

Địa vật lý địa tầng

Tổng Duy Thanh. Khoa Địa chất,
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐHQGHN).

Giới thiệu

Bên cạnh ba hình loại phân vị phổ biến là thạch địa tầng, sinh địa tầng và thời địa tầng, còn có những hình loại phân vị địa tầng được xác lập trên cơ sở thuộc tính khác nhau của đá về địa vật lý, về địa hóa. Những đá của cùng một lớp có thành phần giống nhau nên thuộc tính địa vật lý của chúng cũng tương tự nhau, như tính dẫn điện, từ tính, tính phản xạ sóng địa chấn, v.v... Việc sử dụng những thuộc tính lý hóa của đá để phân chia và đối sánh địa tầng vẫn là dựa trên nền tảng các nguyên lý cơ bản của địa tầng học.

Đáng chú ý nhất trong phương pháp nghiên cứu địa tầng trên cơ sở thuộc tính địa vật lý của đá là phương pháp carota, phương pháp cổ từ và phương pháp địa chấn. Phương pháp phân chia và đối sánh địa tầng dựa trên dữ liệu nghiên cứu về thuộc tính địa vật lý của đá ngày nay được ứng dụng rộng rãi, nhất là trong nghiên cứu địa tầng các thể địa chất ở dưới sâu, đặc biệt là trong điều tra, thăm dò dầu khí.

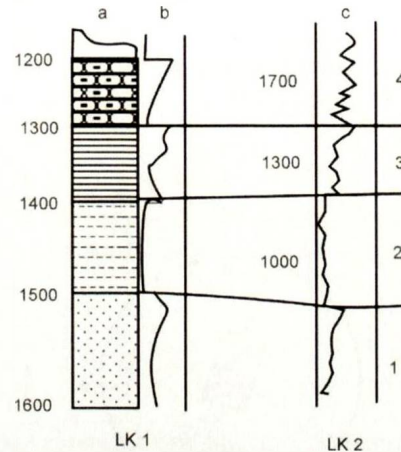
Carota và đối sánh địa tầng

Phương pháp carota (carottage) ngày nay được sử dụng khá rộng rãi do công tác khoan thăm dò dầu khí đang triển khai mạnh mẽ. Carota là việc nghiên cứu, so sánh mặt cắt địa chất của các lỗ khoan bằng cách đo tính chất vật lý của đá, do đó có phương pháp carota điện, carota từ và carota gamma, v.v... Phổ biến hơn cả trong công tác so sánh địa tầng là carota điện, trong phương pháp này nhà địa chất đo và ghi lại biểu đồ carota của lỗ khoan, trên đó thể hiện mức độ điện trở của đá trong lỗ khoan [H.1]. Các đỉnh nhọn ứng với đá có điện trở cao, còn các phần lõm (yên) ứng với đá có điện trở thấp. Ví dụ các đá chặt xít như đá vôi, cát kết dạng quartzit có điện trở tới 1.000 Ôm, trong khi đó đá sét chỉ 10 - 30 Ôm. Thường trong mỗi khu vực người ta cần có lỗ khoan chuẩn áp dụng tổ hợp với phương pháp để nắm được sự tương ứng giữa thành phần thạch học của các lớp đá trong lỗ khoan với biểu đồ carota. Sau đó, có thể so sánh biểu đồ carota điện ở các lỗ khoan khác với biểu đồ của lỗ khoan chuẩn để phân chia địa tầng của vùng mà không cần chờ kết quả phân tích trực tiếp các đá lõi khoan [H.1].

Từ địa tầng

Từ trường của Trái Đất

Cũng như nhiều hành tinh khác, xung quanh Trái Đất có từ trường và có thể dễ dàng phát hiện từ trường



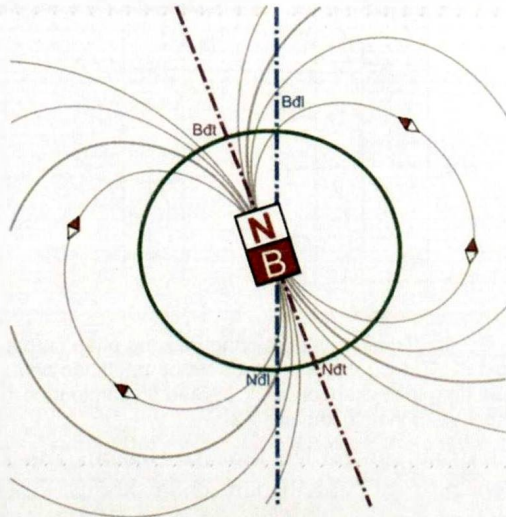
Hình 1. Sơ đồ đối sánh mặt cắt bằng phương pháp carota. Các tập 1, 2, 3, 4 có thành phần đá và bề dày khác nhau. a) Cột địa tầng theo lỗ khoan số 1. b) Biểu đồ carota theo lỗ khoan số 1 và c) theo lỗ khoan số 2.

qua tác dụng của nó lên kim nam châm. Trái Đất được coi như một thanh nam châm khổng lồ, kim nam châm luôn luôn hướng về hai cực của Trái Đất. Điểm cực bắc của từ trường gọi là địa từ cực bắc và cực nam của từ trường là địa từ cực nam. Hai cực của địa từ trường (từ cực) gần với điểm cực bắc và cực nam (cực địa lý) của Trái Đất nhưng không trùng với cực địa lý. Cực từ bắc có tọa độ $70^{\circ}B$ vĩ độ bắc và $96^{\circ}T$ kinh độ tây, trên lãnh thổ Canada, cách cực Bắc địa lý 800km. Cực từ nam có tọa độ $73^{\circ}N$ vĩ độ nam và $156^{\circ}Đ$ kinh độ đông, ở vùng Nam cực, cách cực nam địa lý 1.000km. Trục từ trường tạo với trục Trái Đất một góc $11,3^{\circ}$ [H.2]. Các từ cực thường có vị trí không ổn định và có thể thay đổi theo chu kỳ. Do đó bản đồ địa từ cũng phải thường xuyên điều chỉnh (5 năm một lần). Việc thu nhập các thông tin từ vệ tinh đã phát hiện các vành đai bức xạ bao quanh Trái Đất ở môi trường khí quyển trên cao từ 500 - 600km đến 60.000 - 80.000km; đó là từ quyển (từ tầng điện ly trở lên).

Từ trường của Trái Đất là một trường lưỡng cực, với một cực gần cực bắc địa lý và cực kia gần cực nam địa lý. Trường lưỡng cực này gần tựa như một thanh nam châm với cực nam hướng về bắc địa từ và ngược lại, cực bắc hướng về nam địa từ. Điều này mới nghe có vẻ như lạ lẫm, nhưng trong thực tế một đầu của kim nam châm được gọi là đầu bắc chỉ vì nó bị hút về hướng bắc của Trái Đất. Điều này phù hợp với quy luật là cực bắc của một thanh nam châm hút cực nam của thanh nam châm khác, đồng thời bị hút về cực nam của địa từ.

Một đường thẳng tưởng tượng nối hai địa từ cực tạo thành một góc khoảng $11,3^{\circ}$ so với trục quay của

Trái Đất [H.2]. Do có sự sai khác giữa địa cực địa lý và địa từ cực nên phương của kim nam châm không trùng với kinh tuyến mà tạo thành một góc, gọi là độ từ thiên. Đường nối liền các điểm có cùng độ từ thiên gọi là đường đẳng thiên. Kim nam châm cũng thường không nằm ngang mà tạo với đường nằm ngang một góc gọi là độ từ khuynh. Đường nối liền các điểm có độ từ khuynh bằng nhau gọi là đường đẳng khuynh. Đường nối các điểm có độ từ khuynh bằng 0 là đường xích tuyến.



Hình 2. Địa từ trường, địa từ cực và cực địa lý.

Đường thẳng nối hai cực từ tạo thành một góc $11,3^\circ$ so với trục quay của Trái Đất. B: Bắc của trường lưỡng cực; N: Nam của trường lưỡng cực; Bđl: Cực bắc địa lý; Nđl: Cực nam địa lý; Bđt: Cực bắc địa từ; Nđt: Cực nam địa từ. Hình thoi tượng trưng cho kim nam châm với đầu màu nâu đỏ là hướng bắc, màu trắng là hướng nam.

Cường độ từ trường

Cường độ từ trường tỷ lệ với lực mà nó tác động lên nam châm. Cường độ từ trường tăng dần từ xích đạo về phía cực, nhỏ nhất là ở xích đạo và lớn nhất là ở từ cực. Sự chênh lệch giữa từ trường đo được với trị số trung bình của từ trường nơi đó gọi là dị

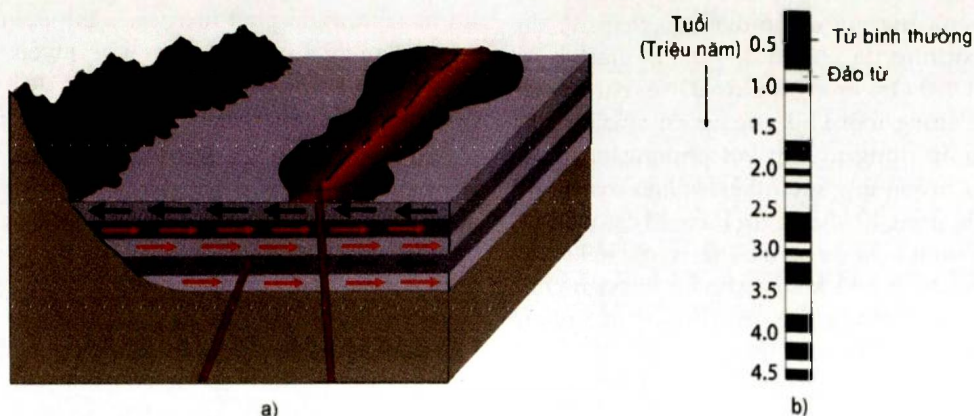
thường từ. Dị thường từ thường liên quan tới các mỏ sắt lớn nằm bên dưới, điều này đã giúp người ta phát hiện nhiều mỏ quặng sắt, chính mỏ sắt Thạch Khê của chúng ta đầu tiên đã được phát hiện do kết quả nghiên cứu địa từ.

Từ dư và điểm Curie

Do tác dụng của địa từ, vật chất trên Trái Đất đều có thể bị từ hóa, cả về cường độ và tọa độ từ, tức từ tính của vật bị từ hóa. Từ tính của vật khi bị từ hóa được giữ lại lâu dài, mặc cho có những biến cố xảy ra trong lịch sử địa chất như vị trí địa lý bị thay đổi, bị dịch chuyển chẳng hạn. Từ tính của vật bị từ hóa không bị thay đổi như vậy gọi là từ dư. Từ dư chỉ có thể bị phá hủy khi nhiệt độ của môi trường tăng cao đến điểm tới hạn tùy từng loại vật chất, điểm nhiệt độ phá hủy từ tính gọi là điểm Curie. Ở mỗi loại vật chất có nhiệt độ của điểm Curie riêng, ví dụ hematit [$\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$] và magnetit [$\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$] là hai khoáng vật quan trọng nhất mang từ tính có điểm Curie khoảng trên 600°C (hematit có nhiệt độ Curie bằng 685°C , magnetit - 573°C), còn điểm Curie của sắt là 770° . Magma trong lòng Trái Đất có nhiệt độ đến trên 1.000°C , cao hơn nhiều so với điểm Curie nên không thể bị từ hóa, nhưng trong quá trình kết tinh đến khi nguội đến điểm Curie thì khoáng vật trong magma sẽ mang từ tính và định vị về tọa độ từ. Như vậy dung nham cổ sẽ cho ta dữ liệu được ghi lại về tọa độ từ và cường độ của từ trường Trái Đất vào thời điểm mà dung nham bị nguội đến điểm Curie và tọa độ đó được bảo tồn trừ khi bị nung nóng lên đến điểm Curie.

Đảo từ cực trong lịch sử Trái Đất

Giữa thế kỷ 20 các nhà địa chất đã biết hiện tượng xen kẽ các đới từ bình thường hay thuận từ và các đới đảo từ trong các dãy địa tầng của các đá phun trào và trầm tích [H.3]. Coi từ trường hiện tại của Trái Đất là bình thường (thuận từ), tức là các từ cực bắc nam gần trùng với các địa cực địa lý bắc và



Hình 3. Hiện tượng đảo từ.

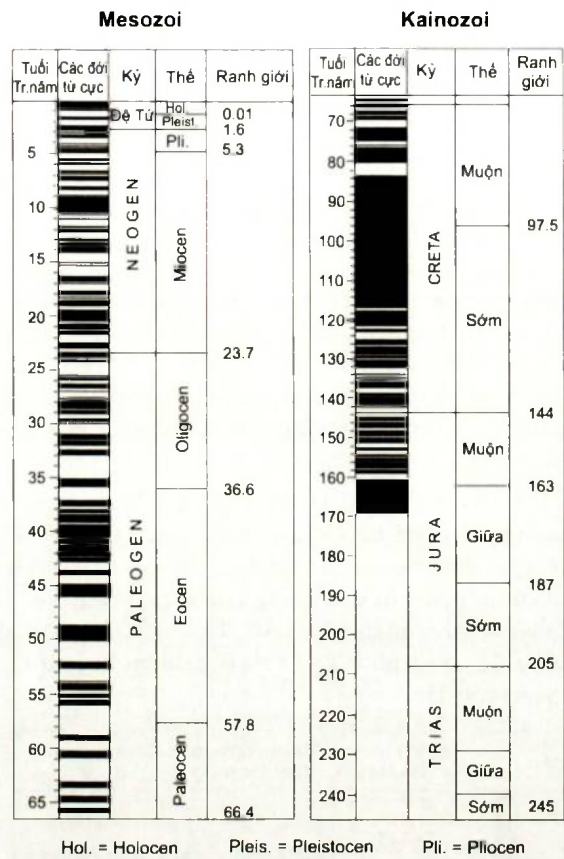
a) Đảo từ ghi lại trong dãy dung nham được biểu diễn bằng **mũi tên màu đỏ** thuận từ được biểu hiện bằng **mũi tên màu đen**. Dung nham chứa dấu ấn các sự kiện từ cực có thể xác định tuổi phóng xạ để có thể tái dựng thang thời từ. b) Sự đảo từ của 4,5 tr. năm gần đây được xác định từ dung nham trên lục địa. Những dải màu đen chỉ từ thuận, những dải màu trắng thể hiện đảo từ (Wicander R. & Monroe J. S., 1993).

nam hiện nay. Nhưng trong nhiều thời kỳ trong quá khứ địa chất từ cực bắc và nam của Trái Đất được ghi lại trong đá lại bị đảo ngược, tức là cực bắc trở thành cực nam và ngược lại. Dữ liệu về sự thay đổi cực từ (đảo cực từ) theo nghiên cứu đá basalt ở hai bên của sống núi đại dương là cơ sở cho việc xác lập từ địa tầng cho khoảng thời gian 160 triệu năm gần đây.

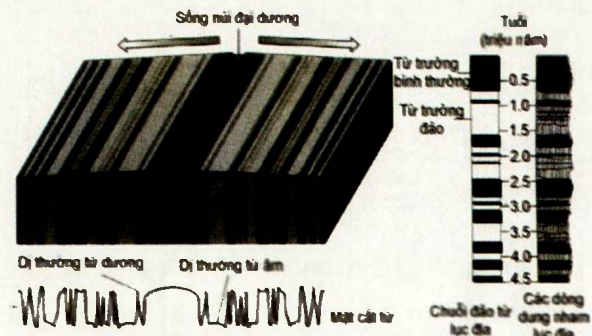
Hiện tượng đảo từ đầu tiên được phát hiện nhờ xác định sự định hướng của từ dư trong dung nham trên lục địa [H.3]. Sự đảo từ cũng được phát hiện trong đá basalt biển và trong đá trầm tích biển sâu. Hiện tượng đảo từ cực gần đây nhất được ghi lại trong đá có tuổi cách đây 20.000 năm. Gọi *gian cách địa từ cực* là thời gian của hiện tượng từ trường thuận (hoặc đảo từ). Có hai loại gian cách từ cực với thời gian khác nhau, đó là *thời từ* ($10^6 - 10^7$ năm), thời từ có thể gồm nhiều *phân thời từ* ($10^5 - 10^6$ năm), trong đó có thể là ưu trội của đảo từ hoặc từ thuận, hoặc hỗn hợp đảo từ và từ thuận. Kết quả nghiên cứu các đá phun trào và đá trầm tích biển sâu đã cho ta thành lập thang thời địa từ trình bày trên hình 4. Gian cách từ cực khá ngắn (khoảng 50 nghìn năm) không thể xác định bằng phương pháp đồng vị đối với các đá phun trào nhưng có thể xác định được trong các đá trầm tích biển sâu vì chúng đã ghi lại được một cách gần liên tục lịch sử địa từ của 200 triệu năm qua [H.4].

Những dải dị thường từ (sự chênh lệch của cường độ từ trường so với giá trị trung bình của từ trường Trái Đất) được phát hiện trong các đá nằm dọc và đối xứng theo các sống núi giữa đại dương [H.5]. Khuynh hướng của dị thường từ đại dương lại xúng hợp với xu hướng đảo từ đã biết trong dung nham lục địa [H.3]. Khi xuyên lên và bị nguội dọc theo đỉnh sống núi ngầm thì nó cũng ghi lại từ trường vào thời điểm được thành tạo, kể cả các hiện tượng dị thường và đảo từ. Một vỏ mới được thành tạo tại đỉnh còn vỏ thành tạo trước lại bị đẩy chuyển xa theo chiều ngang từ sống núi ngầm. Những dải từ này, thể hiện thời gian của từ cực thuận hoặc đảo từ song song và đối xứng dọc theo sống núi ngầm.

Hiện nay nguyên nhân của hiện tượng đảo từ vẫn chưa rõ, nhưng cứ liệu về chúng trong lịch sử địa chất đã được minh chứng. Điều quan trọng là hiện tượng đảo từ và thuận từ được ghi lại trong đá đã diễn ra đồng thời dù đá đó được thành tạo ở những vị trí địa lý khác nhau. Điều quan trọng là hiện tượng đảo từ và thuận từ đã diễn ra nhiều lần trong lịch sử địa chất, nhưng mỗi lần xảy ra đều đồng thời trên bề mặt Trái Đất. Điều này đã giúp nhà địa chất ứng dụng để đối sánh các tầng, sự xen kẽ của các đới từ cực thuận và các đới đảo từ cực đã được sử dụng tốt cho việc đối sánh địa tầng nhất là trong các trầm tích Kainozoi.



Hình 4. Các đới từ cực Mesozoi và Kainozoi. Màu đen thể hiện đới từ cực thuận, màu trắng thể hiện đới đảo cực từ (Condie K. & Sloan R., 1998).



Hình 5. Đối xứng địa từ ở hai phía của dải núi ngầm đại dương. Dị thường từ thành tạo lúc magma basalt xuyên vào sống núi đại dương; khi magma nguội đến điểm Curie, nó ghi lại từ cực Trái Đất thời đó. Những xuyên trào sau đó sẽ xẻ vỏ được tạo trước thành hai nửa để chuyển dịch ngang từ sống núi đại dương. Những xuyên trào lặp lại sẽ sinh ra những loạt dị thường từ phản ánh các thời kỳ từ cực bình thường và đảo từ cực. (Wicander R. & Monroe J. S., 1993).

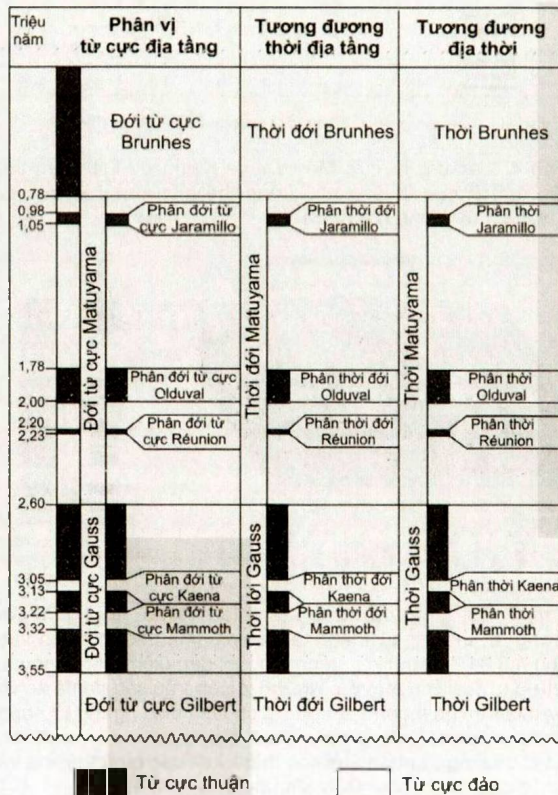
Phân vị từ địa tầng

Phân vị từ địa tầng được xác lập trên cơ sở từ tính của đá, đó là tập hợp các đá nằm trong trình tự nguyên thủy, hợp nhất với nhau bởi các đặc điểm từ tính của chúng, giúp phân biệt chúng với các tập hợp giáp kề. Ranh giới của phân vị từ địa tầng được đánh dấu do sự thay đổi đột ngột các đặc điểm này.

Phân vị cơ bản của loại hình từ địa tầng là *đới từ cực địa tầng*, gồm tập hợp các đá có cùng một đặc điểm từ tính – từ cực thuận và từ cực đảo. Hiện tượng đảo cực từ diễn ra đồng thời trên toàn bộ Trái Đất, do đó các phân vị từ cực địa tầng có ý nghĩa tốt trong đối sánh địa tầng mang tính toàn cầu.

Hiện tượng *đảo từ cực* đầu tiên được quan sát rõ nét trong các mặt cắt của trầm tích Kainozoi, nhất là ở những mặt cắt của loạt trầm tích tách giãn đại dương. Trong đó thấy rõ sự xen kẽ đều đặn những đới từ cực thuận và những đới đảo từ cực. Các đới này đối xứng nhau trong các loạt trầm tích ở hai phía của sống núi đại dương (rift của ranh giới mảng phân kỳ) chứng tỏ những đới này được hình thành đồng thời.

Đới từ cực địa tầng có thể phân thành các phân đới và cũng có thể hợp nhau thành các liên đới [H.6; Bảng 1]. Đới từ cực địa tầng có thể gồm 1) Tập hợp đá có tính chất từ cực giống nhau. 2) Tổ hợp các tập đá có từ cực thuận và từ cực đảo. 3) Tổ hợp các đá, trong đó có sự ưu trội của từ cực thuận hoặc ưu trội của từ cực đảo.



Hình 6. Ví dụ về tên gọi các phân vị từ cực địa tầng của lịch sử Trái Đất trong 3,5 triệu năm gần đây.

Tên gọi của đới từ cực địa tầng. Về nguyên tắc, tên của đới từ cực gồm các yếu tố sau đây – a) Cấp bậc đới (Đới, Phân đới, Liên đới); b) Đặc tính từ cực của đới (thuận từ, đảo từ, hỗn hợp); c) Tên riêng của đới, gọi theo địa danh có mặt cắt chuẩn (stratotyp). Tuy nhiên, trong thực tế hiện nay phổ biến một số trường hợp “ngoại lệ”. 1) Một số đới được đặt theo tên

người có đóng góp lớn cho Địa từ học, những tên này được trân trọng gìn giữ, ví dụ Đới từ cực Brunhes, Đới từ cực Matuyama, Đới từ cực Gauss, v.v...[H.6]. 2) Hầu hết các phân vị từ cực địa tầng được xác lập ở đáy đại dương không được đặt tên mà ngay từ khi được xác lập đã ký hiệu bằng chữ số hoặc bằng con chữ theo di thường từ cổ điển tuyến tính tuân tự từ cổ đến trẻ.

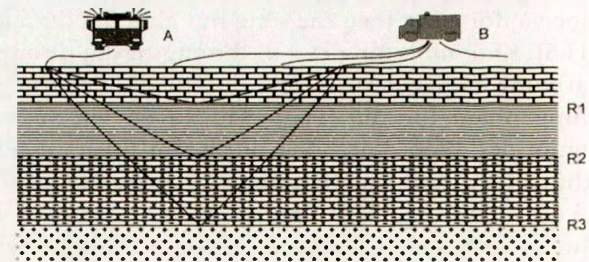
Thời là lượng địa thời của đới từ cực địa tầng. Trong trường hợp có phân đới hoặc liên đới – lượng địa thời tương ứng của chúng sẽ là phân thời, liên thời [Bảng 1].

Bảng 1. Các phân vị từ địa tầng và địa thời tương ứng.

Phân vị từ cực	Địa thời từ	Thời địa tầng
Đới từ cực	Thời	Thời đới
Phân đới từ cực	Thời (Phân thời)	Thời đới
Liên đới từ cực	Thời (Liên thời)	Thời đới (Liên thời đới)

Địa chấn địa tầng

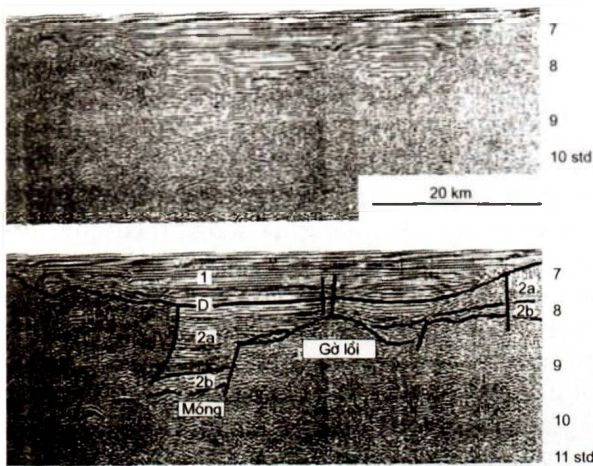
Phương pháp địa chấn đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu các thể địa tầng nằm sâu dưới lòng đất mà con người không thể quan sát trực tiếp được. Phương pháp này dựa trên cơ sở phân tích sự truyền sóng với những tốc độ khác nhau tùy thuộc vào bản chất đá của các lớp mà sóng truyền qua; những loại sóng này được tạo ra do những vụ nổ hoặc chấn động cơ học trên mặt đất. Những sóng đó khi đi qua các lớp đá sẽ bị phản xạ hoặc khúc xạ và được máy thu đặt trên bề mặt chuyển sang xung động điện [H.7].



Hình 7. Nguyên tắc đo sóng phản xạ địa chấn (Ch. Pomerol). R1, R2, R3: tín hiệu chỉ sự có mặt của mặt phản xạ tương ứng với gián đoạn thạch học. A: xe nguồn. B: xe thu và phân tích.

Thời gian giữa sự chấn động và sự phản hồi sau sự phản xạ qua một hoặc nhiều bề mặt của sự gián đoạn thạch học (gương hay mặt phản xạ) được ghi lại trên băng địa chấn. Biết tốc độ truyền sóng và thời gian truyền sóng ta suy ra độ sâu của mặt phản xạ và từ đó ta cũng biết được bề dày của mỗi tầng đá đồng nhất qua hai mặt phản xạ (ranh giới của tầng đá). Vì mỗi loại đá có tốc độ truyền sóng khác nhau, tốc độ đó có thể đo được qua thực nghiệm, từ đó đối chiếu với tư liệu đo được qua đợt tiên hành gây chấn động và đo sự truyền sóng có thể biết được đặc tính của các tầng đá dưới sâu. Những tiến bộ khoa học kỹ thuật đã cho phép áp dụng phương pháp địa chấn để nghiên cứu những thể địa tầng nằm sâu dưới đáy biển, đặc

biệt quan trọng trong nghiên cứu cấu trúc sâu của vỏ Trái Đất dưới biển để phục vụ cho nhiều mục tiêu khác nhau, nhất là việc tìm mỏ dầu khí dưới biển. Qua tiến hành các vụ nổ và thu sóng ta lập được mặt cắt địa chấn, từ đó nhà địa chất lập được mặt cắt địa chấn địa tầng của cấu trúc sâu dưới biển [H.8].



Hình 8. Mặt cắt địa chấn của một vùng đáy biển và xử lý địa tầng (đơn giản hoá từ Ch. Pomerol). 1: Trầm tích Eocen và hiện tại; D: gián đoạn trước Eocen thượng; 2a: Trầm tích Paleocen và Eocen hạ; 2b: Trầm tích Creta thượng; std - thời gian giây kép.

Phân vị địa chấn địa tầng

Phân vị địa chấn địa tầng là tập hợp các lớp đá được phân chia bằng các ranh giới địa chấn, gồm hai kiểu chủ yếu là mức địa chấn và các ranh giới địa chấn. *Mức địa chấn* là bề mặt ở bên trong một mặt cắt địa chất có các tín hiệu địa chấn ổn định theo chiều ngang, tương ứng với một kiểu sóng xác định (phản xạ, khúc xạ, trao đổi). Mức địa chấn tương ứng với đặc điểm đã chọn của sự ghi các tín hiệu địa chấn (thường là điểm cực trị chính hay là điểm khởi đầu), và phải liên hệ nó với một đoạn ổn định nhất theo chiều ngang và rất dễ phân biệt về thạch học ở bên trong một hệ tầng tạo sóng, đóng vai trò rất quan trọng trong việc tạo tín hiệu địa chấn. *Ranh giới địa chấn* tương ứng với chỗ nổi rõ. Đó là những giá trị trung bình của tốc độ truyền sóng đàn hồi thuộc các

loại khác nhau và mối tương quan giữa chúng, đặc điểm đường ghi địa chấn ở những khoảng riêng biệt của mặt cắt địa chấn, đặc điểm biểu diễn cấu trúc của chúng. Các ranh giới địa chấn có thể trùng hay không trùng với các mức địa chấn.

Phân vị địa chấn địa tầng (*đới địa chấn địa tầng*) cần được phân định trong những ranh giới địa chấn thuộc cùng một kiểu (ví dụ giữa các mức địa chấn phản xạ) để cho mỗi ranh giới của phân vị (mái hay đáy) theo chiều ngang được khống chế bởi các ranh giới địa chấn cùng loại (ví dụ mái phân vị vạch theo mức địa chấn phản xạ, thì đáy cũng phải theo mức địa chấn phản xạ).

Việc phân định một đới địa chấn địa tầng cần phải được tiến hành theo các phương pháp địa chất trực tiếp. Khối lượng địa tầng của các đới địa chấn địa tầng được xác lập bằng việc nội suy và ngoại suy các số liệu về liên kết các ranh giới địa chấn với các mặt cắt được đặc trưng về thạch học và cổ sinh vật học hoặc với các phân vị thạch địa tầng, sinh địa tầng. Các phân vị địa chấn địa tầng hiện được dùng chủ yếu trong việc tìm kiếm và thăm dò dầu khí.

Tài liệu tham khảo

Condie K. C. & Sloan R. E., 1998. Origin and Evolution of Earth. Principles of Historical Geology. *Printice-Hall, Inc.* 498 pgs.
http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_remanent_magnetization
http://vi.wikipedia.org/wiki/T%E1%BB%AB_tr%C6%B0%E1%BB%9Dng_Tr%C3%A1i_%C4%90%E1%BA%A5t
<http://www.coremagnetics.com/magneto.htm>
 Selley R.C, Cocks L.R.M., Plimer I.R. (Editors), 2005. Encyclopedia of Geology. Volume 1-5. *Elsevier. Academic Press.*
 Stanley S. M., 2009. Earth System History. 3rd Edition. *W.H. Freeman & Company.* New York. 551 pgs.
 Tổng Duy Thanh 2009. Lịch sử Tiến hóa Trái Đất (Địa sử). *NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.* 340 tr. Hà Nội.
 Tổng Duy Thanh, Vũ Khúc, Phan Cự Tiến, 1994. Quy phạm địa tầng Việt Nam. *Cục Địa chất Việt Nam xuất bản.* 76 tr. Hà Nội.
 Wicander R. J. & Monroe S., 1993. Historical Geology. *West Publishing Compagny.* 640 pgs. Minneapolis, St New York, Los Angeles. San Francisco.