

Chương 9. Minh giải các số liệu từ. Ứng dụng

Tôn Tích Ái

Địa từ và thăm dò từ. NXB Đại học quốc gia Hà Nội 2006.

Từ khoá: Địa từ và thăm dò từ, Trường từ, Phương pháp tiếp tuyến, Palet Taphêep, Phương pháp phổ, Logasop .

Tài liệu trong Thư viện điện tử ĐH Khoa học Tự nhiên có thể được sử dụng cho mục đích học tập và nghiên cứu cá nhân. Nghiêm cấm mọi hình thức sao chép, in ấn phục vụ các mục đích khác nếu không được sự chấp thuận của nhà xuất bản và tác giả.

Mục lục

Chương 9 Minh giải các số liệu từ. Ứng dụng	2
9.1 Bài toán ngược cho các mô hình cơ bản.....	3
9.1.1 Các dị thường Z_a đẳng thức không có cực tiểu.....	3
9.1.2 Các dị thường đẳng thức Z_a có các cực tiểu.....	4
9.1.3 Các dị thường dạng kéo dài.....	4
9.2 Một số phương pháp tính toán định lượng khác.....	8
9.2.1 Palet Taphêep.....	8
9.2.2 Phương pháp tiếp tuyến.....	9
9.2.3 Phương pháp các đạo hàm của Logasop.....	10
9.2.4 Các phương pháp tích phân.....	11
9.3 Phương pháp quy hoạch phi tuyến.....	16
9.4 Những nguyên lý về giải bài toán ngược bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính.....	18
9.5 Tiệm cận trong cửa sổ trượt.....	19
9.6 Phương pháp phổ.....	20
9.7.1 Sử dụng phổ của cường độ trường từ.....	20
9.7.2 Xác định địa hình mặt phân cách gần nằm ngang.....	24
9.7 Ứng dụng của thăm dò từ.....	26
9.7.1 Nghiên cứu địa chất khu vực.....	26
9.7.2 Tìm kiếm sắt.....	34
9.7.3 Tìm kiếm các khoáng sản khác.....	37
Tài liệu tham khảo	38



Chương 9

Minh giải các số liệu từ. Ứng dụng

Hiện nay có rất nhiều các phương pháp minh giải (giải bài toán ngược) đối với các số liệu từ, đồng thời số lượng các phương pháp đó không ngừng tăng lên.

Người ta chọn các dấu hiệu để nhóm các phương pháp đó lại với nhau. Các dấu hiệu đó là:

- Miền đo được các số liệu của hàm thế.
- Tính phức tạp của đặc trưng trường dị thường (Các dị thường đơn lẻ hay có sự chồng chất các dị thường).
- Quan hệ giữa đặc trưng xác định và đặc trưng ngẫu nhiên có trong số liệu cần minh giải.
- Sử dụng hoặc không sử dụng các mô hình vật lý trung gian. Cần so sánh hay không cần so sánh các số liệu thu được với các số liệu tính được theo mô hình.
- Tiêu chuẩn tương thích giữa giữa trường số liệu thu được và trường tính được theo mô hình.
- Các phương pháp giải bài toán ngược (giải tích, đồ thị, mô hình tương tự).

Sơ bộ có thể phân chia theo các nhóm sau:

* Các phương pháp xác định các mômen điều hoà: Các phương pháp tích phân, unita (Phương pháp Xôkôlôpski).

* Các phương pháp xác định các điểm đặc biệt:

- Tiếp tục giải tích trường xuống nửa không gian dưới.
- Phương pháp điều chỉnh của Chi khô nốp.
- Phương pháp gradient chuẩn hoá toàn phần.
- Phương pháp tính các tích phân Cauchy.
- Biên hình bảo giác.

* Các phương pháp tiệm cận:

- Lóp các bài toán mô hình cơ bản: Tính theo công thức, toán đồ, máy tính điện tử.
- Sử dụng các palet.
- Các phương pháp lựa chọn theo palet hay trên máy tính.
- Mô hình hoá các bài toán nghịch trên máy tính.

* Các phương pháp xác định các thông số trung bình của tập hợp các vật thể gây nên dị thường.

* Các phương pháp thống kê (tương quan) không sử dụng các mô hình trung gian.

Dưới đây ta sẽ lần lượt xét đến một số nhóm các phương pháp minh giải các số liệu từ.

9.1 Bài toán ngược cho các mô hình cơ bản

Trước khi tiến hành phân tích định lượng các số liệu từ ta cần phải so sánh bản đồ trường dị thường từ với bản đồ địa chất nhằm thiết lập bản chất của các dị thường từ, tức là gắn sự xuất hiện của các dị thường từ với các đất đá xác định, thu thập các thông tin cần thiết về từ tính của các đá.

Giải thích địa chất sơ bộ các trường từ quan sát được không chỉ dừng lại ở việc thiết lập mối tương quan giữa các dị thường với các vật thể địa chất mà còn phải đưa ra được hình dáng và vị trí của các vật thể đó trong không gian. Ta có thể dễ dàng thấy rằng nếu như mặt trên của các vật thể gây dị thường nằm không sâu thì dị thường sẽ bị phân dị nhiều và gradient nằm ngang lớn.

Để đánh giá sự phân bố của vật thể theo chiều sâu người ta thường theo dõi dị thường âm bao quanh các dị thường dương (hoặc các dị thường dương bao quanh các dị thường âm trong trường hợp có độ từ hoá ngược). Khi mặt dưới của vật thể gây dị thường nằm ở độ sâu lớn thì dị thường âm không đáng kể, ngược lại thì dị thường âm có giá trị lớn. Với các dị thường dạng đẳng thước các dị thường âm tạo thành vành bao quanh các dị thường dương. Hình dáng của vành tùy thuộc vào dị thường Z_a , ΔT hoặc với Z_a nhưng với độ từ hoá nghiêng.

Với các dị thường dạng kéo dài, các dị thường âm làm thành giải nằm về hai phía của dị thường dương. Trong trường hợp từ hoá thẳng đứng cường độ của hai giải gần như nhau, ngược lại trong trường hợp từ hoá nghiêng cường độ của hai giải khác nhau.

9.1.1 Các dị thường Z_a đẳng thước không có cực tiểu

Các dị thường dạng này được minh giải theo các công thức tương ứng vật thể dạng một cực được đặc trưng bằng độ sâu h của cực và tiết diện ngang của thân vật thể.

1) Theo đường cong Z_a :

$$h = \sqrt{\frac{\tilde{Z}_i^{2/3} x_i^2}{1 - \tilde{Z}_i^{2/3}}}$$

trong đó

$$\tilde{Z}_i = \frac{(Z_a)_i}{(Z_a)_{\max}}$$

2) Theo đường cong H_a :

$$h = 1,41 x_e$$

trong đó x_e là hoành độ của các cực trị.

3) Theo các đường cong Z_a và H_a :

$$h = \frac{Z_{ai}}{H_{ai}} x_i$$

9.1.2 Các dị thường đẳng thức Z_a có các cực tiểu

Tương ứng với các dạng dị thường này là mô hình hình cầu. Các tham số của hình cầu là độ sâu đến tâm h , mômen từ M , thể tích V (hoặc bán kính hình cầu r), độ sâu đến mặt trên hình cầu $h - r$. Lúc đó h được xác định như sau:

1) theo khoảng cách giữa các điểm tại đó $Z_a = 0$:

$$h = \frac{x_0}{\sqrt{2}} = 0,7x_0$$

theo khoảng cách giữa các cực trị của đường cong H_a :

$$h = 2x_e$$

2) Theo các đường cong H_a và Z_a

$$h = \frac{1}{4}(3a + \sqrt{9a^2 + 8}),$$

trong đó $a = Z_{ai}/H_{ai}$

Mômen từ được xác định theo công thức đối với các đường cong Z_a và H_a . Sau đó theo các công thức ta xác định V hoặc r :

$$V = \frac{M}{J}; \quad r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

Tuy nhiên trong thực tế ta thường gặp trường hợp từ hoá nghiêng. Trong trường hợp này chỉ có các đường cong Z_a và H_a theo tuyến đi qua hình chiếu tâm quả cầu theo hướng thẳng góc với J mới đối xứng. Gần đúng dùng các công thức trên theo các số liệu thuộc tuyến này ta có thể xác định được các thông số của hình cầu. Theo các tuyến khác nhau đi qua cực đại của Z_a , tham số h được xác định theo công thức sau: (theo Lôgasôp)

$$h = 0,7\sqrt{pq - 0,11(p - q)^2}$$

trong đó p và q là các khoảng cách giữa các điểm mà tại đó $Z_a = 0$ và $Z_a = Z_{\max}$. Nếu như các khoảng cách này bằng nhau (đồ thị đối xứng) $p = q = x_{Z=0}$ và công thức trở lại như trong trường hợp từ hoá thẳng đứng.

9.1.3 Các dị thường dạng kéo dài

Cũng như trong trường hợp dị thường đẳng thức, dị thường dạng kéo dài cũng được phân thành dị thường không có cực tiểu và dị thường có cực tiểu. Bản thân dị thường có cực tiểu lại được chia thành dị thường có hai cực tiểu và dị thường có một cực tiểu.

1. Dị thường dạng kéo dài không có cực tiểu

Với sai số tương đối khoảng 2-3% có thể bỏ qua ảnh hưởng mặt dưới của vật thể gây dị thường nếu như độ sâu mặt dưới khoảng 5- 6 lần lớn hơn dị thường của mặt trên. Mô hình tiêu biểu của loại dị thường này là lớp có mặt trên nằm ngang bị từ hoá thẳng đứng. Các thông số của lớp này là độ sâu đến mặt trên h , bề rộng của lớp $2b$. Trong thực tế người ta xem lớp là mỏng khi $2b/h \ll 1$.

Các thông số của lớp mỏng được xác định theo các công thức:

$$h = \frac{Z_{ai}}{H_{ai}} x_i$$

hoặc

$$h = x_i \sqrt{\frac{Z_{ai}}{(Z_a)_{\max} - Z_{ai}}}$$

Sau khi xác định được h theo các công thức của Z_a và H_a ta xác định được tích $2J.2b$, khi biết trước được giá trị của độ từ hoá ta có thể xác định được bề dày của lớp.

Trong trường hợp lớp dày, trên đồ thị Z_a ta tìm các điểm tại đó $Z_a = 0,5(Z_a)_{\max}$ và $Z_a = 0,25(Z_a)_{\max}$, để tính h và b ta dùng các công thức sau:

$$h = \frac{x_{0,25}^2 - x_{0,5}^2}{2x_{0,5}};$$

$$b = \sqrt{x_{0,5}^2 - h^2}$$

Nếu đường cong cần minh giải không tương ứng với mô hình đề ra thì b tính được sẽ có giá trị ảo. Theo đường cong H_a , để xác định h người ta dùng các điểm x_e và x_g (x_g là hoành độ điểm uốn, x_e là hoành độ của điểm cực trị, gốc toạ độ $x = 0$ tương ứng với điểm tại đó $H_a = 0$):

$$h = \frac{x_g^2 - x_e^2}{2x_e}$$

J được tính theo công thức Z_a khi cho trước x_i (Ví dụ $x_i=0$, điểm mà tại đó Z_a bằng cực đại) hoặc qua diện tích bị giới hạn giữa đường cong Z và trục x , $Q_Z = 2\pi 2bJ$.

2. Dị thường Z_a kéo dài có hai cực tiểu về hai phía

Dị thường dạng này liên quan đến các hình trụ tròn nằm ngang hoặc các vật thể dạng trụ có tiết diện ngang là đa giác bất kỳ. Nếu tiết diện ngang có tính đối xứng và vật thể bị từ hoá thẳng đứng thì đường cong dị thường sẽ đối xứng. Các lớp nghiêng có độ sâu mặt dưới giới hạn cũng tương ứng với các dị thường dạng này. Khi vật thể bị từ hoá nghiêng cũng gây nên dị thường dạng này.

3. Các đường cong Z_a đối xứng

Với các đường cong dạng này tỷ số Z_a/H_a có thể khác nhau. Đối với các lớp thẳng đứng $(Z_a)_{\max} \approx 2(H_a)_e$, đồng thời khi giảm độ dày thẳng đứng của lớp giá trị $(H_a)_e$ tăng. Với các lớp nằm ngang $(H_a)_e$ có thể bằng hoặc lớn hơn $(Z_a)_{\max}$. Nói chung nếu phần Z_a dương tương đối cao và hẹp thì ta có thể xem dị thường này tương ứng với lớp thẳng đứng, ngược lại nếu phần dương không cao và thay đổi đều đều thì ta xem dị thường đó tương ứng với lớp nằm ngang.

Đối với lớp thẳng đứng ta phải xác định được các tham số sau: h (độ sâu đến mặt trên), $2l$ (độ dày theo chiều thẳng đứng của lớp) $2b$ độ dày của lớp. Để tính h và l ta sử dụng các công thức sau:

$$h = \sqrt{\frac{x_0^4 - x_{0,5}^4}{4x_{0,5}}};$$

$$h = \frac{x_{\min}^2 - x_0^2}{2x_0}$$

$$l = \sqrt{h^2 - 2hx_p - x_p^2}$$

trong đó x_0 , $x_{0,5}$, x_{\min} và x_p là hoành độ các điểm tương ứng với $Z_a=0$, $Z_a=0,5(Z_a)_{\max}$, $Z_a=(Z_a)_{\min}$ và $H_a = Z_a$.

Mômen từ M được xác định từ công thức:

$$M = (Z_a)_{\max} \frac{h^2 - l^2}{2}$$

Khi biết trước độ từ hoá thì theo giá trị M tính được ta có thể xác định được tiết diện ngang $S = 2b \cdot 2l$.

Để tính M cũng có thể dùng các diện tích bởi đường cong Z_a hoặc đường cong $|H_a|$. Khi mặt trên của lớp nằm rất gần mặt đất, cho nên $x_0 \gg l$

$$Q_{+Z_a} = \frac{2M}{x_0}$$

Diện tích $|H|$ khi $x \rightarrow \infty$

$$Q_{|H_a|} = \frac{4M}{h}$$

Với hình trụ tròn nằm ngang h có thể được xác định theo các điểm đặc trưng:

$$h = x_0 = 2,38x_p = 1,72(x_e)_H = 0,58(x_{\min})_Z$$

hoặc theo các công thức:

$$h = x_i \left[\left(\frac{Z_a}{H_a} \right)_i - \sqrt{\left(\frac{Z_a}{H_a} \right)_i^2 + 1} \right]$$

$$h = x_i \sqrt{\frac{-(2\tilde{Z}_i + 1) + \sqrt{4\tilde{Z}_i^2 + 5}}{2(\tilde{Z}_i - 1)}}$$

trong đó $\tilde{Z}_i = \frac{Z_{ai}}{(Z_a)_{\max}}$

Có thể xác định được mômen từ M từ các biểu thức của Z_a hoặc H_a . Theo giá trị của M ta lại có thể xác định được S hoặc r khi biết trước giá trị của độ từ hoá J.

Với các lớp nằm ngang người ta xác định các tham số sau đây: h độ sâu đến tâm lớp, độ dày 2b và 2l của lớp. h và b có thể được xác định theo các điểm đặc trưng, ví dụ:

$$h = \frac{x_{0Z}^2 - x_p^2}{2x_p};$$

$$b = \sqrt{x_{0z}^2 - h^2}$$

Mômen từ được tính theo các biểu thức của Z_a hoặc H_a , độ dày thẳng đứng (khi đã biết J) được xác định theo công thức:

$$2l = \frac{S}{2b}$$

4. Các đường cong Z_a không đối xứng

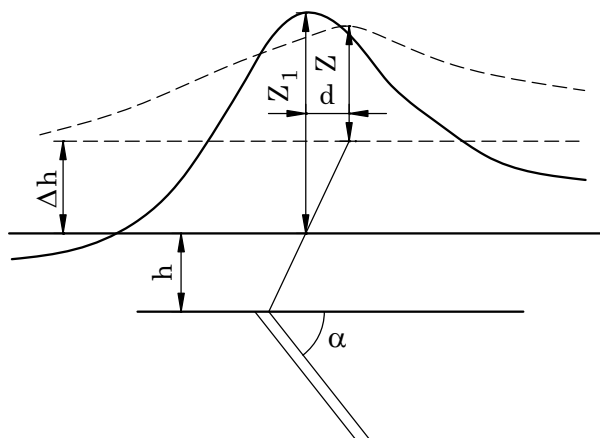
Khi từ hoá thẳng đứng, các dị thường loại này thường quan sát được trên các vật thể dạng vĩa nằm nghiêng. Sử dụng các điểm đặc trưng ta có thể xác định được các tham số sau:

$$H_a = 0 \text{ để xác định } d_1$$

$$Z_a = 0 - d_2$$

$$Z_a = H_a - d_3$$

$$Z_a = -H_a - d_4$$



Hình 9.1

Xác định các tham số của vật thể gây dị thường theo các đường cong Z_a thuộc về hai mức khác nhau

$$d_1 = 2 \sec \alpha \sqrt{R^2 + l^2 \cos^2 \alpha};$$

$$d_2 = 2 \cos \alpha \sqrt{R^2 - l^2 \sin^2 \alpha};$$

$$d_3 = 2 \sqrt{R^2 + R^2 \operatorname{ctg}^2(\alpha - 45^\circ) - l^2 \operatorname{ctg}(\alpha - 45^\circ)};$$

$$d_4 = 2 \sqrt{R^2 + R^2 \operatorname{tg}^2(\alpha - 45^\circ) - l^2 \operatorname{tg}(\alpha - 45^\circ)}$$

Trong các công thức trên R là độ sâu đến đường trung bình của vật thể, α là góc nghiêng của lớp.

Đại lượng $2J2b$ được xác định từ biểu thức Z_a và H_a .

Trên hình trụ tròn nằm ngang khi bị từ hoá nghiêng và có đường phương không nằm dọc theo phương kinh tuyến thì cực tiểu tại phần bắc sẽ lớn hơn cực tiểu tại phần nam. Trong trường hợp đó ta có thể xác định được độ sâu h và góc i (góc xác định vị trí của hình chiếu J

trong mặt phẳng nằm ngang bằng cách tính chuyển trường lên mức cao hơn Δh). Theo Lôgasôp ta có:

$$h = \frac{\sqrt{Z_2}}{\sqrt{Z_1} - \sqrt{Z_2}} \Delta h \quad \text{tgi} = \frac{\Delta h}{3d}$$

trong đó

$Z_2 = (Z_a)_{\max}$ trên mức cao hơn

$Z_1 = (Z_a)_{\max}$ tại mức xuất phát

d độ dịch chuyển dài của cực đại Z_a khi tính chuyển lên mức Δh (Hình 9.1)

Vị trí tâm tiết diện được xác định theo giao điểm của đường h với đường nghiêng nối các hoành độ của Z_2 và Z_1 .

5. Các dị thường Z_a kéo dài có một cực tiểu nằm về một bên

Các dị thường loại này có thể là do lớp nghiêng với mặt giới hạn dưới nằm rất sâu hoặc do các chỗ tiếp xúc gây ra. Trong trường hợp đầu khi vật bị từ hoá cảm ứng cực tiểu nằm về phía nghiêng của lớp. Trong trường hợp lớp nghiêng có mặt dưới nằm ở độ sâu hữu hạn cực tiểu lại nằm về phía mặt cao của lớp. Vì vậy nếu cực tiểu yếu nằm trên các lớp như vậy bị bỏ qua trong khi đo đạc có thể dẫn đến các sai lầm đáng kể trong khi xác định hướng cảm của vỉa.

Việc xác định các tham số của lớp bị từ hoá nghiêng có thể được tiến hành sau khi tách các hàm arctg và hàm loga mà ta đã xét trong chương các bài toán nghịch. Góc cảm α chỉ được xác định khi biết trước độ từ hoá J trong mặt phẳng đi qua tuyến thẳng góc với đường phương của vỉa. Việc xác định các tham số tiếp xúc cũng đã được khảo sát trong chương kể trên.

6. Một số công thức đánh giá độ sâu bằng thực nghiệm

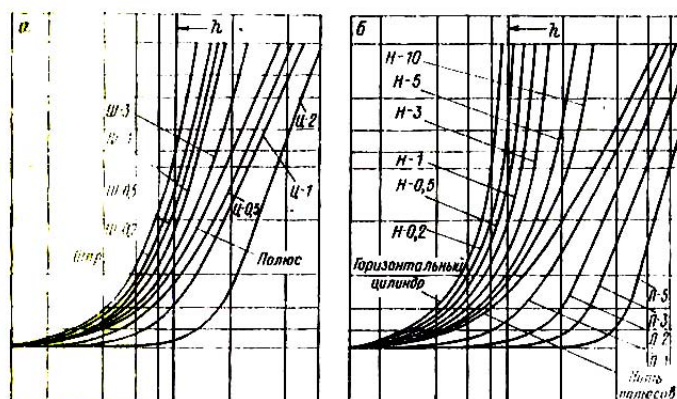
Dựa trên việc nghiên cứu sự tương quan giữa độ sâu và toạ độ của điểm mà tại đó giá trị dị thường bằng nửa giá trị cực đại Nettleton và Telford đã đưa ra các công thức thực nghiệm để xác định độ sâu của một số vật thể như sau:

Hình cầu:	$Z_c \leq 2,05 x_{1/2}$
Hình trụ nằm ngang:	$Z_c \leq 2,0 x_{1/2}$
Hình trụ thẳng đứng:	$Z_T \leq 1,3 x_{1/2}$
Lớp thẳng đứng:	$Z_c \leq 1,0 x_{\max}$

9.2 Một số phương pháp tính toán định lượng khác

9.7.1 Palet Taphêep

Các palet Taphêep (Hình 9.2) được vẽ trên giấy loga kép như trong trường hợp đo sâu điện.



Hình 9.2

Các palet loga kép của Tapheep

Việc xác định các tham số của các vật thể cơ bản theo các palet logarit kép được thực hiện mà không cần giả định trước dạng của vật thể. Các đường cong thực nghiệm cũng được vẽ trên giấy loga kép cùng một môđun như trong palet. Đặt palet (đã được vẽ trên giấy trong) lên đường cong thực tế đồng thời giữ cho các trục tọa độ song song sao cho các đường cong trên palet và thực tế trùng nhau. Các chỉ số trên palet chỉ ra các thông số của lớp cần tìm. Nhiều tác giả khác nhau đã xây dựng các palet khác nhau.

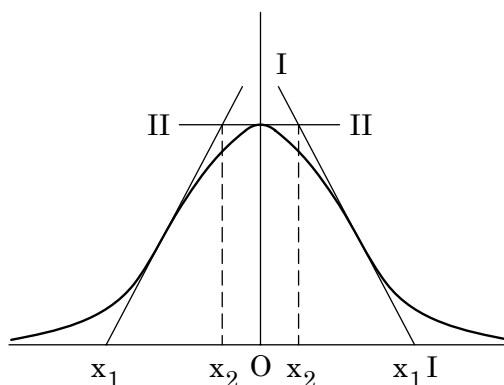
9.7.2 Phương pháp tiếp tuyến

Ý tưởng của phương pháp do Peters đề ra và sau đó được nhiều nhà địa vật lý khác cải biên và hoàn thiện. Đây là một trong những phương pháp thực nghiệm. Hiện nay để áp dụng cho các mô hình khác nhau người ta đưa vào các hệ số hiệu chỉnh. Phương pháp khá đơn giản nên được ứng dụng trong nhiều nước.

Phương pháp bao gồm việc vẽ hai đường tiếp tuyến với đường cong thực tế: Một tại điểm uốn và một tại điểm cực đại (Hình 9.3).

Để tính độ sâu h người ta dùng các hoành độ x_1 và x_2 như trong hình 9.3.

$$h = \frac{|x_2 - x_1|}{2}$$



Hình 9.3

Xác định độ sâu bằng phương pháp tiếp tuyến

Khi đường cong không đối xứng, giá trị h được xác định riêng biệt theo từng nửa đường cong, rồi sau đó tính giá trị trung bình.

Trong trường hợp đường cong có cực tiểu, thì với mỗi một cực tiểu ta vẽ một tiếp tuyến phụ. Trong trường hợp đó x_1 là hoành độ giao điểm của tiếp tuyến qua cực tiểu với tiếp tuyến nghiêng. Tương tự x_2 là hoành độ của giao điểm tiếp tuyến nghiêng với tiếp tuyến qua cực đại. Với bậc thẳng đứng, phụ thuộc vào độ dày của lớp ta cần đưa vào các hệ số hiệu chỉnh.

Nửa độ dày của lớp b	$b \leq h$	0,5h	h	2h	3h	4h	10h
Độ sâu theo phương pháp tiếp tuyến	00,78h	00,88h	0,97h	11,17h	11,29h	11,34h	11,46h

Với các vật thể khác nhau có thể còn có những hiệu chỉnh khác nhau.

9.7.3 Phương pháp các đạo hàm của Logasop

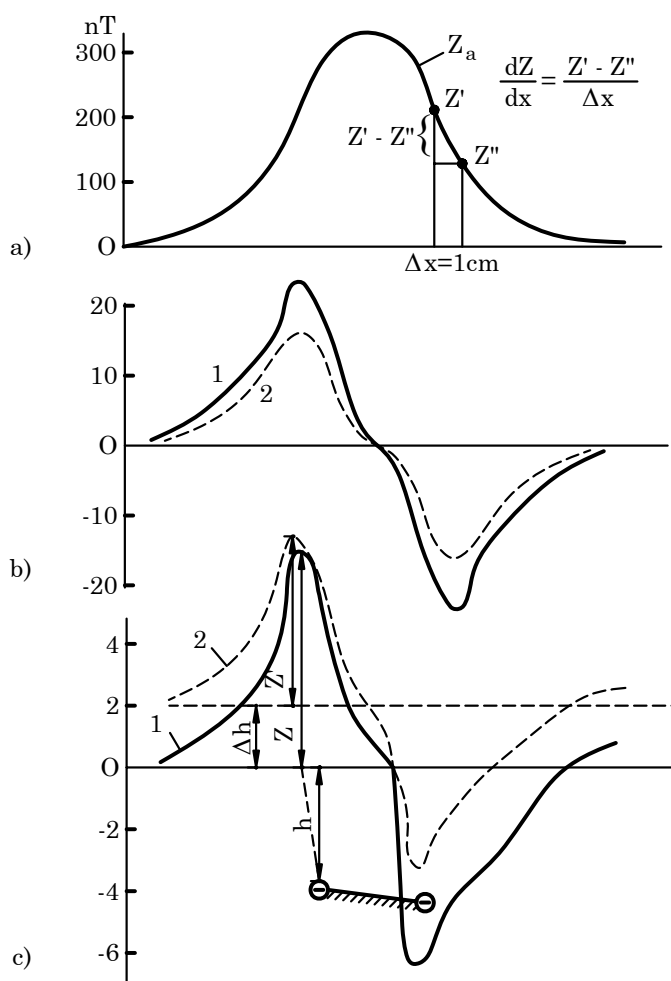
Khi các đường cong Z_a hoặc $(\Delta T)_a$ có dạng cực đại rộng thì mỗi một cực trị của gradient nằm ngang của Z_a hoặc $(\Delta T)_a$ có thể được xem như dị thường Z_a hoặc $(\Delta T)_a$ của lớp mỏng nằm tại mặt phẳng tiếp xúc, vì vậy để xác định các thông số của vật thể ta có thể sử dụng các công thức đề ra cho lớp mỏng:

$$h = \frac{Z_2}{Z_1 - Z_2} \Delta h; \quad \sin \alpha = 1 - 2 \left(\frac{d}{\Delta h} \right)^2$$

trong đó:

$Z_1 = (dZ/dx)_{\max}$ trên mặt phẳng xuất phát

$Z_2 = (dZ/dx)_{\max}$ trên mức tính chuyển cách mức xuất phát một khoảng là Δh , d được chỉ rõ trên hình 9.4.



Hình 9.4

Xác định độ sâu của lớp theo phương pháp đạo hàm bậc hai của Lôgasop

9.7.4 Các phương pháp tích phân

Các phương pháp tích phân được xây dựng trên cơ sở đặc tính của một số tích phân hàm Z và H , lần đầu tiên được Kazanski sử dụng để xác định mômen từ M , tọa độ trọng tâm và góc nghiêng của vật thể bị từ hoá.

Theo Strakhôp V.N. thế từ của các khối bị từ hoá tại một điểm ngoài nào đó τ_0 được xác định bằng biểu thức:

$$M_n(\tau_0) = \iint_S J(\tau - \tau_0)^n dS \quad (9.1)$$

trong đó $\tau = \xi + i\zeta$ là tọa độ các điểm chạy, $J = J_x + iJ_z$ là độ từ hoá phức, n là hạng của mômen, tích phân được tính trên toàn miền S . Mômen phức $M_n(\tau_0)$ được xem như là một vectơ trong mặt phẳng τ với các thành phần M_{nx} và M_{nz} .

Như Strakhôp đã chứng minh, cường độ trường từ phức $T = H + iZ$ ngoài miền S được xác định qua mômen từ phức dưới dạng chuỗi Loran:

$$T = H + iZ = 2i \sum \frac{(n+1)M_n(\tau_0)}{(\tau - \tau_0)^{n+2}} \quad (9.2)$$

Vì H và Z là các hàm điều hoà, các thành phần M_{nx} và M_{nz} của mômen phức $M_n(\tau_0)$ được gọi là các mômen điều hoà. Với các vật thể bị từ hoá đồng nhất, mômen phức hạng không bằng mômen từ của vật thể

$$M_0 = J \iint_S dS = JS = M \quad (9.3)$$

Mômen hạng một khi $\tau_0 = 0$:

$$M_1 = J \iint_S (\xi + i\zeta) dS$$

có các thành phần sau:

$$M_{1x} = J \iint_S \xi dS = M_0 \frac{\iint_S \xi dS}{S}; \quad M_{1z} = M_0 \frac{\iint_S \zeta dS}{S} \quad (9.4)$$

Các thừa số nhân của M_0 trong các biểu thức trên, như ta đã biết trong các giáo trình cơ học là các toạ độ trọng tâm của tiết diện S . Như vậy:

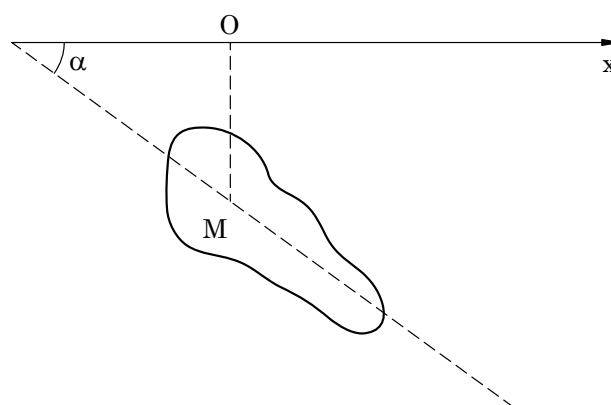
$$M_{1x} = M_0 x_C; \quad M_{1z} = M_0 z_C; \\ M_1 = M_0(x_C + iz_C)$$

Mômen hạng hai khi $\tau_0 = 0$:

$$M_2 = J \iint_S (\xi + i\zeta)^2 dS$$

từ đó ta xác định được các thành phần của M_2 :

$$M_{2x} = M_0 \frac{\iint_S (\xi - \zeta)^2 dS}{S}; \quad M_{2z} = M_0 \frac{\iint_S \xi \zeta dS}{S} \quad (9.5)$$



Hình 9.5

Xác định phương kéo dài của vật thể

Trong cơ học các tích phân trong (9.5) được gọi là các mômen quán tính đối với các trục đi qua tâm của tiết diện. Tỷ số giữa các giá trị mômen này là góc β giữa trục Ox và đường thẳng đi qua trọng tâm chạy dọc theo hướng kéo dài của tiết diện (Hình 9.5).

$$\operatorname{tg}2\beta = \frac{2\iint_S \xi\zeta dS}{\iint_S (\xi^2 - \zeta^2) dS} \quad (9.6)$$

Với các bản mỏng nằm ngang có tiết diện thẳng góc với đường phương và có chiều rộng l thì từ (9.5) ta có:

$$M_{2x} = M_0 l^2 ; \quad M_{2z} = 0$$

Khi nghiêng bản đi một góc $\beta = 45^\circ$ ($\xi = \zeta$), $M_{2z} = M_0 l^2$, $M_{2x} = 0$, vì vậy khi bản nghiêng một góc β bất kỳ ta có biểu thức của M_2 bằng:

$$M_2 = M_0 l^2 (\cos 2\beta + i \sin 2\beta) = M_0 l^2 e^{2\beta i} \quad (9.7)$$

Với những vật thể tiết diện ngang trong mặt phẳng τ có dạng một hình chữ nhật với các cạnh a, b ($a > b$) khi $\beta = 0$ ta có:

$$M_{2x} = M_0 \frac{a^2 - b^2}{3}$$

Theo Strakhôp khi có góc β bất kỳ mômen hạng hai có dạng:

$$M_2 = M_0 \frac{a^2 - b^2}{3} e^{2\beta i} \quad (9.8)$$

Ta hãy khảo sát sự liên hệ giữa các mômen điều hoà với các thành phần của trường từ với mục đích giải bài toán ngược trong trường hợp hai chiều. Với mục đích đó ta cần phải tính tích phân dạng:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^n U dx \quad (9.9)$$

trong đó U được xem như các hàm điều hoà H hoặc Z.

Nhờ các biểu thức của H_a và Z_a đối với các vật thể hai chiều:

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{\mu_0 J}{4\pi} \iint_S \frac{2\xi(\zeta - z)}{[(\xi - x)^2 + (\zeta - z)^2]^2} dS; \\ Z_a &= \frac{\mu_0 J}{4\pi} \iint_S \frac{(\xi - z)^2 - \zeta^2}{[(\xi - x)^2 + (\zeta - z)^2]^2} dS; \end{aligned} \quad (9.10)$$

Đối với các thành phần H và Z từ (9.9) ta có:

$$\int_{-\infty}^{\infty} H dx = \int_{-\infty}^{\infty} Z dx = 0$$

Về mặt vật lý điều này là do các đường sức của từ trường khép kín.

Ta có:

$$\frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} xHdx = 2\pi M; \quad \int_{-\infty}^{\infty} xZdx = 0 \quad (9.11)$$

Từ đó:

$$M = \frac{1}{8\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} xHdx$$

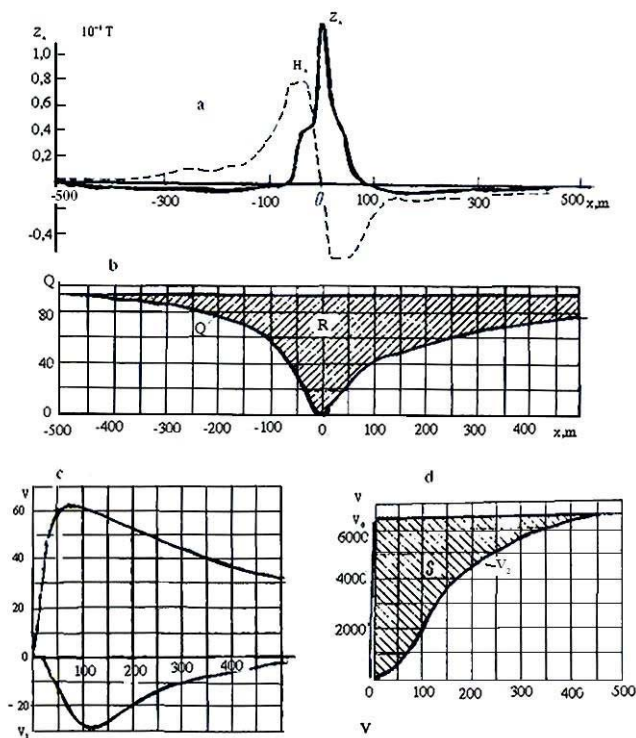
$$4\pi M \frac{\iint_S \zeta dS}{S} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x^2 H dx$$

$$4\pi M \frac{\iint_S \xi dS}{S} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (x^2 Z - 2M) dx$$

Để minh họa ta hãy xét phương pháp Kazanski. Trong phương pháp này người ta dùng thành phần H_a . Gốc tọa độ nằm trên trục Ox được chọn tại điểm ở đó $H_a = 0$. (Hình 9.6a). Trước tiên xác định:

$$Q = \int_0^x H_a dx \quad (9.12)$$

có ý nghĩa hình học là diện tích giới hạn bởi đường cong H_a với trục Ox và đường thẳng góc với trục Ox tại điểm x .



Hình 9.6

Xác định mômen từ và trọng tâm của vật thể gây dị thường theo phương pháp Kazanski

Tham số Q được xem như là hàm của x với các giá trị dương và âm. Tiệm cận của Q là đường Ox (Hình 9.6b). Tiếp đến ta tính diện tích R giới hạn giữa đường cong Q với trục Ox . Từ đó ta tính được M

$$R = \mu_0 \frac{M}{2} \quad (9.13)$$

Để xác định z_C ta dùng đường cong Z_a . Muốn vậy trước tiên ta tính các giá trị của hàm số

$$V = \int_{-x}^x Z_a dx \quad (9.14)$$

Đường cong V (Hình 9.6.c) tăng từ không đến cực đại rồi sau đó giảm dần. Để tính nhanh ta dùng hàm V_1 với

$$V_1 = V - 4\pi \frac{x}{x^2 + n^2} \quad (9.15)$$

Trong đó n là một thông số bất kỳ để điều chỉnh sao cho V_1 tiến tới không nhanh.

Sau khi có hàm V_1 ta lại tính hàm số mới (Hình 9.6d)

$$V_2 = \int_0^x V_1 dx \quad (9.16)$$

Hàm này tăng khi x tăng và tiệm cận tại giá trị V_0 . Giá trị này theo Kazanski có dạng:

$$V_0 = \frac{\mu_0 J}{2\pi} \iint_S \ln \frac{\xi^2 + \zeta^2}{n^2} dS$$

Khi phân tích giá trị của V_0 được xác định theo dạng của đường cong V_2 . z_C được xác định theo diện tích S giới hạn bởi đường cong V_2 và đường tiệm cận V_0 và với trục tung trong mặt phẳng (V_2, x)

$$S = \int_0^\infty (V_0 - V_2) dx \quad (9.17)$$

Diện tích này liên hệ với z_C qua phương trình:

$$z_C = \frac{S}{2\pi M} + n \quad (9.18)$$

9.3 Phương pháp quy hoạch phi tuyến

Trong phương pháp này người ta dùng phiếm hàm:

$$F = \sum_i (Z - Z_a)_i^2 \quad (9.19)$$

Phiếm hàm này được xem như là hàm số của vector các tham số p

Trong (9.19) Z là trường dị thường quan sát được, Z_a là trường của mô hình, chỉ số i là số thứ tự các điểm quan sát. Để tìm cực trị của F ta phải tìm hệ thống các phương trình phi tuyến:

$$\frac{\partial F}{\partial p_k} = 0; \quad k = 1, 2, \dots, m. \quad (9.20)$$

Cực trị này trong không gian p nằm tại điểm $M_0(p_0)$ và sẽ là cực tiểu khi thoả mãn điều kiện:

$$d^2F|_{M_0} = \sum \left(\frac{\partial^2 F}{\partial p_i^2} dp_i^2 + \frac{\partial^2 F}{\partial p_i \partial p_j} dp_i dp_j \right) > 0 \quad (9.21)$$

Các đạo hàm của F trong biểu thức này tạo nên ma trận vuông đối xứng:

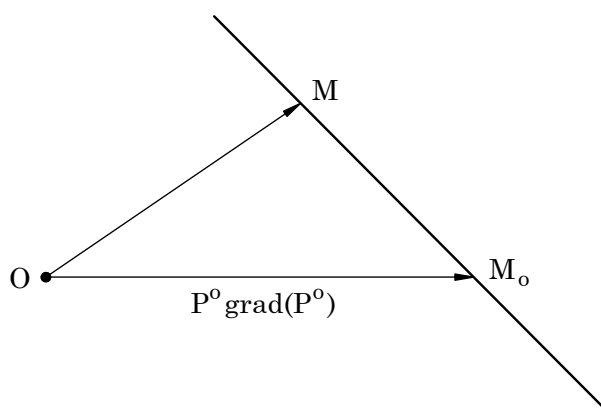
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix}$$

Các định thức con:

$$A_1 = a_{11} \quad A_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \quad \dots \quad A_m = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ a_{31} & a_{32} & \dots & a_{3m} \end{vmatrix}$$

để điều kiện (9.20) thoả mãn cần phải dương.

Phương pháp quy hoạch phi tuyến cho nghiệm bằng số của hệ phương trình (9.19). Một trong các phương pháp giải bài toán này là phương pháp thả nhanh. Bản chất phương pháp là lần lượt chuyển từ nghiệm gần đúng đầu tiên đến nghiệm chấp nhận được cuối cùng bằng cách sử dụng gradient của hàm F . Tại điểm đầu tiên $M(p^0)$ gradient này có các thành phần là $F'_{p1}, F'_{p2}, \dots, F'_{pm}$ và luôn chỉ rõ hướng tăng của F . (Hình 9.7)



Hình 9.7

Xây dựng thuật toán trong phương pháp thả nhanh

Để chuyển đến điểm tiếp theo $M(p)$, tại đó $F(p) < F(p_0)$ ta phải chuyển động dọc theo đường $\text{grad}F$ theo hướng ngược lại:

$$p = p^0 - \mu \text{grad}F(p^0)$$

Như vậy, $F(p)$ là hàm của một đại lượng vô hướng μ nào đó. Để tìm được giá trị μ_0 làm cho $F(p)$ cực tiểu ta cần phải giải phương trình

$$\frac{\partial F}{\partial \mu} = 0$$

Kết quả là ta thu được giá trị gần đúng đầu tiên:

$$p' = p^0 - \mu_0 \text{grad} F(p^0).$$

Khi có p' lại lập luận tương tự ta tính được p^2 . Các tính toán lần lượt được thực hiện theo công thức:

$$p_k^{t+1} = p_k^t - \mu_t [F'(p_k)] \quad (9.22)$$

trong đó k là chỉ số thành phần thứ k , t chỉ giá trị ở lần lặp thứ t .

Trong thực tế μ có thể được xác định gần đúng theo phương pháp Newton:

$$\mu_{tN} = \frac{F_t}{(F'_{p1})^2 + (F'_{p2})^2 + \dots + (F'_{pm})^2} \quad (9.23)$$

Quá trình lặp được thực hiện cho đến khi: $\left| \frac{F^t - F^{t+1}}{F^{t+1}} \right| \leq \Delta$.

Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể mà mô hình các vật gây nên dị thường từ có thể là hình cầu, lớp, hình trụ hoặc là tổ hợp các vật thể đó.

9.4 Những nguyên lý về giải bài toán ngược bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính

Phương pháp quy hoạch tuyến tính đảm bảo việc tìm cực trị của một hàm tuyến tính nào đó theo các thông số xác định trường của mô hình với những điều kiện bổ sung (hạn chế) được thể hiện dưới dạng các bất đẳng thức. Tuy nhiên ngay cả với các mô hình đơn giản cũng khó có được các phiếm hàm dạng:

$$F = \min \max |Z - Z_a|_i \quad (9.24)$$

với các bất đẳng thức tuyến tính.

Trong các trường hợp như vậy, người ta buộc phải thay đổi liên tiếp các giá trị của các tham số không thoả mãn tính tuyến tính của bài toán và tiến hành tính toán theo các giá trị giả định đó. Trong địa vật lý phương pháp quy hoạch tuyến tính lần đầu tiên được Salaep S. V. đề ra

Khảo sát ví dụ cơ bản với sợi dây cực. Trường Z_a do sợi dây cực gây ra được xác định bằng công thức:

$$Z_a(x_i) = \frac{p_1}{p_2 + x_i^2}$$

trong đó $p_1 = mh$; $p_2 = h^2$ và h là độ sâu của sợi dây.

Nếu gọi v là độ lệch giữa giá trị quan sát và giá trị mô hình ta có:

$$|Z - Z_a|_n < v$$

Ta có thể viết hệ thống bất phương trình trên dưới dạng:

$$-v \leq Z - \frac{p_1}{p_2 + x_i^2} \leq v$$

và vì $(p_2 + x_i)^2 > 0$ nên ta có thể chuyển sang hệ thống $2n$ bất đẳng thức:

$$\begin{aligned} (Z_i - v)(p_2 + x_i^2) - p_1 &\leq 0 \\ -(Z_i + v)(p_2 + x_i^2) + p_1 &\leq 0 \end{aligned} \quad (9.25)$$

Cho vào (9.25) các giá trị Z_i và x_i dưới dạng sau:

n	x_i	Z_i
1	0,0	2,0
2	0,6	1,6
3	1,0	1,0

và chọn $v = 0,1$ ta thu được hệ thống các bất đẳng thức liên hệ với các thông số như sau:

$$\begin{aligned}
 -p_1 + 1,900p_2 &\leq 0 \\
 p_1 - 2,100p_2 &\leq 0 \\
 -p_1 + 1,500p_2 + 0,375 &\leq 0 \\
 p_1 - 1,700p_2 - 0,425 &\leq 0 \\
 -p_1 + 0,900p_2 + 0,900 &\leq 0 \\
 p_1 - 1,100p_2 - 1,100 &\leq 0
 \end{aligned} \tag{9.26}$$

Để giải bài toán ngược bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính ta cần phải tạo ra hàm mục đích phụ thuộc tuyến tính vào các tham số của mô hình cần khảo sát. Trong trường hợp này có thể chọn hàm mục đích dưới dạng:

$$\Psi = p_1 \tag{9.27}$$

Giá trị cực trị của hàm này cần phải được xác định khi tính đến các điều kiện hạn chế (9.26). Với cách đặt bài toán như vậy bằng nhiều cách giải khác nhau ta có thể tìm được các tham số của vật thể.

9.5 Tiệm cận trong cửa sổ trượt

Phương pháp do Harmann và một số người khác đề ra nhằm minh giải các tuyến đo từ hàng không. Ta chọn mô hình là một lớp cơ bản mà thành phần $(\Delta T)_a$ của nó được xác định bằng phương trình dạng:

$$(\Delta T)_a(x) = \frac{A(x - x_0) + Bz}{(x - x_0)^2 + z^2} \tag{9.28}$$

Trong đó x là tọa độ điểm chạy dọc theo tuyến, x_0 là hoành độ còn z là tung độ của điểm đặc biệt, A và B là các hệ số phụ thuộc vào vectơ từ của lớp ($M=2J.2b$), góc γ là góc giữa mặt phẳng của lớp với hướng J , I_0 là góc từ khuynh bình thường, phương vị từ của tuyến đo là δ :

$$\begin{aligned}
 A &= M(\cos\gamma \sin I_0 - \sin\gamma \cos I_0 \cos\delta) \\
 B &= -M(\sin\gamma \sin I_0 + \cos\gamma \cos I_0 \cos\delta)
 \end{aligned} \tag{9.29}$$

Viết lại biểu thức (9.28) khi tính đến các hệ số chưa biết $(\Delta T)_a(x)$ và x đã biết trước) ta có:

$$x^2(\Delta T)_a(x) = a_0 + a_1x + b_0(\Delta T)_a(x) + b_1x(\Delta T)_a(x) \tag{9.30}$$

trong đó:

$$a_0 = -Ax_0 + Bz;$$

$$a_1 = A;$$

$$b_0 = -(x_0^2 + z_0^2)$$

$$b_1 = 2x_0$$

Số các hệ số chưa biết trong phương trình này bằng số các thông số cần xác định của lớp (x_0, z, J, γ). Để tính được các giá trị này ta cần 4 cặp giá trị x và $(\Delta T)_a(x)$. Từ các ẩn số tìm được a_0, a_1, b_0, b_1 ta dễ dàng thu được các tọa độ của các điểm đặc biệt:

$$x_0 = \frac{1}{2}b_1; \quad z = \frac{1}{2}\sqrt{4b_0 - b_1^2}$$

Theo các hệ số A, B có thể tính được mômen từ, góc γ và góc δ .

Ưu điểm của phương pháp là khả năng gạt bỏ được ảnh hưởng của các đối tượng bên cạnh bằng cách đưa vào trong (9.30) đa thức bậc nhất ($C_1x + C_0$) hoặc bậc hai ($C_2x^2 + Cx + C_0$). Trong trường hợp đó để xác định tất cả các tham số chưa biết cần phải có 6 hoặc 7 điểm đã xác định được tọa độ x và giá trị $(\Delta T)_a(x)$. Các điểm cách đều nhau đó tạo thành một cửa sổ. Cửa sổ này trong quá trình phân tích dịch chuyển dọc theo tuyến. Việc tính toán được tiến hành tại mỗi một vị trí cho đến khi cửa sổ trượt hết trên tuyến. Kích thước của cửa sổ và bước dịch chuyển do người phân tích quyết định dựa theo đặc trưng của trường.

Cần chú ý khi tuyến phân tích không vuông góc với đường phương của dị thường thì độ sâu z xác định được là độ sâu biểu kiến z' . Có thể hiệu chỉnh độ sâu biểu kiến này bằng cách thay đổi tỷ lệ theo trục Ox trên đoạn tuyến phân tích (nhân cho cosin của góc phụ với góc giữa tuyến và trục dị thường). Phương pháp chỉ ứng dụng với dị thường dạng hai chiều.

Người ta cũng phát triển phương pháp này đối với vật thể dạng lớp dày.

9.6 Phương pháp phổ

9.7.1 Sử dụng phổ của cường độ trường từ

Trong trọng lực người ta đã chứng minh được có thể dùng giá trị phổ của gradient nằm ngang tại hai điểm để xác định độ sâu đến điểm đặc biệt gần nhất:

$$h_1 = -\frac{\ln|S_2(\omega_2)| - \ln|S_2(\omega_1)|}{\omega_2 - \omega_1} \quad (9.31)$$

Với cường độ trường từ phức ta cũng có thể thu được biểu thức tương tự:

$$h_1 = -\frac{\ln|\omega_2 S_2(\omega_2)| - \ln|\omega_1 S_2(\omega_1)|}{\omega_2 - \omega_1} \quad (9.32)$$

Còn đối với trường hợp thế từ phức:

$$h_1 = -\frac{\ln|\omega_2^2 S_2(\omega_2)| - \ln|\omega_1^2 S_2(\omega_1)|}{\omega_2 - \omega_1} \quad (9.33)$$

Người ta đã chứng minh được rằng giữa các biến đổi Fourier cosin và sin của một hàm điều hoà phức dạng $U + iV$ có một mối liên hệ như sau:

$$\int_{-\infty}^{\infty} U(x,0) \cos \omega x dx = -\int_{-\infty}^{\infty} V(x,0) \sin \omega x dx$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} U(x,0) \sin \omega x dx = \int_{-\infty}^{\infty} V(x,0) \cos \omega x dx \quad (9.34)$$

Nhờ các biểu thức này ta có thể chuyển từ phổ của cường độ trường từ phức tới phổ của thành phần thẳng đứng. Cụ thể là:

$$\begin{aligned}
S_1(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} (H - iZ)e^{i\omega x} dx = -2i \int_{-\infty}^{\infty} Ze^{i\omega x} dx \\
&= -\frac{2\pi}{\omega} \sum_{k=1}^n B_k e^{i\omega \tau_k}
\end{aligned} \tag{9.35}$$

Lớp dày có hai điểm đặc biệt $x_1 + ih_1$ và $x_2 + ih_2$, và tại đó $B_1 = -B_2 = B$. Vì véc tơ J đi vào một mặt của lớp và đi ra tại mặt khác, và vì vậy phổ $S_1(\omega)$ có dạng

$$S_1(\omega) = -\frac{2\pi}{\omega} B e^{-\omega h} (e^{i\omega x_1} - e^{i\omega x_2}) \tag{9.36}$$

Sử dụng biểu thức của $e^{i\omega x}$ qua các hàm lượng giác và chuyển từ số phức sang môđun, sau một số phép biến đổi ta thu được:

$$|S_1(\omega)| = \frac{4\pi}{\omega} |B| e^{-\omega h} \sin \omega \frac{x_2 - x_1}{2} \tag{9.37}$$

Trong đó $x_2 - x_1$ là độ dày $2b$ của lớp.

Có thể dùng phương trình (9.37) để tìm các thông số của vật thể bằng cách sử dụng 4 điểm của đường cong $|S_1(\omega)|$. Tuy nhiên các tác giả của phương pháp đã đề ra một phương pháp khác để không những tìm các thông số của vật thể mà còn đánh giá được tính đúng đắn về giả thiết về dạng của vật thể. Nhân hai vế (9.37) với ω và đưa vào tần số gián đoạn $\omega_k = k\Delta\omega$ ta có thể hình thành được các biến số mới biểu diễn qua 3 giá trị kế tiếp nhau của môđun của phổ $|S_1(\omega)|$ và tần số ω :

$$X = \frac{|S_1(\omega_{k+2})| \omega_{k+2}}{|S_1(\omega_k)| \omega_k}; \quad Y = \frac{|S_1(\omega_{k+1})| \omega_{k+1}}{|S_1(\omega_k)| \omega_k} \tag{9.38}$$

Các biến số này liên hệ với nhau qua biểu thức tuyến tính:

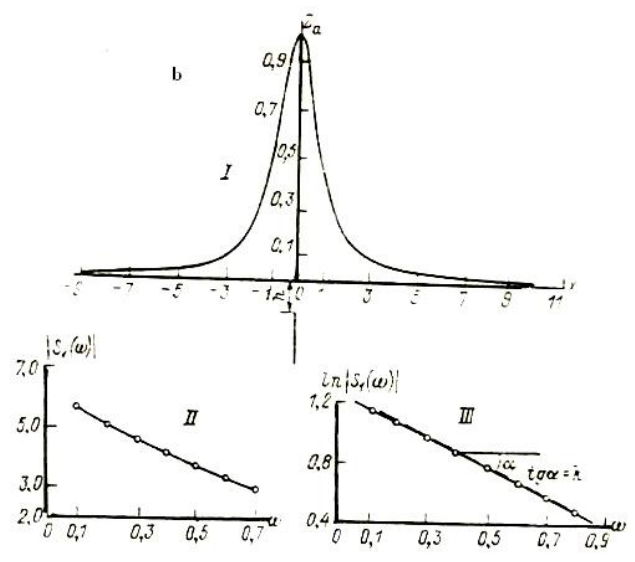
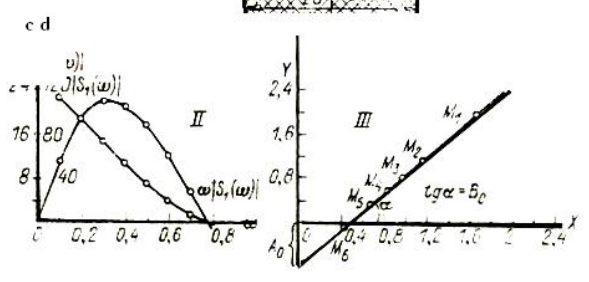
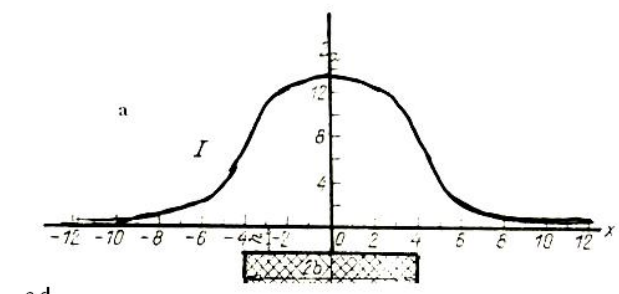
$$Y = B_0 X - A_0 \tag{9.39}$$

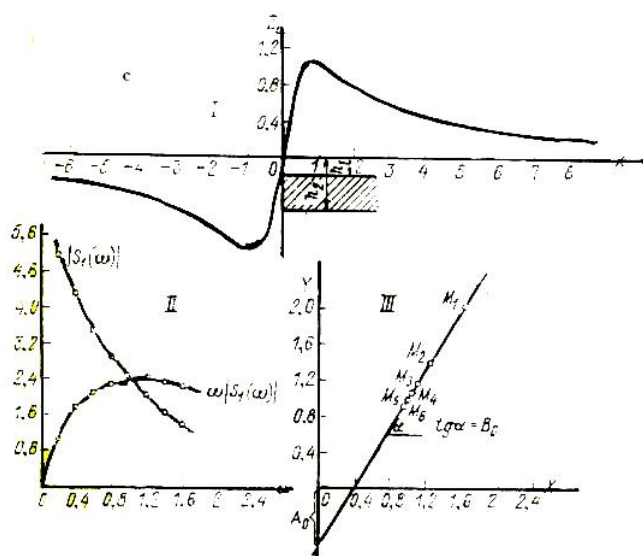
Các hằng số B_0 và A_0 có thể được biểu diễn qua các thông số cần tìm và khoảng $\Delta\omega$:

$$B_0 = 2e^{-\Delta\omega h} \cos \Delta\omega b; \quad A_0 = e^{-2\Delta\omega h} \tag{9.40}$$

Từ các phương trình trên ta dễ dàng thu được các công thức cần thiết để xác định b và h :

$$h = \frac{1}{\Delta\omega} \ln \frac{1}{\sqrt{A_0}}; \quad b = \frac{1}{\Delta\omega} \arccos \frac{B_0}{2\sqrt{A_0}} \tag{9.41}$$





Hình 9.8.

Xác định các thông số của lớp dày (a), lớp mỏng (b), bậc thẳng đứng (c) theo phương pháp phổ.

I- đường cong Z_a , II- Các đường cong phổ,

III- Vị trí đường thẳng

Phương pháp xác định các tham số A_0 và B_0 được giải thích ở trên hình 9.8a. Việc các điểm M nằm trên cùng một đường thẳng chứng tỏ mô hình được chọn gần với hình dạng thực tế.

Để xác định các tham số của lớp cơ bản ta có thể đơn giản công thức (9.37) bằng cách đặt $\sin\omega b = \omega b$:

$$|S_1(\omega)| = 4\pi b|B|e^{-\omega h} \quad (9.42)$$

Lấy loga cả hai vế của phương trình ta thu được phương trình đường thẳng mà tg của góc nghiêng của nó cho ngay giá trị h (Hình 9.8b).

Với bậc thẳng đứng cả hai điểm đặc biệt có cùng một hoành độ x, vì vậy công thức (9.36) đối với mô hình đó có dạng:

$$|S_1(\omega)| = -\frac{2\pi B}{\omega}(e^{-\omega h_1} - e^{-\omega h_2}) \quad (9.43)$$

Nhân cả hai vế của biểu thức thu được cho ω , ta có:

$$|S_1(\omega)|\omega = -2\pi B(e^{-\omega h_1} - e^{-\omega h_2}) \quad (9.44)$$

Dùng cách đặt các hệ số (9.38) và đưa vào giá trị tần số gián đoạn ta có thể chuyển phương trình trên về dạng (9.39) mà trong đó B_0 và A_0 tương ứng bằng:

$$\begin{aligned} B_0 &= e^{\Delta\omega h_1} + e^{\Delta\omega h_2}; \\ A_0 &= e^{-\Delta\omega(h_1+h_2)} \end{aligned} \quad (9.45)$$

Từ các biểu thức này ta dễ dàng thu được các công thức để xác định h_1 và h_2 :

$$\frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{1}{\Delta\omega} \ln \frac{1}{\sqrt{A_0}}$$

$$h_{1,2} = \frac{h_1 + h_2}{2} \mp \frac{1}{\Delta\omega} \operatorname{arcch} \frac{B_0}{2\sqrt{A_0}}$$

Các tính toán được thể hiện trên (Hình 9.8c)

Theo các nhà địa vật lý Italia Cassano và Rocca trong phương pháp này có thể mở rộng thêm cho các mô hình cơ bản. Ví dụ đối với hình trụ tròn nằm ngang ta có thể viết:

$$|S(\omega)| = K\omega e^{-\omega h} \quad (9.46)$$

Trong đó K là một hệ số nào đó phụ thuộc vào độ từ hoá. Công thức này cũng có thể sử dụng cho ΔT dọc theo tuyến có phương vị từ thẳng góc với đường phương của dị thường từ.

9.7.2 Xác định địa hình mặt phân cách gần nằm ngang

Phương pháp dựa trên việc biểu diễn trường từ dưới dạng sóng qua phép biến đổi Fourier.

Các sóng riêng phần tương ứng với các thành phần trong khai triển trường từ. Dưới dạng phức chuỗi khai triển Fourier có dạng:

$$U(x, y) = \sum_{m=-N}^N \sum_{k=-N}^N K_m^k e^{\frac{2\pi}{\Lambda} i(kx+my)} \quad (9.47)$$

Dưới dạng lượng giác:

$$U(x, y) = \sum_{m=-N}^N \sum_{k=-N}^N \left[P_m^k \cos \frac{2\pi}{\Lambda} (kx + my) + Q_m^k \sin \frac{2\pi}{\Lambda} (kx + my) \right] \quad (9.48)$$

Trong đó $2\pi/\Lambda$ là tần số không gian cơ bản, còn Λ là kích thước của hình vuông trên bản đồ trường. Khi dùng các biến đổi Fourier cosin hoặc sin thì trong khai triển (9.48) Q_m^k hoặc P_m^k tương ứng bằng không. Các hệ số phức K_m^k trong khai triển (9.47) có thứ nguyên trường và được xác định bằng công thức:

$$K_m^k = \frac{1}{r^2} \sum_{\xi=1}^r \sum_{\eta=1}^r U(\xi, \eta) e^{-\frac{2\pi}{r} i(kx+my)i} \quad (9.49)$$

Trong công thức này r^2 là số các điểm phân bố đều trong hình vuông $\Lambda.\Lambda$. Để miêu tả sóng thay cho x, y ta chọn hướng s mới thẳng góc với cạnh. Bước sóng λ theo hướng này liên hệ với Λ bằng biểu thức:

$$\lambda_m^k = \frac{\Lambda}{\sqrt{k^2 + m^2}} \quad (9.50)$$

Biểu thức sóng trở nên đơn giản hơn:

$$P_n \cos 2\pi \frac{ns}{\lambda} + Q_n \sin 2\pi \frac{ns}{\lambda} \quad (9.51)$$

Có thể miêu tả mỗi một sóng riêng phần với các hệ số P_m^k và Q_m^k qua sóng riêng phần của độ từ hoá trong nửa không gian dưới (trên mức z) với một độ lệch pha nào đó φ_m^k . Ví dụ, qua sóng cosin dạng:

$$J_\infty = J_m^k \cos \left[\frac{2\pi}{\Lambda} (kx + my) - \varphi_m^k \right] \quad (9.52)$$

Các hệ số P_m^k và Q_m^k của sóng trường liên hệ với các giá trị J_m^k và các góc $\alpha = \arctg(m/k)$ và δ qua các biểu thức

$$\begin{aligned} P_m^k &= J_m^k (A \cos \varphi_m^k - B \sin \varphi_m^k) \\ Q_m^k &= J_m^k (-B \cos \varphi_m^k - A \sin \varphi_m^k) \end{aligned} \quad (9.53)$$

Trong đó:

$$A = \sin^2 I_0 - \cos^2 I_0 \cos^2(\alpha + \delta) \quad (9.54)$$

$$B = 2 \sin I_0 \cos I_0 \cos(\alpha + \delta) \quad (9.55)$$

$$\cos(\alpha + \delta) = \frac{k \cos \delta - m \sin \delta}{\sqrt{k^2 + m^2}} \quad (9.56)$$

Từ biểu thức (9.53) ta có thể xác định được các hệ số $J_m^k \cos \varphi_m^k$ và $J_m^k \sin \varphi_m^k$ miêu tả sóng riêng phần của độ từ hoá.

Ta có thể dễ dàng tính chuyển trường $(\Delta T)_a$ xuống mức z bằng cách nhân các hệ số P_m^k và Q_m^k cho hàm số mũ e^{cz} , vì hàm số mũ $V = e^{ax+by+cz}$ thoả mãn phương trình Laplace khi có điều kiện:

$$a^2 + b^2 + c^2 = 0 \quad (9.57)$$

Vì các giá trị a và b đã được xác định bằng khai triển Fourier

$$a = i \frac{2\pi}{\Lambda} k; \quad b = i \frac{2\pi}{\Lambda} m \quad (9.58)$$

Như vậy theo (9.11) c được xác định bằng biểu thức:

$$c = \frac{2\pi}{\Lambda} \sqrt{k^2 + m^2} \quad (9.59)$$

Ta hãy xem rằng trường dị thường do lớp nằm ngang có độ dày Δz giới hạn bởi hai mặt phẳng \bar{z} và $\bar{z} - \Delta z$ với độ từ hoá biến đổi gây ra. Trường dị thường $(\Delta T)_a(\bar{z})$ của lớp này bằng hiệu trường của hai nửa không gian bị từ hoá bị giới hạn bởi các mặt phẳng \bar{z} và $\bar{z} - \Delta z$:

$$(\Delta T)_{a\Delta z}(\bar{z}) = (\Delta T)_a(\bar{z}) - (\Delta T)_a(\bar{z} - \Delta z) \quad (9.60)$$

Đặt vào (9.60) biểu thức của $(\Delta T)_a(\bar{z} - \Delta z)$ qua biểu thức tính chuyển của nó:

$$(\Delta T)_a(\bar{z} - \Delta z) = (\Delta T)_a(\bar{z}) e^{-\frac{2\pi}{\Lambda} \Delta z \sqrt{k^2 + m^2}}$$

ta thu được:

$$(\Delta T)_{a\Delta z}(\bar{z}) = (\Delta T)_a(\bar{z}) (1 - e^{-\frac{2\pi}{\Lambda} \Delta z \sqrt{k^2 + m^2}}) \quad (9.61)$$

Khai triển hàm số mũ thành chuỗi và cho $\Delta z \rightarrow 0$ ta có:

$$(\Delta T)_{a\Delta z}(\bar{z}) = (\Delta T)_a(\bar{z}) \left(\frac{2\pi}{\Lambda} \sqrt{k^2 + m^2} \right) \Delta z \quad (9.62)$$

Nếu bề dày của lớp nhỏ so với bước sóng λ thì lớp nằm ngang Δz với độ từ hoá biến đổi J_∞ sẽ tương đương với trường của lớp có độ dày biến đổi nhưng có mặt giới hạn dưới nằm ngang và độ từ hoá không thay đổi về độ lớn và phương. Giá trị J cho lớp đó hai lần lớn hơn J_m^k . Khi J không thay đổi biên độ thay đổi mặt địa hình liên hệ với biên độ thay đổi trường trên mức z bằng công thức:

$$h_m^k = \frac{|(\Delta T)_a(\bar{z})|}{4\pi^2 J (\sin^2 I_0 + \cos^2 I_0 \cos^2(\alpha + \delta))} \frac{\Lambda}{\sqrt{k^2 + m^2}} \quad (9.63)$$

Pha của sóng riêng phần của mặt địa hình lệch so với pha của trường cũng như với pha của độ từ hoá một góc $\pi - 2I_0'$, trong đó I_0' là độ lệch của vec tơ \vec{J} trong mặt phẳng thẳng góc với cạnh sóng (trong mặt phẳng S). Vì vậy phương trình của mặt giới hạn tạo nên sóng trường có dạng:

$$h = -h_m^k \left\{ 1 + \cos \left[\frac{2\pi(kx + my)}{\Lambda} - \varphi_m^k - \pi + 2I_0' \right] \right\} \quad (9.64)$$

trong đó h độ chênh lệch địa hình trên mức z .

Quá trình tính toán như sau:

* Trong hình vuông có cạnh bằng Λ , tính các hệ số trong khai triển Fourier của $(\Delta T)_a$. Các sóng riêng phần với các số m, k đã được đánh số.

* Chọn độ sâu ban đầu \bar{z} và độ từ hoá \vec{J} .

* Sóng riêng phần với số 1 được tiếp tục giải tích đến mức \bar{z} . Các số sóng tương ứng trong trường hợp này là P_m^k, Q_m^k được nhân cho hệ số $e^{\frac{2\pi}{\Lambda} \bar{z} \sqrt{k^2 + m^2}}$.

* Theo các giá trị của sóng riêng phần đầu tiên $(\Delta T)_a(\bar{z})$ tại các điểm khác nhau tính h . h dương tương ứng với độ sâu sâu hơn.

* Quá trình đó được thực hiện cho các sóng riêng phần tiếp theo.

9.7 Ứng dụng của thăm dò từ

9.7.1 Nghiên cứu địa chất khu vực

Các số liệu đo đạc trường từ tỷ lệ bé và trung bình được sử dụng rộng rãi để nghiên cứu địa chất khu vực. Trong các quy chế lập bản đồ địa chất khu vực tỷ lệ 1: 200.000 và bé hơn có quy định cần thiết phải kèm theo khảo sát từ hàng không với tỷ lệ tương ứng. Bản đồ từ hàng không trong trường hợp này có thể giải quyết được các nhiệm vụ sau:

- Phân vùng kiến tạo, khoanh vẽ các cấu trúc lớn.
- Theo dõi các đứt gãy kiến tạo đặc biệt và các đứt gãy ẩn không thể quan sát trực diện.
- Phân chia các tập đá có nguồn gốc và tuổi sinh thành khác nhau.

Việc phân chia thành miền, đới còn dựa vào nguyên tắc:

Miền là những lãnh thổ rộng lớn, được giới hạn bằng hệ thống đứt gãy sâu, có chiều dài lớn, xuyên lãnh thổ, rất đặc trưng, khác hẳn với những miền bên cạnh, kê cả trên mặt và dưới sâu.

Đới là những đơn vị nhỏ hơn miền, được phân chia ở trong miền, được giới hạn bằng những hệ thống đứt gãy sâu, không thấy rõ trên bản đồ trung bình trường với bán kính lớn và có thêm những đặc trưng trường từ của riêng mình, khác với các đới bên cạnh.

Trên miền Bắc, bản đồ từ hàng không ΔT_a tỷ lệ 1:200.000 đã được xây dựng từ năm 1962 dưới sự chỉ đạo của các chuyên gia Liên xô (cũ). Trên bản đồ đó trước tiên ta thấy phân chia hai miền với ranh giới dọc theo đứt gãy sông Hồng. (Hình 9.9). Miền Đông Bắc có đặc trưng trường từ bình ổn- phổ biến là giá trị ΔT_a âm ít khi vượt quá - 200nT, gradient trường bé (khoảng 10 - 20 nT/km). Các dị từ chủ yếu có hình dạng đẳng thước, số ít có dạng giải nằm dọc phương đông bắc- tây nam ở phần phía đông và tây bắc- đông nam ở phía tây. Quang cảnh trường từ bình ổn đặc trưng cho vùng nền, nơi ít chịu ảnh hưởng của các chu kỳ hoạt động macma kèm theo quá trình phá hủy kiến tạo mạnh mẽ. Một vài biểu hiện các dị từ liên quan với các thể macma maphic và siêu maphic dạng giải kéo dài có phương tây bắc đông nam là do ảnh hưởng của các vùng lân cận, đặc biệt là ảnh hưởng vận động của địa mảng Ấnôxini ở về phía nam. Vùng này, do vậy, nhiều tác giả địa chất gọi là miền “nền hoạt động”, hoặc miền “chuẩn nền”.

Miền Tây Nam chủ yếu đặc trưng bằng các dị thường dạng giải cường độ mạnh khoảng từ ± 300 nT (dị thường Vạn Yên, Nghĩa Lộ). Kích thước các dị thường kéo dài hàng trăm kilômet theo đường phương và bề rộng khoảng vài chục kilômet. Gradient ngang đạt đến 100 - 200 nT/km. Các dị thường có phương chủ yếu Tây Bắc - Đông Nam. Cá biệt tại vùng Tây Thanh Hoá (khối Phu Hoạt) lẻ tẻ gặp các dị từ có phương Đông Bắc Tây Nam. Các dị từ chồng xếp lên nhau phản ánh các khối macma thành phần maphic và siêu maphic có từ tính mạnh tập trung trong các đới kiến tạo sông Đà, Ninh Bình, Sông Mã và Sầm Nưa, tạo thành một quang cảnh trường hết sức phức tạp. Quang cảnh đó thường đặc trưng cho các vùng uốn nếp, nơi đã xảy ra các quá trình hoạt động macma trên một quy mô rộng lớn với cường độ mạnh mẽ.

Vấn đề thường được các nhà địa chất địa vật lý bàn cãi là vấn đề về ranh giới giữa hai vùng trên. Các nhà địa chất có người thừa nhận đứt gãy sông Hồng (Kitôvanhi), có người thừa nhận đứt gãy sông Chảy (Đôpjikôp) lại có người thừa nhận đứt gãy Sông Đà (Frômajiet) hoặc gờ Sông Mã (Ngô Thường San). Theo kết quả phân tích đặc trưng dị thường từ của Nguyễn San thì hai bên sông Hồng các đặc tính dị thường từ rất khác nhau.

Trong phạm vi mỗi miền nói trên lại phân chia các vùng có trường từ khác biệt (đới), thể hiện trên bản đồ phân vùng dị thường khu vực (Hình 9.9). Đới Đông Bắc kể từ đường số 4 Cao Bằng - Lạng Sơn có giá trị ΔT_a dương biên độ 25 nT đặc trưng cho khối nâng Hạ lang. Đới trường từ âm biên độ -25 nT đặc trưng cho đới trụt sông Hiến, An Châu, Sông Hồng. Các đới nâng Sông Lô, Sông Hồng, Fansipan, Sông Mã đặc trưng bằng các dị thường từ biên độ lớn hàng trăm nT.

Đới trũng Sông Đà có giá trị trường liên quan chặt chẽ với các khối xâm nhập peridôtit, dunit, các phun trào spilit, mà mọi nơi trong phạm vi đới kiến tạo ta thường gặp. Trường từ do vậy có đặc điểm khác biệt hẳn với các vùng trũng đã nêu.

Theo hình thái của dị thường từ ta cũng có thể theo dõi được các đứt gãy kiến tạo. Các đứt gãy kiến tạo được thể hiện theo hai hệ thống giao cắt nhau: Tây Bắc- Đông Nam và

Đông Bắc - Tây Nam. Hệ thống thứ nhất phổ biến ở phần Tây Nam, hệ thống thứ hai phổ biến ở phần Đông Bắc. Ngoài ra, trong mỗi miền còn có mặt các đứt gãy hướng phụ giữ vai trò chủ yếu.

Một nhiệm vụ của thăm dò từ là phân chia các tập đá có nguồn gốc và bản chất khác nhau dựa trên sự phân dị về từ tính. Các loại đá macma nói chung có từ tính cao hơn các đá biến chất. Đá biến chất lại có từ tính cao hơn các đá trầm tích. Từ tính của các đá macma tăng dần cùng với sự tăng độ mafic. Các trầm tích thuộc phạm vi đới Sông Hiến, An Châu, Duyên Hải, Trường Sơn và vùng trũng Sông Hồng có trường từ yếu với giá trị $\Delta T_a = \pm 25$ nT. Các đá biến chất thuộc các đới Sông Lô, Sông Hồng, Fansipan, Sông Mã có từ tính cao hơn một bậc. Giá trị ΔT_a dao động trong khoảng ± 25 nT đến ± 150 nT. Các dị từ có biên độ cao hơn ± 150 nT thường đặc trưng cho các khối macma thành phần mafic và siêu mafic như các khối dunit Núi Rùa, Ba Vì, pêridôtit Suối Cẩn, spililit Vạn Yên, Hoà Bình...

Sau ngày miền nam hoàn toàn giải phóng, sử dụng các số liệu đo từ của các nhà Địa vật lý Mỹ kết hợp với các đo đạc hàng không bổ sung Nguyễn Xuân Sơn và tập thể các tác giả đã thành lập được bản đồ dị từ miền Nam Việt Nam. (Hình 9.10). Qua nhiều phép biến đổi trường và minh giải tỷ mỉ các tác giả đã đưa ra các kết luận sau:

Phần lớn dị thường từ trên bản đồ trường từ dị thường tỷ lệ 1: 200.000 đều có chung một đặc điểm: Mỗi dị thường từ đều có phần âm nằm ở giữa hai phần dương ở phía bắc phía nam, so với phong của dị thường. Giá trị tuyệt đối của phần âm lớn hơn phần dương rất nhiều và phần dương ở phía nam có giá trị lớn hơn phần dương ở phía bắc.

Trên bản đồ trường từ Miền Nam có nhiều khu vực các dị thường âm dương xen kẽ nhau, sắp xếp hỗn loạn không có phương ưu tiên với biên độ phong lớn, tạo thành đám dị thường và chiếm diện tích lớn. Các đám dị thường này phân bố chủ yếu ở phần phía tây của miền trung Trung bộ, từ Gia Lai Kông Tum đến Buôn Mê Thuột, vùng Tuy Hoà qua Lâm Đồng xuống Lộc Ninh và vùng Bảo Lộc. Chúng liên quan đến các lớp phủ bazan ở trên mặt đất.

Các dị thường từ kéo dài theo phương Bắc Nam phân bố ở Nam Trung Bộ đều bao gồm các đới dị thường dương, âm luân phiên nhau.

Hầu hết các dị thường từ trên lãnh thổ Nam Việt Nam đều do các khối đá xâm nhập và phun trào mafic, siêu mafic gây ra.

Cũng theo Nguyễn Xuân Sơn trường dị từ trên lãnh thổ miền Nam Việt Nam cũng có thể được phân thành năm miền với các đặc trưng khác nhau:

- Miền trường yên tĩnh phía bắc từ bản đồ, gần như không có dị thường từ (miền trường từ Bắc Trung bộ).

- Tiếp đến là miền trường từ Quảng Nam- Đà Nẵng gồm hai đới trường từ: Đới Hải Vân có trường biến đổi yếu, có dị thường từ biên độ nhỏ: 50 nT diện rộng và một dị thường từ cô lập do các đá pha 1 Bên Giàng- Quê Sơn gây ra, thể hiện của miền trường chuyển tiếp giữa trường yên tĩnh và trường biến đổi.

Đới Tam Kỳ bao gồm các dị thường từ có biên độ lớn và chiếm diện phân bố rộng (200-550 nT) do các đá pirôxenit có xâm tán một lượng đáng kể manhêtit gây ra.

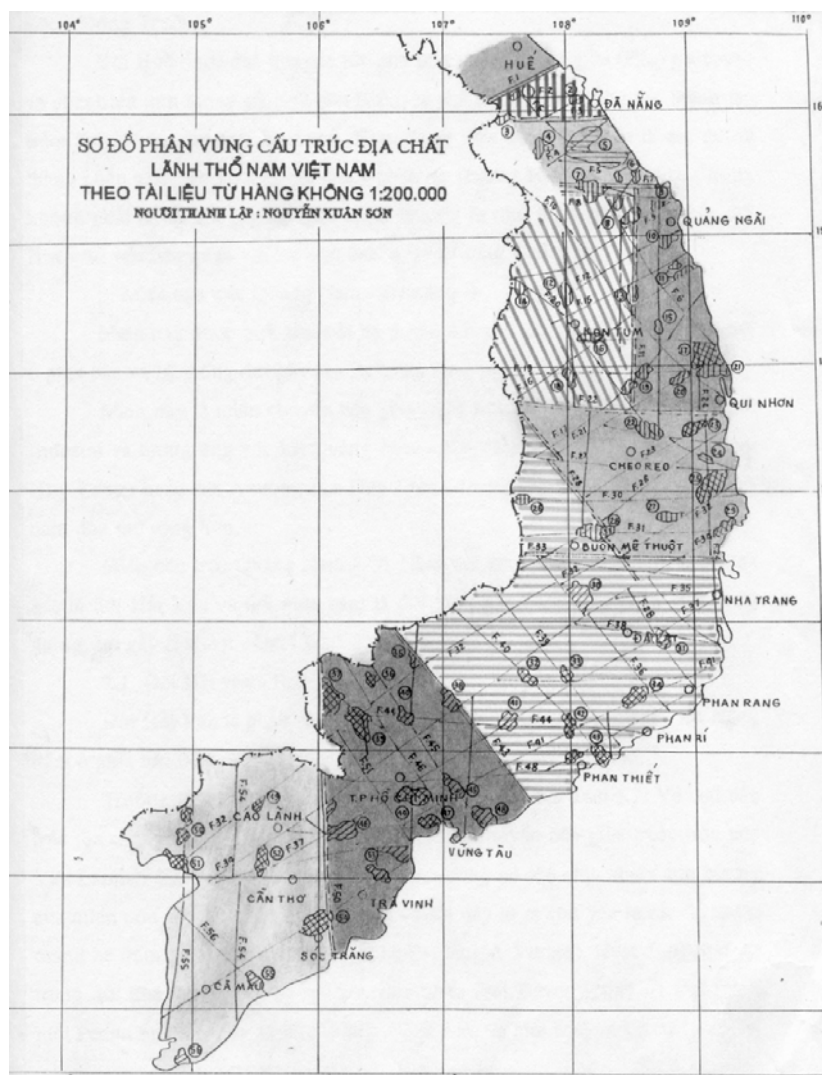
- Miền trường từ trung Trung Bộ là miền trường từ biến đổi mạnh bao gồm các dị thường từ nửa phía đông có xu hướng kéo dài theo phương Đông Bắc và nửa phía tây gồm các dị thường từ gần như kế liền nhau tạo thành đám dị thường, bị lớp phủ bazan trên mặt làm nhiễu loạn. Trong miền này có bốn đới: Đới Nghĩa Bình có trường từ yên tĩnh và trên đó có những

dải dị thường kéo dài theo phương Đông Bắc Tây Nam. Đới Plâycu gồm các dị thường nhỏ phân bố hỗn loạn không tách rời nhau. Đới Cheo Reo gồm các dải dị thường kéo dài phương vĩ tuyến. Đới Côn Đảo có trường từ yên tĩnh, chỉ nổi lên vài dị thường địa phương cô lập.

- Miền trường từ Nam Trung Bộ được giới hạn ở phía bắc là Ninh Hoà- Đắc Min, về phía Tây Nam là Lộc Ninh- Hàm Tân, bao gồm chủ yếu là các dị thường từ có kích thước lớn hơn và biên độ lớn hơn kéo dài theo các phương Đông Bắc, Tây Bắc, vĩ tuyến và kinh tuyến. Dị thường có cấu trúc dạng men rạn.

- Miền trường từ Nam Bộ nằm ở phía Tây ranh giới Lộc Ninh- Hàm Tân tiêu biểu cho miền trường tương đối ổn định, và trên đó nổi lên các dải dị thường kéo dài theo phương Bắc Nam với đặc trưng là các đới âm dương luân phiên nhau. Miền này có thể chia làm hai phần: phần phía đông (đới Sài Gòn) có mật độ các dải dị thường lớn hơn và chiều dài các dải cũng lớn hơn, trong khi đó phần phía Tây (đới Cần Thơ) có diện tích lớn hơn nhưng có ít dải hơn, chiều dài của các dải đó cũng ngắn hơn. Ngoài ra còn có một số dị thường cô lập. (Hình 9.10).

Ngoài tác dụng nghiên cứu các đất đá thuộc phần trên của vỏ quả đất, các số liệu từ còn cho phép tìm hiểu cấu trúc của các mặt địa chất sâu hơn, trước hết là móng kết tinh và mặt Môkhô phân chia quyển mềm với thạch quyển. Điều đó dựa



Hình 9.11

Sơ đồ phân vùng cấu trúc địa chất lãnh thổ Nam Việt nam dựa trên số liệu đo từ hàng không (Theo Nguyễn Xuân Sơn)

trên cơ sở là các đá biến chất thuộc móng kết tinh có từ tính cao hơn các trầm tích trên một bậc. Phần trên của manti có thành phần vật chất là peridotit có từ tính mạnh hơn từ tính của vỏ bazan trên nó. Tuy nhiên đây lại là một vấn đề đang còn được tranh cãi vì theo tính chất từ của vật chất, các vật thể có từ tính đều trở thành các vật thể thuộc loại kháng từ (từ tính rất yếu) nếu như nhiệt độ của chúng cao hơn nhiệt độ Curie. Tuy nhiên thực tế chưa hoàn toàn phủ nhận sự mất tính chất từ của các đất đá nằm sâu. Việc nghiên cứu các cấu trúc sâu đòi hỏi phải có bản đồ từ trên diện rộng đã được lược bỏ các dị từ địa phương để làm nổi bật các dị thường khu vực lớn. Các số liệu từ kết hợp với các số liệu trọng lực và dò sâu địa chấn cho phép thiết lập hàm tương quan giữa các trường địa vật lý với độ sâu mặt móng kết tinh hoặc mặt Môkhô trên một số điểm chuẩn và từ đó khoanh vẽ các mặt địa chất một cách định lượng cho toàn vùng.

Trong nhiều trường hợp sự phụ thuộc giữa độ sâu và trường từ ΔT tuân theo quy luật tuyến tính ($y = ax + b$). Điều này có thể kiểm nghiệm bằng cách tính hệ số tương quan:

$$\eta = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N H_i \Delta T_i}{N} - \bar{H} \Delta \bar{T}}{\sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^N H_i^2}{N} - \bar{H}^2 \right) \left(\frac{\sum_{i=1}^N \Delta T_i^2}{N} - \Delta \bar{T}^2 \right)}} \quad (9.65)$$

trong đó:

H_i độ sâu tới mặt phân chia cần nghiên cứu.

N số điểm được dùng để tính hệ số tự tương quan.

\bar{H} độ sâu trung bình đến mặt phân chia từ tính.

$\Delta \bar{T}$ giá trị trung bình của dị thường từ.

Hệ số tự tương quan $\eta = \pm 1$ nếu quy luật liên quan giữa độ sâu H_i và dị từ ΔT_i tuyến tính, có giá trị dương khi a dương và âm khi a âm.

Sau khi khẳng định mối tương quan tuyến tính, các hệ số a và b được xác định bằng các công thức:

$$a = \frac{N \sum_{i=1}^N H_i \Delta T_i - \sum_{i=1}^N H_i \sum_{i=1}^N \Delta T_i}{N \sum_{i=1}^N \Delta T_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N \Delta T_i \right)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N H_i - a \sum_{i=1}^N \Delta T_i}{N} \quad (9.66)$$

Biết các hệ số a và b ta có thể tính độ sâu tới mặt phân chia từ tính cho toàn vùng qua giá trị dị từ có liên quan với nó đã được phân chia.

Trong trường hợp móng kết tinh có từ tính yếu, việc xác định độ sâu tới mặt trên của nó chỉ có thể được tiến hành qua kết quả xác định độ sâu tới mặt trên của các khối macma nằm trong đó.

Tương tự ta có thể thiết lập sự tương quan ba chiều nhằm liên kết các số liệu từ, trọng lực cùng độ sâu mặt cần nghiên cứu.

Ta hãy đưa ra công thức tổng quát trong trường hợp này.

Giả sử chúng ta có các đại lượng biến đổi x_i , $i = 1, 2, 3 \dots$ (Ví dụ: x_1 là độ sâu h, x_2 là Δg , x_3 là $\Delta T_a \dots$) được xác định tại các điểm P_k , $k = 1, 2, 3 \dots N$, và mỗi đại lượng x_i có thể được biểu diễn qua hàm hồi quy tuyến tính đối với các đại lượng x khác. Những đặc trưng số được sử dụng trong phép tính hồi quy là:

* Giá trị trung bình:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_{ik} \quad (9.67)$$

Các covariance (hiệp biến):

$$K_{ij} = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j) \quad (9.68)$$

Khi $i = j$ ta có đại lượng variance:

$$m_i^2 = K_i = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_i)^2$$

Hệ số tự tương quan từng đôi:

$$\eta_{ij} = \frac{K_{ij}}{m_i m_j} \quad (9.69)$$

Hệ số tương quan riêng phần:

$$\eta_{1(2.3)} = \frac{\eta_{12} - \eta_{13}\eta_{23}}{(1 - \eta_{13}^2)^{1/2}(1 - \eta_{23}^2)^{1/2}} \quad (9.70)$$

Tổng quát:

$$\eta_{1(234\dots m)} = \frac{\eta_{12\dots(m-1)} - \eta_{1m34\dots(m-1)}\eta_{2m34\dots(m-1)}}{(1 - \eta_{1m34\dots(m-1)}^2)^{1/2}(1 - \eta_{2m34\dots(m-1)}^2)^{1/2}} \quad (9.71)$$

Trên lãnh thổ nước ta các loại quaczit, gonai, diệp thạch kết tinh, amphibolit thuộc móng kết tinh thường có từ tính lớn hơn các đá trầm tích khác, song lại bị xoá nhoà bởi ảnh hưởng trường của các khối mác ma từ tính mạnh phổ biến khắp nơi. Điều đó gây khó khăn cho việc xác định địa hình của móng kết tinh.

Các đứt gãy từ là một trong các dấu hiệu chủ đạo nhằm chỉ ra các phương cấu trúc địa chất mà trước tiên là phương của các đứt gãy. Các đứt gãy kiến tạo được thể hiện trên tài liệu từ nhờ khả năng chúng mang vật chất sắt từ có liên quan với các quá trình hoạt động magma. Các đứt gãy dọc theo các đới xung yếu là kênh dẫn cho vật liệu được đưa lên từ dưới sâu, là nơi chịu tác dụng trực tiếp của nhiệt độ và áp suất, nơi xảy ra quá trình sinh khoáng do trao đổi vật chất với các nham thạch vây quanh hoặc kết tinh từ dung ly. Trong hợp tạo khoáng vật đó thường có mặt các khoáng vật sắt từ như manhetit, pirôtit, inmêhit và do vậy trên số liệu từ các đứt gãy loại này thường được thể hiện dưới dạng các dị thường dạng tuyến có cường độ và kích thước khác nhau tùy thuộc vào quy mô và hoạt tính của đứt gãy. Một số đứt gãy khác lại kèm theo các thể magma có từ tính cao hơn so với đá vây quanh. Chúng gây nên các dị từ tập trung dọc theo các tuyến đứt gãy có dạng chuỗi hạt cườm. Các đứt gãy có thể vừa là ranh giới phân chia các tập đá có nguồn gốc và thành phần thạch học khác nhau, cũng đồng thời là ranh giới phân chia từ tính. Trong trường hợp đó trên bản đồ từ chúng tập trung dọc theo đới phân chia hai miền dị từ.

9.7.2 Tìm kiếm sắt

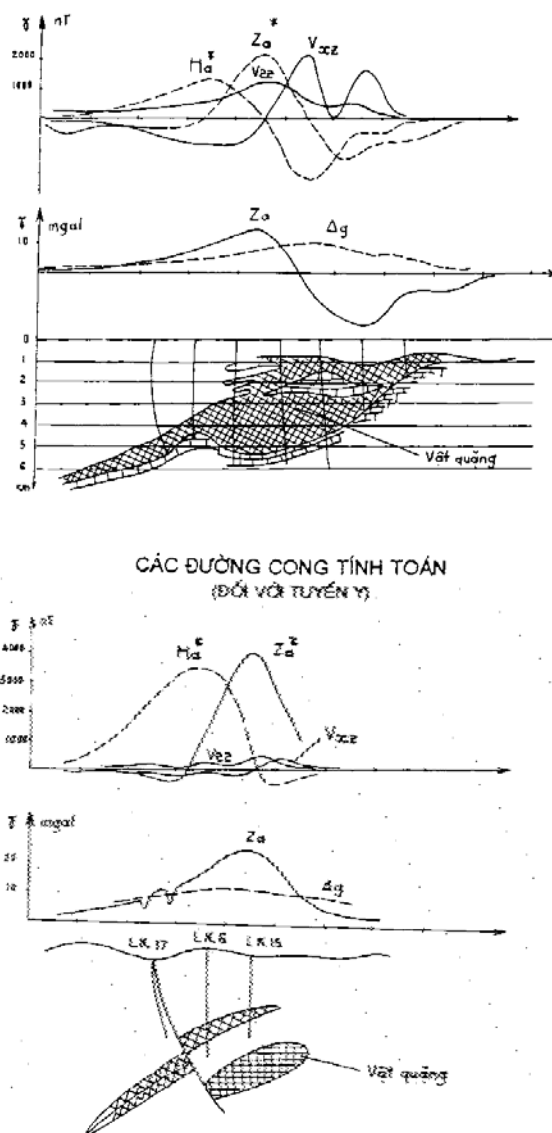
Quặng sắt và các sản phẩm ôxy hoá của nó bao gồm nhiều loại. Quặng nguyên sinh là manhêtit, hêmêtit, mahêmit, xidêrit, trong đó manhêtit có từ tính cao hơn cả và là đối tượng quan trọng nhất gây ra trường từ, dễ dàng phát hiện trực tiếp bằng phương pháp thăm dò từ. Quặng thứ sinh bao gồm các hydrôxit sắt, có từ tính yếu hoặc rất yếu, gây nên trường từ không đáng kể. Chúng có thể được biểu hiện trực tiếp trên bản đồ từ, hoặc gián tiếp qua mối liên quan với các thân quặng nguyên sinh.

Về mặt nguồn gốc sinh thành, quặng sắt có thể có nguồn gốc nhiệt dịch, tiếp xúc trao đổi, biến chất hoặc trầm tích. Quặng sắt nguồn gốc nội sinh có thành phần chủ yếu là magnetit mang từ tính cao hơn cả. Quặng nguồn gốc biến chất có từ tính thấp hơn. Các loại quặng thứ sinh thường có từ tính rất yếu.

Công việc tìm kiếm sắt bằng phương pháp từ có thể được tiến hành theo các bước khác nhau với các tỷ lệ trắc lượng khác nhau. Các mỏ có quy mô lớn có thể được phát hiện ở tỷ lệ đo đạc 1:200.000 hoặc 1:100.000. Loại quy mô vừa có thể được phát hiện ở các tỷ lệ 1:50.000, 1:25.000. Khi tìm kiếm chi tiết hoặc thăm dò sơ bộ, để khoanh vẽ các thân quặng trên vùng mỏ đã biết, tỷ lệ khảo sát có thể là 1:10.000 hoặc lớn hơn.

Dị từ điển hình liên quan đến mỏ sắt nguồn gốc biến chất là mỏ Cuốc Kơ (Liên xô cũ). Chiều dài dị từ đạt 800 km, rộng 50 km, cường độ trên 10^5 nT, gấp đôi trường từ bình thường.

Dị từ này dễ dàng phát hiện từ độ cao trên 10 km. Quặng là các vỉa quaczit sắt bị vỏ nhàu phức tạp nằm ở các độ sâu 100-600m. Tại nhiều vùng quaczit sắt bị ôxi hoá thành magnetit có từ tính hàng ngàn lần bé hơn. Để phân chia các vùng tập trung loại quặng giàu này người ta sử dụng phối hợp phương pháp trọng lực. Lý do là vì quặng nguyên sinh và thứ sinh đều có mật độ cao trong khi hệ số từ hoá của chúng khác nhau hàng nghìn lần. Quặng magnetit gây nên dị thường trọng lực dương lớn trên vùng dị thường từ yếu.



Hình 9.12

Kết quả tính dị thường giả trọng lực tại một vùng quặng sắt Thạch Khê theo kết quả của Tôn Tích Ái

Trên lãnh thổ của nước ta mỏ sắt có nguồn gốc biến chất điển hình là Tông Bá, Làng Mị-Hung Khánh, Làng Lếch Ba Hòn, Làng Nhược, Làng Vinh v.v... Quặng quaczit manhetit hoặc amphibol manhetit có dạng vỉa nằm kẹp trong các tập quaczit gonai hoặc amphibolit và gây nên dị từ hàng vạn nT. Do các vỉa mỏng và kém duy trì theo đường phương cho nên các dị từ thường hẹp và không ổn định. Trong đa số trường hợp việc phân tích định lượng các dị từ này không có gì khó khăn theo các thuật toán phân tích cho trường hợp các bài toán hai chiều. Dị từ có liên quan với mỏ sắt tiếp xúc trao đổi điển hình là Thạch Khê, đã được phát hiện năm 1962 qua kết quả đo từ hàng không. Tại đây trường ΔZ có biên độ đạt đến 24.000 nT.

Dị từ có dạng đẳng thức, cực trị âm (-16.000 nT) ở về phía bắc và cực trị dương (8.000 nT) nằm tại phía nam. Dị thường trọng lực có biên độ cực đại 7 Mgal nằm trên miền chuyển tiếp âm dương của dị thường từ. Tại vị trí đó dị thường từ có gradient lớn nhất. Đối tượng gây

dị thường từ là một thân quặng sắt kích thước mỗi bề 300 m thành phần manhetit nằm ở độ sâu từ 60 m dưới lớp cát phủ. Quặng có nguồn gốc tiếp xúc trao đổi, hình thành trên miền tiếp xúc giữa đất đá cacbonat Đê vôn và khối granit γ_7 Nam giới.

Tại vùng quặng này dựa trên các số liệu trọng lực và từ thu được, tập thể các cán bộ dưới sự hướng dẫn của Tôn Tích Ái đã tiến hành phân tích tổ hợp các dị thường đó (Hình 9.12). Trong vùng này các dị thường giả trọng lực đã được tính toán. Các kết quả thu được cho phép xác định chính xác vị trí vật quặng và làm sáng tỏ hơn bản chất dị thường. Các dị thường giả trọng lực đã phù hợp với các dị thường trọng lực. Trong trường hợp này đã khử bỏ được ảnh hưởng của độ từ hoá nghiêng.

Quặng sắt ngoại sinh cũng là một loại có giá trị công nghiệp lớn ở nước ta, đó là các mỏ có nguồn gốc trầm tích thấm lọc kiểu Quý Xa, Tiến Bộ, là các vùng tập trung quặng deluvi-êlivi trên các vùng mỏ nói trên (vùng núi quặng thuộc Trại Cau), hoặc các mũ sắt trên các thân quặng sulfua.

Quặng thường phân bố trên một địa hình thuận lợi của mặt bào mòn đá vôi thành hình trũng chậu kích thước đạt 1 km mỗi bề và chiều dày đạt hàng chục mét. Thành phần quặng là các hydrôxit sắt: limônit, gotit, hydrôgotit, turit, máctit thường gộp lại thành nhóm sắt nâu. Từ tính của loại này rất yếu. Tuy nhiên các quặng nằm này nằm trên các đá vôi hầu như không có từ tính cho nên có thể được phát hiện bằng phương pháp từ. Trong trường hợp này kết hợp với phương pháp điện có thể sử dụng thêm phương pháp thăm dò điện.

9.7.3 Tìm kiếm các khoáng sản khác

Ngoài quặng sắt ra trong những năm qua phương pháp thăm dò từ cũng được sử dụng có kết quả trong tìm kiếm và thăm dò các khoáng sản khác kể cả kim loại màu, kim loại phóng xạ và phi kim loại. Các loại quặng này có từ tính không đáng kể song thường liên quan chặt chẽ với các khoáng vật từ cộng sinh hay các khối đá macma thành phần maphic hay siêu maphic và nhờ vậy các số liệu từ là các dấu hiệu tìm kiếm gián tiếp có giá trị.

Trên lãnh thổ nước ta, quặng đồng Sinh Quyền có thành phần chủ yếu là Cancôpirit kèm theo các khoáng vật manhêtit, pirôtin và gây trường từ ΔZ hàng nghìn nT.

Quặng chì kẽm Chợ Điền là sfalerit tập trung dọc theo các đứt gãy kiến tạo chứa xâm tán pirit-pirôtin. Công tác tìm kiếm có nhiệm vụ trước tiên là theo dõi các đứt gãy đó. Công việc này có thể được thực hiện bằng phương pháp thăm dò từ.

Quặng crômít Cỏ Định bao gồm các sa khoáng ven rìa và quặng gốc trong dunit Núi Nưa. Vấn đề khoan vẽ các khối xâm nhập tương tự là bước đầu trong công tác tìm kiếm và có thể được giải quyết đơn giản bằng phương pháp thăm dò từ.

Quặng Titan-manhêtit Núi Chúa có liên quan chặt chẽ với khối gabrô, quặng Asbet Suối Cẩn liên quan đến các thể periddotit bị secpentin hoá. Với phương pháp thăm dò từ ta có thể khoan vẽ được các khối xâm nhập, qua đó có thể tiếp tục công tác tìm kiếm cho các quặng nói trên.

Quặng bôxít Lạng Sơn (Y Tịch) dạng vĩa nằm kẹp giữa các đá vôi C_2 - P_1 gây dị thường từ có biên độ hàng nghìn nT và có thể được phát hiện trực tiếp bằng công tác đo từ.

Tài liệu tham khảo

1. **Tôn Tích Ái.** Địa Vật lý thăm dò. Tập II. ĐH & THCN. Hà Nội. 1980.
2. **Tôn Tích Ái.** Trọng lực và thăm dò trọng lực. ĐHQG Hà Nội. 2003.
3. **Tôn Tích Ái, Đỗ Đức Thanh.** Phân tích tổ hợp các số liệu trọng lực và từ ở vùng vĩ độ thấp. Đại học Tổng hợp Hà Nội. 1987.
4. **Đặng Văn Liệt.** Phân tích kết hợp tài liệu từ và trọng lực ở miền Nam Việt nam. Thành phố Hồ chí Minh. 1995. Luận án phó tiến sĩ.
5. **Nguyễn San.** Địa Vật lý thăm dò. Tập II. ĐH& THCN. Hà Nội. 1980.
6. **Nguyễn Xuân Sơn.** Giải đoán cấu trúc địa chất miền Nam Việt nam theo tài liệu từ hàng không tỷ lệ 1:200.000. Hà Nội. 1996. Luận án phó tiến sĩ Địa Vật lý.
7. **Tapheev G.V. Xôcôlov K.L.** Phân tích địa chất các dị thường từ. Nedra. Leningrad. 1981.(Tiếng Nga).
8. **Mirônôp.** Giáo trình thăm dò trọng lực. Leningrad. 1974. (Tiếng Nga).
9. **Gladki.** Thăm dò trọng lực và thăm dò từ. M.1967. (Tiếng Nga).
10. **Lôgachôp.** Thăm dò từ. Nedra. Leningrad. 1973. (Tiếng Nga).
11. **Staley H. Ward.** Geotechnical and environmental geophysics. Society of Exploration geophysicists, Tulsa, Oklahoma. 1997.
12. **William J. Hinze.** The role of gravity and magnetic methods in engineering applications. Tulsa, Oklahoma. 1997.
13. **Baranov V.** Potential fields and their stransformation in applied geophysics, GPA, Berlin and Stuttgart. 1975.
14. **Leu L.** Use of reduction to the equator process for magnetic data interpretation, Geophysics, Vol. 35. 1970.
15. **Grant F.S., West G.F.** Interpretation theory in applied geophysics . Mc Graw-Hill Book Co. New York. 1965.
16. **Cagniard.** Introduction à la physique du globe. Paris 1960
17. **Ianovski.** Địa từ. M. 1970 (TiếngNga)
18. **Teldford et al.** Applied geophysics. Cambridge University Press. 1982.
19. **Frank D. Stacey.** Physics of the Earth. Brisbane Australia. 1992.
20. **Pilkington M.** 3-D magnetic imaging using conjugate gradient. Geophysics Vol. 62, No. 4. 1997.