

CÁC GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ KHAI THÁC CÁC MỎ LỘ THIÊN CÓ ĐIỀU KIỆN PHỨC TẠP

TS. Lưu Văn Thực, TS. Đoàn Văn Thanh
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Biên tập: TS. Lưu Văn Thực

Tóm tắt:

Các loại khoáng sản như: Than, đồng, sắt, titan trong tầng cát đỏ có điều kiện khai thác phức tạp. Các mỏ than khai thác xuống sâu, chiều cao bờ mỏ lớn, phay phá đứt gãy nhiều, than có nhiều lớp đá kẹp; các mỏ quặng đồng, sắt thân quặng có cấu tạo phức tạp, khai thác phải khoan nổ mìn, một số mỏ có nền đất yếu; Titan trong tầng cát đỏ vùng Bình Thuận có hàm lượng thấp, chiều sâu khai thác lớn và hoàn toàn dưới mức thoát nước tự chảy. Để khai thác hiệu quả nguồn tài nguyên khoáng sản, đáp ứng nhu cầu an ninh năng lượng và phát triển kinh tế quốc dân, cần lựa chọn các giải pháp công nghệ khai thác phù hợp với điều kiện của các mỏ như: Lựa chọn đồng bộ thiết bị (ĐBTB) khai thác hợp lý, công nghệ khai thác chọn lọc, công nghệ khoan nổ mìn (KNM), v.v...

1. Mở đầu

Việt Nam là Quốc gia có các loại khoáng sản đa dạng và phong phú, trong đó phần lớn được khai thác bằng công nghệ lộ thiên. Các khoáng sản khai thác bằng công nghệ khai thác lộ thiên (KTLT) đóng góp lớn cho nền kinh tế đất nước như: Than, đồng, sắt, bauxit, Titan,... Tuy nhiên, các mỏ KTLT gặp không ít khó khăn, thách thức như: Tài nguyên ngày càng cạn kiệt, bảo vệ môi trường ngày càng chặt chẽ và nghiêm ngặt, các mỏ than khai thác xuống sâu, chiều cao bờ lớn, phay phá đứt gãy nhiều, nhiều lớp đá kẹp; các mỏ quặng đồng, sắt cấu tạo phức tạp, khai thác phải khoan nổ mìn (KNM), một số mỏ có nền đất yếu; titan trong tầng cát đỏ vùng Bình Thuận có hàm lượng thấp, chiều sâu khai thác lớn. Chính vì vậy, cần nghiên cứu hoàn thiện các giải pháp công nghệ khai thác (CNKT) phù hợp với điều kiện phức tạp của các mỏ.

2. Hiện trạng khai thác

2.1. Khai thác than

Khai thác than lộ thiên ở nước ta chủ yếu do Tập đoàn TKV đảm nhiệm, tập trung chủ yếu tại các mỏ Cao Sơn, Cọc Sáu, Đèo Nai, Tây Nam Đá Mài, Hà Tu, Na Dương, Khánh Hòa. Sản lượng các mỏ từ 1,5÷4,5 triệu tấn/năm, khối lượng đá bóc 10÷40 triệu m³/năm. Các mỏ sử dụng hệ thống khai thác (HTKT) dọc, một hoặc hai bờ công tác có vận tải, khai thác với bờ công tác cao. Các thông số HTKT như: Chiều cao tầng H = 5÷16 m; chiều rộng mặt tầng công tác B_{min} = 25÷50 m; góc

ngiêng bờ công tác $\varphi = 13\div 26^\circ$. ĐBTB gồm: Máy khoan có d = 89÷250 mm, máy xúc có dung tích gàu từ 3,5÷12 m³, ô tô có tải trọng 37÷130 tấn. Ngoài ra, mỏ Cao Sơn đang vận hành tuyến băng tải đá ra bãi thải Bàng Nâu công suất 20 triệu m³/năm.

Các mỏ than lộ thiên đang gặp nhiều khó khăn như: Chiều cao nâng tải và cung độ vận tải lớn (từ 4÷7 km), K_{sx} = 10,7÷16,7 m³/T, phay phá đứt gãy nhiều, than có nhiều lớp đá kẹp. Đây là những thách thức lớn cho các mỏ trong những năm tới.

2.2. Các mỏ quặng đồng

Khoáng sản quặng đồng ở nước ta phân bố chủ yếu ở vùng Tây Bắc, đặc biệt là tỉnh Lào Cai, các vùng khác chỉ có những mỏ và điểm quặng đơn lẻ, có quy mô nhỏ và ít có ý nghĩa kinh tế. Mỏ quặng đồng Sin Quyền và Tả Phời đang được KTLT đến mức -188 và mức +110. Tổng trữ lượng huy động vào khai thác khoảng 38,81 triệu tấn, công suất các mỏ từ 1,0÷2,2 triệu tấn/năm. Các mỏ sử dụng HTKT dọc, một hoặc hai bờ công tác có vận tải, đổ thải bãi thải ngoài hoặc trong. Các thông số HTKT: Chiều cao tầng H = 5÷12 m; chiều rộng mặt tầng công tác B_{min} = 25÷48 m; góc nghiêng bờ công tác $\varphi = 22\div 32^\circ$. ĐBTB gồm: Máy khoan có đường kính d = 165÷250 mm, MXTLGN E = 2,7÷5,0 m³, ô tô có tải trọng q = 55÷60 tấn.

Các mỏ có thân quặng dốc đứng, cấu tạo dạng mạch, thấu kính, quặng có nhiều lớp kẹp, đất đá và quặng có độ kiên cố lớn f = 9÷12. Với điều kiện như trên sẽ là các yếu tố khó khăn, phức tạp cho

quá trình khai thác ở các mỏ.

2.3. Các mỏ quặng sắt

Các mỏ quặng sắt phân bố chủ yếu ở các tỉnh từ miền Trung trở ra. Hiện nay, trên cả nước có 216 mỏ. Tổng trữ lượng và tài nguyên đã đánh giá, thăm dò khoảng 1,0 tỷ tấn, trong đó 70% tại mỏ Thạch Khê. Sản lượng của một số mỏ như: Kíp Tước, Quý Xa, Nà Rạ đạt từ 100÷1000 ngàn tấn/năm (Lưu Văn Thực, 2014). Công nghệ và thiết bị khai thác của các mỏ ở mức trung bình, một số thiết bị cũ và lạc hậu. ĐBTB gồm: Máy khoan $d = 105\div 200$ mm, một số mỏ sử dụng máy khoan đập xoay có đường kính nhỏ, MXTLGN $E=0,8\div 4,0$ m³ kết hợp với ô tô tải trọng 15÷40 tấn.

Các mỏ quặng sắt lộ thiên có điều kiện tự nhiên phức tạp: Địa tầng phía trên gồm trầm tích đệ tứ, neogen và các tàn tích, đây là các loại đất yếu, độ bão hoà thấp, một số mỏ có nhiều hang karst. Hầu hết các mỏ phải khai thác xuống sâu dưới mức thoát nước tự chảy, điều kiện tự nhiên và địa chất thủy văn (ĐCTV) phức tạp, các thân quặng thay đổi khá mạnh trong từng khu vực, từng độ sâu của mỏ. Nhiều mỏ có chiều cao bờ tới 150÷550 m, hệ số bóc giai đoạn đầu lớn, dẫn tới tăng chi phí sản xuất và hạn chế khả năng tăng sản lượng.

2.4. Khai thác quặng titan trong tầng cát đỏ

Việt Nam có nguồn tài nguyên khá phong phú, phân bố ở nhiều vùng trong cả nước, nhưng tập trung chủ yếu ở vùng Nam Trung Bộ. Hiện nay, tổng trữ lượng và tài nguyên titan của nước ta là 650 triệu tấn quặng tinh ilmenit, trong đó quặng titan sa khoáng ven biển là chủ yếu. Quặng titan sa khoáng ven biển gồm: Sa khoáng trong tầng cát xám và sa khoáng trong tầng cát đỏ. Titan trong tầng cát đỏ khu Lương Sơn, tỉnh Bình Thuận với trữ lượng cấp 121+122 là 42,63 triệu tấn tổng KVN, hiện nay Tập đoàn TKV đang tiến hành lập dự án đầu tư.

Quặng Titan tầng cát đỏ có chiều dày trung bình 69,2m, hàm lượng KVN 0,855%, hàm lượng sét trong quặng 12%, cát quặng có độ mịn cao, nguồn nước ngầm rất hạn chế. Trong khu mỏ không có sông suối lớn chảy qua, chủ yếu là mương xói nhỏ bắt nguồn từ các đồi thấp trong vùng, thường xuyên cạn kiệt nước.

3. Nghiên cứu, đề xuất một số giải pháp CNKT hợp lý đối với các mỏ lộ thiên có điều kiện phức tạp

3.1. Công nghệ khai thác than

3.1.1. Công tác vận tải

Theo quy hoạch ngành than, các mỏ than lộ thiên như: Đèo Nai, Cọc Sáu, Cao Sơn, Khánh Hòa,... sẽ khai thác xuống sâu đến mức -300 ÷ -350 m, khối lượng đất đá bóc từ 20÷40 triệu m³/n, chiều cao nâng tải từ 400÷500 m, cung độ từ 4,0÷7,0 km. Mỗi công nghệ vận tải đều có ưu, nhược điểm riêng và phạm vi áp dụng khác nhau, phụ thuộc kích thước hình học mỏ, công suất mỏ, dạng khoáng sàng, chiều cao nâng tải, cung độ vận tải. Phạm vi sử dụng các công nghệ vận tải được phân chia thành các vùng theo độ sâu khai thác (Hình 1) [6].

Phạm vi sử dụng các công nghệ vận tải được thể hiện trong bảng 1.

Từ phân tích ở trên cho thấy: Mỏ than Cao Sơn, Na Dương, có kích thước khai trường, công suất lớn, thời gian khai thác dài,... áp dụng Công nghệ vận tải liên hợp ô tô-băng tải dốc- băng tải thường kết hợp với máy nghiền. Băng tải thường có độ dốc lớn nhất $\beta = 18^\circ$; băng dốc $\beta = 30\div 35^\circ$; mỏ Khánh Hòa có chiều cao bờ mỏ lớn từ 300÷350 m, kích thước khai trường hẹp, nên áp dụng hình thức vận tải ô tô-trục tải; các mỏ còn lại áp dụng hình thức vận tải ô tô đơn thuần.

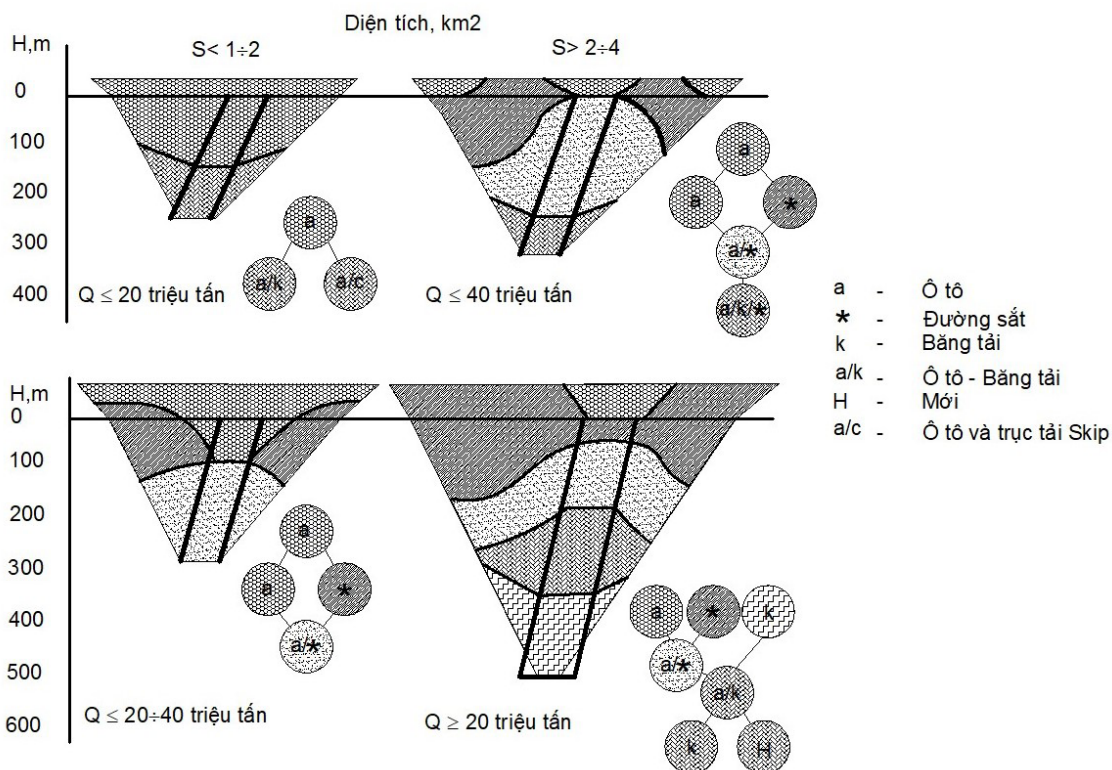
3.1.2. Công nghệ nổ mìn trong môi trường đất đá ngầm nước

Những năm tới sản lượng than KTLT từ 17÷20 triệu tấn/năm, đất bóc từ 150÷180 triệu m³/năm. Để đạt được sản lượng trên, các mỏ phải tiếp tục mở rộng và khai thác xuống sâu, lượng nước mặt và nước ngầm chảy vào mỏ lớn, làm gia tăng tỉ lệ thuốc nổ (TN) chịu nước. Theo thống kê tỷ lệ TN chịu nước từ 40÷60% và có xu thế gia tăng hàng năm từ 8÷15% (bảng 2). Các tầng khu vực đáy mỏ tỉ lệ thuốc chịu nước từ 70÷100%. Hàng năm các mỏ than lộ thiên sử dụng từ 27÷35 ngàn tấn TN chịu nước, với giá thành cao gấp 2 lần thuốc nổ không chịu nước.

Một số giải pháp công nghệ nổ mìn trong môi trường đất đá ngập nước theo hướng như: Sử dụng TN không chịu nước trong ống PVC hoặc túi nilon; chủ động bơm hút nước lỗ khoan và nạp hoàn toàn TN chịu nước hoặc phối hợp TN không chịu nước; hạ thấp mực nước ngầm bằng các lỗ khoan ngang; kết cấu lượng TN phù hợp với tính chất đất đá và điều kiện khai thác; áp dụng phương pháp nổ và phương tiện nổ hợp lý.

3.1.3. Khai thác chọn lọc các vỉa than có cấu tạo phức tạp

1. Công nghệ khai thác chọn lọc vỉa than có



Hình 1. Các vùng sử dụng hình thức vận tải hợp lý trong khai trường

Bảng 1. Phạm vi sử dụng các công nghệ vận tải trong khai trường mở lộ thiên [6]

Công nghệ vận tải	Điều kiện sử dụng						
	Vật liệu vận tải; Loại mỏ	Đặc điểm địa chất mỏ	Đặc điểm kỹ thuật mỏ	Đặc điểm khí hậu	Năng suất, tr/t/năm	Độ sâu mỏ, m	K/C vận tải, km
Ô tô	Đất đá cứng và độ cục lớn; Dạng sâu và dạng cao	Khoáng sàng có thể nằm phức tạp, vỉa dạng bất kỳ, thành phần không đồng nhất	Kích thước lớn, giảm nhanh theo độ sâu, tuyến công tác dịch chuyển nhanh, tốc độ xuống sâu lớn	Khí hậu khô, ít mưa	10÷30	80÷180	1,5÷3
Ô tô - Đường sắt	Dạng sâu và dạng cao	Khoáng sàng có thể nằm phức tạp, vỉa lớp dày	Kích thước lớn, tuyến công tác dịch chuyển nhanh, tốc độ xuống sâu lớn	Khí hậu khô, ít mưa	30÷50	200÷250	1,2÷1,5
Ô tô - Băng tải	Đất đá mềm, cứng vừa và cứng dễ đập vỡ	Khoáng sàng có thể nằm phức tạp, vỉa dạng bất kỳ	Kích thước TB, đất đá các tầng dưới không lớn, khó bố trí và phát triển tuyến đường ô tô	Khí hậu ôn hoà, khô	50÷80	80÷700	0,8÷1
Ô tô - Trục tải	Đất đá cứng kích thước cục lớn; Dạng sâu	Khoáng sàng có thể nằm phức tạp, vỉa dốc đứng	Kích thước bình đồ hạn chế, độ sâu lớn, bờ mỏ ổn định có góc dốc lớn	Khí hậu bất kỳ	10÷15	100÷400	0,6÷0,8

Bảng 2. Khối lượng thuốc nổ sử dụng của các mỏ than lộ thiên thuộc Tập đoàn TKV

TT	Tên các mỏ	Các chỉ tiêu theo năm khai thác							
		2018				2019			
		Đất bóc (10 ³ m ³)	Chỉ tiêu TN (kg/m ³)	KL TN sử dụng (10 ³ kg)	Tỷ lệ TN chịu nước (%)	Đất bóc (10 ³ m ³)	Chỉ tiêu TN (kg/m ³)	KL TN sử dụng (10 ³ kg)	Tỷ lệ TN chịu nước (%)
1	Cao Sơn	28.000	0,50	13.888	40,40	37.800	0,50	18.749	42,00
2	Cọc Sáu	23.000	0,46	10.511	44,50	25.217	0,46	11.524	45,00
3	Đèo Nai	19.800	0,49	9.742	42,50	22.000	0,49	10.824	43,00
4	Tây Nam Đá Mài	20.000	0,41	8.160	56,00	23.115	0,41	9.431	57,00
5	Hà Tu	32.000	0,44	14.080	44,00	35.414	0,44	15.582	45,00
6	Na Dương	5.650	0,21	1.187	31,00	5.751	0,21	1.208	32,00
7	Khánh Hòa	4.300	0,30	1.290	70,00	4.400	0,30	1.320	70,00

cấu tạo phức tạp dốc nghiêng: Với những vỉa than có góc cắm $12^{\circ} \leq \gamma < 35^{\circ}$. Để khai thác loại gương này cần phải KNM đất đá vách với chiều cao bằng chiều cao tầng (h) hoặc phân tầng (h_i), sau đó tiến hành bóc tam giác đá treo trên vách vỉa và khai thác than trong phạm vi chiều cao h_i bằng cách chia thành 2 lớp khẩu. Một số sơ đồ CNKT như sau [2]:

- Trường hợp vỉa có chiều dày $M_n < M_{nmx}$:

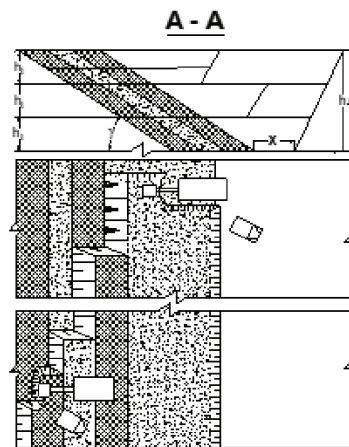
+ Sau khi KNM hào chuẩn bị, sử dụng MXTLGN đào hào chuẩn bị có chiều cao bằng h/2, chiều rộng trong đá vách cần phải thỏa mãn cả 2 điều kiện:

$$x \geq R_{x_{min}} + R_q + k, m \text{ và } x \geq b_0 - M_n, m \quad (1)$$

MXTLGN chất tải lên ô tô đứng cùng mức hoặc khác mức, còn MXTLGT đứng ở dưới khai thác than, bóc đá kẹp và chất lên ô tô đứng cùng mức (Hình 2). Ưu điểm của sơ đồ này là đảm bảo được tỷ lệ than cục, chất lượng than cao, nhưng có nhược điểm là khối lượng chuẩn bị trên mỗi phân tầng lớn.

- Khi than có chất lượng xấu, ít than cục và góc cắm của vỉa $\gamma = 12^{\circ} \div 20^{\circ}$ có thể dùng MXTLGN bóc tam giác đá bám trên vách vỉa và dùng máy gạt đẩy than, đá kẹp xuống chân phân tầng, sau đó dùng MXTLGN để xúc bóc và chất tải lên ô tô đứng cùng mức (Hình 3). Sơ đồ này có ưu điểm là khối lượng chuẩn bị trên mỗi phân tầng nhỏ, tăng được tốc độ xuống sâu, nhược điểm là làm giảm chất lượng than và tăng chi phí sản xuất.

- Trường hợp vỉa có chiều dày $M_{nmx} \leq M_n < M_{n\acute{o}t\acute{o}}$ nhưng $M_{nt} < M_{nmx}$



Hình 2. Sơ đồ CNKT vỉa phức tạp dốc nghiêng, khi $M_n < M_{nmx}$ phối hợp giữa MXTLGN & GT

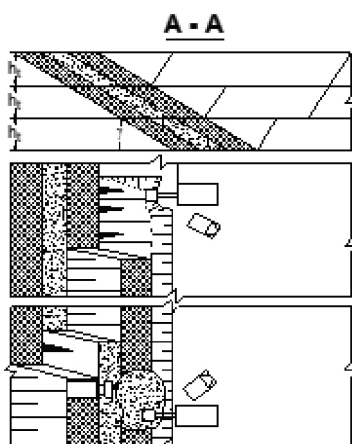
MXTLGN đứng trên nóc vỉa, xúc phía dưới và chất vào ô tô đứng ở mức dưới với chiều rộng đáy hào trong đá vách thỏa mãn 2 điều kiện:

$$x \geq R_{x_{min}} + R_q + k - (M_n - M_{nt}), m \quad (2)$$

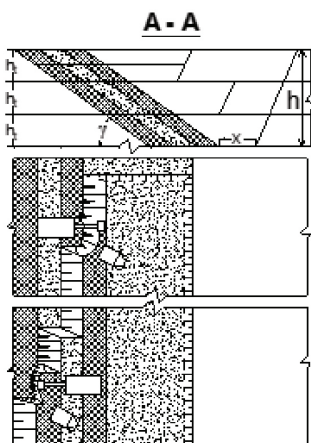
$$x \geq b_0 - M_n, m \quad (3)$$

Khi khai thác lớp than bám trụ cần sử dụng MXTLGT khẩu theo gương dọc tầng và chất tải lên ô tô đứng cùng mức. Trong trường hợp này khi khai thác dưới mức thoát nước tự chảy, đáy mỏ cần được thoát nước tốt (Hình 4).

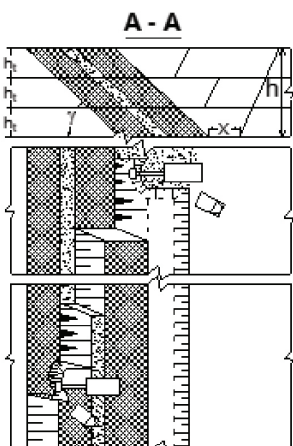
2. Công nghệ khai thác chọn lọc vỉa phức tạp dốc đứng: Áp dụng cho những vỉa có góc cắm $\gamma \geq 35^{\circ}$ và bao gồm các lớp đá kẹp có đủ chiều dày phải xúc chọn lọc. Đối với loại gương này, sau khi KNM, công tác đào hào chuẩn bị vách vỉa và



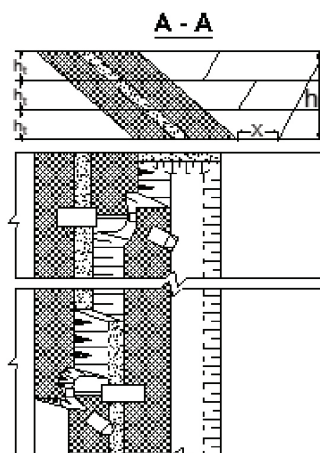
Hình 3. Sơ đồ CNKT vỉa phức tạp dốc nghiêng (khi $\gamma = 12\div 20^\circ$), phối hợp giữa MXTLGN và máy gạt



Hình 4. Sơ đồ CNKT vỉa phức tạp dốc nghiêng, khi $M_{nmx} \leq M_n < M_{n\text{ ót ó}}$, $M_{nt} < M_{nmx}$



Hình 5. Sơ đồ CNKT vỉa phức tạp dốc đứng, khi $M_n < M_{nmx}$, phối hợp giữa MXTLGN & GT



Hình 6. Sơ đồ CNKT vỉa phức tạp dốc, đứng, khi $M_{nmx} \leq M_{n\text{ ót ó}}$, $M_{nt} < M_{nm}$ phối hợp giữa MXTLGN & GT

khai thác than của mỗi phân tầng được tiến hành trên toàn bộ chiều cao phân tầng h_t . Một số sơ đồ CNKT như sau [2]:

- Trường hợp vỉa có chiều dày $M_n < M_{nmx}$: Sau khi tiến hành KNM, MXTLGN đào hào chuẩn bị trong phân tầng, chiều rộng trong đá vách thỏa mãn 2 điều kiện:

$$x \geq R_{x\text{ min}} + R_q + k - (M_n - M_{nt}), m \quad (4)$$

$$x \geq b_0 - M_n, m \quad (5)$$

MXTLGN chất tải lên ô tô đứng cùng mức, còn MXTLGT đứng ở dưới khai thác than, đá kẹp và chất tải lên ô tô đứng cùng mức (Hình 5).

- Trường hợp vỉa có chiều dày $M_{nmx} \leq M_n < M_{n\text{ ót ó}}$ nhưng $M_{nt} < M_{nmx}$: Để khai thác dạng vỉa này có thể bố trí MXTLGN đứng trên nóc vỉa, tiến hành khai thác than theo gương phía dưới và chất tải lên ô tô đứng ở mức dưới, với chiều rộng đáy hào trong đá thỏa mãn 2 điều kiện:

$$x \geq R_{x\text{ min}} + R_q + k - (M_n - M_{nt}), m \quad (6)$$

$$x \geq b_0 - M_n, m \quad (7)$$

Khi khai thác lớp than bám trụ cần phải sử dụng MXTLGT khẩu theo gương dọc tầng và chất tải lên ô tô đứng cùng mức (Hình 6).

Trong đó: h - chiều cao tầng, m ; h_t - chiều cao phân tầng, m ; γ - góc dốc của vỉa, độ; M_n - chiều dày vỉa, m ; x - chiều rộng đáy hào, m ; b_0 - chiều rộng đáy hào chuẩn bị, m ; $R_{x\text{ min}}$ - bán kính xúc nhỏ nhất, m ; k - khoảng hở cần thiết giữa đuôi máy xúc và sườn tầng, $k = 0,4\div 0,6 m$, M_{nt} - chiều dày lớp than bám trụ, R_q - bán kính quay máy xúc, m ; M_{nmx} - chiều rộng máy xúc, m ; $M_{n\text{ ót ó}}$ - chiều rộng ô tô, m .

3.2. Công nghệ khai thác các mỏ quặng đồng, sắt có điều kiện phức tạp

3.2.1. Lựa chọn ĐBTB cho các mỏ quặng lộ thiên có điều kiện tự nhiên và ĐCTV phức tạp

Các loại ô tô thường có áp lực lên nền lớn hơn so với máy xúc. Do vậy, với các mỏ có tầng đất yếu và ĐCTV phức tạp, trong tổ hợp ĐBTB máy xúc-ô tô, trước tiên lựa chọn loại ô tô có tải trọng không gây phá hủy hoặc chi phí gia cố nền đường thấp nhất, sau đó sẽ lựa chọn loại máy xúc có dung tích gàu phù hợp với tải trọng ô tô, cung độ vận tải và điều kiện của mỏ. Để đáp ứng yêu cầu trên cần đánh giá khả năng chịu tải của nền đường dưới tác động áp lực của thiết bị khai thác. Khả năng chịu tải của các lớp đất đá trong diện tích làm việc của thiết bị được xác định [3]:

$$P_a \leq \frac{P_d}{K_{dt}}, \text{ kG/cm}^2 \quad (8)$$

Trong đó: P_a - áp lực tính toán của thiết bị lên nền, kG/cm²; P_d - khả năng chịu tải của nền, kG/cm²; K_{dt} - hệ số dự trữ, $K_{dt} = 1,2$.

1. **Lựa chọn ô tô:** Ưu tiên chọn loại ô tô có $P_{aq} \leq P_{gh}$ nhằm hạn chế tối đa ảnh hưởng đến hệ thống đường vận tải. Tuy nhiên, với các mỏ có sản lượng lớn cần sử dụng loại ô tô có tải trọng lớn, do vậy quá trình khai thác cần phải gia cố đường vận tải trên nền đất yếu. Đối với mỗi loại đất sẽ xác định được sức chịu tải (P_{gh}), khi đó cho phép lựa chọn loại ô tô phù hợp với nền đất yếu.

2. **Lựa chọn máy xúc:** Khi lựa chọn máy xúc hợp lý cho các mỏ lộ thiên có điều kiện tự nhiên phức tạp ngoài việc dựa vào các yếu tố: Lực tác dụng lên gàu đủ lớn để đảm bảo xúc được đất đá, quặng phù hợp với các thông số của HTKT,... còn phải đảm bảo lực tác động lên nền phải nhỏ hơn hoặc bằng với khả năng chịu tải của nền đất yếu [3].

- **Khả năng chịu tải đối với các tầng đất yếu và điều kiện ĐCTV phức tạp dưới tác động của máy xúc:**

$$C \geq \left(\frac{P_{ax} \cdot K_{dt}}{2B(L + 0,35H)} - 2A_1 \cdot B \cdot \gamma_1 \right) \frac{1}{D_1}, \text{ kG/cm}^2 \quad (9)$$

Trong đó: H- chiều cao xích, m; B- chiều rộng bản xích, m; P_{ax} - Áp lực của máy xúc tác động lên mặt đất được xác định; kG/cm²; L- khoảng cách giữa 2 tâm của bánh xích trước và sau, m; A_1, D_1 - hệ số không thứ nguyên; γ_1 - là trọng lượng thể tích của đất nền của trụ đỡ, t/m³; C- lực dính kết của tầng đất yếu, kG/cm².

Điều kiện (9) được áp dụng để đánh giá khả năng chịu tải của nền đất yếu so với áp lực của máy xúc.

- Lựa chọn dung tích gàu xúc: Khi áp dụng CNKT với góc nghiêng bờ công tác lớn, kết cấu bờ công tác gồm một hoặc một số nhóm tầng và trên mỗi nhóm tầng có thể bố trí các máy xúc làm việc theo một số sơ đồ khâu đuổi theo 1 hướng, dung tích gàu xúc được xác định theo điều kiện sau [3]:

$$\frac{V_n \cdot T_x \cdot K_r}{60 \cdot N_{ca} \cdot T_{ca} \cdot K_{xd} \cdot K_{tg} \cdot K_{cn} \cdot \sum_{i=1}^R \frac{L_{ti}}{L_{Ki \min}}} \leq E \leq \frac{V_n \cdot T_x \cdot K_r}{60 \cdot N_{ca} \cdot T_{ca} \cdot K_{xd} \cdot K_{tg} \cdot K_{cn}}, m^3, \quad (10)$$

Trong đó: V_n - khối lượng đất bóc m³/n; K_{tg} - hệ số sử dụng thời gian ca của máy xúc; K_{xd} - hệ số xúc đầy gàu; N_{ca} - Số ca làm việc trong năm; T_{ca} - thời gian làm việc trong ca, giờ; K_{cn} - hệ số ảnh hưởng công nghệ trong quá trình xúc, T_x - thời gian chu kỳ xúc, phút; L_{ti}, L_{Ki} - tương ứng là chiều dài tuyến công tác và chiều dài bloc máy xúc của nhóm thứ i, m; K_r - hệ số nở ròi đất đá.

3. **Quan hệ giữa thiết bị xúc bốc – vận tải:** ĐBTB tối ưu phải đảm bảo quá trình vận hành tổ hợp đạt hiệu quả, xác định theo biểu thức [3]:

$$E = \frac{q_0 \cdot T_x \cdot K_r}{\gamma \cdot K_{xd} \cdot \sqrt{t_{dx} \left(\frac{120L}{V} + t_{dt} + t_m \right)}}, m^3 \quad (11)$$

Trong đó: q_0 - tải trọng ô tô, tấn, L- cung độ vận tải, km; V- dung tích thùng ô tô, m³; t_{dx} - thời gian dừng của máy xúc do sự trao đổi các ô tô nhận tải ở gương, phút; t_{dt}, t_m - tương ứng là thời gian dỡ tải và ma nơ của ô tô, phút.

Mức độ hợp lý của các tổ hợp xúc bốc – vận tải được đánh giá thông qua cường độ làm việc của máy xúc và cường độ làm việc của các ô tô. Cường độ làm việc của các thiết bị được xác định trên cơ sở thời gian các máy xúc chắt đầy lên các ô tô và thời gian chu kỳ của ô tô, thông qua hệ số [3]:

$$K_{hl} = \frac{N_0 \cdot t_{xd}}{N_x \cdot T_0}, \quad (12)$$

Trong đó: K_{nl} - hệ số đánh giá cường độ làm việc của tổ hợp máy xúc - ô tô; N_x, N_o - số máy xúc, ô tô cần thiết, chiếc, T_o - thời gian chu kỳ ô tô, phút, t_{xd} - thời gian xúc đầy ô tô, phút.

Khi $K_{nl} = 1$ thì ĐBTB là tối ưu; khi $K_{nl} > 1$ Trường hợp này số ô tô trong tổ hợp nhiều hơn yêu cầu, hoặc dung tích gàu xúc nhỏ không tương ứng với tải trọng ô tô và cung độ vận tải; khi $K_{nl} < 1$ trường hợp này máy xúc có dung tích gàu lớn hơn cần thiết so với tải trọng của ô tô hoặc số ô tô trong tổ hợp ít hơn yêu cầu.

Từ các kết quả phân tích trên cho thấy dung tích gàu xúc hợp lý phải thỏa mãn đồng thời các điều kiện (10), (11), (12):

3.2.2. Công nghệ KNM đáp ứng yêu cầu khai thác chọn lọc quặng

Để giảm tổn thất và làm nghèo đối với các mỏ quặng sắt, đồng có thể áp dụng một số phương pháp nổ mìn sau:

1. *Phương pháp KNM tách các lớp quặng và đá phân bố trên cùng khu vực tầng:* Đối với thân quặng có góc cắm dốc nghiêng và dốc đứng, khi quặng và đá phân bố trên cùng tầng có thể sử dụng biện pháp nổ mìn theo lớp nghiêng với góc tiếp xúc đến $65\div 90^\circ$ để tách lớp đất đá và quặng phân bố trên cùng một tầng. Sử dụng các lỗ khoan có $d < 165$ mm và song song với hướng cắm của thân quặng.

2. *Phương pháp nổ mìn giữ nguyên ranh giới tự nhiên của thân quặng:* Áp dụng phương pháp nạp lượng TN có đặc tính tác dụng nổ vừa phải

để tránh làm văng xa, làm xáo trộn các ranh giới tiếp xúc giữa đá và quặng; nổ nhiều hàng để giảm sự dịch chuyển ranh giới tự nhiên giữa đá và quặng; nổ mìn trong môi trường nén; nổ mìn phân đoạn cột thuốc,... Mỗi quan hệ giữa hệ số nở rời k_r , lượng thuốc nổ Q và khoảng cách giữa các lỗ khoan (a) được xác định [4]:

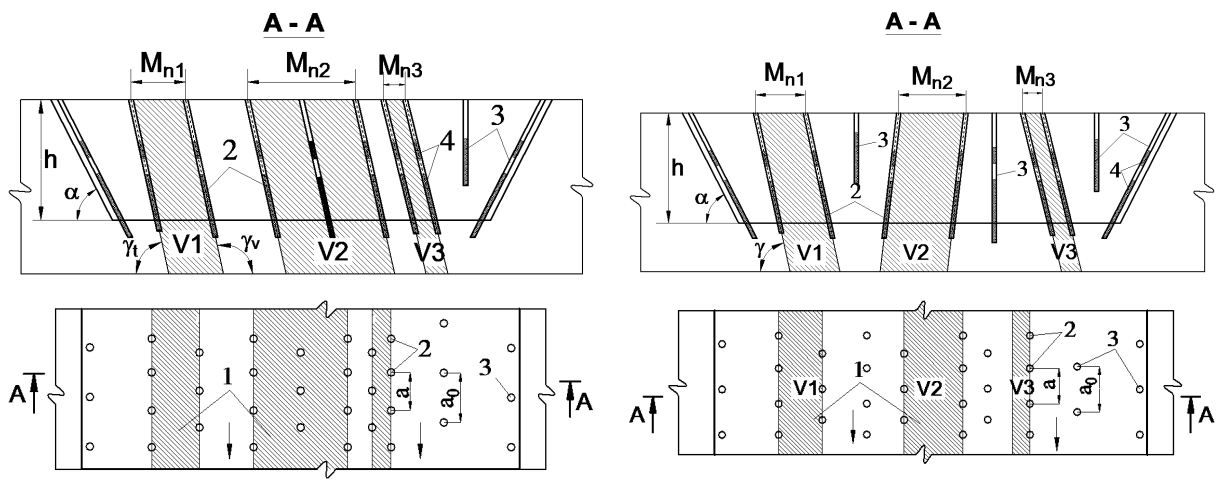
$$k_r = 1,22 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{a} \right)^{0,73} \quad (13)$$

Khi nổ mìn trong môi trường nén ép, chiều rộng cần thiết của tường chắn được xác định theo biểu thức:

$$B_t = K_x \cdot W \left(\frac{\sqrt{2 \cdot k \cdot q \cdot E_0 \cdot E_d \cdot C_d}}{\delta_n} \right), m \quad (14)$$

Trong đó: K_x - hệ số tơi xốp của đất đá; W - đường kính chân tầng, m; q - chỉ tiêu thuốc nổ sử dụng, kg/m^3 ; E_0 - năng lượng nổ riêng của TN, KGm/kg ; E_d - mô đun đàn hồi của đất đá nổ mìn; C_d - tốc độ sóng dọc trong đất đá bị phá vỡ, m/s; k - hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào chỉ tiêu TN, $k = 0,04\div 0,2$.

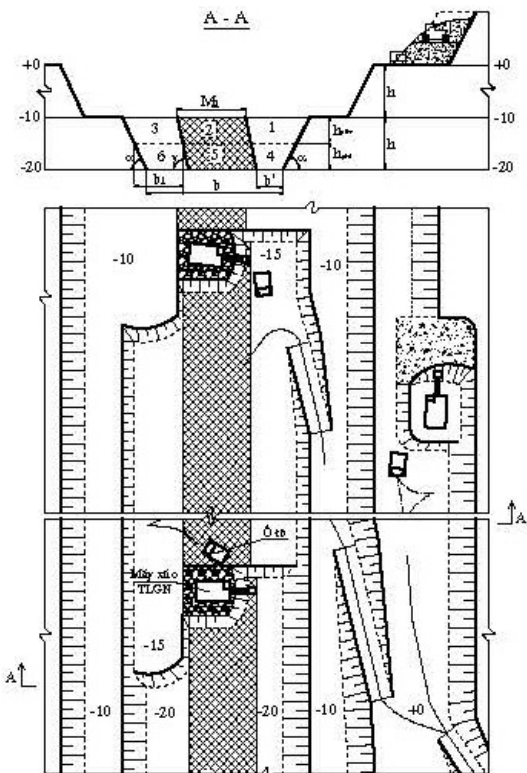
Khi áp dụng công nghệ nổ mìn giữ nguyên ranh giới tự nhiên thân quặng, hệ số nở rời giảm $15\div 20\%$, tỷ lệ tổn thất giảm $10\div 15\%$ và tỷ lệ làm nghèo giảm 30% so với công nghệ nổ mìn bình thường. Sơ đồ nguyên tắc nổ mìn giữ nguyên ranh giới tự nhiên thân quặng đối với các trường hợp (Hình 7).



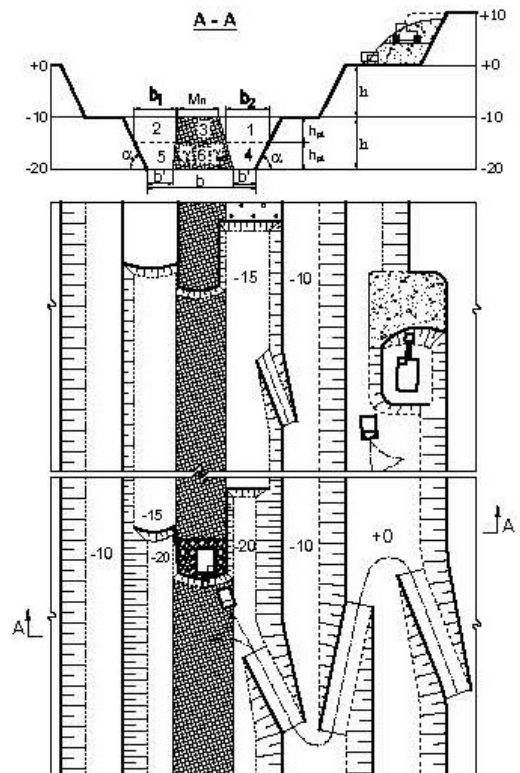
a, Các thân quặng phân bố chỉnh hợp

b, Các thân quặng phân bố bất chỉnh hợp

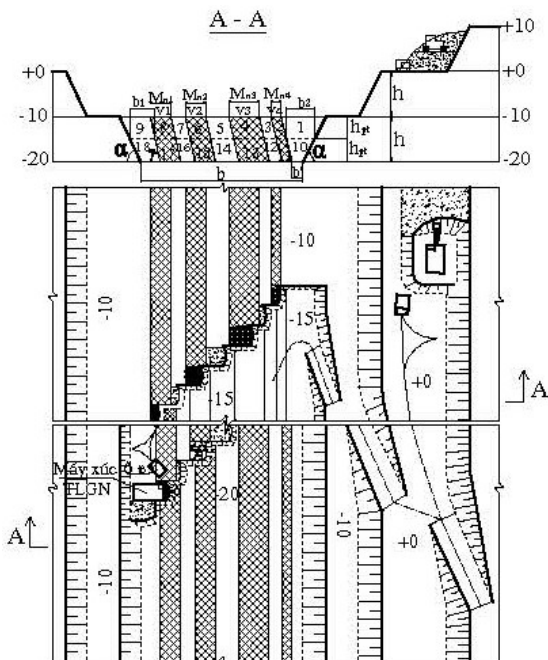
Hình 7. Sơ đồ nổ mìn đồng thời giữ nguyên ranh giới tự nhiên trường hợp thân quặng có cấu trúc phức tạp hoặc mỏ có chum thân quặng phân bố gần nhau



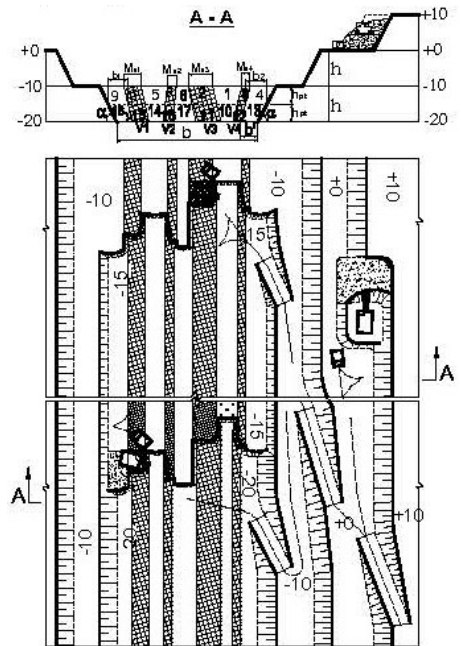
Hình 8. Sơ đồ CNKT sử dụng MXTLGN bóc đất đá và quặng có vách và trụ chỉnh hợp, khi đáy mỏ lầy lội



Hình 9. Sơ đồ công nghệ khai thác khi chiều dày thân quặng tăng dần theo chiều sâu



Hình 10. Sơ đồ CNKT các thân quặng có thể nằm chỉnh hợp, mỏ có ĐCTV phức tạp, đáy mỏ lầy lội



Hình 11. Sơ đồ CNKT các thân quặng có thể nằm bất chỉnh hợp, đáy mỏ lầy lội

3. Phương pháp nổ mìn theo phân tầng: Khi trên gương tầng có cả đá và quặng (với thân quặng có $\gamma < 12^\circ$), sẽ chia thành phân tầng đá và phân tầng quặng và điều khiển nổ riêng biệt, công tác KNM, xúc bốc tiến hành lần lượt từ trên xuống dưới. Ngoài ra, còn có thể áp dụng phương pháp nổ phân đoạn không khí, nổ mìn tách theo dải cắt.

3.2.3. Nghiên cứu lựa chọn sơ đồ CNKT chọn lọc hợp lý đối với các mỏ quặng có cấu trúc địa chất phức tạp

1. Khi mỏ (khai trường) có một thân quặng:

a. Khi thân quặng có vách và trụ chỉnh hợp với nhau, điều kiện ĐCTV của mỏ phức tạp, đáy mỏ luôn lầy lội: MXTLGN đứng ở trên xúc ở dưới và chất tải vào ô tô đứng cùng mức (Hình 8). Khi khai thác quặng: MXTLGN xúc theo gương dọc tầng; khi đào hào chuẩn bị máy xúc có thể xúc theo gương dọc tầng hoặc đầu hào; khi xúc bốc đất đá bên trụ thì xúc theo gương bên hông [3].

- Đối với các thân quặng dốc đứng phải bóc cả bờ trụ thì chiều rộng mặt tầng bên trụ (b_1) phải đủ rộng để máy xúc quay khi xúc bốc và dỡ tải phải thỏa mãn điều kiện:

$$b_1 \geq 0,5d + R_q + k + Z, m \quad (15)$$

Trong đó: R_q - bán kính quay của thân máy xúc, m; k - khoảng hở cần thiết giữa đuôi máy xúc và sườn tầng, m.

- Đối với các thân quặng dốc nghiêng: Chiều rộng nằm ngang của thân quặng phải đảm bảo để ô tô vào nhận tải theo sơ đồ quay đảo chiều:

$$M_n \geq R_v + 0,5L_0 + Z_1 + Z_2, m \quad (16)$$

Trong đó: R_v - bán kính vòng nhỏ nhất của ô tô, m; L_0 - chiều dài ô tô, m; Z_1, Z_2 - khoảng cách an toàn từ mép và chân tầng đến đường ô tô, m.

Nếu M_n không thỏa mãn điều kiện (16), máy xúc sẽ xúc theo gương hỗn hợp cả đá vách và quặng, gương đất đá tiến trước một đoạn, sau đó máy xúc quay lại xúc quặng.

b. Khi các thân quặng có vách và trụ bất chỉnh hợp:

Với các thân quặng có chiều dày tăng dần (Hình 9), tiến hành bóc đất đá hai bên thân quặng trước, khai thác quặng sau. Khi tháo khô tốt MXTLGN xúc gương phía dưới, chất tải vào ô tô dưới mức máy đứng. Nếu M_n thỏa mãn điều kiện (16) thì máy xúc sẽ xúc gương đá và gương quặng riêng;

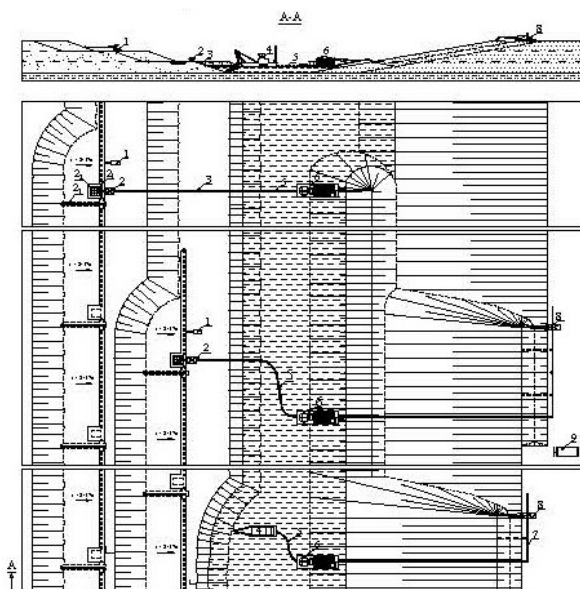
nếu M_n không thỏa mãn điều kiện (16), máy xúc sẽ xúc gương hỗn hợp. Trường hợp chiều dày thân quặng giảm dần, sẽ khai thác quặng trước, bóc đất đá hai bên sau.

2. Trường hợp mỏ có các thân quặng phân bố gần nhau hoặc thân quặng có cấu tạo địa chất phức tạp:

a. Khi các thân quặng có thể nằm chỉnh hợp (Hình 10): Áp dụng công nghệ KNM giữ nguyên ranh giới tự nhiên thân quặng. Phương pháp nổ mìn vi sai phi điện, tiến hành nổ đồng thời đá vách và các thân quặng. Nếu M_n từng thân quặng thỏa mãn điều kiện (16), MXTLGN sẽ xúc riêng gương đất đá và quặng riêng. Trường hợp M_n của các thân quặng không thỏa mãn điều kiện (16), máy xúc sẽ xúc gương hỗn hợp

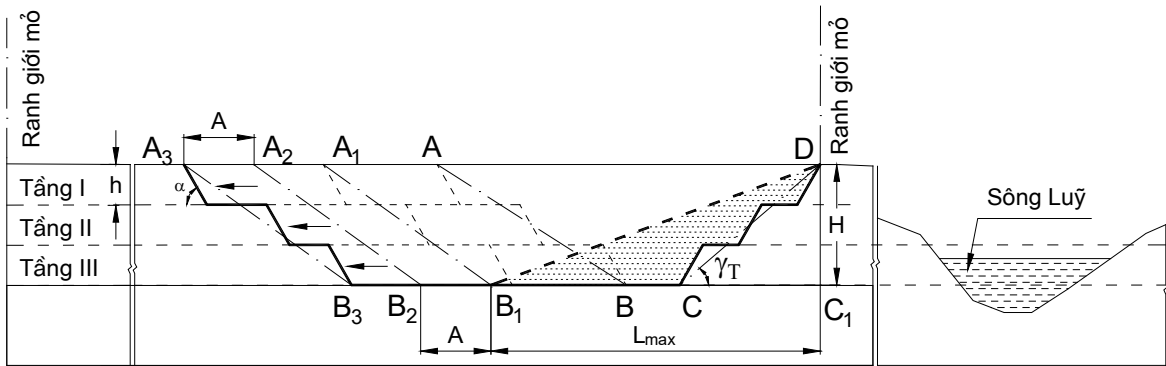
b. Khi các thân quặng có thể nằm bất chỉnh hợp (Hình 11): Căn cứ vào sự phân bố của các thân quặng lựa chọn trình tự KNM hợp lý, sử dụng đá vách, đá trụ làm tường chắn để giảm thiểu sự thay đổi cấu trúc của thân quặng. Khi đáy mỏ bị lầy lội áp dụng sơ đồ MXTLGN xúc gương phía dưới chất tải lên ô tô cùng mức.

Các mỏ quặng có cấu trúc phức tạp, lựa chọn CNKT hợp lý có ý nghĩa quyết định các chỉ tiêu về



Hình 12. Sơ đồ CNKT bằng súng bắn nước kết hợp với tàu cuốc

1- Súng bắn nước; 2- trạm bơm; 3 - tuyến đường ống vận tải; 4- tàu cuốc; 5- tuyến đường ống nổi; 6- xưởng tuyến nổi di động; 7- đường ống vận tải cát thải; 8- thiết bị thải cát; 9- máy gạt.



Hình 13. Sơ đồ trình tự khai thác–đổ thải theo chu trình kín

khai thác và sử dụng hợp lý tài nguyên cũng như các kinh tế kỹ thuật của doanh nghiệp.

3.3. Công nghệ khai thác Titan tầng cát đỏ khu Bình Thuận

3.3.1. Nghiên cứu đề xuất một số công nghệ khai thác phù hợp với điều kiện khu mỏ

Theo quy hoạch mỏ Lương Sơn, sẽ khai thác với công suất 200 ngàn tấn KVN/năm tương đương 160 ngàn tấn ilmenit/năm, khối lượng cát quặng 21,5 triệu tấn/năm. Mỏ khai thác hoàn toàn dưới mức thoát nước tự chảy, nguồn nước hạn chế. Do đó, để đảm bảo hiệu quả kinh tế, khai thác mỏ gắn liền với lợi ích phát triển xã hội khu vực, CNKT phải đảm bảo một số tiêu chí sau:

- Giảm chi phí sản xuất: Rút ngắn tối đa cung độ vận tải, bố trí các xưởng tuyển di động theo các gương khai thác;
- Sử dụng tiết kiệm hiệu quả tài nguyên nước: CNKT phải sử dụng tối đa lượng nước tuần hoàn để đảm bảo sự phát triển hài hòa, bền vững.
- Tái tạo sử dụng bền vững nguồn tài nguyên đất: CTPHMT cần phải được thực hiện lồng ghép với quá trình đổ thải đất đá nhằm tái tạo nguồn tài nguyên đất, phục vụ mục tiêu phát triển lâu dài và bền vững.

Với đặc thù điều kiện mỏ Lương Sơn, đề xuất CNKT sử dụng súng bắn nước kết hợp với tàu cuốc.

Sử dụng các súng bắn nước trực tiếp vào gương tầng, tạo ra dòng bùn quặng tự chảy xuống hố thu. Tại đây, bùn quặng được bơm về các xưởng tuyển nổi. Đối với tầng cát quặng dưới cùng sẽ sử dụng tàu cuốc, đất đá được phá vỡ dưới tác dụng của cơ cấu làm tơi, sau đó được bơm hút về xưởng tuyển nổi (Hình 12).

Ưu điểm: Tính liên tục của quy trình công nghệ, tự động hóa cao; khai thác tiến hành đồng thời

quá trình tuyển; Tiết kiệm năng lượng và các chi phí cho công tác chế biến Titan. Nhược điểm: Phương pháp này tiêu hao lượng nước lớn.

3.3.2. Nghiên cứu đề xuất trình tự khai thác

Việc lựa chọn trình tự khai thác phù hợp cần đặc biệt quan tâm đến sử dụng hợp lý nguồn nước từ các sông, suối trong khu vực. Khu vực Lương Sơn có điều kiện thủy văn rất hạn chế, trong khi đó nguồn nước này cũng rất cần thiết cho sự phát triển các ngành kinh tế khác.

Để giảm khối lượng XDCB, tiến hành khai thác theo hình thức chia khoảng, trong mỗi khoảng tuyển thô và CTPHMT được thực hiện theo chu trình kín (Hình 13). Chiều rộng moong khai thác ban đầu được xác định theo công thức [1]:

$$B_3C = L_{max} + 2A, \text{ m} \quad (17)$$

$$L_{max} = 1,18 \frac{V}{w_{min}} \cdot H, \text{ m} \quad (18)$$

Trong đó: L_{max} – khoảng lắng lớn nhất của cát thải, m; V – tốc độ xả thải, cm/s; w_{min} – tốc độ lắng của hạt, tính cho hạt có kích thước $d = 0,5 \text{ mm}$, cm/s; H – chiều cao tầng thải, m; A – chiều rộng dải khấu, m.

4. Kết luận

Đối với các mỏ than, quặng đồng, sắt, titan trong tầng cát đỏ có điều kiện khai thác phức tạp, để khai thác hiệu quả nguồn tài nguyên khoáng sản, đáp ứng nhu cầu an ninh năng lượng và phát triển kinh tế quốc dân cần áp dụng các giải pháp CNKT phù hợp như trên đã trình bày.

Tài liệu tham khảo:

[1] Lê Công Cường, 2015. Nghiên cứu CNKT và các thông số của moong khai thác ban đầu cho mỏ sa khoáng titan-zircon trong tầng cát đỏ khu vực Lương Sơn, Bình Thuận. Thông tin Khoa học



Công nghệ Mỏ số 11, 111-113.

[2] Lưu Văn Thực, 2011. *Nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật và CNKT theo hướng hiện đại hoá tại các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh*. Đề tài Trọng điểm quốc gia, Hà Nội, 320 trang.

[3] Lưu Văn Thực, 2014. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật “*Nghiên cứu công nghệ khai thác các mỏ quặng sắt lộ thiên dưới mức thoát nước tự chảy trong điều kiện địa chất và ĐCTV phức tạp ở Việt Nam*”, Trường ĐH Mỏ-Địa chất, 198 trang.

[4] Мосинец В. Н (1975), *Разрушение горных пород*, Недра, Москва.

[5] Яковлев В. Л., Яковлев В. А, 2018. *Формирование транспортных систем карьеров с учетом адаптации к изменяющимся условиям разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений*. Институт горного дела УрО РАН (Россия, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58).

Solutions on the mining technology for open-pit mines with complex conditions

Dr. Luu Van Thuc, Dr. Doan Van Thanh - Vinacomin – Institute of Mining Science and Technology

Abstract:

Minerals such as coal, copper, iron and titanium in the red sand layer are under complicated mining conditions. The coal mines are being exploited deeply, while the berm heights are high, a lot of faults and coal with partition rocks; the copper and iron ore mines have complicated ore body structures, which needs to be exploited by the drilling and blasting; some mines have soft ground; Titanium's content in the red sand layer in Binh Thuan is low, a great depth of exploitation and is completely below the level of gravity drainage. In order to efficiently exploit the mineral resources and to meet the needs of energy security and national economic development, it is necessary to choose mining technology solutions suitable to the conditions of mines such as: Selection of the rational synchro mining equipment, the selective mining technology, the drilling and blasting technology, etc ...