



## Orientation underground exploitation method to develop for the Lang Vai of small scale antinol region, Tuyen Quang Province



Hung Phi Nguyen <sup>1,\*</sup>, Tung Manh Bui <sup>1</sup>, Hoa Nhu Thi Nguyen <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geoscience and Geoen지니어ing, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

<sup>2</sup> Faculty of Fundamental Science, Quang Ninh University of Industry, Vietnam

### ARTICLE INFO

*Article history:*  
Received 4<sup>th</sup> Aug. 2021  
Accepted 16<sup>th</sup> Nov. 2021  
Available online 1<sup>st</sup> Dec. 2021

### Keywords:

Lang Vai antimony ore mine,  
Shrinkage stoping layout,  
Small scale,  
Vertical raise way.

### ABSTRACT

*Vietnam's mineral resources are very rich yet dispersed; the majority of ore mining are on a modest scale. One such mine is the Lang Vai antimony mine in Tuyen Quang province. The mine contains around 55,000 tons of main ore reserves with a concentration of 0.07 4.56 percent. The ore body is spread in the form of beds, veins, and steep slopes. With these sorts of mines, the issue for mining engineers is balancing technological indications, mining safety, and cheap production costs. If mechanized mining technology is used, capital recovery is not possible; if manual technology is used, productivity and safety are low, and the payback period is long. The building solution is simple, based on an examination of the features of such a mine, which is naturally placed of the ore body, the mechanical and physical qualities of the surrounding rock, and so on, with the objective of the shortest ore production time. simple. The article offers a strategy to approach the ore body through a vertical well combined with a through-seam furnace, an ore storage mining system, the building of a pipeline to prepare for production in the ore body, and a road drill construction technique. Breaking rock with 36 mm glass using a blasting technique. Simultaneously, compute some fundamental efficiency requirements based on the chosen plan.*

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

\*Corresponding author

E - mail: [nguyenphihung@humg.edu.vn](mailto:nguyenphihung@humg.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).13



# Định hướng phương án khai thác hầm lò cho mỏ quặng phân tán nhỏ lẻ antimol Làng Vài, Tuyên Quang

Nguyễn Phi Hùng<sup>1,\*</sup>, Bùi Mạnh Tùng<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Như Hoa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh, Việt Nam

## THÔNG TIN BÀI BÁO

### Quá trình:

Nhận bài 4/8/2021  
Chấp nhận 16/11/2021  
Đăng online 1/12/2021

### Từ khóa:

Mỏ quặng antimon Làng Vài,  
Hệ thống khai thác lưu quặng,  
Quy mô nhỏ lẻ,  
Thượng cột.

## TÓM TẮT

*Tài nguyên khoáng sản tại Việt Nam tương đối phong phú nhưng lại khá phân tán, hầu hết các mỏ quặng là ở quy mô nhỏ. Mỏ antimon Làng Vài, tỉnh Tuyên Quang là một trong số những mỏ như vậy. Mỏ có trữ lượng khoảng 55.000 tấn quặng nguyên khai, hàm lượng 0,07÷4,56%, thân quặng phân bố dạng ổ, dạng mạch, dốc đứng. Thách thức đối với các kỹ sư mỏ đối với các mỏ dạng này là làm sao phải cân bằng được các chỉ số kỹ thuật, an toàn khai thác với chi phí sản xuất thấp. Nếu đầu tư áp dụng công nghệ cơ giới hóa khai thác thì không khả thi để thu hồi vốn, nếu áp dụng công nghệ thủ công thì năng suất, an toàn thấp và thời gian thu hồi vốn kéo dài. Dựa trên cơ sở, phân tích những đặc thù của khu mỏ như thế nằm tự nhiên của thân quặng, tính chất cơ lý của đất đá xung quanh,... với mục tiêu thời gian sản xuất ra quặng là ngắn nhất, giải pháp thi công đơn giản. Bài báo đề xuất phương án tiếp cận thân quặng bằng giếng đứng kết hợp với lò xuyên vỉa, hệ thống khai thác lưu quặng, thi công đường lò chuẩn bị sản xuất đi trong thân quặng, phương pháp thi công sử dụng máy khoan có đường kính 36 mm, phá đá bằng phương pháp nổ mìn. Đồng thời tính toán một số chỉ tiêu lò chợ hiệu quả cơ bản theo phương án đã lựa chọn.*

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Khai thác khoáng sản đóng góp một phần quan trọng vào sự phát triển kinh tế của nhiều quốc gia. Các khu vực đóng góp chính bao gồm việc làm và tạo thu nhập, hình thành nên các liên kết hạ tầng cơ sở và tạo ra các động lực sản xuất khác cho xã hội (K.J. Bansah, 2016; Jacopo

Seccatore, 2014). Tại Việt Nam, các mỏ quặng thường phân bố tại các vùng sâu, có địa hình đồi núi, địa hình tương đối phức tạp. Các mỏ quặng có thể khai thác bằng phương pháp lộ thiên hoặc hầm lò. Tuy nhiên, phương pháp khai thác lộ thiên để lại nhiều tổn hại đến cảnh quan và môi trường, hơn nữa trong điều kiện địa hình phức tạp phải xây dựng hệ thống đường xá sẽ phát sinh nhiều chi phí cao mà giá trị thu được từ khai thác mỏ không thể có lợi nhuận. Mặt khác, khai thác bằng phương pháp hầm lò sẽ cho phép có thể khai thác chọn lọc và ít ảnh hưởng đến môi trường hơn (Lê Văn Chinh, 2015). Về mặt kỹ thuật, việc sử dụng một

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [nguyenphihung@humg.edu.vn](mailto:nguyenphihung@humg.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).13

phương pháp hầm lò để khai thác quặng được quyết định bởi đặc tính thân quặng (kích thước, hình dạng, thể nằm, góc dốc, hàm lượng đủ lớn so với chi phí,...) và đặc tính của đất đá xung quanh. Dựa trên các thông số cơ bản này, cho phép lựa chọn hệ thống khai thác (HTKT) phù hợp (Lê Tiến Dũng, 2018). Các HTKT quặng được chia thành 3 nhóm chính dựa trên phương pháp điều khiển áp lực là nhóm HTKT chống giữ tự nhiên khoảng không gian đã khai thác; nhóm HTKT chống giữ nhân tạo với khoảng không gian khai thác và nhóm HTKT với phá hóa đất đá (Đỗ Mạnh Phong, 2001; Brady, 2004). Với tính chất cơ lý của đất đá xung quanh và quặng thuộc loại cứng, các HTKT với phá hóa đất đá không phù hợp cho khu vực này. Đối với thân quặng dốc đứng, chiều dày mỏng có thể áp dụng các HTKT phá nổ phân tầng, buồng thượng, buồng lưu quặng...

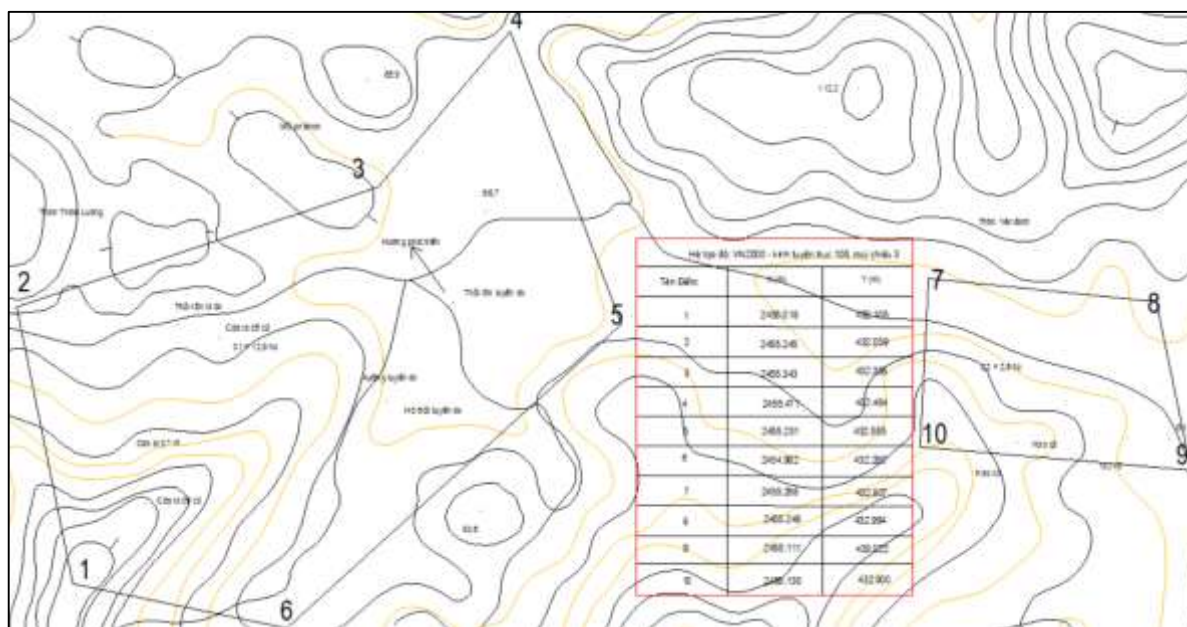
+ HTKT phân tầng kết hợp với chèn lò khai thác từ dưới lên và chèn lò phía trụ: phương pháp này thực hiện bằng cách đào các đường lò xuyên vỉa phân tầng sau đó đào lò dọc vỉa phân tầng và khai thác bình thường. Sau khi khai thác hết lớp dưới thì bơm vật liệu chèn lò làm đông đặc dưới phía trụ. Tiếp tục khai thác phân tầng trên tương tự (Atlas Copco, 2017). Ưu điểm của HTKT này là bảo vệ tốt các công trình bề mặt, nhược điểm là chi

phí khai thác lớn, khối lượng đào lò chuẩn bị sản xuất nhiều, dẫn đến chi phí khai thác cao.

+ HTKT phá nổ phân tầng: thực hiện đào các đường lò dọc vỉa (hoặc xuyên vỉa) phân tầng, chia nhỏ chiều cao thân quặng. Tiến hành sử dụng các lỗ khoan dài để khoan và nổ phá quặng. Ưu điểm là ra quặng nhanh, vận hành đơn giản, nhược điểm là khối lượng lò chuẩn bị lớn, chi phí khai thác cao, hệ số tổn thất lớn (Đỗ Mạnh Phong, 2001).

+ HTKT buồng thượng: để chuẩn bị cho HTKT này đào lò thượng trung tâm của thân quặng, tiến hành đào các buồng dạng xương cá sau đó khoan các lỗ khoan đứng hoặc rẻ quạt để phá nổ quặng. Ưu điểm khối lượng lò chuẩn bị thấp, nhược điểm là hệ số tổn thất cao, tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn (K.J. Bansah, 2016; Bre-Anne Sainsbury, 2012).

+ HTKT buồng lưu quặng: quá trình chuẩn bị hệ thống là đào các lò thượng vuông góc với phương của thân quặng (xem Hình 4), chia thân quặng thành nhiều block khác nhau. Khi khối (block) số 1 thì tiếp tục đào thượng số 3, sau khi khấu block 2 thì tiến hành tháo quặng ở block 1, tiến hành khấu giật từ biên giới về trung tâm. Ưu điểm của HTKT này: khối lượng lò chuẩn bị cũng là lò sản xuất (chuẩn bị trụ ở hai lò thượng là cũ lợn) nên chi phí đào lò sản xuất, vốn đầu tư ban



Hình 1. Ranh giới tọa độ vị trí mỏ antimon Làng Vài.

đầu thấp, hệ thống này có khả năng thích nghi với sự biến động về chiều dày, góc dốc của thân quặng. Nhược điểm của HTKT: thời gian ra quặng chậm hơn do phải giữ lại phần quặng ở các block trước đó như một trụ bảo vệ (Đỗ Mạnh Phong, 2001, Jacopo Seccatore, 2014). Do đó, HTKT lưu quặng phù hợp với điều kiện mỏ antimon Làng Vài.

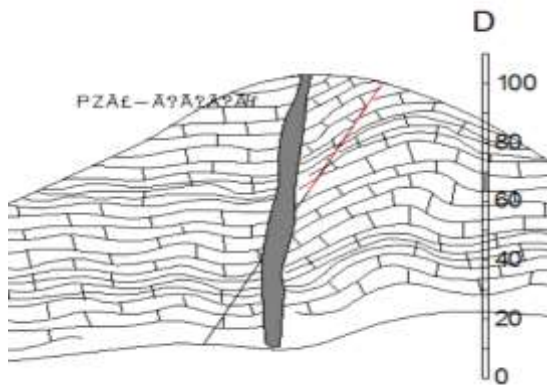
**2. Đặc điểm tự nhiên của mỏ quặng an timol Làng Vài**

Diện tích khu vực mỏ Làng Vài là 15,6 ha, thân quặng có dạng mạch, dốc đứng gồm nhiều ổ quặng giàu. Chiều dày trung bình của thân quặng là 1,50 m. Hàm lượng và chiều dày thân quặng chính biến đổi rất đột ngột theo đường phương cũng như theo hướng cắm. Hàm lượng As biến đổi từ 0,07÷4,56%. Ở phần tây nam, thân quặng cắm về đông nam với góc dốc 80÷85°, đến đoạn giữa thân quặng dốc đứng gần 90°; ở phía tây nam thân quặng cắm về đông nam với góc dốc 80÷85°, đoạn giữa thân quặng dốc đứng gần 90°; ở phía đông bắc thân quặng cắm về tây bắc với góc dốc 85÷89°. Khoáng hoá phát triển theo 2 kiểu: kiểu 1 là antimonit + pyrit + acsenopyrit và kiểu 2 là acsenopyrit + pyrit + thạch anh. Độ cứng của đất đá f = 6÷8 có chỗ f = 8÷10. Trữ lượng của mỏ là 55.000 tấn quặng nguyên khối.

**3. Mở vỉa và chuẩn bị hệ thống khai thác**

**3.1. Mở vỉa**

Thân quặng dốc đứng nằm trong các khối đá cứng vững có f = 6÷8, gần mặt địa hình (Hình 2), đặc điểm phân bố quặng trong không gian xếp loại



Hình 2. Mặt cắt đặc trưng khu vực khai thác.

dốc đứng, địa hình phân cắt bởi các đới đứt gãy nhỏ (Hình 3) do đó phương pháp mở vỉa tiếp cận thân quặng có thể xem xét hai phương án mở vỉa bằng giếng nghiêng và mở vỉa bằng giếng đứng. Mở vỉa bằng giếng đứng có khối lượng thi công giếng ít nhưng thời gian thi công lâu, kỹ thuật thi công giếng phức tạp, hệ thống vận tải trong giếng đứng đòi hỏi đầu tư lớn. Mở vỉa bằng giếng nghiêng có lợi thế là tốc độ thi công nhanh, chi phí vận hành thấp, hệ thống vận tải có thể dùng go òng, xe cải tiến kết hợp với tời hỗ trợ, vốn đầu tư thấp, kỹ thuật thi công đơn giản. Do đó phương án mở vỉa bằng giếng nghiêng là phương án được lựa chọn để thi công.

- Diện tích bên trong vỏ chống.

$$S = \frac{\pi \cdot R^2}{2} + B_v \cdot h_t, \text{ m}^2 \tag{1}$$

Trong đó: B<sub>v</sub> - chiều rộng bên trong vỏ chống ở mức nền lò; h<sub>t</sub> - chiều cao tường.

- Diện tích tiết diện đào (S<sub>d</sub>)

$$S_d = \frac{\pi \cdot R_{ng}^2}{2} + B_{ng} \cdot h_t, \text{ m}^2 \tag{2}$$

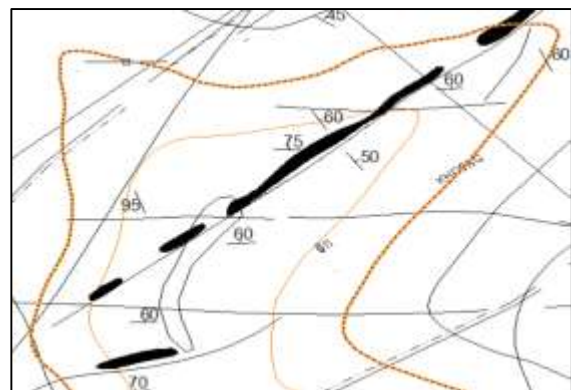
Trong đó: B<sub>ng</sub> - chiều rộng đường lò ngoài khung chống, h<sub>t</sub> - chiều cao tường.

- Kiểm tra tiết diện đường lò theo điều kiện thông gió.

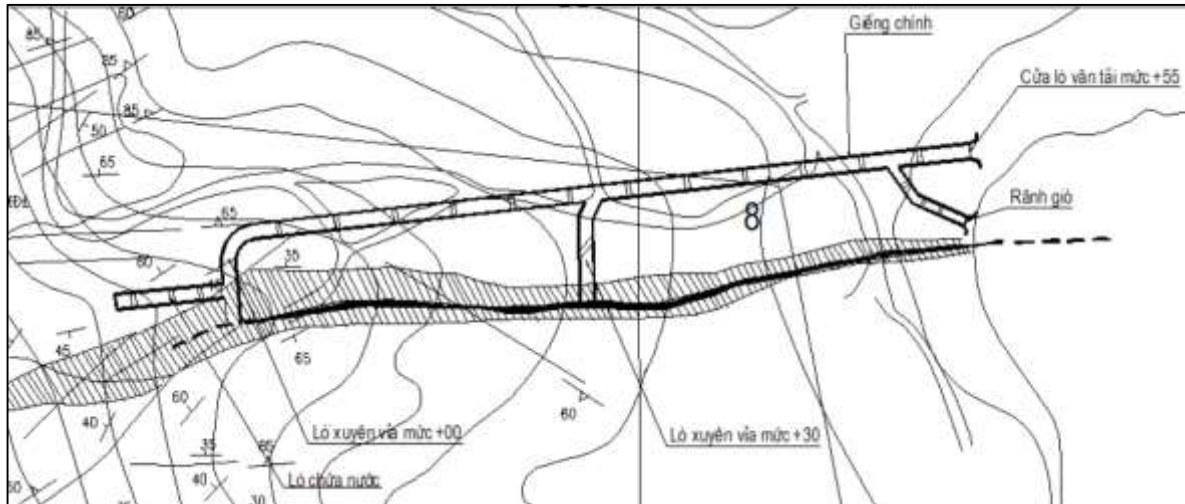
$$V = \frac{A \times q \times K}{60 \times \mu \times S_{sd}} \leq [V_{cp}] = 8 \text{ m}^3 / \text{s} \tag{3}$$

Trong đó: q - tiêu chuẩn không khí, q = 1,25 (m<sup>3</sup>/phút) K - hệ số vận tải không đều, μ - hệ số giảm tiết diện. A - sản lượng cần được thông gió trong 1 ngày đêm.

Từ các công thức trên, thiết lập hệ thống lò mở vỉa như sau: từ mặt bằng cửa lò +55 m đào



Hình 3. Bình đồ phân bố thân quặng.



Hình 4. Sơ đồ mở vỉa.

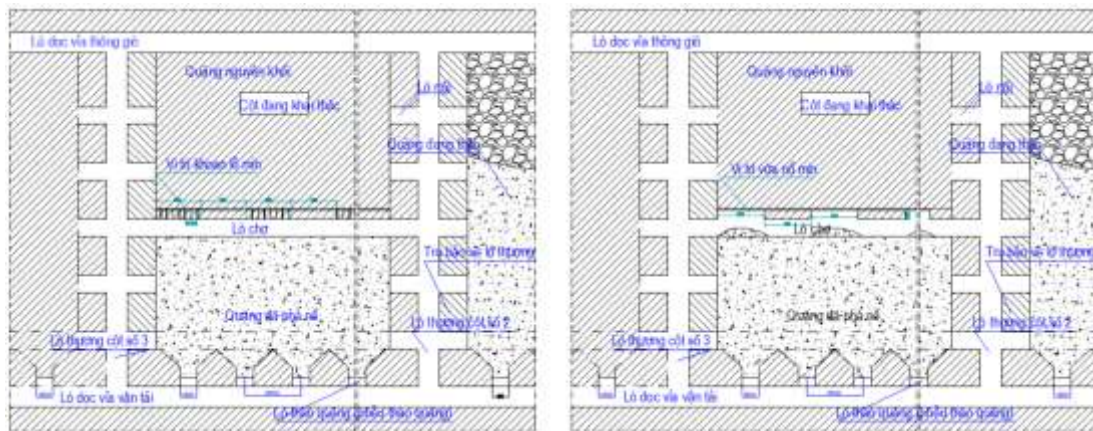
giếng vận tải xuống các mức khai thác, giếng được đào với góc dốc 21,5° (Hình 4). Đoạn cửa lò với chiều dài 10 m đào theo tiết diện hình thang, chống thép SVP-17, diện tích đào 6,6 m<sup>2</sup>, diện tích chống 5,5 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 5,2 m<sup>2</sup>. Trong đó 5 m đầu chống với tiến độ 0,4 m/vì, 5 m sau chống với tiến độ 0,8 m/vì. Từ mét thứ 11 đến hết chiều dài lò được đào theo tiết diện hình thang, diện tích đào 7,1 m<sup>2</sup>, diện tích chống 4,6 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 4,0 m<sup>2</sup>, chống gỗ đường kính 160÷200 mm, bước chống 0,8 m/vì, chèn lò bằng gỗ, lò được đánh khuôn tăng cường bằng gỗ.

Từ mặt bằng cửa lò mức +85 m đào giếng thông gió xuống các mức khai thác. Giếng được đào theo thân quặng theo tiết diện hình thang, diện tích đào 7,1 m<sup>2</sup>, diện tích chống 4,6 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 4,0 m<sup>2</sup>, chống gỗ đường kính

160÷200 mm, bước chống 0,8 m/vì, chèn lò bằng gỗ, lò được đánh khuôn tăng cường bằng gỗ.

- Tầng khai thác mức +70÷+100 m:

Mức vận tải: từ mặt bằng cửa lò mức +70 m đào lò xuyên vỉa vận tải mức +70 m vào gặp thân quặng chính và thân quặng phụ. Đoạn cửa lò với chiều dài 10 m đào theo tiết diện hình thang, chống thép SVP-17, diện tích đào 6,6 m<sup>2</sup>, diện tích chống 5,5 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 5,2 m<sup>2</sup>; trong đó 5 mét đầu chống với tiến độ 0,4 m/vì, 5 mét sau chống với tiến độ 0,8 m/vì. Từ mét thứ 11 đến hết chiều dài lò được đào theo tiết diện hình thang, diện tích đào 7,1 m<sup>2</sup>, diện tích chống 4,6 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 4,0 m<sup>2</sup>, chống gỗ đường kính 160÷200 mm, bước chống 0,8 m/vì, chèn lò bằng gỗ, lò được đánh khuôn tăng cường bằng gỗ.



Hình 5. Sơ đồ chuẩn bị hệ thống khai thác buồng lưu quặng.

Mức thông gió: từ mặt bằng cửa lò mức +100 m đào lò xuyên vỉa thông gió để khai thông mức thông gió cho các thân quặng chính và thân quặng phụ. Đoạn cửa lò với chiều dài 10 m đào theo tiết diện hình thang, chống thép SVP-17, diện tích đào 6,6 m<sup>2</sup>, diện tích chống 5,5 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 5,2 m<sup>2</sup>; trong đó 5 m đầu chống với tiến độ 0,4 m/vì, 5 m sau chống với tiến độ 0,8 m/vì. Từ mét thứ 11 đến hết chiều dài lò được đào theo tiết diện hình thang, diện tích đào 7,1 m<sup>2</sup>, diện tích chống 4,6 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 4,0 m<sup>2</sup>, chống gỗ đường kính 160÷200 mm, bước chống 0,8 m/vì, chèn lò bằng gỗ, lò được đánh khuôn tăng cường bằng gỗ.

- Tầng khai thác mức +100÷+130 m:

Mức vận tải: sử dụng lại lò thông gió của tầng +70÷+100 m làm lò vận tải.

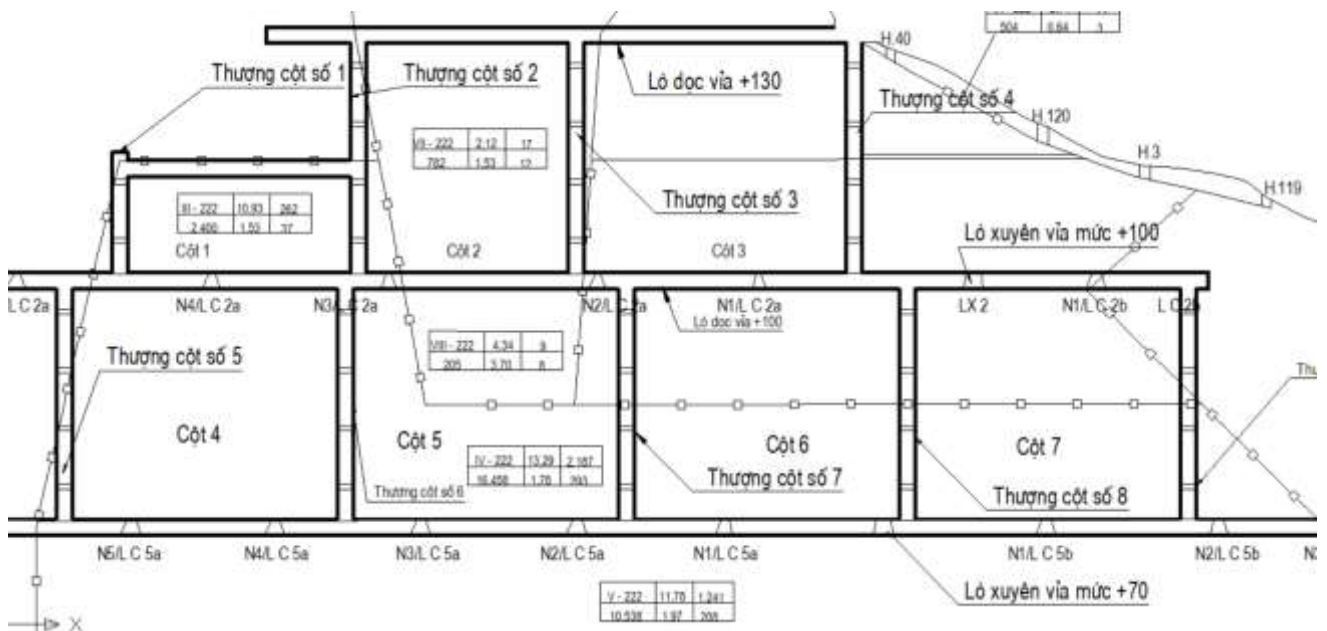
Mức thông gió: từ mặt bằng cửa lò mức +130 m đào lò dọc vỉa thông gió để khai thông mức thông gió cho các thân quặng chính và thân quặng phụ. Đoạn cửa lò với chiều dài 10 m đào theo tiết diện hình thang, chống thép SVP-17, diện tích đào 6,6 m<sup>2</sup>, diện tích chống 5,5 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 5,2 m<sup>2</sup>; trong đó 5 m đầu chống với tiến độ 0,4 m/vì, 5 m sau chống với tiến độ 0,8 m/vì. Từ mét thứ 11 đến hết chiều dài lò được đào theo tiết diện hình thang, diện tích đào 7,1 m<sup>2</sup>, diện tích chống 4,6 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 4,0 m<sup>2</sup>, chống gỗ đường kính 160÷200 mm, bước chống 0,8 m/vì, chèn lò và đánh khuôn tăng cường bằng gỗ.

### 3.2. Thiết lập hệ thống khai thác

Như đã phân tích ở mục 1, với công suất khoảng 7.500 tấn/năm và trữ lượng mỏ 55.000 tấn quặng nguyên khối, khả năng áp dụng các HTKT kết hợp chèn lò, phá nổ phân tầng, buồng thượng sẽ có nhiều nhược điểm về vốn đầu tư, thời gian ra quặng lâu, chi phí sản xuất lớn hơn,... so với HTKT lưu quặng, do đó HTKT tối ưu có thể lựa chọn cho mỏ Làng Vài là HTKT lưu quặng. Chi tiết HTKT xem Hình 5.

Thân quặng có chiều dày trung bình khoảng 1,5 m, trữ lượng không lớn, khoảng 55.000 tấn quặng nguyên khai không thể đầu tư thiết bị khai thác cơ giới để khai thác quy mô lớn. Thiết bị phục vụ thi công sử dụng chủ yếu là khoan cầm tay YO-28 hoặc YO-35 với chiều sâu khoan trong loại đá f=6÷8 khoảng 1,6 m, do đó, để đảm bảo thời gian ra quặng nhanh, giảm chi phí bảo dưỡng các đường lò sản xuất, chia khu vực thành hai tầng mỗi tầng có chiều cao là 30÷50 m.

Để chuẩn bị khai thác từ vị trí lò xuyên vỉa mức vận tải và thông gió gặp thân quặng tiến hành đào lò dọc vỉa vận tải và thông gió đến giới hạn khai thác của khu vực, từ biên giới khai trường tiến hành đào lò thượng cột nổi thông hai mức vận tải và thông gió. Mỗi tầng có chiều cao thẳng đứng là 40 m.



Hình 6. Sơ đồ chuẩn bị hệ thống khai thác được lựa chọn.

Tại các khu khai thác ruồng mỏ được chia thành các cột với chiều dài theo phương mỗi cột là 25÷35 m, các lò thượng cột đào với tiết diện hình thang, diện tích đào 6,6 m<sup>2</sup>, diện tích sử dụng 5,2 m<sup>2</sup>. Lò cắt được đào theo tiết diện hình chữ nhật, diện tích đào 4 m<sup>2</sup>. Các phễu tháo quặng sẽ được đào cách nhau 6 m, chiều cao của phễu là 4 m, chống bằng gỗ hoặc thép chữ I, diện tích sử dụng 4 m<sup>2</sup>, dài 2 m sau đó mở rộng 2 m còn lại để hình thành phễu. Xuất phát từ các đường lò dọc vỉa phân tầng cách biên giới khai thác 30÷35 m, mở lò thượng nối vận tải và lò thông gió, lò thượng cột đào theo độ dốc của quặng. Sau khi đào xong thì tiến hành xếp cũi lợn hoặc làm cửa chắn cho các lò tháo quặng và bắt đầu triển khai công tác khấu thường kỳ. Mỗi luồng khấu một đoạn lò chợ dài 5 m. Quá trình khấu lưu ý đến tiến độ chuẩn bị các cột tiếp theo. Sau khi khai thác xong 1 cột, tiến hành công tác khai thác cột tiếp theo và tháo, thu hồi phần quặng lưu tại cột đó khai khai thác trước đó (Hình 6).

Mặt khác, do đất đá xung quanh chủ yếu là thạch anh + pirite khá ổn định, bền vững nên có thể sử dụng các cũi lợn vừa làm tấm ngăn cách vừa làm vật liệu chống tăng cường cho không gian khai thác. Quặng trong khối được khai thác theo lớp từ dưới lên và được lưu lại để chống giữ tạm thời khoảng không gian đã khai thác và làm sàn cho công nhân làm việc. Để đảm bảo khoảng không gian tự do từ gương khai thác tới bề mặt lưu quặng đủ để cho công nhân làm việc, sau mỗi đợt nổ cần tiến hành tháo sơ bộ khoảng 25÷30% khối lượng quặng được phá nổ trong một đợt. Sau khi phá nổ toàn bộ quặng trong khối, sẽ tiến hành tháo quặng toàn phần (Đỗ Mạnh Phong, 2001).

#### 4. Xác định sản lượng mỏ

\* Sản lượng khai thác một chu kỳ:

$$A_{ck} = L_c \times m_k \times r \times \gamma, T \quad (1)$$

Trong đó:  $L_c$  - chiều dài trung bình của lò chợ, m;  $r$  - tiến độ 1 luồng khấu, m;  $m_k$  - chiều cao khấu, m;  $\gamma$  - dung trọng của quặng, T/m<sup>3</sup>.

\* Sản lượng khai thác một ngày đêm:

$$A_{ng} = k_{ck} \times \frac{A_{ck}}{n_{ck}} \times n_{ca}, T \quad (2)$$

Trong đó:  $k_{ck}$  - hệ số hoàn thành chu kỳ;  $n_{ck}$  - số ca hoàn thành chu kỳ, ca;  $n_{ca}$  - số ca khai thác một ngày đêm, ca.

\* Sản lượng khai thác một tháng:

$$A_{th} = A_{ng} \times n_t, T \quad (3)$$

Trong đó:  $n_t$  - số ngày làm việc trong tháng, ngày.

\* Công suất năm của lò chợ:

$$A_n = A_{th} \times n_{th}, T \quad (4)$$

Trong đó:  $n_{th}$  - số tháng làm việc trong năm,  $n_{th} = 12$  tháng.

\* Sản lượng từ đào lò chuẩn bị:

$$A_{cb} = \sum (v_{cb} \times L_{cb} \times S_{cb} \times k_{cb} \times k_{lt} \times n_{th}), T \quad (5)$$

Trong đó:  $v_{cb}$  - tốc độ đào lò trung bình 1 tháng, m/tháng;  $L_{cb}$  - chiều dài đường lò, m;  $S_{cb}$  - diện tích đào lò, m<sup>2</sup>;  $k_{cb}$  - hệ số thu hồi quặng đào lò,  $k_{cb} = 0,8$ ;  $k_{lt}$  - hệ số làm việc liên tục,  $k_{lt} = 0,4$ .

\* Công suất mỏ:

$$A_m = A_n + A_{cb}, T \quad (6)$$

\* Năng suất lao động của công nhân lò chợ:

$$NSLD = \frac{A_{ng}}{N_{cn}}, T/\text{công nhân} \quad (7)$$

Trong đó:  $N_{cn}$  - số công nhân bố trí làm việc trong lò chợ một ngày đêm, người.

\* Chi phí thuốc nổ cho 1000 T quặng khai thác:

$$C_t = \frac{Q_{tn}}{A_{ck}} \times 1000, \text{kg} \quad (8)$$

Trong đó:  $Q_{tn}$  - lượng thuốc nổ cho một chu kỳ khai thác, kg;  $A_{ck}$  - sản lượng quặng khai thác một chu kỳ, tấn.

\* Chi phí kíp nổ cho 1.000 tấn quặng khai thác:

$$C_k = \frac{Q_k}{A_{ck}} \times 1.000, \text{kg} \quad (9)$$

Trong đó:  $Q_k$  - số kíp nổ cho một chu kỳ khai thác, cái.

\* Chi phí mét lò chuẩn bị cho 1.000 tấn quặng:

$$C_{cb} = \frac{\sum L_{cb} - L_0}{A_{kt}} \times 1.000, \text{kg} \quad (10)$$

Trong đó:  $\sum L_{cb}$  - tổng số mét lò chuẩn bị, m;  $L_0$  - số mét lò chuẩn bị tính vào xây dựng cơ bản, m;  $A_{kt}$  - Sản lượng khai thác 1 cột, m.

- Tổn thất quặng theo công nghệ:

Bảng 1. Bảng tổng hợp các chỉ tiêu kỹ thuật lò chợ mỏ Làng Vài.

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Số lượng
1	Chiều dày vỉa	m	1,50
2	Trọng lượng thể tích của quặng	T/ m <sup>3</sup>	2,70
3	Chiều dài lò chợ trung bình	m	30
4	Tiến độ khấu gương 1 chu kỳ	m	1
5	Hệ số thu hồi quặng	-	0,90
6	Sản lượng quặng khai thác một chu kỳ	T	109
7	Số ca hoàn thành một chu kỳ	Ca	5
8	Số ca làm việc một ngày đêm	Ca	1
9	Hệ số hoàn thành chu kỳ	-	0,85
10	Sản lượng khai thác lò chợ ngày đêm	T	19
11	Số ngày làm việc trong tháng	Ngày	25
12	Sản lượng khai thác tháng	T	475
13	Công suất lò chợ	T/năm	5.700
14	Số lò chợ hoạt động đồng thời	Lò	1
15	Sản lượng từ đào lò chuẩn bị	T/năm	1.996
16	Sản lượng chung của mỏ	T/năm	7.574
17	Số nhân lực lò chợ một ngày đêm	người	8
18	Năng suất lao động trực tiếp	T/công	2,4
19	Chi phí thuốc nổ cho 1000 T quặng khai thác	kg	495
20	Chi phí kíp nổ cho 1000 T quặng khai thác	cái	826
21	Chi phí một lò chuẩn bị	m/1000T	28,5
22	Tổn thất công nghệ	%	8,2

$$\eta = \left(1 - \frac{A_{kt}}{Z_{dc}}\right) \times 100, \% \quad (11)$$

Trong đó:  $Z_{dc}$  - trữ lượng địa chất của 1 cột, T.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của lò chợ khu vực khai thác được tổng hợp trong Bảng 1.

## 5. Kết luận

Với những đặc trưng của mỏ antimon Làng Vài có quy mô nhỏ lẻ, trữ lượng thấp, không có khả năng tập trung cơ giới hóa sản xuất, đồng thời với yêu cầu giá thành khai thác rẻ, thời gian ra quặng nhanh thì sử dụng công nghệ khoan tay, kết hợp nổ mìn chọn lọc theo vỉa, HTKT lưu quặng, quá trình đào lò chuẩn bị đi trong thân quặng để bổ sung sản lượng là phù hợp với điều kiện của mỏ.

Chuẩn bị cho khu vực chia thành 8 block, với hai tầng khai thác, chiều cao mỗi tầng khoảng 40 m, chiều rộng mỗi cột khoảng 25÷30 m, khấu từng block từ biên giới trở về trung tâm là phù hợp với hình thể tự nhiên của thân quặng. Sản lượng mỗi chu kỳ đạt 109 tấn, công suất năm đạt 7.574 tấn, tổn thất công nghệ chỉ ở mức 8,2%; năng suất lao

động trực tiếp đạt 4,4 tấn/công... là những thông số kỹ thuật đạt hiệu quả với điều kiện tự nhiên và quy mô khai thác nhỏ lẻ của khu vực mỏ Làng Vài.

## Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn TS Nguyễn Tiến Dũng (Bộ môn Tìm kiếm thăm dò, Trường Đại học Mỏ địa chất) và công sự đã cung cấp tài liệu địa chất thăm dò để hoàn thành bài báo này.

## Đóng góp của tác giả

Nguyễn Phi Hùng: xây dựng ý tưởng và hệ thống; Bùi Mạnh Tùng: hoàn thiện hướng mở vỉa cho khu mỏ; Nguyễn Thị Như Hoa: biên soạn, dịch thuật tài liệu, bổ sung chỉnh sửa hoàn thiện bài báo.

## Tài liệu tham khảo

Lê Văn Chinh, (2015). *Phân tích đánh giá công nghệ khai thác quặng hàm 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, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Lê Tiến Dũng, Đào Văn Chi, (2018). *Tổng quan hệ thống khai thác quặng hầm lò trên thế giới và đánh giá hiện trạng áp dụng ở Việt Nam*. Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD2018), 35-40.
- Đỗ Mạnh Phong, (2001). *Giáo trình Khai thác quặng bằng phương pháp hầm lò*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 155 trang.
- Atlas Copco, (2017). *Underground mining method*.[www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com), 144 p.
- Brady, B. H. G & Brown, E. T rock mechanics for underground mining. London, Kluwer Academic Publisher, 2004.
- Bre-Anne Sainsbury, (2012). *A model for cave propagation and subsidence assessment in jointed rock masses*. The University of New South Wales in fulfilment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy.
- Jacopo Seccatore; Lorenzo Magny; Giorgio De Tomi, (2014). *Technical and operational aspects of tunnel rounds in artisanal underground mining*, Rev. Scielo Analytics, Esc. Minas vol.67 no.3 Ouro Preto July/Sept. P 303-310,2014, <https://doi.org/10.1590/S0370-44672014000300010>.
- K. J. Bansah, A.B. Yalley , N. Dumakor-Dupey, (2016). *The hazardous nature of small scale underground mining in Ghana*, journal of sustainable mining, Journal of Sustainable Mining Vol 15, 8 -25.