

ĐỊA VẬT LÝ

Các mục từ: 1. Địa vật lý; 2. Địa chấn học; 3. Địa nhiệt học; 4. Địa nhiệt ứng dụng; 5. Địa từ học; 6. Địa vật lý giếng khoan; 7. Địa vật lý toán; 8. Thăm dò địa chấn; 9. Thăm dò địa vật lý; 10. Thăm dò điện và điện từ; 11. Thăm dò phóng xạ và địa vật lý hạt nhân; 12. Thăm dò trọng lực; 13. Thăm dò từ; 14. Trọng lực học; 15. Trọng lực vệ tinh khu vực Biển Đông; 16. Xử lý số liệu địa vật lý.

Địa vật lý

Ngô Văn Bưu. Khoa Dầu khí,
Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội.

Giới thiệu

Địa vật lý là ngành khoa học khảo sát định lượng các hiện tượng vật lý của Trái Đất. Địa vật lý phục vụ khảo sát quy mô lớn, cỡ hành tinh, nói chung trong phạm vi phần bên trong Trái Đất và bên ngoài Trái Đất thuộc thủy quyển và khí quyển cùng không gian vũ trụ. Mục từ này chỉ trình bày phân liên quan tới quyền rấn của Trái Đất, phục vụ nghiên cứu địa chất. Phần khoa học Địa vật lý dùng trong quy mô nhỏ, phục vụ các lợi ích của con người như khảo sát dầu khí, khoáng sản, v.v... được gọi là Thăm dò địa vật lý hoặc Địa vật lý ứng dụng. Địa vật lý khác Địa chất ở chỗ sử dụng công cụ vật lý để khảo sát đối tượng từ xa, thay vì quan sát trực tiếp. Ngày nay Địa vật lý đã phát triển mạnh mẽ nhờ công nghệ mới trong đo đạc (trong phòng thí nghiệm, ngoài trời và trên vệ tinh) và xử lý số liệu. Nhờ đó, việc thu thập số liệu được nhanh chóng, chính xác để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của con người, khi các nguồn tài nguyên khoáng sản gần mặt đất hầu như đã cạn kiệt, cần tìm kiếm dưới sâu trên đất liền và ngoài khơi.

Ở Việt Nam, các kết quả nghiên cứu địa vật lý bằng thiết bị của các chuyên ngành bắt đầu từ năm 1924 với trạm quan sát động đất Phú Liên (Kiến An, Hải Phòng). Lejey P. và Costes G. đo trọng lực bằng con lắc Holweck - Lejay (từ 1933) và công bố bản đồ trọng lực Đông Dương (1936). Tiếp sau đó là thành lập bản đồ phân vùng động đất Miền Bắc Việt Nam (năm 1968); tham gia năm Vật lý địa cầu (1957 -1958), xây dựng Đài Vật lý địa cầu Sa Pa (1957) để quan trắc địa từ và xây dựng bản đồ trường từ bình thường lãnh thổ Việt Nam (1992). Viện Vật lý địa cầu được thành lập năm 1986 thuộc Viện Khoa học Việt Nam (nay là Viện Hàn lâm Khoa học & Công nghệ Việt Nam), nhằm tiến hành nghiên cứu và điều tra cơ bản về "Vật lý địa cầu". Công tác thăm dò địa vật lý được phát triển chủ yếu từ 1954, sau thắng lợi của kháng chiến chống Pháp xâm lược, nhất là từ khi tìm kiếm dầu khí ở đồng bằng Sông Hồng (1961).

Nhiều công nghệ địa vật lý hiện đại được áp dụng ở Việt Nam, hiệu quả của nó thể hiện nổi bật trong công tác tìm kiếm, thăm dò và khai thác mỏ dầu Bạch Hổ trong đá móng granit thuộc bồn Cửu Long của thềm lục địa Miền Nam Việt Nam, trong thành lập bản đồ từ hàng không tỉ lệ 1:200.000 Miền Bắc Việt Nam và phát hiện mỏ sắt Thạch Khê, Hà Tĩnh năm 1962, v.v...

Các chuyên môn Địa vật lý trong nghiên cứu địa chất

Một số hiện tượng vật lý liên quan đến các tính chất vật lý của Trái Đất được nghiên cứu trong Địa vật lý. Trường vật lý có loại tự nhiên và loại nhân tạo. Địa vật lý thường được phân chia theo các chuyên môn, theo tên của trường vật lý được ứng dụng. Trọng lực học, địa từ học và địa nhiệt học nghiên cứu các trường tương ứng là trường trọng lực, từ và nhiệt tự nhiên của Trái Đất (còn gọi là trường địa từ và địa nhiệt); các chuyên môn khác khảo sát cả trường tự nhiên lẫn nhân tạo. Việc nghiên cứu của mỗi chuyên môn đều thực hiện bằng cách thu thập (đo trường vật lý), xử lý số liệu và giải thích ý nghĩa địa chất của số liệu đã xử lý. Sau đây là những khoa học Địa vật lý thường dùng trong nghiên cứu địa chất.

Địa chấn học - bộ môn nghiên cứu trường sóng địa chấn do động đất và con người tạo ra. Khi sóng truyền từ nơi chúng sinh ra đến trạm ghi sóng địa chấn, chúng đem theo thông tin về nguồn sinh ra chúng cũng như đặc tính vật lý của môi trường chúng đã truyền qua. Một trong những đặc tính vật lý của môi trường thường được khai thác trong bộ môn Địa chấn học là tốc độ truyền sóng địa chấn. Tốc độ truyền sóng phụ thuộc vào mật độ và tính chất đàn hồi của môi trường. Chiều sâu tới các mặt ranh giới chính của Trái Đất cũng như tốc độ truyền sóng và mật độ của các môi trường giữa hai mặt ranh giới được tính ra từ số liệu sóng địa chấn của các trận động đất lớn. Địa chấn cung cấp những

thông tin cơ bản nhất về cấu trúc Trái Đất với ba lớp chính là vỏ, manti và nhân, trong đó phần nhân ngoài lỏng, nhân trong rắn. Từ cuối những năm 70 của thế kỷ trước, công nghệ cắt lớp địa chấn (tạo ảnh dị thường địa chấn ba chiều), tương tự như chụp cắt lớp vi tính trong y tế, đã được thực hiện nhằm khảo sát địa động lực toàn cầu và khu vực. Trong Địa chấn học, ngoài cấu trúc Trái Đất ra người ta còn nghiên cứu nguồn gốc, phân bố địa lý, độ nguy hiểm, rủi ro và dự báo động đất.

Trọng lực học – bộ môn nghiên cứu trường trọng lực của Trái Đất. Trọng lực là tổng hợp lực của hai lực: lực hấp dẫn (theo định luật vạn vật hấp dẫn Newton) của Trái Đất và lực ly tâm do sự quay của Trái Đất quanh trục của nó. Lực hấp dẫn giữa hai vật tỷ lệ thuận với tích của hai khối lượng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Từ kết quả đo trọng lực ta có thể tính ra khối lượng (bằng tích của mật độ với thể tích của vật), cần thêm thông tin của trường vật lý khác mới tính được ra mật độ. Trong khảo sát sâu bằng trọng lực, các ranh giới giữa các lớp tốc độ truyền sóng địa chấn khác nhau được dùng để tính trừ đi ảnh hưởng trọng lực lần lượt của các lớp từ trên xuống (bóc lớp) nhằm tìm ra mật độ của từng lớp. Thân quỹ đạo sắt tạo ra vùng mật độ lớn hơn so với xung quanh, trái lại bồn trầm tích là vùng mật độ nhỏ hơn xung quanh. Ngày nay trường trọng lực và sự biến đổi của nó được đo bằng vệ tinh với độ chính xác rất cao, liên quan mật thiết tới phân bố và vận chuyển khối lượng vật chất trong thạch quyển, manti, đem lại những thông tin về cấu trúc địa chất và quá trình địa động lực toàn cầu và khu vực.

Địa từ học – bộ môn nghiên cứu trường từ của Trái Đất, được gọi là trường địa từ, hiện tại cũng như sự biến thiên của nó trong quá khứ, nhằm khảo sát cấu trúc, các quá trình động lực học trong vỏ và nhân ngoài của Trái Đất cũng như phục vụ lập thang từ địa tầng. Trước đây các khoa học coi khoáng vật sắt trong lòng đất tạo ra trường địa từ, nhưng đến đầu thế kỷ 20 khoa học biết rằng khi nhiệt độ lớn hơn khoảng 680°C thì chúng mất tính chất từ, mà càng xuống sâu trong lòng đất thì nhiệt độ càng tăng cao nên chúng không thể tồn tại sâu hơn vài chục kilomet dưới mặt đất. Hiện chỉ còn giả thiết dinamo tự kích đang được nghiên cứu nhiều, theo đó chuyển động đối lưu trong nhân ngoài với hợp kim sắt, lỏng, cực nóng, dẫn điện tốt, tạo ra trường địa từ. Kết quả mô phỏng hóa bằng số theo giả thiết này đã tái tạo được nhiều tính chất của trường địa từ như sự di chuyển cực bắc, cực nam của trường địa từ, sự đảo cực từ.

Địa nhiệt học – bộ môn nghiên cứu trường nhiệt của Trái Đất và nguồn gốc của nó. Nhiệt từ bên ngoài (từ Mặt Trời) hầu hết đều phản xạ quay trở lại không gian. Nguồn nhiệt chủ yếu ở bên trong Trái

Đất là nguồn năng lượng được giải phóng từ sự phân rã các đồng vị phóng xạ không bền của urani, thori, kali và nhiệt mà Trái Đất tích tụ được trong quá trình thành tạo từ sự va đập của các vật thể vũ trụ. Quá trình truyền nhiệt từ trong nhân ra và thoát khỏi mặt đất gây tổn thất nhiệt năng đồng thời làm thay đổi các tính chất vật lý của vật chất bên trong Trái Đất. Các nguồn nhiệt bên trong Trái Đất cung cấp năng lượng cho sự vận động của nhân ngoài (tạo ra trường địa từ), manti, mang kiến tạo, hoạt động núi lửa, v.v... Song sự phân bố nhiệt độ và các đồng vị phóng xạ không bền trong Trái Đất chưa được biết rõ. Nhiệt độ trong lòng đất không thể đo trực tiếp, nên phải khảo sát một đại lượng liên quan mật thiết với nó là dòng nhiệt. Dòng nhiệt trung bình có giá trị 65 mW/m² ở lục địa và 101 mW/m² ở đại dương. Vỏ đại dương chiếm 60% diện tích bề mặt Trái Đất, do vậy năng lượng địa nhiệt bị mất đi khoảng 70% thông qua vỏ đại dương với sự thoát nhiệt lớn nhất quanh dãy sống núi giữa đại dương và 30% qua vỏ lục địa. Năng lượng địa nhiệt gần mặt đất như từ nguồn nước nóng, hơi nước được khai thác để phát điện, sưởi ấm và các nhu cầu khác.

Địa điện học – bộ môn nghiên cứu sự phân bố điện trở suất trong Trái Đất bằng phương pháp từ telur và biến thiên từ. Người ta dùng các biến thiên của trường địa từ trong dài tần số rất rộng để khảo sát sâu tới manti trên. Điện trở suất nhạy cảm với lượng nhỏ các pha phụ (như chất lưu, chất nóng chảy, kim loại trong đá) nên có thể cung cấp thêm những thông tin có ích về thành phần, trạng thái vật lý và cấu trúc bên trong Trái Đất.

Địa vật lý hạt nhân – bộ môn nghiên cứu trường bức xạ phóng xạ phát ra từ những đồng vị phóng xạ tự nhiên như urani, thori và kali để xác định hàm lượng của chúng trong các mỏ phóng xạ và phục vụ cho các mục đích địa chất có liên quan. Mỗi nguyên tố phóng xạ lại có chu kỳ bán rã riêng, xác định, không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài, tính chất này được dùng để xác định tuổi tuyệt đối của mẫu đá trong địa chất. Địa vật lý hạt nhân còn nghiên cứu trường bức xạ thứ cấp tạo nên do sự tương tác của chùm bức xạ sơ cấp gamma hay neutron (neutron – phát ra từ các nguồn đồng vị phóng xạ nhân tạo) với các điện tử hay hạt nhân nguyên tử của vật chất có trong môi trường địa chất để xác định các tham số địa chất hay hàm lượng các nguyên tố trong môi trường nghiên cứu. Những thành tựu nghiên cứu cơ bản của vật lý neutrino mới đây (neutrino là loại hạt rất ít tác dụng với vật chất nên nó xuyên qua Trái Đất dễ dàng) đã mở ra những nghiên cứu mới. Cùng với sự phân rã của các đồng vị phóng xạ U, Th, K có trong lòng đất, neutrino được phát ra gọi là geoneutrino được ghi nhận lần đầu (2005) ở mỏ Kainioka sâu khoảng nghìn mét ở Nhật Bản (gọi tắt: KamLAND). Bằng cách nghiên cứu trường của geoneutrino ta có thể biết về các nguyên tố phóng xạ tự nhiên trong

lòng Trái Đất. Trong tương lai, công nghệ cắt lớp geoneutrino của chuyên ngành địa vật lý neutrino có khả năng xác định sự phân bố hàm lượng các đồng vị đó trong Trái Đất, góp phần làm sáng tỏ một số vấn đề về thành phần hóa học, nguồn địa nhiệt và địa động lực của Trái Đất.

Mỗi chuyên ngành địa vật lý đều phải thu thập, xử lý và giải thích số liệu địa vật lý. Khi giải thích thường dùng mô hình hóa, xây dựng mô hình (mô tả các đặc trưng hình học và vật lý của đối tượng khảo sát và môi trường vây quanh một cách đơn giản hóa) để giải bài toán thuận và ngược địa vật lý. Tính giá trị lý thuyết của trường vật lý theo mô hình là giải bài toán thuận. Nó có tính đơn trị, nghĩa là ứng với mô hình đã cho thì tính ra được một trường vật lý tương ứng xác định. Trái lại khi đo đạc xong, thu được trường vật lý người ta phải tìm cấu trúc địa chất đã tạo ra trường vật lý đó; đó là bài toán ngược, nó có tính chất đa trị, nghĩa là có nhiều mô hình mà trường tính theo lý thuyết của chúng trùng với trường đo được trong thực tế. Muốn giải bài toán ngược cần có thêm thông tin về đối tượng khảo sát ngay khi xây dựng mô hình ban đầu để tính trường lý thuyết, đem so sánh với trường thực tế, nếu thấy

chưa trùng thì từng bước thay đổi tham số của mô hình cho đến khi trùng khớp trong phạm vi sai số. Trong thực tế địa chất, những đại giá trị của các tham số vật lý và hình học của mô hình thay đổi trong phạm vi hữu hạn, do vậy có thể lựa chọn các giá trị đó để tính ra các mô hình có ý nghĩa địa chất. Cuối cùng phải xét ý nghĩa địa chất của mô hình, nếu thấy kết quả vẫn chưa hợp lý thì cần thay đổi mô hình và làm lại như trên. Trong thực tế, dùng tổ hợp hợp lý một số trường vật lý là giải pháp hữu hiệu để tìm ra mô hình thích hợp.

Tài liệu tham khảo

- Gupta H. K. (Editor), 2011. Encyclopedia of Solid Earth Geophysics. Springer. 1539 pgs.
- Lowrie W., 2007. Fundamentals of Geophysics, 2nd edition. Cambridge University Press. 354 pgs.
- Mareschal J. C., Jaupart C., Phaneuf C., and Perry C., 2012. Geoneutrinos and the energy budget of the Earth. *Journal of Geodynamics* 54: 43-54 pgs.
- Stein S., Wysession M., 2003. An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure. Wiley-Blackwell. 498 pgs.