

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT, ĐỊA ĐỘNG LỰC HÌNH THÀNH TRÙNG ĐỒNG VĂN VÀ MỐI LIÊN QUAN VỚI ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN TẠI KHU VỰC THỊ TRẤN ĐỒNG VĂN, TỈNH HÀ GIANG

TRẦN ĐIỆP ANH¹, TRINH THỊ THÚY¹
NGUYỄN VĂN ĐÔNG¹, HỒ TIẾN CHUNG¹
NGUYỄN VĂN TUẤN¹

¹Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

Tóm tắt:

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu về điều kiện địa chất, địa động lực và quá trình tiến hóa kiến tạo hình thành trùng Đồng Văn dựa trên cơ sở phân tích, thống kê các thông số kiến tạo vật lý các mặt trượt đứt gãy và khe nứt. Khu vực nghiên cứu thuộc vùng lõi di sản của Công viên Địa chất Toàn cầu UNESCO Cao nguyên Đá Đồng Văn, nằm ở vùng núi Đông Bắc Việt Nam và thuộc phần mở rộng của vành đai karst Nam Trung Hoa (cao nguyên đá vôi Vân Nam). Kết quả nghiên cứu cho thấy, trùng Đồng Văn được khống chế bởi hai hệ thống đứt gãy phát triển theo phương Tây Bắc-Đông Nam, được hình thành trong Kainozoi. Trong đó, giai đoạn Eocen-Miocen là giai đoạn hình thành và định hình các yếu tố khống chế, còn giai đoạn Pliocen-Đệ tứ là giai đoạn mở rộng và hoàn thiện trùng Đồng Văn theo cơ chế kéo tách (pull-apart). Liên quan tới đặc điểm địa chất thủy văn, tầng chứa nước chính của vùng là trong đới đá vôi hệ tầng Bắc Sơn bị đập vỡ, nứt nẻ mạnh, còn tầng chắn là tập sét vôi, vôi silic hệ tầng Tóc Tát. Mặc dù còn có những hạn chế do khả năng tiếp cận và số lượng các điểm khảo sát còn thưa thớt, nghiên cứu này cho thấy việc phân tích, tính toán và mô hình hóa các số liệu kiến tạo vật lý là một trong những phương pháp hiệu quả để xác định quá trình tiến hóa kiến tạo trong vùng karst.

Từ khóa: Đồng Văn, điều kiện địa động lực, bồn trùng kiến tạo.

Nhận bài: 5/7/2023; Sửa chữa: 16/8/2023;

Duyệt đăng: 18/9/2023.

1. Mở đầu

Thị trấn Đồng Văn đóng vai trò là vùng lõi di sản thuộc phía Đông Bắc của Công viên Địa chất Toàn cầu UNESCO Cao nguyên Đá Đồng Văn (DVKPUGGp). Khu vực này nằm ở vùng núi Đông Bắc Việt Nam và

Research on the geological and geodynamic conditions forming the Dong Van valley and the relationship with hydrogeological features in the area of Dong Van city, Ha Giang province

Abstract:

This paper presents results on the geological, geodynamics conditions and tectonic evolution process of the Dong Van valley based on the analysis and statistics of physical tectonic parameters on the fault surface and fractures. The study area belongs to the main heritage area of UNESCO Global Geopark Dong Van karst Plateau, which is located in the North of Vietnam and belongs to the extended part of the South China karst belt (Yunnan karst Plateau). The obtained results show that the Dong Van tectonic valley is controlled by two fault systems developing in the NW-SE direction and formed in the Cenozoic. The formation of this valley and the controlling factors were formed in the Eocene-Miocene, while the Pliocene-Quaternary is the period of extension and completion of the Dong Van valley according to the pull-apart mechanism. From the hydrogeological point of view, the main aquifer of this region is the Bac Son limestone aquifer, which is highly fractured, and the aquitard layer is a set of red-veined limestone of the Toc Tat Formation. Although there are still limitations due to accessibility and the sparse number of survey points, this study suggests that analysis, statistics and modeling of physical tectonic data is one of the effective approaches used to determine the tectonic evolution process in karst regions.

Keywords: Physical tectonic, karst hydrogeology, UNESCO Global Geopark Dong Van karst Plateau.

JEL Classifications: N50, Q13, O44, Q57.

thuộc phần mở rộng của vành đai karst Nam Trung Hoa (cao nguyên đá vôi Vân Nam). Bên cạnh những đặc điểm và giá trị về địa mạo, hang động, địa tầng và cổ sinh vật, khu vực này còn ghi lại nhiều dấu ấn lịch sử tiến hóa kiến tạo vô cùng phong phú và có giá trị.

Khu vực thị trấn Đồng Văn có độ cao trung bình khoảng 1.200 m, có nơi lên tới 1.500 m so với mực nước biển (thôn Phố Lỗ), trong khi nền xói mòn cục bộ chỉ khoảng 800 m tại đáy thung lũng Đồng Văn. Lớp phủ đệ tứ khá mỏng lộ ra ở phần đáy thung lũng và chỉ có duy nhất một dòng chảy mặt ngắn, nhiều đoạn chảy ngầm dưới lòng đất và chảy vào hệ thống hang Hồ trước khi nước thoát ra sông Nho Quế (Ender, và nnk., 2018). Một số nghiên cứu (Trần Tân Văn và nnk., 2010, Trần Thanh Hải và nnk., 2013) đã chỉ ra rằng, trùng kiến tạo Đồng Văn hình thành do các chuyển động kiến tạo kết hợp với quá trình phát triển địa mạo xảy ra trong Kainozoi. Tuy nhiên, hai câu hỏi nghiên cứu chính cần được làm rõ là: (1) Các giai đoạn chính của quá trình tiến hóa kiến tạo hình thành trùng Đồng Văn xảy ra khi nào và có đặc điểm như thế nào? (2) Các hoạt động kiến tạo này liên quan như thế nào đến đặc điểm địa chất thủy văn trong khu vực? Chúng tôi sử dụng dữ liệu khảo sát về kiến tạo vật lý cùng với dữ liệu địa hình và địa chất để trả lời những câu hỏi này.

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sự hình thành cảnh quan karst và hệ thống hang động chủ yếu được kiểm soát bởi sự kết hợp phức tạp của các hoạt động kiến tạo, tiến hóa địa mạo, các quá trình khí hậu và thủy văn. Từ quan điểm kiến tạo, Nikolaev, N.I., 1974, Vendeville, B., và nnk., 1987 đã chứng minh, nghiên cứu kiến tạo vật lý là một phương pháp hiện đại, có hiệu quả cao trong nghiên cứu, thiết lập lại trường ứng suất kiến tạo (TUSKT) và cơ chế dịch trượt của các đới đứt gãy trên cơ sở các dấu hiệu còn để lại trên bề mặt các đá. Vì vậy, nghiên cứu kiến tạo vật lý là một trong những cách tiếp cận hiệu quả được sử dụng để xác định các giai đoạn tiến hóa kiến tạo liên quan đến cơ chế hình thành và phát triển các trùng kiến tạo trên vùng karst.

Trong nghiên cứu này, áp dụng cách tiếp cận trên, thông qua phân tích, thống kê các thông số hình học của đứt gãy còn để lại trên các mặt trượt, dữ liệu khảo sát địa chất, cấu trúc-kiến tạo được sử dụng để làm sáng tỏ các giai đoạn tiến hóa kiến tạo liên quan đến cơ chế hình thành trùng kiến tạo Đồng Văn.

2. Khái quát khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bao gồm toàn bộ thị trấn Đồng Văn và một số thôn lân cận thuộc xã Thái Phìn Tùng và xã Pải Lũng (huyện Mèo Vạc) có diện tích khoảng 41 km², trong đó thành phần chủ yếu là các thành tạo carbonat (chiếm khoảng 60%). Địa hình khu vực nghiên cứu bị chia cắt mạnh, chủ yếu là địa hình núi đá cao, độ dốc lớn, phát triển theo phương Tây Bắc-Đông Nam.

Vùng nghiên cứu nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 9. Mùa đông kéo dài từ tháng 10 năm trước đến tháng

4 năm sau. Mùa đông khô hạn gây nên tình trạng thiếu nước phục vụ cho sinh hoạt, sản xuất.

2.1. Đặc điểm địa chất

Dựa trên tài liệu “Bản đồ địa chất nhóm tờ Bảo Lạc” do Hoàng Xuân Tình chủ biên và nnk, 1976; kết quả Dự án “Kawatech” do Trần Tân Văn làm chủ nhiệm 2019 và kết quả khảo sát thực địa có thể thấy các thành tạo địa chất trên khu vực nghiên cứu được chia thành 6 phân vị địa tầng (hệ tầng) có tuổi từ Paleozoi đến Mesozoi bao gồm: hệ tầng Mia Lé ($D_1 ml$), hệ tầng Nà Quán, ($D_{1-2} nq$), hệ tầng Tốc Tát ($D_3 tt$), hệ tầng Lũng Nậm ($C_1 t-v ln$), hệ tầng Bắc Sơn ($C-P bs$) và hệ tầng Sông Hiến ($T_1 sh$). Ngoài ra, có sự xuất hiện của các khối gabro diabas chưa rõ tuổi dọc theo các đứt gãy sâu. (Hình 1)



▲ Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu

Theo hướng Tây Nam-Đông Bắc, DVKPUGGp lần lượt thuộc 3 đới cấu trúc kiến tạo bao gồm: đới Sông Gâm, đới Sông Hiến và đới Lũng Cú (Dovjikov, A.E., và nnk., 1965, Trần Văn Trị và nnk., 2009). Chúng cùng nhau tạo nên một cấu trúc lớn dạng phức nếp lồi kéo dài theo phương Tây Bắc-Đông Nam, với các cánh lần lượt là đới Sông Gâm và Lũng Cú và phần trung tâm là đới Sông Hiến. Khu vực nghiên cứu thuộc hai đới cấu trúc Sông Hiến và Lũng Cú bao gồm các thành hệ lục nguyên dạng molat tuổi Devon sớm gồm hệ tầng và thành hệ lục nguyên-carbonat-silic tuổi Devon muộn-carbon sớm phân bố chủ yếu ở Tây Nam đới Lũng Cú và ở đới Sông Hiến. Ngoài ra, còn có sự xuất hiện của thành hệ carbonat thêm lục địa hệ tầng Bắc Sơn ($C-P bs$) phân bố chủ yếu ở phía Bắc thị trấn Đồng Văn và thành hệ lục nguyên - phun trào axit hệ tầng Sông Hiến ($T_1 sh$) chủ yếu phân bố phía Nam khu vực nghiên cứu.

Các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng, khu vực DVKPUGGp đã trải qua lịch sử phát triển kiến tạo đa kỳ từ giữa Paleozoi đến Kainozoi với 3 pha kiến tạo ghi nhận được rõ nét, tuy nhiên trong phạm vi khu



vực nghiên cứu chỉ ghi nhận được 2 pha kiến tạo từ Mesozoi đến Kanozoi. Trong Mesozoi xảy ra pha biến dạng dẻo đến giòn-khách phát cuối Trias do va chạm lục địa, được biết đến dưới tên gọi pha kiến tạo Indosini với phổ biến các hiện tượng uốn nếp và đứt gãy chồm nghịch quy mô lớn. Trong Kainozoi, xảy ra pha biến dạng giòn với biểu hiện hoạt động đứt gãy cơ chế thuận và trượt bằng tái hoạt động trên các đứt gãy hình thành trước đó (Trần Văn Trị và nnk., 2009, Trần Thanh Hải và nnk., 2013,). Pha biến dạng này được cho là hệ quả của quá trình xô húc Ấn Độ - Âu Á khởi phát vào đầu Kainozoi khiến khối Đông Dương (Indochina) trôi trượt về phía Đông Nam và biến dạng được tiêu tán thông qua hoạt động trượt bằng trái quy mô lớn khởi phát vào Eocen, phát triển mạnh mẽ trong Miocen dọc đứt gãy Sông Hồng (Tapponnier P, và nnk., 1990, Nguyễn Văn Hường và nnk., 2016). Từ Pliocen đến ngày nay, tính chất dịch trượt của đứt gãy Sông Hồng chuyển từ trượt bằng trái sang trượt bằng phải (Wang, E. và nnk., 1998).

Hoạt động đứt gãy ở khu vực nghiên cứu rất mạnh mẽ gồm nhiều hệ đứt gãy có phương khác nhau, nhưng đóng vai trò chính ảnh hưởng đến quá trình phát triển cấu trúc địa chất và đặc điểm địa hình, địa mạo vùng nghiên cứu là hệ đứt gãy phương Tây Bắc-Đông Nam. Cụ thể, trong khu vực nghiên cứu tồn tại hai đứt gãy lớn, được chứng minh hoạt động qua nhiều thời kỳ, bao gồm:

- Đứt gãy Lũng Táo-Tu Sản (F7) phương á vĩ tuyến được hình thành cùng thời gian vào cuối Permi liên quan phá vỡ vỏ lục địa Paleozoi tạo địa hào Sông Hiến.

- Đứt gãy Má Lầu-Đồng Văn-Lũng Thàng (F6) là đứt gãy sâu phân đới, chạy theo phương Tây Bắc-Đông Nam từ 100-130°, xuất hiện vào cuối Permi liên quan đến việc thành tạo địa hào chứa các trầm tích lục nguyên của đới Sông Hiến. Trong giai đoạn Permi-Trias (P_3-T_{1-2}) đóng vai trò là đứt gãy thuận, cắm dốc về Nam-Tây Nam, cánh Bắc-Đông Bắc được nâng cao, cánh Nam-Tây Nam sụt xuống, vào cuối Trias muộn (kỷ Nori) với việc khép kín nâng cao địa hào thể hiện là đứt gãy nghịch. Trong giai đoạn Tân kiến tạo đứt gãy tái hoạt động biểu hiện trượt bằng trái trong pha đầu Eocen-Miocen, trượt bằng phải trong pha sau Pliocen-Đệ tứ, mặt trượt cắm dốc 70° về Tây Nam. Dọc theo đứt gãy có sự xuyên lên của các khối gabro diabas.

Ngoài ra, các hệ thống đứt gãy trẻ phương Đông Bắc-Tây Nam, á kinh tuyến chủ yếu là các đứt gãy nhỏ cộng sinh với hệ đứt gãy phương Tây Bắc-Đông Nam. Tuy nhiên, hệ thống đứt gãy này có độ mở lớn, là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hình thành và phát triển cấu trúc vùng nghiên cứu trong giai đoạn Kainozoi.

2.2. Đặc điểm địa chất thủy văn

Trong vùng nghiên cứu, ngoài dòng chảy mặt thừa thốt, nước tồn tại và vận động trong các lỗ rỗng trầm tích Đệ tứ chưa được gắn kết và nước trong các khe nứt của các đá lục nguyên, đặc biệt là nước trong các khe nứt, đới đập vỡ và các hang động trong các đá karst. Kết quả khảo sát thực địa cho thấy, hầu hết nước xuất lộ tại ranh giới giữa các hệ tầng, dọc theo các đứt gãy và ở khu vực thị trấn Đồng Văn, nước xuất lộ trong các đới đập vỡ đá vôi và các dòng chảy ngầm trong hang động, bao gồm: Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích bờ rời hệ Đệ tứ (Q); Tầng chứa nước khe nứt trong các trầm tích lục nguyên - phun trào hệ tầng sông Hiến ($T_1 sh$); Tầng chứa nước khe nứt, khe nứt - karst trong các trên hệ tầng Bắc Sơn (C-P bs); Tầng chứa nước khe nứt, khe nứt - karst trong các trầm tích carbonat hệ carbon muộn - Devon trên hệ tầng Lũng Nậm ($C_{1,t-v ln}$), Tộc Tát ($D_3 tt$); Tầng chứa nước khe nứt, khe nứt - karst trong các trầm tích carbonat xen lục nguyên hệ Devon hệ tầng Nà Quân ($D_{1-2} nq$); hệ tầng Mía Lé ($D_1 ml$). (Ender A., và nnk., 2018).

3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Dữ liệu

Kết quả khảo sát các hệ thống khe nứt, đứt gãy kiến tạo ngoài thực địa là nguồn dữ liệu chính để xác định được các thông số động học, tính chất hoạt động của các đứt gãy; quan hệ của các hệ thống đứt gãy, khe nứt theo không gian, thời gian. Các số liệu này được xử lý, tính toán theo các phương pháp nhị diện vuông góc, phương pháp mặt cộng ứng hoặc phương pháp nhị diện góc nhọn để xác định phương, chiều của các trục ứng suất, qua đó khôi phục lại TUSKT trên khu vực nghiên cứu (Trương Quốc Hưng và nnk., 2013).

3.2. Các phương pháp nghiên cứu

Với cách tiếp cận như đã nêu ở phần mở đầu và cơ sở dữ liệu thu thập được, để giải quyết mục tiêu mà nghiên cứu đã đề ra, các phương pháp nghiên cứu được sử dụng bao gồm:

- Phương pháp kiến tạo vật lý: Là phương pháp nghiên cứu hiện đại, có hiệu quả cao trong nghiên cứu, thiết lập lại TUSKT và cơ chế dịch trượt của các đới đứt gãy trên cơ sở biến dạng của các đá. Theo đó, dưới tác động của TUSKT với các ứng suất cơ bản $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3$ vỏ Trái Đất bị biến dạng và dịch chuyển theo các phương thức khác nhau. Tùy thuộc vào sự định hướng của các trục ứng suất cơ bản so với phương ngang, các hệ thống đứt gãy có thể sinh mới hoặc tái hoạt động theo các cơ chế trượt bằng, thuận và nghịch. Các thông số của một đứt gãy được thể hiện chi tiết trên Hình 2, trong đó, Sh là hướng mặt trượt, δ_1 là trục ứng suất nén ép cực đại, δ_2 trục ứng suất trung gian, δ_3 là trục ứng suất tách giãn cực đại.

Trong nghiên cứu này, phương pháp phân tích mặt trượt - vết xước được sử dụng để xác định tính chất dịch chuyển và phân tách các pha hoạt động kiến tạo để lại dấu ấn trên mặt trượt đứt gãy dựa vào mối quan hệ giao cắt giữa các kiểu trượt, vết xước. Đây là cơ sở quan trọng để xác định tính chất hoạt động của đứt gãy qua các pha, khôi phục lại cổ ứng suất kiến tạo, đặc biệt trong Kainozoi.

- Phương pháp mô hình hóa: sử dụng phép chiếu lập thể, bảo toàn góc trên lưới chiếu Wulff, dùng bán cầu chiếu dưới để mô hình hóa các yếu tố động học của đứt gãy thu thập được ngoài thực địa (Hình 3), qua đó xây dựng lại TUSKT.

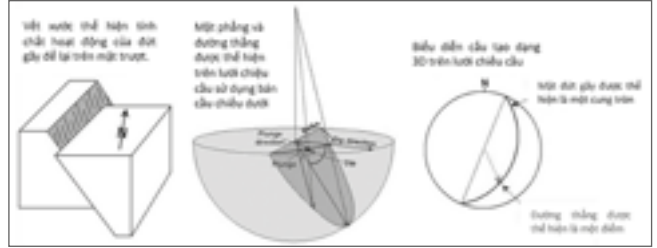
Ngoài ra, sử dụng phần mềm TectonicsFP (Reiter, F. & Acs, P., 1996) để xử lý số liệu đo đạc các thông số động học của đứt gãy, thống kê xây dựng biểu đồ hoa hồng thể hiện hướng phát triển chủ đạo các hệ thống khe nứt để xác định đặc điểm TUSKT tại khu vực nghiên cứu.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả

Các số liệu thu thập và tính toán có thể xác định được đứt gãy F9 là đứt gãy nhánh của đứt gãy F6, phát triển theo phương Tây Bắc-Đông Nam, bị các hệ thống đứt gãy phương Đông Bắc-Tây Nam và á kinh tuyến chia cắt, làm dịch chuyển nên đôi chỗ có phương gần á vĩ tuyến. Các thông số động học của đứt gãy F9 (chi tiết trong Bảng 1) được tính toán, mô hình hóa, cũng như đối sánh với kết quả TUSKT miền Bắc Việt Nam, qua đó có thể xác định đứt gãy này chịu tác động của 2 pha kiến tạo xảy ra trong giai đoạn Kainozoi. Trong pha sớm (Eocen-Miocen) thể hiện là đứt gãy trượt bằng trái, còn trong pha muộn (Pliocen-Đệ tứ) thể hiện là đứt gãy trượt bằng phải có yếu tố thuận. Cụ thể:

Điểm khảo sát DV1: Tại khu vực mỏ khai thác đá vôi thôn Quán Xín Ngải xác định được một số mặt trượt đứt gãy với các dấu hiệu để lại cho phép xác định rõ tính chất dịch chuyển, bao gồm:



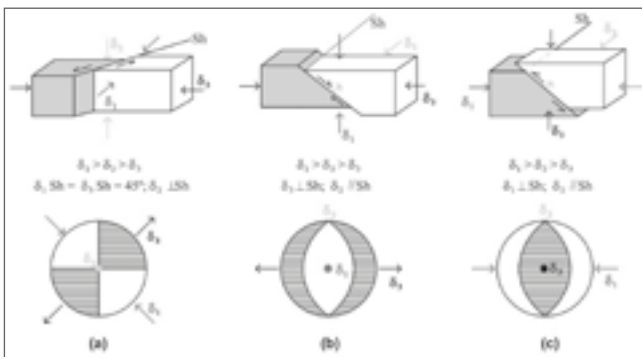
▲ Hình 3. Mô hình sử dụng bán cầu chiếu dưới của lưới chiếu lập thể để thể hiện mặt trượt đứt gãy

- Mặt trượt đứt gãy DV1-1 có thể nằm 205∠85 thể hiện là đứt gãy trượt bằng trái có yếu tố thuận, góc pitch = 15° (Ảnh 1). Kết quả tính toán thu được cho thấy, $\delta_1 = 71/05$, $\delta_2 = 319/75$, $\delta_3 = 172/14$. Như vậy, trục ứng suất nén ép cực đại có phương Đông-Đông Bắc (Hình 4) tương ứng với pha hoạt động kiến tạo Eocen-Miocen trong Kainozoi.

- Mặt trượt đứt gãy DV1-2 có thể nằm 210∠85 với các dấu hiệu để lại cho phép xác định đó là đứt gãy trượt bằng phải có yếu tố nghịch, góc pitch = 20° (Ảnh 2). Kết quả tính toán thu được cho thấy, $\delta_1 = 168/15$, $\delta_2 = 316/73$, $\delta_3 = 076/09$. Như vậy, trục ứng suất nén ép cực đại có phương Tây-Tây Bắc (Hình 5) tương ứng với pha sau Pliocen-Đệ tứ trong Kainozoi.

Điểm khảo sát DV2: Tại khu vực trạm bơm Làng Nghiến quan sát được rất rõ mặt trượt trên đá vôi Bắc Sơn (C-P bs) với thể nằm 205∠85, trên mặt trượt còn để lại dấu hiệu cho phép xác định đứt gãy trượt bằng trái có yếu tố thuận, góc pitch = 20° (Ảnh 3). Kết quả tính toán thu được cho thấy, $\delta_1 = 71/07$, $\delta_2 = 321/70$, $\delta_3 = 163/18$. Như vậy, trục ứng suất nén ép cực đại có phương Đông-Đông Bắc (Hình 6) tương ứng với pha hoạt động kiến tạo Eocen-Miocen trong Kainozoi.

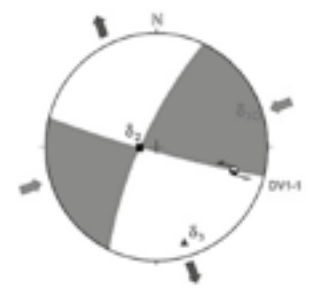
Ngoài ra, tại khu vực này còn xuất lộ một cửa hang karst có dòng chảy ngầm với lưu lượng lớn, hang phát triển theo phương á kinh tuyến, ở cuối hang là một hồ nước. Đây là một trong những dấu hiệu quan trọng cho phép xác định đứt gãy F9 cắt qua đây do phương phát triển của hang trùng với phương của trục nén ép cực đại (δ_1) xảy ra trong pha sau Miocen-Đệ tứ tạo ra các



▲ Hình 2. Các chế độ kiến tạo cơ bản và các mô hình trạng thái ứng suất liên quan: a) Đứt gãy trượt bằng; b) Đứt gãy thuận; c) Đứt gãy nghịch (Theo Trương Quốc Hưng và nnk, 2013)



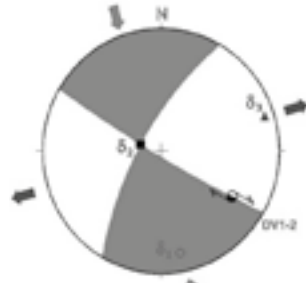
▲ Ảnh 1. Mặt trượt 205∠85 có góc pitch = 15°, vết xước để lại cho phép xác định đứt gãy trượt bằng trái có yếu tố thuận



▲ Hình 4. TUSKT có trục nén ép theo phương Đông Đông Bắc tương ứng với pha Eocen-Miocen trong Kainozoi



▲ Ảnh 2. Mặt trượt 210/85 có góc pitch = 20°, vết xước để lại cho phép xác định đứt gãy trượt bằng phải có yếu tố nghịch



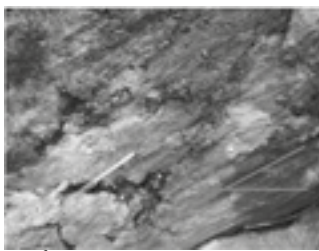
▲ Hình 5. TUSKT có trục nén ép theo phương Tây Tây Bắc tương ứng với pha Pliocen-Đệ tứ trong Kainozoi

hệ thống khe nứt tách và hang phát triển mở rộng theo phương này.

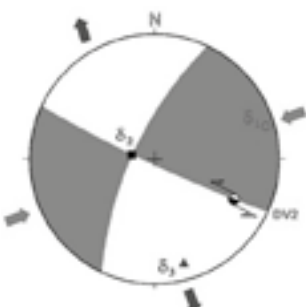
Điểm khảo sát DV3: Khu vực tổ 5 thị trấn Đồng Văn là điểm xuất lộ nước trong đới dập vỡ đá vôi Bắc Sơn (C-P₂ bs), tuy nhiên không liên tục quanh năm (Ảnh 4), điều này chứng tỏ mực nước ngầm bị hạ thấp vào mùa khô do không có nguồn cấp ở phía cao hơn.

Sử dụng phần mềm TectonicsFP [37] để xử lý số liệu đo đạc, thống kê các hệ thống khe nứt tại đây (Bảng 2), số liệu sau đó được biểu diễn trên biểu đồ hoa hồng với khoảng đếm phương vị 15° (Hình 7) cho thấy hướng phát triển chủ đạo của các hệ thống khe nứt là theo phương Tây Bắc-Đông Nam và Đông Bắc-Tây Nam cho phép xác định phương chiều TUSKT tác động lên khu vực này có phương á kinh tuyến hoặc á vĩ tuyến.

Đối chiếu với chế độ địa động lực chung trên lãnh thổ Việt Nam và lân cận như đã nêu có thể xác định phương nén ép ngang cực đại theo phương á vĩ tuyến tương ứng với pha hoạt động kiến tạo Eocen-Miocen xảy ra trong Kainozoi.



▲ Ảnh 3. Mặt trượt đứt gãy có phương 115° tại khu vực trạm bơm Làng Nghển



▲ Hình 6. TUSKT có trục nén ép theo phương Đông Đông Bắc tương ứng với pha Eocen-Miocen trong Kainozoi

4.2. Thảo luận

Các kết quả thu được đã góp phần làm sáng tỏ điều kiện địa chất, địa động lực khu vực nghiên cứu. Đây là một trong những cơ sở quan trọng để xác định các yếu tố khống chế và các giai đoạn hình thành phát triển trùng kiến tạo Đồng Văn, đồng thời cũng sơ bộ xác định được cấu trúc chứa nước chính trong vùng nghiên cứu. Phần tiếp theo sẽ tóm tắt và thảo luận về các kết quả này.

4.2.1. Các yếu tố khống chế và hình thành trùng kiến tạo Đồng Văn

Kết hợp các nghiên cứu đã công bố với kết quả phân tích, tính toán cho thấy, thung lũng Đồng Văn là trùng kiến tạo được khống chế bởi hai đứt gãy chạy theo phương Tây Tây Bắc-Đông Đông Nam đó là đứt gãy sâu Má Lầu-Đồng Văn-Lùng Thàng (F6) và đứt gãy Quán Xín Ngài-Hang Hồ (F9) (Hình 8). Nếu như đứt gãy Má Lầu-Đồng Văn-Lùng Thàng (F6) đã được nghiên cứu và mô tả khá chi tiết thì đứt gãy Quán Xín Ngài-Hang Hồ (F9) được xác định thông qua kết quả khảo sát, tính toán các số liệu kiến tạo vật lý thu thập ngoài thực địa.

Cụ thể, các kết quả tính toán, phân tích kiến tạo vật lý để lại dấu hiệu trên các đá carbonat thuộc hệ tầng Bắc Sơn (C-P₂ bs) kết hợp với các nghiên cứu đã công bố của Trần Văn Trị và nnk., 2009, Trần Tân Văn và

Bảng 2. Số liệu thống kê, đo đạc khe nứt tại điểm DV3

STT	Phương vị đường hướng dốc	Góc dốc	STT	Phương vị đường hướng dốc	Góc dốc
1	128	82	15	315	45
2	131	87	16	310	55
3	40	40	17	320	45
4	35	40	18	315	50
5	35	35	19	305	35
6	45	40	20	340	80
7	30	40	21	345	78
8	45	40	22	340	85
9	40	35	23	210	60
10	35	30	24	220	55
11	300	45	25	235	65
12	310	50	26	225	60
13	295	40	27	245	50
14	305	50			

Bảng 1. Số liệu động học của các mặt trượt đứt gãy thu thập tại điểm DV1, DV2

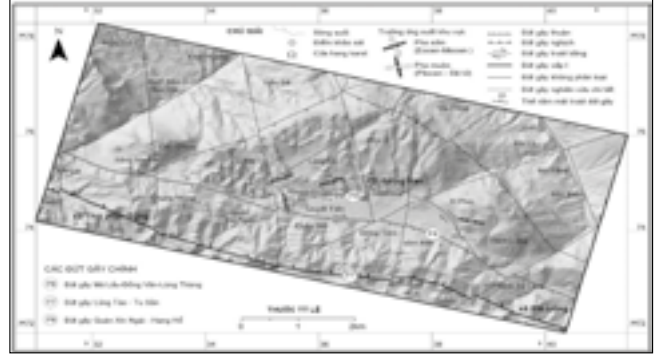
STT	Ký hiệu mặt trượt	Phương vị đường phương	Góc dốc	Hướng cảm của mặt trượt	Góc pitch - Hướng chủ	Tính chất đứt gãy
1	DV1-1	115	85	TN	15 - ĐN	Trượt bằng trái có yếu tố thuận
2	DV1-2	120	85	TN	20 - ĐN	Trượt bằng phải có yếu tố nghịch
3	DV2	115	85	TN	20 - ĐN	Trượt bằng trái có yếu tố thuận



▲ Ảnh 4. Điểm xuất lộ nước trong đới dập vỡ đá vôi tại điểm DV3



▲ Hình 7. Số liệu đo, thống kê khe nứt tại DV3 được thể hiện trên biểu đồ hoa hồng



▲ Hình 8. Sơ đồ đứt gãy không chế và hình thành trùng kiến tạo Đồng Văn

nnk., 2010, 2019, Trần Thanh Hải và nnk., 2013 cho thấy, nếu như pha biến dạng Indosini trong giai đoạn Mesozoi được cho là hình thành nên những cấu trúc địa chất chính trong vùng nghiên cứu, thì biến dạng dòn trong Kainozoi được xem là yếu tố quyết định khống chế sự hình thành và phát triển của các dạng địa hình, các hệ thống hang động và đặc biệt là trùng kiến tạo Đồng Văn.

Dựa trên kết quả thu được về các TUSKT, tính chất dịch chuyển của các hệ thống đứt gãy cho phép sơ bộ xác định sự xuất hiện các yếu tố khống chế và các giai đoạn hình thành trùng kiến tạo Đồng Văn (Hình 8). Cụ thể như sau:

- Giai đoạn Permi-Trias ($P_3-T_{1,2}$): Pha biến dạng dẻo-dòn, trường ứng suất có trục tách giãn cực đại theo phương Tây Bắc-Đông Nam, liên quan đến việc hình thành các địa hào và đứt gãy F9 có thể được hình thành vào thời kỳ này.

- Giai đoạn cuối Trias muộn (kỳ Nori) với việc khép kín nâng cao địa hào, TUSKT có trục nén ép cực đại theo phương Tây Bắc-Đông Nam tạo hàng loạt các đứt gãy chờm nghịch, phát triển mạnh mẽ các hoạt động xâm thực, bóc mòn.

- Giai đoạn Eocen-Miocen: TUSKT có trục nén ép cực đại theo phương á vĩ tuyến làm cho các đứt gãy tái hoạt động biểu hiện trượt bằng trái, đây là giai đoạn hình thành trùng Đồng Văn và định hình các yếu tố khống chế. Ngoài ra, các hệ thống đứt gãy cổ phương Tây Bắc-Đông Nam bị các hệ thống trẻ hơn phương á kinh tuyến làm dịch chuyển.

- Giai đoạn Pliocen-Đệ tứ: TUSKT có trục nén ép cực đại theo phương á kinh tuyến làm cho các đứt gãy trượt bằng phải, đây là giai đoạn mở rộng và hoàn thiện trùng Đồng Văn theo cơ chế kéo tách (pull-apart).

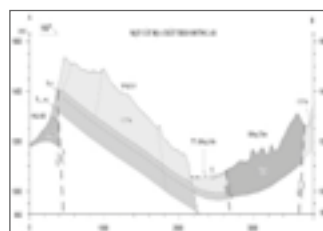
4.2.2. Mô hình địa chất thủy văn trong mối liên quan với cấu trúc địa chất khu vực trùng kiến tạo Đồng Văn

Trên cơ sở các kết quả thu được, thành lập mặt cắt cấu trúc địa chất dựa trên đặc điểm địa chất, các yếu tố khống chế, cơ chế và giai đoạn thành tạo trùng kiến tạo Đồng Văn cũng như thông số động học của các hệ thống đứt gãy phát triển trong vùng. (Hình 9).

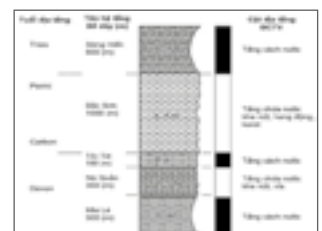
Trong bước tiếp theo, kết hợp kết quả phân tích mức độ chứa nước của các tầng đất đá với các kết quả nghiên cứu địa chất, địa tầng đã công bố (Trần Văn Văn, 2010, 2019, Đặng Trần Huyền, 2007) có thể thành lập được cột địa tầng địa chất thủy văn của khu vực nghiên cứu (Hình 10). Có thể nhận thấy, nước dưới đất trong khu vực nghiên cứu lưu trữ và vận động chủ yếu trong tầng chứa nước khe nứt trong đá carbonat thuộc hệ tầng Bắc Sơn (C-P bs), ngoài ra tập trung ít hơn ở tầng chứa nước khe nứt thuộc hệ tầng Nà Quân ($D_{1-2} nq$), Lũng Nậm ($C_{1t-v ln}$). Do thành phần thạch học chủ yếu là trầm tích lục nguyên, lục nguyên-phun trào nên hệ tầng Sông Hiến ($T_1 sh$), Tốc Tát ($D_3 tt$) và hệ tầng Mia Lé ($D_1 ml$) đóng vai trò là các tầng chắn nước.

Kết hợp mặt cắt cấu trúc địa chất (Hình 9) và cột địa tầng địa chất thủy văn (Hình 10) và kết quả xác định các cấu trúc chứa nước trong vùng thành lập mặt cắt địa chất thủy văn trùng kiến tạo Đồng Văn (Hình 11). Theo đó, mặt cắt địa chất thủy văn này đã làm nổi bật được cấu trúc chứa nước chính của vùng là đới đá vôi Bắc Sơn bị dập vỡ, nứt nẻ mạnh và một phần trong trầm tích bờ rời Đệ tứ, còn tầng chắn là tập sét vôi, vôi silic hệ tầng Tốc Tát và được giới hạn biên bởi hai đứt gãy F6 và F9. Nguồn cấp cho các tầng chứa nước karst này là các hệ thống dòng chảy ngầm trong khe nứt, đứt gãy thu nước mặt ở khối đá vôi ở phía Bắc thị trấn, các điểm xuất lộ nước, nước mặt từ các suối nhỏ chảy trên trầm tích lục nguyên hệ tầng Sông Hiến ở phía Nam và nước thấm xuống từ lớp phủ Đệ tứ.

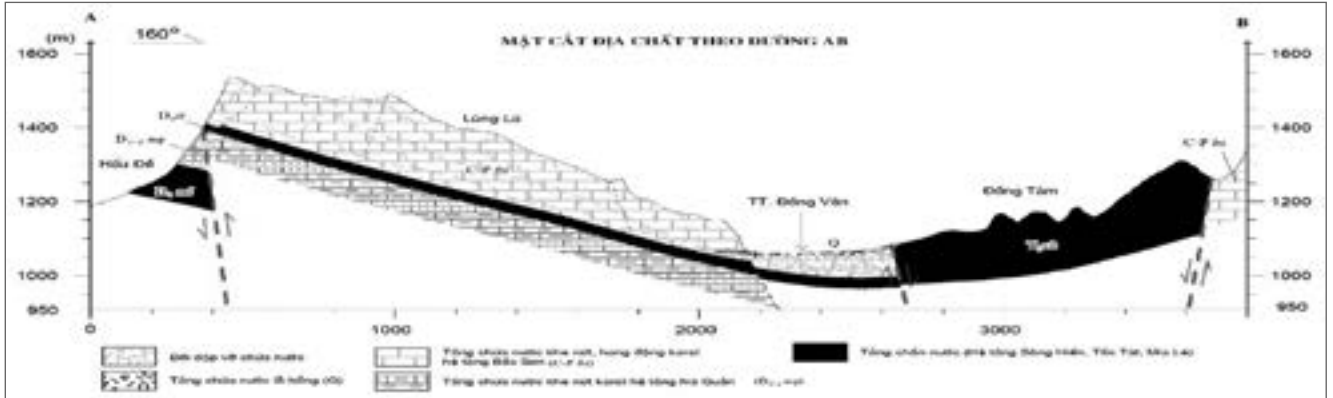
5. Kết luận



▲ Hình 9. Mặt cắt cấu trúc địa chất theo đường AB



▲ Hình 10. Cột địa tầng địa chất thủy văn khu vực nghiên cứu



▲ Hình 11. Mặt cắt địa chất thủy văn trung kiến tạo Đông Văn

Bài báo này đã làm sáng tỏ một số vấn đề liên quan đến điều kiện địa chất, địa động lực hình thành trung Đông Văn và mối liên quan với đặc điểm địa chất thủy văn tại khu vực thị trấn Đông Văn trên cơ sở phân tích, thống kê và mô hình hóa các thông số kiến tạo vật lý. Các kết quả đạt được từ nghiên cứu đã dẫn đến các kết luận sau:

- Kết quả phân tích TUSKT, tính chất dịch chuyển của các hệ thống đứt gãy cho phép xác định các yếu tố khống chế và các giai đoạn hình thành trung kiến tạo Đông Văn. Theo đó, trung được khống chế bởi hai hệ thống đứt gãy F6, F9 phát triển theo phương Tây Bắc-Đông Nam, được hình thành trong Kainozoi. Trong đó, giai đoạn Eocen-Miocen là giai đoạn hình thành trung Đông Văn và định hình các yếu tố khống chế, còn giai đoạn Pliocen-Đệ tứ là giai đoạn mở rộng và hoàn thiện trung Đông Văn theo cơ chế kéo tách (pull-apart).

- Mặt cắt địa chất thủy văn được thành lập trong nghiên cứu này đã làm nổi bật được cấu trúc chứa nước chính của vùng là đới đá vôi Bắc Sơn bị dập vỡ, nứt nẻ mạnh và một phần trong trầm tích bờ rời Đệ tứ, còn tầng chắn là tập sét vôi, vôi silic hệ tầng Tốc Tát và được giới hạn biên bởi hai đứt gãy F6 và F9. Nguồn cấp

cho các tầng chứa nước karst này là các hệ thống dòng chảy ngầm trong khe nứt, đứt gãy thu nước mặt ở khối đá vôi ở phía Bắc thị trấn, các điểm xuất lộ nước, nước mặt từ các suối nhỏ chảy trên trầm tích lục nguyên hệ tầng Sông Hiến ở phía Nam và nước thấm xuống từ lớp phủ Đệ tứ.

Các kết quả đạt được trong khuôn khổ bài báo cho thấy việc phân tích, tính toán và mô hình hóa các số liệu kiến tạo vật lý là một trong những phương pháp hiệu quả để xác định quá trình tiến hóa kiến tạo trong vùng karst. Tuy nhiên, nghiên cứu này vẫn còn những hạn chế do khả năng tiếp cận và các điểm khảo sát còn thưa thớt, trong tương lai cần có thêm những phương pháp nghiên cứu chuyên sâu để khẳng định về mặt định lượng hơn các kết quả nghiên cứu như phương pháp địa vật lý; nghiên cứu, lấy và phân tích các mẫu của lớp trầm tích lót đáy để xác định tuổi thành tạo trung kiến tạo.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài “Nghiên cứu lựa chọn, đề xuất một số địa điểm lưu giữ, chôn cất chất thải phóng xạ ở Việt Nam theo hướng dẫn của Tổ chức Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA), mã số TNMT.2022.02.19” đã cung cấp dữ liệu để nhóm nghiên cứu thực hiện bài báo ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Hưởng và nnk, 2016. Kiến tạo Kainozoi khu vực Cao nguyên đá Đông Văn qua phân tích hệ thống các hang động karst. Tạp chí Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 32, Số 2S (2016) tr.45-58.
2. Trương Quốc Hưng và nnk., 2013. Trường ứng suất và các chuyển động hiện đại trong vỏ Trái đất khu vực Đông Nam thêm lục địa Việt Nam. Tạp chí Các Khoa học về Trái đất, Số 35(1), tr.1-9.
3. Nguyễn Văn Lâm và nnk, 2010. Nghiên cứu sự hình thành, phân bố và đề xuất hệ phương pháp đánh giá và sử dụng tài nguyên nước ngầm vùng karst Đông Bắc Việt Nam. Lưu trữ tại Bộ Khoa học và Công nghệ, 361 trang.
4. Hoàng Xuân Tình và nnk, 1976. Địa chất nhóm tờ Bảo Lạc. Lưu trữ Trung tâm Thông tin tư liệu Địa chất. Hà Nội.
5. Trần Văn Trị và nnk., 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. Nhà Xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội.
6. Trần Tân Văn và nnk, 2010. Báo cáo Đề tài KHCN cấp Nhà nước KC.08/06-10: Điều tra nghiên cứu các di sản địa chất và đề xuất xây dựng Công viên Địa chất ở miền Bắc Việt Nam. Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
7. Trần Tân Văn và nnk. 2019. Báo cáo Dự án hợp tác Nghị định thư Việt Nam - CHLB Đức: Nghiên cứu triển khai công nghệ khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên nước ở các vùng núi đá vôi Việt Nam, áp dụng thử nghiệm ở một số khu vực thuộc Công viên Địa chất Toàn cầu Cao nguyên đá Đông Văn, tỉnh Hà Giang. Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.