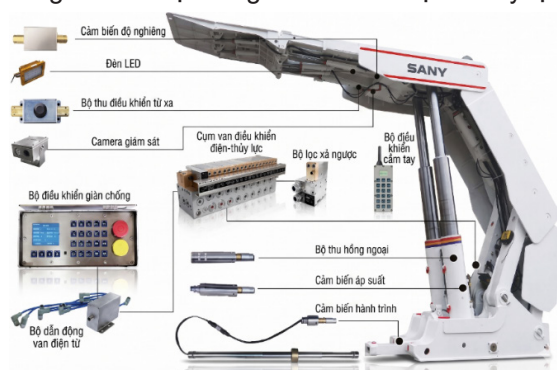
- Camera cố định được đặt tại 06 vị trí: Đầu cầu truyền tải, máy nghiền, đầu các băng tải;

- Led phòng nổ được lắp đặt tại các vị trí camera, đối với mỗi vị trí camera PTZ lắp đặt 2 đèn Led chiếu sáng 2 bên, đối với vị trí camera cố định chiếu sáng theo hướng nhìn của camera;

- Switch mạng phòng nổ là một switch công nghiệp được đặt trong vỏ đảm bảo tiêu chuẩn TCVN 7079, thiết bị này cung cấp khả năng kết nối với phòng giám sát trên mặt bằng qua mạng vòng cáp quang của Mỏ.

Hệ thống điều khiển giàn chống

Giàn chống CGHDB hiện nay trong tập đoàn đều điều khiển cơ – thủy lực thủ công tại chỗ. Để đáp ứng điều kiện lò chợ thông minh sơ cấp, những giàn chống này cần phải nâng cấp hệ thống điều khiển cơ - thủy lực lên điện - thủy lực. Tuy nhiên việc nâng cấp này chúng ta chưa làm được. Vì vậy nhóm nghiên cứu lựa chọn đầu tư mới giàn chống có sẵn hệ thống điều khiển điện - thủy lực.



Hình 4. Hệ thống điều khiển giàn chống

Hệ thống điều khiển điện - thủy lực (Hình 4) là hệ thống kết hợp bộ điều khiển điện tử với hệ thống điều khiển van thủy lực bằng điện, hệ thống kết hợp với các cảm biến để nhận diện trạng thái giàn chống. Tùy theo số lượng và chủng loại cảm biến có thể đánh giá mức độ thông minh khác nhau của hệ thống điều khiển giàn chống.

Hệ thống có thể thực hiện các chức năng điều

khiển khung đơn, điều khiển nhóm, điều khiển tự động, khóa và dừng khẩn cấp, hiển thị và báo động lỗi, bổ sung áp suất tự động, giám sát áp suất mỏ.

Giàn chống trung gian ZFQ3000/16/26 và bộ giàn chống quá độ ZFH3200/19/31 hệ thống giàn chống được chọn trong mô hình. Đây là kiểu là giàn chống phục hồi mức thấp ba liên kết bốn cột nhẹ với hai máng cào, với chiều cao làm việc 1,6–2,6m, chiều rộng 1190–1330mm, áp lực làm việc 3000kN và trọng lượng khoảng 10,5 tấn. Hệ thống hỗ trợ điều khiển điện – thủy lực toàn diện. Cấu hình cơ bản được liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. Cấu hình cơ bản của hệ thống

TT	Nội dung	Thông số
1	Nguồn điện DC phòng nổ	1 chiếc/4 giàn chống
2	Bộ điều khiển giàn chống	1 bộ/giàn chống
3	Bộ dẫn động van điện tử	1 bộ/giàn chống
4	Cụm van điều khiển điện thủy lực	1 bộ/giàn chống
5	Bộ lọc xả ngược	1 bộ/giàn chống
6	Bộ thu hồng ngoại	1 bộ/giàn chống
7	Cảm biến áp suất	1 bộ/giàn chống
8	Cảm biến hành trình	1 bộ/giàn chống
9	Cảm biến độ nghiêng giàn chống	4 cái/giàn chống
10	Đèn led chiếu sáng quanh giàn chống	2 cái/4 giàn chống
11	Bộ thu tín hiệu (của điều khiển cầm tay)	1 cái/giàn chống
12	Bộ điều khiển cầm tay	15 cái/lò chợ
13	Camera giám sát	1 cái/8 giàn chống

Hệ thống điều khiển liên động tuyến vận tải

Hệ thống bao gồm chuỗi thiết bị liên hoàn: máy khâu, máng cào trước; máng cào sau; cầu chuyên tải và băng tải. Để điều khiển và bảo vệ chuỗi thiết bị này trong môi trường hầm lò khắc nghiệt, mô hình dùng giải pháp sử dụng khối khởi động từ kiểu phòng nổ kiểm an toàn tia lửa kiểu QJZ.

Thiết bị điều khiển liên động hình 5 là khối QJZ - 2000 / 1140(660) (từ 4 đến 12 nhánh), tích hợp bộ vi xử lý thông minh, cho phép điều khiển tập trung, giám sát từ xa và bảo vệ toàn diện các động cơ điện xoay chiều 3 pha. Thiết bị có các đặc điểm



Hình 5. Thiết bị điều khiển liên động tuyến vận tải cầu tạo chuyên dụng và thực hiện 3 chế độ sau:

Chế độ tự động khởi động tuần tự

Trong dây chuyền vận tải (Máng cào -> Cầu chuyền tải -> Băng tải), việc khởi động đồng thời sẽ gây sụt áp lưới điện nghiêm trọng. Chế độ khởi động tuần tự nhiều máy được áp dụng để giải quyết vấn đề này.

- Nguyên lý vận hành: Các nhánh điều khiển sẽ đóng cầu dao lần lượt theo thứ tự logic từ hạ nguồn lên thượng nguồn (Băng tải khởi động trước -> Cầu chuyền tải -> Máng cào).

- Cài đặt thời gian trễ: Hệ thống cho phép cài đặt thời gian trì hoãn khởi động giữa các máy trong phạm vi từ 0.1 giây đến 99.99 giây.

- Logic điều khiển: Sau khi nhánh 1 (Băng tải) khởi động thành công và gửi tín hiệu phản hồi về bộ điều khiển trung tâm, lệnh khởi động nhánh 2 (cầu chuyền tải) mới được kích hoạt sau khoảng thời gian trễ đã cài đặt. Tương tự, máng cào sẽ là thiết bị khởi động cuối cùng để đảm bảo vật liệu được vận chuyển ngay khi vừa ra khỏi gương lò.

Chế độ tự động dừng tuần tự

Để tránh tình trạng ùn tắc vật liệu trên các thiết bị vận tải khi dừng máy, hệ thống thực hiện quy trình dừng ngược lại với quy trình khởi động.

- Nguyên lý: Máng cào sẽ dừng đầu tiên để ngừng cấp vật liệu từ gương. Cầu chuyền tải và băng tải sẽ tiếp tục chạy trong một khoảng thời gian trễ (thường từ 1-2 phút) để vận chuyển hết lượng than còn lại trên máng về vị trí tập kết.

- Tính năng hỗ trợ: Hệ thống tự động tính toán lượng tải dựa trên dòng điện của động cơ để quyết định thời điểm ngắt nguồn tối ưu cho từng nhánh.

Chế độ điều khiển liên động

Đây là tính năng cốt lõi của «Lò chợ thông minh», đảm bảo an toàn cho toàn bộ dây chuyền.

Liên động sự cố: Nếu một thiết bị trong chuỗi (ví dụ cầu chuyền tải) gặp sự cố và dừng lại, tín hiệu khóa liên động sẽ ngay lập tức được gửi đến nhánh điều khiển máng cào để dừng máy thượng nguồn ngay lập tức, tránh tình trạng than từ máng cào tiếp tục đổ xuống gây kẹt cầu chuyền tải.

Liên động khí mê-tan và gió: Hệ thống tích hợp tiếp điểm «Mê-tan điện gió». Nếu nồng độ khí mê-tan vượt ngưỡng an toàn hoặc quạt thông gió gặp sự cố, hệ thống sẽ tự động ngắt điện toàn bộ các thiết bị vận tải lò chợ.

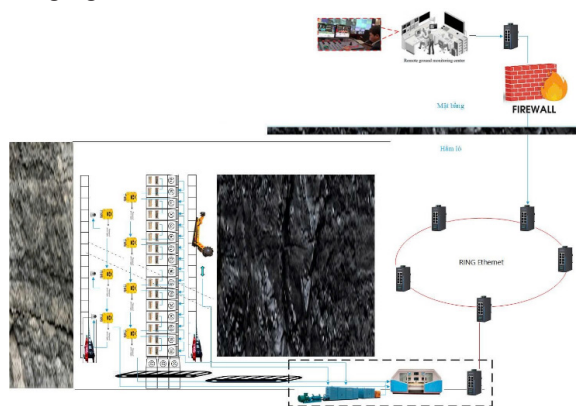
Chế độ dừng sự cố và khóa an toàn

- Nút dừng khẩn cấp (SB1): Được bố trí tại tủ điều khiển và dọc theo tuyến máng cào/cầu chuyền tải. Khi nhấn SB1, mạch điều khiển nhánh sẽ bị ngắt trực tiếp, dừng động cơ ngay lập tức.

- Khóa an toàn: Hệ thống có chức năng cài đặt mật mã (mật khẩu) để ngăn chặn những thao tác trái phép hoặc thay đổi thông số cài đặt khi không có thẩm quyền.

- Ghi nhớ lỗi: Khi dừng do sự cố, màn hình sẽ hiển thị chính xác loại lỗi (quá tải, mất pha, rò điện...) và lưu vào nhật ký sự cố để công nhân sửa chữa có thể tra cứu nhanh chóng.

Từ các phân tích cụ thể trên, nhóm nghiên cứu xây dựng được mô hình DCS cụ thể cho 1 đơn vị trong ngành than như hình 6.



Hình 6. Mô hình DCS lò chợ thông minh sơ cấp cho 1 đơn vị trong ngành than

4. Kết luận

Điều kiện địa chất kỹ thuật và trình độ khoa học công nghệ của Việt Nam hiện nay cho thấy việc chọn mô hình lò chợ thông minh sơ cấp và trung cấp là phù hợp.

Giải pháp điều khiển phân tán khi áp dụng cho lò chợ thông minh sơ cấp gồm: phòng giám sát; hệ thống truyền thông; phòng điều khiển; hệ thống camera giám sát; hệ thống điều khiển gián chống; hệ thống điều khiển liên động tuyến vận tải.

Mô hình điều khiển DCS khi áp dụng cho lò chợ thông minh sơ cấp có nhiều thuận lợi như: phòng giám sát và hệ thống truyền thông là cơ sở hạ tầng hiện có của mỏ; hệ thống điều khiển gián chống

có thể cải tạo từ hệ thống điều khiển thủ công qua điều khiển điện thủy lực hoặc đầu tư giàn chống mới có sẵn hệ thống điều khiển điện thủy lực; các hệ thống còn lại có sẵn trên thị trường.

Tài liệu tham khảo:

[1]. Ban khoa học công nghệ Mỏ - Tập đoàn Công nghiệp Than Khoáng sản Việt Nam, “*Triển khai áp dụng công nghệ khai thác than lò chợ giai đoạn 2026-2030*,” Tập đoàn Công nghiệp Than Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội, 2026.

[2]. V. V. Hội, Đ. V. Hoàng và P. T. Liêm, “*Nghiên cứu đánh giá khả năng áp dụng mô hình*

lò chợ thông minh tại các mỏ than hầm lò thuộc TKV,” Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội, 2026.

[3]. P. T. Liêm, “*Tổng quan thiết bị và công nghệ hệ thống truyền thông lò chợ*,” Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội, 2026.

[4]. P. T. Liêm, N. A. Nguyên và N. K. Quý, “*Nghiên cứu áp dụng truyền thông không dây vào giám sát, quản lý nhân sự và thiết bị trong khai thác than hầm lò của TKV*,” Thông tin khoa học công nghệ Mỏ, tập 1, pp. 45-50, 2026.

Development of a Distributed Control System Model for Primary Smart Longwall in TKV

Dr. Pham Thanh Liem and Others - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

Based on an analysis of the Distributed Control System (DCS) architecture, the research team assessed the current application of DCS technology worldwide as well as within Vietnam's coal industry, concluding that the development of a DCS-based control system for smart longwall mining operations is an inevitable trend. Currently, TKV are operating 12 mechanized longwall systems across 13 underground coal mining units, most of which still rely heavily on manual operation and supervision. However, to meet the requirements of the longwall mining technology development program for the period 2026–2030 [1], it is necessary to evaluate the feasibility of implementing smart longwall technologies in TKV. This paper presents the development of a Distributed Control System (DCS) model for a primary smart longwall in TKV.

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SỐ TRONG CÔNG TÁC ĐÀO TẠO VẬN HÀNH THIẾT BỊ MỎ

ThS. Đặng Hồng Thắng, ThS. Nguyễn Văn Đức
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Phan Văn Việt

Tóm tắt:

Trong bối cảnh chuyển đổi số của ngành công nghiệp khai khoáng, việc ứng dụng các công nghệ số vào đào tạo nghề mỏ đang trở thành xu hướng quan trọng nhằm nâng cao chất lượng nguồn nhân lực và đảm bảo an toàn lao động. Đặc biệt đối với khai thác mỏ hầm lò, nơi điều kiện làm việc phức tạp và tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn. Trong những năm gần đây, nhiều phương pháp đào tạo hiện đại dựa trên công nghệ số đã được phát triển và áp dụng rộng rãi trên thế giới, bao gồm hệ thống mô phỏng thiết bị mỏ (equipment simulator), thực tế ảo (virtual reality – VR), thực tế tăng cường (augmented reality – AR), mô hình mỏ số (digital mine), và Đào tạo qua hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực. Bài báo trình bày tổng quan các phương pháp đào tạo nghề mỏ hiện đại và các nền tảng công nghệ tiêu biểu được sử dụng trong đào tạo nghề mỏ nói chung và vận hành thiết bị nói riêng.

1. Đặt vấn đề

Ngành khai khoáng là một trong những ngành công nghiệp có điều kiện làm việc khắc nghiệt và nguy cơ mất an toàn cao. Trong khai thác mỏ hầm lò, người lao động phải làm việc trong môi trường không gian hạn chế và chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố nguy hiểm như khí mê tan, bụi nước, sập lò hoặc va chạm thiết bị. Vì vậy công tác đào tạo nghề mỏ nói chung và vận hành thiết bị nói riêng đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong việc nâng cao năng lực vận hành thiết bị và đảm bảo an toàn lao động.

Trong nhiều thập kỷ trước đây, đào tạo nghề mỏ chủ yếu được thực hiện theo phương pháp truyền thống, tức là đào tạo lý thuyết kết hợp trực tiếp tại hiện trường trên các thiết bị khai thác thật. Phương pháp này có ưu điểm là người học được tiếp xúc trực tiếp với thiết bị và môi trường làm việc thực tế. Tuy nhiên, phương pháp đào tạo này cũng tồn tại hạn chế như chi phí đào tạo lớn, khó tổ chức đào tạo trong điều kiện sản xuất liên tục và tiềm ẩn nguy cơ tai nạn đối với học viên.

Sự phát triển của công nghệ mô phỏng và công nghệ số trong những năm gần đây đã tạo ra nhiều phương pháp đào tạo mới cho ngành khai khoáng. Các hệ thống mô phỏng thiết bị, môi trường thực tế ảo và mô hình mỏ số cho phép tái hiện môi trường khai thác mỏ trong không gian số với độ chân thực cao. Nhờ đó người học có thể thực hành thuần thục các thao tác vận hành thiết bị hoặc xử lý các tình huống nguy hiểm trong điều

kiện hoàn toàn an toàn trước khi thực hành trên thiết bị thật.

2. Các hình thức đào tạo vận hành thiết bị mỏ

Đào tạo vận hành thiết bị là nội dung quan trọng trong đào tạo nghề mỏ vì các thiết bị khai thác hiện đại có cấu trúc phức tạp và giá trị đầu tư lớn. Quy trình đào tạo thông thường bao gồm đào tạo lý thuyết, đào tạo bằng video kỹ thuật, thực hành trên mô hình mô phỏng thiết bị và cuối cùng là thực hành trên thiết bị thật. Việc đào tạo trực tiếp trên thiết bị thật khi chưa thuần thục các kỹ năng có thể gây hao mòn thiết bị và tiềm ẩn nguy cơ tai nạn. Hiện nay các hình thức đào tạo vận hành thiết bị đang sử dụng bao gồm:

- Đào tạo kết hợp lý thuyết, thực hành (blended training) là hình thức tích hợp nhiều hình thức đào tạo, bao gồm học lý thuyết về cấu tạo thiết bị, xem video vận hành, thực hành trên mô hình và thực hành tại hiện trường. Hình thức này giúp học viên tiếp cận kiến thức một cách toàn diện và có lộ trình từ cơ bản đến nâng cao. Hình thức phù hợp với học viên đào tạo nghề chính quy và các chương trình đào tạo dài hạn.

- Đào tạo tại chỗ (On-the-job training – OJT): là hình thức phổ biến nhất, trong đó học viên được đưa xuống lò hoặc khu vực sản xuất để quan sát, thao tác và thực hành trực tiếp dưới sự hướng dẫn của kỹ sư, quản đốc hoặc thợ bậc cao. Hình thức này giúp người học nhanh chóng nắm bắt

điều kiện làm việc thực tế và kỹ năng vận hành thiết bị, tuy nhiên tiềm ẩn rủi ro về an toàn và khó triển khai với số lượng lớn. Phương pháp này phù hợp với công nhân đã có kiến thức cơ bản, cần nâng cao tay nghề hoặc thích nghi với điều kiện sản xuất thực tế.

- Đào tạo thực hành trên mô hình (mock-up training): sử dụng các mô hình thiết bị hoặc thiết bị thật đặt tại khu vực đào tạo trên mặt bằng. Hình thức này cho phép học viên luyện tập nhiều lần trong điều kiện an toàn, dễ kiểm soát và không phụ thuộc vào điều kiện sản xuất. Do đó, hình thức này phù hợp với công nhân mới tuyển dụng, học viên nghề hoặc những người cần làm quen với cấu tạo và nguyên lý hoạt động của thiết bị trước khi xuống mỏ.

- Đào tạo bằng thiết bị mô phỏng (simulator training): sử dụng các hệ thống mô phỏng để tái hiện quá trình vận hành các thiết bị như máy đào lò, máy xúc, xe vận tải mỏ, máy khoan... Hình thức này loại bỏ hoàn toàn rủi ro tai nạn, cho phép mô phỏng các tình huống nguy hiểm và đánh giá năng lực người học một cách định lượng. Hình thức phù hợp với đào tạo vận hành thiết bị phức tạp, đào tạo lại (retraining) và huấn luyện nâng cao cho công nhân đã có kinh nghiệm.

- Đào tạo kèm cặp (mentoring/coaching): là một trong các hình thức đào tạo tại chỗ, trong đó thợ lành nghề hoặc kỹ sư giàu kinh nghiệm trực tiếp hướng dẫn công nhân mới thông qua quá trình quan sát, giải thích nguyên lý thiết bị, thực hành và đánh giá tay nghề. Hình thức này có ưu điểm truyền đạt kinh nghiệm thực tiễn và kỹ năng xử lý linh hoạt trong sản xuất. Hình thức phù hợp với công nhân mới vào nghề hoặc chuyển đổi vị trí công việc, nhất là đối với các thiết bị phức tạp.

- Đào tạo theo tình huống (scenario-based training): đặt người học vào các kịch bản sản xuất cụ thể (có thể đang hoặc sắp xảy ra) như kẹt cần khoan, mất điện hệ thống băng tải hoặc rò rỉ dầu thủy lực... nhằm rèn luyện khả năng xử lý sự cố và ra quyết định. Hình thức này giúp nâng cao kỹ năng phản ứng nhanh và đảm bảo an toàn trong các tình huống khẩn cấp. Đây là hình thức phù hợp với công nhân vận hành chính, tổ trưởng sản xuất và cán bộ kỹ thuật.

- Đào tạo qua phân tích sự cố (case study

training): sử dụng các sự cố đã xảy ra trong thực tế như cháy băng tải, gãy cần khoan hoặc hỏng hệ thống thủy lực... để phân tích nguyên nhân và rút kinh nghiệm. Hình thức này góp phần nâng cao nhận thức về an toàn và phòng ngừa rủi ro trong sản xuất. Đây là hình thức phù hợp với toàn bộ lực lượng lao động trong mỏ, đặc biệt là cán bộ quản lý, kỹ sư và công nhân vận hành trực tiếp.

Ngoài hình thức đào tạo bằng thiết bị mô phỏng (simulator training), các hình thức đào tạo còn lại hiện nay đều được các trường nghề, đơn vị đào tạo và các đơn vị sản xuất trong ngành khai khoáng Việt Nam áp dụng trong công tác đào tạo nghề mỏ nói chung và vận hành thiết bị nói riêng.

3. Các phương pháp đào tạo nghề mỏ ứng dụng công nghệ số

Trong đào tạo nghề mỏ hiện nay, nhiều phương pháp đào tạo hiện đại dựa trên công nghệ số đã được phát triển nhằm nâng cao hiệu quả đào tạo và giảm thiểu rủi ro trong quá trình huấn luyện.

3.1. Đào tạo bằng hệ thống mô phỏng thiết bị mỏ

Hệ thống mô phỏng thiết bị mỏ là phương pháp đào tạo phổ biến nhất trong ngành khai khoáng hiện đại. Hệ thống tái hiện cabin điều khiển của thiết bị thật và mô phỏng môi trường khai thác mỏ trên màn hình 3D. Người học có thể vận hành thiết bị thông qua các cần điều khiển, bàn đạp và bảng điều khiển giống như trên thiết bị thực. Hệ thống có nhiều ưu điểm, giúp người học luyện tập nhiều lần; cho phép mô phỏng nhiều tình huống vận hành khác nhau như vận tải trong đường lò hẹp, quay đầu xe, bốc xúc hoặc xử lý sự cố thiết bị bao gồm các tình huống nguy hiểm như sự cố thiết bị hoặc điều kiện khí mỏ bất lợi...; Ngoài ra hệ thống còn cho phép đánh giá kỹ năng vận hành của học viên thông qua các chỉ số như năng suất vận hành, mức tiêu hao nhiên liệu và mức độ an toàn. Hệ thống có khả năng tạo “mô ảo” dựa trên dữ liệu thực tế của từng mỏ, giúp tăng tính thực tiễn trong đào tạo.

Các thiết bị chính của hệ thống bao gồm cabin mô phỏng thiết bị, hệ thống máy tính đồ họa hiệu năng cao, hệ thống màn hình hiển thị 3D góc rộng 270–360° và phần mềm mô phỏng môi trường mỏ. Phần mềm mô phỏng sử dụng các thuật toán động lực học để tính toán chuyển động của thiết bị trong

thời gian thực, kết hợp nền tảng chuyển động (3–6 bậc tự do), đồng thời mô phỏng các yếu tố môi trường như địa hình mỏ, vật liệu khai thác và điều kiện ánh sáng trong hầm lò. Hệ thống có thể mô phỏng nhiều loại thiết bị khác nhau như máy xúc, máy đào lò khai thác, máy khâu, máy khoan,... với hành vi được xây dựng dựa trên dữ liệu kỹ thuật thực tế. Đây là giải pháp hiệu quả để nâng cao chất lượng đào tạo vận hành thiết bị và an toàn trong khai thác mỏ hầm lò.



Hình 1. Hệ thống mô phỏng thiết bị CYBERMINE Mining Simulator (Nam Phi)

Hiện nay có rất nhiều công ty chuyên về công nghệ mô phỏng và các nhà sản xuất thiết bị mỏ lớn phát triển các hệ thống mô phỏng thiết bị để đào tạo vận hành thiết bị. Ví dụ: CYBERMINE Mining Simulator (hình 1) của ThoroughTec Simulation (Nam Phi), IM360+ của Immersive Technologies (Australia), Sandvik và Epiroc (Thụy Điển) phát triển các nền tảng đào tạo số nhằm hỗ trợ đào tạo vận hành và bảo dưỡng thiết bị khai thác. Komatsu Mining Equipment Simulator của Komatsu (Nhật Bản) được sử dụng để đào tạo vận hành xe tải và máy xúc trong mỏ lộ thiên, Caterpillar Mining Simulator của Caterpillar (Hoa Kỳ) mô phỏng vận hành nhiều loại thiết bị khai thác mỏ khác nhau.

3.2. Đào tạo bằng công nghệ thực tế ảo

Công nghệ thực tế ảo cho phép xây dựng môi trường mỏ ảo trong đó người học có thể quan sát và tương tác với các đối tượng trong không gian ba chiều. Học viên sử dụng kính VR hoặc màn hình máy tính để quan sát môi trường khai thác và thực hiện các thao tác đào tạo. Thiết bị của hệ thống VR bao gồm kính VR, bộ điều khiển chuyển động, máy tính đồ họa và phần mềm mô phỏng môi trường mỏ. Công nghệ VR đặc biệt hiệu quả trong đào tạo an toàn mỏ vì có thể mô phỏng các tình huống nguy hiểm mà không thể thực hiện trong điều kiện thực tế.



Hình 2. Giao diện hệ thống thực tế ảo VR Mine Safety Training (Trung Quốc)

Một ví dụ điển hình là hệ thống Hệ thống VR Mine Safety Training (hình 2) do Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc phát triển là một nền tảng đào tạo an toàn mỏ dựa trên công nghệ thực tế ảo, kết hợp mô phỏng 3D, trí tuệ nhân tạo (AI) và điện toán đám mây nhằm tái hiện môi trường khai thác than dưới lòng đất một cách chân thực. Hệ thống được triển khai tại phòng thí nghiệm thực tế ảo phục vụ đào tạo sinh viên và huấn luyện an toàn mỏ. Hệ thống cho phép mô phỏng đầy đủ các kịch bản tai nạn và cứu hộ mỏ, bao gồm tái hiện quá trình xảy ra sự cố, đánh giá nguyên nhân và thực hành ứng phó khẩn cấp. Nhờ môi trường ảo có tính tương tác cao, người học có thể luyện tập kỹ năng nhận diện nguy cơ, thao tác thiết bị và quy trình an toàn mà không phải xuống mỏ thực tế.

Ngoài ra, hệ thống còn có khả năng ghi nhận dữ liệu đào tạo và đánh giá người học, hỗ trợ xem lại quá trình thao tác và cải thiện kỹ năng. Công nghệ hiển thị đám mây giúp nâng cao độ chân thực hình ảnh, trong khi các mô hình hành vi AI làm tăng tính nhập vai và hiệu quả huấn luyện.

3.3. Đào tạo bằng công nghệ thực tế tăng cường

Công nghệ thực tế tăng cường (AR) là công nghệ kết hợp hình ảnh thực với thông tin số. Trong đào tạo mỏ, AR thường được sử dụng để hướng dẫn bảo dưỡng và sửa chữa thiết bị khai thác. Các thiết bị chính của hệ thống bao gồm: kính AR hoặc máy tính bảng, camera nhận dạng thiết bị, phần mềm hiển thị hướng dẫn.

Ví dụ, hệ thống Komatsu AR Maintenance Training do Komatsu phát triển cho phép hiển thị hướng dẫn bảo dưỡng thiết bị ngay trên hình ảnh của thiết bị, giúp kỹ thuật viên dễ dàng hiểu cấu

trúc thiết bị và quy trình bảo trì. Hệ thống bao gồm các mô-đun AR/3D mô phỏng chi tiết máy (động cơ, hệ thống SCR, kim phun DEF, cụm truyền động...) trong không gian ảo. Kỹ thuật viên có thể xoay, tách rời, tháo lắp từng bộ phận, xem trình tự thao tác bảo dưỡng hoặc sửa chữa, kèm chú thích các bước và logic hoạt động. Trên nền tảng VR/AR, người học luyện quy trình bảo dưỡng như ngoài hiện trường: chọn đúng dụng cụ, nói lỏng/ siết bulông theo thứ tự, kiểm tra cảm biến, chạy thử... nhưng không làm mòn hay hư máy thật. Sai sót chỉ là “ảo”, nên có thể thử nhiều lần đến khi thành thực.

3.4. Đào tạo bằng mô hình mô số

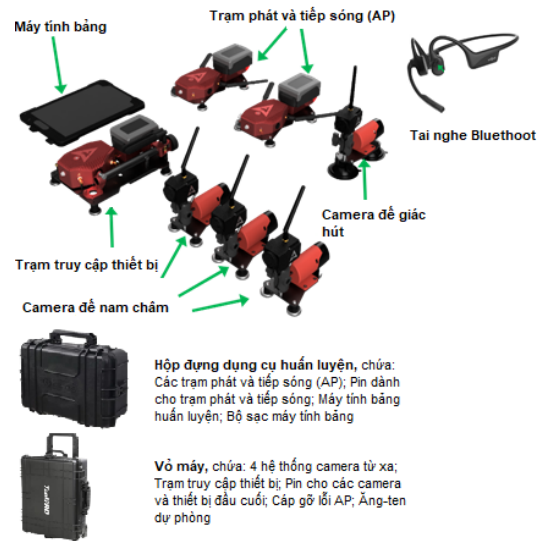
Mô hình mô số (digital mine) là hệ thống mô phỏng toàn bộ hoạt động của mỏ dựa trên dữ liệu số. Các chức năng chính bao gồm: mô phỏng cấu trúc địa chất và thân quặng; thiết kế, mô phỏng hệ thống đường lò và khai trường; mô phỏng chu trình khai thác và vận tải; phân tích các phương án khai thác. Các nền tảng này thường được tích hợp với dữ liệu sản xuất thực tế để xây dựng bản sao kỹ thuật số của mỏ, cho phép mô phỏng và phân tích toàn bộ quá trình khai thác. Thông qua mô hình mô số, học viên có thể: nghiên cứu cấu trúc mỏ trước khi khai thác; lập kế hoạch khai thác; phân tích các kịch bản sản xuất khác nhau. Do đó, Mô hình mô số thường được sử dụng chủ yếu trong đào tạo thiết kế mỏ và quản lý sản xuất.

Một số phần mềm và nền tảng mô số phổ biến hiện nay gồm: Surpac, GEOVIA của Dassault Systèmes (Pháp); Mô hình hóa địa chất và thiết kế mỏ, quản lý khai thác mỏ; Vulcan của Maptek (Australia); Thiết kế và mô phỏng khai thác mỏ...

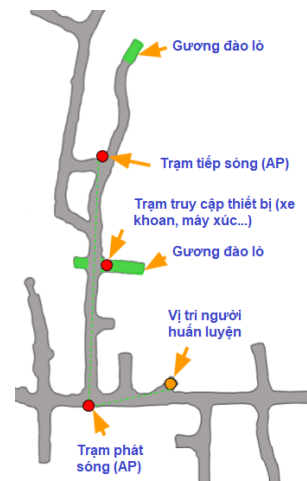
3.5. Đào tạo qua hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực (Mesh Network)

Khi thực hiện đào tạo tại chỗ, đào tạo kèm cặp, hoặc thi nâng bậc, thi thợ giỏi trong hầm lò, người hướng dẫn có nguy cơ gặp rủi ro và hạn chế về tầm nhìn do không gian chật hẹp. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp đào tạo qua mạng lưới vô tuyến đa điểm (Mesh Network) đã ra đời, vượt xa giới hạn của các hệ thống camera ghi hình truyền thống.

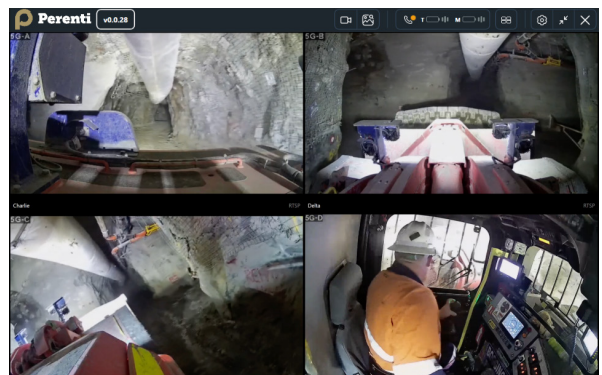
Giải pháp tiêu biểu cho công nghệ này là hệ thống Argus VTS (hình 3) do Fliight Technologies (Australia) phát triển dành riêng cho môi trường khai thác mỏ hầm lò (hình 4). Thay vì phụ thuộc vào cáp mạng quang hay sóng 4G/Wi-Fi thông thường, hệ thống sử dụng các Nút mạng (Node)



Hình 3. Hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực Argus VTS



Hình 4. Sơ đồ khu vực đào tạo bằng Hệ thống Argus VTS



Hình 5. Hình ảnh camera thể hiện trên máy tính bảng của người hướng dẫn

tạo thành một mạng lưới vô tuyến tổ ong tự kết nối và tự phục hồi. Khác với các camera an ninh chỉ dùng để xem lại, Argus VTS là một nền tảng IIoT (Industrial Internet of Things) cho phép truyền đồng thời hình ảnh đa luồng (Video HD), âm thanh hai chiều (Voice Intercom) và dữ liệu kỹ thuật của máy móc (Telemetry) với độ trễ cực thấp. Hệ thống bao gồm màn hình điều khiển tại trạm an toàn, hệ thống camera chống sốc gắn trên thiết bị, các Nút mạng di động chạy bằng pin và tai nghe Bluetooth. Điểm ưu việt cốt lõi của công nghệ này là khả năng duy trì kết nối liên tục (seamless roaming) ngay cả khi thiết bị cơ giới di chuyển ở tốc độ cao qua các ngã rẽ phức tạp, cho phép người hướng dẫn cách xa hàng trăm mét vẫn có thể tương tác, cảnh báo và trấn chỉnh thao tác của học viên ngay trong thời gian thực. Hệ thống lắp đặt sử dụng nhanh, triển khai trong vòng 5 phút, hoạt động hoàn toàn bằng pin, dễ dàng di chuyển giữa các khu vực trong mỏ.

Phương pháp này có ưu điểm là phản ánh chính xác các thao tác vận hành thực tế, và sử dụng phù hợp trong hầm lò khi môi trường làm việc chật hẹp. Phụ thuộc vào môi trường trong hầm lò, phạm vi sử dụng giữa người hướng dẫn và vị trí vận hành tới 200m (không cần đường lò thẳng) và có thể lớn hơn khi lắp thêm các trạm tiếp sóng. Hệ thống không chỉ được sử dụng trong công tác đào tạo, thi nâng bậc, thi thợ giỏi mà nhiều khi còn được sử dụng cả trong công tác cứu hộ.

Hệ thống có độ Bảo mật dữ liệu cao, nền tảng công nghệ lõi và khả năng cứu hộ sinh tử. Được xây dựng trên nền tảng thiết bị mạng vô tuyến chuẩn quân sự của Mỹ (Rajant), hệ thống Argus hoạt động hoàn toàn độc lập (offline) dưới hầm lò. Kết hợp với công nghệ mã hóa (cryptography) chống trộm cắp, hệ thống bảo vệ tuyệt đối bí mật dữ liệu kinh doanh và địa chất của doanh nghiệp.

Đặc biệt trong kịch bản rủi ro nhất là sập đổ lò, khi cấp quang và cấp điện thông thường đứt lìa, cắt đứt mọi liên lạc viễn thông truyền thống, mạng lưới vô tuyến của Argus sẽ phát huy tác dụng. Các thiết bị gắn trong buồng lái và các trạm tiếp sóng còn nguyên vẹn sẽ tự động dò tìm nhau để thiết lập lại đường truyền qua các khe nứt đá. Giọng nói và hình ảnh tình trạng thợ mỏ trong cabin vẫn có cơ hội truyền ra ngoài, biến hệ thống đào tạo này thành một "hộp đen" và thiết bị cứu mạng.

Đặc biệt, hệ thống này giải quyết triệt để bài toán nhân lực chất lượng cao. Thay vì mỗi xe phải có một người hướng dẫn đi kèm (chi phí quỹ lương

lớn), giờ đây một người hướng dẫn ngồi tại trạm an toàn có thể giám sát và tương tác giọng nói hai chiều với nhiều học viên đang vận hành thiết bị thật ở các đường lò khác nhau. Bằng cách can thiệp sâu vào hệ thống xe để đọc trực tiếp thông số máy móc (vòng tua, phanh, góc lái) và quan sát hành vi học viên qua camera với độ trễ tính bằng mili-giây, người hướng dẫn có thể can thiệp ngay lập tức. Thông qua hệ thống Argus, mọi thao tác của học viên trên thiết bị thật dưới hầm mỏ đều được người hướng dẫn giám sát, ghi hình, trấn chỉnh tức thời và chấm điểm kỹ năng qua mạng Mesh.

Như vậy từ góc độ đào tạo nghề mỏ, các công nghệ đào tạo sử dụng công nghệ số có thể được sử dụng theo các mục tiêu khác nhau: Mô hình mô phỏng thiết bị, Đào tạo thực tế qua hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực sử dụng để đào tạo vận hành thiết bị mỏ; Thực tế ảo sử dụng đào tạo an toàn và quy trình làm việc; Thực tế ảo tăng cường sử dụng đào tạo bảo dưỡng và sửa chữa thiết bị; Mô hình mô phỏng sử dụng thiết kế và quản lý khai thác mỏ. Xu hướng hiện đại hiện nay là xây dựng trung tâm đào tạo công nghệ số tích hợp, kết hợp các công nghệ trên nhằm đào tạo toàn diện nguồn nhân lực cho ngành khai khoáng.

4. Kết luận

Công nghệ số đang đóng vai trò quan trọng trong việc đổi mới phương pháp đào tạo nghề mỏ trên thế giới. Các phương pháp đào tạo sử dụng công nghệ số như hệ thống mô phỏng thiết bị, thực tế ảo, thực tế tăng cường, mô hình mô phỏng và Hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực cho phép nâng cao chất lượng đào tạo hơn so với phương pháp truyền thống.

Trong số các phương pháp này, mô hình mô phỏng thiết bị và Hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực được sử dụng để đào tạo vận hành thiết bị. Trong đó Mô hình mô phỏng thiết bị được sử dụng để đào tạo học viên làm quen và thực hành thuần thực kỹ năng trước khi thực hành trực tiếp trên thiết bị thật, có giá trị đầu tư lớn; Hệ thống truyền dữ liệu thời gian thực qua mạng vô tuyến được sử dụng khi học viên thực hành trên thiết bị thật tại hiện trường, có giá trị đầu tư thấp.

Ngành khai khoáng Việt Nam đang từng bước hiện đại hóa công nghệ khai thác và quản lý sản xuất. Ứng dụng công nghệ số trong đào tạo vận hành thiết bị là xu hướng tất yếu nhằm nâng cao an toàn và chất lượng đào tạo. Giai đoạn hiện nay, việc áp dụng Hệ thống truyền dữ liệu thời gian

thực là phù hợp và phát huy hiệu quả do có chi phí thấp, áp dụng đơn giản và ứng dụng được trong nhiều công việc: đào tạo, thi nâng bậc, thi thợ giỏi, cứu hộ.

Tài liệu tham khảo:

[1]. <https://www.thoroughtec.com/cybermine-full-mission-mining-simulators>.

[2]. Hệ thống mô phỏng thực tế ảo về an toàn

than dựa trên công nghệ điện toán đám mây và trí tuệ nhân tạo. Mei Li 1 ,* , Zhenming Sun 2 , Zhan Jian 1 , Zheng Tan 3 , Jinchuan Chen 3, 2019,

[3]. Argus Video Training System, <https://flight-engineering.github.io/argus-interactive-guide/>

Application of Digital Technologies in Mining Equipment Operator Training

MSc. Dang Hong Thang, MSc. Nguyen Van Duc

Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

In the context of digital transformation within the mining industry, the application of digital technologies to mining workforce training has become an important trend for improving human resource quality and enhancing occupational safety, particularly in underground mining operations where working conditions are complex and associated with significant safety risks. In recent years, a variety of advanced training approaches based on digital technologies have been developed and widely adopted worldwide. These include mining equipment simulators, Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), digital mine models, and training systems supported by real-time data transmission technologies. This paper presents an overview of modern mining training methods and representative technological platforms used in mining vocational training in general and equipment operation training in particular.

CÔNG TÁC BẢO TRÌ VỚI VIỆC NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY CỦA HỆ THỐNG QUAN TRẮC KHÍ MỎ

ThS. Lương Thế Tiên

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: ThS. Phạm Chân Chính

Tóm tắt:

Trong công tác khai thác than hầm lò, nguy cơ cháy nổ khí metan (CH_4), ngạt hay ngộ độc khí mỏ luôn thường trực, đòi hỏi các giải pháp kiểm soát khí mỏ hiệu quả. Hệ thống quan trắc khí mỏ (HTQT) đã trở thành công cụ quan trọng trong việc giám sát, cảnh báo sớm và hỗ trợ điều hành sản xuất an toàn. Tuy nhiên, trong môi trường khắc nghiệt của mỏ hầm lò, các thiết bị điện tử trong hệ thống phải làm việc liên tục 24/24h, dễ suy giảm độ tin cậy nếu không được bảo trì, bảo dưỡng phù hợp. Bài báo tập trung phân tích vai trò của công tác bảo trì đối với hoạt động của HTQT, đánh giá thực trạng và đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động, độ tin cậy và tuổi thọ thiết bị. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc tăng cường bảo trì phòng ngừa, chuẩn hóa quy trình và nâng cao năng lực nhân lực là các yếu tố then chốt để đảm bảo hệ thống vận hành ổn định, góp phần nâng cao an toàn và hiệu quả sản xuất.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của ngành công nghiệp khai thác than hầm lò, yêu cầu đảm bảo an toàn trong sản xuất ngày càng được quan tâm, đặc biệt đối với nguy cơ cháy nổ khí CH_4 , do đó việc đầu tư, lắp đặt và vận hành HTQT tự động, liên tục đã trở thành yêu cầu bắt buộc tại các mỏ hầm lò thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) và Tổng công ty Đông Bắc.

Hệ thống quan trắc khí mỏ hiện đại bao gồm nhiều thiết bị điện tử như các cảm biến khí, gió, trạm thu thập dữ liệu, bộ xử lý trung tâm, mạng truyền thông, máy chủ và phần mềm quan trắc... Các thiết bị này hoạt động liên tục trong điều kiện

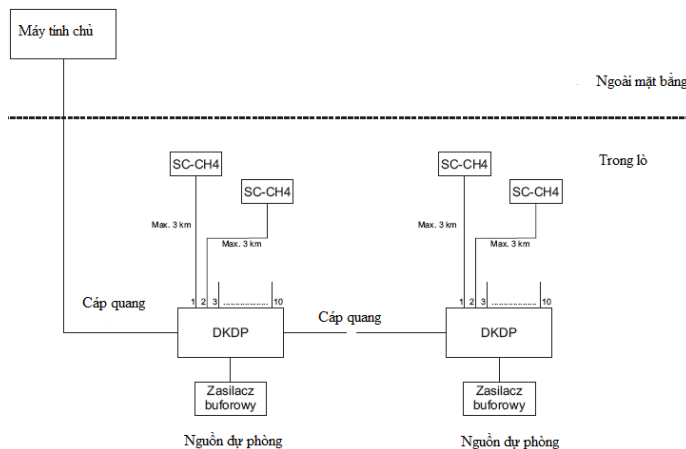
môi trường khắc nghiệt với độ ẩm cao, bụi, rung động và nhiễu điện từ, dẫn đến nguy cơ suy giảm độ chính xác và phát sinh hư hỏng. Nếu công tác bảo trì không được thực hiện đầy đủ và đúng quy trình, hệ thống có thể bị gián đoạn hoặc cung cấp thông tin sai lệch, ảnh hưởng trực tiếp đến công tác an toàn và điều hành sản xuất.

2. Khái quát về hệ thống quan trắc khí mỏ

2.1. Cấu trúc cơ bản của hệ thống quan trắc khí mỏ

Sơ đồ cấu trúc cơ bản của hệ thống kết nối sử dụng của một phân trạm cho hệ thống quan trắc khí mỏ phổ biến đang lắp đặt tại Việt Nam được mô tả tại Hình 1.

Hệ thống quan trắc khí mỏ tại các mỏ hầm lò



Hình 1. Sơ đồ hệ thống quan trắc khí mỏ kết nối dùng mạng cáp quang

hiện nay thường được cấu thành từ các thành phần chính gồm: (1) các thiết bị hoạt động trong lò như cảm biến đo các loại khí (CH_4 , CO , CO_2 , O_2 ...), gió, nhiệt độ,... các phân trạm thu thập và xử lý dữ liệu, thiết bị cảnh báo, liên động cắt điện. (2) các thiết bị ngoài mặt bằng: trung tâm quan trắc (tủ điều khiển, máy chủ, máy trạm, phần mềm quan trắc). Các thiết bị trong lò và mặt bằng kết nối qua mạng truyền thông công nghiệp gồm cáp tín hiệu, các thiết bị truyền dẫn,...).

Các thiết bị trong hệ thống có mối liên kết chặt chẽ và hoạt động đồng bộ; do đó, sự cố tại bất kỳ khâu nào cũng có thể ảnh hưởng đến khả năng quan trắc của toàn hệ thống.

2.2. Đặc điểm làm việc của thiết bị của HTQT trong môi trường mỏ hầm lò

Các thiết bị của HTQT phần lớn là thiết bị có các linh kiện điện tử, phần tử cảm biến làm việc trong môi trường mỏ hầm lò với nhiều yếu tố bất lợi như: Hơi nước có độ ẩm cao, có tính axit gây ăn mòn và suy giảm cách điện; bụi than, bụi đất đá bám vào bề mặt thiết bị; rung động cơ học do hoạt động khai thác; nhiễu điện từ và dao động nguồn điện.

Bên cạnh đó, các thiết bị phải vận hành liên tục trong thời gian dài với thời gian dừng bảo trì hạn chế, làm gia tăng nguy cơ suy giảm độ tin cậy và phát sinh hư hỏng. Do đó, công tác bảo trì cần được tổ chức khoa học, có tính phòng ngừa và phù hợp với điều kiện vận hành thực tế.

3. Vai trò của công tác bảo trì thiết bị trong hệ thống quan trắc khí mỏ

3.1. Đảm bảo độ tin cậy và tính chính xác của số liệu quan trắc

Các cảm biến và thiết bị đo khí, gió là “đầu vào” của hệ thống phải làm việc liên tục trong môi trường ẩm ướt và bụi bẩn. Theo thời gian, thiết bị có thể bị trôi thông số, suy giảm độ nhạy hoặc sai lệch kết quả đo. Việc thực hiện bảo trì định kỳ, hiệu chuẩn và kiểm tra các thông số kỹ thuật giúp duy trì độ chính xác của dữ liệu đo, đảm bảo phản ánh đúng trạng thái khí – gió mỏ, phục vụ hiệu quả cho công tác điều hành và đảm bảo an toàn.

3.2. Phòng ngừa sự cố, giảm thiểu thời gian gián đoạn hệ thống

Công tác bảo trì nhằm phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường. Thông qua kiểm tra việc định kỳ, vệ sinh và đánh giá tình trạng thiết bị, nhiều nguy cơ sự cố có thể được nhận diện và xử lý kịp thời, từ đó hạn chế gián đoạn hệ thống và giảm thiểu ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất.

3.3. Kéo dài tuổi thọ thiết bị, tiết kiệm chi phí đầu tư

Thiết bị điện tử trong hệ thống quan trắc khí mỏ có giá trị lớn, chi phí thay thế cao. Thực hiện tốt công tác bảo trì giúp thiết bị hoạt động ổn định, giảm tốc độ lão hóa linh kiện, kéo dài tuổi thọ sử dụng, từ đó giảm chi phí đầu tư mới và chi phí sửa chữa lớn.

3.4. Góp phần đảm bảo an toàn lao động và sản xuất

Hệ thống quan trắc khí mỏ hoạt động tin cậy là “lá chắn” quan trọng trong phòng ngừa tai nạn khí mỏ. Công tác bảo trì hiệu quả giúp hệ thống luôn sẵn sàng phát hiện và cảnh báo đúng, chính xác, kịp thời các nguy cơ vượt ngưỡng cho phép, góp phần đảm bảo an toàn tính mạng con người và tài sản của doanh nghiệp.

4. Thực trạng công tác bảo trì hệ thống quan trắc khí mỏ hiện nay

Qua khảo sát và theo dõi thực tế tại một số mỏ hầm lò trong thời gian gần đây, công tác bảo trì hệ thống quan trắc khí mỏ đã được quan tâm triển khai, tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số hạn chế ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành và độ tin cậy của hệ thống.

Trước hết, hoạt động bảo trì hiện nay vẫn chủ yếu tập trung vào xử lý sự cố sau khi thiết bị hoạt động sai lệch các thông số hoặc hư hỏng, trong khi công tác bảo trì phòng ngừa và bảo trì dự báo chưa được thực hiện đầy đủ. Điều này dẫn đến tình trạng phát sinh sự cố đột xuất, làm gián đoạn hệ thống và ảnh hưởng đến công tác giám sát an toàn.

Bên cạnh đó, quy trình bảo trì tại nhiều đơn vị chưa được chuẩn hóa, còn phụ thuộc vào kinh nghiệm của cán bộ kỹ thuật. Việc thiếu các hướng dẫn chi tiết và tiêu chí đánh giá cụ thể khiến chất lượng bảo trì chưa đồng đều giữa các đơn vị.

Công tác hiệu chuẩn cảm biến khí chưa được thực hiện đúng chu kỳ theo quy định, trong một số trường hợp còn mang tính hình thức. Điều này tiềm ẩn nguy cơ sai lệch số liệu đo, ảnh hưởng trực tiếp đến độ tin cậy của hệ thống quan trắc.

Ngoài ra, nguồn nhân lực phục vụ công tác bảo trì còn hạn chế về chuyên môn sâu trong lĩnh vực điện tử và tự động hóa. Nhân sự thường kiêm nhiệm nhiều công việc, thiếu tính chuyên trách, dẫn đến hiệu quả công việc chưa cao.

Điều kiện trang thiết bị và dụng cụ phục vụ bảo trì tại một số đơn vị chưa đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, đặc biệt là các thiết bị kiểm tra, hiệu chuẩn và xử lý sự cố trên hệ thống truyền thông. Điều này làm kéo dài thời gian xử lý sự cố và ảnh hưởng đến

tính liên tục của hệ thống.

Những tồn tại nêu trên là nguyên nhân chính làm suy giảm độ tin cậy và hiệu quả vận hành của hệ thống quan trắc khí mỏ, đồng thời đặt ra yêu cầu cần có các giải pháp đồng bộ nhằm nâng cao chất lượng công tác bảo trì trong thời gian tới.

5. Giải pháp nâng cao hiệu quả công tác bảo trì thiết bị quan trắc khí mỏ

Trên cơ sở các tồn tại đã phân tích, để nâng cao hiệu quả công tác bảo trì hệ thống quan trắc khí mỏ, cần triển khai đồng bộ các nhóm giải pháp về kỹ thuật, quản lý và nhân lực như sau:

5.1. Xây dựng và hoàn thiện quy trình bảo trì chuẩn

Cần xây dựng quy trình bảo trì chi tiết cho từng nhóm thiết bị trong hệ thống quan trắc khí mỏ, bao gồm: kiểm tra, vệ sinh, hiệu chuẩn, thử nghiệm chức năng và ghi chép hồ sơ theo dõi. Quy trình phải phù hợp với điều kiện thực tế của mỏ và tuân thủ đầy đủ các tài liệu kỹ thuật, tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành. Việc chuẩn hóa quy trình cần tham chiếu các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành như: QCVN 01:2011/BCT, TCVN 7079, IEC 60079, và các tiêu chuẩn liên quan đến vận hành, bảo trì thiết bị điện công nghiệp.

5.2. Tăng cường bảo trì phòng ngừa và bảo trì dự báo

Chuyển đổi phương thức bảo trì từ bị động (sửa chữa khi hư hỏng) sang chủ động thông qua bảo trì phòng ngừa và bảo trì dự báo. Cần áp dụng các kỹ thuật theo dõi tình trạng thiết bị như phân tích dữ liệu vận hành, giám sát tín hiệu và cảnh báo sớm.

5.3. Nâng cao trình độ nhân lực bảo trì

Tăng cường đào tạo, bồi dưỡng kiến thức về thiết bị điện tử, tự động hóa, hệ thống quan trắc khí mỏ cho đội ngũ cán bộ kỹ thuật; đồng thời cập nhật các công nghệ, thiết bị mới để đáp ứng yêu cầu ngày càng cao trong công tác bảo trì.

Đưa các cán bộ thực hiện công tác bảo trì, sửa chữa, bảo dưỡng cũng như những nhà quản lý đơn vị tham gia các khóa đào tạo tại các hãng sản xuất thiết bị chính hãng.

Thành lập đội ngũ cán bộ, nhân viên làm việc chuyên trách, chuyên nghiệp về công việc: kiểm tra, bảo trì, bảo dưỡng, lắp đặt, vận hành hệ thống quan trắc khí mỏ.

5.4. Đầu tư trang thiết bị và công cụ phục vụ bảo trì

Trang bị đầy đủ các thiết bị kiểm tra, hiệu chuẩn

và xử lý sự cố như: máy hiệu chuẩn khí, thiết bị đo kiểm tra tín hiệu, thiết bị kiểm tra và hàn nối cáp quang. Việc đầu tư cần phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của hệ thống và điều kiện thực tế tại các mỏ.

Đặc biệt, cần chú trọng các thiết bị phục vụ kiểm tra mạng truyền thông nhằm đảm bảo tính ổn định của đường truyền dữ liệu.

5.5. Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý bảo trì

Triển khai các hệ thống phần mềm quản lý bảo trì (CMMS computerized maintenance management system) để theo dõi tình trạng thiết bị, lập kế hoạch bảo trì, quản lý lịch sử sửa chữa và đánh giá hiệu quả công tác bảo trì.

Việc ứng dụng công nghệ thông tin giúp nâng cao tính minh bạch, đồng bộ và khoa học trong quản lý, đồng thời hỗ trợ ra quyết định nhanh chóng và chính xác.

5.6. Tăng cường kiểm tra, giám sát và đánh giá định kỳ

Thiết lập cơ chế kiểm tra, giám sát định kỳ đối với công tác bảo trì tại các đơn vị nhằm đảm bảo tuân thủ quy trình và tiêu chuẩn kỹ thuật. Đồng thời, cần xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá hiệu quả bảo trì gắn với các chỉ tiêu như độ tin cậy hệ thống, thời gian gián đoạn và chi phí vận hành.

6. Kết luận

Hệ thống quan trắc khí mỏ giữ vai trò then chốt trong việc đảm bảo an toàn và hỗ trợ điều hành sản xuất trong khai thác than hầm lò. Trong đó, công tác bảo trì thiết bị điện tử là yếu tố quan trọng quyết định đến độ tin cậy, tính chính xác của dữ liệu quan trắc và khả năng vận hành liên tục của hệ thống.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, nếu công tác bảo trì được thực hiện đầy đủ, đúng quy trình và theo hướng phòng ngừa, hệ thống có thể duy trì trạng thái hoạt động ổn định, giảm thiểu sự cố và kéo dài tuổi thọ thiết bị. Ngược lại, các hạn chế trong tổ chức và thực hiện bảo trì sẽ làm suy giảm hiệu quả quan trắc, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn trong sản xuất.

Để nâng cao hiệu quả công tác bảo trì hệ thống quan trắc khí mỏ trong thời gian tới, cần tập trung vào một số nội dung chính sau:

- Tăng cường đầu tư nguồn lực cho công tác bảo trì, bao gồm nhân lực, thiết bị và vật tư kỹ thuật;
- Chuẩn hóa và đồng bộ hóa quy trình bảo trì theo các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành;
- Đẩy mạnh triển khai bảo trì phòng ngừa và bảo trì dự báo nhằm nâng cao độ tin cậy hệ thống;
- Nâng cao năng lực chuyên môn cho đội ngũ

cán bộ kỹ thuật thông qua đào tạo và chuyển giao công nghệ;

- Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý bảo trì, từng bước hiện đại hóa công tác quản lý và vận hành hệ thống.

Tài liệu tham khảo:

[1]. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 01:2011/BCT về an toàn trong khai thác than hầm lò.

[2]. TCVN 7079 và IEC liên quan đến thiết bị đo khí và hệ thống giám sát an toàn.

[3]. TCVN 10888: Tiêu chuẩn Quốc gia về khí quyền nổ.

[4]. Các tài liệu kỹ thuật về bảo trì thiết bị điện tử công nghiệp.

Maintenance Practices for Enhancing the Reliability of Mine Gas Monitoring Systems

MSc. Luong The Tien - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

In underground coal mining, the risks of methane (CH₄) explosions, asphyxiation, and mine gas poisoning are ever-present, requiring effective mine gas control solutions. Mine gas monitoring systems have become important tools for monitoring, early warning, and supporting safe production management. However, in the harsh environment of underground mines, the electronic equipment within these systems is required to operate continuously 24 hours a day and may experience reduced reliability if appropriate maintenance and servicing are not carried out. This paper focuses on analyzing the role of maintenance in the operation of mine gas monitoring systems, evaluating the current situation, and proposing several solutions to improve operational efficiency, reliability, and equipment service life. The research results indicate that strengthening preventive maintenance, standardizing procedures, and improving workforce competence are key factors in ensuring stable system operation, thereby contributing to enhanced safety and production efficiency.

XU HƯỚNG ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG TỐI ƯU HÓA NĂNG LƯỢNG HỆ THỐNG THÔNG GIÓ MỎ THAN HÀM LÒ

TS. Nguyễn Minh Phiên

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: ThS. Phạm Chân Chính

Tóm tắt:

Trong các mỏ than hầm lò, hệ thống quạt gió là nguồn tiêu thụ điện năng lớn nhất. Tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh, riêng trạm quạt gió chính chiếm khoảng 26% tổng điện năng toàn mỏ. Xu hướng khai thác xuống sâu làm mạng lưới đường lò ngày càng phức tạp, kéo theo nhu cầu năng lượng tăng cao. Hệ thống thông gió theo nhu cầu (VoD) được triển khai nhằm tối ưu vận hành bằng cách tự động điều chỉnh lưu lượng gió theo nhu cầu thực tế dựa trên dữ liệu cảm biến thời gian thực. Khi tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI), hệ thống có thể tối ưu chế độ vận hành quạt, phân phối gió hợp lý và dự báo nhu cầu tại các khu vực thiếu cảm biến. Nghiên cứu cho thấy VoD giúp giảm đáng kể điện năng tiêu thụ, đồng thời vẫn đảm bảo an toàn thông gió, góp phần nâng cao hiệu quả, tự động hóa và an toàn cho các mỏ than hầm lò.

1. Đặt vấn đề

Khai thác than hầm lò tiềm ẩn nhiều rủi ro do sự tích tụ các loại khí gây cháy nổ, khí độc và tình trạng thiếu oxy tại nơi làm việc. Tại các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh, mạng lưới đường lò ngày càng phức tạp, khai thác ngày càng xuống sâu khiến nguy cơ về cháy nổ, về ngộ độc khí tăng cao, dẫn đến hệ thống thông gió phải tiêu thụ nhiều điện năng hơn để giảm thiểu các nguy cơ đó.

Hiện nay, các hệ thống quan trắc khí mỏ chủ yếu dừng ở mức cảnh báo. Việc điều chỉnh hệ thống thông gió vẫn theo chế độ cố định và thiếu khả năng dự báo. Trong bối cảnh chuyển đổi số, công nghệ IoT, mạng cảm biến và trí tuệ nhân tạo (AI) cho phép giám sát thời gian thực, dự báo nguy cơ mất an toàn và tối ưu hóa vận hành thông gió theo nhu cầu.

Bài viết tập trung nghiên cứu các công nghệ hiện đại và đề xuất mô hình quản lý khí mỏ, thông gió thông minh nhằm nâng cao an toàn và giảm tiêu thụ điện năng cho các mỏ than hầm lò Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết và mô hình tính toán

Để đánh giá khả năng tiết kiệm năng lượng của hệ thống thông gió mỏ, trước hết cần làm rõ các quy luật vật lý chi phối sự chuyển động của dòng khí trong đường lò và mối quan hệ giữa lưu lượng gió với công suất tiêu thụ của quạt.

2.1. Định luật Atkinson, sức cản khí động học

Dòng không khí trong mạng thông gió mỏ tuân theo định luật Atkinson, trong đó hạ áp cần thiết để đưa không khí đi qua đường lò tỷ lệ với bình phương lưu lượng gió:

$$H=R.Q^2$$

Trong đó:

- H (Pa): hạ áp hoặc áp suất cần thiết để thắng sức cản của đường lò;
- R : sức cản khí động học của đường lò;
- Q (m³/s): lưu lượng gió.

Sức cản khí động học R phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chiều dài đường lò, độ nhám bề mặt, tiết diện, chu vi và tình trạng thông thoáng của đường lò. Khi đường lò bị thu hẹp, sập cục bộ hoặc rò gió qua cửa gió, giá trị R sẽ tăng lên đáng kể. Do H tỷ lệ với bình phương của Q , chỉ cần tăng lưu lượng gió một lượng nhỏ cũng có thể làm áp suất và điện năng tiêu thụ tăng rất mạnh.

Ví dụ, nếu cần tăng lưu lượng gió thêm 20%, áp suất quạt cần tạo ra sẽ tăng khoảng:

$$1,2^2 = 1,44$$

Tức là tăng 44%, điều này giải thích vì sao các mạng thông gió có nhiều tổn thất thường làm quạt phải làm việc ở hạ áp lớn, dẫn đến chi phí điện năng tăng nhanh.

2.2. Định luật đồng dạng của quạt gió

Khả năng tiết kiệm điện của hệ thống VoD và bộ biến tần dựa trên định luật đồng dạng của quạt

gió (Affinity Laws). Định luật này cho thấy các thông số vận hành của quạt phụ thuộc trực tiếp vào tốc độ quay của động cơ.

Quan hệ giữa tốc độ quay của quạt N với lưu lượng, áp suất và công suất được biểu diễn như sau:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$$

Trong đó:

- P : công suất tiêu thụ;
- N : tốc độ quay của quạt.

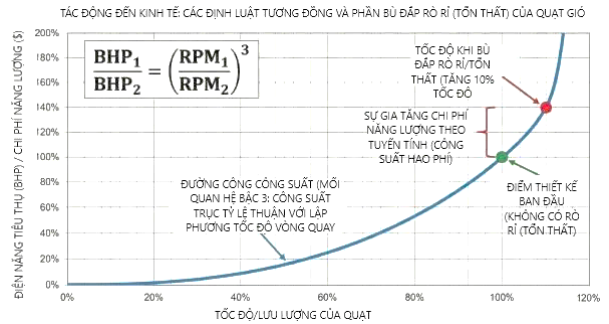
Ba mối quan hệ trên cho thấy:

- Lưu lượng gió tăng hoặc giảm tỷ lệ thuận với tốc độ quạt.
- Áp suất tăng hoặc giảm theo bình phương của tốc độ.
- Công suất điện tiêu thụ tăng hoặc giảm theo lập phương của tốc độ.

Đây là nguyên lý quan trọng nhất để tiết kiệm năng lượng trong hệ thống thông gió mỏ. Chỉ cần giảm nhẹ tốc độ quạt, điện năng tiêu thụ có thể giảm rất lớn.

Điều này cho thấy việc duy trì mạng gió kín, giảm rò gió và áp dụng bộ biến tần điều chỉnh quạt theo nhu cầu là giải pháp có hiệu quả rất lớn. Trong các giai đoạn ít người làm việc, không có hoạt động khai thác hoặc khi nồng độ khí thấp, hệ thống có thể giảm tốc độ quạt từ 10–20% mà vẫn bảo đảm an toàn, đồng thời tiết kiệm từ 27–49% điện năng tiêu thụ cho quạt gió. Dữ liệu dưới đây minh chứng cho mối quan hệ lập phương giữa tốc độ quạt (N) và công suất tiêu thụ (P).

Tóm lại, mức tiết kiệm thực tế thông qua việc



Hình 1. Biểu đồ hiệu quả tiết kiệm năng lượng của VoD

ứng dụng công nghệ thông minh thường dao động phổ biến từ 15% đến 30% cho toàn bộ hệ thống mỏ, và có thể đạt trên 50% đối với các hệ thống thông gió cục bộ hoặc khi thực hiện tối ưu hóa sâu tốc độ vận hành của quạt gió. Qua thực tế cho thấy, nếu một mỏ hầm lò giảm tốc độ quạt xuống 90% trong các giờ thấp điểm (không diễn ra hoạt động sản xuất), hệ thống thông gió đã tiết kiệm được gần 1/3 tiền điện thông gió mà vẫn đảm bảo 90% lưu lượng gió sạch.

3. Nghiên cứu thông gió theo nhu cầu ở một số nước trên Thế giới

3.1. Mô phỏng thuật toán tối ưu tại mỏ Wangjialing (Trung Quốc)

Nghiên cứu tại mỏ Wangjialing tập trung vào việc sử dụng bộ điều khiển AI để điều khiển mạng lưới thông gió phức tạp thông qua thuật toán IEO (Improved Equilibrium Optimizer):

- **Bối cảnh:** Mạng lưới thông gió tại mỏ Wangjialing cực kỳ rắc rối, dẫn đến lãng phí năng lượng lớn ở các nhánh lò phụ.

- **Hiệu quả thuật toán:** Khi đưa AI vào tính toán điểm vận hành tối ưu, hệ thống đã cắt giảm được 17,83% tổng điện năng tiêu thụ toàn mỏ.

- **Lợi ích tài chính:** Mức tiết kiệm này tương đương với khoảng 2 triệu Nhân dân tệ (xấp xỉ 7 tỷ VND) mỗi năm.

Bảng 1. Phân tích khả năng tiết kiệm điện năng dựa trên Định luật đồng dạng

Tỷ lệ tốc độ ($N_{\text{mới}}/N_{\text{định mức}}$)	Lưu lượng gió tương ứng	Công suất tiêu thụ tương ứng	Mức tiết kiệm điện năng	Ghi chú/Hệ thức tính toán
100%	100%	1,0	0,00%	$1 - 1,0^3 = 0$
90%	90%	0,729	27,10%	$1 - 0,9^3 = 0,271$
80%	80%	0,512	48,80%	$1 - 0,8^3 = 0,512$
70%	70%	0,343	65,70%	$1 - 0,7^3 = 0,657$
60%	60%	0,216	78,40%	$1 - 0,6^3 = 0,784$
50%	50%	0,125	87,50%	$1 - 0,5^3 = 0,875$

Bảng 2. So sánh đặc tính công nghệ Thông gió truyền thống và VoD

Tiêu chí so sánh	Thông gió truyền thống	Thông gió theo nhu cầu (VoD)
Chế độ vận hành	Cố định ở công suất thiết kế hoặc chỉnh tay thủ công.	Biến đổi linh hoạt theo thời gian thực.
Cơ chế điều khiển	Đóng/mở cửa gió bằng tay; thay đổi góc cánh quạt cơ học.	Sử dụng biến tần điều khiển tốc độ quạt vô cấp.
Phản ứng an toàn	Thụ động: Chỉ báo động hoặc cắt điện khi khí vượt ngưỡng.	Chủ động: AI dự báo xu hướng để điều chỉnh trước khi chạm ngưỡng.
Dữ liệu giám sát	Thừa thớt, tồn tại nhiều vị trí chưa được kiểm soát giữa các trạm đo.	Tích hợp AI để tính toán môi trường tại các vị trí thiếu cảm biến.

3.2. Nghiên cứu rút ngắn thời gian sản xuất tại mỏ Tandsi (Ấn Độ)

Một lợi ích của VoD là khả năng tăng năng suất lao động thông qua việc kiểm soát khí độc sau khi nổ mìn:

- *Thời gian chờ đợi*: Trong điều kiện thông gió cưỡng bức thông thường, công nhân phải mất ít nhất 480 (8 phút) giây để nồng độ khí CO và bụi giảm xuống mức an toàn sau khi nổ mìn.

- *Cải thiện nhờ VoD*: Bằng cách tập trung toàn bộ lưu lượng gió vào gương lò vừa nổ mìn (thông qua AI điều khiển cửa gió tự động), thời gian chờ đợi đã giảm từ 480 giây xuống còn 155 giây.

- *Hiệu quả đầu tư*: Tại mỏ Tandsi, dự án VoD có thời gian hoàn vốn kỷ lục chỉ trong vòng 7 tháng nhờ kết hợp giữa tiết kiệm điện và tăng thời gian làm việc hữu ích của thợ lò.

3.3. Nghiên cứu tại Canada tiên phong trong tự động hóa mỏ sâu và điều kiện khai thác khắc nghiệt

* Mỏ Kidd Creek - Bài toán độ sâu và chi phí năng lượng

Mỏ Kidd Creek tại Ontario là mỏ kim loại sâu nhất thế giới (xấp xỉ 3 km). Ở độ sâu này, chi phí thông gió chiếm tỷ trọng lớn nhất trong tổng chi phí vận hành:

- *Giải pháp triển khai*: Kidd Creek đã lắp đặt hệ thống VoD tự động hoàn toàn dựa trên mạng WiFi hầm lò và các cảm biến lưu lượng, nhiệt độ ẩm và nồng độ khí sau nổ mìn.

- *Hiệu quả kinh tế*: Hệ thống giúp mỏ tiết kiệm khoảng 25.000 MWh điện mỗi năm, tương đương với mức cắt giảm chi phí 2 triệu CAD (khoảng 1,6 triệu USD/năm).

* Mỏ Totten - Tự động hóa mức độ cao

Mỏ Totten là minh chứng cho việc nâng cấp từ VoD cơ bản lên VoD mức độ 3-4 (điều khiển

vòng kín).

Kết quả: Sau khi tích hợp AI vào điều khiển quạt, mỏ này ghi nhận mức giảm điện năng lên tới 50% so với mức cơ sở ban đầu. Hệ thống không chỉ cấp gió theo vị trí sản xuất mà còn đánh giá lịch trình sản xuất để tự tối ưu hóa ngưỡng điều khiển của quạt mỗi 15 giây một lần.

3.4. Nghiên cứu tại Úc mang lại hiệu quả tài chính và quản trị theo thời gian thực

* Mỏ Cadia (Newmont) - Mô hình dự báo và an toàn

Tại mỏ Cadia, hệ thống thông gió được tích hợp sâu vào quy trình “Mỏ thông minh” với các trạm đo chất lượng không khí Maestro Vigilante:

- *Rút ngắn thời gian sản xuất*: Một trong những thành công lớn nhất là giảm Thời gian quay lại gương lò. Trước đây, công nhân phải đợi cố định 45-60 phút sau khi nổ mìn. Nay, AI giám sát trực tiếp nồng độ CO và bụi, khi các chỉ số này đạt ngưỡng an toàn, hệ thống sẽ báo ngay về trung tâm, giúp tăng thêm khoảng 30-40 phút làm việc hữu ích cho mỗi ca.

- *Độ chính xác*: Qua kiểm chứng, sự sai lệch giữa mô phỏng AI và đo đạc thực tế chỉ dao động trong khoảng 13,3%, cho phép các kỹ sư tự tin điều tiết lưu lượng gió ở mức tối ưu mà không lo ngại rủi ro thiếu hụt oxy hay tích tụ mê tan.

Những trường hợp trên chứng minh rằng VoD không phải là một chi phí đầu tư thêm, mà là một khoản đầu tư thông minh có khả năng tự chi trả trong thời gian ngắn. Đối với các mỏ tại Việt Nam, bài học từ Fosterville về việc sử dụng quạt hai tốc độ hoặc bài học từ Kidd Creek về quản lý quạt theo mùa là những gợi ý rất sát thực tế để áp dụng.

4. Hiện trạng thông gió và tiêu thụ điện tại các mỏ Việt Nam

Trong cấu trúc chi phí vận hành của một mỏ

hầm lò tại Việt Nam, hệ thống thông gió luôn là hệ tiêu thụ điện năng lớn nhất, thường chiếm từ 25% đến 50% tổng điện năng tiêu thụ toàn mỏ. Theo số liệu thống kê, riêng điện năng dành cho các trạm quạt gió chính trung bình chiếm khoảng 25,87% tổng lượng điện tiêu thụ chung của mỏ. Thực tế tại TKV, suất tiêu hao điện cho thông gió hiện dao động từ 1,5 đến 4,0 kWh/tấn than. Với các mỏ có mạng gió phức tạp, con số này có thể vượt mức 5 kWh/tấn. Trong khi đó, hầu hết các hệ thống hiện nay vẫn vận hành theo chế độ cố định, tức là quạt chạy ở công suất tối đa liên tục bất kể ca sản xuất hay ca nghỉ, gây ra sự lãng phí điện năng khổng lồ. Do đó, việc triển khai hệ thống VoD thông minh không còn là lựa chọn, mà là yêu cầu bắt buộc để đảm bảo năng suất lao động và hoạt động hiệu quả.

Hiện nay, các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh dù đã có hệ thống quan trắc khí mỏ tự động nhưng vẫn chủ yếu dừng lại ở mức giám sát thụ động. Dữ liệu hiện có chủ yếu phục vụ hiển thị và cảnh báo ngưỡng, chưa có sự tham gia của trí tuệ nhân tạo trong việc dự báo tích tụ khí Mê tan hay điều khiển tự động mạng gió theo nhu cầu.

Hiện tại có một số mỏ đã đầu tư lắp đặt biến tần cho các trạm quạt chính như Hà Lâm, Vàng Danh, Uông Bí, Thống Nhất, các mỏ khác như Khe Chàm, Mạo Khê, Nam Mẫu cũng đang trong quá trình tích hợp hoặc đã lắp đặt tùy theo công suất của động cơ. Đối với biến tần quạt cục bộ hiện tại chỉ số ít các đơn vị đã triển khai và có những hiệu quả rõ rệt. Có thể đánh giá thông qua một số đơn vị như Hà Lâm, Núi Béo là các mỏ điển hình về hiện đại hóa hệ thống thông gió.

- Công ty than Hà Lâm: Là đơn vị được đầu tư hiện đại, quy mô về sản lượng khai thác trong Tập đoàn TKV. Mỏ được thông gió bởi trạm quạt tại mức +29 gồm 2 quạt gió FBCDZ-8-N.30, mỗi quạt có động cơ công suất 500 kW. Theo dữ liệu điều tra, trạm quạt này tiêu thụ trung bình 15.641,8 kWh/ngày-đêm, tương đương khoảng 5.709.253 kWh/năm. Nhờ trang bị đồng bộ biến tần để điều chỉnh tốc độ quạt theo nhu cầu thực tế, Than Hà Lâm đã tiết kiệm được khoảng 2.127.862 kWh/năm, tương đương mức giảm 37% chi phí điện năng thông gió.

- Công ty than Núi Béo: Là một đơn vị khai thác lộ thiên và mới chuyển sang dự án khai thác bằng phương pháp hầm lò. Trung bình mỗi năm mỏ tiêu thụ trên 50 triệu kWh cho toàn bộ hoạt động sản

xuất. Mỏ đã lắp đặt thiết bị điều khiển bằng biến tần và khởi động mềm cho các thiết bị công suất lớn trên 20 kW, bao gồm cả trạm quạt gió hầm lò. Các giải pháp công nghệ này đã giúp Than Núi Béo tiết kiệm trên 1 triệu kWh/năm.

Những kết quả tích cực trên cho thấy nếu tiếp tục nghiên cứu, triển khai áp dụng công nghệ hiện đại đại trà trong toàn ngành than cũng như triển khai tối ưu với cửa gió tự động và thông gió cục bộ đối với thông gió sẽ mang lại hiệu quả cao hơn trong sản xuất. Qua đây, tác giả đề xuất một cấu trúc mỏ thông minh tích hợp, nhằm bổ sung thêm công nghệ kiểm soát khí, thông gió mỏ giữa giám sát đơn thuần và điều khiển tối ưu trong bối cảnh các mỏ đang ngày càng khai thác xuống sâu và mạng lưới đường lò trở nên phức tạp.

Trong ngành mỏ đã có một số nghiên cứu liên quan đến điều khiển trạm quạt và các quạt cục bộ bằng biến tần nhằm phần nào thực hiện ý tưởng tiết kiệm điện năng cho hệ thống thông gió. Tuy nhiên, các nghiên cứu vẫn ở mức độ cục bộ cho từng thiết bị, chưa có sự liên kết thông tin để hoạt động đồng bộ như một hệ thống tập trung điều khiển tự động hệ thống thông gió mỏ. Các mỏ hầm lò trong và ngoài TKV, dù đã có những bước tiến trong tự động hóa, nhưng hệ thống vẫn đối mặt với nhiều thách thức lớn như sau:

- Tính thụ động của hệ thống: Phần lớn các hệ thống hiện nay chỉ hoạt động theo nguyên lý giám sát tập trung, tức là thu thập dữ liệu để hiển thị và phát cảnh báo khi vượt ngưỡng. Việc điều chỉnh thông gió vẫn chủ yếu dựa trên kinh nghiệm của cán bộ kỹ thuật hoặc vận hành theo chế độ cố định.

- Thiếu hụt cảm biến: Mật độ thiết bị đo hiện tại chưa đủ về số lượng, chủng loại để phản ánh chính xác sự biến động khí quyển trong toàn bộ mạng lưới đường lò dài và phức tạp. Các mỏ hiện tại số lượng chủ yếu đầu tư đầu đo CH₄, CO và số ít đầu đo gió. Riêng về các đầu đo khác như áp suất, cảm biến Oxy gần như chưa đầu tư. Điều này khiến cán bộ kỹ thuật không nắm bắt được bức tranh tổng thể về rò gió, dẫn đến việc quạt gió chính phải chạy ở công suất cao để bù đắp lượng gió thất thoát qua các cửa gió bị hở.

- Thiếu khả năng dự báo: Hệ thống hiện tại chưa tích hợp các công cụ phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo để dự báo sớm các nguy cơ tích tụ Mê tan hoặc suy giảm lưu lượng gió mà vẫn phụ thuộc chủ yếu vào các cán bộ trực hệ thống tại

phòng điều khiển trung tâm.

- Lãng phí năng lượng: Do chưa thực hiện được điều khiển thông gió theo nhu cầu, hệ thống quạt gió thường vận hành dư thừa công suất, gây tốn kém chi phí điện năng trong bối cảnh các mỏ ngày càng khai thác xuống sâu. Đặc biệt với các mỏ có mức độ nguy hiểm về khí mê tan thấp, việc vận hành quạt ở chế độ tối đa tại thời điểm thấp điểm gây lãng phí lớn về điện năng.

- Tiềm ẩn nguy cơ về khí do một số mỏ “lách luật”: Hiện nay, một số đơn vị thực hiện chủ trương tiết kiệm điện năng đã xây các tường chắn tạm, rào lưới tại các đường lò đang đào tại thời điểm cuối tuần sau đó tắt quạt. Cách thực hiện này sẽ tránh được việc vi phạm quy định về tắt quạt với các đường lò đang sản xuất và tiết kiệm được điện năng (QCVN 01:2011/BCT). Tuy nhiên, đây cũng là nguy cơ rất lớn về tích tụ khí có thể dẫn đến sự cố cháy nổ khí.

Tóm lại, hệ thống thông gió tại các mỏ hầm lò Việt Nam hiện nay đang đứng trước áp lực kép: vừa phải đảm bảo an toàn khi khai thác xuống sâu, vừa phải cắt giảm chi phí năng lượng đang chiếm tỷ trọng quá lớn trong giá thành sản xuất. Việc ứng dụng công nghệ VoD và AI chính là chìa khóa để giải quyết mâu thuẫn này.

5. Đề xuất hệ thống VoD tích hợp AI

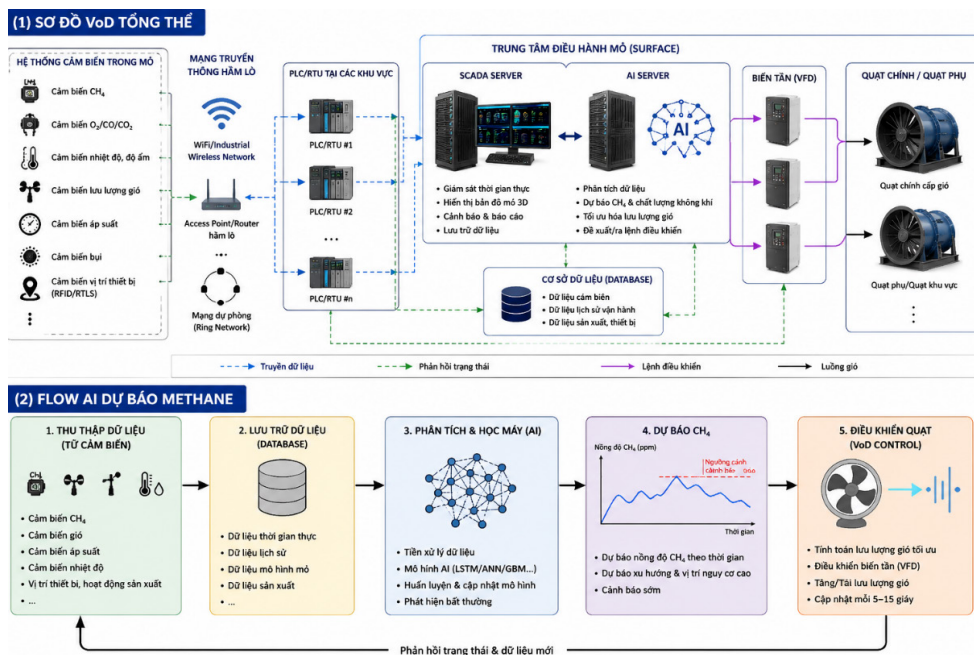
Việc áp dụng hệ thống VoD có thể giúp giảm đáng kể chi phí năng lượng cho các quạt gió mỏ,

vốn chiếm tỷ lệ lớn trong tổng chi phí vận hành của mỏ hầm lò. Trong bối cảnh phát triển của công nghệ mỏ thông minh, trí tuệ nhân tạo đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả giám sát và điều khiển môi trường mỏ. Khác với các hệ thống giám sát truyền thống chỉ dừng ở mức thu thập và hiển thị dữ liệu, các hệ thống ứng dụng AI cho phép phân tích dữ liệu theo thời gian thực, nhận dạng các mẫu biến động bất thường và dự báo các nguy cơ mất an toàn.

Trong các mỏ hiện đại, hệ thống thông gió theo nhu cầu đang được áp dụng rộng rãi nhằm giảm tiêu thụ năng lượng và nâng cao hiệu quả vận hành. Nguyên lý của hệ thống VoD là điều chỉnh lưu lượng gió dựa trên nhu cầu thực tế của từng khu vực trong mỏ. Khi các thiết bị khai thác hoạt động hoặc khi hàm lượng khí tăng cao, hệ thống sẽ tự động tăng lưu lượng gió để đảm bảo an toàn. Một hướng nghiên cứu quan trọng trong mỏ thông minh là hệ thống thông gió theo nhu cầu.

Để giải quyết các vấn đề trên, tác giả đề xuất một kiến trúc hệ thống 4 lớp dựa trên nền tảng IoT và AI. Sơ đồ nguyên lý của một hệ thống thông gió thông minh trong mỏ hầm lò được xây dựng theo một cấu trúc khép kín gồm 4 lớp chính, cho phép thu thập dữ liệu liên tục và ra quyết định điều khiển tự động (Hình 2):

- Lớp thu thập dữ liệu từ cảm biến và thiết bị truyền động: các thiết bị đo môi trường như cảm



Hình 2. Sơ đồ tổng quan hệ thống VoD tích hợp AI

biến mê tan (CH_4), carbon monoxide (CO), oxy (O_2) và lưu lượng gió (đo được độ chính xác cao ngay cả khi dòng hỗn loạn) được bố trí tại các vị trí quan trọng trong mạng đường lò. Các cảm biến này liên tục thu thập dữ liệu về môi trường khí mỏ; cảm biến chênh lệch áp suất (Để xác định sức cản R của từng đoạn lò theo thời gian thực; Bộ biến tần: Cho phép quạt gió thay đổi tốc độ vô cấp theo lệnh từ trung tâm điều khiển.

- Lớp truyền thông: Sử dụng các mạng truyền thông không dây hiện đại như WiFi-6 công nghiệp hoặc mạng 5G để đảm bảo dữ liệu được truyền theo thời gian thực với độ trễ thấp (dưới 20ms).

- Lớp xử lý: tiền xử lý và lưu trữ dữ liệu, Hệ thống SCADA (Tiếp nhận, tiền xử lý và lưu trữ dữ liệu), Trí tuệ nhân tạo, Áp dụng các thuật toán học sâu (như LSTM, CNN) để dự báo, tính toán nồng độ khí và thông số dòng gió tại các vị trí không có cảm biến; Phát hiện bất thường: Nhận diện sớm các nguy cơ tích tụ khí mê tan hoặc suy giảm lưu lượng gió; Tối ưu hóa: Xác định chế độ vận hành tối ưu cho quạt gió để tiết kiệm năng lượng.

- Lớp điều khiển và cảnh báo: điều chỉnh hệ thống thông gió và cảnh báo điều chỉnh lưu lượng gió phù hợp với nhu cầu của từng khu vực trong mỏ sau đó tự động kích hoạt còi báo động hoặc thông báo dừng sản xuất khi nồng độ khí vượt ngưỡng an toàn.

Việc điều tiết một mạng lưới với hàng trăm nhánh lò là một bài toán tối ưu hóa phi tuyến phức tạp. Hai thuật toán sau đây đã chứng minh được hiệu quả vượt trội trong thực tế:

- Thuật toán IEO (Improved Equilibrium Optimizer): Thuật toán này mô phỏng trạng thái cân bằng khối lượng vật chất. Phiên bản cải tiến (IEO) để khởi tạo dữ liệu, giúp tìm ra lời giải nhanh hơn, hiệu quả mang lại rất khả quan. Tại mỏ Wangjialing, thuật toán này giúp giảm 17,83% điện năng tiêu thụ, tương đương tiết kiệm khoảng 2,11 triệu nhân dân tệ (~7 tỷ VNĐ) mỗi năm.

- Thuật toán lai SA-IPSO: Kết hợp giữa tối mô hình ưu hóa PSO và mô phỏng SA, giúp thuật toán đảm bảo tìm được điểm vận hành tiết kiệm điện nhất cho toàn bộ hệ thống. Thực tế tại mỏ Xintun, SA-IPSO đã giảm tổng công suất tiêu thụ của mạng lưới đi 95,69 kW mà vẫn đảm bảo lưu lượng gió yêu cầu tại tất cả các gương lò.

Mô hình này cho phép tạo thành một hệ thống khép kín từ thu thập dữ liệu đến ra quyết định điều

khiển, phù hợp với xu hướng phát triển của mỏ thông minh hiện đại. Việc áp dụng hệ thống thông gió thông minh không chỉ nâng cao mức độ an toàn mà còn giúp giảm tiêu thụ năng lượng của hệ thống quạt gió, vốn chiếm tỷ lệ lớn trong chi phí vận hành mỏ.

6. Khó khăn, thách thức khi triển khai hệ thống VoD tích hợp AI

Mặc dù hệ thống thông gió theo nhu cầu (Ventilation on Demand - VoD) tích hợp trí tuệ nhân tạo được đánh giá là hướng phát triển tiềm năng đối với các mỏ than hầm lò hiện đại, quá trình triển khai tại Việt Nam vẫn đối mặt với nhiều khó khăn và thách thức. Trước hết, chi phí đầu tư ban đầu của hệ thống tương đối lớn do yêu cầu đồng bộ nhiều hạng mục như cảm biến khí và cảm biến lưu lượng gió, biến tần điều khiển quạt, hạ tầng truyền thông công nghiệp, máy chủ lưu trữ dữ liệu, phần mềm AI và hệ thống SCADA điều khiển trung tâm. Bên cạnh đó, môi trường hầm lò có điều kiện làm việc đặc biệt khắc nghiệt với độ ẩm cao, bụi than, rung động cơ học ... làm ảnh hưởng đáng kể đến độ bền, độ ổn định và độ chính xác của các thiết bị cảm biến cũng như hệ thống truyền thông dữ liệu.

Một thách thức khác là nguồn nhân lực chuyên sâu phục vụ vận hành và bảo trì hệ thống hiện còn hạn chế, trong khi mô hình VoD tích hợp AI đòi hỏi đội ngũ kỹ thuật có kiến thức liên ngành về thông gió mỏ, tự động hóa, công nghệ thông tin và trí tuệ nhân tạo. Ngoài ra, dữ liệu môi trường tại nhiều mỏ hiện vẫn phân tán và chưa được chuẩn hóa đồng bộ, gây khó khăn cho quá trình xây dựng và huấn luyện các mô hình AI dự báo khí mỏ và tối ưu hóa mạng gió. Cuối cùng, khi hệ thống thông gió được kết nối và điều khiển tự động theo thời gian thực, vấn đề an ninh mạng công nghiệp cũng trở thành yêu cầu quan trọng nhằm phòng ngừa nguy cơ tấn công mạng hoặc gián đoạn hệ thống điều khiển, có thể ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn sản xuất trong mỏ hầm lò.

7. Kết luận

Công nghệ mỏ thông minh dựa trên nền tảng Internet vạn vật, mạng cảm biến không dây và trí tuệ nhân tạo đang trở thành xu hướng tất yếu và là yêu cầu khách quan trong ngành khai thác khoáng sản toàn cầu. Đối với Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam (TKV), trong bối cảnh thực hiện quyết liệt chủ trương tự động hóa các công đoạn sản xuất và chuyển đổi số, việc triển khai các

hệ thống giám sát khí mỏ và điều khiển thông gió thông minh không chỉ là giải pháp kỹ thuật mà còn là nhiệm vụ chiến lược cốt lõi nhằm hiện đại hóa ngành mỏ.

Việc ứng dụng các giải pháp trên cho phép chuyển đổi căn bản từ mô hình giám sát thụ động sang hệ thống quản lý chủ động theo thời gian thực. Khả năng dự báo sớm các nguy cơ tích tụ khí mê tan và nhận diện bất thường qua AI giúp bảo đảm mục tiêu an toàn tuyệt đối cho người lao động, đặc biệt tại các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh đang ngày càng khai thác xuống sâu với điều kiện mạng lưới đường lò phức tạp. Đồng thời, việc thực hiện thông gió theo nhu cầu không chỉ nâng cao hiệu quả quản lý mà còn giúp TKV tối ưu hóa chi phí năng lượng, góp phần quan trọng vào mục tiêu phát triển mỏ bền vững và nâng cao năng suất khai thác tài nguyên. Tóm lại, việc đẩy mạnh nghiên cứu và thực thi lộ trình mỏ thông minh là bước đi tất yếu để TKV hoàn thành mục tiêu số hóa, xây dựng các mô hình mỏ hiện đại, an toàn và hiệu quả, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu phát triển của ngành công nghiệp khai khoáng trong giai đoạn mới.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. H. L. Hartman, J. M. Mutmansky, R. V. Ramani and Y. J. Wang, *Mine Ventilation and Air Conditioning*, 3rd ed. New York, USA: John Wiley & Sons, 2012.
- [2]. M. J. McPherson, *Subsurface Ventilation*

and Environmental Engineering. Dordrecht, Netherlands: Springer, 1993.

- [3]. W. B. Hemp, *Environmental Engineering in Mines*. London, UK: Mining Journal Books, 1988.

- [4]. L. de Vilhena Costa and J. Margarida da Silva, "Cost-saving electrical energy consumption in underground ventilation by the use of ventilation on demand," *Mining Technology*, vol. 129, no. 1, pp. 1-8, 2020.

- [5]. R. F. Fisne, "Optimization of mine ventilation fan speeds according to ventilation on demand and time of use tariff," *Energy*, vol. 85, pp. 161-172, 2015.

- [6]. M. M. Rahman, A. K. Saha and S. M. Hasan, "Energy Consumption Reduction in Underground Mine Ventilation System," *Sustainability*, vol. 17, no. 3, 2025.

- [7]. Y. Zhang, X. Liu and Z. Wang, "Theoretical knowledge enhanced genetic algorithm for mine ventilation system optimization," *Complex & Intelligent Systems*, 2024.

- [8]. J. Li, H. Wang and Y. Zhao, "A Mine Ventilation System Energy Saving Technique Based on an Improved Equilibrium Optimizer," *Frontiers in Energy Research*, vol. 10, 2022.

- [9]. E. Acuña and I. S. Lowndes, "A review of primary mine ventilation system optimization," *Interfaces*, vol. 44, no. 2, pp. 163-175, 2014.

Trends in the Application of Artificial Intelligence for Energy Optimization of Underground Coal Mine Ventilation Systems

Dr. Nguyen Minh Phien - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

In underground coal mines, ventilation fans are the largest consumers of electrical energy. At underground coal mines in the Quang Ninh region, the main fan station alone accounts for approximately 26% of the total mine electricity consumption. The trend toward deeper mining operations has made mine roadway networks increasingly complex, resulting in higher energy demand. Ventilation on Demand (VoD) systems have been implemented to optimize ventilation operation by automatically adjusting airflow according to actual demand based on real-time sensor data. When integrated with Artificial Intelligence (AI), the system can optimize fan operating modes, distribute airflow more effectively, and predict ventilation demand in areas lacking sensor coverage. Research shows that VoD can significantly reduce electricity consumption while maintaining ventilation safety, thereby improving efficiency, automation, and safety in underground coal mines.

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRẠM GNSS/CORS QUAN TRẮC DỊCH ĐỘNG BỀ MẶT ĐỊA HÌNH DO ẢNH HƯỞNG KHAI THÁC THAN HÀM LÒ

ThS. Nguyễn Duy Long, KS. Trịnh Quốc Lập
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Phan Văn Việt

Tóm tắt:

Trong quá trình khai thác than hầm lò tại các mỏ than thuộc khu vực Quảng Ninh, các hiện tượng dịch chuyển và biến dạng bề mặt địa hình và các công trình trên mặt diễn ra ngày càng phổ biến và phức tạp. Để xác định được giá trị dịch chuyển này cần phải tiến hành công tác quan trắc thực địa. Phương pháp truyền thống sử dụng máy toàn đạc điện tử đòi hỏi việc xây dựng lưới khống chế tọa độ và độ cao, tốn nhiều thời gian, nhân lực và chi phí. Với những địa hình mỏ phức tạp, việc đo đạc càng trở nên khó khăn hơn. Công nghệ trạm GNSS/CORS (Continuously Operating Reference Stations) là một giải pháp hiện đại có độ chính xác cao trong đo đạc, tiết kiệm đáng kể thời gian và chi phí, cho thấy khả năng ứng dụng trong quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng khai thác than hầm lò.

1. Đặt vấn đề

Công tác khai thác than hầm lò tạo nên các khoảng trống, làm mất thế cân bằng tự nhiên của ứng suất trong lòng đất, gây nên các hiện tượng đất đá sập đổ và dịch chuyển biến dạng lan đến mặt đất. Dịch chuyển và biến dạng đất đá và bề mặt địa hình có thể gây ra những hỏng hóc cho đối tượng thiên nhiên, công trình xây dựng, làm tăng lượng xuất khí và nước vào không gian khai thác, làm biến đổi chế độ nước mặt và nước ngầm, làm tăng mức độ trượt lở mái dốc v.v... Lực lượng trắc địa mỏ có nhiệm vụ quan trắc quá trình dịch chuyển và biến dạng mặt đất và đất đá (gọi chung là sự dịch động đất đá mỏ) với mục đích xác định các thông số dịch chuyển và biến dạng, theo dõi cảnh báo sự ảnh hưởng của khai thác mỏ đến các công trình trên mặt đất. Việc thực hiện quan trắc được tiến hành bằng việc xây dựng các trạm quan trắc (Trạm quan trắc dài hạn, trung hạn, ngắn hạn, đặc biệt hoặc hỗn hợp). Quan trắc trên tuyến bao gồm việc xác định tọa độ và độ cao các mốc trên tuyến theo chu kỳ. Hiện tại, phương pháp để định vị xác định tọa độ các điểm mốc được thực hiện bằng phương pháp toàn đạc, độ cao được xác định theo phương pháp đo cao hình học thủy chuẩn hoặc lượng giác. Để thực hiện theo phương pháp này đòi hỏi phải xây dựng mạng lưới khống chế tọa độ và độ cao cơ sở. Tuy nhiên đặc thù địa hình tại các khu mỏ rất phức tạp và khó khăn trong đo đạc. Công tác lập lưới khống chế tốn nhiều chi phí, thời gian và công sức. Phương pháp đo sử dụng

trạm GNSS/CORS cho phép đo có khoảng cách lớn, có thể đo GNSS/CORS/RTK kết nối với mạng CORS xa hàng Km cho kết quả đo có độ chính xác cao. Do vậy, nếu ứng công nghệ trạm GNSS/CORS vào trong công tác quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng khai thác than hầm lò sẽ cho chúng ta có thêm lựa chọn đo đạc mà không cần thiết phải xây dựng mạng lưới khống chế các cấp như hiện tại, thời gian đo đạc nhanh chóng, đảm bảo độ chính xác và hiệu quả kinh tế trong hoạt động thăm dò khoáng sản.

2. Tổng quan về công nghệ trạm CORS (Continuously Operation Reference Station)

2.1 Khái niệm trạm CORS

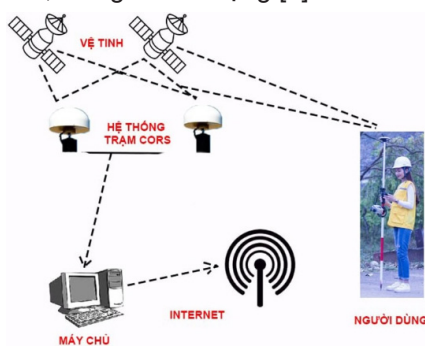
Trạm CORS là hệ thống trạm tham chiếu làm việc liên tục, có thể được hiểu là một hoặc nhiều trạm tham chiếu GNSS (Global Navigation Satellite System) vận hành liên tục tại các điểm cố định, ứng dụng công nghệ máy tính hiện đại và internet truyền dữ liệu tạo thành một mạng lưới. Do có nhiều thông tin từ nhiều trạm tham chiếu truyền tới nên tại trạm chủ, người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chính vị phân tức thời như là hàm của vị trí điểm các trạm tham chiếu. Trong mô hình này, người ta có thể xét tới một số nguồn sai số như sai số quỹ đạo vệ tinh, sai số đồng hồ vệ tinh, ảnh hưởng của tầng đối lưu, tầng điện ly,...

Các trạm tham chiếu hoạt động liên tục được xây dựng bảo đảm cho mật độ tương đối đồng đều, khoảng cách giữa các trạm tham chiếu là một

tham số đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống. Vị trí các trạm tham chiếu sẽ được xác định chính xác trong hệ thực dụng. Tại mỗi trạm tham chiếu sẽ lắp đặt máy thu GNSS đa tần số độ chính xác cao và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm CORS được kết nối với trạm chủ (MS) thông qua internet. Trạm chủ có nhiệm vụ xử lý và lưu giữ các thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới

2.2. Cấu trúc trạm CORS

Công nghệ trạm CORS là một giải pháp mới, cung cấp phương pháp đo GNSS/CORS/RTK (Real-Time Kinematic) với kết nối tới các mạng CORS quốc gia. Hệ thống này bao gồm ba thành phần chính: Hệ thống trạm tham chiếu, trung tâm điều khiển, và người sử dụng [5].



Hình 1. Các thành phần của trạm CORS

a) Hệ thống các trạm tham chiếu:

Trạm tham chiếu là các máy thu GPS/GNSS được lắp đặt tại các vị trí hợp lý và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm tham chiếu được đặt tại các vị trí thỏa mãn một số yêu cầu sau:

+ Các điểm đặt trạm CORS phải là những vị trí ổn định, thông thoáng, đảm bảo sự thu nhận tín hiệu vệ tinh là ổn định nhất, cách xa các nguồn phát sóng, đường dây điện cao thế.v.v...

+ Một số yêu cầu cần thiết của máy thu:

- Các máy thu phải là thu GNSS
- Thu được ít nhất hai tần số L1 và L2;
- Thu được ít nhất 10 vệ tinh trên 0 độ;
- Cung cấp L1 C/A - code khoảng cách giả hoặc P - code khoảng cách giả và L1, L2 với đủ bước sóng mang.

- Ghi dữ liệu hàng giờ, hàng ngày, trong dòng thời gian thực;

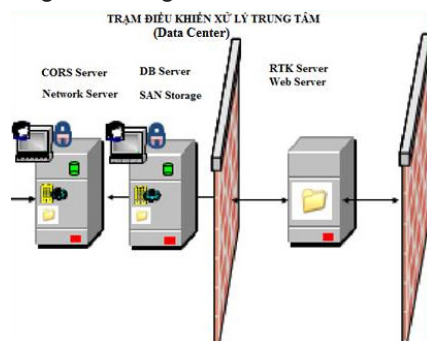
- Khả năng cung cấp điện liên tục;

- Tần suất thu tín hiệu ít nhất là 30s;

b) Trung tâm điều khiển:

Trung tâm điều khiển là nơi bao gồm các hệ thống máy tính chủ phục vụ cho xử lý, điều khiển

và lưu giữ thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới. Tại đây, người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chỉnh vị phân tức thời như là hàm của vị trí các điểm trạm tham chiếu. Tất cả dữ liệu từ các trạm tham chiếu được truyền qua internet đến trung tâm điều khiển ở trạm chủ việc tính toán lưới và hiệu chỉnh vị trí được thực hiện và gửi chúng đến người sử dụng. Trạm chủ có phần mềm và phần cứng bền vững.



Hình 2. Trung tâm điều khiển của trạm CORS

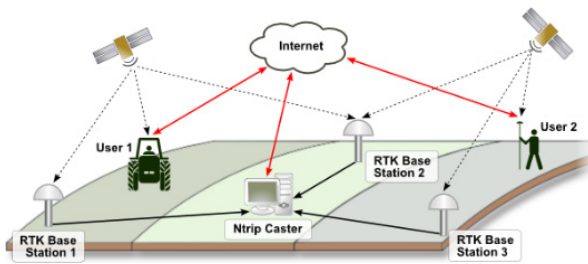
Hệ thống máy chủ được cung cấp mạng internet tốc độ cao. Được cung cấp điện 24/24 để đảm bảo hoạt động liên tục không bị gián đoạn.

c) Người sử dụng:

Người sử dụng có thể dùng trạm CORS với phương pháp định vị tức thời RTK (Real Time Kinematic) hoặc phương pháp định vị xử lý sau. Với phương pháp định vị tức thời, khi trạm chủ nhận được thông tin từ máy thu của người sử dụng, nó sẽ tính toán và gửi giá trị hiệu chỉnh tới các trạm tham chiếu gần đó để hiệu chỉnh luôn vào kết quả đo. Dữ liệu được truyền tới người sử dụng thông qua một trong các cách sau: Thông tin vô tuyến, điện thoại di động, vệ tinh, Internet. Mạng telephone cố định (Chỉ áp dụng với phương pháp xử lý sau) - Internet bằng việc sử dụng định dạng RINEX.

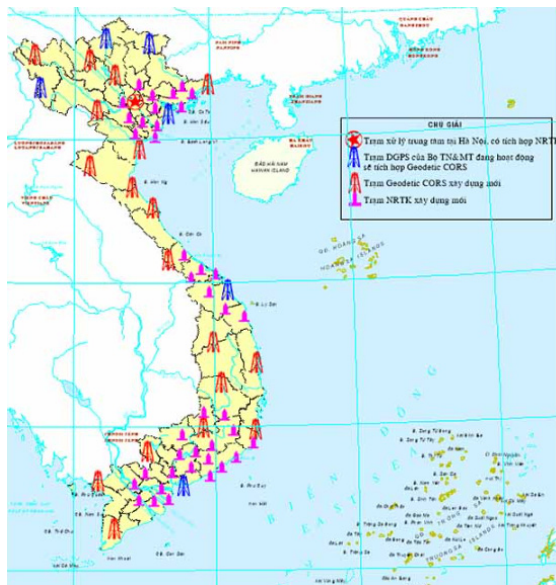
3. Hiện trạng hệ thống trạm CORS ở Việt Nam

Tại Việt Nam, hệ thống trạm CORS quốc gia (VNGEONET) do Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam xây dựng và quản lý bao gồm 65 trạm GNSS CORS, trong đó: 24 trạm Geodetic CORS được bố trí trên phạm vi toàn quốc với khoảng cách trung bình giữa các trạm từ 150÷200 km và 41 trạm NRTK CORS được bố trí tại 3 khu vực: Đồng bằng Bắc Bộ và khu vực Thanh Hóa; khu vực miền Trung và Tây Nguyên; khu vực Nam Bộ với khoảng cách trung bình giữa các trạm từ 50 - 80km nhằm cung cấp dịch vụ định vị thời gian



Hình 3. Người sử dụng GNSS/CORS

thực độ chính xác cao cỡ cm. Dữ liệu của 65 trạm định vị vệ tinh quốc gia được truyền trực tiếp qua mạng internet về Trung tâm xử lý dữ liệu tại Hà Nội để xử lý tính toán và cung cấp cho người sử dụng qua hệ thống sóng 3G, 4G theo thời gian thực [4].



Hình 4. Sơ đồ hệ thống trạm Cors quốc gia Việt Nam

Với ưu điểm có độ chính xác cao, thời gian định vị nhanh, công nghệ trạm định vị vệ tinh quốc gia đang dần thay thế các công nghệ đo đạc truyền thống.

Độ chính xác khi sử dụng dịch vụ đo động thời gian thực được cung cấp bởi mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (Trạm CORS) như trong bảng 1.

4. Khả năng ứng dụng công nghệ trạm GNSS/CORS trong quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng khai thác than hầm lò

Hàng năm, tại nhiều đơn vị khai thác than hầm lò trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam phải thực hiện công tác quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng của khai thác hầm lò. Việc thực hiện công tác quan trắc được thực hiện bằng phương pháp đo đạc truyền thống bao gồm các bước chủ yếu sau:



Hình 5. Trạm Cors tại tỉnh Quảng Ninh

- Xây dựng lưới khống chế tọa độ
- Xây dựng lưới khống chế độ cao

- Đo tọa độ, độ cao các điểm quan trắc, trong đó: Độ cao được xác định theo phương pháp đo cao hình học thủy chuẩn hoặc lượng giác. Tọa độ các điểm quan trắc được đo dưới dạng: Giao hội, đường chuyền kinh vĩ. Thiết bị sử dụng là các máy toàn đạc điện tử và các máy thủy chuẩn. Khi điều kiện địa hình phức tạp, khả năng thông hướng hạn chế sẽ ảnh hưởng lớn đến độ chính xác xác định tọa độ, độ cao các điểm quan trắc. Có thể thấy rằng công tác quan trắc như hiện tại phải thực hiện qua nhiều bước, mất nhiều thời gian và chi phí.

Công nghệ GNSS/CORS hiện tại đã mở ra một công nghệ mới trong lĩnh vực Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ nói chung và lĩnh vực Quan trắc chuyển dịch biến dạng nói riêng. Nó cho phép ứng dụng đo vẽ bản đồ, bố trí, quan trắc công trình... mà không cần phải xây dựng lưới khống chế trắc địa như các phương pháp truyền thống. Đặc biệt công nghệ GNSS/CORS cho phép thu tín hiệu của nhiều hệ thống vệ tinh (GPS, Glonass, Compass...) không những cho phép nâng cao độ chính xác định vị mà còn có thể đo được ở nhiều khu vực có độ thông thoáng kém. Phạm vi sử dụng của một trạm CORS có bán kính rộng hàng chục km với độ chính xác nhỏ hơn 3cm [1]. Nguyễn Văn Hải và nnk (2024) đã triển khai nghiên cứu “Quan trắc độ lún bờ mỏ lộ thiên dựa trên công nghệ GNSS/CORS - Trường hợp nghiên cứu cho mỏ Cọc Sáu” cho thấy kết quả quan trắc độ lún có độ chính xác cỡ mm [2]. Từ nghiên cứu trên cho thấy hoàn toàn có thể ứng dụng công nghệ GNSS/CORS trong quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng của khai thác hầm lò.

- Ưu điểm của phương pháp đó là:
- + Không phải lập khống chế trắc địa so với

Bảng 1. Độ chính xác khi sử dụng dịch vụ đo động thời gian thực được cung cấp bởi Cors quốc gia [3].

Phương thức cài chính	Độ chính xác tuyệt đối về mặt phẳng		Độ chính xác tuyệt đối về độ cao	
	Khu vực $k \leq 80km$	Khu vực $k > 80km$	Khu vực đồng bằng	Khu vực miền núi
VRS, MAX, iMAX	3cm ÷ 5cm	4cm ÷ 7cm	<10cm	< 17cm
Single Base (áp dụng nếu $S \leq 25km$)	< 5 cm			

phương pháp đo đặc truyền thống.

- + Độ chính xác cao
- + Thời gian đo đặc nhanh chóng
- + Tiết kiệm nhân lực
- + Tiết kiệm kinh phí khi thực hiện thi công công

trình

- Nhược điểm của phương pháp đó là:
- + Phụ thuộc vào tín hiệu vệ tinh
- + Phụ thuộc vào sóng 3G,4G.

5. Kết luận

Công nghệ trạm GNSS/CORS đã chứng minh tính hiệu quả trong nhiều công tác Trắc địa - Bản đồ nói chung và quan trắc dịch chuyển nói riêng, giúp giảm thiểu chi phí, thời gian, và nhân lực so với phương pháp đo đặc truyền thống. Tại TKV, nếu ứng dụng công nghệ trạm GNSS/CORS không chỉ giúp tối ưu hóa quy trình quan trắc dịch động bề mặt địa hình do ảnh hưởng của khai thác hầm lò mà còn đảm bảo độ chính xác cao trong công tác đo đặc. Đây là một giải pháp hiện đại, hứa hẹn thay thế hoàn toàn các phương pháp đo đặc truyền thống trong tương lai, đặc biệt trong

điều kiện địa hình phức tạp tại các khu mỏ. Công nghệ này sẽ đóng góp quan trọng vào sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp than và khoáng sản tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo:

[1]. Phạm Trung Dũng (2013), *Khả năng ứng dụng của công nghệ trạm CORS trong Trắc địa công trình*, Báo cáo học thuật tại Bộ môn Trắc địa Công trình, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[2]. Nguyễn Văn Hải và nnk (2024), *Quan trắc độ lún bờ mỏ lộ thiên dựa trên công nghệ GNSS/CORS - Trường hợp nghiên cứu cho mỏ Cọc Sáu*, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất Tập 65, Kỳ 3 (2024).

[3]. *Giới thiệu mạng lưới trạm định vị vệ tinh quốc gia (CORS)*. Truy cập ngày 25/3/2026, từ <https://gddt.vngeonet.vn/>.

[4]. *Hệ thống trạm CORS ở Việt Nam*. Truy cập ngày 25/3/2026 từ <https://dathop.com/>.

[5]. *Hướng dẫn đo RTK trạm CORS*. Truy cập ngày 25/3/2026 từ <https://geotech.vn/blog/>.

Application of GNSS/CORS Technology for Monitoring Surface Deformation Caused by Underground Coal Mining

MSc. Nguyen Duy Long, Eng. Trinh Quoc Lap
Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

During the process of underground coal mining at Quang Ninh area, the phenomena of surface displacement and deformation of terrain and surface structures have become increasingly common and complex. To determine these displacement values, field monitoring must be carried out. The traditional method using total stations requires the establishment of horizontal and vertical control networks, which is time-consuming and requires significant manpower and cost. In complex mining terrains, surveying becomes even more difficult. GNSS/CORS (Continuously Operating Reference Stations) technology is a modern solution with high measurement accuracy, providing significant savings in time and cost, and demonstrates considerable potential for application in monitoring surface deformation caused by underground coal mining.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG ĐƠN GIÁ TỔNG HỢP CÁC CÔNG ĐOẠN KHAI THÁC QUẶNG ĐỒNG, QUẶNG BAUXIT TRONG TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

CN.Vũ Thị Hồng Gấm và nnk

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin

Biên tập: TS. Nhữ Việt Tuấn

Tóm tắt:

Trong những năm qua, cùng với công tác khai thác chế biến than, công tác khai thác, chế biến khoáng sản cũng đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV). TKV đã và đang khai thác, chế biến nhiều loại khoáng sản như: đồng, sắt, bauxit, ...trong đó việc khai thác, chế biến quặng đồng, quặng bauxit chiếm tỷ trọng lớn cả về khối lượng và giá trị. Để tăng cường hiệu quả công tác quản lý, quản trị chi phí, làm cơ sở xây dựng kế hoạch chi phí - giá thành và xác định các chỉ tiêu kế hoạch phối hợp SXKD hàng năm của các đơn vị và TKV, các đơn vị khai thác quặng đồng và quặng bauxit đã xây dựng, ban hành bộ định mức kinh tế kỹ thuật cho công tác khai thác quặng. Tuy nhiên, chưa có bộ đơn giá tương ứng với các bộ định mức nên các đơn vị phải vận dụng bộ đơn giá khai thác than để tính toán, hạch toán chi phí sản xuất. Vì vậy, nhiệm vụ xây dựng đơn giá tổng hợp các công đoạn khai thác quặng đồng, quặng bauxit trong TKV là rất cần thiết. Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày kết quả xây dựng bộ đơn giá tổng hợp các công đoạn khai thác quặng đồng, quặng bauxit trong TKV.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, lĩnh vực khai thác, chế biến quặng đồng gồm Tổng Công ty Khoáng sản TKV - và Công ty cổ phần đồng Tả Phời - Vinacomin; lĩnh vực sản xuất Alumin (khai thác quặng bauxit và sản xuất Alumina) gồm Công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng - TKV và Công ty Nhôm Đắk Nông - TKV. Đặc điểm chung của công tác điều hành sản xuất kinh doanh tại các công ty này là tổ chức sản xuất và hoạch toán chi phí theo trình tự các công đoạn sản xuất gồm: Khai thác quặng; Tuyển quặng và Luyện (đồng, alumina).

Các công ty thực hiện công tác điều hành sản xuất kinh doanh theo Kế hoạch phối hợp kinh doanh giữa công ty mẹ - các công ty con. Trong đó, công ty mẹ - Tập đoàn TKV giao khoán các chỉ tiêu kế hoạch (như các chỉ tiêu sản lượng sản xuất, quản trị tài nguyên, lao động, doanh thu, chi phí, lợi nhuận và các chỉ tiêu khác) để các công ty con thực hiện.

Để điều hành hoạt động sản xuất, kinh doanh, giao khoán các chỉ tiêu kế hoạch, TKV cần có đầy đủ các bộ định mức, đơn giá tương ứng để áp dụng khi giao khoán. Các bộ định mức, đơn giá là công cụ không thể thiếu trong công tác quản lý, điều hành sản xuất.

Đối với công tác khai thác quặng đồng, quặng bauxit đã có các bộ định mức KTKT áp dụng trong các công đoạn sản xuất nhưng chưa có bộ đơn giá tương ứng nên hiện tại TKV và các đơn vị đang đang thực hiện giao khoán đối với công tác khai thác quặng (đồng, bauxit) theo các bộ đơn giá tạm thời hoặc vận dụng đơn giá khai thác than (Đơn giá 1829/QĐ-TKV ngày 29/12/2021).

Tuy nhiên, khai thác than và khai thác quặng đồng, quặng bauxit đều có các bước công nghệ chính giống nhau là khoan nổ mìn, xúc bốc, gạt, vận tải. Song các điều kiện sản xuất, đặc điểm địa hình, địa chất, tính chất khoáng sản,... của từng loại khoáng sản này khác nhau, nên việc vận dụng đơn giá công đoạn của sản xuất than để tính toán cho khai thác quặng đồng, quặng bauxit là chưa thật sự phù hợp với điều kiện sản xuất, công nghệ hiện nay của các đơn vị.

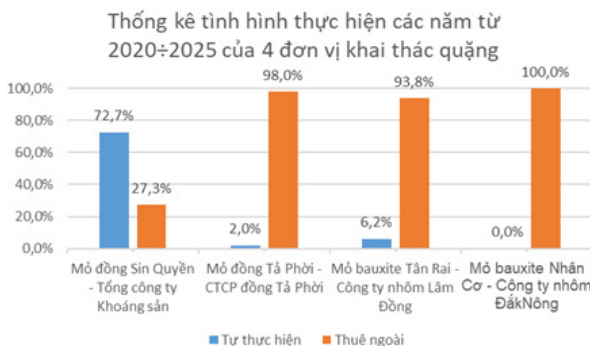
Xuất phát từ lý do trên, xây dựng đơn giá các công đoạn khai thác quặng đồng, bauxit là cần thiết, đảm bảo sự phù hợp với mặt bằng giá cả, điều kiện sản xuất và tăng cường hiệu quả công tác quản lý, quản trị chi phí, làm cơ sở xây dựng kế hoạch chi phí - giá thành và xác định các chỉ tiêu kế hoạch phối hợp SXKD hàng năm của các đơn vị và Tập đoàn.

2. Tình hình thực hiện, áp dụng đơn giá khai thác quặng tại các đơn vị sản xuất

Các đơn vị khai thác quặng đồng và quặng bauxit hạch toán chi phí sản xuất theo từng công đoạn khoan, xúc, gặt, vận tải. Ở mỗi công đoạn, từng đơn vị có các hình thức thực hiện khác nhau theo các phương án: Tự thực hiện; Thuê các đơn vị ngoài thực hiện; Kết hợp tự thực hiện và thuê ngoài.

Do chưa có các bộ đơn giá xây dựng để áp dụng cho công tác khai thác quặng đồng, quặng bauxit, nên hiện tại TKV và các đơn vị đang đang thực hiện giao khoán đối với công tác khai thác quặng (đồng, bauxit) vận dụng đơn giá khai thác than (ĐG1829/QĐ-TKV). Vì vậy, việc giao khoán của TKV hay việc điều hành sản xuất kinh doanh của các công ty con còn gặp khá nhiều khó khăn, thiếu cơ sở pháp lý trong việc thanh quyết toán nội bộ và thanh quyết toán với các nhà thầu.

Thống kê tình hình thực hiện các năm từ 2020÷2025 của 4 đơn vị khai thác quặng trong hình 1.



Hình 1. Tình hình thực hiện, áp dụng đơn giá của 4 đơn vị khai thác quặng

Mỏ đồng Sin Quyền - Tổng công ty Khoáng sản: Tự thực hiện đạt trung bình 72,7%, thuê ngoài 27,3% tổng chi phí. Trong đó:

- Công tác khoan: Tự thực hiện trung bình 97,6%; thuê ngoài khoảng 2,4%.
- Công tác nổ mìn: Thuê ngoài 100%.
- Công tác xúc bốc: Tự thực hiện trung bình 90%; thuê ngoài khoảng 10%.
- Công tác vận tải: Tự thực hiện trung bình 81%; thuê ngoài khoảng 19%.
- Công tác san gạt: Tự thực hiện 100%.

Mỏ đồng Tả Phời - CTCP đồng Tả Phời: Thuê ngoài hơn 98%, còn lại chỉ tự thực hiện công tác san gạt từ năm 2022 đến nay, với giá trị đạt

khoảng 2% tổng chi phí.

- Công tác khoan, nổ mìn: Thuê ngoài 100%.
- Công tác xúc bốc: Thuê ngoài 100%.
- Công tác vận tải: Thuê ngoài 100%.
- Công tác san gạt: Năm 2020, 2021 thuê ngoài 100%, từ năm 2022 đến nay tự thực hiện 100%.

Mỏ bauxite Tân Rai - Công ty nhôm Lâm Đồng: Tự thực hiện đạt trung bình 6,2%, thuê ngoài 93,8% tổng chi phí

(Từ năm 2020÷2023 tự thực hiện trung bình 9,5%; thuê ngoài khoảng 90,5% tổng chi phí. Từ năm 2024 đến nay thuê ngoài 100%.)

- Công tác xúc bốc: từ năm 2020÷2023 tự thực hiện trung bình 34%; thuê ngoài khoảng 66%. Từ năm 2024 đến nay thuê ngoài 100%.
- Công tác vận tải: Thuê ngoài 100%.
- Công tác san gạt: từ năm 2020÷2023 tự thực hiện trung bình 37%; thuê ngoài khoảng 63%. Từ năm 2024 đến nay thuê ngoài 100%.

Mỏ bauxite Nhân Cơ - Công ty nhôm Đắk Nông: Thuê ngoài 100%.

*** Nhận xét:** Thống kê tình hình thực hiện từ 2020÷2025 thấy rằng: cả 4 đơn vị khai thác quặng đồng, quặng bauxite chủ yếu sử dụng phương án thuê ngoài.

3. Xây dựng đơn giá tổng hợp các công đoạn khai thác quặng đồng, quặng bauxit

3.1. Danh mục các đơn giá cần xây dựng

* Trong khai thác quặng đồng

- Căn cứ sơ đồ công nghệ thực tế hiện nay tại mỏ đồng Sin Quyền và mỏ đồng Tả Phời (Hình 2);
- Căn cứ dây chuyền thiết bị công nghệ chủ yếu đang được sử dụng tại các mỏ;
- Xác định đơn giá cần xây dựng trong khai thác quặng đồng như sau:

+ Công tác khoan lỗ mìn: Xây dựng đơn giá khoan cho đường kính kính khoan $d < 127\text{mm}$; $d < 165\text{mm}$; $d < 250\text{mm}$; độ cứng đất đá, quặng từ $f = 7,5$ đến $f > 15$.

+ Công tác nổ mìn: Xây dựng đơn giá nổ mìn cho đường kính lỗ khoan $\leq 127\text{mm}$; $\leq 165\text{mm}$; $\leq 250\text{mm}$; độ cứng đất đá, quặng từ $f < 8$ đến $f > 15$.

+ Công tác bốc xúc: Xây dựng đơn giá xúc, với máy xúc dầu gầu xúc $< 3\text{m}^3$; $< 5\text{m}^3$; $< 8\text{m}^3$; Máy xúc điện gầu xúc $< 5\text{m}^3$ (đất đá cấp I, II, III, QNK).

+ Công tác gặt: Xây dựng đơn giá gặt, với Máy gặt công suất $< 160\text{CV}$; $< 240\text{CV}$ và $> 240\text{CV}$ (đất đá cấp I, II, III, QNK); Gạt phục vụ, phụ trợ công suất $< 180\text{CV}$ và $> 180\text{CV}$.

+ Công tác vận chuyển: Xây dựng đơn giá



Hình 2. Sơ đồ công nghệ áp dụng tại mỏ đồng Sin Quyền và mỏ đồng Tả Phời

vận chuyển, với ô tô có tải trọng <60 tấn; <40 tấn cung độ từ 0,1km÷8km (đất đá cấp I,II,III,QNK)

*** Trong khai thác quặng bauxit**

- Căn cứ sơ đồ công nghệ thực tế hiện nay ở các đơn vị khai thác quặng bauxit Công ty nhôm Lâm đồng - TKV và Công ty nhôm Đắk Nông (Hình 3);



Hình 3. Sơ đồ công nghệ áp dụng tại các đơn vị khai thác quặng bauxit Công ty nhôm Lâm đồng - TKV và Công ty nhôm Đắk Nông

- Căn cứ nhu cầu áp dụng đơn giá của Công ty nhôm Lâm đồng - TKV và Công ty nhôm Đắk Nông - TKV;

- Xác định đơn giá cần xây dựng trong khai thác quặng bauxit, như sau:

+ **Công tác bốc xúc:** Xây dựng đơn giá xúc, với máy xúc đầu gầu xúc <1,5m³: <2m³: <3m³: <5m³ (đất phủ, đất trụ, QNK bờ rời, QNK kết tầng, quặng kho NK).

+ **Công tác gạt:** Xây dựng đơn giá gạt, với Máy gạt công suất <180CV; >180CV (Gạt gom đất phủ, gạt chọn lọc mặt vách vỉa quặng, gạt dọn nền tầng vách vỉa; Gạt đất hoàn thổ; Gạt quặng kho NK; Gạt gom quặng; Gạt chọn lọc mặt trụ vỉa; Gạt dọn nền tầng trụ vỉa)

+ **Công tác vận chuyển:** Xây dựng đơn giá vận chuyển, với ô tô có tải trọng <15 tấn; <21 tấn; <40 tấn; <60 tấn cung độ từ 0,1km÷8km (đất phủ, đất trụ, QNK bờ rời, QNK kết tầng, quặng kho NK)

3.2. Cơ sở và phương pháp xây dựng đơn giá

Các chi phí được tính vào đơn giá tổng hợp công đoạn khai thác quặng bao gồm: chi phí vật liệu, nhiên liệu, động lực, tiền lương, bảo hiểm xã hội, bảo hiểm y tế, bảo hiểm thất nghiệp, kinh phí công đoàn, kinh phí hoạt động Đảng, khấu hao và chi phí khác.

Công thức tổng quát xây dựng đơn giá tổng hợp (Ccd):

$C_{cd} = C_{vl} + C_{nl-đn} + C_{tl} + C_{bh} + C_{kh} + C_{cpk}$

Trong đó:

C_{vl} : Chi phí vật liệu.

$C_{nl-đn}$: Chi phí nhiên liệu, điện năng.

C_{tl} : Chi phí tiền lương công nhân trực tiếp, phụ trợ, quản lý phân xưởng.

C_{bh} : Chi phí BHXH, Y tế, kinh phí công đoàn.

C_{kh} : Chi phí khấu hao TSCĐ

C_{cpk} : Chi phí khác phục vụ sản xuất tại phân xưởng.

- Chi phí vật liệu (C_{vl}): Giá vật liệu, nhiên liệu, điện năng tính theo mức giá bình quân tại thời điểm tính toán;

- Chi phí tiền lương (C_{tl}): Quyết định số 1387/QĐ-TKV và VB số 4841/TKV-TCNS của TKV.

- Chi phí BHXH, Y tế, kinh phí CD, KP Đảng (C_{bh}):

+ BHXH, BHYT, BHTN được tính theo tiền lương tại QĐ số 1999/QĐ-TKV ngày 28/10/2024 của TKV.

+ Tỷ lệ trích nộp bảo hiểm trong đơn giá gồm: BHXH: 17,5%, BHYT: 3%, BHTN: 1%: (Căn cứ theo Điều 33 và 34 BHXH 2024; Điều 57 Luật Việc làm 2013; Điều 7 NĐ146/2018/NĐ-CP; Điều 43 NĐ158/2025/NĐ-CP) và KPCĐ: 2% (Căn cứ theo Điều 5 NĐ số 191/2013/NĐ-CP ngày 21/11/2013 về việc Quy định chi tiết về tài chính công đoàn)

+ Kinh phí hoạt động Đảng tính bằng 0,5% tiền lương.

- Chi phí khấu hao TSCĐ (C_{kh}): quy định TT45/2013/TT-BTC ngày 25/4/2013 của Bộ Tài chính

- Chi phí khác (C_{cpk}): Chi phí khác được tính trên % chi phí trực tiếp theo từng loại công tác

3.3. Lựa chọn các thông số để đưa vào tính toán đơn giá

*** Trong khai thác quặng đồng**

- **Công tác khoan:** Đường kính khoan $d < 127\text{mm}$; $d < 165\text{mm}$; $d < 250\text{mm}$ lựa chọn: Máy khoan thủy lực $d = 127\text{mm}$; Máy khoan thủy lực $d = 165\text{mm}$; Máy khoan thủy lực (CAT MD6290) $d = 230\text{mm}$

- Công tác nổ mìn :

+ Đường kính lỗ khoan $d < 127\text{mm}$ lựa chọn: Gàu xúc BQ 3,5 m³; Chiều cao tầng xúc 12m; Tỷ lệ thuốc nổ chịu nước 40%.

+ Đường kính lỗ khoan $d < 165\text{mm}$; $d < 250\text{mm}$ lựa chọn: Gàu xúc BQ 5,0 m³; Chiều cao tầng xúc

12m; Tỷ lệ thuốc nổ chịu nước 40%.

- Công tác bốc xúc:

+ Máy xúc dầu, xúc đất đá, quặng gàu xúc <3 m³ ; <5 m³; <8 m³ lựa chọn: Máy xúc TLGN (Komatsu Cat 349D2L) gàu xúc 2,8 m³; Máy xúc TLGN (CAT365) gàu xúc 3,6 m³ ; Máy xúc TLGN (PC1250) gàu xúc 6,7 m³

+ Máy xúc điện xúc đất đá, quặng gàu xúc <5 m³ lựa chọn: Máy xúc điện (EKG 5A) gàu xúc 5 m³

- Công tác vận tải:

+ Vận tải đất đá, quặng bằng ô tô có trọng tải <40 tấn lựa chọn đồng bộ: Ô tô 36 tấn kết hợp máy xúc 3,6m³

+ Vận tải đất đá, quặng bằng ô tô có trọng tải <60 tấn lựa chọn đồng bộ: Ô tô 58 tấn (Komatsu HD 465-7R) kết hợp máy xúc 5,2m³ và 6,7m³

- Công tác gạt:

+ Gạt đất đá, quặng NK, máy gạt công suất <160CV; <240CV; >240CV: lựa chọn Máy gạt CAT D5R2XL (114CV); Máy gạt Komatsu D85EX-15 (240HP); Máy gạt CAT D8R (328 HP)

+ Gạt phụ trợ máy gạt công suất <180CV; >180CV: lựa chọn Máy gạt CAT D5R2XL (114CV); Máy gạt Shantui SD22 (235CV)

*** Trong khai thác quặng bauxit**

- Công tác bốc xúc: Máy xúc dầu, xúc đất đá, quặng gàu xúc <1,5m³ ; <2m³ ;<3m³ ;<5m³; >5m³ lựa chọn: Máy xúc dầu gàu 1,3 m³; Máy xúc dầu gàu 1,7m³; Máy xúc dầu (PC600-7) gàu 2,7 m³; Máy xúc dầu (PC750 SE-7) gàu 4,0 m³; Máy xúc dầu (PC1250-7) gàu 5,2m³

- Công tác vận tải:

+ Vận tải đất đá, quặng bằng ô tô có trọng tải <15 tấn lựa chọn đồng bộ: Ô tô 13 tấn (Kamaz 55111) kết hợp máy xúc 1,4m³; 1,7m³; 2,7m³

+ Vận tải đất đá, quặng bằng ô tô có trọng tải <21 tấn lựa chọn đồng bộ: Ô tô 17,82 tấn (JAC) kết hợp máy xúc 1,7m³; 2,7m³; 3,3m³

+ Vận tải đất đá, quặng bằng ô tô có trọng tải <40 tấn lựa chọn đồng bộ: Ô tô 40 tấn (VolvoA440E) kết hợp máy xúc 3,3m³; 4,0m³; 5,2m³

+ Vận tải đất đá, quặng bằng ô tô có trọng tải <60 tấn lựa chọn đồng bộ: Ô tô 55 tấn (HD465-5) kết hợp máy xúc 5,2m³

- Công tác gạt: Gạt đất đá, quặng NK, máy gạt công suất <180CV; >180CV: lựa chọn Máy gạt Komatsu D65EX; Máy gạt Shantui SD22 (235CV)

3.4. Nguyên tắc lựa chọn giá đầu vào để tính đơn giá

Đối với giá vật tư:

- Lựa chọn các loại chủng loại/mã hiệu vật tư phổ biến: là loại được nhiều đơn vị sản xuất sử dụng, tần suất sử dụng cao.

- Lựa chọn giá: bằng giá thống kê thực hiện trung bình 3 năm 2023-2025 (số thống kê đã được loại bỏ các giá mua đơn lẻ, mua khẩn hoặc cao/thấp đột biến).

* **Đối với giá thiết bị:** Lựa chọn giá gần nhất so với thời điểm lập đơn giá, theo thứ tự ưu tiên: giá thực hiện của các đơn vị sản xuất trong TKV, giá thấp nhất nếu theo báo giá của các nhà cung cấp.

3.5. Kết quả xây dựng đơn giá

Đơn giá tổng hợp các công đoạn trong khai thác quặng đồng gồm 509 mã đơn giá trong đó:

Công tác khoan: 27 mã đơn giá;

Công tác nổ mìn : 54 mã đơn giá;

Công tác bốc xúc: 16 mã đơn giá;

Công tác vận tải: 392 mã đơn giá;

Công tác gạt: 20 mã đơn giá.

Đơn giá tổng hợp các công đoạn trong khai thác quặng bauxite gồm 1.013 mã đơn giá trong đó:

Công tác bốc xúc: 25 mã đơn giá;

Công tác vận tải: 980 mã đơn giá;

Công tác gạt: 8 mã đơn giá.

Áp đơn giá dự thảo vào Khối lượng thực hiện năm 2025 của các đơn vị sản xuất, tổng chi phí chênh lệch so với tổng chi phí thực hiện thực tế như sau:

- Tại mỏ đồng Tả Phời: Tổng giá trị thực hiện khi áp đơn giá dự thảo so với tổng giá trị thực hiện thực tế tăng 58,5 tỷ tương ứng tăng 21% trong đó công đoạn khoan tăng 5%, công đoạn nổ mìn tăng 0,5%, công đoạn xúc tăng 3%; công đoạn vận tải tăng 11,3%, công đoạn gạt tăng 0,7% (trên tổng giá trị thực hiện)

- Tại mỏ đồng Sin Quyền: Tổng giá trị thực hiện khi áp đơn giá dự thảo so với tổng giá trị thực hiện thực tế tăng 137,8 tỷ tương ứng tăng 18% trong đó công đoạn khoan tăng 3%, công đoạn nổ mìn tăng 1%, công đoạn xúc tăng 3%; công đoạn vận tải tăng 11%, công đoạn gạt tăng 0,3% (trên tổng giá trị thực hiện)

4. Kết luận

Bộ đơn giá tổng hợp các công đoạn khai thác quặng đồng, quặng bauxit được xây dựng trên cơ sở khoa học, phù hợp với điều kiện sản xuất bình thường tương ứng với các quy trình công nghệ, thiết bị hiện đang áp dụng tại các đơn vị khai thác

quặng. Những thiết bị, quy trình sản xuất chưa đảm bảo theo thiết kế ban đầu của các đơn vị đã được loại bỏ, không đưa vào làm cơ sở để xây dựng đơn giá này. Bộ đơn giá được xây dựng có cơ sở khoa học, phù hợp với thực tế sản xuất hiện nay tại các đơn vị khai thác quặng trong TKV khi ban hành, áp dụng vào sản xuất sẽ hỗ trợ việc điều hành hoạt động sản xuất, kinh doanh, giao khoán các chỉ tiêu kế hoạch, và nâng cao hiệu quả công tác quản lý của các đơn vị sản xuất, của TKV.

Tài liệu tham khảo:

[1]. “Bộ định mức kinh tế kỹ thuật áp dụng cho sản xuất tại Công ty mẹ - Tổng công ty Khoáng sản - TKV” theo quyết định số 112/QĐ-VIMICO ngày 10/02/2025.

[2]. “Đơn giá tổng hợp các công đoạn trong sản xuất than”, ban hành theo quyết định số 1829/QĐ-

TKV ngày 29/12/2021 của TKV.

[3]. “Bộ định mức kinh tế kỹ thuật áp dụng trong các công đoạn sản xuất tại Công ty cổ phần đồng Tả Phời - Vinacomin” (do Viện KHCN Mỏ xây dựng, CTCP đồng Tả Phời ban hành).

[4]. “Bộ định mức kinh tế kỹ thuật áp dụng trong các công đoạn sản xuất nhôm”, ban hành theo quyết định số 10/QĐ-TKV ngày 03/01/2024.

[5]. Vũ Thị Hồng Gấm và nnk, (2025), *Xây dựng đơn giá tổng hợp các công đoạn khai thác quặng đồng, quặng bauxit trong TKV*, Viện Khoa học công nghệ mỏ - Vinacomin.

[6]. Các văn bản, quy định của Nhà nước và TKV tại thời điểm hiện hành áp dụng vào tính toán.

Study on the Development of Composite Unit Prices for Copper Ore and Bauxite Ore Mining Operations in Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited

BSc. Vu Thi Hong Gam and Others - Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology
Abstract:

In recent years, alongside coal mining and processing activities, mineral mining and processing have also played an important role in the development of Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited (TKV). TKV has been engaged in the mining and processing of various minerals such as copper, iron, and bauxite, among which copper ore and bauxite ore mining and processing account for a large proportion in terms of both production volume and value. To enhance management efficiency and cost management, and to provide a basis for developing cost and production cost plans as well as determining annual coordinated production and business planning indicators for the member units and TKV, the units engaged in copper ore and bauxite ore mining have developed and issued technical and economic norms for ore mining operations. However, there is currently no corresponding unit price system for these norms; therefore, the units have had to apply the coal mining unit price system for production cost calculation and accounting. Therefore, the development of composite unit prices for copper ore and bauxite ore mining operations in TKV is highly necessary. In this paper, the authors present the results of developing a composite unit price system for copper ore and bauxite ore mining operations in TKV.

CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG TÁC AN TOÀN, VỆ SINH LAO ĐỘNG TẠI CÔNG TY CỔ PHẦN PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ MỎ

ThS. Phạm Quang Hùng, ThS. Phùng Thu
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin

Biên tập: TS. Phan Văn Việt

Tóm tắt:

An toàn, vệ sinh lao động (ATVSLĐ) là một trong những yếu tố nền tảng bảo đảm cho sự phát triển ổn định và bền vững của doanh nghiệp. Trong điều kiện sản xuất công nghiệp hiện đại, công tác ATVSLĐ không chỉ đơn thuần là yêu cầu tuân thủ pháp luật mà đã trở thành một nội dung quan trọng trong quản trị doanh nghiệp, góp phần bảo vệ nguồn nhân lực, nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh và tăng cường năng lực cạnh tranh. Công ty Cổ phần Phát triển Công nghệ và Thiết bị Mỏ là đơn vị hoạt động trong các lĩnh vực thử nghiệm, hiệu chuẩn, kiểm định thiết bị điện; sản xuất vật liệu kỹ thuật phục vụ ngành Than - Khoáng sản; thực hiện các dịch vụ kỹ thuật tại hiện trường sản xuất. Đặc thù công việc của người lao động thường xuyên tiếp xúc với điện áp cao, thiết bị cơ khí, thiết bị áp lực, môi trường công nghiệp và nhiều yếu tố nguy hiểm, có hại. Vì vậy, công tác ATVSLĐ luôn được Công ty xác định là nhiệm vụ trọng tâm, xuyên suốt trong mọi hoạt động sản xuất kinh doanh. Hưởng ứng Tháng hành động về ATVSLĐ và Tháng Công nhân năm 2026 với chủ đề “Đổi mới quản lý và nâng cao hiệu quả công tác an toàn, vệ sinh lao động trong kỷ nguyên số”, Công ty đã triển khai đồng bộ nhiều giải pháp tuyên truyền, quản lý kỹ thuật, kiểm soát rủi ro và chăm lo người lao động. Các hoạt động được tổ chức không chỉ nhằm nâng cao nhận thức, ý thức chấp hành pháp luật về ATVSLĐ mà còn hướng tới xây dựng văn hóa an toàn, hình thành môi trường làm việc chuyên nghiệp, an toàn và phát triển bền vững.

1. Các hoạt động tuyên truyền, hưởng ứng tháng hành động về ATVSLĐ và tháng công nhân năm 2026

Thực hiện kế hoạch của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam về Tháng hành động ATVSLĐ năm 2026, Công ty đã ban hành kế hoạch triển khai ngay từ đầu năm, thành lập Ban Chỉ đạo Tháng hành động ATVSLĐ và Tháng Công nhân với sự tham gia trực tiếp của lãnh đạo Công ty, đại diện các phòng ban chuyên môn, công đoàn và các đơn vị sản xuất.

Lễ phát động Tháng hành động ATVSLĐ và Tháng Công nhân năm 2026 được tổ chức trang trọng, thể hiện cam kết mạnh mẽ của lãnh đạo doanh nghiệp trong việc xây dựng môi trường làm việc an toàn. Thông qua lễ phát động, toàn thể cán bộ, người lao động được quán triệt mục tiêu, nhiệm vụ và các giải pháp trọng tâm nhằm nâng cao hiệu quả công tác ATVSLĐ trong toàn Công ty. Bên cạnh hoạt động phát động, công tác tuyên truyền được triển khai đồng bộ dưới nhiều hình thức. Các nội dung về ATVSLĐ được phổ

biến thông qua hệ thống pano, khẩu hiệu, tài liệu hướng dẫn, các buổi sinh hoạt chuyên đề và tuyên truyền trực tiếp tại nơi làm việc. Nội dung tuyên truyền tập trung vào các quy định của pháp luật, kỹ năng nhận diện nguy cơ, biện pháp phòng ngừa tai nạn lao động, bệnh nghề nghiệp và trách nhiệm của mỗi cá nhân trong việc bảo đảm an toàn cho bản thân và đồng nghiệp. Song song với đó, Công ty tiếp tục kiện toàn mạng lưới an toàn vệ sinh viên, rà soát và bổ sung các quy chế, quy trình làm việc an toàn; tổ chức ký cam kết thực hiện ATVSLĐ đối với các đơn vị và người lao động. Đây là những giải pháp quan trọng nhằm nâng cao trách nhiệm của các cấp quản lý và từng cá nhân trong công tác ATVSLĐ.

Điểm nổi bật trong năm 2026 là việc gắn kết chặt chẽ giữa Tháng hành động ATVSLĐ với Tháng Công nhân. Công ty đã tổ chức nhiều hoạt động chăm lo đời sống vật chất và tinh thần cho người lao động như đối thoại tại nơi làm việc, thăm hỏi, động viên người lao động có hoàn cảnh khó khăn, tăng cường các hoạt động văn hóa, thể thao



Lễ phát động Tháng hành động ATVSLĐ, Tháng Công nhân năm 2026

và xây dựng môi trường làm việc thân thiện. Các hoạt động tuyên truyền, huấn luyện và chăm lo người lao động đã góp phần nâng cao nhận thức, tạo sự đồng thuận và lan tỏa mạnh mẽ tinh thần trách nhiệm đối với công tác ATVSLĐ trong toàn Công ty.

2. Các giải pháp quản lý kỹ thuật về an toàn, vệ sinh lao động

2.1. Hoàn thiện hệ thống quản lý ATVSLĐ

Xác định phòng ngừa rủi ro là nhiệm vụ trọng tâm, Công ty thường xuyên rà soát, cập nhật hệ thống quy trình, quy định và biện pháp kỹ thuật an toàn phù hợp với điều kiện sản xuất thực tế. Các đơn vị sản xuất được yêu cầu xây dựng và hoàn thiện phương án thi công, biện pháp kỹ thuật và phương án bảo đảm an toàn trước khi triển khai công việc. Mọi nhiệm vụ đều phải được xem xét, đánh giá nguy cơ và kiểm soát rủi ro ngay từ giai đoạn chuẩn bị.



Huấn luyện ATVSLĐ tại đơn vị sản xuất

Việc chuẩn hóa quy trình làm việc giúp nâng cao tính thống nhất trong tổ chức thực hiện, giảm thiểu sai sót do yếu tố chủ quan và tạo cơ sở cho hoạt động kiểm tra, giám sát.

2.2. Tăng cường kiểm tra, giám sát hiện trường sản xuất

Kiểm tra, giám sát hiện trường là một trong



Phòng KTAT Công ty kiểm tra Công tác an toàn tại hiện trường

nhiều giải pháp trọng tâm nhằm phát hiện sớm nguy cơ mất an toàn và kịp thời đưa ra biện pháp khắc phục.

Công ty đã tổ chức các đoàn kiểm tra chuyên đề và kiểm tra định kỳ tại Đội Thí nghiệm hiệu chuẩn điện, Xưởng sản xuất Manhetit và các đơn vị sản xuất khác.

Nội dung kiểm tra tập trung vào việc chấp hành quy trình kỹ thuật, công tác quản lý thiết bị, điều kiện làm việc, việc sử dụng phương tiện bảo vệ cá nhân và thực hiện các quy định ATVSLĐ tại hiện trường.

Thông qua hoạt động kiểm tra, Công ty đã kịp thời phát hiện và yêu cầu khắc phục các tồn tại liên quan đến hệ thống chống rò điện, hồ sơ quản lý ATVSLĐ, công tác vệ sinh công nghiệp và quản lý hiện trường sản xuất.

Điểm khác biệt trong công tác kiểm tra của Công ty là chuyển từ cách tiếp cận xử lý vi phạm sang hỗ trợ đơn vị nhận diện nguy cơ, phân tích nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng ngừa. Điều này giúp nâng cao tính chủ động và hiệu quả của công tác quản trị rủi ro.

2.3. Kiểm soát thiết bị và điều kiện làm việc

Đối với doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực kỹ thuật điện và công nghiệp, việc kiểm soát tình trạng kỹ thuật của thiết bị có ý nghĩa đặc biệt quan trọng.

Công ty đã thực hiện đầy đủ việc kiểm định, kiểm tra kỹ thuật an toàn đối với các thiết bị có yêu cầu nghiêm ngặt về ATVSLĐ theo quy định của pháp luật. Đồng thời, hệ thống phòng cháy chữa cháy được rà soát thường xuyên nhằm bảo đảm khả năng sẵn sàng ứng phó khi xảy ra sự cố.

Bên cạnh đó, Công ty thực hiện cấp phát đầy đủ phương tiện bảo vệ cá nhân phù hợp với từng vị trí công việc; tăng cường cải thiện điều kiện làm

việc, giảm thiểu tác động của các yếu tố có hại trong môi trường lao động.

2.4. Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý ATVSLĐ

Trong xu thế chuyển đổi số, Công ty từng bước ứng dụng công nghệ thông tin vào công tác quản lý ATVSLĐ nhằm nâng cao hiệu quả điều hành và giám sát.

Các hồ sơ liên quan đến công tác huấn luyện, kiểm định thiết bị, quản lý rủi ro và theo dõi thực hiện kiến nghị sau kiểm tra được cập nhật, lưu trữ và quản lý theo hướng số hóa. Việc ứng dụng công nghệ thông tin giúp nâng cao tính minh bạch, giảm thời gian xử lý hồ sơ, hỗ trợ lãnh đạo trong công tác quản lý và đưa ra quyết định kịp thời.

2.5. Phát huy vai trò người lao động trong xây dựng môi trường làm việc an toàn

Người lao động được xác định là trung tâm của mọi giải pháp ATVSLĐ. Ngoài việc tham gia đầy đủ các khóa huấn luyện, người lao động còn được khuyến khích tham gia nhận diện nguy cơ, đánh giá rủi ro và đề xuất các sáng kiến cải thiện điều kiện làm việc.

Thông qua hoạt động của mạng lưới an toàn vệ sinh viên, nhiều kiến nghị liên quan đến điều kiện làm việc, trang thiết bị bảo hộ và biện pháp kỹ thuật đã được tiếp thu, xử lý kịp thời. Cách tiếp cận này giúp hình thành ý thức tự giác và tinh thần trách nhiệm của người lao động đối với công tác ATVSLĐ, đồng thời tạo nền tảng cho việc xây dựng văn hóa an toàn trong doanh nghiệp.

3. Đánh giá hiệu quả các giải pháp ATVSLĐ

Kết quả triển khai các giải pháp ATVSLĐ trong thời gian qua cho thấy công tác quản lý an toàn tại Công ty ngày càng đi vào thực chất và đạt được nhiều kết quả tích cực. Trước hết, nhận thức của cán bộ quản lý và người lao động về ATVSLĐ được nâng lên rõ rệt. Các quy trình, quy định được thực hiện nghiêm túc hơn; ý thức tuân thủ của người lao động được cải thiện; việc sử dụng phương tiện bảo vệ cá nhân và chấp hành các biện pháp kỹ thuật an toàn ngày càng trở thành thói quen trong quá trình làm việc.

Về công tác quản lý, Công ty đã tổ chức 03 cuộc kiểm tra chuyên đề và kiểm tra định kỳ; phát hiện, kiến nghị khắc phục các tồn tại mất an toàn và hoàn thành xử lý 100% kiến nghị theo đúng thời hạn. Về kết quả huấn luyện, 100% người lao động thuộc đối tượng bắt buộc được huấn luyện ATVSLĐ theo quy định. Các hoạt động tuyên



Chủ tịch công đoàn TKV khen thưởng cho cá nhân có thành tích trong công tác ATVSLĐ

truyền được triển khai thường xuyên, góp phần nâng cao kiến thức và kỹ năng làm việc an toàn cho người lao động.

Trong nhiều năm qua, Công ty không để xảy ra tai nạn lao động nghiêm trọng, sự cố cháy nổ hoặc sự cố thiết bị gây mất an toàn. Đây là chỉ số quan trọng phản ánh hiệu quả của công tác quản trị rủi ro và năng lực kiểm soát các yếu tố nguy hiểm trong sản xuất. Bên cạnh hiệu quả về an toàn, công tác ATVSLĐ còn góp phần duy trì ổn định hoạt động sản xuất kinh doanh. Các hợp đồng dịch vụ kỹ thuật và sản xuất công nghiệp được thực hiện đúng tiến độ; năng suất lao động được duy trì ổn định; tình trạng gián đoạn sản xuất do sự cố kỹ thuật hoặc mất an toàn được hạn chế.

4. Kết luận

Thông qua việc triển khai đồng bộ các hoạt động tuyên truyền, huấn luyện, kiểm tra giám sát, kiểm soát thiết bị, ứng dụng công nghệ thông tin và phát huy vai trò của người lao động, Công ty đã từng bước nâng cao hiệu quả công tác ATVSLĐ, giảm thiểu nguy cơ mất an toàn và xây dựng môi trường làm việc chuyên nghiệp. Thực tiễn cho thấy, hiệu quả của công tác ATVSLĐ không chỉ được đo bằng số lượng các cuộc kiểm tra hay các chỉ tiêu thống kê về tai nạn lao động mà quan trọng hơn là sự thay đổi trong nhận thức và hành vi của người lao động. Khi an toàn trở thành thói quen, trở thành chuẩn mực ứng xử và giá trị văn hóa của doanh nghiệp thì đó cũng chính là nền tảng vững chắc nhất cho sự phát triển bền vững.

Trong thời gian tới, Công ty tiếp tục xác định con người là tài sản quý giá nhất; an toàn là điều kiện tiên quyết của sản xuất; văn hóa an toàn là nền tảng để xây dựng doanh nghiệp phát triển bền vững, hiệu quả, nhân văn và có năng lực cạnh tranh cao trong tiến trình hội nhập và phát triển của ngành Than - Khoáng sản Việt Nam.



Solutions for Improving the Effectiveness of Occupational Safety and Health Management at Mining Technology and Equipment Development Joint Stock Company

MSc. Pham Quang Huong, MSc. Phung Thu

Vinacomin - Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

Occupational Safety and Health (OSH) is one of the fundamental factors ensuring the stable and sustainable development of enterprises. In the context of modern industrial production, OSH is not only a legal compliance requirement but has also become an important aspect of corporate management, contributing to the protection of human resources, improvement of production and business efficiency, and enhancement of competitiveness. Mining Technology and Equipment Development Joint Stock Company operates in the fields of testing, calibration, and inspection of electrical equipment; production of technical materials for the coal and mineral industry; and provision of technical services at production sites. Due to the nature of their work, employees are frequently exposed to high voltage, mechanical equipment, pressure equipment, industrial environments, and various hazardous and harmful factors. Therefore, OSH has always been identified by the Company as a key task throughout all production and business activities. In response to the Occupational Safety and Health Action Month and Workers' Month 2026 with the theme "Innovating Management and Enhancing the Effectiveness of Occupational Safety and Health in the Digital Era", the Company has implemented various solutions in communication, technical management, risk control, and employee welfare. These activities are organized not only to raise awareness and compliance with OSH regulations but also to promote a safety culture and establish a professional, safe, and sustainable working environment.

Tháng 5 năm 2026, TKV sản xuất ước đạt 3,13 triệu tấn than nguyên khai

Chiều ngày 05/6, Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn chủ trì Hội nghị giao ban trực tuyến điều hành sản xuất tháng 6/2026 tại hai điểm cầu: Trụ sở Tập đoàn tại Hà Nội và Trung tâm Điều hành sản xuất tại Quảng Ninh. Dự hội nghị có lãnh đạo Đảng ủy, HĐQT, KSV Nhà nước tại TKV; Ban lãnh đạo điều hành Tập đoàn, Công đoàn TKV, Đảng ủy Than Quảng Ninh; Đoàn TN TKV, Đoàn TQNC; các Ban chuyên môn Tập đoàn...



Hội nghị giao ban trực tuyến điều hành sản xuất tháng 6/2026 tại trụ sở Tập đoàn

TKV triển khai nhiệm vụ sản xuất kinh doanh tháng 5/2026 trong bối cảnh có những thuận lợi, khó khăn cơ bản. Kinh tế chính trị thế giới tiếp tục chịu ảnh hưởng nặng nề bởi cuộc xung đột tại Trung Đông. Thời tiết tháng 5 nắng nóng ở cường độ cao, kèm giông lốc, mưa lớn bất thường, ảnh hưởng đến hoạt động khai thác than - khoáng sản, nhu cầu sử dụng than trong tháng 5 ở mức cao nhất từ đầu năm đến nay...

Các đơn vị trong toàn Tập đoàn đã tuân thủ nghiêm kỷ luật điều hành trong công tác tổ chức sản xuất, tục đẩy mạnh hoạt động sản xuất kinh doanh ở mức cao so với mức trung bình của cả năm. Nhờ đó, tháng 5/2026 Tập đoàn cơ bản hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch các chỉ tiêu chủ yếu. Cụ thể: Than nguyên khai sản xuất dự kiến đạt 3,13 triệu tấn; bằng 101,9% kế hoạch tháng; lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 16,29 triệu tấn. Than sạch sản xuất ước đạt 3,2 triệu tấn; lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 16,31 triệu tấn. Tiêu thụ than ước đạt 4,92 triệu tấn; lũy kế 5 tháng ước đạt 22,17 triệu tấn. Sản lượng than giao điện trong tháng dự kiến đạt 4,07 triệu tấn; lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 18,36 triệu tấn...

Hoạt động sản xuất kinh doanh của các đơn vị khoáng sản cơ bản ổn định, sản lượng sản xuất và tiêu thụ các sản phẩm khoáng sản chủ yếu đều đạt kế hoạch điều hành tháng. Trong đó, sản xuất Alumina dự kiến đạt 122 nghìn tấn, lũy kế 5 tháng dự kiến đạt 583,9 nghìn tấn. Tiêu thụ Alumina đạt 103,7 nghìn tấn, bằng 101,0% kế hoạch tháng; lũy kế 5 tháng dự kiến đạt 524,6 nghìn tấn.

Tinh quặng đồng sản xuất dự kiến đạt 8,79 nghìn tấn, lũy kế năm ước đạt 47,24 nghìn tấn; tiêu thụ 2,8 nghìn tấn, lũy kế 5 tháng đạt khoảng 14,29 nghìn tấn. Đồng tấm sản xuất dự kiến đạt 2,52 nghìn tấn, lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 13,26 nghìn tấn; Tiêu thụ ước đạt 2,7 nghìn tấn; lũy kế 5 tháng ước đạt 13,4 nghìn tấn. Sản xuất kẽm thời đạt 1,0 nghìn tấn, lũy kế 5 tháng ước đạt 4,15 nghìn tấn. Phôi thép đạt 17,47 nghìn tấn, lũy kế 5 tháng ước đạt 59,78 nghìn tấn; tiêu thụ đạt 23,17 nghìn tấn, lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 68,0 nghìn tấn,...

Sản xuất 1.006 triệu kWh điện, lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 4.763 triệu kWh.

Sản xuất thuốc nổ đạt 5.300 tấn; lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 30.359 tấn. Cung ứng thuốc nổ dự kiến đạt 8.000 tấn; lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 40.963 tấn. Amon nitra sản xuất tháng 5 đạt 18.000 tấn, lũy kế 5 tháng ước đạt 76.909 tấn; Tiêu thụ 15.800 tấn, lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 81.179 tấn,....

Đồng thời, trong tháng 5/2026, Tập đoàn tiếp tục triển khai nghiêm các giải pháp, biện pháp an toàn - VSLĐ đảm bảo các quy định, công tác môi trường toàn TKV đảm bảo các quy định và mục tiêu đề ra, không có sự cố môi trường.

Hoạt động sản xuất kinh doanh của TKV cơ bản ổn định, đảm bảo việc làm và thu nhập cho người lao động. Tiền lương bình quân dự kiến đạt 19,8 triệu đồng/người/tháng; trong đó sản xuất than ước đạt 21 triệu đồng/ng-tháng. Doanh thu hợp nhất toàn Tập đoàn tháng 5/2026 đạt 16.914 tỷ đồng; lũy kế 5 tháng đầu năm ước đạt 77.073 tỷ đồng. Nộp ngân sách Nhà nước tháng 5 đạt 3.227 tỷ đồng, lũy kế 5 tháng ước đạt 12.424 tỷ đồng.

Tại hội nghị, các Phó Tổng giám đốc và lãnh đạo các Ban chuyên môn Tập đoàn đã trình bày, báo cáo các công việc thực hiện trong tháng 5; đồng thời đề xuất kế hoạch và nhiệm vụ trọng tâm cần triển khai trong tháng 6/2026.

Phát biểu tại hội nghị, Tổng giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn ghi nhận những nỗ lực, cố gắng của



Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn phát biểu kết luận hội nghị

NLĐ, CBCNV toàn Tập đoàn trong tháng 5, các chỉ tiêu sản xuất kinh doanh cơ bản hoàn thành và triển khai hiệu quả các nhiệm vụ trọng tâm đã đề ra.

Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn đề nghị, bước vào tháng 6 năm 2026, các Ban chuyên môn và các đơn vị cần tập trung triển khai quyết liệt các nhiệm vụ theo Chương trình hành động đã đề ra, bám sát chỉ đạo của Hội đồng thành viên và lãnh đạo Tập đoàn. Tổng Giám đốc nhấn mạnh yêu cầu rà soát, sửa đổi, bổ sung các quy định, quy chế để phù hợp với tình hình mới và các quy định hiện hành của Nhà nước; đồng thời nâng cao chất lượng tham mưu, bảo đảm nguyên tắc “Rõ thời gian - Rõ trách nhiệm - Rõ kết quả” trong thực thi nhiệm vụ.

Cùng với đó, cần siết chặt công tác quản lý, điều hành trên cơ sở các chỉ tiêu, số liệu cụ thể; đặc biệt ưu tiên hàng đầu công tác an toàn, bảo đảm tuyệt đối an toàn cho người lao động trong mọi hoạt động sản xuất. Đồng thời các ban chuyên môn và các đơn vị chủ động phối hợp, bám sát các bộ, ngành chức năng để đẩy nhanh tiến độ hoàn thiện các thủ tục liên quan đến giấy phép khai thác, thăm dò khoáng sản.

Cùng với nhiệm vụ SXKD, Tổng Giám đốc yêu cầu cần yêu cầu cần tập trung quan tâm các đơn vị khó khăn xử lý các tồn tại, vướng mắc; chú trọng tuyển dụng lao động, quan tâm chăm lo đời sống, đảm bảo việc làm, thu nhập cho người lao động.

Theo kế hoạch, tháng 6/2026, Tập đoàn đặt mục tiêu sản xuất 3,13 triệu tấn than nguyên khai. Than sạch sản xuất tổng số 3,3 triệu tấn. Kế hoạch tiêu thụ 5,02 triệu tấn than, than cung cấp cho sản xuất điện kế hoạch đạt 4,13 triệu tấn... Sản xuất 127 nghìn tấn Alumina; tiêu thụ dự kiến 115,1 nghìn tấn. Sản xuất 11,85 nghìn tấn tinh

quặng đồng; tiêu thụ 2,8 nghìn tấn. Sản xuất kẽm thỏi 1,04 nghìn tấn; tiêu thụ 870 tấn. Dự kiến sản xuất đồng tấm 2,01 nghìn tấn; tiêu thụ 1,7 nghìn tấn. Sản xuất phôi thép 5,0 nghìn tấn, tiêu thụ 17,0 nghìn tấn. Kế hoạch sản xuất 950 triệu kWh trong tháng 6/2026; sản xuất 5,8 nghìn tấn thuốc nổ, cung ứng 9,0 nghìn tấn. Sản xuất Amon Nitrat 18,0 nghìn tấn; tiêu thụ 15,5 nghìn tấn... Doanh thu hợp nhất toàn Tập đoàn tháng 6/2026 dự kiến đạt 16.513 tỷ đồng.

Tác giả: Truyền thông TKV

Vinacomin và Tập đoàn Marubeni (Nhật Bản): Thúc đẩy hợp tác toàn diện và bền vững

Sáng ngày 19/5, tại Hà Nội, Chủ tịch Hội đồng thành viên (HĐTV) Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (Vinacomin) Ngô Hoàng Ngân đã chủ trì buổi tiếp và làm việc với ông Kamoi Hiroaki – Tổng giám đốc Marubeni tại Việt Nam cùng đoàn công tác về các nội dung hợp tác chiến lược giữa hai Tập đoàn



Vinacomin và Tập đoàn Marubeni (Nhật Bản): Thúc đẩy hợp tác toàn diện và bền vững

Tham dự buổi làm việc, về phía Tập đoàn Marubeni còn có ông Kitamura Hideya - Giám đốc Khối Phát triển Kinh doanh Kim loại và Tài nguyên Khoáng sản khu vực ASEAN; bà Kato Manami - Giám đốc Ban Kim loại và Tài nguyên Khoáng sản, Marubeni Việt Nam. Về phía Vinacomin có thành viên HĐTV Trần Văn Cừ; các Phó Tổng giám đốc: Trần Hải Bình, Nguyễn Tiến Mạnh; cùng đại diện lãnh đạo các Ban: Kinh doanh than, Vật tư – Thương mại và Văn phòng Tập đoàn.

Tại buổi làm việc, ông Kamoi Hiroaki – Tổng giám đốc Marubeni tại Việt Nam bày tỏ niềm vinh hạnh và gửi lời cảm ơn sâu sắc trước sự đón tiếp

chu đạo từ phía lãnh đạo Vinacomin. Đại diện Marubeni bày tỏ sự quan tâm sâu sắc và mong muốn được đồng hành, tham gia hợp tác với Vinacomin trong các dự án trọng điểm tương lai, cụ thể là các dự án mở rộng nhà máy Alumin và điện phân nhôm/luyện nhôm.

Phát biểu tại buổi làm việc, Chủ tịch HĐQT Ngô Hoàng Ngân ghi nhận và đánh giá cao sự phối hợp hiệu quả, thực chất giữa hai bên trong suốt thời gian qua. Để nâng tầm mối quan hệ trong giai đoạn mới, Chủ tịch HĐQT Ngô Hoàng Ngân đề nghị Tập đoàn Marubeni tiếp tục cử các chuyên gia nghiên cứu sâu hơn, kỹ hơn các lĩnh vực hoạt động của Vinacomin nhằm tìm kiếm, mở rộng lĩnh vực hợp tác trên cơ sở phát huy tối đa các thế mạnh sẵn có của mỗi bên.

Chủ tịch HĐQT Ngô Hoàng Ngân khẳng định, Vinacomin sẽ luôn đồng hành, tạo mọi điều kiện thuận lợi và phối hợp chặt chẽ với Marubeni để hiện thực hóa các ý tưởng, thúc đẩy các chương trình hợp tác chung đi vào chiều sâu, mang lại hiệu quả kinh tế cao. Chủ tịch HĐQT Tập đoàn bày tỏ niềm tin tưởng vững chắc rằng, trên nền tảng kết quả hợp tác hiệu quả thời gian qua và sự hiểu biết lẫn nhau, mối quan hệ giữa hai Tập đoàn sẽ tiếp tục gặt hái được nhiều thành công hơn nữa trong tương lai, đóng góp tích cực vào việc hoàn thành xuất sắc các nhiệm vụ kinh tế - xã hội mà Chính phủ hai nước Việt Nam - Nhật Bản giao phó, đồng thời củng cố mối quan hệ hợp tác chiến lược toàn diện giữa hai quốc gia.

Tác giả: Truyền thông TKV

Contents	Page
Dr. Nguyen Ngoc Giang, Eng. Nguyen Duc Quan - <i>Study on Proposed Support Passports for Headgate and Tailgate Junctions of Shield-Supported Longwall for underground coal mines in TKV</i>	1
MSc. Le Ba Phuc, MSc. Do Van Trieu - <i>Development of a Slope Deformation Monitoring Database for Early Warning and Stability Management in Open-Pit Mining</i>	8
Dr. Pham Trung Hai, MSc. Doan Ngoc Canh, MSc. Tran Ngo Huan, Eng. Tran Quoc Chien - <i>Research, Design and Fabrication of a 13,000 kN Load Testing Frame for Hydraulic Roof Support Inspection in Underground Coal Mines</i>	15
Dr. Pham Thanh Liem and Others - <i>Development of a Distributed Control System Model for Primary Smart Longwall in TKV</i>	22
MSc. Dang Hong Thang, MSc. Nguyen Van Duc - <i>Application of Digital Technologies in Mining Equipment Operator Training</i>	28
MSc. Luong The Tien - <i>Maintenance Practices for Enhancing the Reliability of Mine Gas Monitoring Systems</i>	34
Dr. Nguyen Minh Phien - <i>Trends in the Application of Artificial Intelligence for Energy Optimization of Underground Coal Mine Ventilation Systems</i>	38
MSc. Nguyen Duy Long, Eng. Trinh Quoc Lap - <i>Application of GNSS/CORS Technology for Monitoring Surface Deformation Caused by Underground Coal Mining</i>	45
BSc. Vu Thi Hong Gam and Others - <i>Study on the Development of Composite Unit Prices for Copper Ore and Bauxite Ore Mining Operations in Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Corporation Limited</i>	49
MSc. Pham Quang Huong, MSc. Phung Thu - <i>Solutions for Improving the Effectiveness of Occupational Safety and Health Management at Mining Technology and Equipment Development Joint Stock Company</i>	54

Chào mừng Ngày Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo Việt Nam

Ngày 18 tháng 5 là ngày có ý nghĩa lịch sử đặc biệt quan trọng của giới trí thức khoa học và công nghệ Việt Nam, bởi đây là ngày Chủ tịch Hồ Chí Minh đến dự và chúc mừng Đại hội Đại biểu Phổ biến Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam toàn quốc lần thứ nhất. Luật Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo năm 2025 cũng đã lấy ngày này là ngày “Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo Việt Nam”



Ngày Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo Việt Nam là dịp để tôn vinh những đóng góp to lớn của đội ngũ trí thức, nhà khoa học, doanh nghiệp và những người đang không ngừng sáng tạo vì sự phát triển của đất nước. Trong thời đại chuyển đổi số và hội nhập toàn cầu, khoa học công nghệ và đổi mới sáng tạo chính là động lực quan trọng thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, nâng cao chất lượng cuộc sống và khẳng định vị thế Việt Nam trên trường quốc tế.

Trên cơ sở Nghị quyết 57-NQ/TW của Bộ Chính trị, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin đã tăng cường tuyên truyền, nâng cao nhận thức cho cán bộ về vai trò và tầm quan trọng của khoa học công nghệ, đồng thời tiếp tục đẩy mạnh hoạt động đào tạo bồi dưỡng cán bộ, đầu tư thiết bị thí nghiệm và phối hợp chặt chẽ với các đơn vị sản xuất, đưa các giải pháp khoa học công nghệ và chuyển đổi số vào thực tiễn, góp phần nâng cao năng suất, giảm chi phí sản xuất, nâng cao mức độ an toàn lao động, đóng góp vào sự phát triển chung của Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam.

Nhân dịp “Ngày Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo Việt Nam”, Hãy cùng lan tỏa tinh thần đam mê nghiên cứu. chúc đội ngũ các nhà khoa học trên cả nước nói chung và Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin nói riêng luôn giữ

vững ngọn lửa đam mê và sáng tạo, vì sự phát triển của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, vì một Việt Nam thịnh vượng.



Một số hình ảnh hoạt động khoa học công nghệ của Viện



Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

TKV thúc đẩy nghiên cứu phát triển điện mặt trời tự sản, tự tiêu đáp ứng mục tiêu giảm phát thải

Sáng ngày 12/5/2026, tại Trụ sở TKV, Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn chủ trì chương trình làm việc nghe báo cáo nhiệm vụ tư vấn “Lập báo cáo rà soát, đánh giá khả năng phát triển điện mặt trời phục vụ tự sản, tự tiêu giai đoạn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050”

Dự chương trình có Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Phan Xuân Thủy; đại diện các Ban chuyên môn Tập đoàn; đại diện Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin, Tổng công ty Điện lực - TKV cùng các đơn vị liên quan.



Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn chủ trì chương trình làm việc

Trong chương trình làm việc, đại diện Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin đã báo cáo tổng quan kết quả rà soát, đánh giá tiềm năng phát triển điện mặt trời phục vụ tự sản, tự tiêu trong TKV.

Trước đó, đơn vị tư vấn đã tổ chức khảo sát tại 46 đơn vị trong TKV. Kết quả khảo sát cho thấy các đơn vị sản xuất trong TKV có phụ tải điện công suất lớn, hoạt động chủ yếu vào ban ngày, phụ tải tập trung, thuận lợi để triển khai điện mặt trời mái nhà gần điểm tiêu thụ điện. Việc phát triển mô hình này giúp giảm tổn thất điện năng trong quá trình truyền tải, nâng cao tỷ lệ điện tự sử dụng và phù hợp với định hướng phát triển điện tự sản - tự tiêu trong Tập đoàn.

Đơn vị tư vấn đồng thời đề xuất các mô hình phát triển điện mặt trời phù hợp với điều kiện thực tế tại các đơn vị trong TKV. Trong đó, điện mặt trời mái nhà được xác định là mô hình ưu tiên số 1, có thể triển khai ngay, tận dụng mái nhà xưởng, thời gian thực hiện nhanh, vốn đầu tư ở mức vừa phải, phù hợp với nhu cầu tự dùng, với suất đầu tư khoảng 9 - 11 triệu đồng/kWp. Đối với điện mặt trời mặt đất, báo cáo đề xuất triển khai theo lộ trình



Viện trưởng Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin Đào Hồng Quảng báo cáo tổng quan kết quả nhiệm vụ

trung và dài hạn, tận dụng các bãi thải mỏ, khu vực hoàn nguyên sau khai thác với khoảng 784 ha tại các mỏ lộ thiên và khoảng 734 ha tại các mỏ hầm lò. Đây là mô hình quy mô lớn, cần tiếp tục hoàn thiện cơ sở pháp lý liên quan đến sử dụng đất và đầu nối hệ thống điện, với suất đầu tư khoảng 10 - 13 triệu đồng/kWp. Riêng mô hình điện mặt trời mặt nước được đề xuất triển khai thí điểm tại khu vực Thủy điện Đồng Nai 5 với diện tích khoảng 15 ha, tương đương công suất khoảng 20,3 MWp; đồng thời nghiên cứu khả năng triển khai tại các moong khai thác của Hà Tu, Suối Lài sau năm 2030. Suất đầu tư đối với mô hình này dự kiến khoảng 13 - 14 triệu đồng/kWp.

Phát biểu tại chương trình làm việc, Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Phan Xuân Thủy nhấn mạnh việc phát triển điện mặt trời tự sản, tự tiêu cần được xem xét trên cơ sở phù hợp với đặc thù sản xuất của TKV, bảo đảm hiệu quả đầu tư, hiệu quả vận hành, tính đồng bộ trong quản lý kỹ thuật, an toàn hệ thống điện.

Kết luận chương trình làm việc, Tổng Giám đốc Tập đoàn Vũ Anh Tuấn đánh giá cao công tác chuẩn bị của Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin và các đơn vị liên quan. Tổng Giám đốc nhấn mạnh, việc nghiên cứu phát triển điện mặt trời phục vụ tự sản, tự tiêu là xu hướng cần thiết, phù hợp với định hướng phát triển xanh, chuyển đổi năng lượng và chiến lược phát triển bền vững của TKV và đề nghị Viện tiếp tục rà soát, đánh giá kỹ hiện trạng phụ tải, nhu cầu sử dụng điện, tiềm năng mặt bằng tại các đơn vị; nghiên cứu kỹ hiệu quả đầu tư, phương án kỹ thuật, công nghệ, cơ chế vận hành phù hợp với điều kiện thực tế của TKV. Đồng thời, xây dựng lộ trình triển khai theo hướng trọng tâm, trọng điểm, ưu tiên các khu vực có điều kiện thuận lợi, bảo đảm tính khả thi, hiệu quả và đồng bộ trong quá trình tổ chức thực hiện.

Tác giả: Truyền thông TKV