冈底斯碰撞造山带中发现含矿艾达克岩

Ore-bearing Adakites Found in the Gangdese Collision-Orogenic Belt

曲晓明[1] 侯增谦[1] 李佑国[2]

（1 中国地质科学院矿产资源研究所，北京 100037； 2 成都理工大学地球科学学院，四川 成都 610059）

Qu Xiaoming[1], Hou Zengqian[1], Li Youguo[2]

（1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China）

摘 要 野外地质调查和岩石地球化学研究表明，分布于青藏高原南部冈底斯岩浆弧中的喜马拉雅晚期花岗质斑岩体伴随着广泛的铜钼多金属矿化并具有艾达克岩(adakite)的基本属性。它们是冈底斯碰撞造山带演化晚期，在碰撞后地壳松驰阶段由俯冲到深部的洋壳及沉积物部分熔融形成的。笔者认为这些艾达克岩的形成可能是本地区地幔岩石圈大规模拆沉的直接原因，代表着青藏高原晚第三纪以来快速隆升的前奏。

关键词 冈底斯碰撞造山带 艾达克岩 青藏高原

近年来，世界上许多重要的碰撞造山带中艾达克岩 (adakite) 的发现以及对它们的研究已引起了人们广泛的关注 (Stern et al., 1996；Kay, 1978；Defant et al., 1990)。在 2001 年于中国地质大学 (北京) 召开的有关艾达克岩的国际学术研讨会上，有人提出了在青藏高原南部冈底斯和喜马拉雅造山带上寻找艾达克岩的期望 (艾达克质岩及其地球动力学意义学术研讨会秘书组，2002)。笔者近两年来在执行地调局大调查项目过程中，对冈底斯斑岩铜矿带的含矿斑岩开展了岩石地球化学、S、Pb、Rb-Sr、Sm-Nd 同位素的系统研究（曲晓明等，2002），通过与艾达克岩地球化学特征（Defand et al., 1990）对比，发现分布于冈底斯碰撞造山带上（图 1），形成于碰撞后晚造山松驰阶段的这些含矿斑岩具有艾达克岩的本质属性。与世界其他造山带的艾达克岩不同的只是在这里它们还伴随着广泛的铜钼多金属矿化，构成了具有巨大成矿前景的冈底斯斑岩铜矿带。

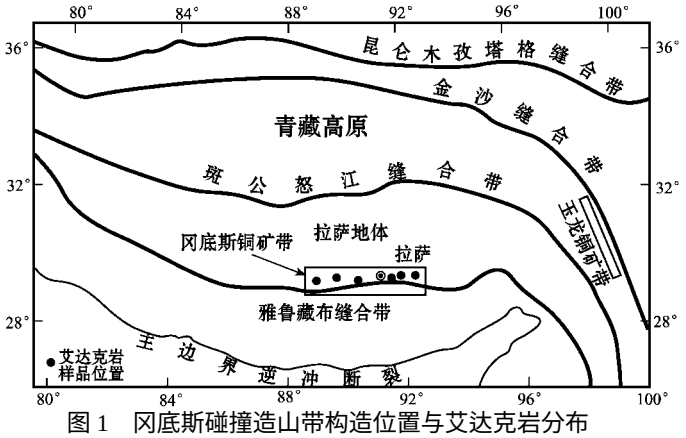


图 1 冈底斯碰撞造山带构造位置与艾达克岩分布

第一作者简介 曲晓明，男，1960 年生，博士，研究员，主要从事有色金属和贵金属矿产调查研究。

1 冈底斯碰撞造山带的演化历史

自中—晚白垩世开始，印度河—雅鲁藏布江洋壳板块向北俯冲导致了冈底斯岩浆弧的发育和日喀则弧前盆地的形成 (Allegre et al., 1984；Harrison et al., 1992；Durr, 1996)。冈底斯岩浆弧主要由晚古新世—早始新世 (65～45 Ma) 弧火山岩系和白垩纪—第三纪花岗岩基构成 (Allegre et al, 1984；Coulon et al., 1986)。弧火山岩系主体为安山岩和安山质火山碎屑岩，属钙碱性系列，具安底斯陆缘弧特征 (Coulon et al., 1986)。冈底斯花岗岩基年龄变化于 120～24 Ma 之间，岩浆峰期分别集中于 55～45 Ma 和 30～24 Ma 两个阶段 (Shares et al., 1984；Harrison et al., 1999)。第一侵位高峰与印度—亚洲大陆大规模碰撞相对应 (55～50 Ma, Beck et al., 1995); 第二侵位高峰则与冈底斯逆冲断裂的活动时间 (30～20 Ma) 一致 (Yin et al., 1994)。大约在 21 Ma 左右，冈底斯花岗岩出现快速冷却，地壳显著加厚，冈底斯造山带快速隆升 (Harrison, 1995；Yin et al., 1994)；至 20～14 Ma 左右，产生近南北走向，横穿冈底斯山系的裂谷系统 (Harrison et al., 1995；Coleman et al., 1995)，形成了现今青藏高原的基本格局。

2 含矿斑岩的形成环境

大体在高原快速隆升的同时，在冈底斯造山带发育了一套钾质钙碱性熔岩（Coulon et al., 1986）和广泛分布的小体积花岗质斑岩体。正是这些花岗质斑岩体造成了冈底斯岩浆弧广泛的铜钼多金属矿化。它们大多侵位于冈底斯花岗岩基内部，本身往往具有黄铁矿和黄铜矿的浸染状矿化，具斑状结构，岩性以花岗闪长斑岩为主，东段出现二长花岗斑岩。岩石化学上以富钾为特点，属钾玄岩至高钾钙碱性岩系（曲晓明等，2001）。地球化学上高度富集大离子不相容元素 Rb、Ba、Sr、Th、K 等，强烈亏损高场强元素 Nb、Ta、Ti 和重稀土元素 Yb，缺少 Eu 异常，指示着岩浆源区有石榴石大量残留（曲晓明等，2001）。区调资料表明❶，这些斑岩体形成于喜马拉雅运动晚期，时代大体在 20～14 Ma 之间。构造环境分析表明它们形成于冈底斯碰撞造山带演化晚期碰撞后晚造山地壳松驰阶段 （图 2）。考虑到印度大陆与欧亚大陆大规模碰撞发生在 55～50 Ma 之间 (Beck et al., 1995)，因此，这些含矿斑岩形成时间上（20～14 Ma）处于晚造山松驰环境是符合造山带演化规律的。

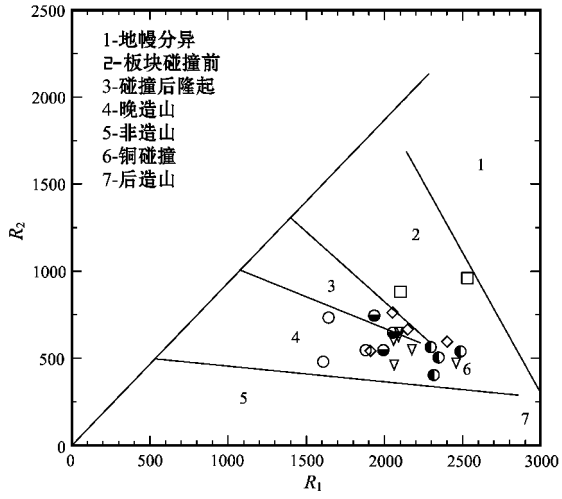


图 2 冈底斯碰撞造山带艾达克岩的构造环境图

❶ 西藏地勘局. 1993. 1∶20 万区域地质调查报告.

3　含矿斑岩的艾达克岩属性

冈底斯铜矿带的含矿斑岩地球化学上具有明显的俯冲板片参与岩浆作用的迹象，但某些方面 (如富钾，缺少 Eu 异常) 又与典型的岛弧岩浆岩不同。近年来人们广泛地注意到了来自俯冲板片的熔体在许多造山带的岩浆作用中所起的重要作用。Kay (1978) 把在南太平洋艾达克岛发现的这种岩石称为艾达克岩 (adakite)。Defant and Drummond (1990) 总结出艾达克岩的地球化学特征为：w（Al_2O_3）＞15%，低的重稀土含量（Yb＜1.9 ×10^{-6}）和 Y 含量 (＜18 ×10^{-6})，高的 Sr 含量和 Sr/Y 比值 (＞40)，及正的 Sr、Eu 异常。从化学分析看 (曲晓明等，2002a)，冈底斯铜矿带的含矿斑岩具有上述艾达克岩的基本特征，它们的 w（Al_2O_3）含量在 14.53%～16.3%之间，平均为 15.36%；Sr 含量从 118 ×10^{-6}～729×10^{-6}，平均 445 ×10^{-6}；Sr/Y 比值在 23.23～174.70 之间变化；Yb 含量平均为 0.54 ×10^{-6}，变化范围在 0.33 ×10^{-6}至 0.91 ×10^{-6}之间。Y 则平均为 6.08 ×10^{-6}，范围为 3.92 ×10^{-6}～9.12×10^{-6}。在 Sr/Y-Y 图上 (图 3a) 它们都落在艾达克岩区。Ba-Nb/Y 图 (图 3b) 进一步指明发生在它们身上的富集事件是由来自俯冲板片的熔体造成的，而与板片俯冲早期释放的流体无关，所以说，它们在成因上符含艾达克岩的原始定义。

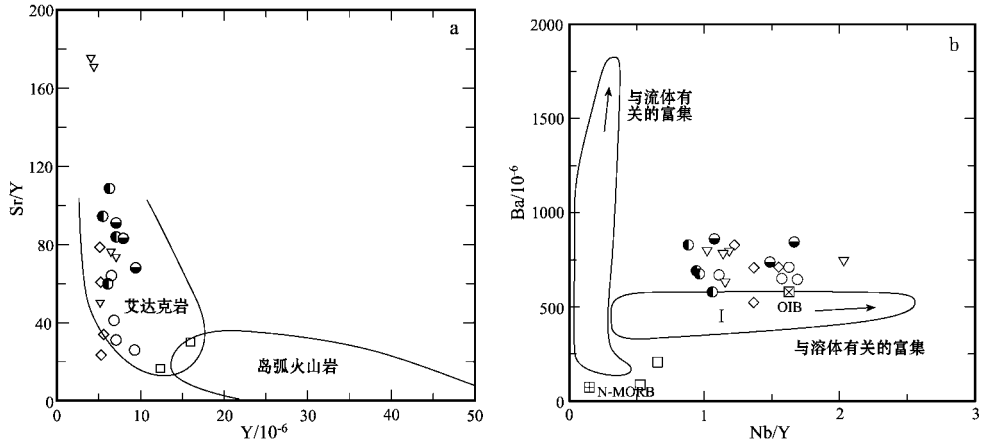


图 3　冈底斯碰撞造山带艾达克岩 Sr/Y-Y 图和 Ba-Nb/Y 图

4　艾达克岩的形成与青藏高原晚第三纪以来的快速隆升

冈底斯铜矿带晚造山含矿斑岩具有艾达克岩的基本属性，地球化学显示源区有大量石榴石残留，是洋壳及其附带的沉积物俯冲到深部转变成石榴石—角闪岩相或榴辉岩相后发生部分熔融形成的。这些俯冲到深部的洋壳板片一旦俯冲停止，由于热回弹便会发生部分熔融，在此过程中常常伴随着石榴石的大量残留，使板片密度增大，当达到某一临界值后，由于重力不稳定，它们将向深部软流圈拆沉，从而造成软流圈物质紊乱，以地幔羽的形式上涌。冈底斯铜矿带的这些含矿斑岩很可能反映的就是这种情况。它们在冈底斯岩浆弧中广泛发育暗示着造山带之下有大规模的地幔岩石圈拆沉作用发生。England 和 Houseman (1989) 也指出青藏高原南部晚第三纪以来发生过大规模的的地幔岩石圈拆沉，并以此来解释该地区晚第三纪以来的快速抬升和 E-W 向伸展，但是他们没有给出造成这种大规模岩石圈拆沉的确切原因。本文对冈底斯造山带这些含矿斑岩的研究能够回答这一问题，也就是说，沿冈底斯岩浆弧广泛分布的这些喜马拉雅晚期的含矿斑岩的形成即是造成本地区地幔岩石圈大规模拆沉的原因，也是青藏高原南部晚第三纪以来快速隆升的前奏。

综上所述，可得出如下结论。

（1）青藏高原南部冈底斯碰撞造山带广泛分布的喜山晚期花岗质斑岩体具有艾达克岩的基本属性，

它们是雅鲁藏布江洋壳俯冲到深部转化成石榴石-角闪岩相或榴辉岩相后发生部分熔融而形成的。

（2）这些含矿的艾达克岩形成时在岩浆源区残留下大量石榴石，它们可能是造成本地区地幔岩石圈拆沉的直接原因，代表着青藏高原晚第三纪以来快速隆升的前奏。

（3）这些艾达克岩在野外露头和岩相学上没有独特的标志，但地球化学上却有着清楚的特点，因此这些艾达克岩只适于作为化学分类，难以建立起可供野外操作的鉴别标志。

参 考 文 献

艾达克质岩及其地球动力学意义学术研讨会秘书组. 2002. 艾达克质岩及其地球动力学意义学术研讨会会议纪要. 岩石学报，18（1）：127～128.

曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿（带）：西藏第二条"玉龙"铜矿带. 矿床地质，20（4）：355～366.

曲晓明, 侯增谦, 李佑国. 2002a. 冈底斯斑岩铜矿带 S、Pb 同位素特征：对成矿物质来源和造山带物质循环的指示. 地质通报.

Allegre C J and 34 others. 1984. Structure and evolution of the Himalayan-Tibet orogenic belt. Nature, 307：17～22.

Beck R A, Burbank D W, Sercombe W J, Riley G W, Barndt J K, Berry J R, Afzal J, Khan A M, Jurgen H, Metje J, Cheema A, Shafique N A,Lawrence R D, Khan M A. 1995. Stratigraphic evidence for an early collision between northwest India and Asia. Nature, 373：55～58.

Coleman M, Hodges K. 1995. Evidence for Tibetan Plateau uplift before 14 Ma ago from a new minimum age for east-west extension. Nature, 374：49～52.

Coulon C, Maluski H, Bollinger C, Wang S. 1986. Mesozoic and Cenozoic volcanic rocks from central and southern Tibet: $^{39}Ar/^{40}Ar$ dating, petrological characteristics and geodynamical significance. Earth Planet. Sci. Lett., 79：281～302.

Defant M J, Drummond M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature, 347：662～665.

Durr S B. 1996. Provenance of Xigaze fore-arc basin clastic rocks (Cretaceous, south Tibet). Geol. Soc. Am. Bull., 108：669～684.

England P, Houseman G. 1989. Extension during contiental convergence with application to the Tibetan plateau. J. Geophys. Res. 94：17561～17579.

Harrison T M, Copeland P, Kidd W S F, Yin A. 1992. Raising Tibet. Science, 255：1663～1670.

Harrison T M, Grove M, Mckeegan K D, Coath C K, Lovera O M, Le Fort P. 1999. Origin and episodic emplacement of the Manaslu instrusive complex, Central Himalaya. J. Petrol., 40：3～9.

Harrison T M, Mckeegan K D, Le Fort P. 1995. Detection of inherited monazite in the Manaslu leucogranite by $^{208}Pb/^{232}Th$ ion microprobe dating: crystallization age and tectonic significance. Earth Planet. Sci. Lett. 133：271～282.

Kay R W. 1978. Aleutian magnesian andesites: melts from subducted Pacific Ocean crust. J. Volcanol. Geotherm. Res. 4：117～132.

Shares E, Xu R H, Allegre C J. 1984. U-Pb geochronology of Gangdese (Transhimalaya) plutonism in the Lhasa-Xigaze region, Tibet. Earth Planet. Sci. Lett., 69：311～320.

Stern C R, Kilian R. 1996. Role of the subducted slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Andean Austral volcanic zone. Contrib Mineral Petrol. 123：263～281.

Yin A, Harrison T M, Ryerson F J, Ch W, Kidd W S F, Copeland P. 1994. Tertiary structural evolution of the Gangdese thrust system, southeastern Tibet. J. Geophys. Res., 99：18175～18201.