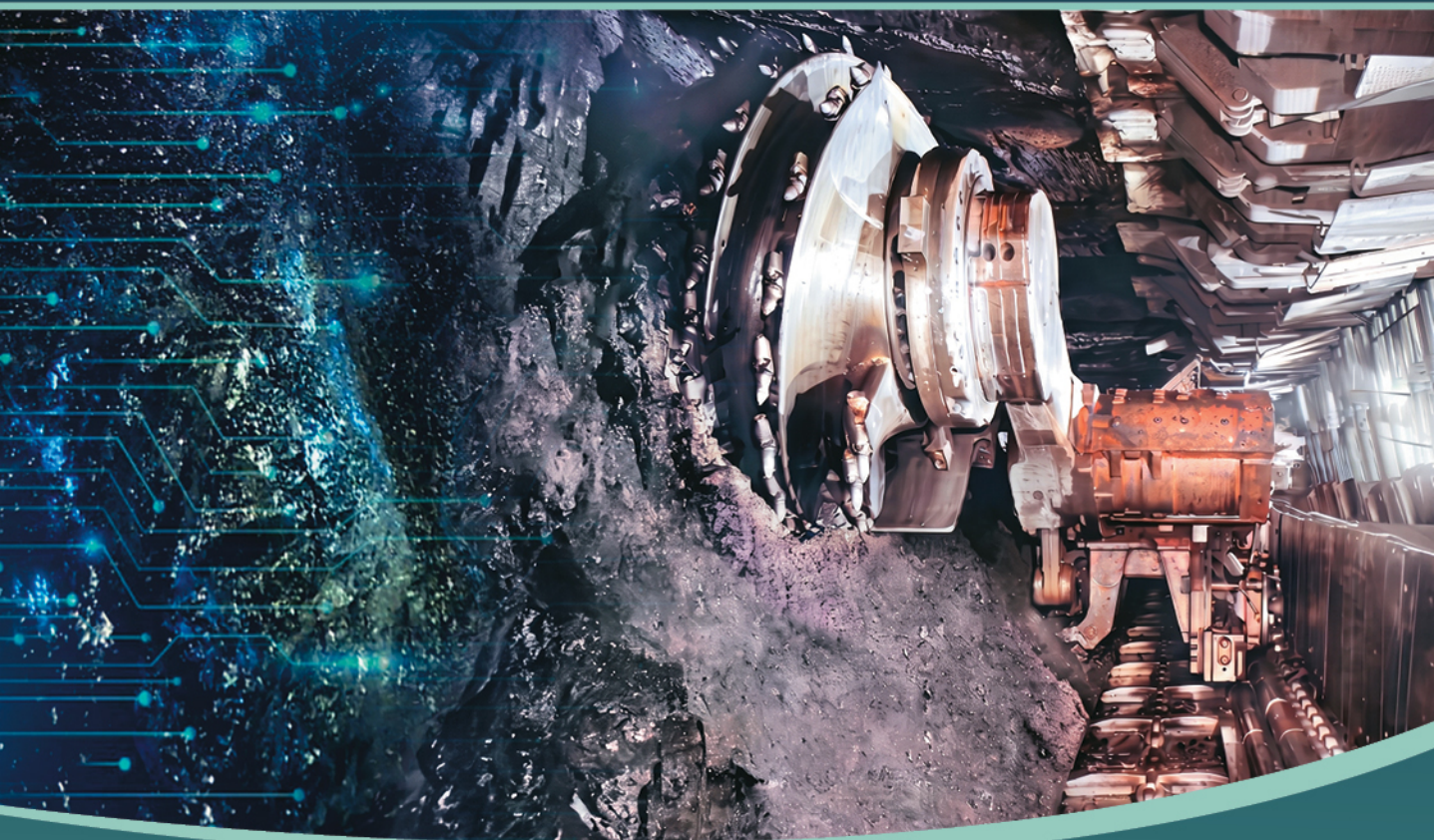




TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN
2026

MỤC LỤC

	LỜI NÓI ĐẦU	3
	BỘ MÔN KHAI THÁC HẦM LÒ: 60 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN (1966 - 2026) & 70 NĂM ĐÀO TẠO NGÀNH KHAI THÁC MỎ HẦM LÒ (1956 - 2026)	12
1	ĐỊNH HƯỚNG ĐỔI MỚI VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ KHAI THÁC THAN HẦM LÒ TẠI TKV GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Vũ Anh Tuấn¹, Nguyễn Minh Tuyên^{1,*} <i>¹Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	17
2	TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ MỎ KHI TỔ CHỨC KHAI THÁC ĐỒNG THỜI 6 LÒ CHỢ CỦA TẦNG -230/-150 CÔNG TY THAN MẠO KHẾ - TKV Nguyễn Cao Khải^{1,2,*}, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,2}, Đinh Thị Thanh Nhân^{1,2}, Vũ Đức Nghĩa^{1,3} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM) ³Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	29
3	ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH NỔ MÌN KHI ĐÀO LÒ ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA ĐƯỜNG LÒ LÂN CẬN: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP MỘT ĐƯỜNG LÒ TẠI CÔNG TY THAN VÀNG DANH Bùi Mạnh Tùng¹, Ngô Thành Tâm², Trần Trung Thái³, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Quảng Ninh ³Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV</i>	41
4	NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO DIỆN TÍCH GƯƠNG LÒ SAU KHI NỔ MÌN TẠI MỘT SỐ ĐƯỜNG LÒ ĐIỂN HÌNH TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ KHU VỰC QUẢNG NINH Đỗ Hoàng Hiệp^{1,2}, Nguyễn Việt Hùng³, Bùi Mạnh Tùng¹, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Công ty 35 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ³Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin</i>	60
5	MECHANICAL BEHAVIOR OF CFRP-CONFINED HIGH-WATER MATERIAL UNDER DYNAMIC LOADING Feiyang Feng¹, Baiyun Yu¹, Shuling Meng², Hongchao Zhao^{3,*} <i>¹School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University ²China West Construction Group Co., Ltd. ³State Key Laboratory of Intelligent Construction and Healthy Operation and Maintenance of Deep Underground Engineering</i>	70
6	NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU NỒNG ĐỘ BỤI TẠI MẶT BẰNG CẢNG KHE DÂY THUỘC CÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC Bùi Thanh Sơn¹, Bùi Quang Sáng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}, Nguyễn Viết Thắng² <i>¹Công ty Cảng - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	80

7	CƠ GIỚI HÓA TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ TẠI MỎ THAN HÀ LÂM: THỰC TRẠNG VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Nguyễn Hữu Đạt¹, Vũ Ngọc Thắng², Đinh Trung Kiên², Đỗ Trung Thành¹, Vũ Bá Trương^{1*} <i>¹Công ty Cổ phần Than Hà Lâm - Vinacomin</i> <i>²Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	88
8	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP PHUN ÉP NƯỚC TĂNG ĐỘ LIÊN KẾT CỦA THAN TẠI CÁC GƯƠNG LÒ ĐÀO QUA VỈA THAN MỀM YẾU, BỎ RỜI TẠI CÔNG TY THAN KHE CHÀM - TKV Trần Quốc Đoàn¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Đặng Văn Kiên², Đỗ Trọng Tấn¹ <i>¹Công ty Than Khe Chàm - TKV</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>³Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	98
9	GIẢI PHÁP XÂY DỰNG CÔNG VIÊN TRONG KHU VỰC MỎ THAN NA DƯƠNG, CÔNG TY THAN NA DƯƠNG, TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCP Nguyễn Đăng Hiệp¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Nguyễn Quốc Tuấn¹ <i>¹Công ty Than Na Dương - VVMI</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>³Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	105
10	NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH LƯỢNG GIÓ CẦN ĐƯA VÀO MỎ THAN HẦM LÒ TRONG NGÀY KHÔNG LÀM VIỆC Trần Xuân Hà¹, Đào Văn Chi^{2,*}, Nguyễn Hồng Cường² <i>¹Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	115
11	AN TOÀN TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH: THỰC TRẠNG CÔNG TÁC AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG, CÁC VẤN ĐỀ CỐT LỖI VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC Phạm Đức Thang^{1,*}, Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Ngọc Minh¹, Lê Quang Phục² <i>¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	123
12	GIẢI PHÁP NÂNG CAO TỐC ĐỘ ĐÀO LÒ TẠI KHU N.V MỎ THAN KHE TAM, CÔNG TY THAN DƯƠNG HUY - TKV Cao Việt Phương¹, Nguyễn Thế Cường¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*} <i>¹Công ty Than Dương Huy - TKV</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	135
13	THÀNH LẬP HỘ CHIẾU CHỐNG GIỮ CHO CÁC ĐƯỜNG LÒ DƯỚI KHU VỰC MOONG LỘ THIÊN NÚI BÉO TẠI MỎ THAN HÀ LÂM Vũ Trung Tiến^{1,2,*}, Đào Viết Đoàn¹, Đỗ Anh Sơn¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	143
14	COMPUTER-AIDED DESIGN AND PLANNING METHODOLOGY FOR OPEN-PIT AND UNDERGROUND DIMENSION STONE MINES: EUROPEAN EXPERIENCES AND APPLICABILITY IN VIETNAM Nguyen Anh Tuan^{1,2,*}, Pham Van Viet^{1,2}, Pham Van Hoa¹, Ngo Thanh Tuan² Pham Tuan Cuong¹, Tran Trung Anh^{1,2}, Do Anh Son¹ <i>¹Hanoi University of Mining and Geology</i> <i>²Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering, HUMG</i>	157

-
- 15** TÍNH TOÁN KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU TƯỜNG BÊ TÔNG HẦM CHỨA NƯỚC TẠI CÔNG TY CỔ PHẦN THAN MÔNG DƯƠNG - VINACOMIN 171
Nguyễn Phi Hùng¹, Bùi Mạnh Tùng¹, Phạm Đức Hưng¹, Trần Trung Thái^{2,*}
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV
-
- 16** MECHANISM OF OVERSIZE BLOCK GENERATION AND BLOCK SIZE CONTROL IN LARGE-SCALE OPEN-PIT COAL MINE BLASTING 179
Hongyan Xu¹, Fei Gao², Hui Chen^{2,*}
¹Xuefeng Science and Technology Group, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China
²School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China
-
- 17** GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU QUẢ THU HỒI THAN NÓC TRONG LÒ CHỢ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ VỈA 7 MỎ THAN HÀ LÂM 193
Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹, Nguyễn Phi Hùng¹, Đào Văn Chi¹, Phạm Văn Quân²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
-
- 18** TỔNG QUAN VỀ HỆ SỐ SỨC CẢN MA SÁT CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG LÒ TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM 204
**Đào Văn Chi¹, Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹
Phạm Tú Phương², Đàm Huy Tài², Nguyễn Minh Đức³**
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Công ty Cổ phần Tư vấn đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin
³Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương
-
- 19** ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA KHAI THÁC TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ THUỘC TKV VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 217
Dương Đức Hải^{1,*}, Đào Hồng Quảng¹, Đỗ Văn Hoàng¹
¹Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
-
- 20** KẾT QUẢ TƯ VẤN THIẾT KẾ CÁC MỎ THAN HẦM LÒ KHAI THÁC TRONG ĐIỀU KIỆN PHỨC TẠP CỦA TKV 226
Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Đỗ Văn Hoàng², Thân Văn Duyệt²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin
-
- 21** MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO VẬN TỐC HẠT CỤC ĐẠI PPV TẠI ĐƯỜNG LÒ CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC NỔ MÌN 235
Nguyễn Chí Thành¹, Phạm Quang Nam², Bùi Mạnh Tùng^{1,*}
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Điện Lực
-
- 22** GÓC NHÌN VỀ HOÀN THIÊN VĂN HÓA AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ Ở MỎ THAN VÀNG DANH KHI XUỐNG SÂU 244
Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Nguyễn Đăng Hiệp³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
³Công ty Than Na Dương - VVMI
-

23	NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG NGUỒN CÁT NGHIÊN TỪ ĐÁ THẢI MỎ CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ MỘT SỐ SẢN PHẨM ỨNG DỤNG	252
	Phạm Thị Nhân^{1,2,*}, Huỳnh Linh Chi¹, Đặng Quang Hiếu¹, Đỗ Mạnh Dũng¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
24	NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÚT GẤY ĐẾN QUÁ TRÌNH ĐÀO LÒ CHUẨN BỊ VÀ KHAI THÁC TRONG MỎ THAN HẦM LÒ	261
	Vũ Thái Tiến Dũng¹, Bùi Mạnh Tùng^{1,*}, Nguyễn Minh Đức², Phạm Quang Nam³ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương ³Trường Đại học Điện Lực</i>	
25	ĐÁNH GIÁ NGUỒN PHÁT SINH KHÍ BỤI TẠI MỎ THAN CAO SƠN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ CHO KHU VỰC	271
	Đỗ Mạnh Dũng¹, Trần Thị Thanh Thủy^{2,*}, Trần Anh Quân² <i>¹Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
26	XU THẾ KHAI THÁC BẰNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH THUỘC TKV	279
	Phạm Đức Hưng^{1,2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	
27	TƯ VẤN THIẾT KẾ CHUYỂN ĐỔI CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DƯỚI TRỤ BẢO VỆ ĐƯỜNG LÒ KHU II MỎ NÚI BÉO ĐỂ NÂNG CAO HIỆU QUẢ KINH TẾ	288
	Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Phạm Đức Hưng¹, Đào Văn Chi¹, Trương Tiến Quân² <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	
28	ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA CÁC TRẠM QUẠT GIÓ CHÍNH TẠI MỎ THAN NAM MẪU NHẪM ĐÁP ỨNG NHU CẦU SẢN XUẤT THỰC TẾ CỦA MỎ	296
	Đào Văn Chi¹, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,*}, Trần Xuân Hà², Nguyễn Hồng Cường¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i>	
29	NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐỀ BIỂN TỈNH KIÊN GIANG (TRƯỚC KHI SÁP NHẬP)	304
	Nguyễn Tiến Tài¹, Võ Nhật Luân^{2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Trường Đại học Văn Hiến</i>	
30	ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU TRONG MÔ HÌNH HỒI QUY VECTOR HỖ TRỢ ĐỂ DỰ ĐOÁN NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ LÒ CHỢ TẠI MỎ THAN NAM MẪU	313
	Nguyễn Văn Quang^{1,*}, Nguyễn Văn Thịnh¹, Bùi Mạnh Tùng¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
31	NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH LIÊN KẾT GIỮA CẢI TẠO PHỤC HỒI MÔI TRƯỜNG VỚI TÁI SỬ DỤNG QUỸ ĐẤT SAU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN: HƯỚNG TỚI KINH TẾ TUẦN HOÀN	321
	Trần Thị Ngọc^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Vũ Thị Lan Anh¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	

-
- 32** NÂNG CAO HIỆU QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ TRONG ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC VỈA PHỨC TẠP 331
Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Trần Văn Hưng³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
³Công ty 91 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc
-
- 33** ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ CỦA BĂNG TẢI KHU VỰC QUẢNG NINH ĐỊNH HƯỚNG TIẾT KIỆM ĐIỆN NĂNG 341
Nguyễn Đình Tiến¹, Nguyễn Huyền Trang^{2,*}, Lê Xuân Thành³
¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
²Trường Đại học Việt - Hung
³Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 34** ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ THÔNG GIÓ TẠI MỎ THAN MẠO KHÊ 353
Nguyễn Hồng Cường^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Lê Văn Thao², Lê Quang Phục¹, Vũ Đức Trọng³
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
³Công ty Than Mạo Khê - TKV
-
- 35** NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CHUỖI TRONG LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN MỞ VỈA: VÍ DỤ CHO MỎ CHÌ - KÉM LŨNG HOÀI, BẮC KẠN 362
Đinh Thị Thanh Nhân^{1,*}, Ngô Thái Vinh¹
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 36** NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TẠI MẶT BẰNG SẢN CÔNG NGHIỆP MỎ THAN MÔNG DƯƠNG 371
Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}
¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
²Trường Đại học Mỏ - Địa chất
-
- 37** ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG SỐ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC KHÔNG TRỤ BẢO VỆ DƯỚI ĐÁ VÁCH BỀN VỮNG VÙNG THAN QUẢNG NINH 380
Lê Tiến Dũng^{1,*}, Phạm Trung Nguyên²
¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất
²Trung tâm Hỗ trợ tiến bộ Kỹ thuật mỏ, Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam
-

ỨNG DỤNG MÔ PHÒNG SỐ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ KHAI THÁC KHÔNG TRỤ BẢO VỆ DƯỚI ĐÁ VÁCH BỀN VỮNG VÙNG THAN QUẢNG NINH

Lê Tiến Dũng^{1,*}, Phạm Trung Nguyên²

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Trung tâm Hỗ trợ tiến bộ Kỹ thuật mỏ, Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu trình bày đặc điểm và bản chất công nghệ khai thác không trụ bảo vệ (KTBV) và ứng dụng phương pháp mô phỏng số để đánh giá khả năng áp dụng công nghệ này cho điều kiện vách bền vững vùng than Quảng Ninh. Kết quả nghiên cứu cho thấy công nghệ khai thác KTBV phù hợp với điều kiện vách ổn định trung bình tới bền vững. Công nghệ này được áp dụng hiệu quả ở Trung Quốc nhưng chưa được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam dù có điều kiện tương đồng. Kết quả áp dụng mô phỏng thử nghiệm công nghệ KTBV ở một mỏ có vách ổn định trung bình tới bền vững vùng than Quảng Ninh cho thấy trong điều kiện thuận lợi, lò chợ bắt đầu ảnh hưởng rõ nét khi gương khẩu cách lò chuẩn bị khoảng 40 - 50 m. Khối đá xung quanh đường lò bị phá hủy tới 5 m tính từ biên đường lò. Mức độ ảnh hưởng là lớn nhất khi gương cách lò 10 m, với phần áp lực mỏ ở trên nóc than đường lò có thể tăng cao gấp hai lần khi gương ở xa lò. Phạm vi phá hủy là từ gương tới đường lò. Khi kết thúc khai thác lò chợ mức trên, than nóc, vách trực tiếp, vách cơ bản và một phần đá phủ trên lò sập đổ tạo một góc 80 độ so với nền lò. Phạm vi phá hủy bên phải hông lò là 15 m về phía lò chợ mức dưới. Các phương pháp mô phỏng số cho thấy sự phù hợp tốt để đánh giá khả năng áp dụng công nghệ khai thác KTBV, đặc biệt cho các điều kiện địa chất mỏ đa dạng như ở vùng than Quảng Ninh.

Từ khóa: không trụ bảo vệ; mô phỏng số; vách ổn định trung bình; vách bền vững

1. Tổng quan công nghệ khai thác không trụ bảo vệ

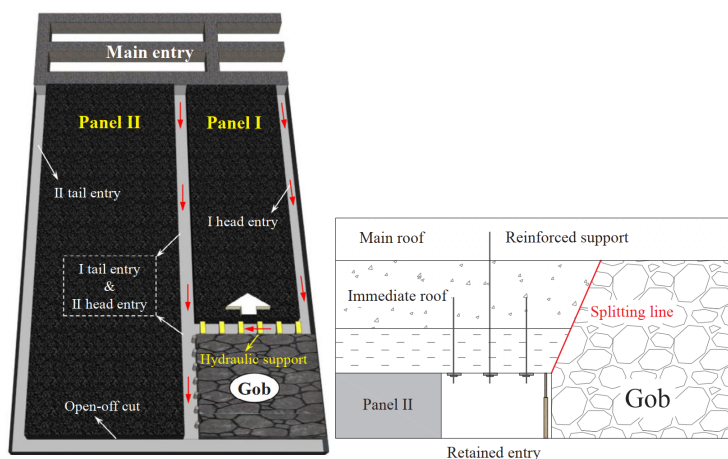
1.1. Đặc điểm công nghệ không trụ bảo vệ

Công nghệ khai thác KTBV được thử nghiệm từ năm 2009 ở Trung Quốc, dựa trên những hiểu biết nâng cao về biểu hiện đá vách và tiến bộ về thiết bị chống giữ thủy lực lò chợ cũng như neo cáp gia cố đường lò (He và nnk, 2015). Phương pháp này được gọi là phương pháp 110, nghĩa là có 1 lò chợ, 1 lò chuẩn bị và 0 trụ bảo vệ. Sơ đồ chuẩn bị cột khai thác của phương pháp được thể hiện trong Hình 1.

Bản chất của công nghệ khai thác KTBV là chống giữ duy trì lò dọc vỉa vận tải (DVVT) của lò chợ phân tầng trên để sử dụng lại làm lò dọc vỉa thông gió (DVTG) cho lò chợ phân tầng dưới (Trần và nnk, 2023). Đường lò được duy trì bằng giải pháp chủ động là thực hiện giảm tải áp lực lên đường lò, đồng thời tăng cường khả năng mang tải của đường lò. Việc giảm tải áp lực được thực hiện nhờ khoan và nổ mìn cắt vách dọc theo đường lò chuẩn bị. Việc tăng cường khả năng mang tải được thực hiện nhờ neo cáp có lực kháng không đổi NPR vào sâu trong khối đá ở nóc lò, đồng thời chống bổ sung các cột thủy lực có sức chịu tải lớn dọc theo đường lò chuẩn bị trong phạm vi đường lò chịu ảnh hưởng của áp lực do khai thác lò chợ. Do được giảm tải áp lực và tăng cường sức chống đỡ nên đường lò sẽ duy trì ổn định ngay cả khi chịu tải trọng động từ việc sập đổ đá vách lò chợ. Nhờ việc duy trì ổn định đường lò chuẩn bị này nên ở cột khai thác tiếp theo chỉ cần đào mới một đường lò chuẩn bị, cùng với một lò cắt thì công tác khai thác tiếp theo được tiến hành.

*Tác giả liên hệ

Email: t.d.le@humg.edu.vn



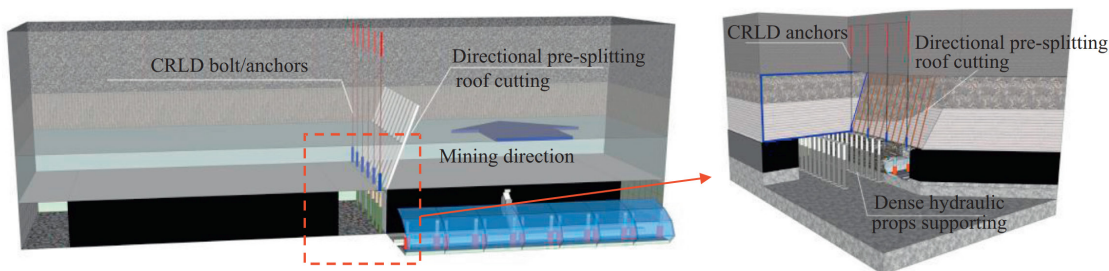
Hình 1. Sơ đồ chuẩn bị cột khai thác trong công nghệ khai thác KTBV

Nguồn: Gao và cộng sự (2019)

Để chống duy trì lò DVVT trong công nghệ khai thác KTBV, tổ hợp các giải pháp sau cần được thực hiện:

- Chống tăng cường cho lò DVVT bằng neo cáp lực kháng không đổi NPR;
- Khoan, nổ mìn định hướng cắt vách dọc theo hông lò DVVT để giảm áp lực lên vỉ chống;
- Chống tăng cường giữ nóc trong vùng áp lực tựa và làm tường chắn nhân tạo cách ly khoảng trống đã khai thác của lò chợ với lò DVVT phía sau lò chợ;
- Thu hồi các vỉ chống tăng cường ở khu vực lò DVVT ổn định sau gương lò chợ;
- Kiểm soát liên tục độ ổn định đường lò bằng hệ thống quan trắc tự động.

Trong các giải pháp trên, giải pháp chủ động cắt vách giảm tải áp lực cho lò DVVT được cho là có tính đột phá và quan trọng nhất, giúp nâng cao mức độ ổn định đường lò. Các lỗ khoan cắt vách được bố trí nghiêng 15 độ so với phương thẳng đứng, hướng về phía mặt gương lò chợ. Khoảng cách giữa các lỗ là 0,4 - 0,5 m trong đá cứng và tăng lên 0,5 - 0,6 m trong đá mềm hơn. Nguyên lý cắt vách hình thành đường lò trong sơ đồ công nghệ được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Nguyên lý cắt vách hình thành đường lò trong khai thác KTBV

Nguồn: Tao và cộng sự (2018)

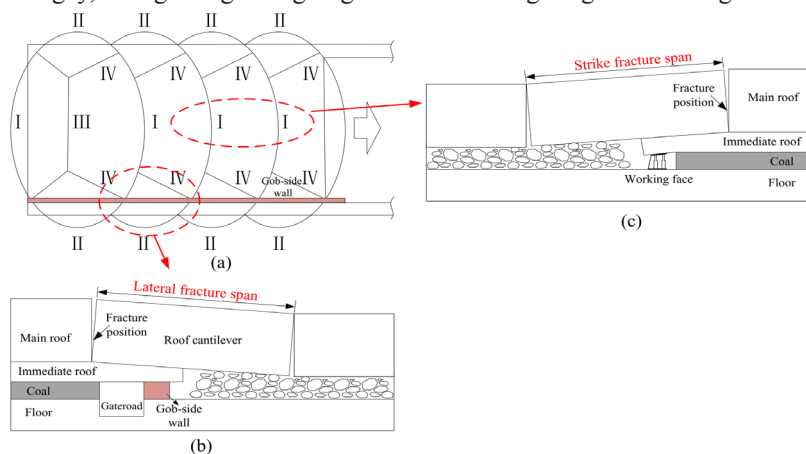
1.2. Cơ sở khoa học của công nghệ không trụ bảo vệ

Cơ sở khoa học của công nghệ khai thác KTBV là hiểu rõ sự phân bố ứng suất mỏ trong các khối đá gây ra bởi hoạt động khai thác lò chợ, đặc biệt ở bên hông (biên) lò chợ. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, cường độ và vị trí ứng suất lớn nhất bên hông (biên) lò chợ phụ thuộc vào:

- Vị trí tương quan các lò chợ;
- Vị trí gương khai thác hoạt động;
- Kích thước lò chợ.

Sự tăng ứng suất dọc theo hông làm tăng áp lực lên các trụ bảo vệ phần vỉa than nguyên khối. Sự gia tăng này trở nên nghiêm trọng hơn nữa trong trường hợp vách khó sập đổ, hình thành vách treo trên diện rộng vùng không gian đã khai thác. Các nghiên cứu về cơ chế sập gãy vách treo bên lò chợ cho tới nay

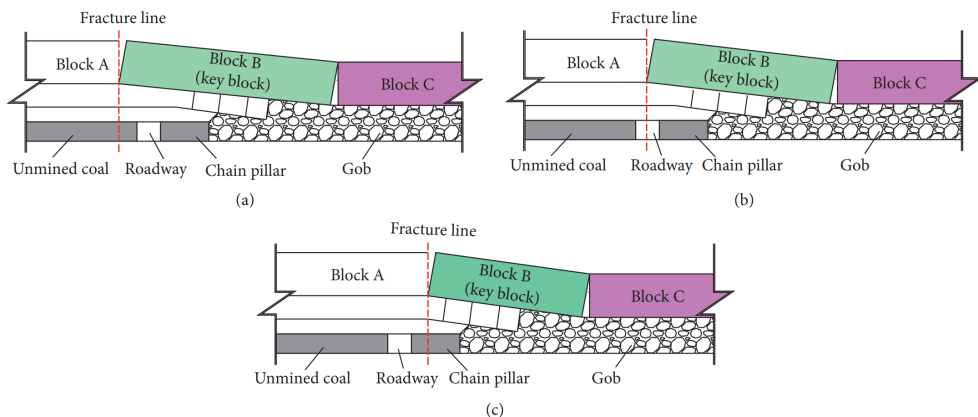
tập trung chủ yếu theo hướng tiến gương khai thác. Các nghiên cứu cơ chế gãy dọc theo gương lò chợ (theo chiều rộng lò chợ) còn hạn chế. Một lý thuyết cơ bản thường được các học giả Trung Quốc áp dụng là “Lý thuyết vách chủ đạo” (Key Strata Theory), thể hiện trong Hình 3. Theo đó, khi gương khai thác dịch chuyển từ lò cắt ban đầu, vách khó sập đổ bên trên khoảng trống khai thác tồn tại ở trạng thái dầm bị ngàm bốn cạnh. Theo tiến độ khai thác, dầm vách uốn xuống với mô men uốn ngày càng tăng. Khi mô men uốn vượt quá độ bền kéo tới hạn của dầm, vách sẽ bị phá hủy ban đầu dọc theo cạnh dài I. Tiếp đó, vách bị phá hủy dọc theo cạnh ngắn II, và hình thành đứt gãy dạng O. Dầm vách tiếp tục phá hủy ở vị trí chính giữa III, kéo theo sự hình thành của các khe nứt IV, và hình thành dạng đứt gãy X. Sự phá hủy dầm vách lúc này là kết hợp đứt gãy dạng O và X, và được gọi là dạng O-X. Theo tiến độ khai thác, sự phá hủy dầm dạng O-X kéo theo sự hình thành các dầm công xôn vách dọc theo hướng tiến gương (được gọi là dầm công xôn theo phương) và dầm dọc theo hông lò chợ (được gọi là dầm công xôn theo hông). Khi các dầm công xôn gãy, chúng làm gia tăng ứng suất biên trước gương và bên hông.



Hình 3. Lý thuyết vách chủ đạo

Nguồn: Qian và cộng sự (2010); Yang và cộng sự (2019)

Nghiên cứu của Yang và cộng sự (2019) cho biết chiều dài dầm công xôn theo hai hướng trên tương đương nhau và bằng với bước tải trọng động thường kỳ. Vị trí gãy của các dầm, do đó, phụ thuộc vào các đặc tính cơ học và hình học của vách chủ đạo, vỉa than, thiết bị chống giữ. Nghiên cứu của Wang và cộng sự (2014) chỉ ra rằng, khi vị trí gãy dầm công xôn nằm ở phần than nguyên khối, dầm gây tác động mạnh nhất tới đường lò dọc vỉa (Hình 4). Ngược lại, khi vị trí gãy dầm nằm ở trụ bảo vệ, dầm gây tác động ít nhất tới đường lò. Vị trí gãy dầm cũng phản ánh vị trí của khối đá vách chủ đạo và do đó lý thuyết “Key Strata Theory” còn được gọi là “Key Block Theory” (Lý thuyết khối chủ đạo).



Hình 4. Vị trí gãy dầm công xôn theo hông

Nguồn: Guo và cộng sự (2019); Wang và cộng sự (2014)

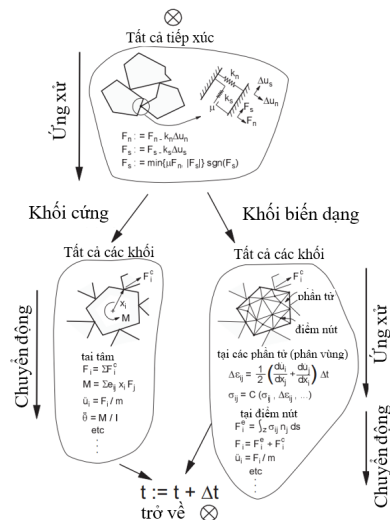
2. Phương pháp mô phỏng số

2.1. Giới thiệu phương pháp mô phỏng số

Các phương pháp số nhằm mô phỏng ứng xử khối đá thông qua các phương trình toán học dựa trên công thức hoặc thuật toán. Việc sử dụng phương pháp số trong địa kỹ thuật là cần thiết bởi có quá nhiều biến số để có thể kiểm tra thực nghiệm đầy đủ, dù rằng không có mô hình toán học nào đủ tổng quát hoặc đầy đủ để mô phỏng toàn bộ đặc điểm vật lý của khối đá, ứng xử của nó, hình học khai thác, cũng như hệ thống chống giữ. Để sử dụng đúng đắn các phương pháp mô phỏng số, người dùng cần hiểu bản chất vật lý của các hiện tượng địa kỹ thuật được mô phỏng. Từ bản chất đối tượng mô phỏng và nội dung nghiên cứu, người dùng cần lựa chọn phương pháp mô phỏng phù hợp. Dựa trên phương pháp (chương trình, mã) mô phỏng đã chọn, cần đơn giản hóa đối tượng mô phỏng về các khía cạnh: mô hình ứng xử vật liệu, tiêu chuẩn phá hủy vật liệu, tính chất vật liệu, các cấu trúc địa chất và điều kiện biên (phạm vi). Mô hình cần được hiệu chỉnh và kiểm chứng với thực tế để đảm bảo tính đúng đắn. Bất cứ sự tác động nào tới đối tượng nghiên cứu cũng phải được mô phỏng gần đúng với thực tế. Cuối cùng, người dùng cần có kinh nghiệm để lựa chọn các tham số bất định hoặc tham số không thu thập được từ thực tế, vốn là điều không thể tránh khỏi trong các mô phỏng chương trình số.

2.2. Lựa chọn phương pháp, chương trình và trình tự mô phỏng

Bản chất của việc mô phỏng công nghệ khai thác KTBV là mô phỏng biểu hiện tập đá vách đường lò dọc vỉa ngăn cách giữa vùng không gian đã khai thác của lò chợ mức trên và vùng than nguyên khối của lò chợ liền kề sẽ khai thác mức dưới. Như vậy, đối tượng cốt lõi nhất được mô phỏng chính là đất đá địa tầng than. Đá mỏ có nguồn gốc thành tạo trầm tích và trải qua nhiều hoạt động kiến tạo, dẫn tới việc có đặc điểm phân lớp và chứa mặt phân cách/cấu trúc địa chất không liên tục. Các mặt phân cách có thể ở dạng thành hệ hoặc rời rạc. Các phương pháp mô phỏng chia miền như phân tử rời rạc cho thấy sự phù hợp nhất để mô phỏng các cấu trúc khối đá nêu trên.



Hình 5. Chu trình tính toán trong UDEC

Nguồn: Itasca Consulting Group (2024)

Trong hệ thống khai thác lò chợ dài, việc điều khiển áp lực mỏ đồng nghĩa với việc điều khiển sự sập đổ đá vách theo tiến độ khai thác. Đá vách (và hông, gương lò chợ) có thể hạ từ từ không tách rời hoặc sập đổ đột ngột tách rời hoàn toàn khỏi tầng đá vách, kèm theo các chuyển động xoay và tương tác giữa rất nhiều khối đá riêng biệt. Chương trình mô phỏng số Universal Distinct Element Code (UDECTM) của hãng Itasca Consulting Group (2024), (Mỹ) hoàn toàn mô phỏng được các biểu hiện và tương tác giữa các khối đá nêu trên và do đó được lựa chọn sử dụng làm công cụ mô phỏng trong nghiên cứu này. UDEC là chương trình mô phỏng hai chiều một đối tượng nghiên cứu như là một tập hợp các khối riêng rẽ mà biểu hiện của khối được điều khiển bởi quy luật ứng suất - biến dạng. Mặt phân cách trong mô phỏng là

biên giới (tiếp xúc) giữa các khối và biểu hiện của mặt phân cách cũng bị chi phối bởi quy luật lực - dịch chuyển (Hình 5). UDEC dựa trên nền tảng tính toán “Lagrangian” nên rất phù hợp cho mô phỏng dịch chuyển lớn và biến dạng vật liệu thường thấy trong khai thác lò chợ.

Các đối tượng hầm lò có bản chất là ba chiều trong khi UDEC là hai chiều nên mặt cắt mô phỏng cần phải đặc trưng cho đối tượng nghiên cứu. Do cần quan tâm tới biểu hiện phần đá vách bên trên đường lò dọc vỉa và các lò chợ tiếp giáp nhau theo chiều dốc, nên mặt cắt mô phỏng sẽ được dựng dọc theo chiều dốc các lò chợ và cắt ngang tiết diện lò dọc vỉa. Mặt khác, áp lực tác dụng lên đường lò dọc vỉa thay đổi theo tương quan với vị trí của lò chợ tầng trên, vị trí mặt cắt quan trọng nhất cần phải dựng là khi đường lò chuẩn bị phân tầng dưới tiếp giáp với phần không gian đã khai thác phân tầng trên, tính tới trường hợp vách treo theo phương vỉa gây áp lực tựa lớn nhất bên hông. Trình tự xây dựng mô hình bám sát theo thực tế phải bao gồm được các giai đoạn sau:

Giai đoạn 1: Chưa có bất cứ hoạt động đào lò hay khai thác nào theo mặt cắt mô phỏng (dọc theo chiều dốc vỉa). Mô hình đạt trạng thái cân bằng ban đầu.

Giai đoạn 2: Đã có đường lò dọc vỉa chuẩn bị giữa hai lò chợ. Lò chợ bên dưới lò chuẩn bị chưa có hoạt động khai thác. Lò chợ bên trên đã có hoạt động khai thác nhưng gương than còn ở xa, chưa tiến gần và chưa gây ảnh hưởng đáng kể tới lò dọc vỉa. Mô hình đạt trạng thái cân bằng.

Giai đoạn 3: Giống giai đoạn 2 nhưng lúc này gương than theo phương vỉa của lò chợ trên tiến tới vị trí mặt cắt mô phỏng. Phần than nguyên khối trước gương của lò chợ bên trên rơi vào vùng ứng suất tập trung trước gương. Mô hình đạt trạng thái cân bằng với sự ổn định của đường lò dọc vỉa.

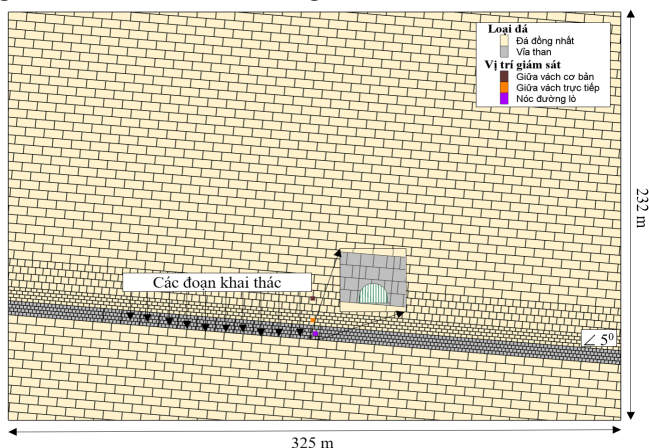
Giai đoạn 4: Gương than lò chợ trên vượt qua vị trí mặt cắt mô phỏng. Lúc này vùng không gian lò chợ cũ trở thành vùng biên của lò chợ mới. Cơ chế sập đổ, kích thước vách treo, vị trí gãy và phạm vi phá hủy khối đá xung quanh đường lò chuẩn bị cần được làm rõ.

Cùng với việc gán các cấu trúc địa chất, tính chất cơ học vật liệu, điều kiện ứng suất, điều kiện biên mô hình, việc mô phỏng vì chống đường lò là hết sức quan trọng. Đề đơn giản hóa vì chống vòm thép thường được sử dụng trong công tác đào lò Việt Nam, cấu trúc phân tử lò xo trong UDEC được sử dụng. Với yêu cầu phức tạp hơn, cấu trúc phân tử dầm (beam) có thể xem xét cho mô phỏng. Trong trường hợp vách được gia cố bởi vì neo, cấu trúc vì neo (bolt hoặc cable) trong UDEC có thể được sử dụng.

3. Ứng dụng mô phỏng số đánh giá khả năng áp dụng công nghệ không trụ bảo vệ

3.1. Kết quả xây dựng mô hình

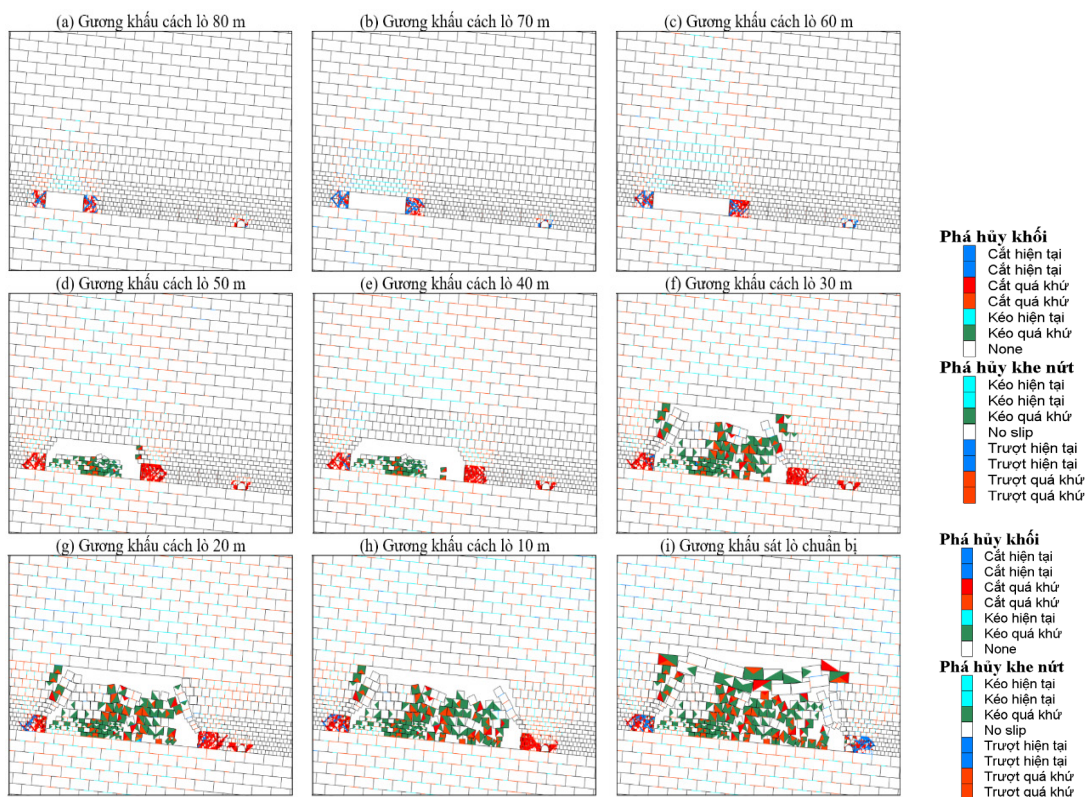
Nghiên cứu lựa chọn điều kiện địa chất mỏ ở lò chợ cơ giới hóa mỏ than A, Quảng Ninh để làm rõ sự biến dạng và sập đổ đá vách ở vùng biên lò chợ với lò chuẩn bị nếu áp dụng công nghệ khai thác KTBV. Do vấn đề bảo mật thông tin, tên mỏ A và đặc điểm địa chất công trình, thông tin công nghệ mỏ không được tiết lộ. Những thông tin phục vụ mô phỏng được lấy từ các hộ chiếu khai thác lò chợ do mỏ A cung cấp. Kết quả xây dựng mô hình được thể hiện trong Hình 6.



Hình 6. Mô hình khai thác KTBV lò chợ mỏ A

3.2. Phân tích biến dạng, phá hủy và sập đổ đá xung quanh lò chuẩn bị

Sự phá hủy và sập đổ khối đá xung quanh đường lò chuẩn bị được quan sát trực tiếp và đo đạc trên Hình 7. Hình 7(a - c) cho thấy ngay từ khi đào lò xong, khối đá xung quanh đường lò đã bị phá hủy ở một mức độ nhất định với phạm vi nhỏ (khoảng 1 m ở hai bên hông và nóc lò) và không gây biến dạng đường lò. Ảnh hưởng hoạt động khai thác than tới đường lò không rõ rệt trong 4 đoạn khẩu đầu tiên, khi phạm vi phá hủy không thay đổi. Từ đoạn khẩu gương thứ 5 trở đi, khối đá xung quanh đường lò bị phá hủy nhiều hơn. Phạm vi phá hủy mở rộng tới 5 m tính từ hai bên hông lò và nóc lò, thể hiện qua diện tích vùng phá hủy và số lượng mặt phân cách bị phá hủy (Hình 7d).



Hình 7. Phá hủy và sập đổ đất đá xung quanh đường lò chuẩn bị mỏ A, Quảng Ninh

Hình 7(d - i) cho thấy các phá hủy cắt là chủ đạo, hoàn toàn phù hợp với cơ chế phá hủy nén đơn trục (nén hông nhỏ). Hình 7(i) cho thấy khi gương khẩu sát đường lò chuẩn bị, đường lò về cơ bản vẫn ổn định và có biến dạng nhẹ hướng về vùng giải phóng ứng suất. Nguyên nhân của sự ổn định là do các tập đá vách nóc lò gãy rõ rệt ở phía trên đường lò, hình thành góc gãy gần như thẳng đứng (khoảng 80 độ) so với nền lò, hướng về vùng đã khai thác. Biểu hiện gãy vách tuân theo biểu hiện gãy dầm công xôn trên nóc và không gây áp lực lớn lên đường lò. Các tập đá nóc lò chuẩn bị gãy bao gồm toàn bộ than nóc, vách trực tiếp, vách cơ bản và một vài lớp vách tầng phủ. Có thể kết luận trong điều kiện đá vách ổn định trung bình tới bền vững, các tập đá vách sập đổ theo tiến độ khai thác và không gây áp lực lớn lên đường lò chuẩn bị. Khoảng không gian đã khai thác được lấp đầy tương đối bởi sự sập đổ đá vách và do đó giảm thiểu sự treo của các tập đá vách bên trên. Việc áp dụng HTKT không trụ bảo vệ trong điều kiện mỏ này là hoàn toàn phù hợp.

4. Kết luận

Các kết luận chính rút ra từ nghiên cứu như sau:

- Công nghệ khai thác KTBV phù hợp với điều kiện vách ổn định trung bình tới bền vững nhưng chưa được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam.

- Các phương pháp mô phỏng số cho thấy sự phù hợp để đánh giá khả năng áp dụng công nghệ khai thác KTBV, đặc biệt cho các điều kiện địa chất mỏ đa dạng như ở vùng than Quảng Ninh.

- Kết quả áp dụng mô phỏng thử nghiệm công nghệ KTBV ở mỏ A có vách ổn định trung bình tới bền vững ở Quảng Ninh cho thấy trong điều kiện thuận lợi, lò chợ bắt đầu ảnh hưởng rõ nét khi gương khẩu cách lò chuẩn bị khoảng 40 - 50 m. Khối đá xung quanh đường lò bị phá hủy tới 5 m tính từ biên đường lò. Mức độ ảnh hưởng là lớn nhất khi gương cách lò 10 m, với phần áp lực mỏ ở trên nóc than đường lò có thể tăng cao gấp hai lần khi gương ở xa lò. Phạm vi phá hủy là từ gương tới đường lò. Khi kết thúc khai thác lò chợ mức trên, than nóc, vách trực tiếp, vách cơ bản và một phần đá phủ trên lò sập đổ tạo một góc 80 độ so với nền lò. Phạm vi phá hủy bên phải hông lò là 15 m về phía lò chợ mức dưới.

Một số hạn chế trong nghiên cứu mô phỏng hiện tại như sự ảnh hưởng của tiến độ khai thác lò chợ theo phương, ảnh hưởng của lò chợ khai thác mức dưới, mô phỏng khoan nổ mìn cắt vách, mô phỏng chống giữ tăng cường đường lò và quan trắc biểu hiện khối đá hông lò trong sơ đồ KTBV sẽ được giải quyết trong các nghiên cứu mô hình số tiếp theo.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Bộ Công Thương trong đề tài mã số 004.2024.ĐT.CNKK.QG.

Tài liệu tham khảo

1. Gao, Y., Wang, Y., Yang, J., Zhang, X., & He, M, 2019. Meso- and macroeffects of roof split blasting on the stability of gateroad surroundings in an innovative nonpillar mining method. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 90, 99 - 118. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.04.025>.
2. Guo, J., Ma, L., Ju, F., Zhang, C., Wang, F., & Guo, S, 2019. Mechanism of Dynamic Failure in Roadways with Thick and Competent Roof Strata: A Case Study. *Advances in Civil Engineering*, 2019(1), 2618543. <https://doi.org/10.1155/2019/2618543>.
3. He, M., Zhu, G., & Guo, Z, 2015. Longwall mining “cutting cantilever beam theory” and 110 mining method in China-The third mining science innovation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 7(5), 483 - 492.
4. Itasca Consulting Group, 2024. *UDEC – Universal Distinct Element Code, Ver. 7.00.100*. Retrieved from Minneapolis: Itasca: <https://www.itascainternational.com/software/downloads/udec-downloads>.
5. Qian, M. G., Shi, P. W., & Xu, Z. L, 2010. *Mine pressure and strata control*: China University of Mining Science and Technology.
6. Tao, Z., Song, Z., He, M., Meng, Z., & Pang, S, 2018. Principles of the roof cut short-arm beam mining method (110 method) and its mining-induced stress distribution. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28(3), 391 - 396. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.09.002>.
7. Trần, T. N., Phạm, T. N., Phạm, K. M., Nguyễn, M. H., Lư, Q. D., Hà, M. T., . . . Nguyễn, V. H, 2023. Kết quả áp dụng thử nghiệm công nghệ khai thác không để lại trụ bảo vệ tại khu Khe Chàm I - Công ty Than Hạ Long. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, XXXII(2), 12 - 21.
8. Wang, H.-s., Zhang, D.-s., Li, S.-g., Lin, W., & Wu, L.-z, 2014. Rational width of narrow coal pillar based on the fracture line location of key rock B in main roof. *Journal of Mining & Safety Engineering*, 31(1), 10 - 16.
9. Yang, S., Wang, J., Li, X., Ning, J., & Qiu, P, 2019. In situ investigations into mining-induced hard main roof fracture in longwall mining: A case study. *Engineering Failure Analysis*, 106, 104188. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104188>.

NUMERICAL SIMULATION-BASED ASSESSMENT OF NON-PILLAR MINING FEASIBILITY IN QUANG NINH COAL MINES

Le Tien Dung^{1,*}, Pham Trung Nguyen²

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

²*Mining Technical Advancement Support Center, Vietnam Mining Science and Technology Association*

ABSTRACT

This paper presents the characteristics and fundamental principles of non-pillar mining technology, along with the use of numerical simulation to evaluate its feasibility in medium-to-competent roof conditions in Quang Ninh coal basin. Research findings indicate that non-pillar mining is well-suited for medium-to-competent roof, demonstrating high efficiency in China, yet it remains limited in Vietnam despite similar geology. Simulation results for Mine A, which features medium-to-competent roof in Quang Ninh, reveal that the longwall face begins to exert significant influence when it is 40-50 m away from the preparation roadway. The surrounding rock mass undergoes failure up to 5 m from the roadway boundary. The impact reaches its peak when the face is 10 m away, with abutment pressure above the roadway roof potentially doubling compared to when the face is at a distance. The failure zone extends from the coal face to the roadway. Upon completion of the upper longwall panel, the roof coal, immediate roof, main roof, and a portion of the overburden collapse at an angle of 80° relative to the floor. The failure range on the right side of the roadway extends 15 m toward the lower longwall panel. Numerical simulation methods prove highly effective in assessing the applicability of non-pillar mining, particularly for the diverse geomechanical conditions of the Quang Ninh coalfield.

Keywords: *non-pillar mining; numerical simulation; medium roof; competent roof*

TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN

Địa chỉ: 207 đường Giải Phóng, phường Bạch Mai, Hà Nội

Website: <http://nxb.neu.edu.vn> - Email: nxb@neu.edu.vn

Điện thoại/ Fax: (024) 36280280/ Máy lẻ: 5722

Chịu trách nhiệm xuất bản: TS. Đỗ Văn Sang,
Phó Giám đốc phụ trách Nhà xuất bản

Chịu trách nhiệm nội dung: GS.TS. Lê Quốc Hội,
Tổng biên tập Nhà xuất bản

Biên tập: Trịnh Thị Quyên

Sửa bản in và đọc sách mẫu: Trịnh Thị Quyên

Chế bản và thiết kế bìa: Vương Nguyễn

In 150 bản, khổ 19x26.5 cm tại Công ty TNHH Đầu tư Thương mại và Dịch vụ Nam Huế
Địa chỉ: 109 phố Trần Đại Nghĩa, phường Bạch Mai, Hà Nội.
Mã số ĐKXB: 1712-2026/CXBIPH/3-143/ĐHKQTQD
Mã số ISBN: 978-632-615-267-8
Quyết định xuất bản số: 152/QĐ-NXBĐHKQTQD ngày 08 tháng 5 năm 2026
In xong và nộp lưu chiểu năm 2026.



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment



ISBN: 978-632-615-267-8



9 786326 152678

Sách không bán