



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ - VINACOMIN

**“CHƯƠNG TRÌNH KC.01/21-25: CƠ GIỚI HÓA, HIỆN ĐẠI HÓA CÁC
CÔNG ĐOẠN SẢN XUẤT VÀ ĐỒNG BỘ HÓA QUÁ TRÌNH KHAI THÁC,
SÀNG TUYỂN, CHẾ BIẾN THAN - KHOÁNG SẢN, SẢN XUẤT ĐIỆN”**

PHƯƠNG ÁN THỬ NGHIỆM PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ BẰNG CO₂ HÓA LỎNG

**ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ PHÁ VỠ ĐẤT
ĐÁ BẰNG KHÍ NÉN TẠI KHU VỰC GẦN DÂN CƯ, CÔNG
TRÌNH CẦN BẢO VỆ CHO CÁC MỎ THAN THUỘC TKV**

Mã số: KC.01.Đ02-25/21-25

HÀ NỘI - 2025



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ - VINACOMIN

“CHƯƠNG TRÌNH KC.01/21-25: CƠ GIỚI HÓA, HIỆN ĐẠI HÓA CÁC CÔNG
ĐOẠN SẢN XUẤT VÀ ĐỒNG BỘ HÓA QUÁ TRÌNH KHAI THÁC, SÀNG
TUYỂN, CHẾ BIẾN THAN - KHOÁNG SẢN, SẢN XUẤT ĐIỆN”

PHƯƠNG ÁN THỬ NGHIỆM PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ BẰNG CO₂ HÓA LỎNG

ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ
BẰNG KHÍ NÉN TẠI KHU VỰC GẦN DÂN CƯ, CÔNG TRÌNH CẦN
BẢO VỆ CHO CÁC MỎ THAN THUỘC TKV

Mã số: KC.01.Đ02-25/21-25

Cơ quan quản lý: Tập đoàn CN Than - Khoáng sản Việt Nam

Cơ quan thực hiện: Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Đàm Công Khoa *ĐCK*

Hà Nội, ngày 18 tháng 7 năm 2025

VIỆN KHCN MỎ - VINACOMIN



KT. VIỆN TRƯỞNG
PHÓ VIỆN TRƯỞNG

Phan Văn Việt

MỤC LỤC

Mục lục	3
Bảng giải nghĩa chữ viết tắt	5
Đặt vấn đề	6
1. Cơ sở xây dựng	7
2. Mục đích	7
3. Tính pháp lý khi sử dụng CO₂ hóa lỏng để phá vỡ đất đá	7
3.1. Quy định pháp luật khi sử dụng CO ₂ hóa lỏng	11
3.2. Các thủ tục pháp lý cần thực hiện khi sử dụng hệ thống phá đá bằng CO ₂ hóa lỏng	11
4. Các bước tiến hành công tác thử nghiệm	17
5. Nội dung Phương án thử nghiệm	12
5.1. Lựa chọn vị trí thử nghiệm	12
5.1.1. Tiêu chí lựa chọn vị trí thử nghiệm	15
5.1.2. Các vị trí thử nghiệm dự kiến	15
5.2. Đặc điểm khu vực thử nghiệm	12
5.2.1. Đặc điểm dân cư, công trình	12
5.2.2. Đặc điểm địa chất mỏ	12
5.2.3. Đặc điểm địa chất công trình	13
5.2.4. Đặc điểm địa chất thủy văn	14
5.2.5. Hệ thống khai thác và các thông số HTKT	14
5.3. Phương án thi công phá vỡ đất đá bằng CO ₂ hóa lỏng	17
5.3.1. Yêu cầu chung	17
5.3.2. Sơ đồ công nghệ	18
5.3.3. Thiết bị thi công	19
5.3.4. Thông số kỹ thuật phá vỡ đá thử nghiệm	21
5.3.5. Phương pháp thi công	22
5.4. Các biện pháp kỹ thuật an toàn khi thi công thử nghiệm	23
5.4.1. Biện pháp an toàn khi bốc dỡ, vận chuyển ống chứa CO ₂ lỏng	23
5.4.2. Biện pháp an toàn khi nạp ống chứa CO ₂ lỏng	23
5.4.3. Lựa chọn khoảng cách an toàn	24
5.4.4. Quy định các tín hiệu cảnh giới an toàn	24
5.4.5. Công tác xúc bốc thu hồi ống phá đá	25
5.5. Tổ chức thực hiện thi công thử nghiệm	25
6. Thực hiện đo sóng chấn động nền, sóng quá áp không khí, đá văng, khí sinh ra từ các bãi phá đá thử nghiệm	27
6.1. Mục đích đo sóng chấn động nền, sóng quá áp không khí, khí CO ₂ phát sinh	27
6.2. Các thông số của thiết bị đo sóng chấn động và sóng không khí, khí CO ₂	27
6.3. Giám sát đá văng	27
6.4. Các tiêu chuẩn áp dụng trong đánh giá sóng chấn động, sóng không khí, đá văng	28
6.5. Lựa chọn vị trí đặt máy đo	28

6.5.1. Máy đo chấn động	28
6.5.2. Máy đo khí CO ₂	28
7. Trách nhiệm của các bên tham gia thử nghiệm	28
7.1. Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin	31
7.2. Công ty than Mạo Khê - TKV	31
7.3. Đơn vị thi công	31
8. Dự toán chi phí thử nghiệm	31

BẢNG GIẢI NGHĨA CHỮ VIẾT TẮT

VIẾT TẮT

NGHĨA ĐẦY ĐỦ

TKV	Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam
ĐBTB:	Đồng bộ thiết bị;
HTKT:	Hệ thống khai thác;
KNM:	Khoan nổ mìn;
MXTG:	Máy xúc tay gàu;
MXTL:	Máy xúc thủy lực;
MXTLGN:	Máy xúc thủy lực gàu ngược;

ĐẶT VẤN ĐỀ

Phương pháp khoan nổ mìn mặc dù là phương pháp hiệu quả nhất trong công tác phá vỡ đất đá, nhưng lại gây ra nhiều hạn chế khi áp dụng tại các khu vực đông dân cư hoặc gần các công trình cần bảo vệ. Những hạn chế này bao gồm: Gây rung chấn mạnh, tiếng ồn lớn, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe và sự an toàn của công nhân và cộng đồng dân cư lân cận; Phát sinh nhiều bụi, khí độc gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến chất lượng không khí, nguồn nước và hệ sinh thái xung quanh khu vực mỏ; Hạn chế nghiêm ngặt tại các khu vực gần dân cư, công trình dân sinh, đường giao thông, đường lò..., dẫn đến khó khăn trong việc mở rộng hoặc khai thác các vỉa than nằm ở vị trí phức tạp.

Trước những thách thức nêu trên, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đã giao Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin thực hiện đề tài “*Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV*”. Qua quá trình triển khai nghiên cứu của đề tài cho thấy, phương pháp phá đá bằng CO₂ là một trong những công nghệ tiên tiến, có khả năng khắc phục những nhược điểm của phương pháp nổ mìn tại những vị trí gần dân cư, công trình cần bảo vệ của các mỏ. Công nghệ này sử dụng áp lực giãn nở của CO₂ hóa lỏng khi chuyển trạng thái thành thể khí để tạo ra lực phá vỡ đá, loại bỏ nguy cơ cháy nổ, giảm thiểu đáng kể rung chấn, tiếng ồn, bụi và khí độc. Điều này không chỉ nâng cao mức độ an toàn cho người lao động mà còn giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và cộng đồng xung quanh.

Mỏ than Mạo Khê được lựa chọn làm địa điểm thử nghiệm phá vỡ đất đá bằng khí CO₂ do có nhiều điều kiện đặc thù phù hợp với mục tiêu nghiên cứu và ứng dụng của đề tài. Đây là mỏ khai thác nằm gần khu vực dân cư, có nhiều công trình hạ tầng kỹ thuật như nhà dân, đường giao thông, trường học..., nơi mà việc sử dụng thuốc nổ thường gặp phải các hạn chế nghiêm ngặt hoặc bị cấm do lo ngại về rung chấn, tiếng ồn và an toàn môi trường. Bên cạnh đó, địa chất khu vực mỏ Mạo Khê có đặc điểm địa chất khá điển hình cho các mỏ khai thác lộ thiên khác trong Tập đoàn, giúp kết quả thử nghiệm có tính đại diện và khả năng áp dụng cao. Ngoài ra, mỏ cũng có điều kiện thuận lợi về hạ tầng kỹ thuật, nhân lực và khả năng phối hợp triển khai, đảm bảo công tác thử nghiệm diễn ra an toàn, hiệu quả và thu được số liệu tin cậy để phục vụ đánh giá tổng thể công nghệ này.

Phương án thử nghiệm công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO₂ tại khu vực mỏ than Mạo Khê được lập nhằm mục đích kiểm chứng các kết quả nghiên cứu, đánh giá tính khả thi của công nghệ trong điều kiện khai thác thực tế tại những vị trí gần khu dân cư, các công trình cần bảo vệ. Thông qua kết quả quá trình thử nghiệm, giúp xác định hiệu quả kỹ thuật của công nghệ phá vỡ đất đá bằng CO₂ lỏng so với các công nghệ phá vỡ đất đá mỏ khác. Đồng thời đánh giá mức độ an toàn, khả năng giảm thiểu rung chấn, tiếng ồn, bụi và khí thải gây ảnh hưởng đến môi trường và cộng đồng xung quanh. Bên cạnh đó, phương án cũng hướng tới mục tiêu phân tích hiệu quả kinh tế, bao gồm chi phí đầu tư, vận hành, tính ổn định và khả năng áp dụng trên quy mô lớn. Kết quả của quá trình thử nghiệm sẽ là cơ sở quan trọng để hoàn thiện quy trình kỹ thuật, định hướng triển khai công nghệ khai thác cho các mỏ than thuộc TKV, góp phần khai thác than theo hướng an toàn, hiệu quả và bền vững.

1. CƠ SỞ XÂY DỰNG

- Luật Hóa chất (Luật số: 06/2007/QH12) ngày 21/11/2007;
- Luật an toàn, vệ sinh lao động (Luật số: 84/2015/QH13) ngày 25/6/2015;
- Nghị định số: 44/2016/NĐ-CP ngày 15/5/2016 quy định chi tiết một số Điều của Luật an toàn, vệ sinh lao động về hoạt động kiểm định kỹ thuật an toàn lao động; huấn luyện an toàn, vệ sinh lao động và quan trắc môi trường lao động
- Nghị định số: 113/2017/NĐ-CP ngày 09/10/2017 quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật hóa chất;
- Thông tư số 36/2019/TT-BLĐTBXH ngày 30/12/2019 Ban hành danh mục các loại máy, thiết bị, vật tư, chất có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn, vệ sinh lao động;
- Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5326: 2008 Quy phạm kỹ thuật khai thác mỏ lộ thiên; Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 04: 2009/BCT về an toàn trong khai thác mỏ lộ thiên, ban hành kèm theo Thông tư số 20/2009/TT-BCT ngày 07/7/2009 của Bộ trưởng Bộ Công Thương;
- Hợp đồng số 60HĐ-KHCN-KC.01.Đ02-25/21-25 ngày 24/4/2025 giữa Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam với Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin về việc thực hiện Đề tài “*Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV*”.

2. MỤC ĐÍCH

Thử nghiệm công nghệ công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí CO₂ lỏng tại khai trường gần khu dân cư, công trình cần bảo vệ khu vực mỏ than Mạo Khê nhằm kiểm chứng các kết quả nghiên cứu về quả hiệu quả kỹ thuật, môi trường và kinh tế của công nghệ.

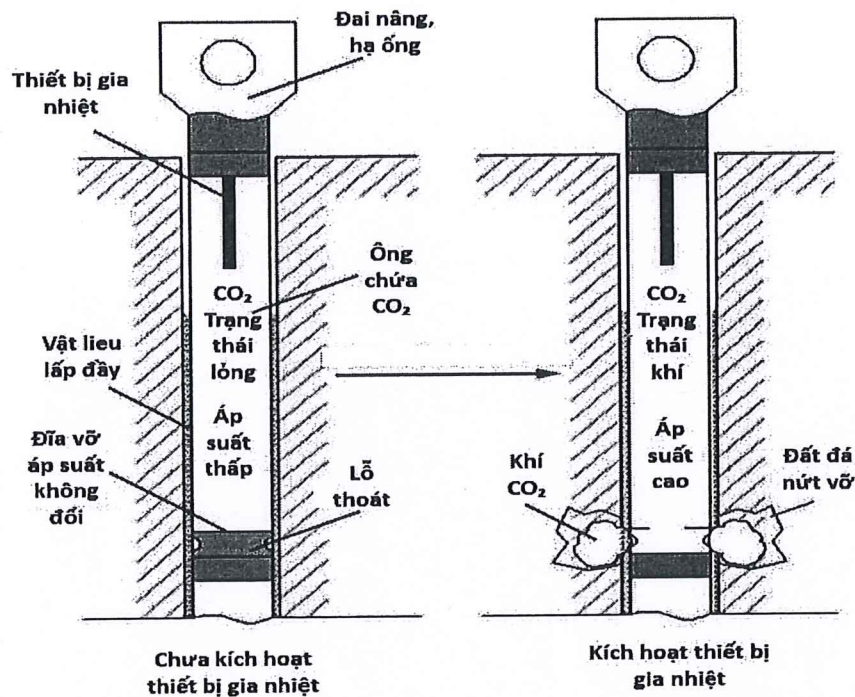
3. CƠ SỞ KHOA HỌC, NGUYÊN LÝ PHƯƠNG PHÁP PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ BẰNG CO₂ LỎNG

3.1. Nguyên lý phương pháp phá vỡ đất đá bằng CO₂ lỏng

3.1.1. Cơ chế phá vỡ đất đá bằng bằng CO₂ lỏng

Phá đá bằng CO₂ lỏng là một quá trình vật lý thuần túy, phá đá bằng cách giải phóng tức thời một lượng lớn CO₂ dạng khí. Sơ đồ nguyên lý phá đá của ống cacbon dioxit lỏng không dùng một lần được thể hiện như hình 1. Bộ phận gia nhiệt được kích hoạt bởi thiết bị khởi tạo điện. Sau đó cacbon dioxit lỏng trong ống chứa tăng nhiệt độ và chuyển sang trạng thái siêu tới hạn [1]. Khi vượt quá áp suất chịu tải của đĩa vỡ, đĩa sẽ bị phá hủy. Tại thời điểm này, CO₂ lỏng bốc hơi và nở ra gấp hơn 600 lần thể tích ban đầu và khí áp suất cao hình thành trong ống chứa được giải phóng ra ngoài lỗ thoát với tốc độ vài trăm mét mỗi giây, tạo thành một luồng theo một góc và hướng nhất định. Luồng luồng tác động lên thành lỗ khoan, khiến thành lỗ khoan bị vỡ. Năng lượng và hướng của quá trình chuyển pha CO₂ lỏng được kiểm soát bằng cách chọn các ống chứa có chiều dài và đường kính khác nhau, chọn đĩa vỡ ứng suất không đổi ở các mức áp

suất khác nhau và đặt lỗ thoát ở các góc khác nhau. Quá trình này rất an toàn vì nó không đốt cháy bất kỳ loại khí nào và tất cả các quá trình gia nhiệt đều được thực hiện trong một ống kín [2].



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của công nghệ phá đá bằng CO₂ lỏng

Đá là vật liệu giòn, độ bền kéo chỉ xấp xỉ 1/10 độ bền nén. Nếu áp suất kéo trên thành lỗ khoan vượt quá độ bền kéo động của đá, thì đá sẽ xuất hiện hiện tượng phá hủy kéo. Tại thời điểm giải phóng CO₂, áp suất khí rất cao tác động trực tiếp lên thành lỗ khoan theo hướng của lỗ thoát, tạo ra một lượng ứng suất lớn và ứng suất được truyền đến thành lỗ khoan.

Sóng ứng suất do quá trình chuyển pha CO₂ lỏng tạo ra có thời gian tác động ngắn, giá trị cực đại thấp tạo ra ít vết nứt ban đầu. Tuy nhiên, các vết nứt ban đầu đóng vai trò hướng dẫn trong tác động của cacbon dioxit áp suất cao, điều khiển hướng lan truyền vết nứt. Sau đó, một lượng lớn khí áp suất cao do quá trình chuyển pha CO₂ lỏng sẽ tràn vào toàn bộ lỗ khoan, tạo ra trường ứng suất gần tĩnh trong lỗ khoan. Khí áp suất cao liên tục tác động lên các vết nứt do sóng ứng suất tạo ra và các vết nứt ban đầu phải chịu tải ứng suất áp suất cao, khiến các vết nứt ban đầu trong lỗ khoan phát triển, phá vỡ và mở rộng thứ cấp.

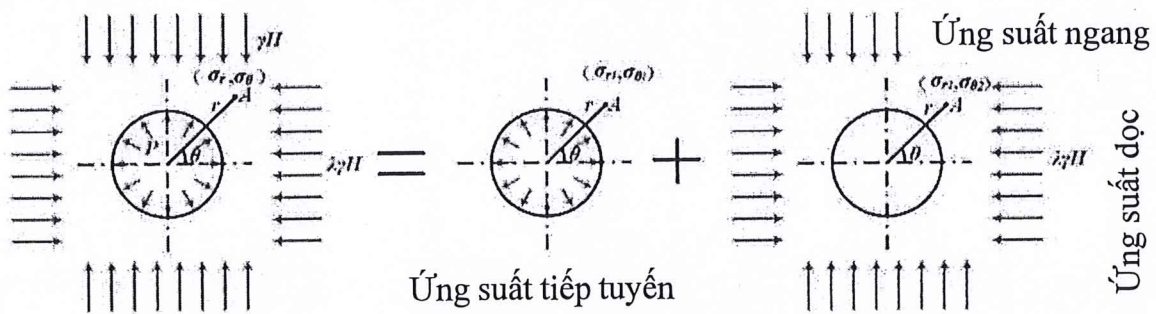
3.1.2. Bán kính lan truyền vết nứt dưới tác dụng của tia CO₂ lỏng

Tính toán chính xác năng lượng của CO₂ hóa lỏng là cần thiết để đánh giá hiệu quả đập vỡ và các thông số kỹ thuật phá đá phù hợp. Phương pháp nổ mìn sử dụng chất nổ tạo ra những thay đổi hóa học nhanh chóng và dữ dội, sinh ra nhiều nhiệt đồng thời sóng nổ năng lượng cao và tốc độ cao tác động lên môi trường xung quanh. Năng lượng hoạt động lớn, áp suất kích nổ có thể đạt tới 10 GPa, tốc độ kích nổ 3000÷5000 m/s, tốc độ lan truyền nhanh và thời gian tác dụng ngắn. So với việc nổ mìn, vụ nổ khí CO₂ lỏng là sự thay đổi vật lý sử dụng năng lượng giãn nở được tạo ra bởi sự thay đổi trạng thái từ thể lỏng sang thể khí. Tốc độ truyền sóng ứng suất của nó nhỏ, chỉ tương đương khoảng

1/10 so với nổ mìn và ứng suất tác động cực đại nhỏ hơn nhiều so với nổ mìn. Theo Zhongshun Chen và các cộng sự, phương trình ứng suất trong lỗ khoan khi phá đá bằng CO₂ hóa lỏng được thể hiện như sau [3]:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{R^2}{r^2} P + \frac{\gamma H}{2} (1 + \lambda) \left(1 - \frac{R^2}{r^2} \right) - \frac{\gamma H}{2} (1 - \lambda) \left(1 - 4 \frac{R^2}{r^2} + \frac{R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \\ \sigma_\theta = \frac{R^2}{r^2} P - \frac{\gamma H}{2} (1 + \lambda) \left(1 + \frac{R^2}{r^2} \right) - \frac{\gamma H}{2} (1 - \lambda) \left(1 + 3 \frac{R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \\ \tau_{r\theta} = \frac{\gamma H}{2} (1 - \lambda) \left(1 + 2 \frac{R^2}{r^2} - 3 \frac{R^4}{r^4} \right) \cos 2\theta \end{cases} \quad (1)$$

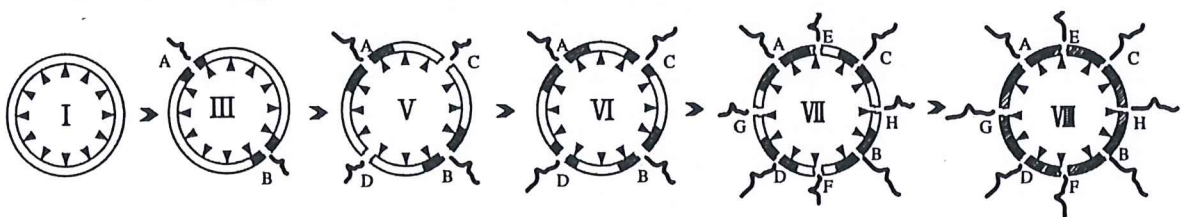
Trong đó: σ_r - ứng suất hướng tâm, Pa; σ_θ là ứng suất tiếp tuyến, Pa; $\tau_{r\theta}$ - ứng suất cắt, Pa; θ - góc nằm ngang của điểm, độ; λ - hệ số áp lực ngang; H- chiều cao tầng phá đá; γ - dung trọng của đá, N/m³; R- bán kính của lỗ khoan, m; P- áp suất va đập tại điểm đo, Pa; r- khoảng cách từ điểm đo đến tâm lỗ khoan, m.



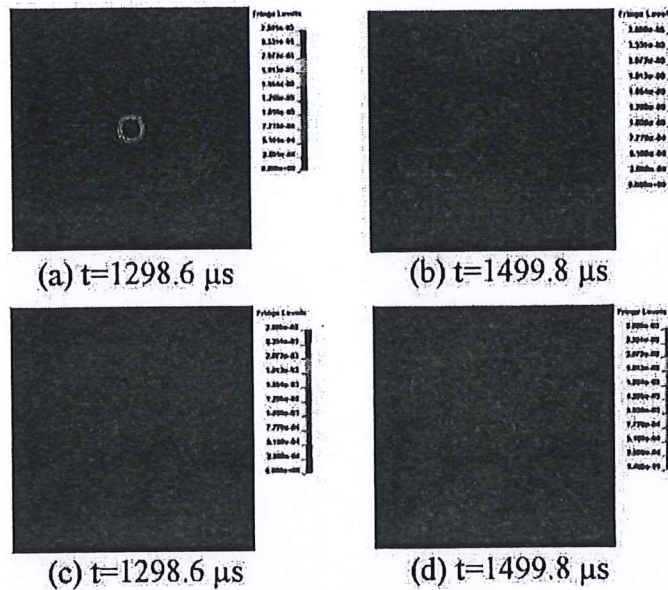
Hình 2. Phân tích ứng suất trong lỗ khoan

Dưới tác động tổng hợp của ứng suất tại vị trí đầu phá đá, ứng suất nén hướng tâm và ứng suất kéo tiếp tuyến được hình thành xung quanh lỗ khoan. Ứng suất ban đầu của tầng không ảnh hưởng đến ứng suất nén hướng tâm tại ranh giới nhưng đóng vai trò làm giảm ứng suất kéo tiếp tuyến trong lỗ khoan. Tuy nhiên, do ứng suất tạo ra lớn hơn so với ứng suất ban đầu nên ứng suất kéo tiếp tuyến chủ yếu xuất hiện xung quanh lỗ khoan. Độ bền kéo của khối đá nhỏ hơn nhiều so với cường độ nén. Khối đá xung quanh lỗ khoan chịu lực căng tiếp tuyến. Khi ứng suất vượt quá độ bền kéo, khối đá sẽ tạo ra vết nứt ban đầu. Theo lý thuyết Mott, sau khi vết nứt được tạo ra, một sóng không tải sẽ được tạo ra xung quanh vết nứt và truyền ra môi trường xung quanh [4].

Tốc độ truyền của sóng ứng suất trong lỗ khoan có liên quan đến tính chất và cơ lý của đá. Đối với đất đá đồng nhất, đặc điểm bắt đầu vết nứt xung quanh lỗ khoan dưới các đặc điểm va đập khác nhau được thể hiện trên hình 7 [5].



Hình 3. Quá trình nứt vỡ đất đá bằng CO₂ lỏng



Hình 4. Mô phỏng quá trình phá vỡ đất đá bằng phần mềm LS-DYNA [6]

Áp suất của sóng ứng suất giảm theo cấp số nhân khi khoảng cách lan truyền tăng lên, mối quan hệ này được biểu thị như sau [1]:

$$\sigma_r = \left(\frac{r_0}{r}\right)^\alpha \cdot P \quad (2)$$

Trong đó: r_0 - bán kính của lỗ khoan; r - khoảng cách từ điểm đo đến tâm của lỗ khoan; P - áp suất tại điểm đo; α - chỉ số suy giảm sóng ứng suất, $\alpha = 2 - u/(1-u)$ với u là hệ số poisson của đá.

Trong quá trình truyền sóng ứng suất, mối quan hệ giữa ứng suất tiếp tuyến và ứng suất hướng tâm được biểu thị bằng thức sau:

$$\sigma_\theta = (1 - 2b^2)\sigma_r \quad (3)$$

Trong đó: b - tỷ số giữa vận tốc sóng ngang và sóng dọc của đá.

Các vết nứt đá xảy ra khi ứng suất kéo của khối đá vượt quá cường độ kéo động của khối đá, được biểu thị theo công thức sau:

$$\sigma_\theta \geq K_k \sigma_k \quad (4)$$

Trong đó: σ_k - cường độ kháng kéo của đá; K_k - hệ số tăng cường độ chịu kéo của đá dưới tải trọng động của đá.

Từ các công thức (2), (3), (4) có thể xác định bán kính vùng nứt gãy theo công thức sau:

$$r = \left[\frac{(1 - 2b^2) P_m}{K_T \sigma_T} \right]^{\frac{1}{\alpha}} r_0 \quad (5)$$

Trong đó: P_m - áp suất tại điểm đầu lỗ phun.

3.2. Tính pháp lý khi sử dụng CO₂ hóa lỏng để phá vỡ đất đá

3.2.1. Quy định pháp luật khi sử dụng CO₂ hóa lỏng

- Khí CO₂ hóa lỏng không phải hóa chất nguy hiểm và không chịu quản lý theo quy định tại Luật Hóa chất - Luật số 06/2007/QH12.

- Không thuộc danh mục phải thực hiện đăng ký sử dụng hóa chất nguy hiểm trong lĩnh vực công nghiệp tại Thông tư số 07/2013/TT-BCT ngày 22/4/2013.

- Không phải loại hóa chất hạn chế sản xuất, kinh doanh trong lĩnh vực công nghiệp, Không phải lập hồ sơ, trình tự, thủ tục cấp Giấy phép sản xuất, kinh doanh hóa chất hạn chế sản xuất, kinh doanh trong lĩnh vực công nghiệp tại Nghị định số 113/2017/NĐ-CP ngày 9/10/2017.

- Việc sử dụng khí CO₂ hóa lỏng để phá đá không phải phản ứng nổ hóa học. Đây là phương pháp phá đá bằng vật lý. Phản ứng nổ hóa học là phản ứng xảy ra với tốc độ nhanh kèm theo sự tăng thể tích đột ngột và tỏa nhiệt lượng lớn. Loại vật liệu mà có cấu tạo hóa học, hay năng lượng, không bền. Thông thường nó tạo ra sự bùng nổ của vật liệu và đi kèm với nhiệt lượng và sự thay đổi lớn về áp suất (điển hình còn có ánh sáng lóe lên, tiếng nổ lớn và có sóng xung kích) và hiện tượng trên được gọi là sự nổ. Đối chiếu các khái niệm trên, việc sử dụng khí CO₂ để phá đá không chịu sự quản lý như VLNCN được quy định tại Luật Quản lý vũ khí, vật liệu nổ và công cụ hỗ trợ - Luật số 14/2017/QH14 ngày 20/6/2017. Trong Luật có nêu rõ: “7. Vật liệu nổ là sản phẩm dưới tác động của xung kích thích ban đầu gây ra phản ứng hóa học nhanh, mạnh, tỏa nhiệt, sinh khí, phát sáng, tạo ra tiếng nổ, bao gồm:

+ Thuốc nổ là hóa chất hoặc hỗn hợp chất được sản xuất, sử dụng nhằm tạo ra phản ứng nổ dưới tác động của xung kích thích;

+ Phụ kiện nổ là kíp nổ, dây nổ, dây cháy chậm, mồi nổ, vật phẩm chứa thuốc nổ có tác dụng tạo xung kích thích ban đầu làm nổ khỏi thuốc nổ hoặc thiết bị chuyên dùng có chứa thuốc nổ.”

Như vậy: Việc sử dụng công nghệ này không phải hoạt động cần xin cấp giấy phép khi thực hiện và không vi phạm các quy định Pháp luật hiện hành.

3.2.2. Các thủ tục pháp lý cần thực hiện khi sử dụng hệ thống phá đá bằng CO₂ lỏng

Đơn vị được thuê thi công công nghệ phá vỡ đất đá bằng CO₂ hóa lỏng phải thực hiện các thủ tục pháp lý như sau:

- Phải lựa chọn tổ chức hoạt động kiểm định kỹ thuật an toàn lao động để kiểm định lần đầu trước khi đưa vào sử dụng các loại máy, thiết bị, vật tư có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn lao động - đối chiếu tại Danh mục các loại máy, thiết bị, vật tư có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn lao động ban hành kèm theo Thông tư 36/2019/TT-BLĐTBXH: Công nghệ này có sử dụng bình chứa khí nén có áp suất và máy nạp khí là các thiết bị cần thực hiện kiểm định.

- Chỉ được đưa vào sử dụng các loại máy, thiết bị, vật tư có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn lao động (sau đây gọi tắt là các loại máy, thiết bị và vật tư) khi kết quả kiểm

định đạt yêu cầu. Và đồng thời, cũng cần phải thực hiện khai báo về việc sử dụng các loại máy, thiết bị và vật tư với Sở Lao động - Thương binh và Xã hội nơi công ty đặt thiết bị, trong khoảng thời gian 30 ngày trước hoặc sau khi đưa vào sử dụng; bao gồm các giấy tờ sau:

+ Phiếu khai báo sử dụng đối tượng kiểm định (Mẫu Iđ ban hành kèm theo Nghị định 44/2016/NĐ-CP);

+ Bản sao Giấy chứng nhận kết quả kiểm định của các loại máy, thiết bị và vật tư đó.

- Phải thực hiện việc kiểm định các loại máy, thiết bị và vật tư định kỳ theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn, vệ sinh lao động tương ứng; theo khuyến cáo của nhà sản xuất và kiến nghị của tổ chức kiểm định.

4. ĐẶC ĐIỂM ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN, KỸ THUẬT KHU VỰC THỬ NGHIỆM

4.1. Đặc điểm tự nhiên, xã hội

4.1.1. Đặc điểm dân cư, công trình

Phạm vi xung quanh khu vực thử nghiệm có các công trình hiện hữu và dân cư như sau:

- Cách bãi thử nghiệm số 01, 02 về phía Nam 150 m có đường dân sinh bê tông và các nhà dân xây mái bằng. Cách 250 m về phía Tây là hệ thống đường lò, sân ga, hầm trạm mức -80. Phía Bắc tiếp giáp vách taluy cao.

- Cách bãi thử nghiệm số 03, 04, 05 về phía Bắc 100 m có tuyến đường vận tải than và liên lạc. Cách 100 m về phía Nam là đường có đường dân sinh và các nhà dân xây mái bằng, cao 1÷3 tầng sinh sống.

4.1.2. Đặc điểm địa chất mỏ

Địa tầng khối Nam bao gồm toàn bộ các thành tạo chứa than nằm phía Nam đứt gãy F.A. Chiều dày địa tầng được xác định là 1.720 m, chứa 41 vỉa than, trong đó có 16 vỉa tham gia tính trữ lượng (tính cả vỉa vách). Các thành tạo than của khối này được xếp vào phụ hệ tầng Hòn gai giữa (T3 n-rhg2).

Trầm tích phân nhip, thành phần gồm các đá vụn thô: Cuội sạn kết chiếm 3,5%, cát kết chiếm 46%, bột kết chiếm 30%, sét kết chiếm 10%, sét than và than chiếm 10%.

Các vỉa than cắm đơn nghiêng về phía Nam với góc dốc từ 45÷60°. Các vỉa than có chiều dày từ mỏng đến rất dày, duy trì khá liên tục, nhưng mức độ ổn định kém, càng về phía Đông chiều dày vỉa giảm, có nơi vát mỏng, từ lộ vỉa xuống sâu theo hướng cắm các lớp than có xu hướng tách ra xa, tạo sự tách vỉa.

Các vỉa than khối Nam có chiều dày không ổn định, cấu tạo vỉa tương đối phức tạp đến rất phức tạp. Khoảng cách địa tầng giữa các vỉa than thay đổi từ 50÷150 m. Theo kết quả tính toán được hệ số biến thiên chiều dày (V_m) của cánh Nam khoảng 106 % ($V_m > 100\%$) vỉa thuộc loại rất phức tạp.

4.1.3. Đặc điểm địa chất công trình

Các lớp đất đá trong địa tầng gồm:

* Trầm tích Đệ Tứ: phân bố trên toàn bộ diện tích khu mỏ, chiều dày từ 0÷25 m trung bình 10 m. Thành phần lớp phủ Đệ Tứ (Q) gồm: cuội, sỏi, cát, đất bồi, đất phong hoá lẫn nhiều đá lẫn đường kính từ 0,5÷2,0 m, độ bền cơ học kém.

* Đất đá trầm tích trong địa tầng chứa than: sạn kết, cát kết, bột kết, sét kết với tính chất cơ lý như bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá khu vực cánh Nam

Khu vực	Lực kháng nén (δ_n), kG/cm ²	Lực kháng kéo (δ_k), kG/cm ²	Khối lượng thể tích (γ), g/cm ³	Khối lượng riêng (Δ), g/cm ³	Góc nội ma sát (ϕ), độ	Lực dính kết (C), kG/cm ²
Cánh Nam	Bột kết					
	<u>106,80-1915,7</u> 439,37	<u>4,4 -138,6</u> 48,64	<u>2,69 -3,56</u> 2,32	<u>2,45 -3,57</u> 2,77	<u>28°59'-39°40'</u> 33°05'	<u>24-308</u> 114
	Cát kết					
	<u>168,1-2445,5</u> 1088,59	<u>25,1-176,39</u> 96,4	<u>2,40 -3,24</u> 2,68	<u>2,52-3,26</u> 2,73	<u>32°02'-39°33'</u> 34°29'	<u>37-744</u> 324
	Sạn kết					
	<u>317,17 -1701,2</u> 1174,77	<u>38,5 -142,69</u> 103,60	<u>2,57 - 2,82</u> 2,65	<u>2,64 - 2,84</u> 2,70	<u>32°12'-36°55'</u> 34°35'	<u>94-550</u> 360
	Sét kết					
<u>84,2 - 1943,8</u> 292,35	<u>15,3-135,1</u> 36,21	<u>2,25-3,39</u> 2,64	<u>2,40-3,43</u> 2,74	<u>28°15'-39°22'</u> 32°27'	<u>19-300</u> 77	

Nguồn: “Báo cáo kết quả thăm dò mỏ than Mạo Khê, thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh” phê duyệt tại Quyết định số 1140/QĐ-HĐTLKS ngày 13/12/2019 của Hội đồng đánh giá trữ lượng Khoáng sản Quốc gia.

Theo “Báo cáo kết quả thành lập bổ sung bản đồ cơ lý đá (lộ thiên) mỏ than Mạo Khê năm 2019 - Công ty than Mạo Khê - TKV” tính chất cơ lý đất đá tại khai trường khu II như bảng 2.

Bảng 2. Tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá các khu vực đang khai thác

Tên Đá	Khối lượng riêng (Δ), g/cm ³	Khối lượng thể tích nguyên khối (D_L), T/m ³	Khối lượng thể tích trong phòng (γ), g/cm ³	Cường độ kháng nén (σ_n), kG/cm ²	Cường độ kháng kéo (σ_k), kG/cm ²	Hệ số kiên cố (f)	Lực dính kết (C), kG/cm ²	Góc ma sát trong (ϕ), độ
Cát kết	2,651	2,605	2,606	1.042,577	132,144	10,426	299,315	34°20'
Bột kết	2,724	2,668	2,666	695,016	103,717	6,950	188,078	33°07'
Sét kết	2,657	2,562	2,560	374,234	47,009	3,742	100,971	32°11'
Đất phủ		2,120						
Đất đá thải		2,291						

Số liệu tại bảng 2 cho thấy đất đá tại khu vực thử nghiệm có độ kiên cố theo Protodiaconop $f = 3,7 \div 10,0$. Kết quả khảo sát, tổng hợp chỉ tiêu kỹ thuật tại mỏ Mạo Khê từ năm 2020 đến nay cho thấy, độ kiên cố đất đá làm toi bằng cày xới và khoan nổ mìn $f = 7 \div 10$ trung bình $f = 8,2 \div 8,6$. Vì vậy, để đảm bảo tính đại diện cho đất đá mỏ, lựa chọn vị trí có độ kiên cố $f = 7 \div 9$ để bố trí các bãi thử nghiệm.

4.1.4. Đặc điểm địa chất thủy văn

Đặc điểm khí hậu thủy văn: Khu mỏ nằm trong vùng ven biển nhiệt đới gió mùa. Một năm chia hai mùa.

- Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, lượng mưa chiếm 80 % lượng mưa cả năm, tháng có lượng mưa ngày lớn nhất là tháng 7 năm 2014, lượng mưa lên tới 599 mm. Nhiệt độ không khí trung bình ngày 27 °C, nhiệt độ không khí trung bình đêm 18 °C, độ ẩm không khí 80 %, hướng gió chính là Đông và Đông Nam. Đặc điểm của mùa là nóng ẩm.

- Mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, lượng mưa ít có tháng không mưa, thỉnh thoảng tháng cá biệt lượng mưa lên đến 198 mm tại tháng 4 năm 2014. Nhiệt độ không khí trung bình ngày 20 °C, nhiệt độ không khí trung bình đêm 11 °C, độ ẩm không khí 60 %, hướng gió chính Bắc và Đông Bắc. Đặc điểm của mùa là khô hanh, lạnh.

Tổng lượng mưa hàng năm ở trạm Mạo Khê là trên 1.500 mm. Lượng mưa phân bố không đều các tháng trong năm, trung bình có 84 % lượng mưa tập trung rơi trong mùa mưa, chỉ có 16 % lượng mưa rơi vào các tháng mùa khô.

Đặc điểm nước mặt: Nước trên mặt phân bố ở các suối, nguồn cung cấp là nước mưa, dòng chảy các suối thay đổi theo mùa. Trong khu mỏ có hồ lớn chứa nước, nước mặt khu mỏ trong, tổng độ khoáng hoá M nhỏ hơn 0,2 mg/L, ăn mòn, tồn tại trong các suối lớn của khu mỏ, có dòng chảy quanh năm, cần xử lý, có thể sử dụng cho sinh hoạt và phục vụ khai thác than.

Đặc điểm nước dưới đất: khả năng chứa nước của tầng Đệ Tứ (Q) không lớn, tầng chứa nước chính của khu mỏ Mạo Khê là phức hệ chứa nước trầm tích chứa than (T3n-r hg). Nguồn cung cấp chủ yếu là nước mưa, miền cung cấp và miền tàng trữ là tại chỗ, hệ số thấm nhỏ. Nếu sử dụng cấp nước trước khi khai thác cùng đồng thời tháo khô bằng biện pháp hút nước ở các lỗ khoan trong lò vẫn thực hiện được.

4.2. Đặc điểm kỹ thuật

Theo Báo cáo NCKT Dự án đầu tư mở rộng khai thác lộ thiên các lộ vỉa mỏ Mạo Khê và kết quả khảo sát thực tế cho thấy, Hệ thống khai thác tại khu II là HTKT xuống sâu, khấu theo lớp đứng, hai bờ công tác, đất đá đổ bãi thải ngoài và bãi thải trong. Bờ công tác thành các nhóm tầng, trong một nhóm tầng bao gồm một tầng công tác bố trí các máy xúc xúc đuổi và một số tầng nghỉ.

Thiết kế Dự án đã tính toán các thông số chủ yếu của hệ thống khai thác phù hợp

NCAD CN phá vỡ đất đá bằng khí nén tại KV gần dân cư, CT cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV với cấu trúc địa chất của các vỉa than và đặc tính thiết bị sử dụng. Các thông số hệ thống xem bảng 3.

Bảng 3. Các thông số cơ bản hệ thống khai thác

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều cao tầng khai thác		
	- Khi sản xuất	m	10÷12
	- Khi kết thúc tại bờ vách	„	20÷30
	- Khi kết thúc tại bờ trụ	m	30÷50
2	Chiều cao phân tầng than	„	5÷6
3	Chiều rộng mặt tầng công tác tối thiểu	„	20÷31
4	Chiều rộng đai vận tải	„	12
5	Chiều rộng dải khấu A	„	11,4
6	Chiều rộng đáy hào chuẩn bị	„	2,5
8	Góc dốc sườn tầng (α)		
	- Khi sản xuất	độ	55÷60
	- Khi kết thúc		60÷65
9	Góc nghiêng bờ công tác (φ)	„	25÷36
10	Góc nghiêng bờ kết thúc	„	40÷52

Nguồn: Thiết kế bản vẽ thi công Dự án Đầu tư mở rộng khai thác lộ thiên các lộ vỉa mỏ Mạo Khê.

Như vậy, đất đá khu vực thử nghiệm có độ kiên cố trung bình $f = 7\div 9$, mức độ nứt nẻ trung bình, chiều cao tầng bóc đất thiết kế, $h = 10\div 12$ m. Đất đá phân lớp mức độ trung bình, nham thạch chủ yếu gồm cát, sạn, cuội và bột kết, độ khó khoan cấp III, độ khó nổ cấp II÷III, đất đá ngậm nước một phần hoặc ngậm nước.

4.3. Lựa chọn vị trí thử nghiệm

4.3.1. Tiêu chí lựa chọn vị trí thử nghiệm

Việc lựa chọn các vị trí thử nghiệm dựa theo các tiêu chí sau:

- Có điều kiện địa chất, các thông số HTKT (chiều cao tầng, bề rộng mặt tầng, chiều dài bãi khoan,...) phù hợp với yêu cầu thử nghiệm của đề tài;
- Tại các vị trí khai trường gần khu dân cư, không đảm bảo các tiêu chí an toàn về sóng chấn động, đá văng, sóng đập không khí tới các công trình xung quanh;
- Không ảnh hưởng nhiều đến kế hoạch sản xuất kinh doanh của đơn vị.

4.3.2. Các vị trí thử nghiệm dự kiến

Căn cứ kế hoạch khai thác của Công ty than Mạo Khê - TKV và kết quả khảo sát thực địa, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin phối hợp với Công ty than Mạo Khê - TKV lựa chọn được 05 hộ chiếu dự kiến thử nghiệm phá vỡ đất đá tại khu vực gần khu dân cư từ tầng -20 đến tầng +10 thuộc khai trường Khu II mỏ than lộ thiên Mạo Khê (Trong đó dự kiến 02 bãi tại khai trường Khu II, 03 bãi tại khai trường Khu 2 mở rộng). Toạ độ vị trí các bãi phá đá dự kiến thử nghiệm xem bảng 4, vị trí xem hình 5.

Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV



Hình 5. Các vị trí thử nghiệm tại mỏ

Bảng 4. Tọa độ vị trí các bãi phá đá dự kiến thử nghiệm

TT	Bãi thử nghiệm	Tọa độ vị trí dự kiến - Hệ tọa độ VN2000, Kinh tuyến trục 107°45', Múi chiếu 3°		
		X, m	Y, m	Z, m
1	Bãi thử nghiệm số 1	381.929÷381.983	2.331.169÷2.331.188	+10÷-20
2	Bãi thử nghiệm số 2	381.980÷382.033	2.331.159÷2.331.181	
3	Bãi thử nghiệm số 3	382.618÷382.669	2.330.984÷2.331.000	
4	Bãi thử nghiệm số 4	382.668÷382.720	2.330.979÷2.330.994	
5	Bãi thử nghiệm số 5	382.718÷382.770	2.330.975÷2.330.990	

5. PHƯƠNG ÁN THI CÔNG PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ BẰNG CO₂ LỎNG

5.1. Các bước tiến hành công tác thử nghiệm

Công tác phá vỡ đất đá thử nghiệm được tiến hành với sự phối hợp của các đơn vị: Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin, Công ty than Mạo Khê - TKV.

Các đơn vị trên có trách nhiệm theo chức năng theo nội dung tiến hành thử nghiệm cũng như đánh giá kết quả thử nghiệm. Cùng nhau thống nhất điều chỉnh và kết luận công nhận kết quả thử nghiệm bằng biên bản theo quy định. Toàn bộ nội dung các bước thử nghiệm thực hiện theo bảng tổng hợp thực hiện như trong bảng sau:

Bảng 5. Tổng hợp nội dung và các bước thực hiện thử nghiệm

TT	Nội dung công việc	Đơn vị thực hiện	Kết quả và yêu cầu
1	Lựa chọn bãi thử nghiệm	Viện KHCN Mỏ Công ty than Mạo Khê	Chọn được bãi thử nghiệm đặc trưng của khu vực
2	Đánh giá điều kiện tự nhiên bãi phá đá thử nghiệm	Viện KHCN Mỏ Công ty than Mạo Khê	Số liệu tin cậy phục vụ lập hộ chiếu thử nghiệm
3	Tính toán thông số mạng, quy mô và lập hộ chiếu khoan	Viện KHCN Mỏ Công ty than Mạo Khê	Hộ chiếu khoan có đầy đủ các dữ kiện theo quy định
4	Lập hộ chiếu phá vỡ đất đá thử nghiệm	Viện KHCN Mỏ Công ty than Mạo Khê	Hộ chiếu có đầy đủ các dữ kiện theo quy định
5	Thử nghiệm phá vỡ đất đá	Viện KHCN Mỏ	Đảm bảo an toàn và đúng quy phạm.
6	Đánh giá chất lượng của công tác phá vỡ đất đá	Viện KHCN Mỏ Công ty than Mạo Khê	Đảm bảo việc xác định một cách khoa học và có kết quả bằng biên bản xác nhận
7	Theo dõi đánh giá chất lượng đập vỡ thông qua công tác xúc bóc	Viện KHCN Mỏ Công ty than Mạo Khê	Xác định năng suất xúc bóc, vận chuyển khi xúc hết bãi. Tỷ lệ đá trung bình, quá cỡ của bãi

5.2. Phương án thử nghiệm

5.2.1. Yêu cầu chung

Công tác khoan, phá đá là khâu quan trọng và quyết định đến hiệu quả kinh tế, tiến độ công trình, cũng như chất lượng thi công các công việc tiếp theo.

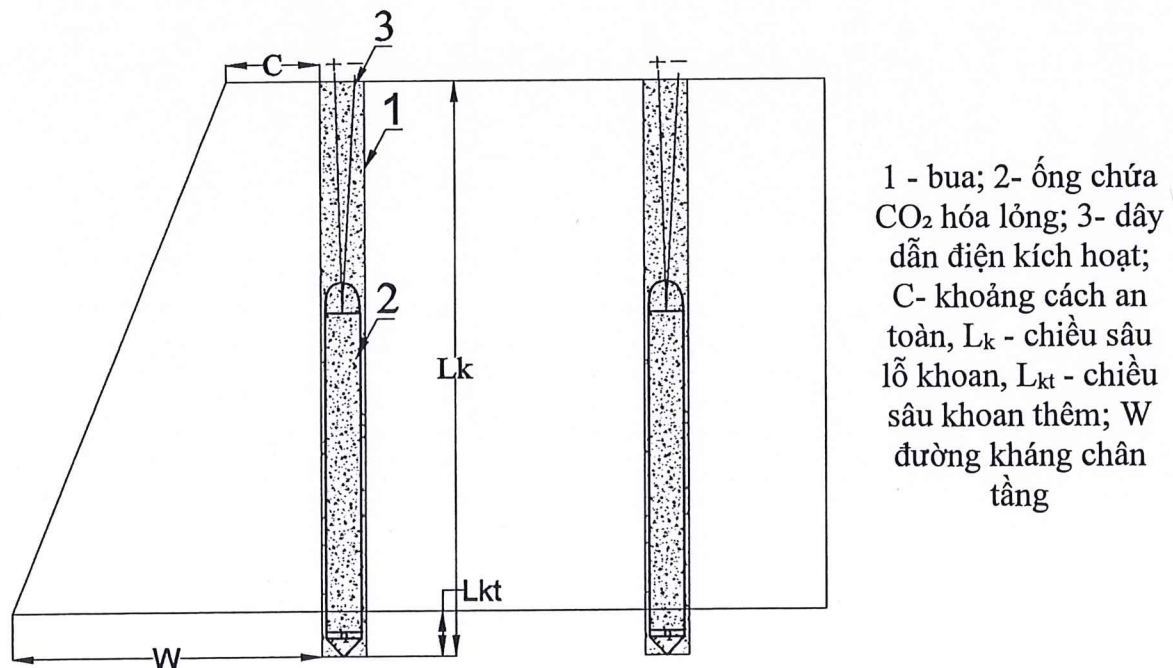
Trong công tác khoan: Tính chất cơ lý của đá như độ cứng, độ nứt nẻ, điều kiện địa chất thủy văn, địa hình là những nguyên nhân chủ yếu ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất làm việc của thiết bị khoan. Với đặc điểm địa chất thực tế của công trình được đánh giá tương đối thuận lợi cho công tác khoan.

Công tác thử nghiệm cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đảm bảo an toàn cho người, công trình và thiết bị quanh khu thử nghiệm.
- Đảm bảo mặt bằng sau khi khoan phá phải tương đối bằng phẳng, không để lại mô chân tầng, sườn tầng không gồ ghề.
- Kích thước, cỡ hạt của đá sau khi khoan phá phải đảm bảo máy xúc được và hệ thống đồng bộ thiết bị hoạt động tối ưu nhất, hạn chế đá quá cỡ.

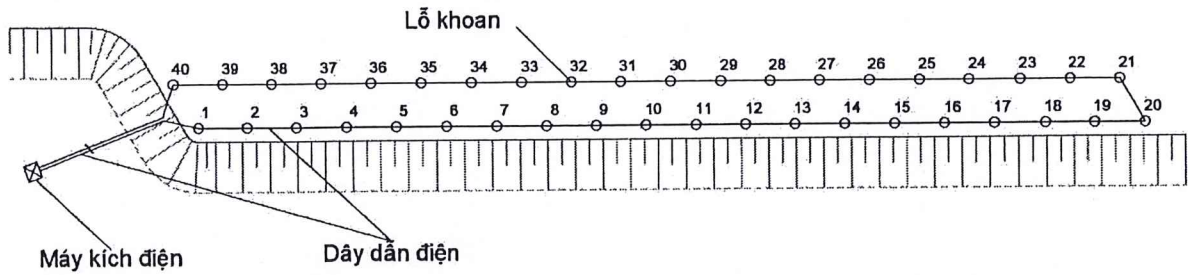
5.2.2. Sơ đồ công nghệ

Sử dụng mạng khoan tam giác đều, khoan các lỗ khoan thẳng đứng. Các lỗ khoan được bố trí theo mạng tam giác đều, nạp ống chứa như hình 6, mỗi lỗ khoan chứa 1 ống phá đá. Các ống chứa được đầu nối tiếp với nhau và kích hoạt bằng máy kích điện tương tự như nổ mìn bằng kíp điện.



Hình 6. Sơ đồ khoan nạp ống chứa CO₂

Sơ đồ đầu ghép mạng phá đá xem hình 7.

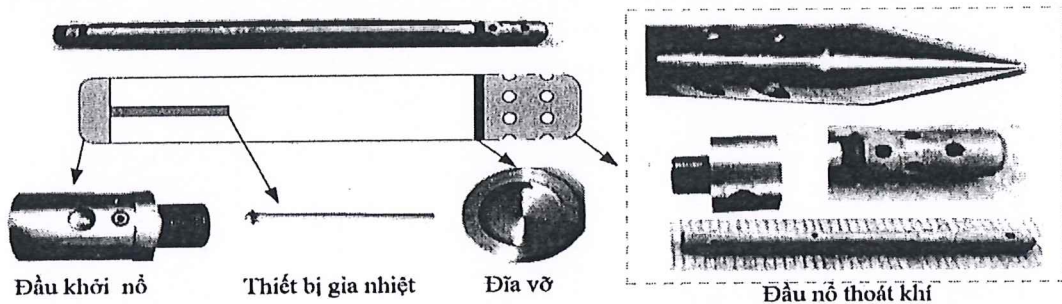


Hình 7. Sơ đồ đấu ghép mạng phá đá bằng CO₂

5.2.3. Thiết bị thi công

5.2.3.1. Ống chứa CO₂ lỏng và phụ kiện

Sử dụng ống chứa CO₂ là loại có thể tái sử dụng (hình 8). Ống có cấu tạo gồm đầu khởi nổ, thiết bị phát nhiệt, ống chứa khí, đĩa vỡ, đầu nổ thoát khí. Đầu khởi nổ chứa van nạp chất lỏng và đầu gia nhiệt, van nạp chất lỏng dùng để nạp lại CO₂ sau mỗi lần sử dụng và đầu gia nhiệt được nối với thiết bị gia nhiệt trong thành ống để làm nóng CO₂. Thiết bị gia nhiệt trong thành ống bao gồm các chất hóa học. Trong quá trình nổ, điện cực đầu gia nhiệt được cấp điện để sinh nhiệt, khiến các hóa chất trong thiết bị gia nhiệt phản ứng nhanh, giải phóng một lượng nhiệt lớn dẫn tới CO₂ lỏng bốc hơi nhanh chóng. Đĩa vỡ được sử dụng để kiểm soát áp suất trong ống chứa. Khi áp suất của CO₂ bay hơi vượt quá áp suất chịu được của đĩa vỡ, đĩa sẽ bị vỡ và khí sẽ thoát ra ngoài qua đầu nổ. Hiện nay, đĩa vỡ kiểu cắt thường được sử dụng do có cấu trúc đơn giản và dễ lắp đặt. Để đảm bảo hiệu quả bịt kín, một miếng đệm được thêm vào giữa đĩa và thân chính của ống chứa. Đầu thoát khí là thiết bị giải phóng CO₂ có lỗ thoát khí để điều khiển hướng giải phóng khí. Tùy thuộc vào yêu cầu, đầu thoát khí có thể được thiết lập với các hình dạng lỗ thoát khí khác nhau. Ống chứa là phần chính của thiết bị này, được sử dụng để chứa CO₂ lỏng áp suất cao. Sau khi sử dụng thành ống không bị phá hủy nên có thể thu hồi lại và tiếp tục sử dụng.



Hình 8. Ống phá đá CO₂ lỏng dùng nhiều lần

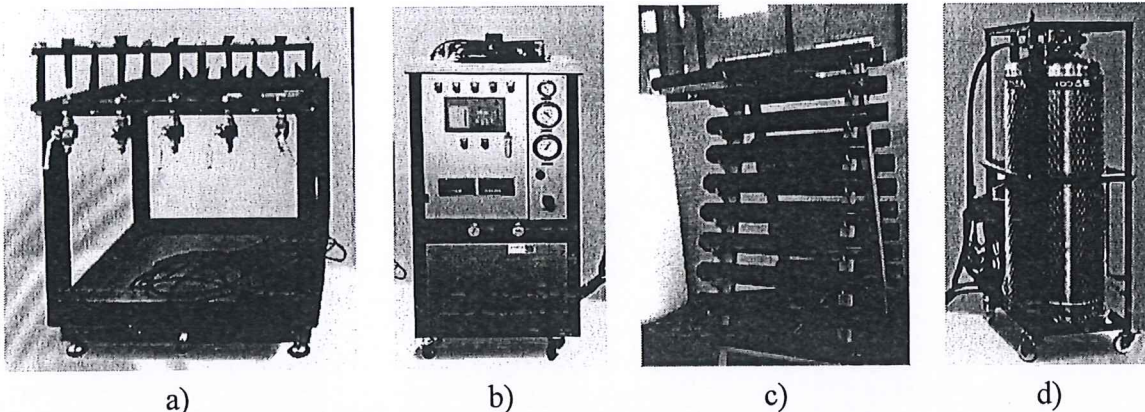
Thông số kỹ thuật của ống phá đá: Chiều dài 2,2 m, đường kính 108 mm, trọng lượng rỗng khoảng 92÷95 kg và chứa khoảng 8÷10 kg khí hóa lỏng.

* **Máy kích nổ điện:** Máy kích nổ điện là loại máy cung cấp dòng điện cho đầu khởi nổ tương tự như nổ mìn điện.

* **Thiết bị nạp khí hóa lỏng:** Dùng để nạp CO₂ hóa lỏng từ bình chứa khí nén hóa lỏng vào ống chứa để sử dụng.

Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV

*** Hệ thống cung cấp CO₂ hóa lỏng:** Dùng để lưu trữ CO₂ hóa lỏng để cung cấp cho ống chứa.



Hình 9. Hệ thống phá đá bằng khí CO₂ lỏng

a), b) thiết bị nạp khí hóa lỏng; c) ống chứa CO₂ lỏng; d) bình chứa CO₂ lỏng

5.2.3.2. Thiết bị khoan

Sử dụng máy khoan thủy lực đập đỉnh có đường kính $d_k = 127 \div 152$ mm để thi công khoan.

5.2.3.3. Các thiết bị khác

Để phục vụ công tác thi công phá đá bằng CO₂ cần có thiết bị cầu ống phá đá để nạp vào lỗ khoan (sử dụng ô tô tải có gắn cầu hoặc máy xúc). Ngoài ra, còn cần có Máy nén khí, búa hơi siết đai để hỗ trợ thi công.

Tổng hợp các thiết bị phục vụ thử nghiệm được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Hệ thống thiết bị phục vụ thi công tại công trình

TT	Tên thiết bị	Mã hiệu/thông số	ĐVT	Số lượng
1	Máy khoan	Thủy lực tự hành đường kính $d_k = 127 \div 152$ mm	Cái	01
2	Ô tô vận chuyển	18 tấn	Cái	03
3	Bình chứa khí nén	Dung tích chứa 500 lít, áp suất 3 MPa	Cái	01
4	Máy nạp khí nén	Công suất: 5,5 kW	Cái	01
5	Hệ thống phá đá bằng CO ₂ (ống phá đá, cuộn gia nhiệt, phụ kiện theo kèm...)	Ống $\phi 108$ mm	Bộ	01
6	Máy nén khí, búa hơi siết đai	10÷15 m ³ /phút	Bộ	01
7	Sử dụng máy kích điện 1 chiều	Điện áp ra ≥ 2.000 V, cường độ dòng phóng 2600 mAh.	cái	01
8	Thiết bị kiểm tra điện trở và thông mạng	Máy đo vạn năng 1.000V/10A	cái	01

5.2.4. Thông số kỹ thuật phá vỡ đá thử nghiệm

Theo công bố của nhà sản xuất đối với ống CO₂ nạp 8÷12 kg, P_m = 5÷8 MPa. Theo số liệu các báo cáo địa chất, kinh nghiệm thực tế, giá trị các thông số cơ lý đất đá mỏ Mạo Khê như sau: cường độ kháng kéo của đá $\sigma_k = 6\div 8$ MPa, hệ số tăng cường độ chịu kéo của đá dưới tải trọng động của đá $K_k = 2,0\div 3,0$, chỉ số suy giảm sóng ứng suất $\alpha \approx 1,5$, tỷ số giữa vận tốc sóng ngang và sóng dọc của đá $b = 0,5\div 0,67$. Sử dụng đường kính lỗ khoan 0,152 m. Thay vào công thức (5) - Mục 3.1.2 tính được chiều dài nứt nứt tách tính từ tâm lỗ khoan có giá trị từ 0,65÷1,45 m.

b) Lựa chọn thông số kỹ thuật phá vỡ đá thử nghiệm

**** Thông số kỹ thuật của ống phá đá***

Ống phá đá được sử dụng để nạp khí CO₂ có thông số kỹ thuật như sau:

- Đường kính: 108 mm;
- Chiều dài thân ống: 2 m;
- Chiều dài toàn ống: 2,2 m;
- Khả năng chứa khí: 10 kg.

Thử nghiệm với khối lượng khí chứa trong 01 ống phá đá là: Q_t = 10 kg.

**** Khoảng cách giữa các lỗ khoan, a***

Với đường kính của ống phá đá là 108 mm, chọn a = 2,5 m.

**** Xác định đường kháng chân tầng, W***

Với đường kính của ống phá đá là 108 mm, chọn W = a = 2,5 m.

**** Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan, b***

Để tăng cường khả năng phá vỡ đất đá, Phương án bố trí mạng khoan tam giác đều nên khoảng cách giữa các hàng được xác định theo công thức:

$$b = \frac{a\sqrt{3}}{2} = 2,2 \text{ m} \quad (6)$$

**** Chiều cao phân tầng khai thác, h_{pt}***

Chiều cao tầng thi công được xác định sao cho chiều cao đồng đá sau khi phá đảm bảo cho thiết bị làm việc an toàn, có năng suất. Căn cứ vào đường kính ống phá đá đã lựa chọn là 108 mm có chiều dài 2,2 m, điều kiện địa chất, địa hình, đồng bộ thiết bị xúc bốc, vận chuyển, chiều cao tầng được lựa chọn để thực hiện thử nghiệm là: h_{pt} = 6,0 m.

**** Chiều sâu lỗ khoan, L_k***

Chiều sâu lỗ khoan lấy bằng chiều cao tầng, L_k = h_{pt} = 6,0 m.

**** Chiều dài búa, L_b***

Chiều dài cột búa được tính như sau:

$$L_b = L_k - L_t \quad (7)$$

Thay số ta được: $L_b = 3,8 \text{ m}$.

*** Khối lượng CO₂ sử dụng trong thử nghiệm, Q_{tb}**

Số lượng lỗ khoan thử nghiệm trên một bãi nổ là $N_{lk} = 40$ (lỗ) chia 2÷3 hàng khoan.

Khối lượng khí CO₂ sử dụng trong 1 đợt thử nghiệm:

$$Q_{tb} = Q_t \cdot N_{lk} = 10 \times 40 = 400 \text{ kg} \quad (5.6)$$

Với các thông số khoan phá đã tính toán như trên có bảng thông số như sau:

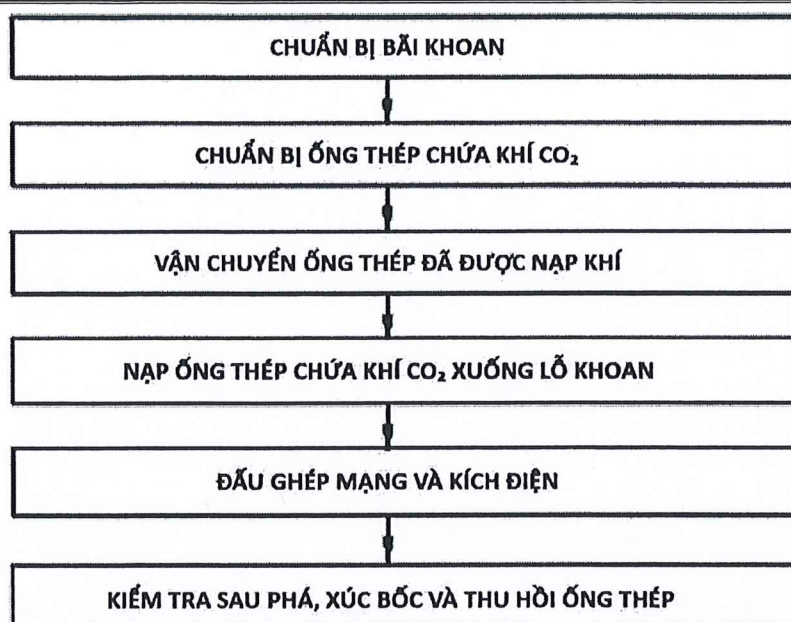
Bảng 7. Bảng thông số khoan phá đá thử nghiệm tại khai trường mỏ than Mạo Khê

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Số bãi thử nghiệm	bãi	05
3	Số lỗ trong 1 bãi	lỗ	40
4	Độ cứng đất đá trung bình (f)		7÷9
5	Đường kính lỗ khoan	m	0,127÷0,152
6	Chiều cao phân tầng	m	6,0
7	Đường kháng chân tầng	m	(2,2÷2,7)/2,5
8	Khoảng cách giữa các lỗ khoan trong hàng	m	(2,2÷2,7)/2,5
9	Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan	m	(2,0÷2,5)/2,2
10	Chiều sâu lỗ khoan	m	6
11	Đường kính ống CO ₂	mm	108
12	Chiều dài ống CO ₂	m	2,2
13	Chiều cao búa	m	3,8
15	Khối lượng CO ₂ nạp trong một ống	kg	10
16	Số lượng ống trong một bãi phá đá TN	ống	40
17	Tổng khối lượng CO ₂ toàn bãi phá đá TN	kg	400

Ghi chú: (Max-Min)/TB

5.2.5. Phương pháp thi công

Các ống đã được lắp ráp và nạp CO₂ lỏng được đưa tới công trường và nạp xuống các lỗ khoan, lắp búa sau đó đấu ghép vào mạng điện để kích hoạt. Kích hoạt hệ thống này tương tự như đối với nổ mìn điện, các ống chứa được kích hoạt đồng thời. Sau khi sử dụng, các ống chứa được thu hồi và tái sử dụng, nếu bị cong vênh được nắn lại bằng thiết bị nắn chuyên dụng. Các thiết bị cần thay thế sau mỗi lần sử dụng là ống giấy gia nhiệt, đĩa vỡ và vòng đệm. Trình tự thi công thử nghiệm phá đá bằng công nghệ khí CO₂ hóa lỏng được giới thiệu tóm tắt ở hình dưới.



Hình 10. Sơ đồ trình tự thi công thử nghiệm phá đá bằng công nghệ CO₂

5.3. Các biện pháp kỹ thuật an toàn khi thi công thử nghiệm

Công tác phá vỡ đất đá nói chung là công việc có nguy cơ cao về tai nạn, sự cố lao động, do vậy các giải pháp đảm bảo an toàn là cần thiết và quan trọng. Nhằm đảm bảo an toàn các đối tượng tham gia thi công cần thực hiện một số biện pháp sau:

5.3.1. Biện pháp an toàn khi bốc dỡ, vận chuyển ống chứa CO₂ lỏng

Phương tiện vận chuyển phải được đăng kiểm và cho phép lưu hành. Phương tiện vận chuyển phải tuân thủ nghiêm khối lượng chuyên chở. Các ống chứa CO₂ lỏng phải được gia cố bằng đai sắt, khung sắt, được đặt chắc chắn trên xe và phải chằng buộc kỹ để không bị xô đẩy va đập khi phương tiện di chuyển. Khi bốc, xếp các ống chứa CO₂ lỏng bằng hệ thống cầu của xe phải kiểm tra kỹ càng các móc, chốt của hệ thống cầu. Không được vượt quá khối lượng cầu cho phép.

5.3.2. Biện pháp an toàn khi nạp ống chứa CO₂ lỏng

Những người tham gia thi công nạp ống chứa CO₂ lỏng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đảm bảo đủ sức khoẻ để lao động trước khi giao, nhận nhiệm vụ;
- Được phân công nhiệm vụ và nắm rõ nhiệm vụ được giao;
- Trước khi thi công phải kiểm tra lại toàn bộ nơi làm việc, các phương tiện như: ống phá đá, dây điện..., các dụng cụ nạp... nếu đầy đủ và đảm bảo an toàn mới tiến hành công việc;
- Trong khi làm việc phải sử dụng đầy đủ quy định trang bị BHLĐ đã được cấp phát, quần áo gọn gàng;
- Nắm bắt và thành thạo các phương pháp nạp, thao tác thi công.

Những điều nghiêm cấm khi thi công nạp ống phá đá:

- Cấm thi công khi không đủ điều kiện ánh sáng, trời mưa bão, sấm sét;
- Cấm dùng đất đá lẫn đá to hoặc vật liệu tỷ trọng nhẹ để làm búa;
- Cấm giao chìa khoá máy kích điện cho người khác khi chưa đảm bảo an toàn và có tín hiệu chuẩn bị kích điện;
- Cấm những người không nhiệm vụ vào khu vực thi công.

5.3.3. Lựa chọn khoảng cách an toàn

Công nghệ phá đá CO₂ không thuộc loại sử dụng thuốc nổ nên không cần sự cấp phép của các ban ngành liên quan cũng như các thủ tục phê duyệt như đối với VLNCN thông thường (đặc biệt với những vị trí gần khu dân cư, công trình lịch sử văn hóa). Carbon dioxide là khí trơ, rất an toàn trong bảo quản, vận chuyển, sử dụng và tái chế. Không có phản ứng cháy nổ, an toàn tuyệt đối với người trong quá trình thi công.

Trong quá trình giãn nở khí không gây ra rung động phá hủy và sóng xung kích, tỷ lệ bụi giảm, không ảnh hưởng rất nhỏ đến môi trường xung quanh. Lực tác động thấp hơn so với nổ mìn truyền thống, lực tác động thường là 400 Mpa, thấp hơn nhiều so với (1.000÷5.000) MPa của nổ mìn. Lực sinh ra do giãn nở khí có thể kiểm soát được, tạo ra các mức năng lượng khác nhau tùy theo yêu cầu sử dụng và cấu trúc đá cần phá.

Khi thực hiện thử nghiệm, để kiểm nghiệm thực tế công nghệ và đảm bảo an toàn tuyệt đối, khuyến nghị lựa chọn khoảng cách an toàn tối thiểu như sau:

- + Đối với người là ≥ 60 m;
- + Đối với thiết bị và công trình là ≥ 50 m.

5.3.4. Quy định các tín hiệu cảnh giới an toàn

a) Tín hiệu thông báo địa điểm thi công được thông báo bằng cách chằng dây cảnh báo và cấm cờ báo hiệu xung quanh bãi thi công. Khoảng cách 05 mét tính từ hàng khoan tiếp giáp. Cờ báo hiệu cấm tại khu vực thi công phải là cờ đỏ, kích thước chiều ngang lá cờ ít nhất 120 cm, được cắm bằng cột/sào cao ít nhất 1,8 m so với mặt đất.

b) Thiết bị phát tín hiệu và tín hiệu kích thích mạng phá đá

- Thiết bị phát tín hiệu: Loa hú.
- Tín hiệu khởi động bãi, bằng một hồi loa dài liên tiếp. Theo tín hiệu này chuẩn bị khởi động bãi khoan phá (sau khi nhận đủ báo cáo an toàn của các vị trí gác). Người được giao nhiệm vụ bắt đầu đề máy kích điện và khởi động mạng.

- Tín hiệu thứ hai: Tín hiệu báo yên, bằng hai hồi loa hú liên tiếp. Theo tín hiệu này thực hiện công tác kiểm tra bãi và kết thúc thử nghiệm.

c) Thời gian thi công dự kiến việc phá đá được thực hiện liên tục trong thời gian từ 5 h sáng đến 18 h 30 hàng ngày. Khi thực hiện nạp xong, kiểm tra điều kiện an toàn và thực

hiện kích thích bãi khoan phá ngay sau đó. Tiến độ thi công theo tiến độ của phương án. Trong các trường hợp khác, đơn vị thi công sẽ có văn bản thông báo đến các bên liên quan.

5.3.5. Công tác xúc bốc thu hồi ống phá đá

Sau khi kết thúc thi công phá đá, tiến hành xúc bốc đất đá để thu hồi ống chứa CO₂ lỏng cũng như kiểm tra chất lượng đập vỡ đất đá của việc thi công.

5.4. Tổ chức thực hiện thi công thử nghiệm

*** Lập hồ sơ thi công**

- Tổ chức lập hồ chiếu khoan, hồ chiếu phá vỡ đất đá thử nghiệm;
- Thực hiện công tác khoan tạo lỗ;
- Nhận hoàn công bãi khoan;
- Chuẩn bị đầy đủ về nhân lực, thiết bị chuyên dùng, dụng cụ thi công.

*** Vận chuyển ống chứa CO₂ lỏng đã được nạp khí từ nhà xưởng đến bãi thi công**

Nhà thầu sẽ thực hiện vận chuyển các ống chứa đã được nạp khí bằng xe ô tô có gắn cầu từ nhà xưởng xuống dưới vị trí thi công.

*** Khoanh vùng khu vực thi công**

Công nhân thực hiện căng dây cảnh báo xung quanh khu vực thi công. Hàng dây phải cách hàng khoan tiếp giáp không ít 5 m. Tại bốn góc của bãi thi công cắm cờ báo hiệu là cờ đỏ, kích thước chiều ngang lá cờ ít nhất 120cm, được cắm bằng cột/sào cao ít nhất 1,8 m so với mặt đất.

*** Đưa các ống chứa CO₂ lỏng đến lỗ khoan**

- Trước khi đưa ống chứa CO₂ lỏng lên bãi khoan phải kiểm tra, chuẩn bị đường cho phương tiện vận chuyển đến bãi khoan đảm bảo an toàn và thuận lợi trong quá trình vận chuyển.

- Công nhân cần đo nghiệm thu lại chiều sâu từng lỗ khoan. Nếu chiều sâu lỗ khoan không đạt được so với thời điểm nghiệm thu bãi khoan thì phải báo cho cán bộ kỹ thuật biết để thống nhất biện pháp xử lý.

*** Nạp ống phá đá**

- Sau khi các bước chuẩn bị xong, công nhân tiến hành thi công nạp ống phá đá.
- Trước khi nạp, công nhân phải kiểm tra lại chiều sâu lỗ khoan, dọn sạch miệng lỗ khoan để tránh đá to rơi xuống lỗ gây tắc. Kiểm tra lỗ khoan nếu có đá ngăn kéo phải tìm cách loại bỏ.

*** Nạp búa**

- Tổ chức nạp búa lỗ khoan sau khi nạp xong ống phá đá.
- Vật liệu nạp búa phải là cát ẩm rời, phoi khoan với kích thước hạt ≤ 12 mm.

- Quá trình nạp bua không được để ảnh hưởng đến dây điện xuống lỗ.
- Chú ý thường xuyên kiểm tra nếu cột bua bị tụt, phải nạp thêm.

*** Đấu nối mạng**

- Sau khi nạp ống phá đá, lắp bua hoàn chỉnh toàn bãi, thực hiện đấu mạng các lỗ khoan bằng dây điện lõi đồng.

- Trước khi đấu nối mạng, cán bộ kỹ thuật phải tiến hành kiểm tra lại toàn bộ mạng và các lỗ khoan đã được nạp ống phá đá, nạp bua. Nếu đảm bảo đủ điều kiện theo yêu cầu, mới cho đấu mạng.

- Cán bộ kỹ thuật phải phân công rõ người thực hiện đấu nối mạng và phải đồng thời kiểm tra, kịp thời phát hiện các sai sót trong quá trình đấu mạng.

- Vị trí đặt trạm kích điện phải bằng phẳng, khô ráo và phải tạo thuận lợi cho việc quan sát sau khi kích đảm bảo an toàn.

*** Khởi động bãi thi công**

- Trước khi kích máy cán bộ kỹ thuật phải tiến hành kiểm tra lại toàn bộ bãi nhằm đảm bảo an toàn đúng yêu cầu kỹ thuật. Cán bộ kỹ thuật phải nhận đủ các tín hiệu đảm bảo an toàn từ các trạm gác báo về và toàn bộ những người không liên quan đến công tác kích máy, đã ra khỏi bãi với khoảng cách an toàn theo quy định.

- Cán bộ kỹ thuật trực tiếp khởi động hoặc giao chìa khoá máy kích cho người thực hiện khởi động;

*** Kiểm tra bãi phá đá sau thi công**

- Sau khi khởi động xong bãi thi công, cán bộ kỹ thuật vào bãi kiểm tra kết quả phá đá.

- Đánh giá sơ bộ mức độ đập vỡ, đá văng, bụi và đo nồng độ khí CO₂ sinh ra sau quá trình phá đá.

- Báo an toàn, kết thúc thi công.

*** Xử lý ống chứa CO₂ lỏng không hoạt động**

Ống chứa CO₂ lỏng chỉ hoạt động trong trường hợp sự gia tăng nhiệt độ nhanh chóng bởi cuộn gia nhiệt được đặt trong ống. Nếu không có quá trình này, toàn bộ khí CO₂ chứa trong ống chứa CO₂ lỏng vẫn giữ nguyên trạng thái lỏng của nó. Trong trường hợp nghi ngờ ống chứa CO₂ lỏng không hoạt động sau khi kích thích thực hiện các quy trình sau:

- Tìm 02 đầu dây điện, sử dụng máy đo điện trở kiểm tra tính thông mạch của cuộn gia nhiệt.

- Sử dụng máy xúc thủy lực có gắn búa đập, cạy bẫy, thu hồi ống phá đá.

5.5. Thực hiện đo sóng chấn động nền, sóng quá áp không khí, đá văng, khí sinh ra từ các bãi phá đá thử nghiệm

5.5.1. Mục đích đo sóng chấn động nền, sóng quá áp không khí, khí CO₂ phát sinh

Sóng chấn động (trong quá trình thử nghiệm) là sự dao động của các hạt đất do tác động việc nổ khí CO₂ tạo ra. Việc đo lường sóng này nhằm đánh giá quy mô, mức độ tác động đến công trình xây dựng. Việc đo lường giúp xác định mức độ rung động có vượt quá giới hạn an toàn cho phép của các công trình hay không; Làm cơ sở để thiết kế các hộ chiếu thử nghiệm tiếp theo cũng như công tác phá đá bằng CO₂ khi áp dụng rộng rãi đảm bảo an toàn cho các công trình hiện có và cho công trình lân cận.

Sóng đập không khí là sự gia tăng áp suất đột ngột trong không khí, thường xảy ra do các vụ nổ, gây ra sóng xung kích lan truyền trong môi trường không khí. Mục đích đo lường sóng này bao gồm: Đánh giá tác động đến công trình xây dựng. Việc đo lường giúp xác định mức độ nguy hiểm đối với các cấu trúc lân cận; xác định các khu vực có nguy cơ và đưa ra cảnh báo hoặc yêu cầu trang bị bảo hộ đối với người.

Khí CO₂ phát sinh trong quá trình phá vỡ là do sự chuyển pha từ lỏng sang khí trong điều kiện nhiệt độ cao. Đây là khí CO₂ nguyên chất đã được nạp sẵn, không phải sản phẩm phụ từ phản ứng hóa học, và sau khi giải phóng năng lượng sẽ thoát ra ngoài môi trường. Theo dõi nồng độ CO₂ để kịp thời phát hiện và kiểm soát nguy cơ vượt ngưỡng an toàn, tránh gây ngạt khí hoặc ảnh hưởng sức khỏe cho công nhân làm việc trong khu vực.

Tóm lại, việc đo lường sóng chấn động và sóng đập không khí, khí CO₂ phát sinh là hoạt động cần thiết để đảm bảo an toàn cho con người và công trình, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và cộng đồng, tuân thủ các quy định pháp luật. Đồng thời, kết quả đo lường khi phá đá bằng CO₂ được so sánh với kết quả đo khi áp dụng nổ mìn mìn VLNCN. Qua đó làm cơ sở để phân tích, lựa chọn công nghệ.

5.5.2. Các thông số của thiết bị đo sóng chấn động và sóng không khí, khí CO₂

*** Thiết bị đo sóng chấn động và sóng không khí**

- Dải đặc tính tần số: Từ 2÷250 Hz;
- Thang đo vận tốc phân tử tối thiểu: Từ 0,1÷254 mm/s (± 5 mm);
- Thang đo mức âm: Từ 88 dB đến 148 dB (± 3 dB).

*** Thiết bị đo khí CO₂**

- Dải đo: 0÷5.000 ppm;
- Độ chính xác: ± 30 ppm hoặc $\pm 3\%$ giá trị đo.

5.5.3. Giám sát đá văng

Quá trình khởi động bãi khoan, phá đá sẽ được quay phim. Các viên đá bay xuất hiện trong quá trình phá đá sẽ được đoàn thử nghiệm giám sát bằng mắt thường, sau đó sẽ phân tích video ghi lại quá trình bay của viên đá. Vị trí xa nhất của viên đá sẽ được đo đạc bằng thước dây.

5.5.4. Các tiêu chuẩn áp dụng trong đánh giá sóng chấn động, sóng không khí, đá văng

Việc quan trắc, đánh giá sóng chấn động, sóng không khí và đá văng do quá trình thử nghiệm gây ra được dựa vào Quy chuẩn QCVN 01:2019/BCT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy VLNCN và bảo quản tiền chất thuốc nổ, Mục 6 - Quy định về giám sát các ảnh hưởng nổ mìn.

Phương pháp đo, đánh giá kết quả trong hoạt động giám sát thực hiện theo TCVN 7191:2002 - Chấn động và chấn động cơ học - Chấn động đối với các công trình xây dựng - Hướng dẫn đo chấn động và đánh giá ảnh hưởng của chúng đến các công trình xây dựng, TCVN 7878:1-2008 - Âm học - mô tả, đo và đánh giá tiếng ồn môi trường.

Khí CO₂ phát sinh trong quá trình phá vỡ cần tuân thủ theo QCVN 03:2019/BYT của Bộ Y tế (giới hạn 9.000 mg/m³ với ca làm việc và 18.000 mg/m³ với giới hạn tiếp xúc ngắn).

5.5.5. Lựa chọn vị trí đặt máy đo

5.5.5.1. Máy đo chấn động

Vị trí đặt máy đo: Dự kiến đặt tại 02 vị trí, 01 vị trí trung gian cách bãi khoan 20 m; 01 vị trí cách bãi thử nghiệm 60 m. Hướng đặt máy vuông góc với bãi thử nghiệm. Các thức đặt máy như sau:

- Đầu Geophone: Đặt trong hố sâu có kích thước 30×30×30 cm hoặc cắm chân xuống nền đất. Xung quanh được lấp kín bằng cát ẩm và bên trên mặt được đặt 01 bao cát ẩm có trọng lượng 10 kg. Đầu cảm biến Sensor hướng về phía bãi thử nghiệm.

- Đầu Microphone: Đầu đo được gắn vào thanh kim loại cứng dài 01 m cắm xuống nền đất và hướng thẳng về phía bãi thử nghiệm.

5.5.5.2. Máy đo khí CO₂

Việc lựa chọn vị trí đặt máy đo khí CO₂ phát sinh cần được thực hiện cẩn thận để đảm bảo độ chính xác của dữ liệu, an toàn cho con người, và phản ánh đúng điều kiện môi trường thực tế. Do đặc điểm công tác phá vỡ đất đá bằng CO₂ hoặc trong mỏ, lựa chọn vị trí đo trong khi nổ trùng với vị trí đặt máy đo chấn động, trước và sau khi nổ có tín hiệu báo an toàn sẽ đo tại xung quanh, trung tâm bãi phá đá.

5.6. Đánh giá chất lượng bãi nổ

Sau khi tiến hành công tác nổ mìn thử nghiệm, Viện KH-CN Mỏ, Công ty than Mạo Khê và đơn vị thi công phối hợp đánh giá chất lượng các bãi thử nghiệm theo các bước:

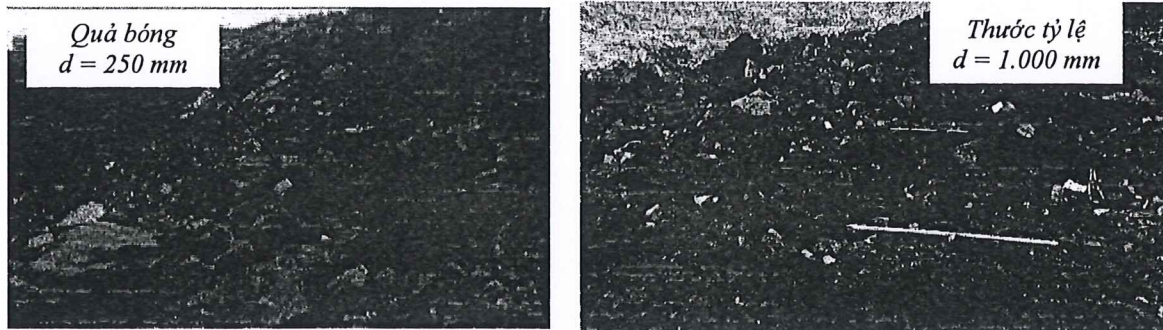
- Bước 1: Đánh giá sơ bộ chất lượng bãi mìn sau khi nổ: Đánh giá mức độ an toàn thực hiện công tác nạp ống chứa CO₂, kích hoạt ống chứa, kiểm tra các ống chứa được kích hoạt, hình thức đồng đá sáu phá.

- Bước 2: Đánh giá chất lượng bãi phá đá gồm: Khảo sát tỉ lệ thành phần cỡ hạt,

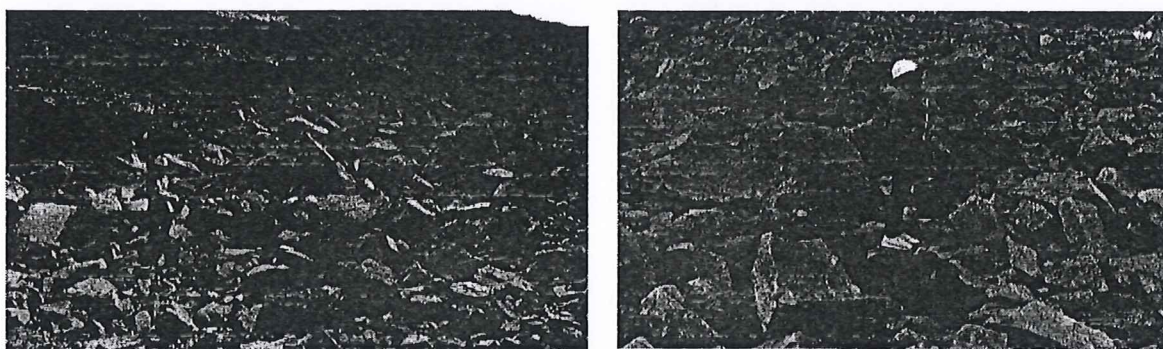
Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV

đo đếm đường kính cỡ hạt, đánh giá kích thước đồng đá nổ mìn.

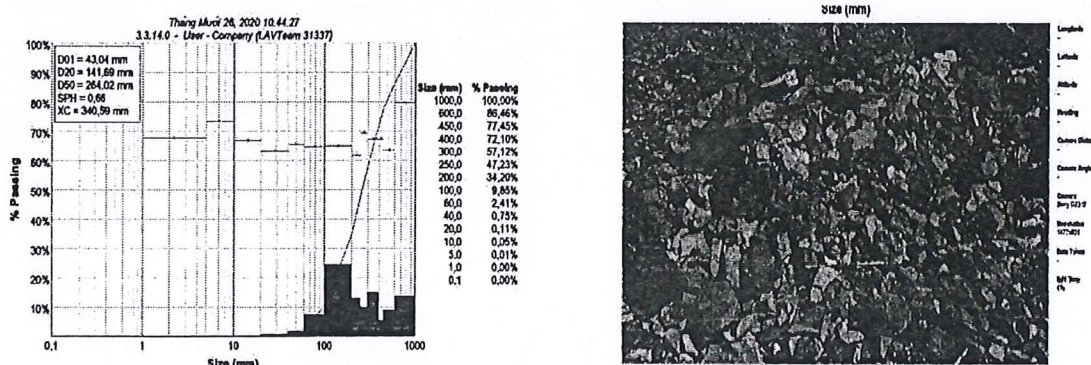
Tỉ lệ thành phần cỡ hạt bề mặt được khảo sát bằng phương pháp phối hợp đo đạc bằng vật tương đương (hình 11), thước dây (hình 12) và phần mềm phân tích cỡ hạt chuyên dụng (hình 13).



Hình 11. Đánh giá cỡ hạt đất đá bằng vật tương đương



Hình 12. Đo đạc thành phần và kích thước cỡ hạt bằng thước dây



Hình 13. Phân tích cỡ hạt đất đá bằng phần mềm WipFrag 3.3

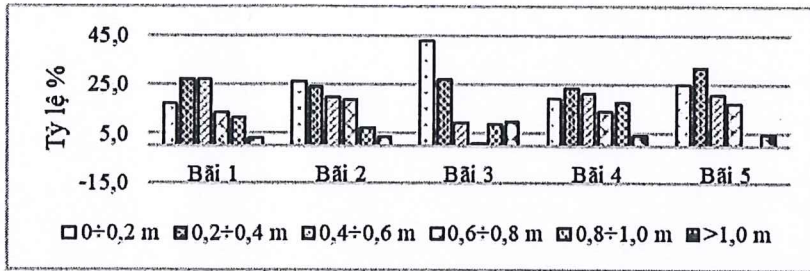
Số liệu phân tích thu được được lập thành bảng như mẫu tại bảng 8 và thể hiện trực quan bằng biểu đồ như hình 14, hình 15.

Bảng 8. Mẫu bảng kết quả phân tích thành phần cỡ hạt

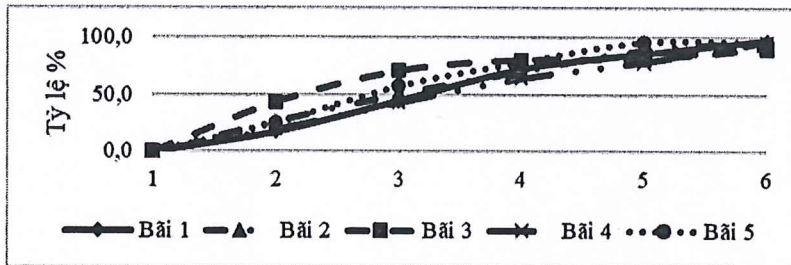
TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị các bãi thử nghiệm					
				TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6
1	Thành phần cỡ hạt	d_c							
-	0-0,20 m		%						
-	0,20-0,40 m		"						

Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV

-	0,40-0,60 m		"					
-	0,60-0,80 m		"					
-	0,80-1,00 m		"					
-	> 1 m		"					
2	Kích thước cỡ hạt trung bình, m	d_{tb}	m					



Hình 14. Hiện trạng tỉ lệ thành phần cỡ hạt các bãi thử nghiệm



Hình 15. Tỉ lệ cỡ hạt lũy tiến tại các bãi thử nghiệm

5.7. Lịch trình thực hiện Phương án thử nghiệm

Thời gian biểu chi tiết thực hiện Phương án thử nghiệm như sau:

TT	Công việc	Năm 2025				Năm 2026	
		7-9	10	11	12	1	2
1	Tổ chức lựa chọn nhà thầu		—————				
2	Lựa chọn bãi thử nghiệm	—————					
3	Đánh giá điều kiện tự nhiên bãi phá đá thử nghiệm	—————					
4	Tính toán thông số mạng, quy mô và lập hộ chiếu khoan	—————					
5	Lập hộ chiếu phá vỡ đất đá thử nghiệm		—————				
6	Thử nghiệm phá vỡ đất đá			—————	—————		
7	Đánh giá chất lượng của công tác phá vỡ đất đá			—————	—————		
8	Theo dõi đánh giá chất lượng đập vỡ thông qua công tác xúc bốc			—————	—————	—————	—————

Nghiên cứu áp dụng công nghệ phá vỡ đất đá bằng khí nén tại khu vực gần dân cư, công trình cần bảo vệ cho các mỏ than thuộc TKV

5.8. Trách nhiệm của các bên tham gia thử nghiệm

5.8.1. Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin

- Tổ chức lựa chọn nhà thầu thi công phương án;
- Phối hợp với Công ty than Mạo Khê - TKV đánh giá chất lượng đập vỡ ngay sau khi phá đá và thông qua công tác xúc bốc.

5.8.2. Công ty than Mạo Khê - TKV

- Tạo điều kiện cho Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin và đơn vị thi công khảo sát, thi công, theo dõi thử nghiệm. Bố trí diện thi công các hộ chiếu thử nghiệm theo Phương án;
- Phối hợp với Viện KHCN Mỏ đánh giá chất lượng đập vỡ ngay sau khi phá đá và thông qua công tác xúc bốc.

5.8.3. Đơn vị thi công

- Hoàn thiện các thủ tục pháp lý để thi công Phương án;
- Thi công theo hợp đồng đã ký với Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin;
- Phối hợp với Viện Khoa học Công nghệ mỏ - Vinacomin nghiệm thu các bãi khoan, phá đá thử nghiệm.