

Thực trạng và hướng hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại Công ty than Nam Mẫu - TKV

Lê Quang Phục^{1,2}, Nguyễn Hồng Cường^{1,2,*}, Đào Văn Chi^{1,2}

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)

TÓM TẮT

Theo định hướng của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, mỏ than hầm lò Nam Mẫu hiện nay đang thực hiện những bước thay đổi mạnh mẽ về mức sâu khai thác, phương pháp và trang thiết bị sử dụng. Những thay đổi này có tác động đáng kể đến việc thiết kế hệ thống thông gió của mỏ. Mặc dù những giải pháp kỹ thuật đã được triển khai ở một mức độ nào đó, ở một số khu vực của mỏ, yêu cầu thông gió vẫn cần được cải thiện hơn nữa để mang lại môi trường làm việc tốt với chi phí hợp lý. Hiện tại, với sự phức tạp của sơ đồ đường lò, việc tận dụng các đường lò cũ cho quy hoạch khai thác xuống sâu, cũng như sự chông chéo về kế hoạch huy động các vỉa vào khai thác đã gây lên những trở ngại cho công tác thông gió và làm mát khí mỏ. Một số lò chợ phải thực hiện thông gió nối tiếp (nối tiếp hai lò chợ) dẫn đến tình trạng lưu lượng gió cung cấp không đủ để làm mát môi trường làm việc của công nhân. Tại nhiều khu vực, nhiệt độ đo được vượt quá 30°C, đây là điều kiện làm việc không tốt cho công nhân, làm giảm hiệu quả lao động. Do đó, bài viết này trình bày thực trạng sơ đồ thông gió và giải pháp làm mát khí mỏ tại mỏ than Nam Mẫu. Với thực trạng sản xuất của mỏ, giải pháp xen mở rộng các đường lò cũ để tăng cường khả năng thoát gió thải, đồng thời tăng khả năng lưu thông gió qua các lò chợ là giải pháp tin cậy hiện nay. Ngoài ra, sơ đồ thông gió nối tiếp giữa các lò chợ cần được điều chỉnh theo hướng đào bổ sung các đường lò mới để tách riêng luồng gió sạch vào các lò chợ, điển hình như lò chợ LC I-81, LC I-8-2, LC I-9-24b và LC III-9-III (đào mới lò song song chân LC I-8-1, lò thượng TGVV V8 trong đá mức -50/+15, lò thượng nối TGVV LC III-9-3). Kết quả nghiên cứu này sẽ là tài liệu tham khảo tin cậy để xây dựng chiến lược thông gió và phương pháp làm mát khí mỏ trong bối cảnh tăng sản lượng mỏ và phát triển xuống sâu hơn của mỏ than Nam Mẫu và các mỏ than hầm lò hiện nay.

Từ khóa: Khai thác hầm lò; Thông gió mỏ; Làm mát khí mỏ

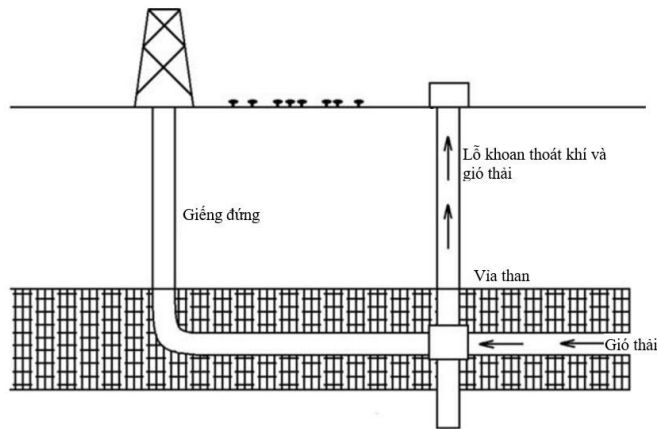
1. Đặt vấn đề

Thông gió cho các mỏ hầm lò nói chung và mỏ than nói riêng là nhiệm vụ không thể thiếu trong chuỗi công việc cần thực hiện của hoạt động sản xuất ở các doanh nghiệp khai thác mỏ. Nhiệm vụ tiên quyết của công việc này là cung cấp khí sạch tới tất cả các vị trí của các công trình trong mỏ hầm lò nhằm cung cấp oxygen, pha loãng khí độc hại và loại bỏ bụi nổ, cũng như để giảm nhiệt độ và tạo môi trường thông thoáng cho người lao động. Vì vậy, công tác thông gió cho mỏ hầm lò là yêu cầu bắt buộc phải thực hiện để đảm bảo sản xuất an toàn, hiệu quả và bảo vệ sức khỏe người lao động tại mỗi doanh nghiệp khai thác mỏ.

Hiện tại mỏ than Nam Mẫu đang thực hiện thông gió cho mỏ hầm lò bằng phương pháp thông gió hút. Hai trạm quạt gió chính tại mức +210m và +279m đang được sử dụng đồng thời và liên hợp trong toàn bộ hệ thống thông gió của mỏ. Theo đánh giá, các quạt gió loại 2K56 - N°18 và FBDCZ - 10 - N°3.5 đang được sử dụng vẫn đảm bảo đáp ứng yêu cầu thông gió chung cho toàn mỏ trong giai đoạn hiện tại. Tuy nhiên, mỏ đang khai thác tới mức -50m, và theo kế hoạch sản lượng giao khai thác hiện nay của công ty là 2,1 triệu tấn than/năm sẽ tạo ra một áp lực không nhỏ cho hệ thống thông gió hiện tại. Với thực tế công nghệ khai thác hiện nay, phương pháp khoan nổ mìn vẫn là giải pháp duy nhất được công ty áp dụng để khai thác than trong lò chợ. Giá khung, giá xích là các vì chống chủ đạo được công ty sử dụng để chống giữ trong các lò chợ. Với công nghệ hiện tại, việc tăng sản lượng cho các lò chợ là không khả thi. Trong bối cảnh đó, tăng sản lượng của mỏ đồng nghĩa với việc phải mở bổ sung các diện khai thác mới. Theo nghiên cứu của Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường thuộc Trường Đại học Mỏ-Địa chất (Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường, 2023), khi giải pháp này được thực hiện, khối lượng đường lò đào

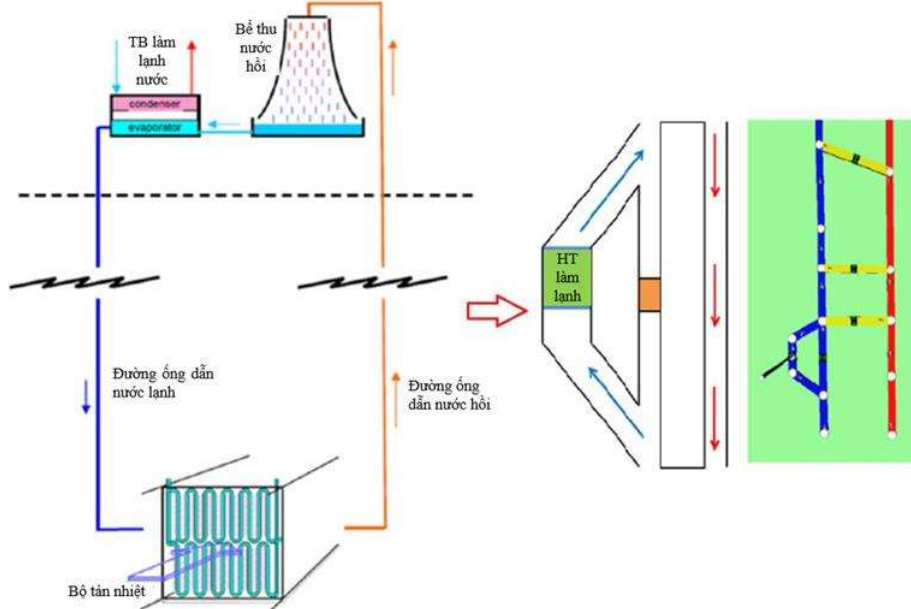
* Tác giả liên hệ

Email: nguyenhongcuong@humg.edu.vn



Hình 2. Sơ đồ thoát gió và khí thải bằng lỗ khoan (Thakur, Pramod, 2018)

Đối với thiết bị làm mát khí mỏ, giải pháp này đã được nhiều nơi áp dụng theo các phương thức khác nhau. Điển hình như công nghệ làm mát khí mỏ bằng khí nén được làm lạnh ở trên mặt bằng và dẫn trong đường ống xuống độ sâu 2400m tại mỏ Morro Velho ở Brazil (McPherson, 2012), hay sử dụng nước làm mát dẫn theo đường ống xuống bộ tản nhiệt ở dưới đường lò sâu 542m tại bể than Bowen, Australia (Belle và Biffi, 2010) (hình 3). Để rút ngắn khoảng cách di chuyển của nước lạnh (hay khí lạnh), một hệ thống thiết bị làm lạnh đặt dưới đường lò cũng đã được nghiên cứu (Ramsden, 2007). Tuy nhiên, một nhược điểm của các hệ thống này là sự tiêu thụ năng lượng lớn để vận hành hệ thống. Do đó, ý tưởng làm mát cục bộ là sử dụng ống xoáy hay máy làm lạnh cỡ nhỏ cho một khu vực đường lò (Ameen, 2006; Jinggang, 2009).



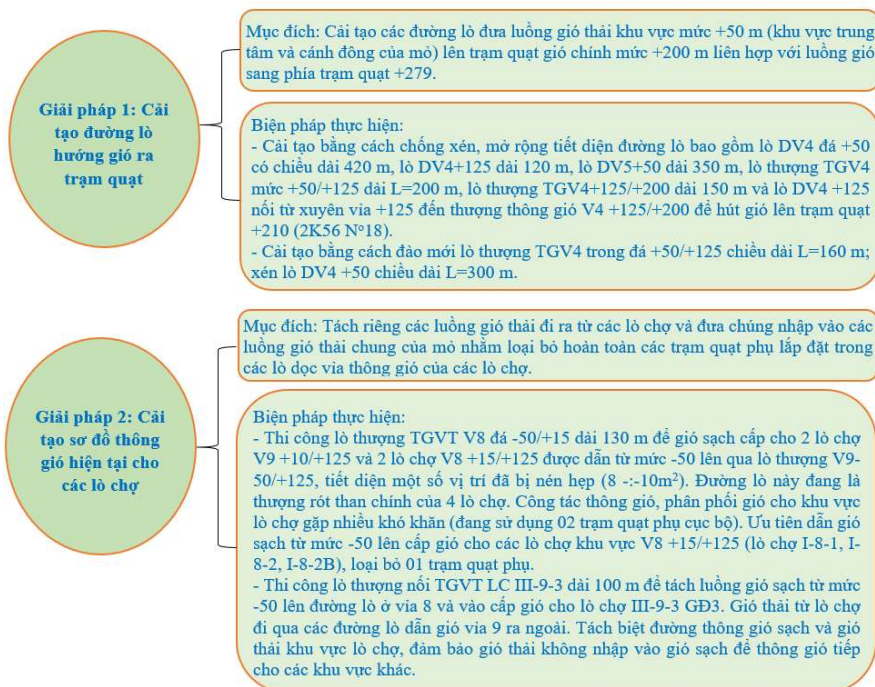
Hình 3. Sơ đồ làm mát khí mỏ bằng hệ thống nước lạnh (O'Connor, 2013)

Tại Việt Nam, giải pháp sử dụng thiết bị làm lạnh cho các khu vực đường lò cục bộ cũng đã được nghiên cứu. Điển hình như nghiên cứu áp dụng thiết bị MK để làm mát không khí cho lò chợ cơ giới hóa 11-1.15 tại mỏ than Hà Lâm (Đào Văn Chi, 2017), hay tác giả Quan Truong Tien đã phân tích sự thay đổi nhiệt độ không khí trong lò chợ và đã đề xuất giải pháp sử dụng thiết bị điều hòa không khí mỏ để giảm nhiệt cho lò chợ CGH 11.1.14 mỏ than Hà Lâm (Quan Truong Tien, 2019). Tuy nhiên, thực tế với môi trường không khí trong hầm lò có độ ẩm cao đã ảnh hưởng đến chất lượng và tuổi thọ của các thiết bị. Do đó, cho đến nay các thiết bị này vẫn chưa được áp dụng phổ biến tại các mỏ.

3. Kết quả và thảo luận

Căn cứ vào tình hình khai thác hiện tại và xem xét đến các hạn chế trong sơ đồ thông gió, làm mát khí mỏ của công ty than Nam Mẫu. Căn cứ vào các giải pháp đã được phân tích ở trên có thể thấy rằng tại thời

điểm hiện tại rất khó để tìm kiếm giải pháp tối ưu. Tuy nhiên, một số giải pháp có thể khả thi với các diện khai thác được huy động trong giai đoạn tăng sản lượng khai thác hiện nay tại mỏ than Nam Mẫu được trình bày trong hình 4.



Hình 4. Giải pháp đề xuất hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại thời điểm hiện tại cho mỏ than Nam Mẫu

Hai giải pháp nêu trên đều nhằm mục đích tạo ra các luồng dẫn gió thải thông thoáng, tăng tốc độ gió đi qua các vị trí làm việc của người lao động. Tuy nhiên, với giải pháp 1, công ty sẽ phải thực hiện chống xén một khối lượng đường lò rất lớn, khoảng 1.240m. Thực tế, việc chống xén đường lò hiện nay gặp rất nhiều rủi ro vì khối đá xung quanh chúng đã bị dịch chuyển, vò nhàu, và nguy cơ xảy ra sự cố tụt lở đá ảnh hưởng đến an toàn lao động. Ngoài ra, chi phí mét lò chống xén được đánh giá ở mức trên 50% của mét lò đào mới (tùy theo loại đường lò). Do đó, giải pháp 1 có khả thi để thực hiện nhưng cần xem xét sâu hơn về mặt kinh tế và hiệu quả sử dụng của các đường lò trong thời gian trước mắt và lâu dài.

Đối với giải pháp 2, vấn đề ưu tiên là bổ sung đường lò mới để dẫn gió thải nhằm loại bỏ việc thông gió nối tiếp giữa các lò chợ. Với sơ đồ đường lò và thông gió tại mỏ, giải pháp đưa ra là đào mới lò thượng TGV8 V8 -50/+15 dài 130m, lò thượng nối TGV LC III-9-3 dài 100 m, và các lò nối để làm lối dẫn gió thải từ các lò chợ LC I-9-24B, LC I-7-10 ra luồng gió thải chung (ngăn không cho gió thải đi qua các lò chợ tiếp theo). Theo phương án này, khối lượng đường lò đào mới khoảng 230m nên xem xét về mặt chi phí là có lợi hơn so với giải pháp 1. Ngoài ra, phương án này hạn chế được khối lượng đường lò phải chống xén, loại bỏ được các quạt thông gió phụ trên các đường lò. Do đó, giải pháp này về cơ bản là tối ưu và có khả thi hơn trong việc định hướng hoàn thiện công tác thông gió, làm mát khí mỏ tại thời điểm hiện tại cho mỏ than Nam Mẫu. Cần lưu ý rằng, đây là giải pháp cấp thiết nhằm phục vụ giải quyết công tác thông gió và làm mát khí mỏ trong giai đoạn hiện nay của mỏ.

Với giải pháp được lựa chọn, thời gian qua công ty than Nam Mẫu đã thực hiện đào mới đường lò song song chân LC I-8-1 để phục vụ dẫn gió sạch độc lập từ lò thượng thông gió V8 mức -10/+125 T.IIA-T.V vào lò chợ LC I-8-1 (trước đây gió cho lò chợ LC I-8-1 được lấy từ lò chợ LC I-8-2 qua lò dọc vỉa vận tải LC I-8-2). Sau khi đường lò này được đào, gió cấp cho lò chợ LC I-8-1 tăng từ 7 m³/giờ lên 8,7 m³/giờ, tốc độ gió tăng từ 1,2 m/s lên 1,9 m/s (diện tích mặt cắt ngang lò chợ trung bình 4,5m²). Đặc biệt, gió cấp cho lò chợ LC I-8-1 là lấy từ luồng gió sạch (khác với trước đây là gió được lấy từ luồng gió đi ra từ lò chợ LC I-8-2).

Ngoài ra, công ty đã thực hiện đào mới đường lò thượng TGV8 V8 trong đá mức -50/+15 để nối thông giữa lò nối V8-V9 T.II-T.I xuống lò xuyên vỉa mức -50m nhằm mục đích mở bổ sung đường dẫn gió sạch mới vào lò chợ LC I-8-2. Khi đường lò được đào xong, gió sạch vào lò chợ LC I-8-2 tăng từ 7,0 m³/giờ lên 9,1 m³/giờ (phân tầng dưới), và từ 7,0 m³/giờ lên 13,3 m³/giờ (phân tầng trên). Đồng thời, khi giải pháp này được thực hiện, gió sạch vào lò chợ LC I-8-2 và LC I-9-24b được thực hiện theo các luồng riêng biệt (trước

đây hai lò chợ này đi chung một luồng gió). Lưu lượng gió qua lò chợ LC I-9-24b tăng từ 6,9 m³/giờ lên 13,9 m³/giờ, tốc độ gió tăng từ 1,2 m/s lên 2,4 m/s. Đồng thời, lò thượng nổi TGVTC LC III-9-3 cũng đã được thực hiện để tách gió sạch từ lò xuyên vỉa mức -50m lên đường lò vỉa V8 và lò chợ LC III-9-3. Sau khi đường lò được đào, gió bắn từ các đường lò vỉa V8 không còn lẫn vào luồng gió sạch cấp cho lò chợ LC III-9-3.

Như vậy, có thể nói rằng giải pháp cải tạo mạng gió thực hiện đã mang lại hiệu quả trong giai đoạn ngắn hạn hiện nay (khai thác đến mức sâu -50m). Trong tương lai, khi dự án xuống sâu đến mức -125m và sâu hơn nữa của mỏ được hoàn thiện, công tác thông gió và làm mát khí mỏ sẽ gặp nhiều khó khăn hơn do chiều dài đường lò lớn hơn, sức cản của mạng gió tăng và sự tăng nhiệt độ của khối đá mỏ. Do đó, công tác thông gió cần thiết phải được xem xét đến toàn bộ hệ thống, chiều dài và tình trạng của đường lò trong mỗi luồng gió. Bên cạnh đó, kế hoạch tăng sản lượng mỏ sẽ là yếu tố tiên quyết trong chiến lược phát triển mỏ nói chung và xây dựng kế hoạch thông gió, làm mát khí mỏ nói riêng của công ty.

4. Kết luận

Trên cơ sở thực trạng sản xuất tại mỏ than Nam Mẫu hiện nay, xem xét về khía cạnh thông gió và làm mát khí mỏ có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Về cơ bản, các trạm quạt gió chính hiện nay vẫn đảm bảo đáp ứng yêu cầu thông gió chung cho toàn bộ khu mỏ. Tuy nhiên, trong điều kiện đáp ứng sản lượng được giao, một số diện khai thác mới phải được bổ sung dẫn đến tình trạng thông gió nối tiếp tại một số khu vực lò chợ. Giải pháp lắp đặt quạt gió phụ (quạt cục bộ) trong các đường lò thông gió nhằm tăng tốc độ gió đi qua lò chợ chưa giải quyết triệt để được vấn đề làm mát khí mỏ. Nhiệt độ tại các nơi làm việc tăng đến 30°C, kết quả đo tại nhiều khu vực đã cho thấy nhiệt độ vượt quá ngưỡng đảm bảo môi trường làm việc thông thoáng, ảnh hưởng đến năng suất làm việc và sức khỏe của người lao động.

- Giải pháp cơ bản cho giai đoạn hiện nay là phải tách riêng các luồng gió thải đi ra từ các lò chợ và đưa chúng nhập vào các luồng gió thải chung của mỏ nhằm loại bỏ các trạm quạt phụ lắp đặt trong các lò dọc vỉa thông gió của các lò chợ. Trong giải pháp này, một số đường lò đã được công ty Nam Mẫu đào mới như đường lò song song chân LC I-8-1, lò thượng TGVTC V8 trong đá mức -50/+15, lò thượng nổi TGVTC LC III-9-3. Các đường lò này đã góp phần tách luồng gió sạch riêng biệt cho các lò chợ LC I-81, LC I-8-2, LC I-9-24b và LC III-9-III. Kết quả đo đạc cho thấy lưu lượng gió qua các lò chợ đã tăng lên từ 1,7-6,3 m³/giờ, tốc độ gió tăng 1,2-2,4 m/s, và đặc biệt là gió vào các lò chợ đều được dẫn từ luồng gió sạch nên đã góp phần cải thiện điều kiện của người lao động, nhiệt độ trong lò giảm từ 1-3°C.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mỏ-Địa chất (đề tài mã số T24-20).

Tài liệu tham khảo

Trung tâm Khoa học Công nghệ Mỏ & Môi trường, 2023. Báo cáo “*Kiểm định mạng gió, đánh giá hiệu quả thông gió, đề xuất các giải pháp cải tạo mạng gió năm 2023 ÷ 2025 và nghiên cứu đề xuất các phương án phun sương dập bụi trong khai thác, vận tải ở mỏ than Nam Mẫu*”.

Ameen, A, 2006. Refrigeration and air conditioning. *PHI Learning Pvt. Ltd.: New Delhi*.

Belle, B and Biffi, M, 2010. Cooling pathways for deep Australian longwall coal mines of the future. *Proceedings Mine Ventilation Conference 2010*, pp 94-104 (The Australian Institute of Mining and Metallurgy: Adelaide).

Đào Văn Chi, Lê Quang Phục, Nguyễn Sơn Tùng, 2017. Điều hòa khí hậu trong lò chợ cơ giới hóa 11-1.15 bằng thiết bị MK 300 mỏ than Hà Lâm. *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, kỳ 5, trang 89-94.

Jinggang, W, Xiaoxia, G and Shanlin, J, 2009. The application of vortex tube in deep mine cooling. *Proceedings International Conference on Energy and Environment Technology (ICEET) 2009*, pp 395-398.

Mcpherson, M J, 2012. Subsurface ventilation and environmental engineering. *Springer Science & Business Media: New Delhi*.

O'connor, T, Kizil, M and Belle, B, 2013. Required cooling system capacities for extended longwall panels at a Bowen Basin mine. *Proceedings The Australian Mine Ventilation Conference 2013*, pp 249-256.

Quan, Truong Tien, Łuczak, Rafał, Życzkowski, Piotr, 2019. Climatic hazard assessment in selected underground hard coal mines in Vietnam. *Inżynieria Mineralna*, 21.2/2, p 156-164.

Ramsden, R, Branch, A and Wilson, R, 2007. Factors influencing the choice of cooling and refrigeration systems for mines. *Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa*. V60, p 92-98.

Thakur, Pramod, 2018. Advanced mine ventilation: respirable coal dust, combustible gas and mine fire control. Woodhead Publishing, 530p.

ABSTRACT

Current status and direction for improving mine ventilation and air cooling at Nam Mau Coal Company - TKV

Le Quang Phuc^{1,2}, Nguyen Hong Cuong^{1,2,*}, Dao Van Chi^{1,2}

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

²*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

According to VINACOMIN's orientation, the Nam Mau coal mine is undergoing drastic changes in mining depth, methods, and equipment. These changes significantly impact the design of the mine's ventilation system. Although technical solutions have been implemented to some extent, in some areas of the mine, ventilation requirements still need to be further improved to provide a good working environment at a reasonable cost. Currently, with the complexity of the excavation diagram, the use of old excavations for deeper mining planning, as well as the overlapping of plans to mobilize seams for exploitation have caused obstacles to ventilation and air cooling of the mine. Some longwall faces must be ventilated in series (two longwall faces in series), leading to a situation where the airflow supply is not enough to cool the working environment of the workers. In many areas, the measured temperature exceeds 30 degrees Celsius, which is an unhealthy working condition for workers, reducing labor efficiency. Therefore, this article presents the current status of the ventilation diagram and air cooling solutions at the Nam Mau coal mine. With the current production status of the mine, the solution of cutting and expanding old excavations to increase the ability to discharge exhaust air, while increasing the ability to circulate air through the longwalls is a reliable solution today. In addition, the ventilation diagram connecting the longwall faces needs to be adjusted in the direction of digging additional independent ventilation slope excavations. The results of this study will be a reliable reference for building ventilation strategies and air cooling methods in the context of increasing production and developing deeper into the Nam Mau coal mine and different underground coal mines.

Keywords: Underground mining; Mine ventilation; Mine air cooling

Mô phỏng số trạng thái ứng suất dưới trụ than ở vỉa than đốc thoải tại mỏ than Thống Nhất

Lê Quang Phục^{1,2,*}, Nguyễn Hồng Cường^{1,2}, Vũ Trung Tiến^{1,2},
Lê Tiến Dũng^{1,2}, Phạm Văn Quân^{3,4}, Phạm Tiến Dương³

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)

³Viện Khoa học công nghệ mỏ - Vinacomin, ⁴Nghiên cứu sinh Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trụ than có vai trò quan trọng đối với việc bảo vệ và duy trì ổn định của lò dọc vỉa tại các mỏ than hầm lò Việt Nam. Tuy nhiên, trong trường hợp khai thác các vỉa than gần nhau, sự tồn tại của trụ than nằm phía trên có ảnh hưởng tiêu cực đến sự ổn định của đường lò khi khai thác vỉa dưới. Từ nguyên lý hình thành vòm sập đổ cho thấy, sau khi kết thúc khai thác vỉa than, phần lớn tải trọng từ các tầng đá vách sẽ chuyển tải lên trụ than. Khi đó, trụ than đóng vai trò như một cầu nối để truyền tải trọng xuống phía dưới và hình thành vùng ứng suất nguy hiểm ở dưới trụ. Do đó, nếu không được nghiên cứu và xác định phạm vi phân bố của vùng ứng suất này, các nguy hiểm về tụt nóc và sập đổ lò có thể xảy ra khi thực hiện đào lò và khai thác ở vỉa than liền kề phía dưới. Trong nghiên cứu này, chúng tôi lấy điều kiện khai thác vỉa than 6d của mỏ than Thống Nhất làm nền tảng nghiên cứu. Chương trình FLAC3D được ứng dụng để mô phỏng quá trình khai thác mỏ. Các đặc điểm phân bố ứng suất dưới trụ than được mô phỏng có tính đến sự thay đổi của chiều dày vỉa là 2m, 4m và 6m tương ứng với chiều rộng của trụ than 10m, 20m, 30m và 40m. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị ứng suất và phạm vi phân bố của vùng ứng suất nguy hiểm phía dưới trụ có tỷ lệ thuận với chiều rộng trụ than và tỷ lệ nghịch với chiều dày vỉa. Do đó kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở để xác định mối tương quan giữa vị trí của đường lò với vùng ứng suất cao phía dưới trụ than trong mỗi trường hợp. Kết quả nghiên cứu sẽ là tài liệu tham khảo tin cậy trong việc kiểm soát sự ổn định của đường lò trong vỉa than dưới khi khai thác các vỉa than gần nhau tại mỏ than Thống Nhất và các mỏ khác vùng Quảng Ninh.

Từ khóa: Trụ than; Vỉa than gần nhau; Ứng suất; Áp lực tựa; Lò dọc vỉa

1. Đặt vấn đề

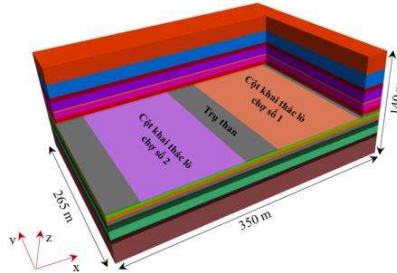
Trong khai thác than hầm lò, do sự tương tác của quá trình khai thác than tại các vỉa gần nhau, hiện tượng tụt nóc, đẩy hông và bùng nền ở các đường lò dọc vỉa ở vỉa than phía dưới diễn ra rất phổ biến. Tỷ lệ mét lò phải thực hiện chống xén đang gia tăng tại các mỏ than của TKV (Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam, 2020-2022). Trong thực tế, các vỉa than trên được khai thác trước và bị loại bỏ trước khi khai thác các vỉa than dưới. Việc khai thác sớm các vỉa than phía trên sẽ phá vỡ mối liên kết của các tầng lớp đá vách và làm tăng sự chuyển vị của chúng khi khai thác vỉa than phía dưới. Hơn nữa, sự tập trung ứng suất quá mức do sự tồn tại của các cột than nằm phía trên gây ra có thể truyền qua các lớp đá xuống các đường lò phía dưới đã gây ra những khó khăn cho việc chống giữ và duy trì ổn định của các đường lò. Thực tế thì rất khó để xác định được đặc tính truyền tải và tập trung ứng suất trong những điều kiện khai thác phức tạp như vậy. Do đó, phần lớn các nghiên cứu trước đây đều tập trung vào việc xác định chiều rộng của trụ than còn sót lại trong không gian khai thác theo yếu tố chúng bị phá hủy hoàn toàn và không còn khả năng truyền áp lực xuống phía dưới. Điển hình như trong nghiên cứu của Du và cộng sự (B. Du, C. Liu, J. Yang, and F. Wu, 2020) đã phân tích mô hình phân bố ứng suất trong quá trình khai thác nhiều vỉa than tại mỏ than Longde ở phía Tây Trung Quốc. Với sự hỗ trợ của mô phỏng số, vùng phá hủy rộng 4m và 7m ở hai bên của trụ than đã được hình thành khi khai thác lò chợ thứ nhất và thứ hai. Cuối cùng, một trụ than rộng 12,5m đã được lựa chọn để đảm bảo chúng bị phá hủy hoàn toàn trong không gian khai thác. Jiang và cộng sự (S.Jiang, G.Fan, Q.Li, S.Zhang, and L.Chen, 2021) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số khai thác đến biến dạng và độ ổn định của trụ than trong quá trình khai thác lò chợ ngắn ở các vỉa than siêu dày và dưới sâu 1,0km ở miền đông Trung Quốc. Với mô phỏng số họ đã xác định được

* Tác giả liên hệ

Email: lequangphuc@humg.edu.vn

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu mô hình số thông qua chương trình Flac3D được sử dụng trong nghiên cứu này. Đây là một mô hình phần tử hữu hạn với các vật liệu xây dựng là than và đá được coi là vật liệu đàn hồi đáp ứng tiêu chí độ bền Mohr-Coulomb. Kích thước mô hình lần lượt là dài 350m theo phương X, rộng 265m theo phương Y và cao 140m theo phương Z. Các ranh giới bên của mô hình được cố định chuyển vị theo phương ngang, và ranh giới phía dưới được cố định chuyển vị theo hướng ngang và đứng. Ranh giới trên cùng của mô hình không bị hạn chế chuyển vị. Tải trọng tự nhiên được áp dụng cho ranh giới trên của mô hình với ứng suất thẳng đứng là 6,5 MPa. Trọng lượng riêng của địa tầng đá được lấy trung bình là $0,025 \text{ MN/m}^3$ và trọng lực cũng được áp dụng. Các các thông số địa tầng và cơ lý đá của mô hình được lấy tương tự như điều kiện khu vực nghiên cứu của mỏ than Thống Nhất (bảng 1). Sơ đồ cấu trúc mô hình được trình bày trong hình 2.

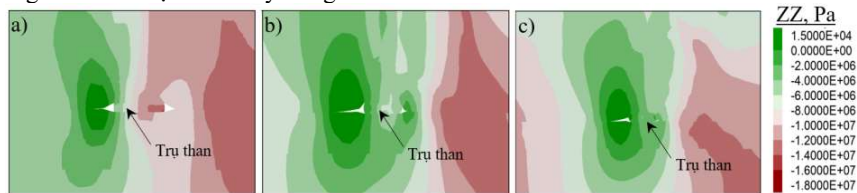


Hình 2. Cấu trúc mô hình nghiên cứu

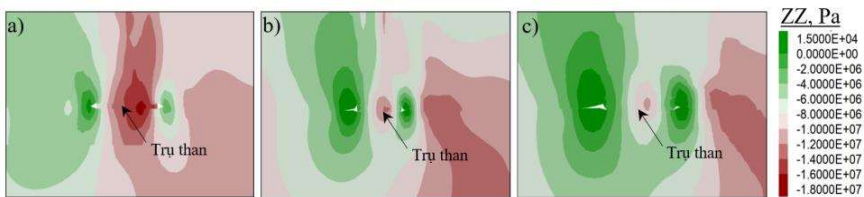
Trong nghiên cứu này, chúng tôi mô phỏng quá trình khai thác của vỉa than 6d với chiều dày thay đổi lần lượt là 2m, 4m và 6m. Trên vỉa than 6d, lò chợ số 1 được khai thác trước và lò chợ số 2 được khai thác sau. Giữa hai cột khai thác của các lò chợ này, trụ than rộng tương ứng 10m, 20m, 30m và 40m được để lại trong không gian khai thác để theo dõi diễn biến phân bố ứng suất hình thành ở dưới nó. Khoảng cách giữa các vỉa than và chiều sâu phân bố của chúng được lấy tương tự hình 1 (lấy trung bình 5m).

3. Kết quả và thảo luận

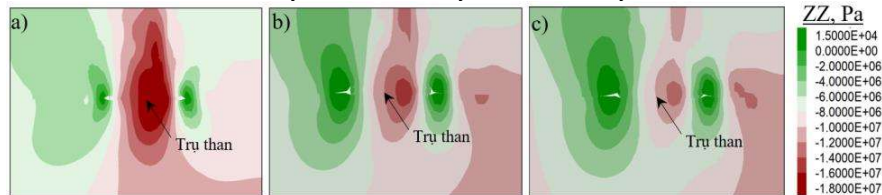
Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các hình 3-6 như sau :



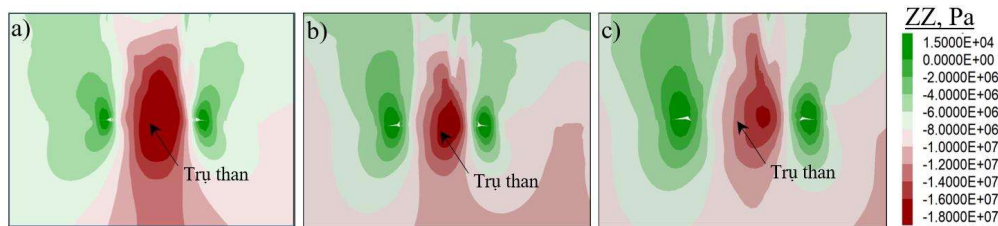
Hình 3. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 10m:
a – vỉa dày 2m ; b – vỉa dày 4m; c – vỉa dày 6m



Hình 4. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 20m:
a – vỉa dày 2m ; b – vỉa dày 4m; c – vỉa dày 6m



Hình 5. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 30m:
a – vỉa dày 2m ; b – vỉa dày 4m; c – vỉa dày 6m



Hình 6. Phân bố ứng suất thẳng đứng ở dưới trụ than rộng 40 m:

a – vỉa dày 2 m ; b – vỉa dày 4 m; c – vỉa dày 6 m

Từ các hình 3, 4, 5 và 6 cho thấy, khi chiều dày vỉa càng lớn thì sự tập trung ứng suất trong trụ than và ở dưới nó càng giảm. Ví dụ như trên hình 6, ứng suất ở khoảng cách dưới trụ 5 m đối với vỉa dày 2 m là 20,15 Mpa nhưng giá trị này là 14,38 Mpa ở dưới vỉa dày 6 m. Ở khoảng cách 15 m dưới trụ than rộng 30 m (hình 5), giá trị ứng suất là 15,46 Mpa đối với vỉa dày 2 m và giá trị này là 9,72 Mpa đối với vỉa dày 6 m. Điều này có thể được giải thích là do khi vỉa than càng dày thì đồng nghĩa với chiều cao trụ càng lớn. Dưới tác dụng của áp lực của khối đá phía trên, sự phát triển khe nứt ở hai bên của trụ than diễn ra càng mãnh liệt khi tăng chiều cao của trụ. Đồng nghĩa với quá trình này là sự phá vỡ liên kết của than ở hai bên trụ và làm cho chúng dễ dàng bị phá hủy. Khi trụ than bị phá hủy, lúc này chúng không còn là đối tượng chịu tải chính của khối đá vách mà tải trọng đã truyền vào khối đá sập đổ trong không gian đã khai thác. Do đó, ứng suất phân bố dưới trụ than là rất nhỏ. Ngược lại, khi vỉa than mỏng hơn hay chiều cao trụ than nhỏ hơn (hình 3a), mặt tiết diện của tường than nhỏ nên khả năng chúng bị phá vỡ là rất khó. Chính vì vậy mà chúng có khả năng duy trì ổn định tốt hơn so với trụ than có chiều cao lớn. Tuy nhiên, trụ than càng ổn định thì sự tập trung ứng suất ở dưới trụ than càng cao. Như vậy, có thể khẳng định rằng sự tập trung ứng suất ở phía dưới trụ than tỷ lệ nghịch với chiều cao của trụ (hay chiều dày của vỉa than).

Xuyên suốt từ trên xuống dưới trụ than, ứng suất phân bố theo hình dạng của một elip dẹt. Tâm của elip nằm trên trụ than và có phần lệch về phía lò chợ khai thác đầu tiên (bên phải). Vỉa than càng dày thì tâm của elip tập trung ứng suất càng phát triển lệch về phía lò chợ khai thác đầu tiên. Trên hình 5, tâm của elip cách cạnh trụ than phía lò chợ thứ nhất là 10 m, trong khi đó cách cạnh trụ than phía lò chợ thứ 2 là 20 m. Giá trị này trên hình 6 lần lượt là 13 m và 27 m. Điều này có thể là do trong giai đoạn chịu ảnh hưởng của áp lực tựa từ quá trình khai thác lò chợ đầu tiên, phía cạnh trụ than bên phải đã được nén lại cùng với quá trình hạ vách trong không gian khai thác. Định ứng suất khi đó không hoàn toàn tập trung trên trụ than và lan truyền cả vào trong vỉa than phía lò chợ thứ hai chưa được khai thác. Trong giai đoạn khai thác của lò chợ thứ hai, trụ than sẽ chịu tải độc lập và bị ảnh hưởng lần thứ hai bởi áp lực tựa từ quá trình khai thác lò chợ. Phần trụ than phía lò chợ thứ nhất (đã được nén chặt) sẽ chịu tải tốt hơn so với phía lò chợ thứ hai. Do đó, tâm của vùng tập trung ứng suất sẽ lệch về phía trụ có kết cấu ổn định hơn.

Khi trụ than càng rộng và mỏng thì vùng elip tập trung ứng suất càng lớn và phát triển sâu xuống phía dưới. Khi trụ than hẹp (hình 3) thì gần như không tồn tại vùng tập trung ứng suất phía dưới trụ. Điều đó chứng tỏ trụ than đã bị phá hủy hoàn toàn. Khi trụ than rộng hơn, vùng tập trung ứng suất bắt đầu được hình thành từ tâm của trụ than và phát triển rộng ra xung quanh. Đặc biệt là ở vỉa than có chiều dày nhỏ (2 m), vùng tập trung ứng suất có kích thước lớn và phát triển sâu xuống phía dưới trụ.

Đối với khai thác các vỉa than ở gần nhau như tại mỏ than Thống Nhất, do khoảng cách giữa các vỉa than nhỏ nên ứng suất tập trung phía dưới trụ than tác động không nhỏ đến quá trình duy trì ổn định đường lò dọc vỉa và khai thác vỉa than phía dưới. Bởi vì, trong môi trường ứng suất cao, các sự cố nổ đá, biến dạng và sập đổ lò rất dễ xảy ra. Do đó, bức tranh về sự phân bố ứng suất phía dưới trụ than đã được mô phỏng thông qua điều kiện khai thác của mỏ than Thống Nhất. Kết quả này sẽ là nền tảng cơ bản để thực hiện xây dựng kế hoạch đào lò và khai thác các vỉa than ở dưới trụ than phía trên một cách hiệu quả và an toàn.

4. Kết luận

Trên cơ sở phương pháp mô phỏng số, nghiên cứu này đã mô tả sự phân bố ứng suất phía dưới trụ than trong các điều kiện chiều dày và chiều rộng khác nhau của trụ than. Một số kết quả chính thu được như sau:

- Sự tồn tại của trụ than đóng vai trò như một cầu nối để truyền tải trọng từ các tầng đá vách xuống phía dưới. Vùng tập trung ứng suất xuyên suốt qua trụ than có dạng hình elip dẹt và phát triển mở rộng xuống phía dưới khi chiều rộng của trụ than tăng lên. Ở một trụ than hẹp, sự tập trung ứng suất gần như không tồn tại do chúng không đủ khả năng chịu lực và dễ dàng bị phá hủy bởi tải trọng từ các tầng đá vách. Do đó sẽ không có ảnh hưởng đến sự ổn định của đường lò và quá trình khai thác của vỉa than phía dưới một trụ than hẹp.

- Tâm của elip tập trung ứng suất không nằm ở trung tâm của trụ than mà tập trung về phía của lò chợ khai thác đầu tiên. Đồng thời, chiều dày của vỉa than càng giảm thì vùng tập trung ứng suất càng lớn và giá

trị ứng suất đạt ở mức cao. Điều này có ảnh hưởng nghiêm trọng khi đào lò, duy trì ổn định đường lò và khai thác ở vỉa than phía dưới. Do đó, Những phát hiện này có thể rất quan trọng vì chúng có thể cung cấp thông tin cho việc bố trí vị trí đường lò trong phạm vi an toàn khi khai thác vỉa than phía dưới. Vùng an toàn cho đường lò ở vỉa than phía dưới cần phải tránh ảnh hưởng của các trụ than phía trên, đặc biệt đối với vùng tập trung ứng suất cao phía dưới trụ. Đối với các vỉa than phía trên ưu tiên sử dụng trụ nhỏ hoặc không có trụ. Nếu sử dụng các trụ than lớn thì cần phải xem xét mối quan hệ không gian của các trụ than và đường lò dọc vỉa phía dưới.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo (đề tài mã số B2024-MDA-03).

Tài liệu tham khảo

- B. Du, C. Liu, J. Yang, and F. Wu, 2020. Abutment pressure distribution pattern and size optimization of coal pillar under repeated mining: a case study. *Arabian Journal of Geosciences*, vol.13, no.23, p.23.
- C. Piao, S. Lei, J. Yang, and L. Sang, 2018. Experimental study on the movement and evolution of overburden strata under reamer-pillar coal mining based on distributed optical fiber monitoring. *Energies*, vol.12, no.1, p.77.
- H. Mu, A. Wang, D. Song, D. Su, and D. Li, 2021. Failure mechanism of gob-side roadway under overlying coal pillar multiseam mining. *Shock and Vibration*, vol. 2021, 13 pages.
- Le, Phuc Quang; Le, Ha Thu Thi; Nguyen, Long Quoc, 2024. Stress distribution under coal pillars in the case of multi-seam mining: A case study at Thong Nhat Coal Mine, Vietnam. *Journal Hydro-Meteorol.* Vol 20, 15-23.
- R. Shan, Z. Li, C. Wang et al., 2021. Study on the distribution characteristics of stress deviator in the surrounding rock when mining closely spaced coal seams. *Environmental Earth Sciences*, vol. 80, no. 17, 2021.
- S. Jiang, G. Fan, Q. Li, S. Zhang, and L. Chen, 2021. Effect of mining parameters on surface deformation and coal pillar stability under customized shortwall mining of deep extra-thick coal seams. *Energy Reports*, vol. 7, pp. 2138–2154, 2021.
- S. Liu, J. Bai, X. Wang et al., 2021. Study on the stability of coal pillars under the disturbance of repeated mining in a doubleroadway layout system. *Earth Science*, vol. 9, 754747.
- Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam. Báo cáo tổng hợp khối lượng thực hiện mỏ than năm 2020.
- Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam. Báo cáo tổng hợp khối lượng thực hiện mỏ than năm 2021.
- Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam. Báo cáo tổng hợp khối lượng thực hiện mỏ than năm 2022.
- Z. Jun and L. Guangbo, 2016. Pressure-relief mining of the working face under the coal pillar in the close distance coal seams. *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 34, no. 4, pp. 1067–1077.

ABSTRACT

Numerical simulation of stress state under coal pillar of flat-lying coal seams at Thong Nhat Coal Mine

Le Quang Phuc^{1,2,*}, Nguyen Hong Cuong^{1,2}, Vu Trung Tien^{1,2},
Le Tien Dung^{1,2}, Pham Van Quan^{3,4}, Pham Tien Duong³

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

²*Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment (SDM)*

³*Institute of Mining Science and Technology*; ⁴*Graduate student Hanoi University of Mining and Geology*

Coal pillars play an important role in protecting and maintaining the stability of the roadway in underground coal mines in Vietnam. However, when mining multi-coal seams, the existence of coal pillars above hurts the stability of the roadway when mining the lower seam. From the principle of collapse arch formation, it can be seen that after coal seam mining, most of the load from the roof rock layers will be loaded onto the coal pillar. At that time, the coal pillar acts as a bridge to transmit the load downwards, forming a dangerous stress zone below the pillar. Therefore, if the distribution range of this stress zone is not studied and determined, the dangers of roof collapse and roadway collapse may occur when excavating or mining the adjacent coal seam below. In this study, we take the mining conditions of the 6d coal seam of the Thong Nhat coal mine as the research foundation. The FLAC3D program is applied to simulate the mining process. The stress distribution characteristics under the coal pillar are simulated when changes in seam thickness of 2 m, 4 m, and 6 m correspond to the width of the coal pillar of 10 m, 20 m, 30 m, and 40 m. The research results show that the stress value and distribution range of the dangerous stress zone under the coal pillar is proportional to the width of the coal pillar and inversely proportional to the thickness of the seam. Therefore, the research results will be the basis for determining the correlation between the location of the roadway and the high-stress zone under the coal pillar in each case. The research results will be a reliable reference in controlling the stability of the roadway in the lower coal seam when exploiting multi-coal seams at the Thong Nhat coal mine and other mines in the Quang Ninh area.

Keywords: Coal pillar; Multi-coal seam; Stress; abutment pressure; roadway