

Khe nứt trong đá

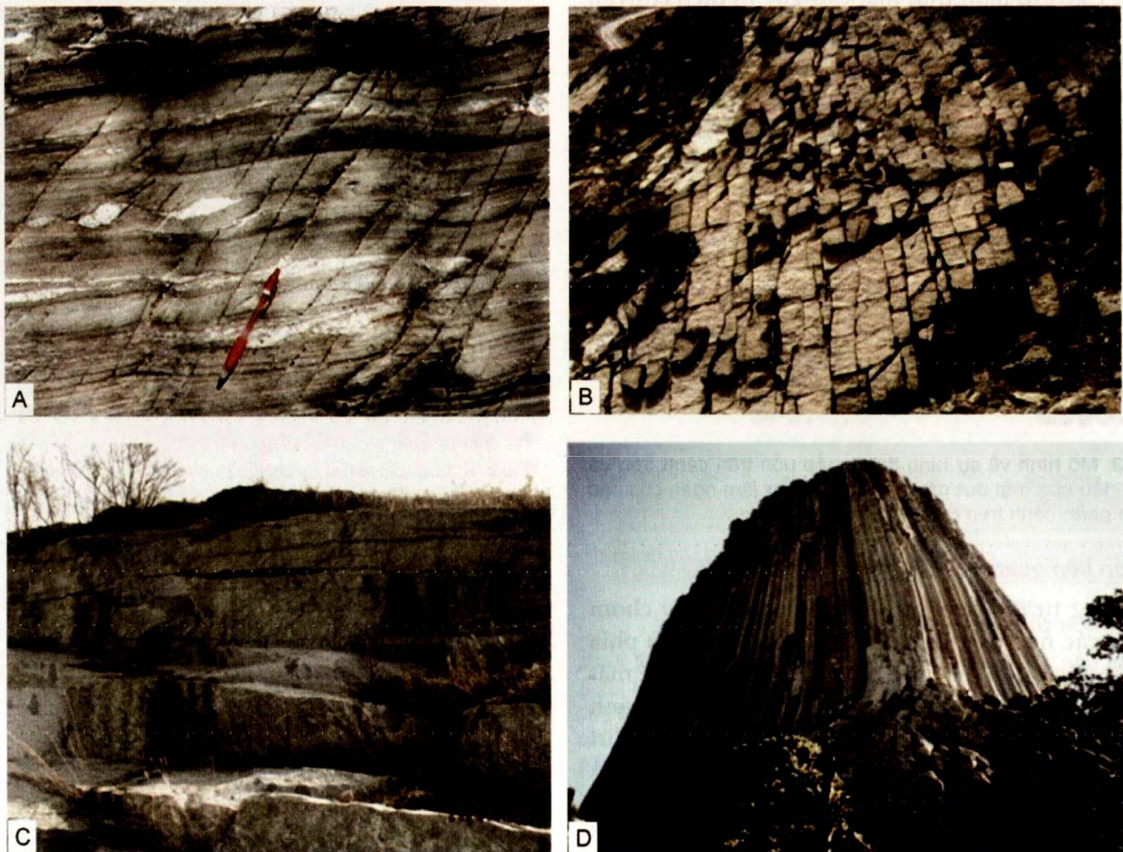
Trần Thanh Hải. Khoa Địa chất,
Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Khái niệm khe nứt

Trong Địa chất học, *khe nứt* là thuật ngữ để chỉ một mặt phát triển không liên tục trong một thể địa chất, trên đó thể hiện đá bị dập vỡ, mất đi tính liên tục và có thể tạo thành các mảnh nhỏ. Một khe nứt có thể tạo ra những khoảng trống lớn hoặc khe hở nhỏ trong thân đá. Khe nứt thường được hình thành khi ứng suất tác động vào thân đá lớn hơn sức bền của thân đá, làm cho thân đá bị mất đi tính bền vững dọc theo mặt xung yếu nhất của nó. Một số nhà địa chất quan niệm đứt gãy là thuộc phạm trù của khe nứt, nhưng nhiều nhà địa chất phân biệt giữa các khe nứt và đứt gãy. Thông thường, dọc theo khe nứt có rất ít sự dịch chuyển hoặc hầu như không có sự dịch chuyển của đá, trong đó sự dịch chuyển liên quan tới sự mở rộng của mặt vỡ lớn hơn sự dịch chuyển của đá ở 2 bên mặt khe nứt theo chiều song song với bề mặt khe nứt. Đặc tính này phân biệt khe nứt với đứt gãy, được định nghĩa

là một cấu tạo dập vỡ mà đá ở 2 bên mặt dập vỡ dịch trượt theo hai chiều ngược nhau với mức độ lớn hơn nhiều so với sự phân tách của khối đá ở 2 bên mặt dập vỡ.

Khe nứt thường được thành tạo do sự tác động của một trường ứng suất tự nhiên lên thân đá trong điều kiện biến dạng dập vỡ giòn. Chúng hình thành khi ứng suất tác động lớn hơn sức bền của thân đá dọc theo mặt tác động. Sự dập vỡ của đá có thể hình thành do sự căng giãn, ép nén hoặc dịch chuyển của của thể địa chất, sự tương phản nhiệt độ, mật độ và thể tích trong thân đá khi một bộ phận của nó bị nóng lên hoặc nguội lạnh, do thay đổi của trường ứng suất gần mặt đất. Sau khi các biến dạng tạo khe nứt ban đầu nói trên, một số biến dạng giòn khác có thể quan sát được bao gồm cả trượt ma sát hoặc sự dập vỡ phát triển kế thừa từ các khe nứt hoặc đứt gãy hình thành trước bị tái hoạt động.



Hình 1. Các loại khe nứt trong đá. **A.** Hệ thống khe nứt song song trong đá biến chất ở bờ phải Sông Cái, đông bắc thị trấn Khâm Đức (Quảng Nam). **B.** Hai tập hợp khe nứt gần vuông góc nhau, liên quan đến sự biến dạng uốn nếp của các đá carbonat thuộc vùng tây Iran, trong đó hệ thống khe nứt chính có mật độ dày hơn, song song nhau và song song với mặt trục của nếp uốn. **C.** Khe nứt dạng tấm song song mặt địa hình tại Sơn Đông (Trung Quốc). **D.** Khe nứt dạng cột phát triển trong đá xâm nhập phonolit ở Devil Tower, Ywoning (Mỹ). Ảnh: Trần Thanh Hải.

Khe nứt là cấu tạo phổ biến nhất, có thể quan sát được ở bất cứ đâu ở phần trên cùng của vỏ Trái Đất. Chúng phân bố trong nhiều loại đá khác nhau và hình thành từ nhiều môi trường kiến tạo. Chúng không chế đặc tính của nhiều kiểu địa hình đặc biệt trên bề mặt Trái Đất và đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong sự vận chuyển các dung dịch trong đá, như dầu khí hoặc nước và các dung dịch khác.

Quy luật phân bố khe nứt trong đá

Khe nứt thường phát triển ở những khu vực nhất định với mật độ và quy mô phụ thuộc vào đặc tính cơ lý của từng loại đá hoặc chiều dày của lớp đá bị tác động. Trong nhiều trường hợp, sự phát triển của khe nứt trong đá thường mang tính quy luật. Trong một khu vực, khe nứt có thể tạo thành một *tập hợp* gồm nhiều khe nứt song song nhau [H.1A]. Nếu trong đá có 2 hay nhiều tập hợp khe nứt giao nhau có quy luật và có cùng nguồn gốc, chúng được gọi là *hệ thống* khe nứt [H.1A, 1B]. Nếu một hệ thống có 2 tập hợp khe nứt vuông góc nhau, nó được gọi là *hệ thống khe nứt trực giao* [H.1B]. Nếu 2 tập hợp khe nứt giao nhau với góc khác 90° – gọi là *hệ thống khe nứt cặp đôi*.

Trong thực tế, có rất nhiều cấu hình của các hệ thống khe nứt khác nhau. Chúng phân biệt với nhau bởi mối quan hệ xuyên cắt lẫn nhau và chiều dài của các tập hợp khe nứt [H.1A]. Nếu trong một vết lộ có nhiều tập hợp khe nứt, trong đó một tập hợp gồm nhiều khe nứt có độ dài lớn còn các tập hợp khe nứt khác có chiều dài nhỏ hơn và cắt qua tập hợp khe nứt lớn, thì tập hợp khe nứt có chiều dài lớn hơn được gọi là *khe nứt chính* (hoặc chủ đạo), các khe nứt nhỏ được gọi là khe nứt chéo hoặc khe nứt phụ.

Trong các đá trầm tích bị biến dạng uốn nếp, các lớp đá thường có nhiều tập hợp khe nứt, trong đó hệ thống trực giao thường có quan hệ không gian với nếp uốn và có thể được chia thành 2 loại là khe nứt song song đường phương (song song trục nếp uốn) và khe nứt cắt phương (thường tạo một góc lớn với đường phương của lớp bị uốn nếp). Các hệ thống khe nứt cặp đôi trong lớp bị uốn nếp nhẹ gồm 2 tập hợp cắt nhau tạo thành một góc lớn với trục nếp uốn.

Trong đá xâm nhập và biến chất phân phiến yếu như granit hoặc gneis migmatit thường có một tập hợp khe nứt phân bố song song với bề mặt địa hình và có mật độ tăng lên có quy luật về phía bề mặt đất. Những khe nứt đó được gọi là *khe nứt dạng tấm* [H.1C]. Chúng hình thành chủ yếu do sự thoát tải của các đá, khi phần trên của vỏ Trái Đất di chuyển do tác dụng phong hóa, băng tan, v.v...

Trong các thể xâm nhập nông và các lớp phun trào thường phát triển *khe nứt dạng cột* [H.1D]. Các

tập hợp khe nứt phát triển từ bề mặt xuống dưới sâu một cách có quy luật nên chúng thường có dạng 6 cạnh trên mặt cắt vuông góc với các khối đá này. Các khe nứt dạng cột hình thành do sự giảm thể tích của thân đá magma đông nguội.

Phân loại khe nứt

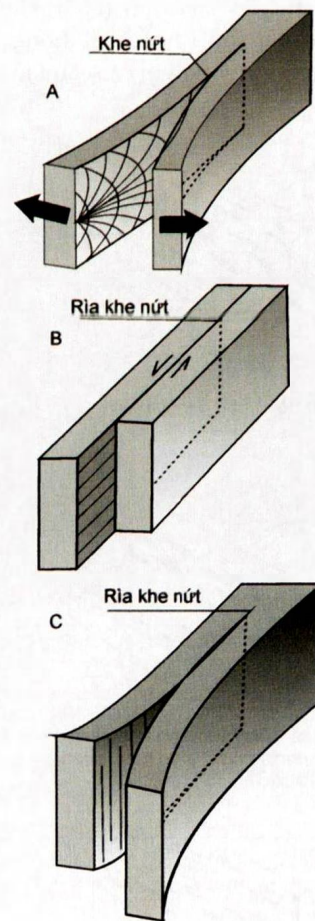
Phân loại theo phương thức hình thành

Có 3 kiểu biến dạng giòn chính dẫn tới sự thành tạo khe nứt [H.2].

Kiểu I. Khe nứt tách, hình thành do lực căng giãn theo phương vuông góc với thành khe nứt [H.2A].

Kiểu II. Khe nứt trượt, hình thành do sự dịch trượt, trong đó sự dịch chuyển tương đối xảy ra theo phương song song mặt khe nứt nhưng có hướng dịch chuyển vuông góc với rìa của nếp uốn [H.2B].

Kiểu III. Khe nứt trượt, hình thành do sự dịch trượt trong đó sự dịch chuyển tương đối xảy ra theo phương song song với khe nứt và với rìa khe nứt [H.2C].



Hình 2. Các kiểu khe nứt theo điều kiện thành tạo. A. Kiểu I - Khe nứt tách; B. Kiểu II - Khe nứt trượt với hướng dịch chuyển tương đối song song khe nứt nhưng vuông góc rìa khe nứt; C. Kiểu III - Khe nứt trượt với hướng dịch chuyển tương đối song song với khe nứt và song song với rìa khe nứt. Mũi tên đen trên các hình chỉ hướng của sự dịch chuyển của thân đá. Các khe nứt kiểu 2 và 3 tương ứng các đứt gãy.

Khe nứt kiểu II và kiểu III thường liên quan tới các đứt gãy hoặc trở thành đứt gãy. Bên cạnh đó, các khe nứt thường là sự kết hợp của 2 hoặc cả 3 loại trên.

Phân loại theo nguồn gốc thành tạo

Khe nứt kiến tạo

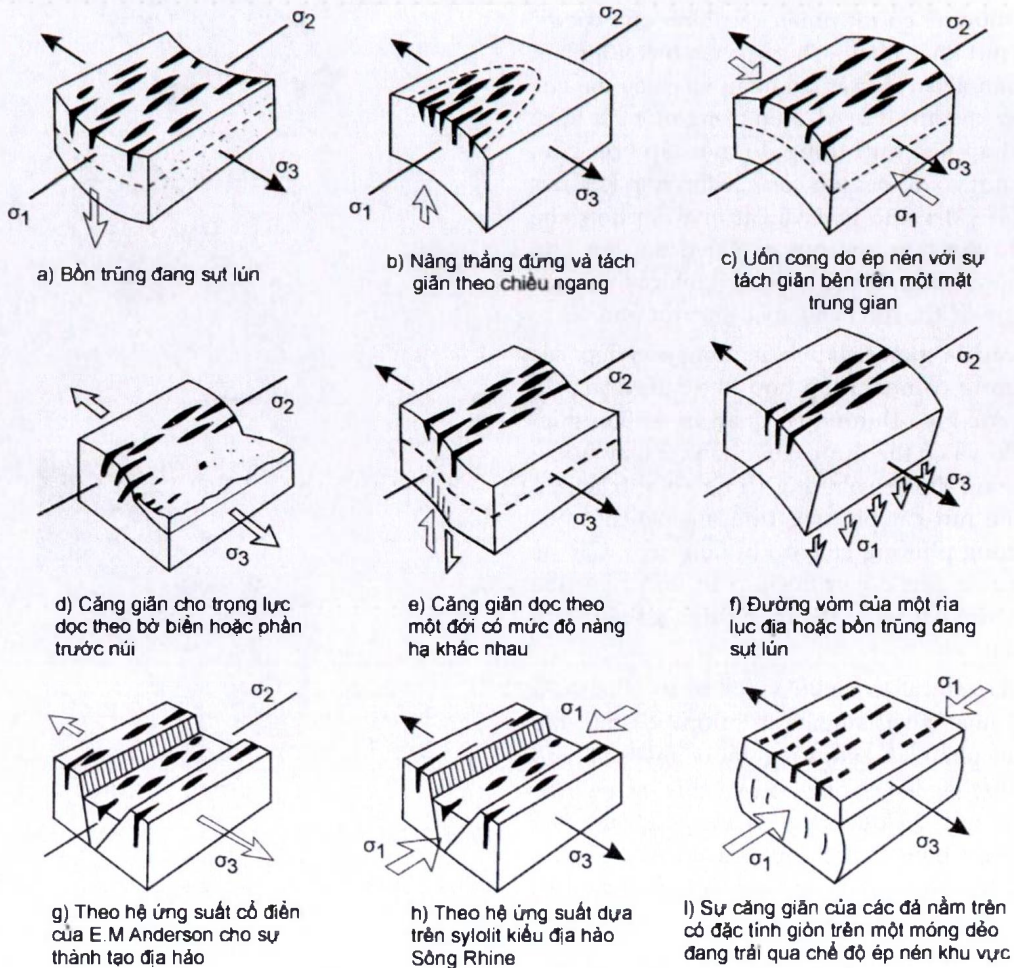
Khe nứt kiến tạo được thành tạo trong quá trình biến dạng của đá khi ứng suất đủ lớn để dẫn đến sự phá hủy thân đá mà không phụ thuộc vào chế độ kiến tạo. Các khe nứt loại này thường hình thành cùng với sự phát triển các đứt gãy hoặc nếp uốn. Đo đạc và xác định được quy luật phân bố của cấu hình các tập hợp khe nứt kiểu này có thể có ý nghĩa trong việc phân tích lịch sử kiến tạo của khu vực, bởi chúng cho các thông tin về sự định hướng của ứng suất và thời gian biến dạng.

Khe nứt do kiến tạo thường có mối quan hệ chặt chẽ với các trường lực gây ra bởi các vận động kiến tạo và thường phát triển một cách có quy luật so với phương vận chuyển kiến tạo [H.3]. Chúng tồn tại dưới dạng các tập hợp hoặc hệ thống có phương nhất định hoặc song song với các cấu tạo khu vực.

Các loại khe nứt do kiến tạo có thể phân ra những khe nứt hình thành trong các môi trường kiến tạo khác nhau. *Khe nứt tách* thành tạo trong môi trường căng giãn do hậu quả của các áp lực kiến tạo và nhiệt độ làm cho các đá căng giãn theo hướng gần vuông góc với hướng của khe nứt và có mặt ở tất cả các loại đá, thậm chí cả trong đá chưa bị biến dạng kiến tạo. Ngược lại, *khe nứt trượt* thành tạo do chuyển động trượt nhẹ, (gần) song song với mặt khe nứt, thường là hậu quả của sự chống chọi kiến tạo nên chúng thường có mặt trong các đá đó bị uốn nếp hoặc đứt gãy.

Phổ biến nhất là những khe nứt hình thành do sự biến dạng khu vực. Trong quá trình hội tụ hoặc xô húc của các mảng và tạo núi, ứng suất kiến tạo ép nén khu vực tác động lên những khu vực rộng lớn của vỏ Trái Đất. Các khe nứt thường được thành tạo trong các đai uốn nếp - chòm nghịch.

Trong biến dạng tạo núi, hướng của trường ứng suất cực đại nằm ngang và vuông góc với phương kéo dài của đai tạo núi. Khe nứt được thành tạo trong môi trường này thường vuông góc với phương của đai tạo núi. Tuy nhiên, hướng của khe nứt muộn



Hình 3. Sự định hướng của các hệ thống khe nứt liên quan với nhiều chế độ địa động lực khác nhau. Chú ý sự định hướng của khe nứt so với trục ứng suất ép nén cực đại trong các trường hợp khác nhau (theo Hatcher, 1995).

hơn có thể thay đổi do trạng thái ứng suất có thể biến đổi theo thời gian trong quá trình tạo núi.

Có thể chia khe nứt do kiến tạo thành 2 nhóm chính.

Khe nứt liên quan đến đứt gãy

Khe nứt trong đại tạo núi thường phát triển cùng các đứt gãy. Chúng tạo thành những tập hợp phân bố có quy luật và tạo các góc nhất định so với hướng dịch chuyển của các cánh của đứt gãy [H.4]. Có thể chia các khe nứt do đứt gãy ra thành 3 nhóm chính.

- Nhóm 1 gồm các khe nứt khu vực, hình thành trong đá do cùng trường ứng suất tạo đứt gãy hoặc làm cho khối đá dịch chuyển. Khe nứt kiểu này không song song với đứt gãy mà song song với phương của ứng suất cực đại (khe nứt T trong H.4A; H.5).

- Nhóm 2 gồm các khe nứt hình thành do sự biến dạng các đá ở 2 bên đứt gãy trong quá trình dịch chuyển [H.4B].

- Nhóm 3 gồm các khe nứt hình thành trong đá cạnh đứt gãy do tác động của ứng suất căng giãn tác động vào cánh của đứt gãy khi chúng bị dịch chuyển, đặc biệt tại những nơi các đứt gãy bị gián đoạn. Khe nứt thường phát triển ở nơi đứt gãy kết thúc và thường tạo các hệ thống dạng bậc song song và tạo một góc 30-45° so với mặt đứt gãy [H.5A], hoặc tạo thành các hệ thống dạng dạng lông chim hoặc đuôi ngựa [H.5B].

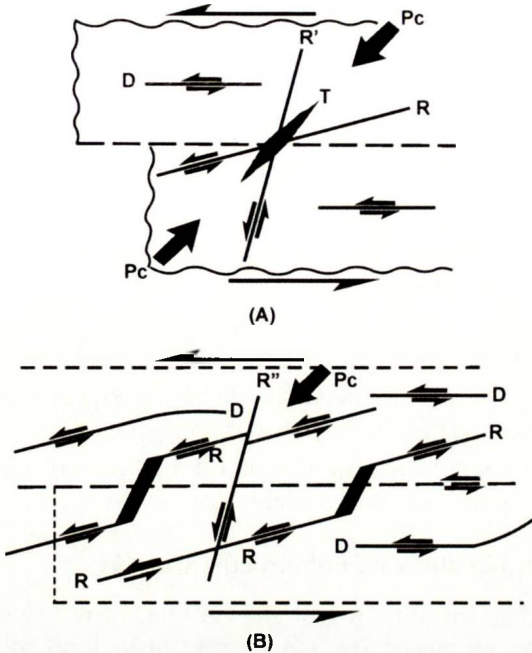
Khe nứt liên quan đến uốn nếp

Trong trường hợp đá bị uốn nếp trong môi trường không biến chất, khe nứt cũng phổ biến và thường liên quan đến sự giải phóng ứng suất hoặc ứng suất căng giãn do sự uốn cong của các lớp đá làm cho các đá tái đàn hồi và thay đổi hình dạng. Sự thay đổi này có thể dẫn đến sự hình thành các khe nứt tách ở phần cung ngoài của lớp bị uốn nếp. Loại khe nứt này thường có phương kéo dài song song với trục của nếp uốn và có thể chụm lại ở phần nhân trong của nếp uốn [H.6].

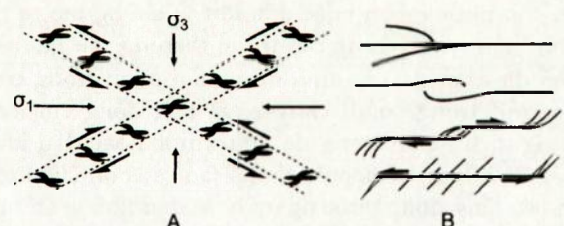
Hình thái và mật độ của khe nứt liên quan với nếp uốn thường do phụ thuộc vào mức độ biến dạng của lớp đá trong quá trình uốn nếp. Các tập hợp khe nứt thường có sự biến đổi từ phần vòm tới phần cánh của nếp uốn.

- Ở phần vòm nếp uốn, các khe nứt thường song song với trục nếp uốn và vuông góc với lớp đá [H.6]. Các khe nứt tách và các đứt gãy thuận thường tạo thành bởi ứng suất căng giãn do sự uốn cong, ngay trong phần cung ngoài của nếp uốn. Các khe nứt kiểu stylolite và chòm nghịch thường thành tạo do ứng suất ép nén trong phần cung trong của nếp uốn.

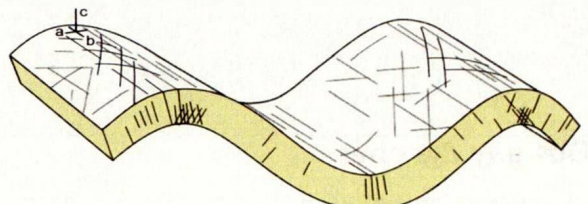
- Ở phần cánh của nếp uốn, các khe nứt song song với trục nếp uốn nhưng tạo 1 góc nghiêng nhất định so với lớp. Chúng liên quan tới sự trượt giữa các lớp đá trong quá trình uốn nếp.



Hình 4. Các hệ thống khe nứt phát sinh có thể gặp trong một đứt gãy dạng giòn. **A.** Mối liên quan của hệ thống khe nứt với sự định hướng của lực tác động (Pc). **B.** Các hệ thống khe nứt chủ yếu có thể phát triển ở trên, bên trong và ở lân cận một mặt đứt gãy (trường hợp minh họa là dịch bằng trái) (DG) và sự định hướng có quy luật của chúng so với mặt đứt gãy (nhìn trên mặt cắt song song với phương trượt). R và R' là khe nứt trượt kiểu Riedel, D: khe nứt trượt, T: khe nứt tách.



Hình 5. Khe nứt hình thành trong đá cạnh đứt gãy. **A.** Khe nứt dạng bậc, được hình thành song song với trường ứng suất ép nén cực đại (σ_1) và vuông góc với trường ứng suất căng giãn cực đại (σ_3); 1 và 2 là các thể hệ khe nứt hình thành trước và sau. **(B)** Một số dạng khe nứt phát triển cùng với các đứt gãy không liên tục. Trong trường hợp này, các khe nứt thường tạo thành những góc nhất định so với thành đứt gãy.



Hình 6. Sự phân bố không gian, hình thái và mối quan hệ giữa các khe nứt với nếp uốn.

Khe nứt phi kiến tạo

Ngược với các khe nứt kiến tạo, khe nứt phi kiến tạo hình thành trong những điều kiện trên mặt, như đập vỡ thủy lực tự nhiên hoặc nhân tạo, sự tương phản nhiệt độ, mật độ và thể tích trong

thân đá, do thay đổi trường ứng suất gần mặt đất dưới tác động của sự bóc mòn. Đặc trưng của các khe nứt phi kiến tạo là các tập hợp khe nứt có dạng tâm và dạng cột [H.1C; 1D].

Phân loại theo sự định hướng của khe nứt

Theo cách phân loại này, có thể chia khe nứt thành 3 nhóm dựa vào mối quan hệ hình thái với các đá chứa khe nứt.

- *Khe nứt theo đường phương* là những khe nứt chạy song song với đường phương của đá chứa khe nứt.

- *Khe nứt theo hướng dốc* là những khe nứt chạy song song theo hướng dốc của đá vây quanh.

- *Khe nứt chéo* là các khe nứt cắt chéo phương đường hướng dốc hoặc đường phương của đá vây quanh.

Ý nghĩa của việc nghiên cứu khe nứt

Nghiên cứu quy luật phân bố của khe nứt và mối quan hệ của chúng với nguyên nhân hình thành chúng có thể cho các nhà địa chất những thông tin quan trọng để suy luận về trạng thái ứng suất của đá và biểu hiện cơ lý của đá, cũng như về cơ chế biến dạng của đá.

Khe nứt có thể tạo ra tính thấm cho sự di chuyển của dung dịch như dầu khí hoặc nước. Những đá có mức độ đập vỡ cao có thể tạo ra các bồn chứa thuận lợi cho nước ngầm hoặc dầu khí vì chúng tạo ra cả tính thấm và độ rỗng cao trong thân đá. Từ lâu các nhà địa chất đã xác định được tầm quan trọng của khe nứt trong sự di chuyển và tích đọng của các dung dịch ngầm trong đá, như nước hoặc dầu khí. Các đá bị đập vỡ mạnh có thể tạo các bồn chứa tốt cho sự lắng đọng nước ngầm hoặc dầu khí, vì chúng tạo ra độ rỗng và khả năng thấm tốt cho đá. Nhiều dự án công nghiệp đã tập trung vào việc nghiên cứu các khu vực tàng trữ nước hoặc dầu khí, liên quan tới các đới đập vỡ lớn trong vỏ Trái Đất.

Trong địa chất công trình và địa kỹ thuật, khe nứt thường phá hủy tinh liên tục của các thể đá, tác động lớn và làm thay đổi đặc tính cơ lý của thể đá ban đầu như tính bền vững, tính thấm của đá, tác động lớn tới sự ổn định của công trình xây dựng, đặc biệt ở những nơi xây dựng các công trình tải trọng lớn như cầu, đập, nền móng, vách dốc, đường hầm, nhà máy, v.v...

Tài liệu tham khảo

- Davis G.H. and S.J. Reynolds, 1996. The structural geology of rocks and regions (2nded.). Wiley, 776 pgs.
- Hatcher R.D., 1995. Structural Geology: Principles, Concepts, and Problems. Prentice Hall. 525 pgs.
- Lê Như Lai, 2001. Giáo trình địa chất cấu tạo. NXB Giao thông Vận tải. 345 tr. Hà Nội.
- Marshak S. and G. Mitra, 1988. Basic Methods of Structural Geology. Prentice Hall. 446 pgs.
- Park R.G., 1983. Foundations of Structural Geology. Blackie. 202 pgs.
- Paschier C. W. and R. A. J. Trouw, 1998. Microtectonics. Berlin: Springer. ISBN 3-540-58713-6.
- Ramsay J. G. and Huber M. I., 1987. The techniques of modern structural geology. Vol. 2: Folds and Fractures. Academic Press. 391 pgs. London.
- Ramsay J. G. and M. I. Huber, 1983. The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 1: Strain Analysis. Academic Press. 307 pgs. London.
- Ramsay J. G., 1967. Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Book Company. 568 pgs. New York.
- Tạ Trọng Thắng, Lê Văn Mạnh, Chu Văn Ngợi, 2003. Địa chất cấu tạo và vẽ bản đồ địa chất. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội. 298 tr. Hà Nội.
- Van der Pluijm B.A. and Marshak S., 2004. Earth Structure - An Introduction to Structural Geology and Tectonics (2nded.). W.W. Norton. 656 pgs. New York.