

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP TẬN THU NĂNG LƯỢNG THÔNG QUA GIÀN CHỐNG THỦY LỰC TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ Ở VIỆT NAM

RESEARCH TO PROPOSAL SOLUTIONS FOR ENERGY RECOVERY THROUGH
HYDRAULIC SUPPORT SYSTEMS IN UNDERGROUND COAL MINING IN
VIETNAM

Đình Văn Chiến, Nguyễn Khắc Linh, Đặng Vũ Đình
Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong chu kỳ làm việc của lò chợ, dưới áp lực mỏ làm cho xà nóc của giàn chống hạ thấp theo thời gian. Khi đó, dung dịch nhũ tương áp suất cao trong cột chống sẽ được tháo ra một phần chảy về đường dầu hồi qua van an toàn làm giảm tải cho thiết bị chống. Mỗi chu kỳ làm việc cột chống bị co ngắn trung bình khoảng 40÷80 mm, tương ứng với lượng dung dịch nhũ tương áp suất cao đẩy ra ngoài. Đây là lượng dung dịch không lớn, tuy nhiên với việc sử dụng 80 đến 150 giàn chống trong một lò chợ thì lượng dung dịch nhũ tương áp suất cao bị đẩy ra khỏi cột chống của toàn lò chợ trong một chu kỳ là đáng kể. Hiện nay, lượng dung dịch nhũ tương áp suất cao được xả trực tiếp vào đường dầu hồi gây lãng phí năng lượng. Do đó, nghiên cứu này thực hiện các công việc nhằm đưa ra giải pháp tận thu hiệu quả lượng dung dịch áp suất cao bỏ phí từ cột chống khi giàn chống làm việc trong lò chợ mà vẫn đảm bảo an toàn cho người lao động, các thiết bị và linh kiện của hệ thống.

Từ khóa: Giàn chống; Khai thác hầm lò; Sập lở; Năng lượng.

ABSTRACT

During the longwall working cycle, the roof beam of the support hydraulic system gradually lowers over time due to under mine pressure. As a result, the high-pressure emulsion solution in the prop column is partially drained and flows into the oil return line through the safety valve. This reduces the load on the prop device. With each working cycle, the hydraulic cylinder shrinks by an average of 40 to 80 mm, corresponding to the amount of high-pressure emulsion solution pushed out. While the amount of this solution may seem small, when considering the use of 80 to 150 hydraulic supports in a longwall, the total amount of high-pressure emulsion solution pushed out in one cycle is significant. Currently, this solution is discharged directly into the return oil line, resulting in wasted energy. Therefore, the purpose of this study is to propose a solution for effectively recovering the wasted high-pressure solution from the hydraulic cylinder during the longwall support system's operation, while also ensuring the safety of workers and equipment systems.

Keywords: Hydraulic support; Underground mining; Collapse; Energy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

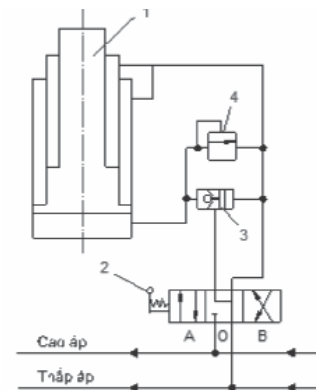
Trong tương lai, nguồn năng lượng ngày một cạn kiệt, đi kèm với việc tiêu thụ năng lượng sẽ gây ô nhiễm môi trường. Vì vậy, việc nghiên cứu giải pháp để tiết kiệm năng lượng đảm bảo an toàn trong quá trình khai thác than là hướng đi đúng đắn, bền vững và hợp lý của ngành than. Xu hướng khai thác than trong thời gian hiện nay và tương lai đa phần áp dụng công nghệ khai thác than hầm lò [1, 2, 3]. Quá trình khai thác cơ bản gồm chống giữ, khâu than và vận tải. Trong đó, việc chống đỡ lò nhằm đảm bảo khoảng không gian làm việc an toàn cho người và thiết bị. Theo tiến độ tiến gương lò chợ, diện lộ trần sẽ được chống giữ kịp thời theo chu kỳ khâu và phải đảm bảo hai nhiệm vụ chính:

- Chống giữ và điều khiển áp lực đá vách;
- Phục vụ việc phá hóa và che chắn đất đá phá hóa không rơi vào khu vực làm việc.

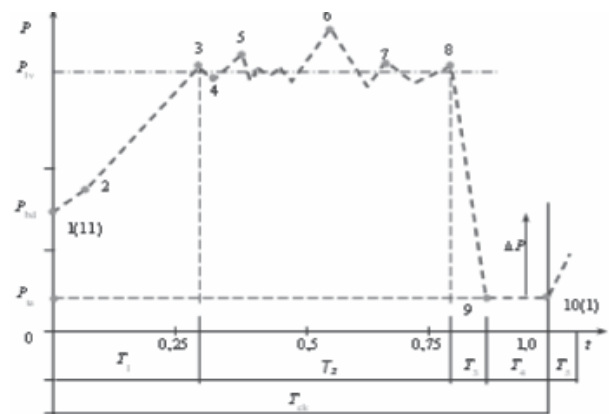
Đây là công việc rất vất vả, chiếm số lượng lao động lớn (có thể chiếm tới 60% khối lượng công việc nếu sử dụng cột chống đơn). Việc chống đỡ lò có thể thực hiện bằng cách sử dụng cột chống kết hợp với các xà nóc bằng kim loại, giá đỡ như: giá chống và giàn chống thủy lực tự di chuyển. Trong đó, ở các mỏ than hầm lò ở Việt Nam và trên thế giới hiện nay đang dần tiến tới áp dụng giàn chống cơ giới hóa tự di chuyển.

Dưới sự hoạt động của lớp đất đá vách, giàn chống thủy lực cơ giới hóa có cơ chế làm việc như sau [3, 4, 5]: Trong Hình 1, chất lỏng cao áp được cung cấp từ trạm bơm đến các thiết bị tiêu thụ nhờ các ống dẫn và được điều khiển bằng van thủy lực 2 (van 4/3). Để tạo lực chống, ban đầu gạt tay điều khiển của van sang vị trí A.

Chất lỏng thủy lực đi qua van một chiều 3 và đi vào khoang dưới của cột chống 1, nâng xà nóc của giàn chống áp vào đá vách tạo lực chống ban đầu, khi áp suất chống đạt giá trị P_{bd} (áp suất chống ban đầu) gạt van về vị trí cũ (vị trí O). Sau một thời gian chống (T_1), dưới sự sụp đổ của đá vách, áp suất trong cột tăng dần đến điểm P_3 (Hình 2). Lúc này, áp suất trong cột đã vượt ngưỡng cho phép của van an toàn và bắt đầu xả bớt chất lỏng về đường thấp áp làm cho áp suất trong cột giảm xuống đến P_4 . Chu kỳ này diễn ra liên tục đến hết thời gian làm việc T_2 , sau đó gạt van 4/3 sang vị trí B hạ cột để tiến hành di chuyển giàn chống với thời gian xả là T_3 . Tiếp theo di chuyển giàn chống về phía gương lò và kết thúc chu kỳ làm việc của giàn.



Hình 1. Sơ đồ thủy lực của cột chống [2, 3]



Hình 2. Chu kỳ làm việc của cột chống thủy lực trong lò chợ [2, 3]

Trong hình 2: T_{ck} - Thời gian hoàn thành một chu kỳ chống; T_1 - Thời gian áp lực chống ban đầu tăng đến giá trị làm việc của van an toàn; T_2 - Thời gian van an toàn 4 làm việc; T_3 - Thời gian thu cột chống; T_4 - Thời gian di chuyển giàn; T_5 - Thời gian tạo lực chống ban đầu.

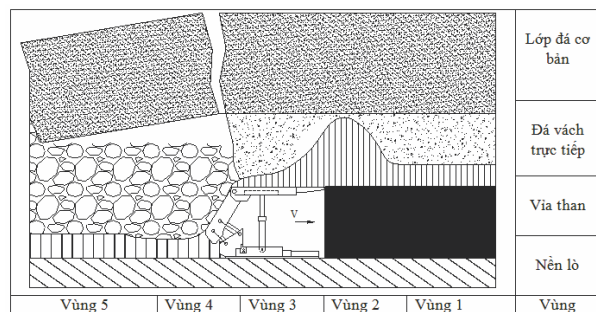
Qua đó, ta thấy rằng có một lượng chất lỏng áp suất cao nhất định trong thời gian T_2 đã chảy về đường thấp áp, điều này sẽ gây ra sự lãng phí nếu chúng ta không có giải pháp thu hồi hoặc tận dụng được nguồn năng lượng này. Vì vậy, việc nghiên cứu tính toán thu hồi áp suất cao của cột chống trong quá trình làm việc được xem là cần thiết.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Nghiên cứu sự hình thành năng lượng của quá trình khai thác than trong lò chợ

Để khai thác một tấn than trong điều kiện khai thác than hầm lò của bể than vùng Quảng Ninh, trung bình có tới $6 \div 11$ tấn đất đá bị sụp đổ. Như vậy, hàng năm có tới $200 \div 500$ triệu tấn đất đá bị dịch chuyển (sụp đổ) ở các lò chợ tại vùng mỏ Quảng Ninh. Trong quá trình dịch chuyển của đá vách như vậy, đã tạo ra một lượng lớn năng lượng được giải phóng.

Để làm rõ quá trình này, tiến hành khảo sát diễn biến áp lực mỏ trên phạm vi khai thác, quá trình này được thể hiện qua sơ đồ sau (Hình 3):



Hình 3. Sơ đồ tương tác của giàn chống và vách

Trong đó:

- Vùng 1 là vùng áp lực tĩnh trong khối than (vùng áp lực nguyên sinh).
- Vùng 2 là vùng áp lực tựa trước gương khai thác. Độ dày của tầng càng lớn thì vùng 2 càng rộng;
- Vùng 3 là vùng áp lực tựa của đá vách lên giàn chống, ở đây các thông số chính về trạng thái của nó có thể được xác định bằng cách đo trực tiếp áp suất trên cột chống.
- Vùng 4 là vùng không gian đã khai thác, xảy ra hiện tượng sụp đổ trực tiếp phía sau khi dịch chuyển giàn chống theo lò chợ.
- Vùng 5 là một phần của không gian khai thác, vùng này có áp lực được thiết lập lại ở trạng thái cân bằng.

Do sự đứt gãy của đất đá vách trong quá trình khai thác lò chợ, một lượng thế năng W nhất định được giải phóng, giá trị của nó khác nhau dựa trên sự sập lở của đất đá tại vùng khai thác.

Trong trường hợp tổng quát, cân bằng năng lượng cho khu vực đang khai thác của lò chợ có thể được biểu diễn dưới dạng phương trình năng lượng như sau [2]:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \quad (1)$$

Trong đó: W_1 là biến thiên thế năng ở vùng 1, đây là vùng cân bằng, trạng thái ứng suất trên đất đá là không đổi, sự biến thiên năng lượng này nhỏ, do đó có thể bỏ qua khi tính toán; W_2 là năng lượng sinh ra tại vùng 2 gây nên các biến dạng trước gương khai thác; W_3 là thế năng của khối đất đá trên vách tác dụng lên giàn chống; W_4 là năng lượng tiêu hao cho quá trình rời rạc hóa và sụp đổ của vách; W_5 là năng lượng dành cho việc nén các đá bị sụp đổ ở vùng đã khai thác để tiến tới thiết lập trạng thái cân bằng mới, ở vùng 5 cũng như vùng 1 biến thiên năng lượng này tương đối nhỏ nên có thể bỏ qua.

Vùng 1 và vùng 5 do áp lực đất đá được xem là ổn định, do đó không có sự chuyển dịch về năng lượng hoặc nếu có thì tương đối nhỏ, nghĩa là $W_1 \approx 0$ và $W_5 \approx 0$. Vì thế, năng lượng dành cho sập lở đá vách được tính như sau [2]:

$$W_4 = W - W_2 - W_3 \quad (2)$$

Nếu thời gian của chu kỳ khai thác $t \rightarrow \infty$ thì tổng thể năng do khối đất đá trên vách sinh ra trên vùng khai thác được xác định theo công thức sau [2]:

$$W = H \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \gamma \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

Trong đó: H - Độ dày của đá vách có thể dịch chuyển (sụp đổ) sau khai thác, m; L_1 - Chiều dài của lò chợ, m; L_2 - Chiều rộng của lò chợ, m; γ - Khối lượng riêng của đất đá trên vách, tấn/m³; g - Gia tốc trọng trường, m/s²; α - Là góc nghiêng vỉa, độ.

Vùng 2, 3 được quan tâm nhiều nhất trong các vùng đang được xem xét và chúng có quan hệ mật thiết với nhau, vì các thông số của nó có thể được xác định chính xác bằng áp suất của chất lỏng làm việc trong khoang piston của cột chống thủy lực. Do vậy, năng lượng sinh ra do sự hạ thấp của đá vách trên giàn chống có thể xác định theo công thức (4), [2]:

$$W_{gp} = W_2 + W_3 = p_0 \cdot n_c \cdot S_k \cdot \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot \frac{L_1}{L_2} \cdot t \cdot \frac{Q}{G} \cdot \eta_b \quad (4)$$

Trong đó: p_0 - Áp suất trong khoang piston của cột chống thủy lực, MPa; n_c - Số lượng cột chống trong lò chợ; S_k - Bước di chuyển của lò chợ, m/chu kỳ; D_p - Đường kính khoang piston của cột chống thủy lực, m; L_1 - Chiều dài của lò chợ, m; L_2 - Chiều rộng của lò chợ, m; t - Thời gian làm việc của giàn chống thủy lực trong một chu kỳ, h; Q - Năng suất của lò chợ, tấn/h; G - Khối lượng than được khai

thác trong một chu kỳ khấu, tấn; η_b - Hiệu suất của sự chuyển đổi năng lượng, $\eta_b = 0,99$.

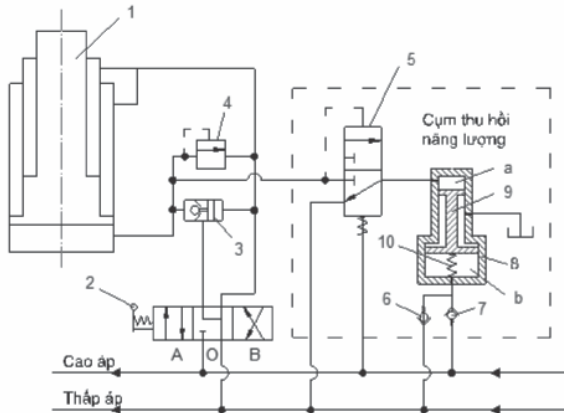
Từ công thức (4), chứng tỏ rằng có thể thu được một năng lượng có giá trị là W_{gp} từ sự chuyển dịch của đất đá vách thông qua giàn chống thủy lực và tận thu nó để sử dụng làm nguồn năng lượng cung cấp cho bơm kiểu piston, kết quả là dung dịch nhũ tương thấp áp được tăng áp lên áp suất tương đương với áp suất bơm chính của hệ thống một cách hiệu quả.

2.2. Đề xuất giải pháp thu hồi dung dịch nhũ tương áp suất cao

Hệ thống thủy lực của giàn chống cải tiến (Hình 4) được bổ sung thêm van 5 (van 3/2), bơm 8, van một chiều 6 và 7.

Việc điều khiển giàn chống được thực hiện tương tự như giàn chống thông thường. Tuy nhiên, giàn chống cải tiến khác biệt ở chỗ: trong quá trình làm việc của giàn chống thủy lực, khi áp suất trong khoang dưới piston cột chống đạt đến ngưỡng cho phép thì van số 5 làm việc (van an toàn 4 chỉ làm việc khi cụm thu hồi năng lượng gặp sự cố), từ đó dòng dung dịch nhũ tương cao áp được đẩy vào khoang a của bơm. Lúc này, dưới sự chênh lệch về lực trên piston 9 làm nó di chuyển xuống dưới, do đó áp suất trong khoang b tăng lên đạt đến giá trị đặt của bơm, lúc này van một chiều 7 mở ra và chất lỏng cao áp đi từ khoang b vào đường cao áp của hệ thống. Khi áp suất trong cột giảm xuống dưới ngưỡng an toàn thì van 5 được đẩy về vị trí ban đầu, đồng thời lò xo 10 đẩy xilanh 8 lên phía trên đẩy chất lỏng trong khoang a ra ngoài, đồng thời chất lỏng được rút vào khoang b tiếp tục chu kỳ làm việc mới.





Hình 4. Sơ đồ thủy lực bổ sung cụm thu hồi năng lượng

Thể tích dung dịch nhũ tương được thoát ra trong một chu kỳ làm việc của thiết bị chống được xác định theo công thức (5):

$$V_c = \frac{\pi D_c^2}{4} \cdot L_c \quad (5)$$

Trong đó: D_c - Đường kính piston cột chống thủy lực, mm; L_c - Hành trình hạ thấp của cột chống trong một chu kỳ, mm.

Lượng thể tích dung dịch nhũ tương được đi vào bơm được biểu diễn thông qua công thức sau:

$$V_c = V_a \quad (6)$$

Từ đó, hành trình dịch chuyển piston của bơm được xác định như sau:

$$L_a = \frac{D_c^2}{D_a^2} \cdot L_c \quad (7)$$

Với: V_a - Thể tích dung dịch nhũ tương đi vào khoang a của bơm, mm³; D_a - Đường kính piston của khoang a, mm; L_a - Hành trình dịch chuyển của piston trong khoang a, mm.

Để bơm làm việc được thì lực đẩy do chênh lệch áp suất giữa khoang a và b phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\Delta F = \frac{F_a - F_b}{\eta} \geq 0 \quad (8)$$

$$\text{Suy ra: } \Delta F = \frac{\frac{\pi D_a^2}{4} \cdot p_a - \frac{\pi D_b^2}{4} \cdot p_b}{\eta} \geq 0$$

$$\text{hay } \frac{p_a}{p_b} \geq \frac{D_b^2}{D_a^2} \quad (9)$$

Trong đó: p_a - Áp suất khoang a (MPa), áp suất này bằng với áp suất làm việc của cột chống $p_{lv} = 38,2$ MPa; p_b - Áp suất khoang b (MPa), áp suất này bằng với áp suất của trạm bơm $p_{tb} = 31,5$ MPa; D_b - Đường kính piston của khoang b, mm; η - Hệ số hiệu suất chuyển đổi năng lượng cơ khí, thủy lực.

Lượng thể tích dung dịch nhũ hóa bơm vào hệ thống được xác định theo công thức sau:

$$V_{th} = V_b = \frac{\pi D_b^2}{4} \cdot L_b \cdot n \cdot z \quad (10)$$

Thay (7) vào (10), ta được:

$$V_{th} = \frac{\pi D_b^2}{4} \cdot \frac{D_c^2}{D_a^2} \cdot L_c \cdot n \cdot z \quad (11)$$

Thay (9) vào (11), ta được:

$$V_{th} = \frac{\pi \cdot p_a}{4} \cdot \frac{D_c^2}{p_b} \cdot L_c \cdot n \cdot z \quad (12)$$

Với: L_b - Hành trình dịch chuyển của piston trong khoang b (mm), với $L_b = L_a$; n - Số giàn chống sử dụng trong lò chợ; z - Số cột chống trong một giàn chống.

3. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

- Thông thường, trong một lò chợ có khoảng 80 đến 120 giàn chống làm việc đồng thời, một giàn có từ 2 đến 4 cột chống và một cột có đường kính trong của thân xilanh là 200 đến 400 mm. Qua nghiên cứu với các loại giàn chống thì trung bình một chu kỳ chống, cột chống hạ thấp xuống 40 đến 80mm tùy thuộc vào điều kiện địa chất của nơi áp dụng. Kết quả cho thấy lượng chất lỏng áp suất cao mất đi trong một chu kỳ chống của lò chợ là rất lớn, gây lãng phí năng lượng nếu không được tận dụng.

- Việc cải tiến thiết bị chống được nghiên cứu để tăng khả năng thích ứng và nâng cao hiệu quả làm việc, nâng cao an toàn, tận thu năng lượng. Do vậy, việc thu hồi năng lượng thông qua hoạt động của giàn chống được xem là giải pháp độc đáo, có thể phát triển và sử dụng trong thực tế khai thác than hầm lò.

- Việc sử dụng dung dịch nhũ tương áp suất cao xả ra từ cột chống để làm nguồn năng lượng dẫn động, đây được xem là giải pháp thu được nhiều năng lượng, khác với việc đầu nối nó trực tiếp vào đường cao áp của hệ thống như được đề cập trong nghiên cứu [5].

Từ những nghiên cứu phân tích ở trên, ta có thể đưa ra các kết luận sau:

- Việc tính toán áp lực mỏ lên thiết bị chống là công việc rất phức tạp, tuy nhiên rất quan trọng trong việc tính toán thiết kế thiết bị chống cũng như tính khả thi của việc có nên áp dụng giải pháp thu hồi năng lượng.

- Đã đề xuất được sơ đồ hệ thống thủy lực tận thu năng lượng do sự dịch chuyển của đá vách trong quá trình chống, từ đó nâng cao

hiệu quả của quá trình khai thác, thu hồi năng lượng xả thải thành năng lượng có ích.

- Sơ đồ hệ thống thủy lực được đề xuất sử dụng dung dịch nhũ tương áp suất cao xả ra từ cột chống để làm nguồn động lực cho bơm được xem là giải pháp hiệu quả, thêm sự lựa chọn cùng với việc đầu nối nó trực tiếp vào đường cao áp, từ đó giúp đa dạng hơn trong nghiên cứu.❖

Ngày nhận bài: **15/7/2024**

Ngày phản biện: **26/8/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Thanh, Vũ Đình Tiến; “*Giáo trình Công nghệ khai thác than hầm lò*”, NXB. Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2005.
- [2]. Широков А.П., Лидер В.А., and Петров А.И., “*Крепление сопряжений лав*”, М. Недра, 1987.
- [3]. Топчиев А.В. and Ведерников В.И., “*Горные машины - справочник*”, М.: ГНТИЗд литературы по горному делу, 1960.
- [4]. Lê Tiến Dũng; “*Cơ chế sụt lở gương than trong các lò chợ chống giàn cơ khí hóa vùng than Quảng Ninh*”. Tại Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020), 2020. Hà Nội: NXB. Giao thông Vận tải.
- [5]. Nguyễn Khắc Lĩnh, Nguyễn Văn Xô, Lê Thị Hồng Thắng; “*Nghiên cứu tính toán thu hồi áp suất cao của cột chống trong quá trình làm việc*”. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học trái đất, mỏ, môi trường bền vững lần thứ III (EME 2020), tr. 280-285.