

ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP MỚI PHÁ VỠ ĐÁ KHÔNG SỬ DỤNG THUỐC NỔ TRÊN CÁC MỎ LỘ THIÊN

KS. Hoàng Mạnh Thắng

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin

Biên tập: TS. Lưu Văn Thực

Tóm tắt:

Phá vỡ đất đá bằng nổ mìn là phương pháp chính làm tơi đất đá vì năng suất cao và giá thành thấp hơn so với các phương pháp khác. Tuy nhiên, nổ mìn làm tăng mối lo ngại về an toàn và có thể tác động tiêu cực đến môi trường bao gồm đá bay, khí nổ, sóng chấn động và sóng đập không khí. Từ việc nghiên cứu đánh giá một số công nghệ mới phá vỡ đá không sử dụng thuốc nổ bao gồm phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén và phương pháp sử dụng bộ nổ tách đá, có thể được sử dụng thay thế cho phương pháp nổ mìn thông thường và phân tích hiệu quả, khả năng áp dụng của các phương pháp mới này.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, khoan nổ mìn (KNM) vẫn là phương pháp chính để phá vỡ đất đá, khối lượng thuốc nổ được sử dụng trên thế giới không ngừng tăng qua từng năm. Tuy nhiên, khi nổ mìn chỉ một phần năng lượng nổ có tác dụng phá vỡ đất đá, phần năng lượng còn lại tạo ra các tác động không mong muốn tới môi trường xung quanh: Sóng chấn động, sóng đập không khí, đá văng, bụi và khí độc. Trong đó, sóng chấn động là thành phần nguy hiểm nhất ảnh hưởng đến các công trình xung quanh. Các tác động tiêu cực do sóng chấn

động gây ra như: Rung lắc, nứt vỡ công trình, gây mất ổn định bờ mỏ, phá vỡ các cấu trúc các công trình. Vì vậy phương pháp khoan nổ phá vỡ đất đá rất khó sử dụng ở những khu vực dân cư, gần các công trình công cộng, cơ sở khám chữa bệnh, khu vực có di tích lịch sử,... Công tác phá vỡ đất đá ở những khu vực này chủ yếu đang sử dụng phương pháp cơ giới hoá bao gồm: Sử dụng đầu đập thủy lực kết hợp với máy xúc cào cạy đất đá, máy cày xới, máy phay cắt.

Tại khu vực bờ trụ tiếp giáp với các nhà máy nhiệt điện Na Dương I, Na Dương II của mỏ than



a)



b)



c)



d)

Hình 1. Các phương pháp phá vỡ đất đá đang được áp dụng trên mỏ lộ thiên

a) Phương pháp dùng sức nước; b), c) Phương pháp cơ giới hóa; d) Phương pháp khoan nổ mìn

Na Dương không thể sử dụng phương pháp nổ mìn lỗ khoan đường kính lớn, các giải pháp công nghệ bóc đất đá đang được áp dụng bao gồm: Sử dụng máy xúc thủy lực gàu ngược, nổ mìn lỗ khoan con và sử dụng máy cày xới. Tuy nhiên các phương pháp này có giá thành thi công cao và năng suất thấp, đây cũng là vấn đề chung của các phương pháp phá vỡ đất đá khi không thể sử dụng phương pháp khoan nổ mìn thông thường. Gần đây các công nghệ phá vỡ đất đá mới không sử dụng chất nổ như phá vỡ đất đá bằng khí nén, sử dụng bột nổ tách đá đã được nghiên cứu, thử nghiệm và áp dụng vào thực tế.

2. Các giải pháp công nghệ phá vỡ đất đá trên mỏ lộ thiên

Các phương pháp phá vỡ đất đá đang được áp dụng hiện nay trên các mỏ lộ thiên bao gồm (Hình 1):

- Phương pháp cơ giới hoá: Máy xới, búa đập thủy lực, máy phay cắt, máy tách đá,...;
- Phương pháp KNM;
- Phương pháp dùng sức nước: Súng bắn nước, ống thấm rã,....

Việc lựa chọn phương pháp phá vỡ đất đá trước hết phụ thuộc vào những tính chất và cấu tạo của đất đá mỏ (tính chất cơ lý, tính chất hoá, thể nằm, cấu trúc vỉa, kiến tạo...), công suất của mỏ lộ thiên, thiết bị sử dụng và các yêu cầu về chất lượng sản phẩm mỏ (thành phần, cỡ hạt, hàm lượng thành phần có ích...). Ngoài ra còn phải quan tâm tới những yêu cầu về ổn định bờ mỏ, ổn định định sườn tầng và đảm bảo an toàn cho các công trình xung quanh biên giới mỏ. Thông thường, phương pháp phá vỡ đất đá bằng KNM được sử dụng phổ biến nhất, sau đó là phương pháp cơ giới, các phương pháp còn lại ít được sử dụng hơn do giá thành cao, công suất nhỏ.

3. Các phương pháp mới phá vỡ đất đá không sử dụng vật liệu nổ

3.1. Phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén

Lấy cảm hứng từ các hệ thống Cardox, một công nghệ phá vỡ đất đá mới sử dụng CO₂ lỏng mới được nghiên cứu và thử nghiệm. Hệ thống Cardox là một công nghệ bể gãy giãn nở khí CO₂ trong các ống chứa đầy CO₂ lỏng. Khi được cung cấp năng lượng bằng cách sử dụng một dòng điện cường độ nhỏ, bộ gia nhiệt hóa học ngay lập tức chuyển đổi CO₂ lỏng thành khí. Sự chuyển đổi này làm tăng thể tích CO₂ và tăng áp suất bên trong ống đến khi nó làm cho đĩa vỡ ở cuối ống bị vỡ. Điều này giải phóng CO₂ ra ngoài không khí, gấp 660 lần thể tích ban đầu thông qua một đầu xả đặc biệt để tạo ra áp lực cao, ở áp suất lên tới 40.000 psi (3.000 bar). Tất cả điều này diễn ra trong thời gian tính bằng mili giây [2]. Phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén cũng dựa trên nguyên tắc tương tự như vậy.

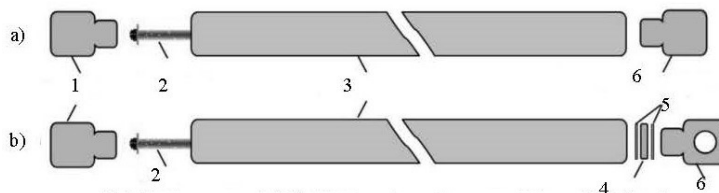
3.1.1 Hệ thống phá đá bằng khí nén

Hệ thống phá đá bằng khí nén CO₂ dạng lỏng được phát triển, thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường đã được thực hiện. Hệ thống này bao gồm ống chứa CO₂ lỏng, máy kích nổ bằng điện, hệ thống cung cấp CO₂ tự động, và thiết bị lắp ráp ống chứa CO₂ lỏng.

- Ống chứa CO₂ lỏng:

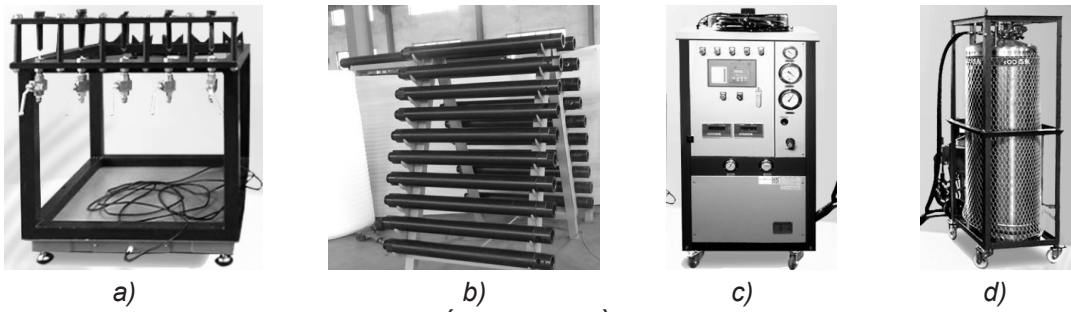
Đáp ứng các yêu cầu của các điều kiện kỹ thuật và mục đích khác nhau, các ống phá đá CO₂ lỏng dùng một lần và dùng nhiều lần được thiết kế như trong hình 2. Các thông số kỹ thuật của hai ống này như sau: Về vật liệu, ống dùng một lần và không dùng một lần được làm bằng 2 loại thép khác nhau; Tỷ lệ đường kính trong và ngoài của ống dùng một lần và không dùng một lần được thiết kế lần lượt là khoảng 1,10 và 1,55 [3].

Do sự khác biệt về vật liệu, cấu trúc, kích thước ống và khả năng lưu trữ CO₂, hai ống này cũng khác nhau về cách giải phóng khí, phạm vi ứng dụng và tác dụng phá đá. Ống dùng nhiều lần giải phóng CO₂ từ một lỗ thông hơi nhất định chứ không phá vỡ toàn bộ ống như ống dùng một lần. Tiết kiệm chi phí và bảo vệ môi trường là ưu tiên



Hình 2. Cấu tạo ống phá đá CO₂ lỏng

a) Ống dùng 1 lần, b) ống dùng nhiều lần; 1 - Đầu khởi nổ, 2 - Thiết bị phát nhiệt, 3 - ống chứa khí, 4 - long đen, 5 - vòng đệm bịt kín, 6 - đầu nổ và nối các đoạn với nhau



Hình 3. Hệ thống phá đá bằng khí CO₂ lỏng
 a) thiết bị lắp ráp đầu nổ; b) ống chứa CO₂ lỏng; c) hệ thống cung cấp CO₂ cho các ống chứa;
 d) bình chứa CO₂ lỏng

được xem xét trong việc thiết kế ống dùng nhiều lần vì có thể tái sử dụng. Tuy nhiên, quá trình lắp đặt, tái sử dụng tốn nhiều thời gian và không có khả năng thu hồi ống trong một số trường hợp bị hạn chế bởi điều kiện địa chất và xây dựng nên ống dùng một lần đã được phát triển. Ống dùng một lần có chi phí cao hơn so với ống dùng nhiều lần nhưng về mức độ đập vỡ lại hiệu quả hơn và có cấu tạo đơn giản hơn. Do đó, ống dùng một lần có khả năng ứng dụng tốt hơn, còn ống dùng nhiều lần thường được áp dụng ở các địa điểm có thể lắp đặt và tái sử dụng thuận tiện.

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

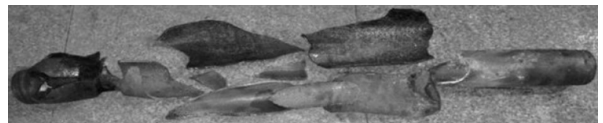
- Thiết bị lắp ráp đầu nổ: Dùng để lắp ráp các chi tiết đầu nổ của thiết bị chứa CO₂ lỏng.

- Hệ thống cung cấp CO₂: Dùng để cung cấp CO₂ lỏng cho ống chứa.

3.1.2. Nguyên lý hoạt động và khả năng phá vỡ đất đá của thiết bị khí nén CO₂ lỏng

* Nguyên lý hoạt động

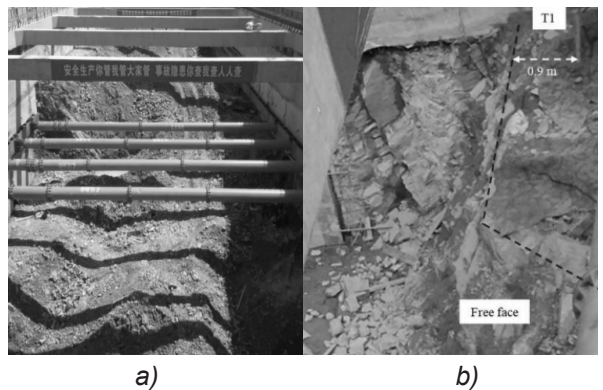
CO₂ lỏng là dạng hóa lỏng của CO₂, tồn tại khi áp suất trên 5,1 atm và nhiệt độ trong khoảng -56,6 ÷ 31,1 °C. CO₂ trong ống chứa tồn tại ở dạng lỏng được bơm từ thiết bị cung cấp CO₂. Nhờ có thiết bị gia nhiệt ở đầu ống, nhiệt độ trong ống sẽ tăng lên cao khiến CO₂ chuyển từ thể lỏng sang thể khí làm áp suất trong ống chứa tăng cao. Đối với ống sử dụng một lần do có thành vỏ mỏng nên áp suất này sẽ phá vỡ hoàn toàn ống như hình 4. Đối với ống sử dụng nhiều lần, áp suất cao trong ống do CO₂ chuyển từ thể lỏng sang thể khí khiến vòng đệm bị bung ra, làm cho CO₂ bị phụt ra với áp suất lớn. Quá trình này chỉ diễn ra với thời gian tính bằng mili giây và cũng chính là tác nhân phá vỡ đất đá.



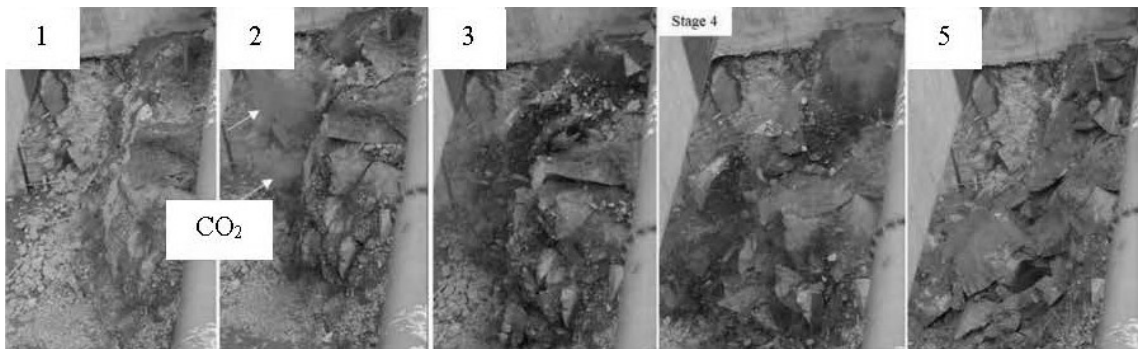
Hình 4. Ống CO₂ lỏng dùng một lần bị phá vỡ khi sử dụng

* Khả năng phá vỡ đất đá của thiết bị khí nén CO₂ lỏng

Gà tàu điện ngầm Đại học Hồ Nam, Trung Quốc, được bao quanh bởi các công trình kiên cố và các tòa nhà kết cấu bê tông cốt thép cao tầng. Địa chất công trình khu vực thi công chủ yếu bao gồm: Đất sét phía trên khoảng 3 ÷ 6 m, đá gốc dưới với mức độ phong hóa khác nhau. Hệ số kiên cố của đá $f = 5 \div 8$ nên máy đào không thể làm việc hiệu quả. Hơn nữa, do nhà ga gần khu dân cư và cơ sở giáo dục nên Chính quyền hạn chế nghiêm ngặt việc nổ mìn tại công trường xây dựng này. Do đó, công nghệ phá đá CO₂ lỏng đã được triển khai để phá vỡ đất đá dưới nền móng của công trình [3].



Hình 5. Phá vỡ đất đá bằng CO₂ tại công trình nhà ga trường đại học Hồ Nam [3]
 a) Hồ móng nhà ga; b) Vị trí sử dụng thiết bị phá vỡ đất đá bằng khí nén



Hình 6. Quá trình phá vỡ đất đá bằng khí CO₂ lỏng tại hố móng nhà ga trường đại học Hồ Nam

02 Lỗ khoan được sử dụng có đường kính 90 mm và chiều dài 3 m. Hai ống CO₂ lỏng được lắp đặt trong mỗi lỗ khoan, tức là 3,2 kg CO₂ lỏng trong mỗi lỗ khoan, các lỗ khoan được lấp búa bằng cát mịn. Bốn ống CO₂ lỏng trong hai lỗ khoan đã được kích nổ đồng thời.

Quá trình phá vỡ đất đá được thể hiện trong hình 6. Giai đoạn 1 thể hiện trạng thái ban đầu của bề mặt hố móng, đá cứng khiến máy xúc không thể đào xúc đất đá hiệu quả. Khí CO₂ chuyển từ thể lỏng sang thể khí và thoát ra không khí trong Giai đoạn 2. Do tác động của sóng xung kích, đá bị vỡ thành nhiều mảnh và văng ra ngoài trong Giai đoạn 3 và 4. Bề mặt hố móng sau khi phá đá được mô tả trong Giai đoạn 5.

Kết quả là 20 m³ đá được phá vỡ bởi bốn ống CO₂ lỏng, tức là 6,4 kg CO₂ tương ứng với mức tiêu thụ đơn vị CO₂ lỏng là 0,32 kg/m³. Mức độ vỡ vụn của đá đáp ứng yêu cầu vận chuyển. Tiếng ồn do CO₂ lỏng gây ra nhỏ hơn 76 dB ở khoảng cách 16 m. Kết quả đo tại vị trí rung động cho thấy tần số rung động là khoảng 6 ÷ 60 Hz, vận tốc dao động nền tối đa khoảng 35 mm/s ở khoảng cách 5 m tính từ tâm nổ, đáp ứng các yêu cầu an toàn [3]. Hiện nay, phương pháp này đã được áp dụng tại một số mỏ đá vật liệu xây dựng tại Trung Quốc.



Hình 7. Phá vỡ đất đá bằng khí CO₂ lỏng trên mỏ lộ thiên tại Trung Quốc

3.2. Phá vỡ đất đá bằng bột nổ tách đá

Bột nổ phá đá (stone cracking powder) là một loại vật liệu dùng để phá vỡ đất đá, khối xây gạch đá và khối bê tông [1] mà không cần dùng chất nổ. Áp suất trương nở của bột tăng dần trong lỗ khoan và lớn hơn 300 kG/cm². Lực kháng kéo của đá và bê tông nhỏ hơn cường độ chịu nén của bột nổ này tới hàng chục lần, với đá chỉ khoảng 40 ÷ 80 kG/cm² và bê tông chỉ từ 20 ÷ 40 kG/cm², nên khối đá và bê tông dễ dàng bị tách phá sau khi khoan lỗ và nạp vữa bột nổ phá đá [4]. Công nghệ này không làm chấn động nền đất, không có đá văng xa, không gây tiếng nổ và sóng đập không khí làm ảnh hưởng đến các công trình và môi trường xung quanh. Hiện nay, một số loại bột nổ phá đá (hình 8) đang được cung cấp trên thị trường như bột nổ CRACKPOW do Công ty TNHH Hóa chất Thạch An sản xuất và bột nổ Sino-Crack do Trung Quốc sản xuất, quy cách đóng gói 25 kg/bao chứa 5 túi nhỏ, mỗi túi nhỏ 5 kg.

Thành phần hóa học của bột nổ tách đá thường bao gồm các thành phần hóa học chính như bảng 1.

Sử dụng bột nổ để phá đá được tiến hành theo các bước sau: Khoan lỗ, trộn bột nổ thành vữa, nạp vữa vào lỗ khoan, đập lỗ khoan. Sau một khoảng thời gian nạp vữa vào lỗ khoan thì bột nổ tăng thể tích làm phát sinh áp lực tác động vào thành lỗ khoan. Nếu bố trí mạng các lỗ khoan thích hợp và tính toán được các thông số công nghệ dùng bột nổ thích hợp thì khối đá sẽ bị nứt vỡ thành các phần nhỏ theo ý muốn.

* *Khoan lỗ khoan:* Đường kính lỗ khoan dùng để nạp vữa thường trong khoảng 36 ÷ 42 mm. Đường kính tối ưu là 38 mm, chiều sâu lỗ khoan tối đa là 8 m theo khuyến nghị của các nhà sản xuất.

* *Trộn bột:* Đo nhiệt độ môi trường và chọn loại

Bảng 1. Thành phần hóa học chính của bột nở phá đá [6]

Thành phần hóa học	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
Tỉ lệ (%)	1,5 ÷ 8,5	10,3 ÷ 5,0	0,2 ÷ 3,0	81,0 ÷ 96,0	0 ÷ 1,6	0,6 ÷ 4,0

bột thích hợp. Nếu dùng bột ở nhiệt độ thấp hơn giới hạn dưới của dải nhiệt độ cho mỗi loại bột, thời gian tách đá sẽ lớn hơn. Nhiệt độ cao hơn giới hạn trên thì thời gian tách đá sẽ nhanh hơn nhưng bột dễ bị bắn, phụt ra khỏi miệng lỗ làm giảm hiệu quả tách đá. Đong 1,5 ÷ 1,7 lít nước sạch vào bình chứa, sau đó từ từ dốc 1 bao (5kg) vào nước và khuấy mạnh đều tay để bột thấm nhuyễn đều nước. Thời gian trộn 1 bao bột (5kg) chỉ nên trong vòng 2 ÷ 3 phút.

* **Nạp vữa vào lỗ khoan:** Làm sạch lỗ khoan trước khi nạp vữa bằng cách thổi khí để đưa phoi khoan và các bụi bẩn khác ra khỏi lỗ khoan. Dùng nạp khi vữa đã nạp vào cách miệng lỗ 30 mm. Nạp vữa vào lỗ khoan cần tiến hành cẩn thận, sao cho vữa được đều và không tạo thành những túi khí trong lỗ (sử dụng gạt nhỏ để chọc xử lý độ rỗng vữa trong lỗ khoan). Với những lỗ nằm ngang, có thể sử dụng bơm vữa lỏng vào hoặc lồng phễu mỏng, nhỏ vào trong lỗ, sau đó bơm vữa từ từ vào phễu, đồng thời rút phễu ra khỏi lỗ. Các lỗ khoan sau nạp vữa không cần lấp búa, nút chặt, tuy nhiên cần nhanh chóng che đầy lỗ lại sau khi nạp vữa.



Hình 8. Phá vỡ đất đá bằng bột nở tách đá [1]

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng các thông số quan trọng trong quy trình công nghệ sử dụng bột nở phá đá là khoảng cách tối ưu giữa hai lỗ khoan a (m) và chi phí lượng bột nở để phá vỡ 1 m³ đá khối q (kg/m³). Khoảng cách giữa hai lỗ khoan a (m) phụ thuộc vào giới hạn bền của đá khối, đường kính lỗ khoan và hệ số trương nở thể tích của vữa bột nở. Khi đá có cường độ lớn thì khoảng cách giữa hai lỗ khoan sẽ nhỏ hơn; nếu hệ số trương nở thể tích càng lớn thì áp lực phá vỡ

càng tăng và do đó có thể tăng khoảng cách giữa hai lỗ khoan. Khối lượng bột nở q (kg/m³) để phá vỡ 1 m³ vật liệu (đá khối, bê tông,...) dao động trong khoảng từ 4 ÷ 25 kg như bảng 2.

Bảng 2. Chi phí lượng bột nở để phá vỡ 1 m³ vật liệu [4], [5].

Loại đá cần phá vỡ	Lượng bột tách đá cần cho 1m ³ vật liệu, kg/m ³		
	Bột nở High Range Soundless của Trung Quốc	Bột nở SinoCrack của Trung Quốc	Bột nở phá đá Trảng An do Việt Nam sản xuất
Đá mềm	5 ÷ 8	4 ÷ 6	6 ÷ 7
Đá cứng trung bình	8 ÷ 12	6 ÷ 10	7 ÷ 11
Đá cứng	12 ÷ 20	10 ÷ 15	11 ÷ 16
Bê tông thường	5 ÷ 8	5 ÷ 10	6 ÷ 12
Bê tông cốt thép	10 ÷ 25	10 ÷ 20	12 ÷ 22

Giá trị q phụ thuộc không chỉ vào loại bột nở mà còn phụ thuộc vào định mức lượng thuốc cho một mét dài lỗ khoan, vào độ bền của vật liệu cần phá và vào đường kính của lỗ khoan. Khi đá cứng thì lượng bột nở q tăng lên và ngược lại.

4. Đánh giá và khả năng áp dụng của các công nghệ mới

Phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén là một vụ nổ vật lý do cacbon dioxit lỏng thay đổi trạng thái sang thể khí mà không sinh ra nhiệt độ cao và khí độc hóa học. Khi áp dụng, sóng chấn động, sóng đập không khí sinh ra thấp hơn so với công nghệ nổ mìn thông thường. Công nghệ này có thể được sử dụng trong các mỏ than hầm lò có khí mê tan và và bụi than nhằm giảm thiểu các nguy cơ cháy nổ tiềm ẩn so với nổ mìn thông thường. Tuy nhiên công nghệ này có mức độ đập vỡ kém và chi phí cao nên khó áp dụng được với quy mô lớn, chỉ có lợi thế khi được áp dụng trong các khu dân cư hoặc khi điều kiện an toàn không

Bảng 3. Đánh giá các phương pháp phá vỡ đất đá

Chỉ tiêu đánh giá	Nổ mìn	Khí nén	Bột nở tách đá
Mức độ đập vỡ	Tốt	Kém	Rất kém
Sóng đập không khí	Lớn	Nhỏ	Không sinh ra sóng đập không khí
Chấn động	Lớn	Nhỏ	Không sinh ra chấn động
An toàn khi sử dụng	Kém	Rất an toàn	Rất an toàn
Hiệu quả kinh tế	Cao	Thấp	Thấp

đảm bảo để tiến hành nổ mìn.

Khi sử dụng bột nở tách đá để phá vỡ đất đá thì không sinh ra sóng chấn động, sóng đập không khí hay đá văng, an toàn khi sử dụng. Tuy nhiên phương pháp này cũng có mức độ đập vỡ rất kém, thời gian phá đá lâu do thời gian vừa trương nở trong lỗ khoan lâu, có thể lên tới 8 tiếng.

Từ các phân tích trên ta có thể đưa ra so sánh các phương pháp phá vỡ đất đá: sử dụng thuốc nổ, sử dụng khí nén và bột nở phá đá như bảng 3.

Nhìn chung, phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén có ưu điểm là sóng chấn động, sóng đập không khí nhỏ, phương pháp sử dụng bột nở tách đá không sinh ra sóng chấn động, sóng đập không khí hay đá văng, an toàn khi sử dụng và không có các quy định khắt khe về vận chuyển, bảo quản và sử dụng như đối với vật liệu nổ. Tuy nhiên, cả hai phương pháp này đều có chi phí cao, hiệu quả đập vỡ đất đá thấp hơn so với thuốc nổ và quá trình thi công phức tạp. Vì vậy, đối với phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén có thể được áp dụng tại các địa điểm, vị trí không thể sử dụng được phương pháp KNM thông thường như: Trong khu vực dân cư, gần sát các công trình trọng yếu, di tích lịch sử,... Đối với phương pháp sử dụng bột tách đá có thể sử dụng cho các mỏ đá vật liệu xây

dựng, đá khối, sử dụng để phá mô chân tầng và đá quá cỡ.

5. Kết luận

KNM vẫn là phương pháp chính để phá vỡ đất đá, tuy nhiên ngày càng có nhiều giải pháp công nghệ mới có tiềm năng có thể thay thế được nổ mìn. Mặc dù hai phương pháp trên còn nhiều nhược điểm như chi phí lớn và hiệu quả chưa cao nhưng có thể khắc phục được các hạn chế của nổ mìn như sóng chấn động, sóng đập không khí, đá văng và ô nhiễm môi trường. Đặc biệt phương pháp phá vỡ đất đá bằng khí nén rất có tiềm năng có thể thay thế một phần phương pháp phá vỡ đất đá bằng nổ mìn trong tương lai.

Tài liệu tham khảo:

[1] Nguyễn Xuân Mãn (2009). *Khai thác đá khối*, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh. Tp. Hồ Chí Minh.
 [2] <https://cardox.co.uk/about/how-it-works/>.
 [3] Qi-Yue Li, Guan Chen, Da-You Luo, Hai-Peng Ma, Yong Liu. *An experimental study of a novel liquid carbon dioxide rock-breaking technology*.
 [4] *Bột nở tách đá Sino-Crack*. <https://hanoichem.vn/products/sino-crack-bot-no-tach-da>.

Evaluation of some new methods of rock breaking without usage of explosives on open pits

Eng. Hoang Manh Thang - Vinacomin-Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

Rock breaking by blasting is the main method of loosening the rock due to its high productivity and lower cost compared to other methods. However, blasting increases the safety concerns and can have negative environmental impacts including flying rocks, explosive gases, shock waves and air slamming waves. From the research on and evaluation of a number of new technologies for breaking rock without using explosives, including the method of breaking rock by compressed air and the method of using rock splitter, which can be used as an alternative to the conventional blasting method and analyze the effectiveness and applicability of these new methods.