

ERSD 2018

# KỶ YẾU

## HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 07 - 12 - 2018

**NHỮNG TIẾN BỘ TRONG KHAI THÁC MỎ**



Nhà xuất bản giao thông vận tải



## **Tổng quan Hệ thống Khai thác Quặng Hàm lò trên Thế giới và Đánh giá Hiện trạng Áp dụng ở Việt Nam**

Lê Tiến Dũng<sup>1,\*</sup>, Đào Văn Chi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

### **TÓM TẮT**

Khai thác quặng bằng phương pháp hầm lò xuất hiện ở Việt Nam với quy mô công nghiệp từ những năm 1950 tại mỏ Thiếc Tĩnh Túc Cao Bằng và tới thời điểm hiện tại luôn đóng góp to lớn vào sự phát triển kinh tế-xã hội quốc gia. Hệ thống khai thác (HTKT) quặng hầm lò bao gồm cách bố trí các đường lò, trình tự đào lò và phương pháp khấu quặng; và do đó, phải được thiết kế hợp lý, đảm bảo tính hiệu quả kinh tế-kỹ thuật cho mỗi điểm mỏ. Các HTKT áp dụng ở Việt Nam đang bị giới hạn chủ yếu tới một số hệ thống truyền thống với tổn thất tài nguyên lớn. Các hệ thống này phải được nghiên cứu đánh giá hiện trạng và khả năng nâng cao hiệu quả áp dụng. Nội dung bài báo trình bày tổng quan HTKT quặng hầm lò trên thế giới và đánh giá hiện trạng áp dụng các hệ thống ở Việt Nam. Dựa trên kết quả đánh giá tổng quan, bài báo đề xuất một số định hướng nghiên cứu trọng yếu nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế và sử dụng HTKT quặng cho các mỏ hầm lò nước nhà.

*Từ khóa:* Quặng Hàm lò; Hệ thống Khai thác; Tổng quan; Hướng nghiên cứu

### **1. Đặt vấn đề**

Theo Chiến lược khoáng sản đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030 của Thủ tướng Chính phủ (Thủ tướng Chính phủ, 2011), quan điểm chỉ đạo, định hướng phát triển, và chính sách đối với việc khai thác các loại quặng có nêu:

- Khoáng sản là tài nguyên không tái tạo, cần phải được quản lý, bảo vệ, khai thác, sử dụng hợp lý, tiết kiệm, có hiệu quả nhằm đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững kinh tế-xã hội, an ninh quốc phòng và môi trường;
- Khai thác phải gắn với chế biến, tạo sản phẩm có giá trị kinh tế cao; đến năm 2020 chấm dứt các cơ sở chế biến khoáng sản manh mún, công nghệ lạc hậu, hiệu quả kinh tế thấp, gây ô nhiễm môi trường;
- Khuyến khích chuyển giao công nghệ tiên tiến, thân thiện với môi trường trong khai thác, chế biến khoáng sản; tăng cường năng lực, đổi mới thiết bị và công nghệ.

Theo Quy chuẩn Việt Nam về an toàn trong khai thác quặng hầm lò (Bộ Công Thương, 2017), "Hệ Thống Khai Thác" là hệ thống đường lò trong giới hạn khu khai thác, liên quan mật thiết với nhau về không gian, thời gian và mục đích sử dụng. Cụ thể hơn, hệ thống khai thác (HTKT) quặng bao gồm cách bố trí các đường lò, trình tự đào lò và phương pháp khấu quặng (Đỗ Mạnh Phong, 2001). Một HTKT nếu được thiết kế hợp lý sẽ có vai trò quan trọng và tiên quyết tới việc đảm bảo tính hiệu quả kinh tế-kỹ thuật cho mỗi điểm mỏ. Công tác lựa chọn và áp dụng các HTKT quặng hầm lò ở Việt Nam, do điều kiện địa chất-mỏ thân quặng phức tạp cũng như hạn chế trong việc tiếp cận các phương pháp tiên tiến trên thế giới, chưa được thực hiện và tối ưu hóa một cách khoa học. Chính vì thế, việc đánh giá tổng quan các HTKT trên thế giới và ở Việt Nam là cần thiết, cung cấp một nền tảng hiểu biết vững chắc cho các nghiên cứu chuyên sâu phục vụ đáp ứng chiến lược phát triển khoáng sản nước nhà.

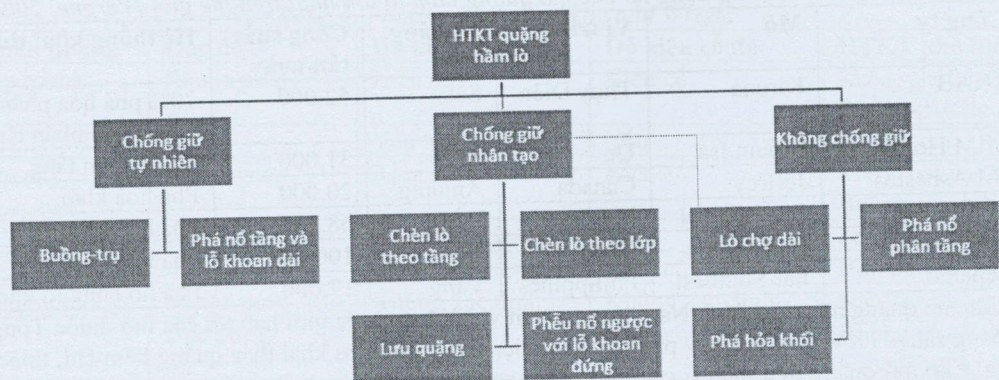
### **2. Tổng quan hệ thống khai thác quặng hầm lò**

Các HTKT được phân loại bởi các nhà khoa học Liên Xô cũ (Đỗ Mạnh Phong, 2001) thành ba nhóm chính dựa trên phương pháp điều khiển áp lực khoáng không gian đã khai thác. Đó là nhóm HTKT với chống giữ tự nhiên khoáng không gian đã khai thác, nhóm HTKT với chống giữ nhân tạo khoáng không gian đã khai thác; và nhóm HTKT với phá hòa đất đá. Tương tự, các nhà khoa học phương tây (Brady and Brown, 2004; Hamrin, 2001) phân loại các HTKT theo sơ đồ trên Hình 1. Mô hình lý thuyết của một số HTKT quặng hầm lò điển hình được minh họa trên các Hình 2(a-d).

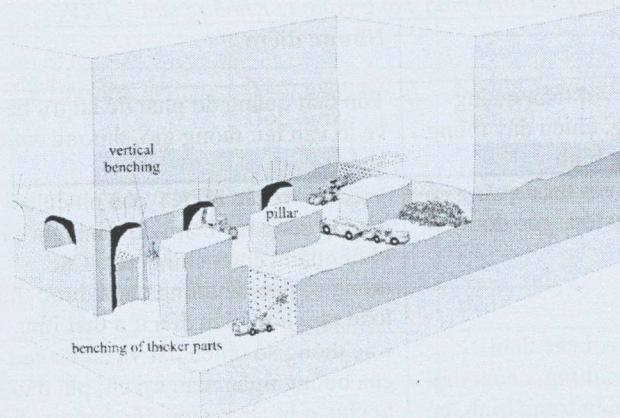
\* Tác giả liên hệ

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

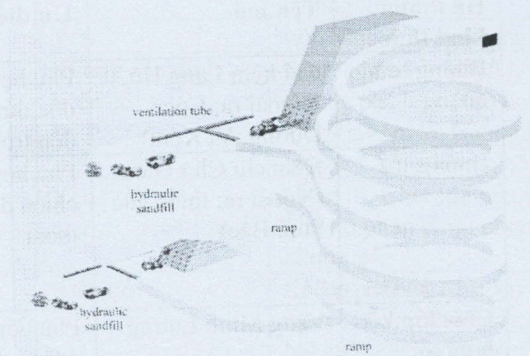




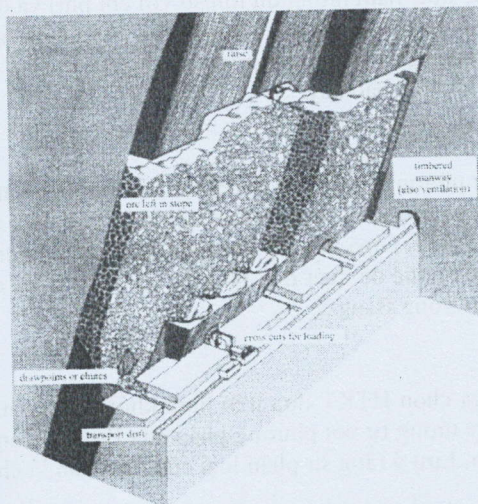
Hình 1. Phân loại các HTKT quặng hàm lò (Brady and Brown, 2004)



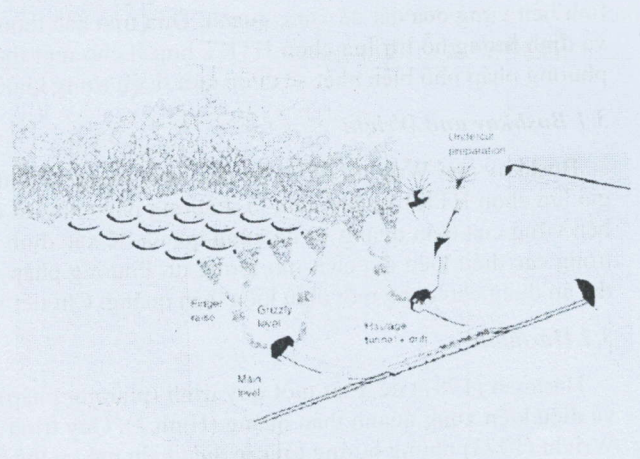
Hình 2(a). Hệ thống khai thác Buồng-trụ (Room-and-pillar) (Hamrin, 2001)



Hình 2(b) Hệ thống khai thác chèn lò (cut-and-fill stoping) (Hamrin, 2001)



Hình 2(c) Hệ thống khai thác lưu quặng (shrink stoping) (Hamrin, 2001)



Hình 2(d) Hệ thống khai thác phá hóa khối (block caving) (Hamrin, 2001)

Các HTKT áp dụng tại một số mỏ quặng hàm lò lớn nhất trên thế giới được tổng hợp trong Bảng 1 (Vergne, 2008). Theo đó, hệ thống phá hóa khối quặng là được áp dụng phổ biến nhất trong khi các hệ thống phá nổ phân tầng và buồng-trụ cũng được áp dụng. HTKT phá nổ phân tầng cũng đang được áp dụng rộng rãi ở Australia, ví dụ các mỏ Capricorn Copper, Ernest Henry và Mugana (Department of Natural Resources and Mines, 2016).



Bảng 1. HTKT áp dụng tại các mỏ quặng hàm lượng lớn nhất trên thế giới (Vergne, 2008)

Công ty	Mỏ	Vị trí	Khoáng sản	Công suất tấn/ngày	Hệ thống khai thác
LKAB	Kiruna	Thụy Điển	Sắt	52,000	70% phá hòa phân tầng 22% khâu phân tầng
MIM Holdings	Mount Isa	Úc	Kẽm	31.000	Khâu phân tầng
JM Asbestos	Jeffrey	Canada	Amiang	20.000	Phá hòa khối
BHP	San Manuel	Mỹ	Đồng	68.000	Phá hòa khối
Codelco	El Teniente	Chile	Đồng	100.000	Phá hòa khối
Lepanto	Far Southeast	Philippines	Vàng	17.000	Phá nổ bằng lỗ khoan dài

Các mỏ quặng hàm lượng ở Việt Nam trong phạm vi bài báo được giới hạn tới các mỏ thuộc Tổng Công ty Khoáng sản – TKV. Các mỏ này phân bố trên diện rộng, chủ yếu khai thác quặng kẽm chì, thiếc, vàng và đồng. Các mỏ quặng đều nằm ở các vùng sâu, xa, địa hình đồi núi cao tương đối phức tạp và phân cắt mạnh (Lê Văn Chính, 2015). Các HTKT tại một số mỏ điển hình được đánh giá và thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá HTKT tại một số điểm mỏ điển hình Tổng công ty Khoáng sản – TKV

Hệ thống khai thác	Tên mỏ	Ưu điểm	Nhược điểm
Buồng lưu quặng	Chì kẽm Lang Hít. (Ngoài ra: Cúc Đường, Vi Kẽm)	Phù hợp với thân quặng dốc đứng, chiều dày mỏng đến trung bình	Tồn thất quặng do phải để lại trụ bảo vệ lò vận tải, thông gió, thượng cánh khối.
Buồng-trụ	Kẽm chì Chợ Điện (Ngoài ra: thiếc gốc Suối Bắc)	Phù hợp với thân quặng có chiều dày lớn, góc dốc thoải	Việc bố trí các HTKT còn nhiều bất cập do công tác thăm dò đánh giá các khối quặng chưa chính xác. Các thông số của hệ thống chưa được tính toán phù hợp, dẫn đến tổn thất lớn.
Chia lớp kết hợp với chèn lò	Vàng Minh Lương	Phù hợp với các thân quặng dốc đứng, chiều dày từ mỏng đến trung bình, có giá trị kinh tế cao	Các thông số chiều dài và chiều cao của buồng ngắn, dẫn tới chi phí đào lò chuẩn bị tăng. Góc dốc buồng khai thác theo lớp ngang là 0° nên thời gian vận tải trong một chu kỳ lớn.

### 3. Phương pháp lựa chọn hệ thống khai thác

Về mặt kỹ thuật, việc sử dụng một phương pháp hàm lượng để khai thác quặng cơ bản được quyết định bởi đặc tính thân quặng (kích thước và hình dạng, độ sâu và góc dốc, hàm lượng đủ lớn so với chi phí) và đặc tính bền vững của đất đá xung quanh. Dựa trên các thông số cơ bản này, một loạt phương pháp định tính và định lượng hỗ trợ lựa chọn HTKT hợp lý cho một thân quặng đã được phát triển trên thế giới. Một số phương pháp phổ biến nhất sẽ được giới thiệu trong khuôn khổ bài báo này.

#### 3.1 Boshkov and Wright

Boshkov and Wright (1973) đề xuất một trong số những phương pháp đầu tiên phục vụ cho việc đánh giá lựa chọn HTKT quặng hàm lượng. Phương pháp này sử dụng các mô tả chung của chiều dày, góc dốc, độ bền vững của thân quặng và đá xung quanh để xác định các HTKT mà thực tế trước đó đã được áp dụng trong các điều kiện địa chất-mỏ tương tự. Phương pháp này có thể đề xuất đến bốn HTKT khác nhau có thể áp dụng cho cùng một điều kiện thân quặng. Chi tiết xem trong Bảng 3.

#### 3.2 Hartman

Hartman (1987) đề xuất một quy trình (phương pháp) lựa chọn HTKT dựa trên hình khối thân quặng và điều kiện xung quanh thân quặng (Hình 3). Quy trình này tương tự với phương pháp của Boshkov and Wright (1973) nhưng hướng tới các điều kiện mỏ cụ thể hơn. Lưu ý rằng sự phân loại của Hartman là cho cả khai thác hàm lượng và lộ thiên, than và quặng.

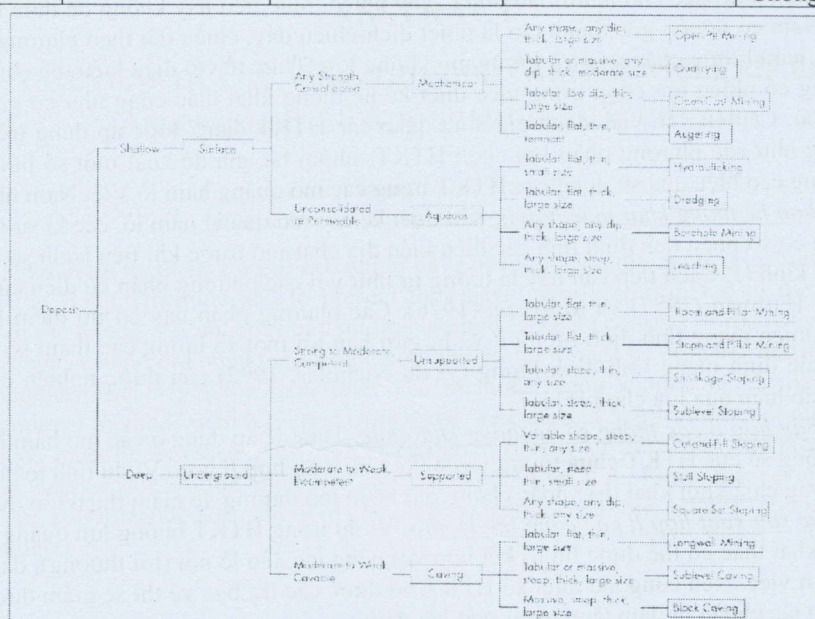
#### 3.3 Morrison

Phương pháp của Morrison (1976) phân chia các HTKT thành 3 nhóm: A- trụ bảo vệ cứng (Rigid Pillar Support); B- sụt lún bề mặt có điều khiển & lò chợ dài (Controlled Subsidence & Sequential Longwall); C- phá hòa (Caving), xem Hình 4. Kích thước thân quặng (chiều rộng), phương thức chống giữ, và sự tích tụ năng lượng biến dạng được sử dụng là các tiêu chuẩn để xác định HTKT hợp lý.



Bảng 3. Phương pháp Boshkov and Wright

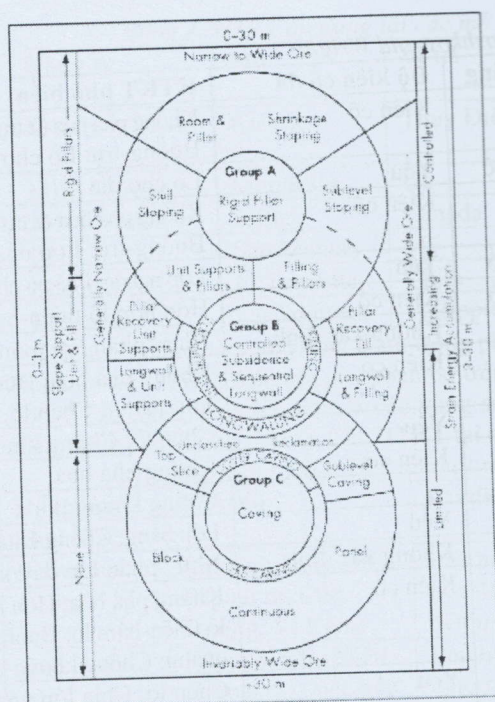
Dạng thân quặng	Góc dốc	Độ kiên cố quặng	Độ kiên cố đá	HTKT phổ biến
Phân lớp mỏng	Nằm ngang	Kiên cố	Kiên cố	Không phá hóa & trụ thường; Buồng-trụ; Lò chợ dài.
		Yếu hoặc kiên cố	Yếu	Lò chợ dài.
Phân lớp dày	Nằm ngang	Kiên cố	Kiên cố	Không phá hóa & trụ thường; Buồng-trụ; Lốp ngang.
		Yếu hoặc kiên cố	Yếu	Lốp ngang; Phá nổ phân tầng
		Yếu hoặc kiên cố	Kiên cố	Hỗn hợp lộ thiên-hầm lò.
Mạch quặng mỏng	Nằm ngang	Không xác định	Không xác định	Như "phân lớp mỏng".
	Dốc đứng	Kiên cố	Kiên cố	Không phá hóa; Buồng lưu quặng; Chèn lò.
			Yếu	Chèn lò; Chống khung gỗ.
		Yếu	Kiên cố	Không phá hóa; Chống khung gỗ.
			Yếu	Lốp băng; Chống khung gỗ.
Mạch quặng dày	Nằm ngang	Không xác định	Không xác định	Như "phân lớp dày/khối"
	Dốc đứng	Kiên cố	Kiên cố	Không phá hóa; Hỗn hợp lộ thiên-hầm lò; Buồng lưu quặng; Chống khung gỗ.
			Yếu	Chèn lò; Chia lốp ngang; Phá nổ phân tầng; chống khung gỗ.
		Yếu	Kiên cố	Không phá hóa; Chia lốp ngang; Phá nổ phân tầng; Phá hòa khối; Chống khung gỗ.
			Yếu	Chia lốp ngang; Phá nổ phân tầng; Chống khung gỗ
Khối	Không xác định	Kiên cố	Kiên cố	Hỗn hợp lộ thiên-hầm lò
				Buồng lưu quặng; Phá nổ phân tầng; Chèn lò.
		Yếu	Yếu hoặc kiên cố	Chia lốp ngang; Phá nổ phân tầng; Phá hòa khối; Chống khung gỗ.



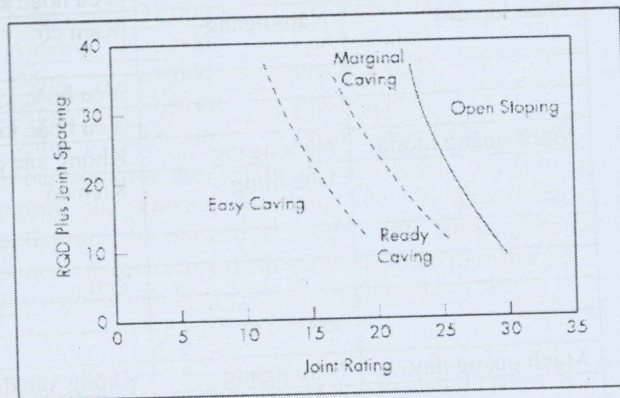
Source: Hartman 1957, reproduced with permission of John Wiley and Sons, Inc.

Hình 3. Phương pháp Hartman





Hình 4. Phương pháp Morrison



Hình 5. Phương pháp Laubscher

### 3.4 Laubscher

Laubscher (1981) giới thiệu một biểu đồ giúp lựa chọn hợp lý các HTKT quặng với số lượng lớn. HTKT được so sánh ở đây là giữa phá hòa khối và khẩu buồng, và sử dụng khả năng tự phá hòa/sập đổ là tiêu chuẩn so sánh. Các tham số được dùng để xác định xem có dùng một HTKT phá hòa hay không chủ yếu liên quan đến các đặc tính của nứt nẻ: mức độ, chỉ số chất lượng đá (RQD), khoảng cách, độ nhám, lấp nhét và điều kiện thủy văn (Hình 5).

#### 4. Nâng cao hiệu quả sử dụng hệ thống khai thác Việt Nam

Căn cứ vào chiến lược khoáng sản đã nêu ở phần đầu bài báo, Tổng Công ty Khoáng sản – TKV đã và đang hướng tới việc xây dựng các mỏ khai thác quặng hầm lò tương đối hiện đại, thu hồi khoáng sản có ích ở mức độ cao nhất, giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tăng năng suất lao động, tăng mức độ an toàn và cải thiện điều kiện làm việc cho người lao động. Tuy nhiên, mục tiêu này không dễ thực hiện khi mà các quặng ở Việt Nam có nguồn gốc thành tạo là nhiệt dịch-chiều dày, chiều dài theo phương và theo hướng dốc biến động, hàm lượng quặng và trữ lượng mỏ không lớn. Thực tế với điều kiện địa chất mỏ khó khăn, các kỹ sư không có nhiều lựa chọn trong việc thiết kế hệ thống khai thác cũng như cơ giới hóa đồng bộ các công tác mỏ. Căn cứ vào việc đánh giá tổng quan các HTKT đang được áp dụng trên thế giới và ở Việt Nam cũng như các phương pháp lựa chọn HTKT, nhóm tác giả đề xuất một số hướng nghiên cứu chính nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng các HTKT trong các mỏ quặng hầm lò Việt Nam như sau:

- Lựa chọn hệ thống khai thác hợp lý. Khi thiết kế các mỏ quặng hầm lò, các kỹ sư chủ yếu đề xuất các HTKT trên cơ sở phân tích định tính các điều kiện địa chất-mỏ trước khi tiến hành so sánh chi tiết về mặt kỹ thuật và kinh tế. Cách tiếp cận này là tương tự như với các phương pháp cổ điển của Boshkov and Wright (1973), Hartman (1987) và Morrison (1976). Các phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, dễ thực hiện; tuy nhiên mang tính định lượng ít và bị giới hạn tới một số lượng các tham số nhất định. Các phương pháp xác định mang tính định lượng (ví dụ Nicholas, 1992) cần được nghiên cứu xem xét áp dụng để nâng cao hiệu quả lựa chọn HTKT;
- Tính toán hợp lý các thông số hệ thống khai thác. Thực tế áp dụng ở các mỏ hầm lò Việt Nam đã cho thấy các thông số của HTKT chưa tối ưu và có thể tính toán hợp lý hơn. Ví dụ tính toán kích thước trụ bảo vệ các thương chia khối khai thác hoặc chống giữ nhân tạo thượng để giảm thiểu tổn thất quặng;
- Tổ chức sản xuất hợp lý các công tác lò chợ. Ví dụ trong HTKT buồng lưu quặng ở các mỏ Việt Nam, công tác khai thác có thể được bố trí kết hợp với công tác đào lò nổi (tới thượng), dẫn đến việc kéo dài thời gian làm việc. Nếu công tác thiết kế HTKT bỏ được các trụ bảo vệ thì sẽ giảm được thời gian và khối lượng công tác chuẩn bị, làm tăng năng suất lao động;
- Cơ giới hóa công tác đào lò chuẩn bị. Do các đường lò chuẩn bị đào trong đá hoặc quặng có độ kiên cố lớn nên thường dùng phương pháp khoan nổ mìn để đào lò. Tuy nhiên việc sử dụng khoan thủ



công dẫn đến năng suất phá nổ thấp và tiêu tốn nhiều công lao động. Việc sử dụng máy khoan tự hành hoặc có người điều khiển cần phải được nghiên cứu áp dụng ngay ở giai đoạn thiết kế HTKT.

### 5. Kết luận

Nội dung bài báo trình bày tổng quan về các HTKT quặng hầm lò trên thế giới và đánh giá các HTKT hiện đang áp dụng ở Việt Nam. Cùng với đó các phương pháp hỗ trợ lựa chọn HTKT hợp lý ở giai đoạn nghiên cứu tiền khả thi một mỏ quặng cũng đã được đánh giá. Kết quả chỉ ra rằng trên thế giới việc phân loại các HTKT chủ yếu là dựa trên các phương thức điều khiển áp lực mỏ. Ở Việt Nam, việc lựa chọn HTKT khi thiết kế còn mang nhiều tính định tính; các thông số của HTKT chọn chưa được tối ưu hóa, dẫn đến việc tổ chức sản xuất cũng chưa hợp lý; và công tác cơ giới hóa khi đào lò còn ở mức độ thấp. Từ đó, nhóm tác giả đề xuất bốn hướng nghiên cứu chính nhằm nâng cao hiệu quả thiết kế và sử dụng HTKT cho các mỏ quặng hầm lò Việt Nam: 1- lựa chọn HTKT hợp lý; 2- tối ưu hóa các thông số của HTKT; 3- bố trí tổ chức sản xuất hợp lý các công tác lò chợ; và 4- cơ giới hóa công tác đào lò chuẩn bị.

### Tài liệu tham khảo

- Boshkov, S. H. & Wright, F. D. 1973. Basic and parametric criteria in the selection, design and development of underground mining systems. *SME Engineering Handbook*. New York: AIME.
- Bộ Công Thương. 2017. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác quặng hầm lò.
- Brady, B. H. G. & Brown, E. T. 2004. *Rock mechanics for underground mining*. London, Kluwer Academic Publishers.
- Department of Natural Resources and Mines. 2016. Queensland's metalliferous and industrial minerals.
- Đỗ Mạnh Phong. 2001. *Bài giảng Khai thác Quặng Hầm lò*. ĐH Mỏ-Địa Chất Hà Nội.
- Hamrin, H. 2001. Underground mining methods and applications. *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*. Littleton, Co: SME.
- Hartman H. L. 1987. *Introductory mining engineering*. Wiley.
- Morrison, R. G. K. 1976. *A Philosophy of Ground Control: A Bridge Between Theory and Practice*. Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University.
- Nicholas, D. E. 1992. Selection procedure. *SME Mining Engineering Handbook*. Littleton, CO: SME.
- Laubscher, D. H. 1981. Selection of underground mass mining methods. *Design and Operation of Caving and Sublevel Stoping Mines*, New York. Society of Mining Engineers, AIME, 23-38.
- Lê Văn Chính. 2015. *Phân tích đánh giá công nghệ khai thác quặng hầm lò hiện nay của Tổng công ty khoáng sản và đề xuất giải pháp công nghệ nhằm nâng cao hiệu quả khai thác các mỏ quặng hầm lò*. Luận văn Thạc sĩ. Hanoi University of Mining and Geology.
- Thủ Tướng Chính phủ. 2011. *Phê duyệt Chiến lược khoáng sản đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030*.
- Vergne, J. D. L. 2008. *Hard Rock Miner's Handbook*. Stantec Consulting.

### ABSTRACT

## A Review of Ore Underground Mining Methods and Assessment of Application in Vietnam

Le Tien Dung<sup>1</sup>, Dao Van Chi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Mining and Geology

Underground mining methods for ore extraction have been industrially applied in Vietnam since 1950s at Tinh Tuc Cao Bang Tin mine and to present they have greatly contributed to the social-economic development of the nation. An underground mining method (HTKT) consists of roadway layout, roadway development sequence and ore breaking method; and therefore, it must be properly designed, ensuring the technical-economic efficiency for a mine site. The methods being applied in Vietnam are limited to several conventional methods with high rate of ore loss. The current application and improvability of the applied methods must be assessed. This paper presents a review of the widely applied methods in the world and an assessment of the methods' efficiency in Vietnam. From the review, key research orientations are recommended to improve the design and use of ore mining methods for Vietnam underground mines.