

Ngoài DSTNTG, Công viên địa chất toàn cầu UNESCO (CVĐCTC UNESCO) cũng là danh hiệu di sản được UNESCO xét công nhận hàng năm. Theo định nghĩa của UNESCO, Công viên địa chất là một vùng có giới hạn xác định, có một hoặc một vài tầm quan trọng khoa học, không chỉ riêng về địa chất, mà còn cả các giá trị độc đáo về văn hoá, sinh thái và khảo cổ học. Quan niệm CVĐCTC UNESCO thừa nhận mối quan hệ giữa con người - địa chất và khả năng sử dụng khu di sản cho phát triển kinh tế bền vững. Hiện nay Việt Nam có 2 khu vực đã được công nhận là CVĐCTC UNESCO gồm Cao nguyên đá Đồng Văn, tỉnh Hà Giang (2009) và Non Nước Cao Bằng, tỉnh Cao Bằng (2018).

Tất cả các DSTNTG và CVĐCTC UNESCO của Việt Nam kể trên đều thuộc về các vùng địa hình karst.

## 2.2. Cơ chế hình thành và phát triển karst

Hoạt động karst chủ yếu được hiểu là quá trình hòa tan của các đá có khả năng hòa tan trong nước thiên nhiên, chủ yếu là đá carbonat, tạo nên các dạng địa hình karst khác nhau. Dưới đây giới thiệu chủ yếu về hoạt động karst của đá vôi, loại đá tiêu biểu và phổ biến nhất trên Trái Đất.

Đá vôi là loại đá có khả năng hòa tan tốt trong nước và để lại rất ít tàn dư. Tuy nhiên, để có thể hòa tan đá vôi trong nước tự nhiên cần có thêm một hợp phần quan trọng nữa là khí carbonic ( $\text{CO}_2$ ) hòa tan. Trong thiên nhiên, nước mưa khi rơi xuống mặt đất đã hòa tan một lượng khí carbonic nhất định. Khi trở thành nước chảy trên mặt đất hoặc nước ngầm, quá trình hòa tan carbonic vẫn tiếp tục nếu như nước được tiếp xúc với không khí. Khả năng hòa tan đá vôi của nước tỷ lệ thuận với hàm lượng carbonic hòa tan trong nó. Trên thực tế, chỉ cần chứa một hàm lượng carbonic nhỏ thì nước đã có khả năng hòa tan đá vôi tốt vì khi đó nó đã trở thành một loại acid carbonic loãng ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

Đá vôi chủ yếu được cấu tạo từ khoáng vật calcit ( $\text{CaCO}_3$ ). Sự hòa tan đá vôi rồi kết tủa lại được biểu diễn bằng phương trình hóa học thuận nghịch:  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Bicarbonat calci [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ] là một chất hòa tan, được di chuyển cùng dòng nước thiên nhiên, đến khi gặp điều kiện thích hợp, ví dụ nhiệt độ tăng làm nước bay hơi thì calcit lại được kết tủa, hình thành đá vôi. Loại đá vôi này tạo nên các thể thạch nhũ trong hang động và đá travertin dưới nền hang hoặc tại các dòng suối bắt nguồn từ vùng núi đá vôi.

Hoạt động karst gồm 3 quá trình - quá trình phá hủy (chủ yếu là hòa tan), quá trình vận chuyển (sản phẩm hòa tan theo dòng nước tự nhiên) và quá trình tích tụ (tạo nên các thể địa chất mới).

Hoạt động karst xảy ra mạnh hay yếu phụ thuộc vào khả năng hòa tan của đá vôi, cấu trúc địa chất, đặc điểm địa hình, chế độ khí hậu, lượng nước tự nhiên và khả năng lưu thông của chúng,... Khả năng hòa

tan của đá vôi lại phụ thuộc vào chính bản chất của nó, như hàm lượng khoáng vật calcit, độ nứt nẻ, độ rỗng,... Khả năng lưu thông của nước phụ thuộc vào lượng nước, độ rỗng và liên thông của các khoang rỗng trong đá vôi, độ chênh cao của địa hình, trong đó độ cao tương đối giữa tầng đá vôi với các tầng đá phi karst trong khu vực đóng vai trò quan trọng.

### **Karst kín và karst hở**

Khả năng hòa tan đá vôi của nước tự nhiên phụ thuộc nhiều vào thành phần hóa học của nước, đặc biệt là hàm lượng khí carbonic ( $\text{CO}_2$ ) hòa tan. Hàm lượng này lại phụ thuộc vào nhiệt độ. Chính vì vậy, nhìn chung hoạt động karst ở vùng có nhiệt độ cao quanh năm và nước không bị đóng băng mạnh hơn hoạt động karst ở vùng ôn đới, nơi có nhiệt độ thấp hơn và nước bị đóng băng một thời gian trong năm. Tùy thuộc vào điều kiện khí hậu, đặc điểm lộ của tầng đá vôi và có hay không có lớp phủ, hai kiểu karst chính được phân định - karst hở và karst kín. Tuy nhiên giữa hai kiểu này không có ranh giới rõ ràng, trên thực tế giữa chúng có nhiều dạng trung gian.

**Karst hở** thường gặp ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, nơi có nền nhiệt cao tạo điều kiện cho quá trình hòa tan đá vôi thuận lợi. Tại các vùng này, những trận mưa rào thường xảy ra, cuốn đi tất cả những sản phẩm bề rời còn sót lại sau quá trình hòa tan đá vôi. Do đó bề mặt của khối đá luôn hở và chịu tác động thường xuyên của những nhân tố trên bề mặt. Hoạt động karst phát triển rất mạnh và tạo ra đủ các dạng địa hình như rãnh xẻ, phẫu karst, lòng chảo karst, lạch thủy động, thung lũng karst, hang động karst, cánh đồng karst,... Do chúng thường gặp ở vùng nhiệt đới, nên karst hở còn có tên gọi khác là karst kiểu nhiệt đới. Karst ở Việt Nam phần lớn thuộc kiểu này.

**Karst kín** phát triển ở những miền khí hậu ôn đới, mưa ít và không lớn, sản phẩm bề rời không bị cuốn trôi mất, bề mặt đá vôi thường bị phủ kín. Trong điều kiện đó, quá trình karst phát triển ngầm dưới mặt đất, tạo nên các kiểu dáng đặc biệt. Kiểu karst này còn được gọi là kiểu karst ôn đới.

### **Khái lược về hang động karst**

Hang động karst là những khoang rỗng có hình dạng và kích thước khác nhau được hình thành trong lòng khối đá carbonat, thông với mặt ngoài bằng một hoặc nhiều cửa. Hang động karst là kết quả hòa tan đá vôi, đá vôi dolomit, đá hoa,... bởi nước ngầm chứa  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Những đới giập vỡ dọc theo các đứt gãy kiến tạo là những nơi thuận lợi cho nước ngầm lưu thông và cũng dễ tạo thành hang động nhất. Hang động karst có thể liên kết thành hệ thống, phân bố thành nhiều tầng cao thấp rất khác nhau. Độ cao của các tầng hang thường tương ứng với các bậc thềm sông hoặc biển, do sự phát triển của chúng liên quan với các chu kỳ xói mòn của hệ thống sông.

Trong hang động karst thường có những loại thạch nhũ đẹp mắt, là kết quả của hoạt động nước ngầm trong hang. Trong các khe nứt của đá vôi luôn luôn lưu thông nước chứa  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  ở dạng hòa tan. Khi loại nước này nhỏ xuống từng giọt từ trần hang, gặp không khí trong hang có nhiệt độ cao hơn so với trong lòng đá - một lượng nước ( $\text{H}_2\text{O}$ ) bốc hơi và carbonat calci ( $\text{CaCO}_3$ ) kết tủa theo phương trình:



Do đó từ trần hang, nơi giọt nước nhỏ xuống, cũng như dưới nền hang, chỗ nước rơi, đều có kết tủa của  $\text{CaCO}_3$  dưới dạng các tinh thể calcit hoặc aragonit

lóng lánh. Kết quả là, cùng với thời gian, từ trên trần hang có những thạch nhũ rủ xuống, được gọi là chuông đá (stalactit), còn từ dưới nền hang mọc lên những măng đá (stalagmit). Chuông đá và măng đá không ngừng phát triển, lớn lên và dài ra, rồi cuối cùng giao nhau, hợp thành cột đá. Nguyên lý thì đơn giản vậy, nhưng sự hình thành thạch nhũ trong hang động karst còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, nên hệ thống thạch nhũ trong hang động cũng cực kỳ phong phú, đa dạng, đa sắc và tạo nên những kiệt tác của thiên nhiên, long lanh, kỳ ảo, làm say đắm lòng người.

Cá biệt có những hang karst được hình thành trong môi trường khác hẳn, thay vì các hợp chất carbonat  $[(CO_3)^{-2}]$  lại là sulphat  $[(SO_4)^{-2}]$ . Ví thể, thạch nhũ trong hang còn được hình thành từ các khoáng vật sulphat như thạch cao ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ). Hang Lechuguilla ở Hoa Kỳ là một hang như thế. Thành hang được phủ một lớp tinh thể thạch cao lóng lánh. Thạch nhũ trong hang có nhiều dạng kỳ dị, đôi khi trông như những cảnh san hô, không giống ở nơi nào khác. Ở Quảng Bình không có hang nào tương tự thế.

Các nhà nghiên cứu thường phân biệt hai loại hang là hang hoạt động và hang hóa thạch.



2.1. Hang Va - một trong những hang sông tuyệt đẹp trong VQG PNKB.

**Hang hoạt động** là loại hang còn đang tiếp tục phát triển, tăng lớn và hệ thạch nhũ của chúng còn đang được nuôi dưỡng bằng nước ngầm nên luôn được tươi mới, nảy nở. Thuộc loại này là các hang sông, nghĩa là dọc theo chiều dài của hang đang có dòng sông ngầm hoạt động. Có những đoạn lòng hang mở rộng, hình thành nên các hồ nước ngầm. Chính sự có mặt của dòng nước trong hang là nguyên nhân làm cho hang lớn dần và kết nối thành hệ thống, vì nước tự nhiên không ngừng hòa tan đá vôi trên đường vận chuyển của mình.

Các hang sông hiện nay thuộc về bậc hang liên quan đến hoạt động của mực nước ngầm hiện đại. Trong vườn Quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng có khá nhiều hang sông. Động Phong Nha đẹp nổi tiếng từ xa xưa cũng là một hang sông như thế. Hệ thạch nhũ phong phú trong hang không biết từ bao giờ đã long lanh soi bóng xuống dòng sông ngầm tuyệt đẹp này. Hang Khe Ry dài gần 20 km không chỉ là một hang karst đẹp mà cũng là hang sông dài nhất Đông Nam Á. Trong hệ thống hang Tú Làn, huyện Minh Hóa, các hang chính như hang Tú Làn, hang Ken, hang Kim, hang Hung Ton,... đều là những hang sông (hình 2.1). Trong vùng Phong Nha - Kẻ Bàng có nhiều dòng sông ngầm nước chảy cuộn cuộn trong hang, nhất là vào mùa mưa lũ. Thậm chí trong thế giới ngầm dưới lòng đất đó, những dòng sông ngầm cũng tạo nên ghềnh thác, cũng gầm gào như những con sông trên mặt đất (hình 2.2).



2.2. Thác nước trong động Sơn Đoòng, huyện Bố Trạch (Ảnh: Howard Limbert)



2.3. Suối Nước Mọc,  
huyện Bố Trạch

**Hang hoá thạch** là loại hang đã được nâng lên cao, thoát khỏi tầm hoạt động của mực nước ngầm hiện đại. động Tiên Sơn trong VQGPNKB thuộc loại hang này. Hệ thống thạch nhũ trong hang khá đẹp, song một số đã không còn được tiếp tục nuôi dưỡng, trở nên khô hạn. Nhiều chỗ các cột nhũ đổ ngổn ngang sau những chấn động của vỏ Trái Đất. Các hang hóa thạch thường có bình đồ cấu trúc phức tạp, gồm nhiều tầng hang, mỗi tầng lại gồm nhiều nhánh, nhiều phòng. Các hang Tối, hang Vòm, động Phong Nha trong VQGPNKB đều có những tầng và nhánh hang hóa thạch. Nhưng tầng hang thấp nhất của các hang kể trên còn gắn với mực xâm thực cơ sở hiện tại trong khu vực. Vì thế địa hình tầng này, đặc biệt là vách hang, có hình thái rất hiểm trở. Trong hang còn gặp cả những bãi cát do dòng sông ngầm tạo ra. Có bãi cát trong động Phong Nha từng được dùng làm bến đậu cho đội thuyền du lịch, đưa du khách lên thăm nhánh hang khô có tên Bí Kí (hình 2.4).

Hang động còn được phân loại theo chế độ nhiệt của hang: 1) Hang lưu thông là loại hang có ít nhất 2 cửa thông ra bên ngoài và không khí trong hang lưu thông tốt với không khí bên ngoài, nên nhiệt độ không khí trong hang dao động theo không khí ngoài trời. Các hang Tiên 1 ở huyện Tuyên Hóa, hang Hung Ton ở huyện Minh Hóa, hang Én ở huyện Bố Trạch ... là những hang thuộc loại này. động Sơn Đoòng trong VQGPNKB cũng thuộc loại này, nhưng vì kích thước quá lớn nên mặc dù có tới 4 cửa thông ra ngoài thì vẫn có điều bất thường: Khi đứng ở trước cửa chính vào động này luôn thấy có một luồng gió rất lạnh thổi ra. 2) Hang nóng là loại hang có cửa nằm ở mức thấp ngang với đáy hang. Vào mùa đông nhiệt độ ngoài trời hạ thấp, không khí bên trong nhẹ hơn không khí bên ngoài nên không thoát ra được, khiến nhiệt độ trong hang cao hơn bên ngoài. 3) Hang lạnh là loại hang có cửa thông ra bên ngoài nằm ở phần cao nhất của hang. Về mùa hè, không khí trong hang vẫn là thứ khí còn lại từ mùa đông nên lạnh hơn, nặng hơn và không thể thoát ra ngoài. Vì thế vào mùa hè nhiệt độ không khí trong hang thường thấp hơn nhiệt độ bên ngoài rất nhiều. động Thiên Đường trong VQGPNKB thuộc loại hang lạnh này.





2.4. Hang Bi Kí - một nhánh hang hóa thạch của động Phong Nha, huyện Bố Trạch



Hang Én, huyện Bố Trạch