

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT SỬ DỤNG CÁC THAM SỐ ĐẶC TRUNG CỦA QUÁ TRÌNH SUY GIẢM PHÂN CỰC KÍCH THÍCH TRONG ĐÁNH GIÁ VÀ THẨM DÒ CÁC THÂN QUẶNG NHIỆT DỊCH

TRẦN BÌNH TRỌNG

I. MỞ ĐẦU

Phương pháp phân cực kích thích (PCKT) được sử dụng rộng rãi và là công cụ địa vật lý có hiệu quả trong thăm dò phát hiện các loại quặng. Kết quả áp dụng thực tế cho thấy, khoáng sản nhiệt dịch chứa khoáng hoá sulfur thường gây ra dị thường độ phân cực biểu kiến (η_k) và điện trở suất biểu kiến (ρ_k) có bề rộng lớn hơn nhiều kích thước thực của đới quặng hay thân quặng, gây khó khăn cho việc xác định vị trí công trình khai đào và do đó tỷ lệ công trình gặp quặng chưa cao.

Nhiều công trình nghiên cứu cũng như thực tế áp dụng cho thấy, quá trình PCKT là một phổ dữ liệu chứa rất nhiều thông tin về tính chất và các quá trình vật lý PCKT hóa học của môi trường bao gồm quặng. Trong khi đó, các quy trình áp dụng phương pháp PCKT truyền thống mới chỉ sử dụng độ phân cực biểu kiến (η_k) chỉ là một tham số của phổ dữ liệu đó.

Với các máy đo PCKT hiện nay cho khả năng thu tín hiệu của quá trình PCKT ở nhiều thời điểm nên có thể xác định được đường cong suy giảm độ PCKT theo thời gian là $\eta_k(t)$. Quy luật và tính chất suy giảm của nó là những thông tin về môi trường và đối tượng khảo sát sẽ đầy đủ hơn việc khai thác thông tin (η_k) chỉ ở 1 - 2 thời điểm t .

Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả nghiên cứu quy luật suy giảm độ PCKT theo thời gian dựa trên việc đo đạc tại nhiều thời gian của các khoáng vật đặc trưng, mẫu tham số trong phòng, đo tại các vết lộ quặng và các số liệu đo trên các tuyến đo. Qua đó, đề xuất áp dụng tham số suy giảm (A) và độ phân cực ngay sau khi ngắt dòng (B) khi xấp xỉ với các hàm thực nghiệm như hàm mũ, hàm logarit,

hàm hyperbol nhằm nâng cao hiệu quả so với sử dụng tham số η_k và ρ_k truyền thống của phương pháp PCKT.

II. NGHIÊN CỨU KHAI THÁC THÔNG TIN CÁC THAM SỐ ĐẶC TRUNG QUÁ TRÌNH PCKT

Trong công trình của Nguyễn Ngọc Loan [2] đã nghiên cứu tham số :

$$A_k = \frac{\eta_k(t_i) - \eta_k(t_{i+1})}{t_i - t_{i+1}} = \frac{\partial \eta_k(t_i)}{\partial t}$$

là độ phân cực vi phân hay tốc độ suy giảm của độ phân cực trong khoảng thời gian thích hợp, ứng với một số quặng ; tham số này có độ phân giải cao hơn tham số $\eta_k(1)$ nên đã góp phần nâng cao hiệu quả trong xử lý tài liệu đối với một số khoáng sản chì kẽm ở Việt Nam.

Trong công trình nghiên cứu của Trần Thanh Rỹ [4] đã xấp xỉ gần đúng thế PCKT với hàm loga :

$$\Delta U_{pc} = b \ln \frac{(t+g)(t+T+h)}{(t+h)(t+T+g)}$$

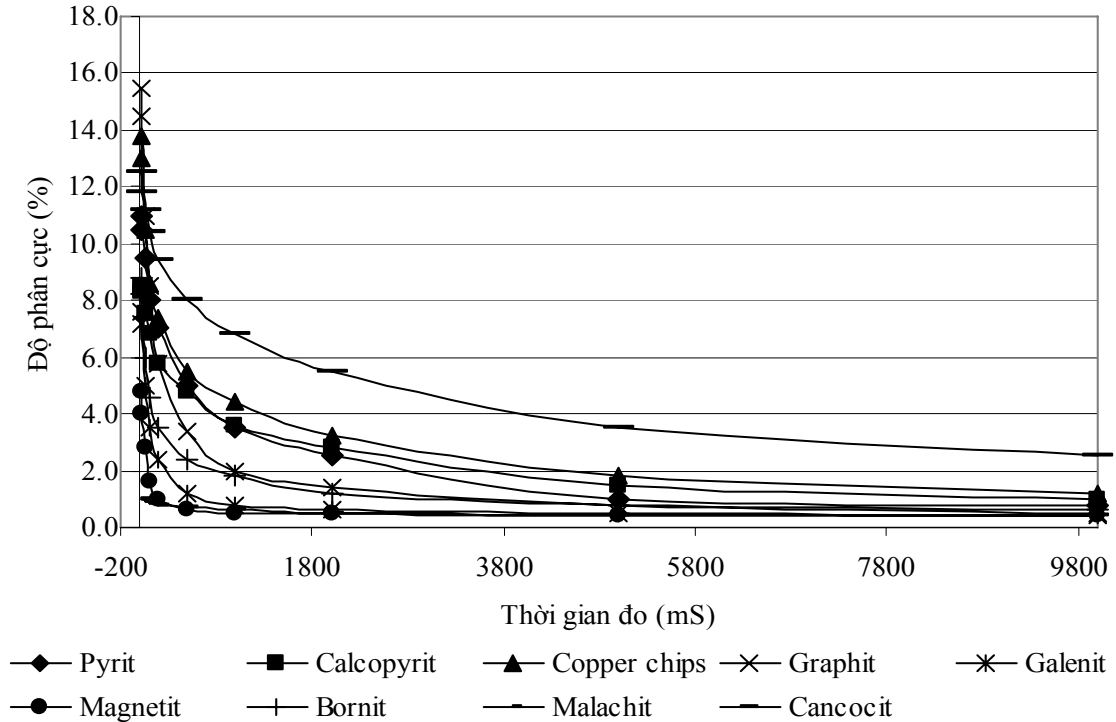
trong đó : b - biên độ, phụ thuộc dòng gây phân cực, t - thời gian ghi, T - thời gian nạp dòng phân cực. Tham số g , h có thứ nguyên thời gian, phụ thuộc vào môi trường phân cực và đã sử dụng các giá trị $\eta_k(t_i)$ để tính các thông số g, h bằng cách giải phương trình hàm siêu việt.

Các kết quả nghiên cứu đề xuất trên đây đã được áp dụng vào thực tế đã góp phần nâng cao độ tin cậy trong xử lý tài liệu PCKT đối với một số quặng ở Việt Nam.

1. Các quy luật suy giảm độ phân cực thực nghiệm

Các số liệu đo đặc độ phân cực theo thời gian đều cho thấy : khi tăng thời gian nạp, lúc đầu độ phân cực tăng nhanh sau đó chậm dần và đạt tiệm cận sau khoảng 2-3 phút. Khi ngắt dòng phát, độ phân cực giảm dần theo một quy luật phức tạp có

thể xấp xỉ gần đúng với các hàm toán học. Tuy nhiên, theo kết quả đo độ phân cực suy giảm trong khoảng thời gian từ 75 ms đến 8.000 ms theo các bước đo 75, 150, 300, 550, 800, 1300, 1700, 2500, 3500 và 5500 ms, đường cong suy giảm có thể gần đúng với hàm số mũ, hàm hyperbol hoặc loga theo các dạng hàm số sau (hình 1).



Hình 1. Biểu đồ biểu diễn quy luật suy giảm độ phân cực của một số khoáng vật dẫn điện gây hiệu ứng phân cực phổ biến

a) Độ phân cực giảm gần đúng với quy luật hàm số mũ cơ số e :

$$\eta_k(t) = B_e e^{-A_e t} \quad (1)$$

b) Độ phân cực giảm gần đúng với quy luật hàm số mũ :

$$\eta_k(t) = \frac{B_x}{1 + t^{A_x}} \quad (2)$$

c) Độ phân cực giảm gần đúng với quy luật hàm hyperbol :

$$\eta_k(t) = \frac{B_h}{1 + A_h t} \quad (3)$$

d) Độ phân cực giảm gần đúng với quy luật hàm logarit :

$$\eta_k(t) = B_l - A_l \ln(t+1) \quad (4)$$

ở đây : $A_e, A_l, A_h, A_x, B_e, B_l, B_h, B_x$ là các hằng số tùy thuộc vào từng loại đá và quặng.

2. ý nghĩa vật lý của các tham số A_i, B_i

a) Quy luật hàm mũ

Đạo hàm hai vế công thức $\eta_k(t) = B_e e^{-A_e t}$ sẽ nhận được các biểu thức :

$$\frac{\partial \eta_k(t)}{\partial t} = -A_e B_e e^{-A_e t} ; A_e = \frac{\partial \eta_k(t)}{\eta_k(t)}$$

trong đó : A_e thể hiện tốc độ suy giảm độ phân cực, phụ thuộc vào hàm lượng của khoáng vật dẫn điện tử trong đá và quặng.

Khi $t \rightarrow 0 \eta_k \rightarrow B_e$. B_e là giá trị độ PCKT ngay sau khi ngắt dòng phát xấp xỉ theo hàm mũ cơ số e.

Các hằng số này phụ thuộc bản chất của đá, quặng và vị trí phân bố không gian của chúng.

Một cách tiếp cận khác, nếu đạo hàm hai vế công thức (2) ta có :

$$\frac{\partial \eta_k(t)}{\partial t} = \frac{B_x A_x t^{A_x-1}}{(1+t^{A_x})^2} \approx \frac{B_x}{1+t^{A_x}} \frac{A_x}{t} \Rightarrow \frac{\partial \eta_k(t)}{\partial t} = \frac{A_x}{\eta_k(t)}$$

trong đó : A_x tương tự như A_e , B_x tương tự B_e ở trên.

b) Quy luật hàm số hyperbol

Đạo hàm hai vế công thức $\eta_k(t) = \frac{B_h}{1+A_h t}$ sẽ nhận được biểu thức sau :

$$\frac{\partial \eta_k(t)}{\partial t} = \frac{B_h A_h}{(1+A_h t)^2} \frac{B_h}{B_h} = \eta_k^2(t) \frac{A_h}{B_h} \Rightarrow A_h = \frac{\partial \eta_k(t)}{\eta_k^2(t)} B_h$$

trong đó : A_h thể hiện tốc độ suy giảm độ phân cực, phụ thuộc vào hàm lượng của khoáng vật dẫn điện tử trong đá và quặng.

Khi $t \rightarrow 0$ $\eta_k \rightarrow B_h$, B_h là giá trị độ PCKT ngay sau khi ngắt dòng phát xấp xỉ theo hàm hyperbol.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả đo độ PCKT theo thời gian của một số khoáng vật dẫn điện gây hiệu ứng phân cực phổ biến (Colect, 1959) [7]

Khoáng vật	Độ PCKT tại các cửa sổ thời gian (V/V) (ms)									
	15	20	50	100	200	500	1.000	1.700	3.000	5.000
Bornit	88	82	60	46	35	24	18	12	8	6
Chalcopirit	85	83	75	68	58	48	36	28	15	10
Chalcozin	125	118	112	104	94	80	68	55	35	25
Copper chips	138	130	105	86	74	55	44	32	18	12
Galenit	76	72	50	35	24	12	8	6	5	4
Graphit	155	145	110	85	58	34	20	14	8	5
Malachit	10	9.5	9	8.5	8	7	6	5	4.5	4
Manhetit	48	44	28	16	10	5	4.8	4.6	4.2	4
Pyrit	110	105	95	80	70	50	35	25	10	8

Căn cứ vào các số liệu trên đường cong suy giảm của mỗi khoáng vật, có thể tính toán các tham số đặc trưng A, B và hệ số tương quan R theo hàm mũ (A_x, B_x, R_x), mũ cơ số e (A_e, B_e, R_e), hyperbol (A_h, B_h, R_h) và logarit (A_l, B_l, R_l). Kết quả tính toán các tham số đặc trưng cho các quy luật suy giảm tín hiệu PCKT của một số khoáng vật đặc trưng được tổng hợp tại *bảng 2*.

Các hằng số này phụ thuộc bản chất của đá, quặng và vị trí phân bố không gian của chúng.

c) Quy luật hàm số logarit

Đạo hàm hai vế công thức $\eta_k(t) = B_l - A_l \ln(t+1)$:

$$\frac{\partial \eta_k(t)}{\partial t} = \frac{A_l}{(t+1)} \Rightarrow A_l = \frac{\partial \eta_k(t)}{\partial t} (t+1)$$

A_l thể hiện tốc độ suy giảm độ phân cực tại những thời điểm khác nhau, phụ thuộc vào hàm lượng của khoáng vật dẫn điện tử trong đá và quặng.

Khi $t \rightarrow 0$ $\eta_k \rightarrow B_l$, B_l là giá trị độ PCKT ngay sau khi ngắt dòng phát xấp xỉ theo hàm logarit.

3. Tham số suy giảm độ phân cực của một số khoáng vật quặng kim loại phổ biến

Từ kết quả đo độ phân cực $\eta_k(t)$ suy giảm theo thời gian của Colect (1959) [7] đối với một số khoáng vật dẫn điện phổ biến trong phòng thí nghiệm, tham số suy giảm độ phân cực của các mẫu thuộc các khoáng vật bornit, chalcopirit, chalcozin, copper chips, galenit, graphit, malachit, magnxetit và pyrit được tổng hợp ở *bảng 1*, ta thấy đồ thị suy giảm độ PCKT cơ bản có thể xấp xỉ theo các quy luật suy giảm logarit, hàm mũ... (hình dạng đường cong suy giảm thể hiện ở hình 1).

Để đánh giá mức độ suy giảm độ PCKT theo thời gian, tác giả sử dụng tỷ số A/B theo các quy luật của các khoáng vật. Từ kết quả của *bảng 1* có thể chia 3 nhóm khoáng vật quặng sulfur đa kim có mức độ suy giảm nhanh, chậm và trung bình. Nhìn chung các kết quả đo mẫu khoáng vật trong phòng của Colect ở các thời điểm tương đối phù hợp với các máy đo hiện số đang sử dụng ở Việt Nam.

Bảng 2. Bảng tính toán các tham số đặc trưng cho các quy luật suy giảm tín hiệu PCKT của một số khoáng vật dẫn điện gây hiệu ứng phân cực phổ biến

Khoáng vật	Giá trị tiệm cận khi $t \rightarrow 0$ (V/V)				Giá trị đặc trưng cho tốc độ suy giảm			
	B_l	B_e	B_x	B_h	A_l	A_e	A_x	A_h
Bornit	124.8	58.0	278.4	72.7	15.7	1088	0.400	0.00303
Chalcopyrit	119.7	73.5	170.2	78.3	11.8	1826	0.220	0.00103
Chalcozin	163.8	110.4	201.0	114.0	13.8	2558	0.157	0.00061
Cupper chips	192.0	103.1	318.5	115.7	21.7	1481	0.289	0.00155
Galenit	111.7	44.6	384.3	68.1	15.2	815	0.547	0.00665
Graphit	230.2	101.5	712.6	146.0	30.3	849	0.501	0.00571
Malachit	12.7	9.0	14.8	9.2	1.0	3047	0.130	0.00047
Manhetit	66.8	22.4	203.5	31.6	9.3	943	0.541	0.00398
Pyrit	160.7	90.9	278.2	102.1	17.8	1363	0.293	0.00176

Sử dụng hệ số tương quan giữa số liệu đo đạc và tính toán lý thuyết theo các quy luật nêu trên để xác định quy luật suy giảm đặc trưng của từng khoáng vật. Hệ số tương quan (R) cao nhất phản ánh quá trình suy giảm độ PCKT của khoáng vật đó sẽ phù hợp nhất với quy luật suy giảm thực nghiệm. Từ các kết quả này có thể thấy việc xấp xỉ theo các hàm thực nghiệm của hầu hết các số liệu là chấp nhận được, riêng đối với khoáng vật magnxetit có quan hệ kém đối với quy luật hàm mũ cơ số e và hyperbol.

Mỗi khoáng vật đều có những bộ số liệu $A_l, A_h, A_x, A_e, B_l, B_h, B_x, B_e$ khác nhau. Các kết quả tính toán thể hiện trên hình 2 cho thấy các khoáng vật đặc trưng phù hợp với quy luật suy giảm đó là :

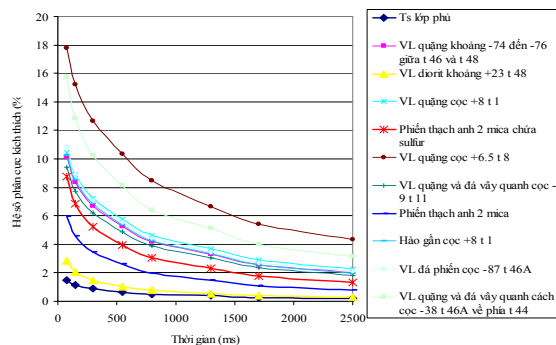
- + Quy luật hàm số mũ e gồm : chalcopyrit, cupper chips, bornit, chalcozin.
- + Quy luật hyperbol gồm : galenit, malachit, graphit.
- + Quy luật loga gồm : pyrit, magnxetit.

Đó là những tiền đề làm tăng thông tin và độ tin cậy để giải thích định lượng và giải thích bản chất địa chất của các dị thường PCKT phản ánh đối tượng ẩn khi chưa có các công trình địa chất kiểm tra.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG THỰC TẾ TẠI MỎ ĐỒNG (VÀNG) TẢ PHỜI

1. Tham số suy giảm độ phân cực theo kết quả đo tại vết lộ quặng

Theo kết quả đo 90 điểm tham số PCKT tại vết lộ quặng, đá vôi quanh quặng tại vùng mỏ đồng (vàng) Tả Phời, đặc trưng các đường cong suy giảm



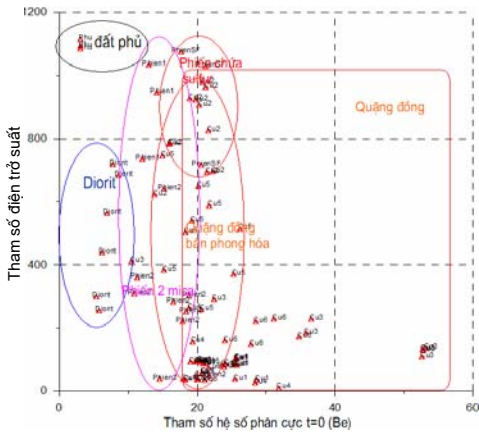
Hình 2. Tham số suy giảm độ phân cực theo thời gian đo tại vết lộ quặng và đá vôi quanh mỏ đồng Tả Phời (Lào Cai) (Số liệu của Nguyễn Văn Sâm, Liên đoàn InterGeo)

được thể hiện trên hình 2. Nhìn chung, quy luật suy giảm độ phân cực của các đá và quặng vùng Tả Phời có thể xấp xỉ theo các quy luật hàm mũ, logarit và hàm hyperbol bằng chương trình tính do tác giả xây dựng.

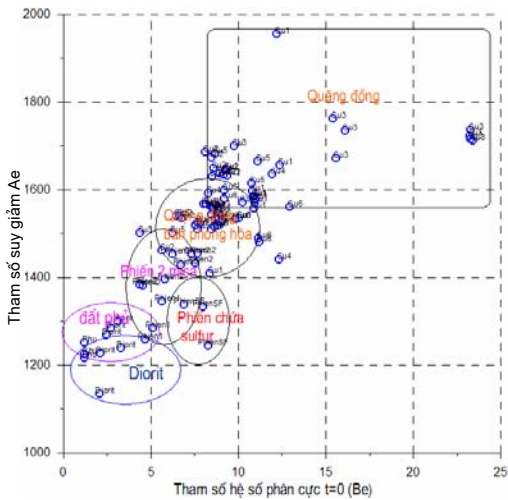
Kết quả tính toán xấp xỉ theo các quy luật nêu trên được sử dụng để thành lập các biểu đồ nhận dạng quặng đồng và đá vôi quanh theo các tham số A_e, B_e, A_l, B_l (hình 3, 4 và 5).

Trên hình 3, kết quả xử lý tài liệu chỉ ra vùng đá phiến hai mica và quặng đồng bán phong hóa có một phần trùng nhau. Đặc biệt đá phiến chứa sulfur nằm trong vùng đá chứa quặng đồng. Điều đó cần được chú ý khi nhận dạng sử dụng 2 tham số $\eta(0)$ và điện trở suất theo kết quả đo điện PCKT.

Trên biểu đồ hình 4, thành lập từ tham số A_e, B_e có thể phân biệt các loại đá khác nhau dễ dàng hơn, đặc biệt vùng đá phiến chứa sulfur với quặng



Hình 3. Biểu đồ nhận dạng quặng đồng và đá vây quanh theo tham số B_e và điện trở suất đo tại vết lộ mỏ đồng Tả Phời (Lào Cai)

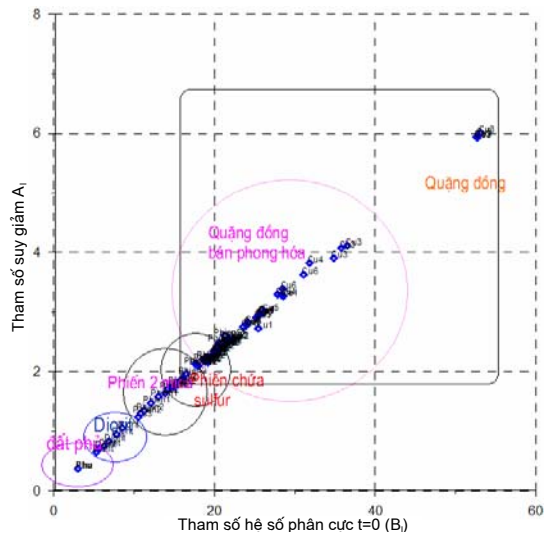


Hình 4. Biểu đồ nhận dạng quặng đồng và đá vây quanh theo tham số B_e và A_e từ số liệu PCKT đo tại vết lộ, mỏ đồng Tả Phời (Lào Cai)

đồng. Trên hình 5, biểu đồ theo quy luật logarit cho thấy các loại đá, quặng gần như phân bố trên đường thẳng, khả năng phân biệt các đá và quặng đồng tương đối rõ. Để nâng cao độ tin cậy nhận dạng đối tượng đá, quặng đồng, cần sử dụng tổ hợp của tham số là bộ tiêu chuẩn để phân chia, nhận dạng đá và quặng theo kết quả đo điện PCKT.

Từ kết quả tổng hợp nêu trên, bộ tham số η_k , ρ_k , A_e , B_e , A_1 , B_1 được sử dụng như bộ tiêu chuẩn để phân biệt dị thường liên quan đến đá và quặng theo kết quả đo điện PCKT:

- Quặng đồng có độ PCKT từ 8 đến 30 %, cao hơn hẳn so với đá diorit (4-6 %) và lớp phủ (3-5 %), nhưng khó phân biệt so với đá chứa sulfur (8-9 %).



Hình 5. Biểu đồ nhận dạng quặng đồng và đá vây quanh theo tham số B_1 và A_1 từ số liệu PCKT đo tại vết lộ, mỏ đồng Tả Phời (Lào Cai)

- Tham số điện trở suất của quặng đồng từ 20 đến 800 Ωm , nhỏ hơn nhiều so với điện trở suất của các loại đá khác (600 - 1.200 Ωm).

- Tham số A_e từ 1.600 - 2.000 (quặng đồng), 1.400 - 1.600 (quặng đồng bán phong hóa) cao hơn hẳn các tham số A_e của đá (1.000 - 1.350).

- Tham số B_e từ 6 đến 12 % (quặng đồng bán phong hóa), 8 - 25 % đối với quặng đồng cao hơn tham số này của đá diorit, đất phủ (3 - 5 %).

Như vậy, sử dụng đồng thời hai tham số A_e , B_e của quặng đồng (trên biểu đồ) sẽ có thêm chỉ tiêu để phân biệt quặng với đá vây quanh, kể cả đá phiến chứa sulfur. Kết quả này rõ ràng bổ sung nhiều thông tin hữu ích nâng cao độ tin cậy và hiệu quả áp dụng phương pháp PCKT so với quy trình trước đây chỉ sử dụng hai tham số η_k và ρ_k .

2. Dự báo hàm lượng quặng từ các tham số PCKT

Đối sánh kết quả xử lý tham số η_k , ρ_k và A_e , B_e biểu diễn trong không gian 3 chiều với kết quả phân tích hóa hàm lượng đồng của mẫu lõi khoan 1, 2, 7 và 8 cho thấy hàm lượng quặng cao tương ứng với những khối có giá trị η_k từ 20 đến 1500 Ωm và η_k trong khoảng 15 - 50 %, tham số B_e (η_0) có độ phân giải cao hơn về ranh giới giữa đá và quặng, tham số A_e có hệ số tương quan rõ nhất với hàm lượng đồng trong thân quặng. Như vậy, sử dụng bộ số liệu gồm các tham số A_e , B_e và η_k sẽ tăng độ tin cậy để khoanh định và dự báo hàm lượng quặng, sự phân

bố trong không gian của các thân quặng, do đó hiệu quả áp dụng phương pháp điện PCKT dòng một chiều sẽ cao hơn so với quy trình trước đây chỉ khai thác thông tin từ tham số η_k, ρ_k .

Trên cơ sở phân tích tương quan giữa các tham số PCKT và hàm lượng đồng trong các mẫu lõi khoan đã xác lập phương trình tính dự báo hàm lượng đồng trong không gian 3D theo kết quả đo điện PCKT cho vùng khảo sát như sau :

$$\text{Cu}(\%) = 0.0652 \cdot B_e + 0.0000507 \cdot A_e - 0.000495 \cdot \rho_k - 0.0387$$

Sai số giữa kết quả dự báo dựa trên số liệu phân tích mẫu và kết quả tính theo phương trình dự báo theo tài liệu đo PCKT với các mức hàm lượng khác nhau thay đổi trong khoảng từ 28 đến 37 %.

KẾT LUẬN

- Sử dụng tham số B_i là độ PCKT sau khi ngắt dòng ở thời điểm $t = 0$ sẽ làm tăng độ phân giải của tham số độ phân cực, do đó sẽ làm tăng tính định xứ trong việc xác định vị trí phân bố không gian của quặng so với tham số η_j .

- Tham số A_i đặc trưng cho tốc độ suy giảm độ PCKT theo thời gian, liên quan đến hàm lượng khoáng vật dẫn điện điện tử trong quặng. Vì vậy, sử dụng tham số này cùng với các tham số PCKT khác sẽ cho khả năng tăng độ tin cậy để dự báo hàm lượng quặng từ tài liệu PCKT.

- Kết quả áp dụng các tham số A_e, B_e trên thực tế ở khu vực khảo sát quặng đồng Tà Phời đã góp phần nâng cao hiệu quả áp dụng phương pháp điện PCKT dòng một chiều so với quy trình trước đây chỉ khai thác thông tin từ tham số η_k, ρ_k . Quy trình trên đây có thể áp dụng cho các vùng nghiên cứu khác có điều kiện địa chất - địa vật lý tương tự.

TÀI LIỆU DẪN

[1] BÙI XUÂN ÁNH, 2007 : Đánh giá triển vọng quặng đồng và các khoáng sản khác khu vực Tà Phời, thị xã Cam Đường, tỉnh Lào Cai. Báo cáo địa chất, Trung tâm Thông tin lưu trữ địa chất, Hà Nội.

[2] NGUYỄN NGỌC LOAN, 1996 : Đánh giá triển vọng thân quặng sulfur đa kim theo các đặc trưng dị thường phân cực kích thích dòng 1 chiều. Luận văn phó tiến sĩ, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.

[3] NGUYỄN TRỌNG NGA, 1997 : Giáo trình thăm dò điện phân giải cao. Trường đại học Mở - Địa chất, Hà Nội.

[4] TRẦN THANH RỸ, 2003 : Hoàn thiện công nghệ khai thác thông tin địa vật lý để điều tra phát hiện các thân quặng sunfua đa kim vùng Tòng Mụ - Chợ Đồn - Bắc Kạn. Luận án Tiến sĩ địa chất. Trường đại học Mở - Địa chất, Hà Nội.

[5] TRẦN BÌNH TRỌNG, 2008 : Luận chứng hiệu quả áp dụng phương pháp PCKT trong tìm kiếm quặng đồng - vàng, chì - kẽm ở Việt Nam. Luận án tiến sĩ, Trường đại học Mở - Địa chất, Hà Nội.

[6] NGUYỄN NHƯ TRUNG, 1996 : Nghiên cứu áp dụng phương pháp sai phân hữu hạn để xử lý phân tích số liệu đo sâu điện trở suất trong môi trường bất đồng nhất ngang. Luận án tiến sĩ, Trường đại học Mở - Địa chất, Hà Nội.

[7] В.А. КОМАРОВ, 1980 : Электроразведка Методом вызванной поляризации, Издательство Недр, Ленинград.

SUMMARY

To study the parameters of declination characteristic in Induced Polarization method and their use in exploration of hydrothermal deposits

Recently, the Induced Polarization (IP) method is using widely for solving large problems in geological exploration. Its advantage in comparison with the resistivity method, is not only in discovering electronically conductive ores in vein form, but also the disseminated one.

In case of hydrothermal deposits related to sulfide mineralization, the used traditional parameters (apparent polarization η_k , and apparent resistivity ρ_k) often have large width of anomaly, causing difficulty in identifying the position of digging works in next step of exploration.

The paper presents an analysis of declination characteristic of the induced polarization and shows the parameters of induced polarization (A), switched-off induced polarization (B) are relating to the ore content and sensitivity of the induced polarization of the ore body, respectively. Some used results of these parameters to locate position and evaluate successfully the potential of the copper ore body in the Ta Phoi copper deposit, Lao Cai province, Vietnam are also described.

Ngày nhận bài : 6-11-2009

*Vụ Khoa học và Công nghệ
(Bộ Tài nguyên và Môi trường)*