

# LỰA CHỌN TỔ HỢP PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ HỢP LÝ XÁC ĐỊNH CÁC THÂN QUẶNG GỐC MỘT SỐ LOẠI KHOÁNG SẢN CÓ NGUỒN GỐC NỘI SINH, NGUỒN GỐC LIÊN QUAN VỚI MAGMA VÀ BIẾN CHẤT TRONG ĐỒ VẼ ĐỊA CHẤT VÀ ĐIỀU TRA KHOÁNG SẢN TỶ LỆ 1:50.000

PHÙNG THẾ LỄ

Liên đoàn Bản đồ địa chất Miền Nam, 200 Lý Chính Thắng, TP Hồ Chí Minh

**Tóm tắt:** Việc sử dụng tổ hợp phương pháp địa vật lý để tìm kiếm, xác định các thân quặng gốc trong công tác đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 được tiến hành chủ yếu trên các diện tích điều tra chi tiết khoáng sản. Trong các diện tích này, tài liệu địa chất cho thấy có triển vọng khoáng sản và bước đầu xác định được đặc điểm của quặng và đá vây quanh; do đó, có cơ sở để lựa chọn tổ hợp phương pháp địa vật lý tối ưu ứng dụng tìm kiếm các thân quặng có hiệu quả.

Từ kết quả xử lý tổng hợp tài liệu địa vật lý - địa chất trong các đề án đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 được tiến hành từ năm 2000 đến nay, kết hợp với kết quả nghiên cứu và ứng dụng các phương pháp địa vật lý hiện đại, bài viết này giới thiệu một số tổ hợp phương pháp địa vật lý hợp lý được sử dụng để xác định các thân quặng gốc có nguồn gốc nội sinh, nguồn gốc liên quan với magma và biến chất trong công tác đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000.

## I. MỞ ĐẦU

Ở nước ta, trong đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 công tác địa vật lý ngày càng được sử dụng rộng rãi để phục vụ điều tra chi tiết các vùng có triển vọng khoáng sản. Các phương pháp địa vật lý đã được ứng dụng thời gian qua, nhìn chung, cho kết quả về cơ bản đáp ứng và giải quyết được các mục tiêu địa chất đặt ra. Tuy vậy, trong thực tế triển khai còn gặp không ít những khó khăn, hạn chế cả về lựa chọn tổ hợp phương pháp nghiên cứu và hiệu quả của từng phương pháp [2].

Để khắc phục các mặt hạn chế nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng các phương pháp địa vật lý điều tra chi tiết khoáng sản trong đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 tiếp theo, cần phải tiến hành nghiên cứu lựa chọn các tổ hợp phương pháp địa vật lý hợp lý, áp dụng hiệu quả cho từng loại đối tượng khoáng sản trong các điều kiện địa chất thực tế. Việc lựa chọn tổ hợp phương pháp khảo sát cho mỗi loại khoáng sản cần dựa trên quan điểm khai thác tốt nhất các thông tin địa vật lý của các thân quặng gây ra khác với môi trường đất đá vây quanh, đảm bảo có thể xác định được các thân quặng với mức chi phí thấp nhất.

## II. CƠ SỞ LỰA CHỌN CÁC TỔ HỢP PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ HỢP LÝ ĐỂ XÁC ĐỊNH VÀ KHÔNG CHẾ CÁC THÂN QUẶNG GỐC MỘT SỐ LOẠI KHOÁNG SẢN NGUỒN GỐC NỘI SINH, LIÊN QUAN VỚI MAGMA VÀ BIẾN CHẤT

Các thân quặng, đới quặng, tụ khoáng có nguồn gốc nội sinh, nguồn gốc liên quan magma và biến chất phát triển rất đa dạng trong các môi trường đất đá vây quanh khác nhau. Chúng có thể

có dạng mạch, ổ, thấu kính, trụ, đới mạch, đới mạng mạch, dạng đặc sít hoặc xâm tán, nên dễ phát hiện và xác định vị trí thân quặng của mỗi loại cần lựa chọn tổ hợp phương pháp địa vật lý phù hợp mới có thể đem lại hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao [3]. Cơ sở lựa chọn các phương pháp hợp lý trong tổ hợp là dựa trên kết quả phân tích đặc điểm hình dáng, cấu trúc thân quặng, thành phần quặng và các nguyên tố đi kèm, thành phần và cấu trúc đá vây quanh, tham số vật lý, từ đó xác định khả năng quan sát các dị thường địa vật lý do chúng gây ra bằng các máy móc hiện có trên mặt đất [4].

## 1. Quặng sắt

Quặng sắt có nguồn gốc nhiệt dịch, skarn, nguồn gốc biến chất liên quan đến magma đều đã được phát hiện ở nước ta. Quy mô thân quặng rất khác nhau, từ các tụ khoáng nguồn gốc skarn dạng thấu kính kéo dài vài trăm mét đến hơn 1000 m, rộng vài chục đến 250 m, dày vài mét đến 25 m (ngoại trừ các thân quặng quy mô lớn ở mỏ Thạch Khê, Hà Tĩnh) đến các thân quặng nguồn gốc nhiệt dịch có dạng mạch, vỉa, thấu kính kéo dài vài chục đến 1500 m, dày vài mét đến hàng chục mét, cắm sâu vài chục đến hơn 200m hay các thân quặng dạng vỉa, thấu kính nguồn gốc biến chất liên quan đến magma kéo dài vài trăm đến 4000 m, dày 1 m đến hơn 20 m. Xét về tính chất vật lý, quặng sắt có mật độ cao các đá vây quanh và tăng theo hàm lượng sắt có trong quặng (quặng magnetit có  $\sigma = 3,8-5 \text{ g/cm}^3$ , quặng hematit, martit có  $\sigma = 3,2-3,8 \text{ g/cm}^3$ ). Trong khi đó, mật độ đá vây quanh thường có  $\sigma = 2,38-2,54 \text{ g/cm}^3$ , chỉ có một ít có mật độ cao hơn,  $\sigma = 2,9-3,5 \text{ g/cm}^3$ . Độ từ cảm  $\chi$  của magnetit vào khoảng  $10.000.10^{-6}$  CGSM đến  $1.000.000.10^{-6}$  CGSM, hematit ( $m.10^{-100}$ ). $10^{-6}$  CGSM; titanomagnetit  $200.10^{-6}$  CGSM. Quặng sắt có điện trở suất thấp: magnetit  $\rho = 10^{-4}-10^3 \Omega\text{m}$ ; hematit  $10^0-10^1 \Omega\text{m}$ ; siderit  $10^1-10^3 \Omega\text{m}$ .

Trên các thân quặng sắt, dị thường từ liên quan đến quặng bao gồm hai phần âm và dương rõ rệt do hiện tượng từ hóa nghiêng, còn dị thường trọng lực chỉ có phần dương. Việc phân tích kết hợp giữa dị thường từ và trọng lực cho khả năng xác định chính xác vị trí thân quặng.

Đối với các loại quặng sắt nguồn gốc skarn và nhiệt dịch, nguồn gốc biến chất liên quan với quá trình hoạt động magma, bản thân các khoáng vật của sắt sinh ra trường điện tự nhiên và độ phân cực lớn lại cộng sinh với các khoáng vật sulfur khác, như pyrit, chalcopyrit, pyrrhotin,... trong quá trình tạo quặng, nên có khả năng gây ra các dị thường độ phân cực và điện tự nhiên đặc trưng, quan sát được rõ ràng trên mặt đất .

## 2. Quặng đồng-cobalt-nickel

Quặng đồng hình thành từ nhiều nguồn gốc và có nhiều loại hình khác nhau:

- **Quặng đồng hình thành trong các đới skarn:** do tiếp xúc giữa các khối granodiorit, plagiogranit, gabbrodiabas với các đá giàu carbonat hay carbonat xen lục nguyên với quy mô đa dạng giống như quặng sắt nguồn gốc skarn. Quặng có dạng vỉa, thấu kính hay ổ có độ dẫn điện cao, độ phân cực lớn, thế điện tự nhiên cũng âm lớn do thường cộng sinh với các khoáng vật sulfur như chalcopyrit, pyrrhotin, pyrit, magnetit. Trên các thân quặng xâm tán giàu, dị thường độ phân cực có thể đến 15-20%, dị thường điện tự nhiên âm vài ba trăm milivolt.

- **Quặng đồng nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ cao, trung bình và thấp:** tạo nên các thân quặng có dạng rất phức tạp, gây nên các đặc trưng trường địa vật lý khác nhau. Trên các đới quặng đặc sít dạng gân mạch nằm trùng với hệ thống khe nứt hoặc xâm tán trong các loại đá, điện trở suất thường thấp hơn, trường điện tự nhiên âm và độ phân cực cao hơn so với đá vây quanh. Đa số quặng hóa kiểu chalcopyrit - thạch anh là các mạch nhỏ và thường đơn lẻ, kéo dài vài chục đến vài trăm mét, dày 0,3-0,5 m, có nơi hơn 1 m. Nếu các thân quặng nằm trong đới thạch anh bị phá hủy

thì phần lớn được phản ánh bằng các dị thường điện trở suất thấp. Tuy nhiên, cũng có các trường hợp đới quặng loại này gây ra dị thường điện trở suất cao do bị thạch anh hóa mạnh, mức độ phá hủy yếu và nằm ở phân địa hình cao.

- **Quặng đồng-nickel-sulfur liên quan với đá siêu bazơ bị serpentinit hóa:** Trong vỏ phong hóa của loại quặng này thường gặp quặng silicat nickel, quặng sulfur-đồng- nickel, thường phân bố bên trong hoặc ven rìa các thể đá bazơ hoặc siêu bazơ và trong đá phiến bị sùng hóa. Loại quặng này có điện trở suất thay đổi trong phạm vi rộng (quặng xâm tán giàu có  $\rho \approx 10^{-2}-10^{-5} \Omega\text{m}$ , quặng xâm tán nghèo có  $\rho \approx 10^3-5,10^3 \Omega\text{m}$ ), gây nên trường điện tự nhiên âm lớn và độ phân cực cao ( $\eta \geq 10\%$ ).

- **Quặng đồng nhiệt dịch - phun trào (đồng-sulfur):** Loại quặng này nằm trong các phun trào mafic bazan-diabas, bazan porphyrit, spilite, ... Thân quặng có dạng mạch, thấu kính, ổ với hình dạng phức tạp, kích thước không ổn định; nằm trong các mạch thạch anh phân bố theo thớ lớp hoặc lấp đầy khe nứt trong đá phun trào. Khoáng vật tạo quặng gồm có pyrit, chalcopyrit, bornit, chalcocin, malachit, azurit,..., có độ dẫn điện tốt, độ phân cực cao (5 - vài chục %), trường điện tự nhiên cao. Quặng đặc sít, có điện trở suất  $10^{-2}-10^{-3} \Omega\text{m}$ , mật độ trung bình  $3,54-5,55 \text{ g/cm}^3$ , còn quặng xâm tán có các tham số tương ứng:  $10^2-10^3 \Omega\text{m}$  và  $2,09-4,5 \text{ g/cm}^3$ .

### 3. Quặng chì-kẽm

Quặng chì-kẽm nguồn gốc nhiệt dịch, biến chất tiếp xúc trao đổi có dạng mạch, vỉa, thấu kính xâm tán và đặc sít. Chì-kẽm thường cộng sinh với khoáng vật quặng như vàng, bạc, đồng và nhiều khoáng vật kim loại khác, tạo nên các thân quặng đa kim kéo dài từ vài chục đến hàng trăm mét; chiều dày 0,5-5 m, cá biệt có thân dày đến 24 m như ở mỏ Chợ Điền (Bắc Can). Các khoáng vật chính gồm galenit, sphalerit, pyrit và chalcopyrit. Tính chất vật lý của các thân quặng đa kim rất khác nhau. Mật độ của loại quặng dạng vỉa (mạch) từ 3,5 đến 4,3  $\text{g/cm}^3$ ; loại quặng xâm tán: 2,6-4,3  $\text{g/cm}^3$ ; loại mũ sắt 2,4-3,6  $\text{g/cm}^3$ . Độ từ cảm của quặng đa kim phần lớn rất yếu, từ 0 đến  $20 \cdot 10^{-6} \text{ CGSM}$ , ngoại trừ một số thân quặng có chứa các khoáng vật magnetit, pyrrhotin thì từ tính lớn. Điện trở của galenit cùng với pyrit, chalcopyrit thấp, còn sphalerit có điện trở suất cao. Tùy theo hàm lượng của sphalerit trong thân quặng đa kim mà giá trị điện trở suất có thể thay đổi. Nếu mạch quặng dày và hàm lượng sphalerit cao thì điện trở có thể tăng lên hàng ngàn  $\Omega\text{m}$ , nếu hàm lượng sphalerit thấp thì điện trở suất giảm xuống cỡ dưới 10 đến vài chục  $\Omega\text{m}$ .

Các thân quặng đa kim hình thành thường liên quan đến các đới phá hủy, đứt gãy, thớ chẻ, khe nứt và cấu tạo nếp lồi. Dị thường điện tự nhiên trên thân quặng thường là âm dao động từ -60 mV đến -100 mV; dị thường độ phân cực đạt mức vượt trên thông khoảng 3-5%.

### 4. Quặng thiếc-wolfram

- **Quặng thiếc-wolfram trong pegmatit:** phát hiện được ở Kim Cương (Hà Tĩnh). Pegmatit phát triển ở đới ngoại tiếp xúc trong đá trầm tích lục nguyên biến chất tuổi Paleozoi. Thân quặng có chiều dài 250-2000 m, chiều dày 0,6-5,2 m. Các khoáng vật chủ yếu của pegmatit gồm thạch anh, feldspat, mica; thứ yếu gồm cassiterit, turmalin, lanthan-columbit, apatit, zircon, cyrtolit, monazit. Các mạch pegmatit do có lượng thạch anh cao nên có điện trở suất cao, có hàm lượng  $\text{K}^{40}$  tăng cao và chứa các nguyên tố kim loại phóng xạ, nên cường độ phóng xạ cũng cao hơn môi trường đất đá vây quanh.

- **Quặng thiếc-wolfram skarn:** với kiểu quặng magnetit-cassiterit và sulfur chì-kẽm-thiếc như ở Bàn Chiêng, Phú Lợi. Quặng hóa magnetit-cassiterit phân bố trong đới nội tiếp xúc giữa các khối xâm nhập axit-kiềm với các đá carbonat. Thân quặng dạng ổ, thấu kính tập hợp thành đới kéo dài

ở rìa khối xâm nhập. Biến đổi vây quanh là skarn hóa, greisen hóa. Quặng hoá kiểu sulfur chì-kẽm-thiếc có thành phần khoáng vật phức tạp, phân bố ở đới ngoại tiếp xúc trong đá vôi hoặc các đá giàu vôi. Thân quặng có dạng thấu kính, ổ, chuỗi thấu kính với thành phần gồm galenit, sphalerit, cassiterit, stannin, pyrit, pyrrotin, chalcopyrit. Sheelit hình thành do quá trình tiếp xúc trao đổi kiểu skarn trong đới tiếp xúc giữa các khối magma axit và đá carbonat. Đới biến đổi chứa quặng thường có nhiều khoáng vật sắt từ như magnetit, pyrrotin và các khoáng vật sulfur khác như pyrit, chalcopyrit,...

Đặc trưng vật lý của quặng thuộc các loại này là từ tính thường cao, thể điện tự nhiên âm lớn, độ phân cực cũng lớn. Ở nhiều mỏ, người ta đã đo được độ từ cảm của đá có chứa quặng vào khoảng  $500-1500 \cdot 10^{-6}$  CGSM, dị thường điện tự nhiên âm so với đá vây quanh.

- **Quặng thạch anh-cassiterit:** thường được thành tạo ở rìa đới tương cấu tạo, dọc theo các đứt gãy dạng vòng cung, nơi xuất lộ các khối xâm nhập nhỏ có thành phần từ axit đến siêu axit. Thân quặng chủ yếu có dạng mạch, đôi khi dạng bấu mạch, kéo dài hàng trăm mét, dày phổ biến vài chục centimet đến 1 m. Quặng hoá thường phân đới theo chiều sâu với sự thay thế dần của wolframit-cassiterit và các khoáng vật sulfur. Trong đới quặng ngoài Sn, W là chủ yếu còn có Mo, Au, kim loại phóng xạ. Biến đổi vây quanh quặng là greisen hóa; trong đới biến đổi có xâm tán khoáng hóa sulfur và các khoáng vật của kim loại phóng xạ, hàm lượng  $K^{40}$  cũng tăng cao.

Đặc trưng địa vật lý của các thân quặng thuộc thành hệ này là có điện trở suất cao, trường điện tự nhiên đôi khi âm hơn, cường độ phóng xạ cao hơn môi trường đất đá vây quanh. Dị thường độ phân cực trên thân quặng thường chỉ vượt phông 0,5-1,5%.

- **Quặng thiếc-sulfur-silicat:** thường phân bố ở rìa các vũng Mesozoi. Tại đây kèm theo các hoạt động đứt gãy xuất hiện các xâm nhập á phun trào, xâm nhập nông và phun trào axit. Quặng hóa phân bố trong đá xâm nhập, phun trào hay trong đá phiến và cát kết tuổi Paleozoi. Đá vây quanh xâm nhập bị turmalin hóa, chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa. Thân quặng dạng mạch, đới mạch, thấu kính hoặc chuỗi thấu kính; kéo dài hàng trăm mét, có nơi như ở Suối Bắc (Quỳ Hợp, Nghệ An) đến 1800 m; dày trung bình 0,2-2 m, có nơi đến 5 m. Thành phần khoáng vật của thân quặng rất phức tạp, chủ yếu là thạch anh, turmalin, arsenopyrit, thứ yếu là cassiterit, các khoáng vật sulfur chì, kẽm, đồng, sắt, chlorit, calcit, vàng,... Quặng được thành tạo trong nhiều giai đoạn, giai đoạn tạo quặng công nghiệp gồm tổ hợp khoáng vật thạch anh-arsenopyrit-cassiterit, nhiều nơi trong quặng lượng bismuthin và chalcopyrit khá lớn.

Đặc trưng địa vật lý của loại quặng thuộc thành hệ này là có thể điện trường tự nhiên âm hơn, độ phân cực cao hơn đất đá vây quanh rõ rệt; điện trở suất trên thực tế nhiều vùng cao hơn đất đá vây quanh nhưng cũng có một số trường hợp ngược lại, đới quặng tương ứng với vùng có điện trở suất thấp.

## 5. Quặng vàng

Vàng có mặt trong nhiều thành hệ quặng, khi đi với quặng đa kim có đặc trưng địa vật lý trên thân quặng như đã giới thiệu ở phần trên.

- **Quặng sulfur-vàng:** Vàng đi cùng các khoáng vật sulfur tạo nên các đới quặng hoá lớn và trung bình có sự phân bố khoáng hóa không đều, hình dạng thân quặng phức tạp. Quặng thường nằm trong đới biến đổi hoặc trong các đới phá hủy kiến tạo giàu sulfur có chiều dài lớn (đôi khi tới 10 km), chiều rộng vài mét đến hàng chục mét. Trường điện tự nhiên trên đới chứa quặng có độ âm lớn hơn đá vây quanh và trên thân quặng độ âm sâu hơn, đạt cực tiểu. Độ phân cực trên đới

cao, thường đạt 7-10%, trên thân quặng có nơi đến >15%, đạt cực đại, còn điện trở suất thì thấp hơn hẳn so với đá vây quanh.

- **Quặng thạch anh-sulfur-vàng:** Vàng nằm trong các mạch thạch anh có chứa sulfur, thường phân bố tập trung thành đới. Các thân quặng có chiều dài phổ biến từ 100 đến vài trăm mét, có nơi đến 1700 m, như ở Tiên Thuận (Quảng Nam); có đới tập trung quặng kéo dài đến 5000 m, rộng 20-25 m như ở Lệ Thủy (Quảng Bình). Mặc dù có xâm tán sulfur và chứa quặng, nhưng trên thực tế điện trở suất của các mạch và đới mạch thạch anh chứa quặng loại này thường cao hơn, độ phân cực cũng cao hơn và thế điện tự nhiên âm hơn trên đá vây quanh

## 6. Quặng molybden

Quặng molybden có nguồn gốc chủ yếu là biến chất tiếp xúc trao đổi (skarn), nhiệt dịch nhiệt độ cao và trung bình, thường phân bố ở gần các đứt gãy khu vực hoặc các đới phá hủy kiến tạo. Ở Việt Nam có thể phân chia các kiểu thành tạo molybdenit như sau:

- **Các mạch thạch anh feldpat chứa molybden, khoáng vật phóng xạ và đất hiếm:** thành tạo dạng mạch có quy mô rất khác nhau, cá biệt có mạch dày đến 10 m, phân bố trong đá xâm nhập hay đới sừng hóa. Kiểu quặng này gặp ở nhiều nơi thuộc tỉnh Lào Cai, vùng Krông Pha và Núi Sam. Thân quặng là các mạch thạch anh-feldpat-molybdenit, hoặc các thân đá mạch, pegmatit có khoáng hóa, đôi nơi molybden xâm tán trong granit. Khoáng vật quặng chủ yếu là molybdenit, có ít pyrit, arsenopyrit, chalcopyrit, các khoáng vật phóng xạ và đất hiếm. Khoáng vật không quặng là thạch anh, feldpat, muscovit, turmalin. Biến đổi vây quanh quặng là feldpat hóa, greisen hóa. Đặc trưng địa vật lý các thân quặng loại này là có điện trở suất và cường độ phóng xạ cao hơn, độ phân cực cao hơn chút ít so với môi trường đất đá vây quanh.

- **Các mạch thạch anh-molybdenit:** Các mạch thạch anh-molybdenit có kích thước khác nhau, có khi là hệ mạch phân bố trong đới nội, ngoại tiếp xúc và ngay trong đá xâm nhập, kéo dài từ vài trăm mét đến gần 150 m, dày vài chục centimet đến 1 m. Khác với kiểu trên là trong các mạch quặng này, lượng feldpat không có hoặc chiếm tỷ lệ rất thấp, lượng các khoáng vật chalcopyrit, pyrit, arsenopyrit tăng lên, ở một số nơi trong mạch quặng có magnetit, hematit, bismuthin. So với đá vây quanh, trường điện tự nhiên trên các đới quặng có độ âm, độ phân cực cao hơn, điện trở suất cũng lớn hơn.

Trên thế giới còn có kiểu mỏ molybden đặc trưng dạng vẩy xâm tán ngay trong các vòm granit hay syenit, có khi trong aplit và pegmatit; mỏ molybdenit-sheelit trong skarn,... Trong các loại hình quặng này đều có cộng sinh các khoáng vật sulfur, do vậy sinh ra trường điện tự nhiên âm và độ phân cực cao hơn đá vây quanh.

## 7. Quặng thủy ngân-antimon

Ở Việt Nam theo thành phần, các mỏ và điểm quặng thủy ngân-antimon được phân thành ba kiểu: antimon vàng, antimon thủy ngân và thủy ngân.

- **Các thành tạo antimon-vàng:** khá phổ biến, tập trung chủ yếu ở Việt Bắc, phân bố trong các đá có tuổi từ Cambri đến Devon muộn. Các cấu trúc chứa quặng đều bị khống chế bởi các hệ thống đứt gãy sâu hoặc đứt gãy lớn. Quặng được thành tạo trong đá vôi phân lớp mỏng, đá phiến vôi.

Quặng thuộc kiểu thạch anh-antimon chứa vàng có thành phần khá phức tạp, gồm: thạch anh antimonit, pyrit, arsenopyrit, ít hơn có sphalerit, chalcopyrit, calcit, cinnabar, antimon tự sinh, vàng, fluorit. Thân quặng dạng mạch, hệ mạch, tập trung thành đới, kéo dài từ vài chục mét đến 600 m, chiều dày 0,3 m đến hơn 12 m. Biến đổi vây quanh quặng chủ yếu là silic hóa, sericit hóa,

carbonat hóa, epidot hóa, chlorit hóa. Ở một số mỏ arsenopyrit, pyrit là những tổ phần có ích có thể thu hồi khi khai thác antimon.

- **Các thành tạo antimon-thủy ngân:** ít phổ biến. Quặng hóa biểu hiện trong đá trầm tích lục nguyên tuổi Trias hoặc Paleozoi. Thân quặng dạng ổ, thấu kính kéo dài 50-100 m, dày 0,5-2 m, phân bố trong cát kết, đá phiến sét hoặc trầm tích lục nguyên xen carbonat. Biến đổi vây quanh quặng là silic hóa, dolomit hóa, dickit hóa. Thành phần khoáng vật quặng gồm antimonit, cinnabar, pyrit, arsenopyrit, thạch anh, chalcopyrit, sphalerit, fluorit, carbonat.

Các thành tạo quặng thủy ngân hầu hết phân bố trong các đá trầm tích lục nguyên, lục nguyên carbonat có tuổi Paleozoi giữa-muộn đến Mesozoi, một số ít có tuổi Ocdovic-Silur. Khoáng hóa nằm trong các đới dập vỡ với quy mô rất khác nhau. Biến đổi vây quanh quặng thường là silic hóa, carbonat hóa, đôi nơi gặp epidot hóa, chlorit hóa, Thân quặng dạng ổ, thấu kính nằm trùng với đới cà nát, kéo dài 50-150 m, dày một vài mét. Khoáng vật quặng tập trung dạng vi mạch nhỏ, ổ nhỏ, xâm tán, vết bám hay màng mỏng trong khe nứt; trong quặng có pyrit và một số khoáng vật sulfur.

Trong thành phần quặng của các loại thành tạo thủy ngân-antimon nêu trên đều có các khoáng vật sulfur như pyrit, arsenopyrit, chalcopyrit,... nên các thân quặng có khả năng gây nên trường điện tự nhiên âm lớn, độ phân cực cao, điện trở suất khác biệt so với đá vây quanh. Các thân quặng thạch anh-antimon-vàng có điện trở suất cao, còn đối với quặng thủy ngân phân bố trong các đới cà nát điện trở suất thấp hơn.

## 8. Quặng pyrit

Pyrit là nguyên liệu hóa học quan trọng để thu hồi lưu huỳnh dùng trong sản xuất axit sulfuric.

- **Quặng pyrit nguồn gốc nhiệt dịch:** thường có dạng thấu kính kích thước khác nhau. Chúng xâm nhập vào các khe nứt kiến tạo theo một phương nhất định, tạo thành dạng nêm vát nhọn, dốc. Điển hình cho loại hình quặng này là mỏ Rio Tinto (Tây Ban Nha) kéo dài tới 200 km, có những thân quặng dài 300-2000 m, dày 180 m, phân bố tới độ sâu 500 m. Ở Việt Nam có mỏ Giáp Lai (Phú Thọ).

- **Quặng pyrit nguồn gốc biến chất:** cũng có các thân mạch dạng vĩa và thấu kính, làm biến đổi các đá phiến thường là amphibol, chlorit hoặc graphit. Kích thước kéo dài tới vài kilomet, chiều dày tới hàng chục mét. Bên cạnh các lớp đá phiến là các tập có chứa pyrit xâm tán với hàm lượng khác nhau. Ngoài pyrit còn có pyrrhotin, đồng, chì, kẽm; loại hình này đã được phát hiện ở Na Uy, Nhật Bản và Nga.

Các thân quặng pyrit sinh ra trường điện tự nhiên âm lớn, độ phân cực cao hơn hẳn và điện trở suất thấp hơn nhiều so với đá vây quanh.

## III. TỔ HỢP CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỊA VẬT LÝ HỢP LÝ XÁC ĐỊNH VÀ KHÔNG CHẾ MỘT SỐ LOẠI QUẶNG NGUỒN GỐC NỘI SINH, NGUỒN GỐC LIÊN QUAN VỚI MAGMA VÀ BIẾN CHẤT

Từ đặc trưng địa vật lý của các loại hình quặng có nguồn gốc nội sinh, nguồn gốc liên quan magma và biến chất nêu ở phần trên, có thể quy gộp lại thành 5 nhóm đối tượng khoáng sản, mỗi nhóm phù hợp với một tổ hợp phương pháp địa vật lý nghiên cứu được cho hợp lý và hiệu quả. Cũng cần nói thêm là, phần lớn các thân quặng thuộc các loại hình này có kích thước không lớn, thậm chí có thân chỉ dày hơn chục centimet, nếu phân bố đơn lẻ rất khó tách được dị thường do chúng gây ra trên tài liệu khảo sát. Tuy nhiên trên thực tế, các thân quặng thường phân bố tập trung thành đới với chiều dày phổ biến từ vài mét đến một vài chục mét, có khi đến gần trăm mét. Hơn nữa, bao quanh thân quặng là các đới biến đổi cạnh mạch thường có các đặc trưng trường địa

vật lý trội như thân quặng so với đá vây quanh, nên việc ứng dụng các phương pháp địa vật lý trong các trường hợp này luôn mang lại hiệu quả mong muốn.

### 1. Quặng sắt

- **Loại hình quặng:** Quặng sắt nguồn gốc skarn, quazit sắt.

- **Tổ hợp các phương pháp địa vật lý hợp lý sử dụng nghiên cứu:** Sử dụng phương pháp từ mặt đất làm phương pháp chủ đạo và đo theo mạng lưới  $100 \times (20-25)$  m, chi tiết hoá những nơi gradien ngang trường mạnh, vùng cực trị với bước 10 m để xác định vị trí và khống chế thân quặng. Đo từ phân tích định lượng với bước đo 10 m/điểm; đo trọng lực và đo sâu trường chuyên trên cùng 1-3 tuyến đặc trưng để xác định chính xác vị trí thân quặng và đặc điểm phân bố quặng theo chiều sâu. Xác định các tham số độ từ cảm  $\chi$ , từ dư  $J_n$ , mật độ  $\sigma$ , điện trở suất  $\rho$  của quặng và đá vây quanh theo tài liệu đo mẫu, địa vật lý lỗ khoan hoặc đo tham số vết lộ.

### 2. Nhóm quặng có các khoáng vật sulfur đi kèm

- **Loại hình quặng:** Quặng đồng dạng đặc sít trong các đới skarn, trong các hệ thống khe nứt, dạng xâm tán trong đá, dạng nhiệt dịch - phun trào (đồng-sulfur); quặng chì- kẽm có nguồn gốc nhiệt dịch, biến chất tiếp xúc trao đổi; quặng thiếc-sulfur-silicat; quặng sulfur-vàng, thạch anh-sulfur-vàng; quặng thạch anh-molybdenit, molybden xâm tán trong granit hay syenit; các loại hình quặng thủy ngân-antimon; quặng pyrit.

- **Tổ hợp các phương pháp địa vật lý hợp lý sử dụng nghiên cứu:** Sử dụng phương pháp mặt cắt phân cực kích thích làm phương pháp chủ đạo đo phủ diện tích theo mạng lưới  $100 \times 10$  m. Đo điện tự nhiên phối hợp cũng theo mạng lưới  $100 \times 10$  m trùng các tuyến và điểm đo mặt cắt phân cực. Đo 1-3 tuyến ảnh điện phân cực kích thích theo hệ cực dipol-dipol với  $a = 10, 20, 40$  m,  $n = 7$ , hoặc đo sâu trường chuyên với kích thước khung phát  $50 \times 50$  m, khoảng cách điểm đo 20-30 m để xác định đặc điểm phân bố quặng theo chiều sâu. Xác định các tham số điện trở suất  $\rho$ , độ phân cực  $\eta$  của quặng và đá vây quanh theo tài liệu đo mẫu, địa vật lý lỗ khoan hoặc đo tham số vết lộ.

### 3. Nhóm quặng có các khoáng vật sulfur và khoáng vật sắt từ đi kèm

- **Loại hình quặng:** Quặng đồng-nickel-sulfur liên quan với đá siêu bazơ bị serpentin hóa; quặng thiếc-wolfram skarn, sulfur chì-kẽm-thiếc, sheelit; quặng sắt nguồn gốc nhiệt dịch hoặc nguồn gốc biến chất liên quan magma.

- **Tổ hợp các phương pháp địa vật lý hợp lý sử dụng nghiên cứu:** - Đối với các loại hình quặng đồng, thiếc-wolfram sử dụng phương pháp mặt cắt phân cực kích thích làm phương pháp chủ đạo khảo sát theo mạng lưới  $100 \times 10$  m, phương pháp từ và điện tự nhiên khảo sát hỗ trợ theo các tuyến xen kẽ nhau và trùng tuyến đo mặt cắt phân cực kích thích (mạng lưới cho riêng cho phương pháp từ là  $200 \times 20$  m, điện tự nhiên là  $200 \times 10$  m) để xác định khống chế các thân quặng.

- Đối với quặng sắt thì ngược lại, sử dụng phương pháp từ làm phương pháp chủ đạo, khảo sát theo mạng lưới  $100 \times 20$  m, chi tiết hóa bước đo 10 m ở những vùng dị thường cực trị, gradient ngang cao. Phương pháp điện tự nhiên và mặt cắt phân cực khảo sát hỗ trợ, trùng tuyến đo từ và chỉ đo trong các đới dị thường từ (mở rộng ra vùng trường bình thường mỗi bên 50-100 m).

- Trong tất cả các loại hình quặng nêu trên đều tiến hành đo 1-3 tuyến ảnh điện phân cực kích thích theo hệ cực dipol-dipol với  $a = 10, 20, 40$  m,  $n = 7$ , hoặc đo sâu trường chuyên với kích thước khung phát  $50 \times 50$  m, khoảng cách điểm đo 20-30 m để xác định đặc điểm phân bố quặng theo chiều sâu. Xác định các tham số điện trở suất  $\rho$ , độ phân cực  $\eta$ , độ từ cảm  $\chi$ , từ dư  $J_n$  của quặng và đá vây quanh theo tài liệu đo mẫu, địa vật lý lỗ khoan hoặc đo tham số vết lộ.

#### 4. Nhóm quặng có các nguyên tố phóng xạ và ít khoáng vật sulfur đi kèm

- **Loại hình quặng:** Quặng thạch anh-cassiterit trong đới biến đổi có chứa ít sulfur; Quặng thạch anh feldspat molybden chứa ít sulfur, khoáng vật phóng xạ, đất hiếm.

- **Tổ hợp các phương pháp địa vật lý hợp lý sử dụng nghiên cứu:** Sử dụng phương pháp mặt cắt phân cực kích thích làm phương pháp chủ đạo đo phủ diện tích theo mạng lưới 100×10 m. Đo phối hợp phương pháp xạ gamma mặt đất (hoặc phổ gamma mặt đất) cũng theo mạng lưới 100×10 m, trùng tuyến đo mặt cắt phân cực kích thích để xác định, khống chế các thân quặng. Đo 1-3 tuyến ảnh điện phân cực kích thích theo hệ cực dipol-dipol với  $a = 10, 20, 40$  m,  $n = 7$ , hoặc đo sâu trường chuyển với kích thước khung phát  $50 \times 50$  m, khoảng cách điểm đo 20-30 m để xác định đặc điểm phân bố quặng theo chiều sâu. Xác định các tham số điện trở suất  $\rho$ , độ phân cực  $\eta$ , hàm lượng phóng xạ tương đương urani ( $U_{td}$ ), hàm lượng các nguyên tố U, Th, K (trong trường hợp đo phổ gamma mặt đất) của quặng và đá vây quanh theo tài liệu đo mẫu, địa vật lý lỗ khoan hoặc đo tham số vết lộ.

#### 5. Nhóm quặng có các nguyên tố phóng xạ đi kèm

- **Loại hình quặng:** Thiếc-wolfram trong pegmatit

- **Tổ hợp các phương pháp địa vật lý hợp lý sử dụng nghiên cứu:** Sử dụng phương pháp mặt cắt điện trở làm phương pháp chủ đạo đo phủ diện tích với mạng lưới 100x10 m. Đo phối hợp phương pháp xạ gamma mặt đất hoặc phổ gamma mặt đất cũng theo mạng lưới 100x10m trùng các tuyến đo mặt cắt điện trở để xác định, khống chế các thân quặng. Đo 1÷3 tuyến ảnh điện điện trở theo hệ cực dipol-dipol với  $a = 10, 20, 40$  m,  $n = 7$ , để xác định đặc điểm phân bố pegmatit chứa quặng theo chiều sâu. Xác định các tham số điện trở suất  $\rho$ , hàm lượng phóng xạ tương đương urani ( $U_{td}$ ), hàm lượng các nguyên tố U, Th, K (trong trường hợp đo phổ gamma mặt đất) của quặng và đá vây quanh theo tài liệu đo mẫu, địa vật lý lỗ khoan hoặc đo tham số vết lộ.

Trong các tổ hợp phương pháp địa vật lý hợp lý được chọn để xác định, khống chế các thân quặng gốc có nguồn gốc nội sinh, nguồn gốc liên quan với magma và biến chất nói trên, phương pháp mặt cắt phân cực kích thích đóng vai trò rất quan trọng và thường là phương pháp chủ đạo. Do phần lớn các trường hợp thân quặng có chiều dày không lớn, cắm dốc hoặc nghiêng nên khi thu thập tài liệu theo phương pháp này (và cả phương pháp mặt cắt điện trở) tốt hơn cả sử dụng hệ thiết bị 3 cực liên hợp. Trong các phương pháp phân cực kích thích có hai tham số hệ số phân cực  $\eta$  và điện trở suất  $\rho$  cùng được đo đạc và nghiên cứu. Cả hai tham số này đều có đặc điểm biến đổi liên quan đến thân quặng nên cần chú ý khai thác tổng hợp để đạt hiệu quả cao.

Do đặc điểm của công tác điều tra chi tiết khoáng sản trong đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nên việc chọn ứng dụng, khai thác tài liệu các phương pháp địa vật lý chủ yếu ở bước định tính và bán định lượng [1]. Nhóm phương pháp này gồm đo mặt cắt phân cực kích thích, mặt cắt điện trở, điện trường tự nhiên, xạ gamma mặt đất và phổ gamma mặt đất với mục đích xác định và khống chế các thân quặng, bố trí các công trình khai đào. Các phương pháp mang tính định lượng cao hơn như ảnh điện phân cực kích thích, ảnh điện điện trở, trọng lực chi tiết, đo sâu trường chuyển chỉ được khảo sát trên 1-3 tuyến đặc trưng cho mỗi điểm biểu hiện khoáng sản để xác định đặc điểm phân bố quặng hóa theo chiều sâu phục vụ thiết kế khoan và tính dự báo tài nguyên.

Trong thực tế sản xuất, ở các nhóm tờ đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 đã thi công, các tổ hợp phương pháp địa vật lý nêu trên đều được ứng dụng khảo sát điều tra các loại hình khoáng sản tương ứng tuy chưa thật đầy đủ và hợp lý. Ở các vùng điều tra chi tiết khoáng sản



được sử dụng tổ hợp phương pháp địa vật lý khảo sát hợp lý đều cho kết quả rất rõ rệt, hiệu quả cao như xác định các thân quặng sulfur- vàng, thạch anh-sulfur-vàng bằng các phương pháp mặt cắt phân cực, điện tự nhiên, ảnh điện phân cực ở Sa Nhơn (Kon Tum), Bà Ta (Bình Thuận), Phước Xuân, Khe Mây, Khe Vinh ( Quảng Nam); các mạch thiet-sulfur-silicat ở núi Khor, Klong Lanh (Lâm Đồng), La Vi (Quảng Ngãi); ...

Một trong những điển hình cho ứng dụng tổ hợp phương pháp địa vật lý hợp lý trong các nhóm tờ đồ vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 là tổ hợp đầy đủ các phương pháp từ, mặt cắt phân cực, điện tự nhiên, ảnh điện phân cực được chọn để điều tra chi tiết quặng sắt trong đá andesit, có nguồn gốc biến chất liên quan đến magma ở La Ê (Quảng Nam) thuộc nhóm tờ A Hội - Phước Hảo. Trong vùng khảo sát, chính công tác địa vật lý đã khoanh định diện tích triển vọng khoáng sản và xác định được 60 thân quặng và tụ khoáng dạng thấu kính, mạch kéo dài 100-800 m, dày 10-20 m, chiều rộng theo mái dốc 40-110 m; dự báo tài nguyên cấp 334b là 93,66 triệu tấn. Kết quả khảo sát đã được tài liệu địa chất, công trình khai đào kiểm tra và được đánh giá đạt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao.

#### IV. KẾT LUẬN

Lựa chọn tổ hợp phương pháp địa vật lý hợp lý để khảo sát từng loại hình khoáng sản là việc làm cần thiết trước khi triển khai công tác địa vật lý trên mỗi vùng nghiên cứu. Từ việc xử lý tổng hợp tài liệu địa vật lý - địa chất trong tất cả các nhóm tờ đồ vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 đã tiến hành từ năm 2000 đến nay trên toàn quốc, kết hợp nghiên cứu ứng dụng các phương pháp địa vật lý hiện đại đã chọn lựa được các tổ hợp phương pháp địa vật lý hợp lý nêu trên ứng dụng cho từng loại hình khoáng sản trong các điều kiện địa chất cụ thể (thuộc đề tài NCKH R-RD cấp Bộ, mã số TNMT.03.06/10-15). Các phương pháp trong mỗi tổ hợp đều đã được ứng dụng hoặc thử nghiệm trong thực tế sản xuất và đều mang tính hiệu quả cao, giải quyết tốt các nhiệm vụ địa chất đặt ra.

#### VĂN LIỆU

**1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008.** Quy định về đo vẽ bản đồ địa chất và điều tra tài nguyên khoáng sản tỷ lệ 1:50.000. *Hà Nội.*

**2. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 2001-2010.** Báo cáo Đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 các nhóm tờ: Hàm Tân - Côn Đảo (2001); Lộc Ninh (2001); Phù Mỹ (2001); Yên Châu (2003); Lào Cai (2003); Phúc Hạ (2003); Đồng Xoài (2004); Bắc Đà Lạt (2005); Lai Châu (2005); Trà My – Tắc Pò (2005); Tánh Linh (2005); Kon Tum (2006); Lạng Sơn (2009); Krông Pa (2009); A Hội - Phước Hảo (2010). *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*

**3. Lê Văn Trảo và nnk, 1992.** Hướng dẫn các phương pháp đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1:50.000. *Cục ĐC&KS VN, Hà Nội.*

**4. Nikitxki V.E. và nnk, 1976.** Tổ hợp các phương pháp địa vật lý giải quyết các nhiệm vụ địa chất. *Nxb KH& KT, Hà Nội, 1884 (Bản dịch từ tiếng Nga).*