

# MÔ HÌNH KIẾN TẠO - SINH KHOÁNG KHU VỰC CHO HOẠT ĐỘNG MAGMA CAO

## KALI KAINOZOI VÀ SINH KHOÁNG Cu-Mo-Au ĐỐI TẠO KHOÁNG HABO - Ô QUÝ HỒ, RÌA TÂY NAM ĐỐI TRƯỢT CẮT AILAO SHAN - SÔNG HỒNG

TRẦN MỸ DỪNG

Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 6 Phạm Ngũ Lão, Hà Nội

**Tóm tắt:** Các hoạt động magma Kainozoi trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ, rìa tây nam đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng, tạo ra các đá magma kiềm cao kali và sinh thành một hệ thống quặng Cu-Mo-Au porphyr-nhiệt dịch nồng nhiệt độ thấp. Các đá magma này khá giàu các nguyên tố không tương hợp (Rb, Ba, K, Sr), nghèo nguyên tố trường bền vững cao (Nb, Ta, Ti và P), giá trị ( $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ )i thấp (0,512336-0,512450) và ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )i khá cao (0,706585- 0,707521). Thời gian xảy ra hoạt động magma và tạo khoáng trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ tập trung trong khoảng 40-32 Tr.n, tương đồng với hoạt động magma cao kali Kainozoi và sinh khoáng liên quan vùng đông Tây Tạng. Điều này chứng tỏ hoạt động magma và tạo khoáng xảy ra trước quá trình dịch trượt bằng trái của đới xiết trượt Ailao Shan - Sông Hồng. Các đá magma có đặc điểm địa hóa và đồng vị Sr-Nd nêu trên phản ánh sự xuất sinh từ miền nguồn manti giàu hoặc magma bị ảnh hưởng bởi fluid thoát ra từ vỏ đại dương Tethys bị hút chìm.

### I. MỞ ĐẦU

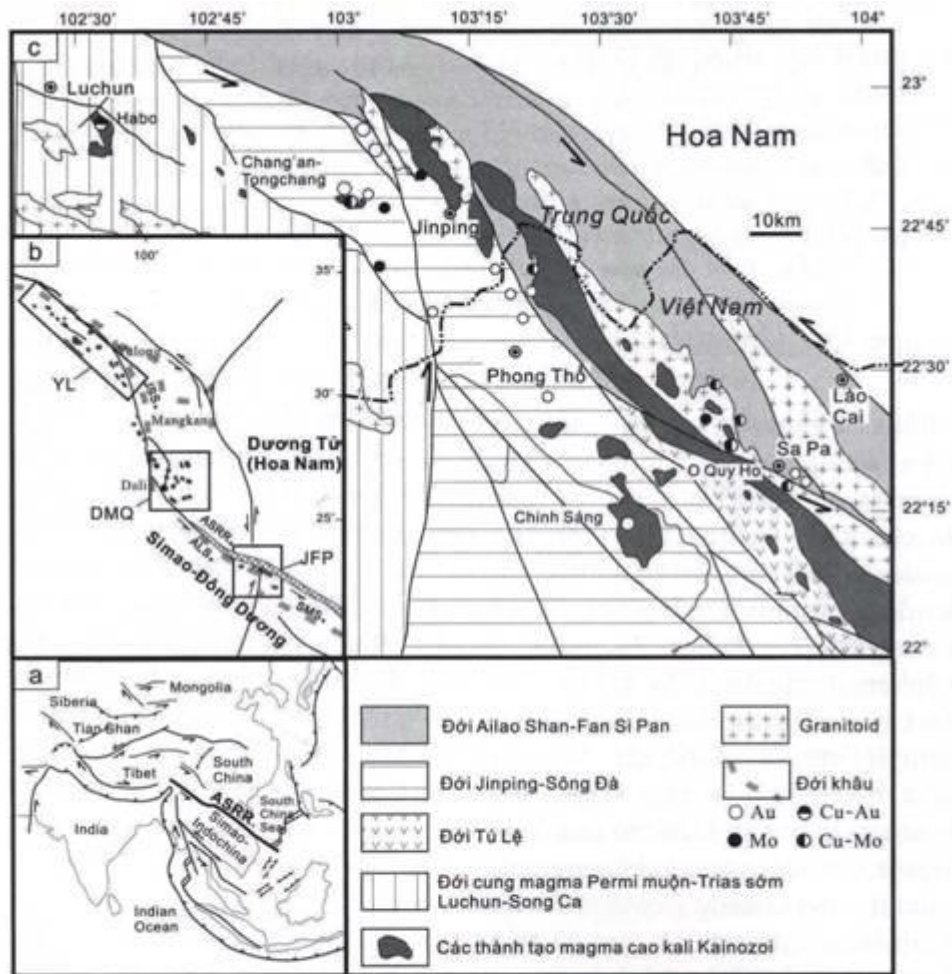
Hoạt động va chạm và sau va chạm của lục địa Ấn Độ - Âu Á đã ảnh hưởng sâu rộng đến cao nguyên Tây Tạng và các vùng lân cận. Dọc theo rìa phía đông và tây nam của cao nguyên này xuất hiện một loạt các đứt gãy trượt bằng, các khối magma xâm nhập cao kali và các mỏ Cu- Mo-Au đi kèm, trong đó có đai tạo khoáng Kainozoi Cu-Mo-Au Jinsha Jiang - Sông Hồng, vùng Đông Tây Tạng [5]. Mặc dù đã có khá nhiều nghiên cứu được tiến hành nhưng về bối cảnh kiến tạo của hoạt động magma cao kali và sinh khoáng Cu- Mo-Au của đai tạo khoáng này vẫn tồn tại nhiều tranh luận. Các nghiên cứu đã tiến hành về cơ bản có thể phân thành hai quan điểm luận giải chính. Quan điểm thứ nhất cho rằng thời gian và không gian của hoạt động magma - tạo khoáng liên quan mật thiết với hoạt động trượt bằng trái của đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng, đới trượt cắt này đóng vai trò là cấu trúc điều khiển hoạt động magma - sinh khoáng [5, 8, 24]. Quan điểm thứ hai cho rằng va chạm Ấn Độ - Âu Á dẫn đến các hoạt động tách giãn được hình thành tại những vùng rìa ngoài phía đông cao nguyên Tây Tạng liên quan đến quá trình vát mỏng vỏ lục địa, là nguyên nhân dẫn đến hoạt động magma cao kali và sinh khoáng Cu-Mo- Au liên quan. Hoạt động trượt bằng trái của đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng xuất hiện sau, chia cắt và làm dịch chuyển đai magma - tạo khoáng đã được hình thành [2, 3].

Trong nghiên cứu này, tác giả dựa trên những số liệu nghiên cứu về đặc điểm thạch địa hoá của các khối xâm nhập, kết hợp với các số liệu đã công bố về tuổi thành tạo, đặc điểm thạch địa hoá của các khối magma cao kali Kainozoi và các mỏ khoáng liên quan vùng Đông Tây Tạng, tiến hành xây dựng mô hình luận giải bối cảnh thành tạo của đới tạo khoáng Kainozoi Habo - Ô Quý Hồ trong bối cảnh kiến tạo - sinh khoáng chung khu vực.

### II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÀ KHOÁNG HOÁ LIÊN QUAN

Kéo dài gần 1.000 km từ phía đông cao nguyên Tây Tạng đến Biển Đông, đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng là một đới kiến tạo quan trọng, hình thành do tác động của sự va chạm giữa hai mảng lục địa Ấn Độ - Âu Á [7, 8] (Hình la). Dọc theo đới trượt cắt này xuất hiện bốn đới biến chất hẹp, kéo dài theo phương TB- ĐN bao gồm Xuelong Shan, Diancang Shan, Ailao Shan và Dãy Núi Con Voi (đới biến chất Sông Hồng) được tạo ra do hoạt động trượt bằng trái của đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng trong Kainozoi [8] (Hình lb). Dọc theo rìa phía tây của đới phát triển một tổ hợp đá biến chất nhiệt độ thấp và các khối siêu mafic được cho là phần tàn dư của vỏ đại dương Paleotthys, một phần của đại dương Jinsha Jiang - Ailao Shan - Sông Mã chia tách giữa hai

mảng Hoa Nam và Simao - Đông Dương [11, 25]. Sự va chạm lục địa-lục địa giữa hai mảng xảy ra vào khoảng 250- 240 Tr.n trước [9].



Hình 1. Sơ đồ địa chất đới tạo khoáng Kainozoi Hào - Ô Quý Hồ và vị trí các mỏ Cu-Mo-Au tuổi Kainozoi điển hình (dựa theo [18] có sửa chữa)

a) Các hệ thống đứt gãy chính vùng Đông Á; b) Các đới khâu chính và vị trí của đới tạo khoáng Jinping - Sa Pa (JSP). ASRR- Đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng; JSS- Đới khâu Jinsha Jiang; ALS- Đới khâu Ailao Shan; SMS- Đới khâu Sông Mã; HOQ- Đới tạo khoáng Kainozoi Hào - Ô Quý Hồ; DMQ- Đới tạo khoáng Kainozoi Dali-Machangqing; YL- Đới tạo khoáng Kainozoi Yulong.

Đới tạo khoáng Hào - Ô Quý Hồ nằm ở phần rìa phía đông nam đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng (Hình 1b, c), kéo dài từ huyện Luchun qua huyện Jinping (Vân Nam, Trung Quốc) đến huyện Phong Thổ (tỉnh Lai Châu) và Sa Pa (tỉnh Lào Cai), Việt Nam và được cấu thành bởi các đới cấu tạo có đặc trưng khác nhau, bao gồm: 1) Đới Ailao Shan - Hoàng Liên Sơn được cấu thành bởi các đá biến chất tương amphibolit và tương đá phiến lục tuổi Proterozoi, các đá trầm tích lục nguyên - carbonat Paleozoi và các đá xâm nhập granitoid. Các đá biến chất tuổi Proterozoi phân bố trong đới trượt cắt có cấu tạo phân phiến và milonit đặc trưng cho quá trình biến dạng dẻo dịch trượt trái [8]; 2) Đới Jinping - Sông Đà - Tú Lệ là một rift nội lục phát triển theo phương TB-ĐN từ Tây Bắc Việt Nam kéo dài đến vùng Jinping, Vân Nam, Trung Quốc [21]. Trong đới cấu trúc, các thành tạo magma mafic - siêu mafic và các đá trầm tích lục nguyên - carbonat phân bố rộng rãi, các đá phun trào mafic được đối sánh với basalt lũ lục địa tuổi Permi muộn Emeishan (Emeishan flood basalts) đặc trưng cho tô hợp plum manti (plume mantle) phân bố rộng rãi ở vùng đông nam Trung Quốc [3, 20]; 3) Cung magma Luchun - Trường Sơn tuổi Permi muộn - Trias sớm phân bố thành dải kéo dài liên tục về phía tây đới khâu Ailao Shan - Sông Mã [11]. Đới cấu trúc được cấu thành chủ yếu bởi các đá trầm tích Paleozoi và các đá magma tuổi Permi muộn - Trias sớm bị phủ bất chỉnh hợp bởi tổ hợp đá trầm tích lục nguyên tuổi Trias muộn và Creta. Các

đá magma tuổi Permi muộn - Trias sớm được coi là sản phẩm của quá trình hút chìm của vỏ đại dương Paleotethys trong hoạt động tạo núi Indosini [11].

Có ba đới tập trung hoạt động magma cao kali và khoáng hóa Cu-Mo-Au liên quan dọc theo đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng, từ bắc xuống nam lần lượt gồm: đới tạo khoáng Yulong, đới tạo khoáng Dali-Machangqing và đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ (Hình 1b). Đới tạo khoáng Yulong là một đới tạo khoáng Cu-Mo-Au porphyr quan trọng nhất trong vùng Đông Tây Tạng với trữ lượng trên 10 triệu tấn. Quặng hóa Cu bao gồm một mỏ siêu lớn (mỏ Yulong), hai mỏ quy mô lớn (mỏ Malasongduo và mỏ Duoxiasongduo) và hai mỏ có quy mô trung bình (mỏ Zhanage và mỏ Mangzong) [5]. Đới tạo khoáng Dali-Machangqing có một mỏ Cu- Mo quy mô lớn (mỏ Machangqing) [5] và một mỏ vàng quy mô lớn (mỏ Beiya) [24]. Những nghiên cứu đã tiến hành trên hai đới tạo khoáng này cho thấy đây là những mỏ Cu-Mo-Au porphyr có quan hệ chặt chẽ với hoạt động magma cao kali Kainozoi trong khu vực [5].

Đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ trải rộng trên bình đồ khoảng 4.200 km<sup>2</sup> bao gồm 5 mỏ Cu-Mo-Au điển hình bao gồm: Habo, Tongchang, Chang'an, Ching Sáng và Ô Quý Hồ (Hình 1). Khoáng hóa Cu- Mo-Au có quan hệ với các đá xâm nhập có thành phần khá đa dạng như granit porphyr, syenit thạch anh porphyr, syenit porphyr và phun trào trachyt.

### III. CÁC MỎ Cu-Mo-Au KAINOZOI ĐIỂN HÌNH TRÊN ĐỚI TẠO KHOÁNG HABO - Ô QUÝ HỒ

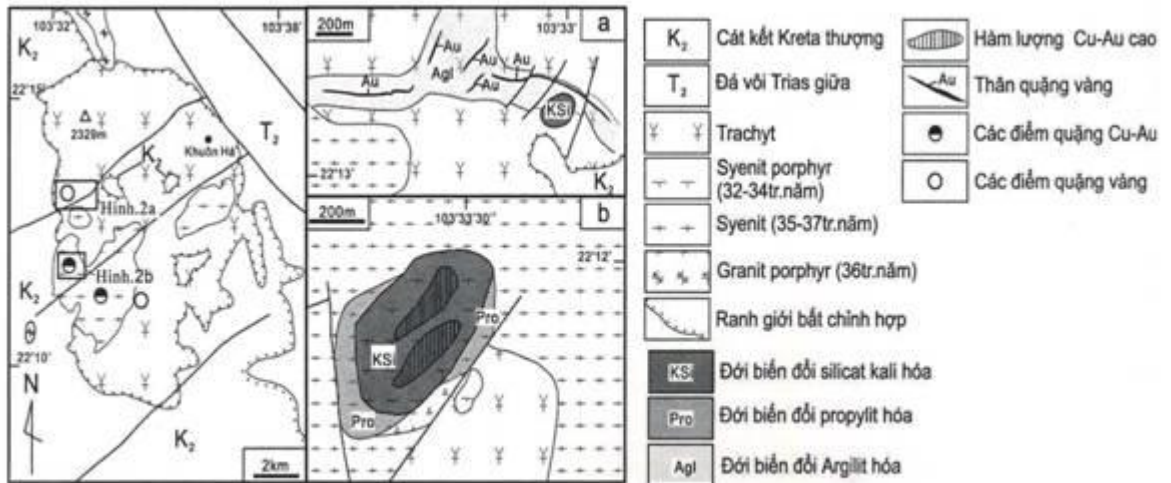
Những đặc điểm địa chất và quặng hóa của một số mỏ khoáng Cu-Mo-Au Kainozoi cho thấy có hai kiểu mỏ điển hình (kiểu mỏ Cu-Mo-Au porphyr và kiểu mỏ Au nhiệt dịch nông, nhiệt độ thấp) liên quan với hoạt động magma cao kali trên đới Habo - Ô Quý Hồ.

#### 1. Kiểu mỏ Cu-Mo-Au porphyr

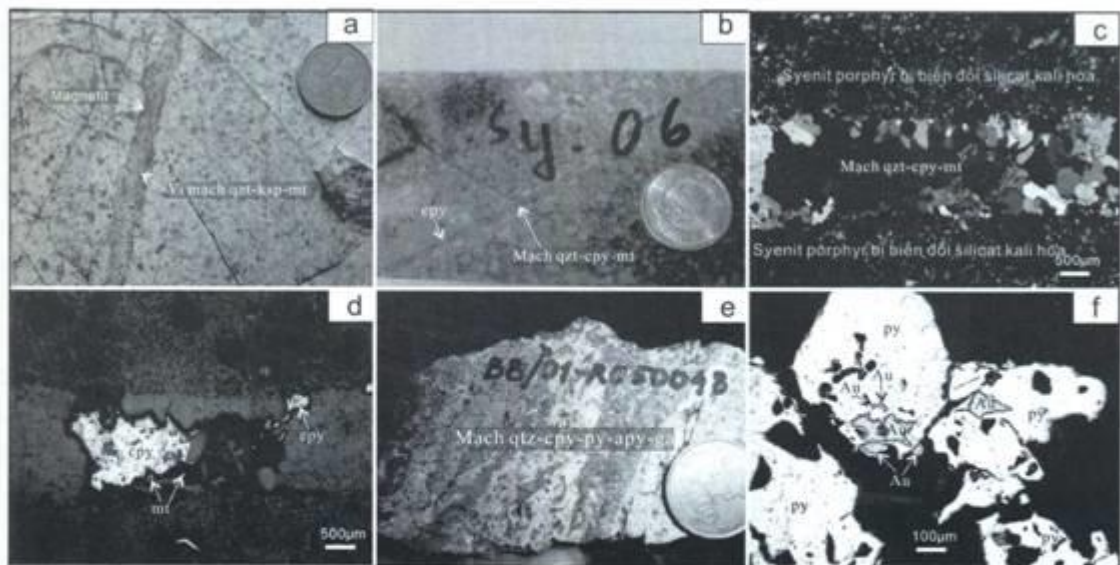
**a) Mỏ Cu-Mo-Au Chỉnh Sáng:** Mỏ Cu-Mo-Au Chỉnh Sáng phân bố phần phía nam của đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ, khoáng hóa liên quan chặt chẽ với các đá magma cao kali phức hệ Pu Sam Cáp và tổ hợp đá núi lửa đang được xếp vào hệ tầng Pu Tra (Hình 2). Dựa vào đặc điểm biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh và đặc điểm quặng hóa, khoáng hóa Cu-Mo-Au trong khu mỏ có thể chia thành hai kiểu chính: kiểu khoáng hóa Cu- Au (Mo) phân bố trong đới biến đổi kali hóa và kiểu khoáng hóa Cu-Au phân bố trong đá phun trào trachyt bị cà nát, dập vỡ. Kiểu khoáng hoá thứ nhất chủ yếu xuất hiện ở dạng xâm tán và trong các vi mạch thạch anh phân bố trong các khối syenit porphyr hoặc gần ranh giới tiếp xúc giữa syenit và trachyt bị biến đổi kali hóa (Hình 2b). Kiến trúc nguyên thủy của đá được bảo tồn khá tốt, hiện tượng biến đổi kali hóa phát triển tương đối yếu với đặc trưng là sự xuất hiện của các khoáng vật orthoclas hạt nhỏ, biotit và thạch anh tạo thành các riềm bao quanh các ban tinh feldspat kali (Ảnh 2C). Các vi mạch thạch anh có chứa quặng chủ yếu phân bố trong tổ hợp biến đổi propylit hóa với sự xuất hiện của chlorit và calcit (Hình 2a). Khoáng hóa vàng thường đi cùng với các vi mạch magnetit (Ảnh 1a) và các mạch thạch anh-magnetit- chalcopyritmolybdenit (Ảnh 1b). Biến đổi kali xuất hiện hai bên mạch thạch anh, syenit và trachyt đóng vai trò là đá chứa quặng (Ảnh 1c, d, e). Kiểu khoáng hóa thứ hai phân bố trong trachyt bị cà nát dập vỡ (Hình 2b), khoáng hóa Cu-Au phân bố trong các đới biến đổi argilit hóa và cục bộ chồng lấn lên đới khoáng hóa porphyr Cu- Mo. Khoáng hóa vàng chủ yếu và vàng tự nhiên và electrum cộng sinh cùng với arsenopyrit, pyrit, chalcopyrit và galena, đặc biệt là pyrit (Ảnh 1f). Tuổi U-Pb zircon cho syenit porphyr chứa khoáng hóa Cu-Au-Mo là 32-35 Tr.n [14].

**b) Mỏ molybden Ô Quý Hồ:** Mỏ molybden Ô Quý Hồ nằm về phía đông nam đới tạo khoáng với tài nguyên 15,4 nghìn tấn molybden, hàm lượng molybden trung bình là 0,185% [6]. Quặng hóa Mo- Cu chủ yếu nằm trong mạch thạch anh xuyên cắt các đá granit có tuổi thành tạo khoảng  $225 \pm 0,6$  Tr.n [14] và xâm tán trong các khối xâm nhập granit horblend porphyr có tuổi thành tạo 40-35 Tr.n. Kết quả nghiên cứu cho thấy quặng hóa thành tạo trong điều kiện nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến cao, tập trung ở phần đỉnh vòm của các thể granit porphyr mang đặc trưng cho kiểu mỏ molybden mạch thường là phần trên của các mỏ molybden porphyr [19]. Quặng hóa molybden mỏ ô Quý Hồ có nguồn gốc liên quan chặt chẽ với các thể granit porphyr có tuổi thành tạo từ 35 Tr.n đến 40 Tr.n phân bố rộng rãi trên đới Phan Si Pan [15, 17].





Hình 2. Sơ đồ địa chất mỏ vàng Chinh Sáng: a) Sơ đồ địa chất khu Bãi Bằng; b) Sơ đồ địa chất khu Nậm Đich.



Ảnh 1. Một số hình ảnh về quặng hóa Cu-Au mỏ Chinh Sáng.

a) Mạng mạch thạch anh magnetit trong syenit biến đổi kali hóa; b-d) Syenit porphyr biến đổi silicat kali hóa bị cắt qua bởi các mạch thạch anh-chalcopyrit-magnetit; e) Các mạch thạch anh-chalcopyrit-pyrit-arsenopyrit-galenit-vàng cắt qua trachyt bị biến đổi argilit hóa; f) Vàng tự nhiên cộng sinh với pyrit trong các mạch thạch anh sulfur; mt-magnetit, py-pyrit, cpy-chalcopyrit, mo-molybdenit, apy-arsenopyrit, ga- galenit; Au- vàng, qtz- thạch anh, ksp- felspat kali.

**c) Mỏ porphyr Cu-Au (Mo) Habo:** Mỏ Habo mới được phát hiện nằm ở phần phía tây đá tạo khoáng (Hình 1c), những kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy đây là một mỏ porphyr Cu-Au (Mo) điển hình với trữ lượng vàng khoảng 20 tấn, hàm lượng trung bình 5 g/t [5]. Khoáng hóa trong khu mỏ liên quan với phức hệ granit Habo gồm một tổ hợp các khối xâm nhập granit porphyr và các đai mạch granit aplit. Khối granit porphyr Habo phân bố ở trung tâm khu mỏ có kiến trúc porphyr điển hình với ban tinh felspat kali, thạch anh, plagioclas, ít biotit và homblend. Các mạch, vi mạch thạch anh, thạch anh- magnetit, thạch anh-biotit phân bố rộng rãi ở phần trung tâm khối bị biến đổi kali hóa mạnh. Khoáng hóa vàng chủ yếu phân bố trong các mạch thạch anh-magnetit-pyrit ± chalcopyrit ± molybdenit. Tuổi của các khối granit porphyr là 36 Tr.n qua kết quả phân tích U-Pb zircon, tuổi tạo quặng là 35 Tr.n từ kết quả phân tích Re-Os molybdenit [18].

**d, Mỏ porphyr Cu-Mo Tongchang:** Mỏ porphyr Cu-Mo Tongchang nằm ở phía tây bắc đới tạo khoáng (Hình 1 c) và là một mỏ Cu-Mo porphyr điển hình, trữ lượng đã xác định là 0,2 triệu tấn Mo (tại hàm lượng Mo 0,12%) và 0,93 triệu tấn Cu (tại hàm lượng đồng 1,5%) [5]. Khoáng hoá chủ yếu liên quan tới khối syenit porphyr Tongchang tuổi Eocene muộn, xuyên cắt các đá trầm

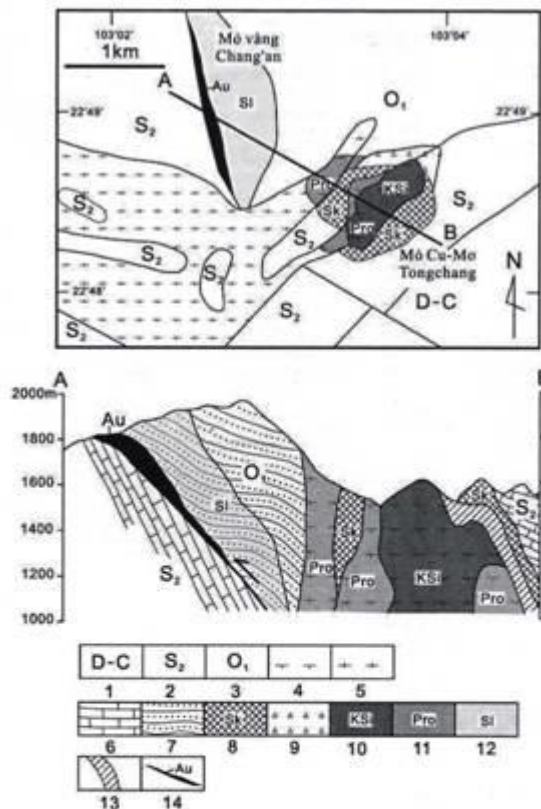
tích Ordovic- Silur. Quặng Cu-Mo tập trung trong các vi mạch thạch anh xuất hiện trong diện biến đổi kali ở phần trung tâm khối xâm nhập và diện biến đổi skam dọc theo rìa tiếp xúc giữa khối xâm nhập và các tập đá vôi vây quanh tuổi Silur trung [17] (Hình 3). Các vi mạch chủ yếu được cấu thành từ thạch anh hạt nhỏ và tổ hợp quặng sulphur như molybdenit, pyrit và chalcopyrit. Molybdenit dạng hạt nhỏ tập trung ven rìa các vi mạch. Trong diện biến đổi kali hoá đôi chỗ xuất hiện những dải biến đổi sericit và argilit hoá với sự tập trung cao pyrit. Các thân quặng phân bố trong diện biến đổi skam có dạng khối hoặc ổ, thấu kính, tổ hợp khoáng vật quặng gồm molybdenit, chalcopyrit, bomit, pyrit và magnetit; các khoáng vật mạch gồm thạch anh, calcit, mica, sericit, chlorit, actinolit, tremolit và granat.

## **2. Mỏ vàng nhiệt dịch nông nhiệt độ thấp**

Mỏ vàng Chang'an nằm ở phía bắc đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ (Hình 1c) với trữ lượng đã xác định khoảng 25 tấn Au [7]. Các thân quặng vàng chủ yếu phát triển trong đới cà nát của các đá trầm tích Ordovic hạ và Silur trung phân bố dọc theo hệ thống đứt gãy phương TB-ĐN (Hình 3). Khoáng hoá chủ yếu tập trung trong tập bột kết bị cà nát và biến đổi silic hoá mạnh. Tổ hợp sulphur chứa vàng tập trung trong các vi mạch thạch anh, chủ yếu gồm arsenopyrit, pyrit, sphalerit, galenit và chalcopyrit xuyên cắt các đá cát bột kết bị silic hoá, sericit hoá. Khoáng vật mạch có thạch anh, feldpat, dolomit, sericit, khoáng vật sét, muscovit và calcit. Vàng chủ yếu ở dạng vàng tự sinh và số lượng nhỏ electrum, thường xuất hiện ở dạng các bao thể trong thạch anh hoặc cục bộ cộng sinh cùng pyrit [17].

Những nghiên cứu về bao thể khí lỏng, đồng vị bền S, Pb cho thấy nguồn dung dịch tạo quặng của mỏ Chang'an đến từ khối syenit Tongchang. Khoáng hóa vàng trong khu mỏ bị khống chế bởi đứt gãy có phương tây bắc - đông nam phát triển ở ngoại vi của mỏ Tongchang đóng vai trò là đường dẫn dung dịch tạo quặng. Những đặc điểm này đã chỉ ra mỏ khoáng này cùng với mỏ porphyr Cu-Mo Tongchang tạo nên một hệ thống tạo quặng porphyr - nhiệt dịch nông nhiệt độ thấp điển hình [17].

Tuổi thành tạo của khối syenit Tong Chang liên quan đến quặng hóa được xác định bằng đồng vị K-Ar, Rb-Sr và U-Pb zircon biến thiên trong khoảng 34 Tr.n đến 37 Tr.n, tuổi tạo quặng xác định bằng đồng vị Re-Os molybdenit là 34 Tr.n [18].



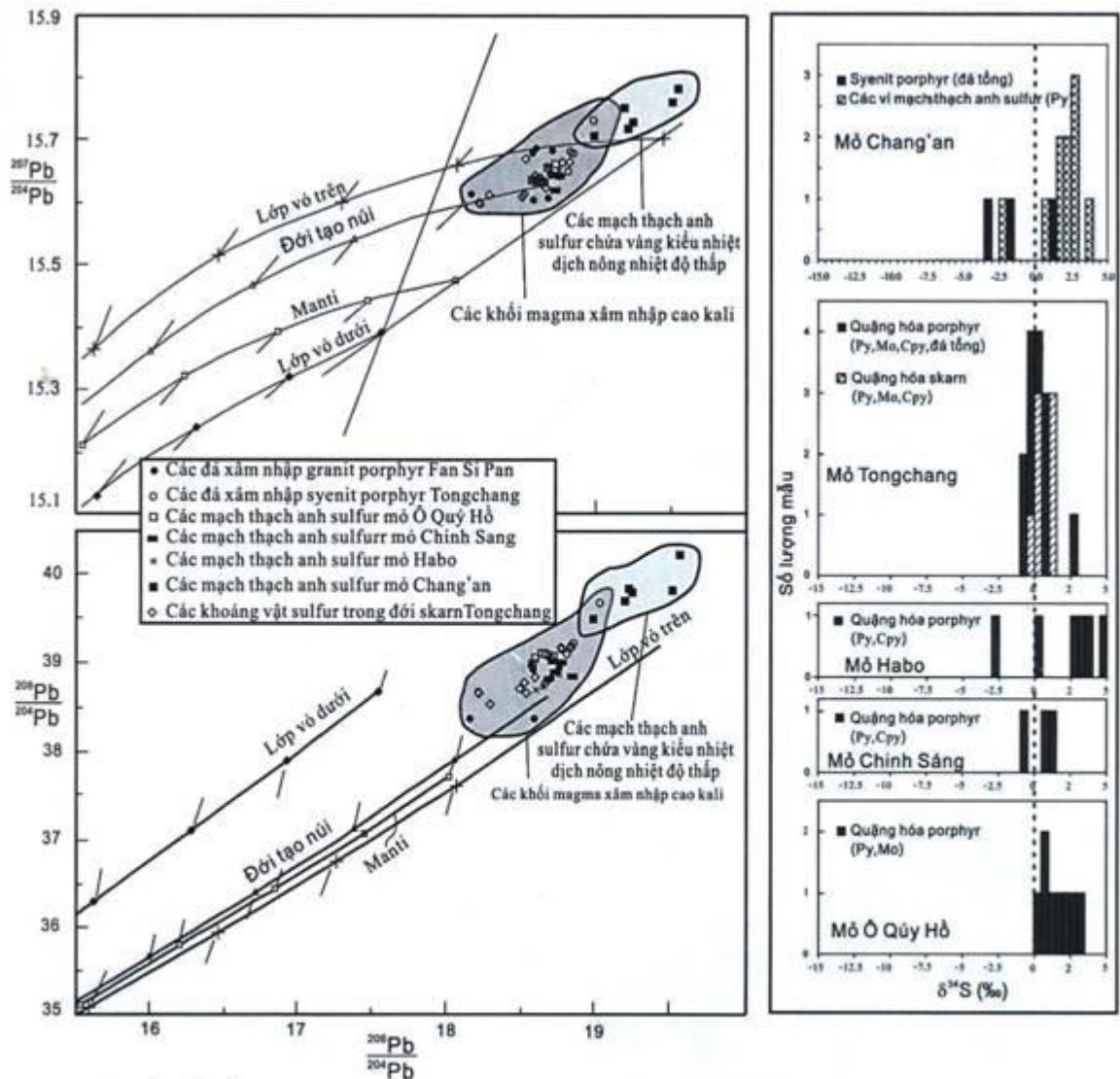
Hình 3. Sơ đồ địa chất và quặng hoá khu vực Tongchang-Chang'an [17]

- 1- Cát kết, cát bột kết và đá vôi Devon-Carbon;
- 2- Đá vôi Silua trung; 3- Cát bột kết Ordovic hạ;
- 4- Syenit porphyr (34 Tr.n); 5- Syenit (35-37 Tr.n);
- 6- Đá vôi; 7- Cát bột kết; 8- Đới biến đổi skarn;
- 9- Đới siming; 10- Đới biến đổi kali hóa; 11- Đới biến đổi propylit hóa; 12- Đới biến đổi sericit, argilit hóa;
- 13- Thân quặng Cu-Mo hàm lượng cao;
- 14- Thân quặng vàng.

#### IV. NGUỒN GỐC CỦA CÁC MỎ Cu-Mo-Au PORPHYR VÀ VÀNG NHIỆT DỊCH NÔNG NHIỆT ĐỘ THẤP TRÊN ĐỚI TẠO KHOÁNG HABO - Ô QUÝ HỒ

Hệ thống tạo quặng porphyr tại các mỏ Tong Chang, Habo, Ô Quý Hồ và Chinh Sáng có giá trị đồng vị chì trong diện biến thiên của các khối xâm nhập (Hình 4a). Giá trị đồng vị lưu huỳnh chỉ ra tổ phân đồng vị lưu huỳnh trong các khối xâm nhập porphyr và quặng hóa có giá trị khá tương đồng (Hình 4b). Kết quả này chỉ ra vai trò chủ đạo của hoạt động magma liên quan đến các mỏ kiểu porphyr [1]. Tại mỏ Chang'an, các kết quả nghiên cứu bao thể khí-lông cho thấy quặng hóa được thành tạo trong điều kiện nhiệt dịch nhiệt độ trung bình-thấp (khoảng 200°C đến 280°C), áp suất thấp (24,2-73,9 MPa) cho thấy quặng hóa được thành tạo trong lớp vỏ nông (0,9-2,74 km) [18] mang đặc trưng của kiểu mỏ vàng nhiệt dịch nông nhiệt độ thấp (epithermal). Giá trị đồng vị S chỉ ra rằng dung dịch tạo quặng có nguồn gốc magma, trong khi giá trị đồng vị Pb tập trung dọc theo đường tiến hóa của lớp vỏ trên (Hình 4a) chứng tỏ dung dịch tạo quặng hậu magma trong quá trình đi lên đã bị hồn nhiễm bởi vật chất vỏ. Hiện tượng này giống như quặng hóa trong hệ thống tạo quặng porphyr-nhiệt dịch nông nhiệt độ thấp tuổi Creta muộn - Paleogen sớm tại Arizona, Bắc Mỹ [1] và quặng hóa ở vùng Toodoggone, Canada [4]. Những kết quả nghiên cứu này cho thấy quặng hóa Cu-Mo-Au trong đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ liên quan chặt chẽ đến hoạt động magma cao kali Kainozoi trong khu vực.



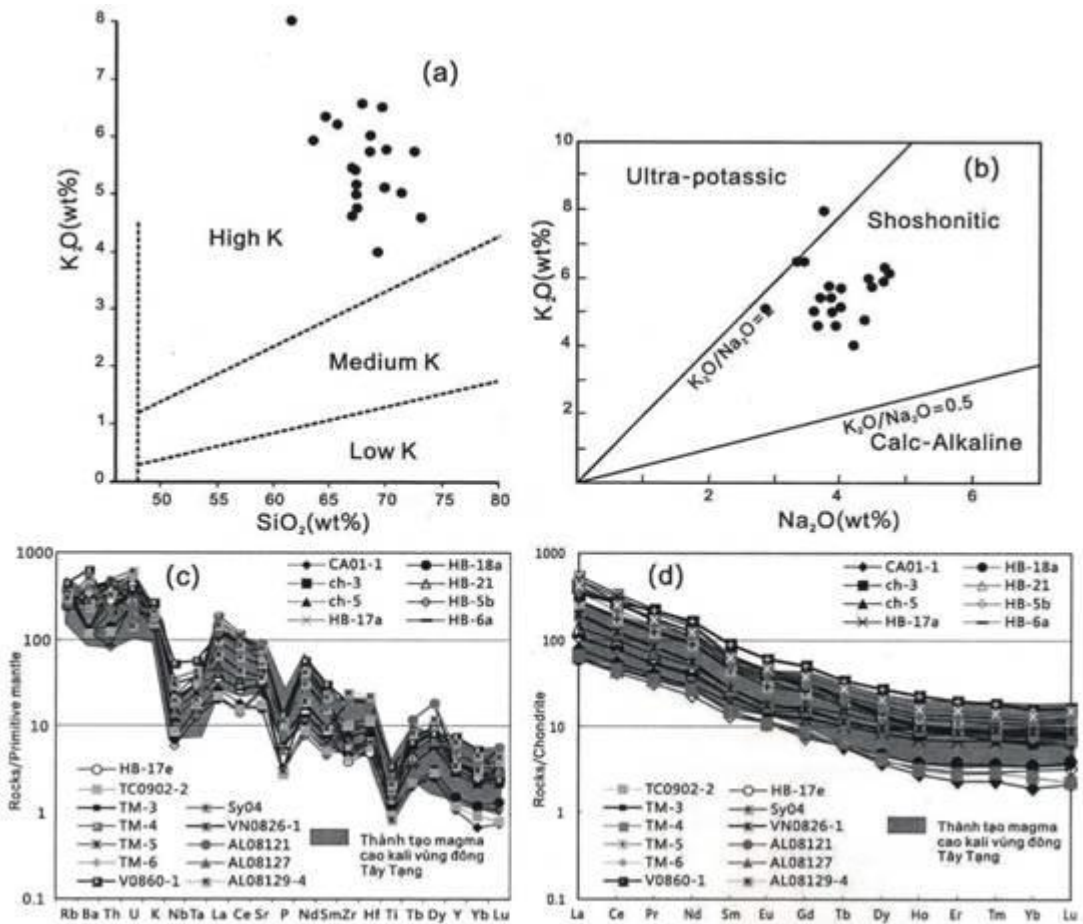


Hình 4. a) Biểu đồ đồng vị Pb-Pb cho các đá magma xâm nhập cao kali và quặng hóa trên đới tạo khoáng Kainozoi Habo - Ô Quý Hồ. b) Biểu đồ thống kê các giá trị  $\delta^{34}\text{S}$  cho các khoáng vật sulfur và đá chứa quặng từ các mỏ Kainozoi Cu-Mo-Au điển hình trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ (Cpy- chalcopyrit, Py- pyrit, Mo- molybdenit).

## V. MÔ HÌNH KIẾN TẠO - SINH KHOÁNG KHU VỰC CHO HOẠT ĐỘNG MAGMA CAO KALI KAINOZOI VÀ SINH KHOÁNG Cu-Mo-Au ĐỚI TẠO KHOÁNG HABO - Ô QUÝ HỒ

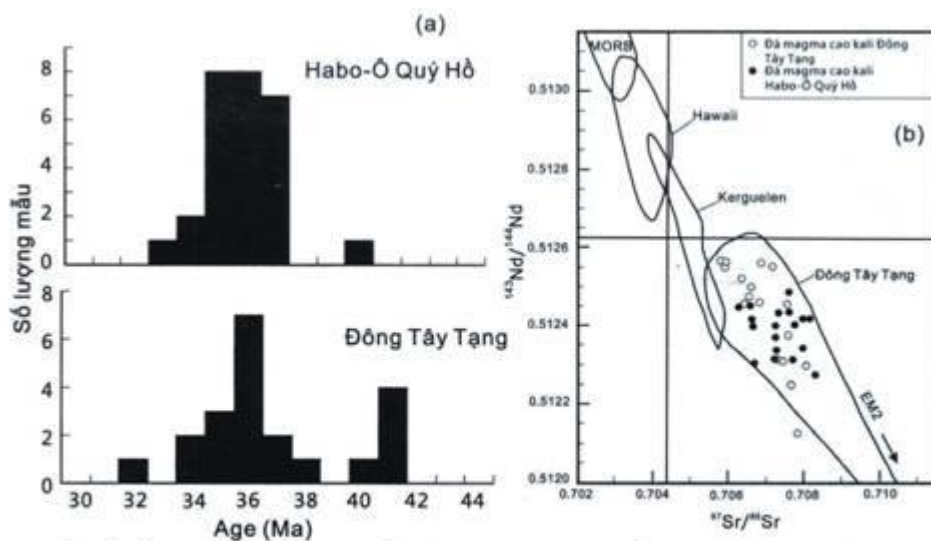
Các khối magma cao kali Kainozoi trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ có đặc điểm thấp  $\text{TiO}_2$  (< 0,73% tl),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (<0,29% tl) và  $\text{FeO}^*$  (<4,99% tl); cao  $\text{Na}_2\text{O}$  (2,86- 4,75% tl) và  $\text{K}_2\text{O}$  (4,01-7,98% tl). Biểu đồ  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  và  $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$  (Hình 5a, b) cho thấy chúng thuộc loại cao kali, chủ yếu các đá rơi vào trường shoshonit (Hình 5b). Tất cả các đá nghiên cứu đều có đặc điểm thạch địa hoá giống nhau, giàu nguyên tố lithophil không tương hợp (Rb, Ba, K, Sr) và các nguyên tố tương hợp (Cr, Ni, V, Sc), có dị thường âm Nb, Ta, Ti và p (Hình 5c), các đá có đặc điểm là giàu nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ và dị thường Eu không rõ ràng (Hình 5d).

Các đặc điểm thạch địa hoá nêu trên hoàn toàn tương đồng với các đá magma cao kali liên quan đến quặng hoá Cu-Mo- Au phân bố ở vùng đông Tây Tạng. Trên biểu đồ các nguyên tố vết chuẩn hoá với manti nguyên thủy và nguyên tố đất hiếm chuẩn hoá với thiên thạch, diện phân bố của các đá magma cao kali Kainozoi liên quan đến quặng hoá trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ phủ trùm lên diện phân bố của các đá magma cao kali liên quan đến quặng hoá vùng đông Tây Tạng (Hình 5c, d) cho thấy chúng có thể đến từ một nguồn magma. Các số liệu về tuổi magma và quặng hoá cũng chỉ ra chúng có cùng một thời kỳ hoạt động magma - tạo khoáng, trong khoảng 32-41 Tr.n, tập trung cao trong khoảng 34-38 Tr.n (Hình 6a).



Hình 5. Các biểu đồ thạch địa hoá cho các đá magma kiềm kali Kainozoic trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ [18].

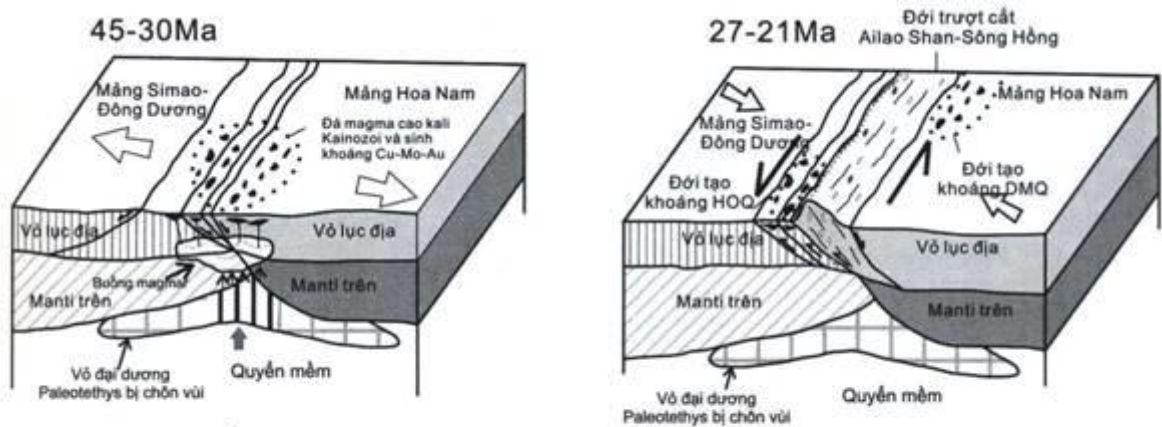
Số liệu đồng vị Sr và Nd được thể hiện qua biểu đồ quan hệ giữa tỷ lệ đồng vị  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  và  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  cho biết thành phần đồng vị của Nd và Sr nằm ngoài khá xa trường basalt sống núi giữa đại dương (MORB) và Hawaii (Hình 6b). Vị trí tương tự của đồng vị Sr và Nd giữa các đá magma Kainozoic cao kali trên đới tạo khoáng Jinping - Phan Si Pan và các đá magma cao kali vùng đông Tây Tạng cho biết chúng có thể hình thành từ một nguồn magma (Hình 6b).



Hình 6. a) Biểu đồ tổng hợp và đối sánh tuổi thành tạo của các khối magma cao kali Kainozoic trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ và vùng Đông Tây Tạng; b) Biểu đồ đồng vị Sr-Nd cho các đá magma cao kali Kainozoic trên đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ và Đông Tây Tạng [18].



Với các đặc điểm địa hoá và đồng vị nêu trên có thể khẳng định các đá magma cao kali Kainozoi trên đới tạo khoáng Jinping - Phan Si Pan và vùng đông Tây Tạng mang đặc điểm của magma cung rìa lục địa, có thể đến từ một nguồn magma. Dựa trên những kết quả nghiên cứu này, cùng với các số liệu về mối quan hệ giữa magma phân bố trên đới Ailaoshan và các kết quả nghiên cứu đã công bố trong những năm gần đây, tập thể tác giả bước đầu đưa ra mô hình luận giải magma - sinh khoáng Cu-Mo-Au Kainozoi cho vùng đông nam Tây Tạng trong đó có đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ (Hình 7).



Hình 7. Mô hình kiến tạo - sinh khoáng khu vực cho hoạt động magma cao kali Kainozoi và sinh khoáng Cu-Mo-Au đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ, rìa tây nam đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng (HOQ- Đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ; DMQ- Đới tạo khoáng Dali-Machangqing).

Các kết quả địa vật lý đo sâu đã chỉ ra tồn tại một vùng dị thường vận tốc sóng cao có hình yên ngựa nằm giữa ranh giới giữa mảng Hoa Nam và Đông Dương - Simao có chiều rộng khoảng 50 km, chiều sâu 250 km tính từ bề mặt địa hình, nằm giữa lớp quyển mềm và manti trên [10]. Dị thường địa vật lý này được cho là một phần bị chôn vùi của tấm vỏ đại dương đã từng ngăn cách giữa mảng Hoa Nam và Đông Dương bị khép lại vào Trias giữa - muộn [24].

Sự va chạm giữa lục địa Ấn Độ - Âu Á có thể bắt đầu vào khoảng 60 Tr.n trước dẫn đến hiện tượng vát mỏng vỏ lục địa xuất hiện ở vùng phía đông Tây Tạng [2, 3]. Khoảng 45-30 Tr.n trước, hoạt động sau va chạm giữa lục địa Ấn Độ - Âu Á dẫn đến hoạt động tách giãn theo hướng đông Tây Tạng, vỏ lục địa bị căng giãn và vát mỏng, sự giảm áp lực kéo theo sự nóng chảy từng phần của quyển mềm, nguyên nhân dẫn đến vận chuyển đi lên của các dung dịch nguồn manti (mantle fluids) [2] hỗn nhiễm vật chất với phần thạch quyển đại dương bị chôn vùi, manti trên và vỏ lục địa. Các buồng magma được hình thành và đi lên hình thành tổ hợp magma cao kali kiểu cung và các mỏ porphyry - nhiệt dịch nồng nhiệt độ thấp Cu-Mo-Au vùng đông Tây Tạng. Quá trình dịch xoay của khối Ấn Độ vào khoảng 28 Tr.n trước, sự nâng lên của Cao nguyên Tây Tạng và sự giải phóng lực về phía đông nam dẫn đến hoạt động dịch trượt trái của đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng, khoảng thời gian bắt đầu cho hoạt động dịch chuyển này được chứng minh bằng các số liệu về biến dạng và tuổi thành tạo của các khối magma phân bố trên đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng [12, 13, 23]. Hoạt động trượt bằng trái đã chia cắt và làm dịch chuyển đới magma - sinh khoáng đã được tạo ra ở đông Tây Tạng, hình thành 3 vùng magma - sinh khoáng độc lập chính gồm Yulong, Dali - Machangqing và Habo - Ô Quý Hồ cách nhau hàng trăm kilomet và nằm ngoài đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng.

## VI. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra được mô hình kiến tạo - sinh khoáng khu vực cho hoạt động magma cao kali Kainozoi và sinh khoáng Cu-Mo-Au đới tạo khoáng Habo - Ô Quý Hồ. Theo mô hình này, các mỏ Tongchang, Chang'an, Habo, Ô Quý Hồ và Chinh Sáng tạo thành một hệ thống quặng porphyry-nhiệt dịch nồng nhiệt độ thấp liên quan chặt chẽ với hoạt động magma có tuổi khoảng 40-32 Tr.n.

Các thành tạo magma cao kali và khoáng hóa Cu-Mo-Au liên quan hình thành độc lập và xuất hiện trước hoạt động trượt bằng trái xuất hiện sau 28 Tr.n của đới trượt cắt Ailao Shan - Sông

Hồng. Chúng có thể là sản phẩm của dung thể magma nguồn manti giàu hoặc dung thể magma nguồn manti bị ảnh hưởng bởi iluid thoát ra từ vỏ đại dương Paleotethys đã bị hút chìm và chôn vùi trong manti. Hoạt động magma và tạo khoáng liên quan chặt chẽ tới hoạt động tách giãn vỏ lục địa, hệ quả của quá trình hậu va chạm lục địa giữa hai mảng Ấn Độ - Âu Á.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.01-2012.06. Tác giả xin cảm ơn các bạn đồng nghiệp Wu Wenbin, Bing Mingming, Đồ Quang Huy, Dong Yanlong cho công tác khảo sát thực địa và trao đổi khoa học.

## VĂN LIỆU

**1. Bouse R.M., Ruiz J., Tittley S.R., Tosdal R.M., Wooden J.L., 1999.** Lead isotope compositions of Late Cretaceous and Early Tertiary igneous rocks and sulfide minerals in Arizona: implications for the sources of plutons and metals in porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 94: 211-244.

**2. Chung S.L., Chu M.F., Zhang Y.Q., et al, 2005.** Tibetan tectonic evolution inferred from spatial and temporal variations in post-collisional magmatism. *Earth Science Reviews*, 68:173-196.

**3. Chung S.L., Lee T.Y., Lo C.H., et al, 1997.** Intraplate extension prior to Continental extrusion along the Ailao Shan-Red River shear zone. *Geology*, 25: 311-314.

**4. Duuring P., Rowins S.M., McKinley B.S.M., et al, 2009.** Examining potential genetic links between Jurassic porphyry Cu-Au±Mo and epithermal Au±Ag mineralization in the Toodoggone district of North-Central British Columbia, Canada. *Mineralium Deposita*, 44:463-496.

**5. Hou Z.Q., Zeng P.S., Gao Y.F., et al, 2006.** Himalayan Cu-Mo-Au mineralization in the eastern Indo-Asian collision zone: constraints from Re-Os dating of molybdenite. *Mineralium Deposita*, 41:33-45.

**6. Lê Hữu Hùng, 1995.** Báo cáo tìm kiếm chung khoáng sản Molipden vùng Sa Pa và tìm kiếm đánh giá khu Ô Quý Hồ, Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội*.

**7. Lee T.Y. and Lawver L.A., 1995.** Cenozoic plate reconstruction of Southeast Asia. *Tectonophysics*, 251:85-138.

**8. Leloup P.H., Lacassin R., Tapponnier P., et al, 1995.** The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics*, 251:3-84.

**9. Lepvrier C., Maluski H., Vu V.T, et al 2004.** The Early Triassic Indosinian orogeny in Vietnam (Truong Son Belt and Kontum Massif ); implications for the geodynamic evolution of Đông Dương. *Tectonophysics*, 393:87-118.

**10. Liu F.T., Liu J.H., Zhong D.L., et al, 2000.** The subducted slab of the Yangtze Continental block beneath the Tethyan orogen in Western Yunnan. *Chinese Science Bulletin*, 45:466-469.

**11. Liu J.L., Tran M.D., Tang Y., et al, 2012.** Permo-Triassic granitoids in the northern part of the Truong Son belt, NW Vietnam: Geochronology, geochemistry and tectonic implications. *Gondwana Research*, 22: 628-644.

**12. Searle M.P., 2006.** Role of the Red River shear zone, Yunnan and Vietnam, in the Continental extrusion of SE Asia. *Journal of the Geological Society, London* 163: 1025-1036

**13. Tang Y., Liu J.L., Tran M.D., et al, 2012.** Timing of left-lateral shearing along the Ailao Shan - Red River shear zone: constraints from zircon U-Pb ages from granitic rocks in the shear zone along the Ailao Shan Range, Western Yunnan, China. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, DOI 10.1007/s00531-012-0831-y.

14. **Tran M.D., Liu J.L., Nguyen Q.L., et al, 2010.** Zircon U-Pb ages and Hf isotopic composition of The Pu Sam Cap high-potassic alkaline rocks in northwestern Vietnam and regional tectonic implication. *Acta Petrologica Sinica*, 26:1902-1014.
15. **Trần Mỹ Dũng, Liu Junlai, Nguyễn Quang Luật, Đào Thái Bắc, 2009.** Tuổi đồng vị Re-Os của molybdenit ở đới khoáng hoá molybden Ô Quý Hồ - Bản Khoang và ý nghĩa địa chất. *TC Địa chất*, A/313:56-65. Hà Nội.
16. **Trần Mỹ Dũng, Liu Junlai, Nguyễn Quang Luật, Đào Thái Bắc, 2009.** Kết quả tuổi đồng vị U-Pb và Hf của zircon từ khối granit biotit bị biến dạng phân bố phía đông đèo Ô Quý Hồ, Lào Cai và ý nghĩa địa chất. *TC KHKT Mỏ - Địa chất*, 29:14-22. Hà Nội.
17. **Trần Mỹ Dũng, Liu Junlai, Nguyễn Quang Luật, Lê Xuân Trường, 2011.** Mối quan hệ nguồn gốc giữa quặng hóa vàng và đồng - molybden khu vực Tongchang, Jinping, Vân Nam, Trung Quốc và ý nghĩa sinh khoáng khu vực. *TC KHKT Mỏ - Địa chất*, 34:18-24. Hà Nội.
18. **Trần Mỹ Dũng, Liu Junlai, Nguyễn Quang Luật, 2010.** Hoạt động magma cao kali Kainozoi và sinh khoáng Cu-Mo-Au, đới tạo khoáng Jinping - Phan Si Pan. *Hội nghị khoa học Trường Đại học Mỏ - Địa chất lần thứ 19. Hà Nội.*
19. **Trần Mỹ Dũng, Nguyễn Quang Luật, Đào Thái Bắc, Lê Xuân Trường, Lưu Công Trí, Ngô Xuân Đắc, 2011.** Điều kiện thành tạo và nguồn gốc quặng hóa mỏ molybden Ô Quý Hồ, Sa Pa, Lào Cai. *TC Địa chất*, A/326:28-38. Hà Nội.
20. **Tran V.A., Pang K.N., Chung S.L., et al, 2011.** The Song Da magmatic suite revisited: A petrologic, geochemical and Sr-Nd isotopic study on picrites, flood basalts and silicic volcanic rocks. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42:1341-1355.
21. **Trần Văn Trị, Vũ Khúc (Đồng Chủ biên), 2009.** Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nxb KHTN & CN*, 341-345. Hà Nội.
22. **Wang J.H., Yin A., Harrison T.M., et al, 2001.** A tectonic model for Cenozoic igneous activities in the eastern Indo-Asian collision zone. *Earth and Planetary Science Letters*, 188:122-133.
23. **Wang P.L., Lo C.H., Lee T.Y., Chung S.L., Lan C.Y., Yem N.T., 1998.** Thermochronological evidence for the movement of the AilaoShan-Red River shear zone: a perspective from Vietnam. *Geology*, 26: 887-890
24. **Xu X.W., Cai X.P., Xiao Q.B. and Peters S.G., 2007.** Porphyry Cu-Au and associated polymetallic Fe-Cu-Au deposits in the Beiya Area, western Yunnan Province, South China. *Ore Geology Reviews*, 31:224-246.
25. **Yumul G.P., Zhou M.F., Wang C.Y., et al, 2008.** Geology and geochemistry of the Shuanggou ophiolite (Ailao Shan ophiolitic belt), Yunnan Province, sw China: Evidence for a slow-spreading oceanic basin origin. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32:385-395.