

西藏冈底斯碰撞造山带两套埃达克岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地球化学特征*

Zircon SHRIMP ages and geochemical characteristics of two generations of adakite from Gangdese collisional orogenic belt, Tibet

曲晓明¹, 侯增谦², 辛洪波¹

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

QU XiaoMing¹, HOU ZengQian² and XIN HongBo¹

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China)

摘要 锆石 SHRIMP U-Pb 定年和岩石地球化学研究发现冈底斯造山带发育两套埃达克岩。早期的年龄为(46.8±1.0) Ma, 地球化学上以低 K₂O、高 Na₂O、富 Ba、Sr、Pb 和 Sr/Y 比值高为特征, 缺少铜矿化; 晚期的年龄为(15.3±0.3) Ma, 地球化学以富 K₂O、低 Na₂O、Ba 相对亏损和 Sr/Y 比值低为特征, 是冈底斯斑岩铜矿的成矿母岩。成因上早期埃达克岩与由俯冲洋壳熔融形成的埃达克岩相似, 晚期埃达克岩生成于下地壳底侵镁铁质岩石的部分熔融。

关键词 埃达克岩; 锆石 SHRIMP 年龄; 地球化学; 冈底斯造山带

埃达克岩自 1978 年由 Kay 发现并提出以来, 已经引起了地球科学家的广泛关注, 原因是这类岩石无论是形成于深俯冲的洋壳, 还是形成于增厚下地壳, 均反映了一种榴辉岩相条件下的高压构造体制, 具有重要的地球动力学意义。青藏高原作为人们研究大陆动力学的窗口, 其隆升机制和深部构造过程一直是人们研究的热点。冈底斯造山带作为印度与亚洲大陆的主碰撞带, 承载着高原形成演化中重要地质过程的完整记录, 是人们探索高原形成奥秘的理想地区。

2000 年地调局一系列大调查项目的实施揭开了西藏地质找矿的序幕。围绕着西藏的优势矿种, 首先在冈底斯成矿带取得了斑岩铜矿找矿的突破(曲晓明等, 2001), 证实了沿着冈底斯岩浆弧存在一条成矿潜力巨大的新第三纪斑岩铜矿带。研究还发现该铜矿带与传统的岛弧型斑岩铜矿不同, 该带的铜矿床形成于碰撞后地壳伸展环境(Hou et al., 2004), 含矿斑岩具有埃达克岩的亲合性(曲晓明等, 2001; Hou et al., 2004; Qu et al., 2004)。这些全新的认识有力地指导了其后几年冈底斯地区斑岩铜矿的找矿评价工作。随着工作的不断深入, 近年来笔者在现有斑岩铜矿外围又发现了一套不含矿的埃达克岩。这些埃达克岩与含矿埃达克岩在地球化学上存在明显差异, 这不仅为区分含矿和非含矿岩体提供了依据, 而且对探索造山带形成的深部过程也具有重要意义。本文对这两套埃达克岩的岩石化学特征做了简要的对比分析, 结合锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果, 探讨了两套埃达克岩的地球动力学意义。

1 埃达克岩的产出环境与岩相学

形成冈底斯斑岩铜矿的埃达克岩呈岩株状分布于冈底斯岩浆弧中(图 1), 岩体出露范围较小, 一般为几百米, 有的为几十米甚至十几米。围岩以燕山期花岗岩为主, 在东部墨竹工卡一带斑岩体侵位于上侏罗统多底沟组和下白垩统林布宗组钙泥质砂板岩夹灰岩地层中。岩性上含矿斑岩以花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩为主, 少数为石英二长斑岩。岩石具斑状结构, 块状构造。斑晶体积上约占岩石的 15%~40%, 由斜

*本文得到国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412605)的资助

第一作者简介 曲晓明, 男, 1960 年生, 研究员, 主要从事造山带成矿学和岩石地球化学研究。

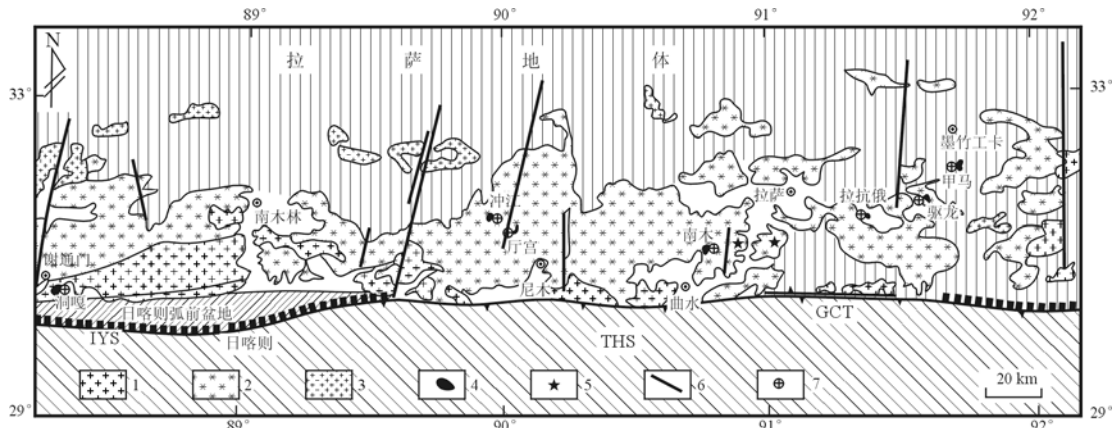


图1 冈底斯碰撞造山带岩浆岩与斑岩铜矿床分布图(据中国地质调查局1:50万数字化地质图修改)

GCT—大反向逆冲断裂; THS—被动大陆边缘沉积; IYS—印度河—雅鲁藏布江缝合带; 1—中-晚燕山期花岗岩; 2—早喜马拉雅期花岗岩; 3—中新世小体积花岗岩; 4—含矿埃达克岩; 5—不含矿埃达克岩; 6—断层; 7—铜矿床

长石、钾长石、石英、黑云母组成。基质矿物组成与斑晶基本相同,主要呈显微半自形粒状结构,有时可见镶嵌结构。基质中副矿物含量较高,有磷灰石、榍石、锆石及金属硫化物黄铁矿、黄铜矿等。不含矿的埃达克岩见于南木斑岩铜矿矿区东面,两个样品点位置相距约3 km(图1)。岩体呈岩墙和小岩株产于燕山期花岗岩中。岩墙宽8~10 m,呈NNW走向,倾向北东,倾角陡(近70°)。岩石具斑状结构,斑晶以斜长石为主,其次为角闪石、黑云母和石英,体积上约占岩石的20%~30%。基质主要由细条状斜长石微晶组成,有时定向排列近似交织结构。角闪石呈自形的菱形或柱状晶体均匀分布于斜长石微晶中;黑云母呈小片状,具绿泥石化;石英呈他形粒状,零星分布于基质中。岩石中副矿物有磷灰石、锆石、榍石、褐帘石及磁铁矿。岩性上不含矿埃达克岩更偏基性,属闪长玢岩或石英闪长玢岩。

2 地球化学

冈底斯碰撞造山带含矿斑岩以富钾为特点, K_2O 含量在2.60%~7.43%之间,属钾玄岩-高钾钙碱性岩系; Na_2O 较低,含量在2.83%~5.11%之间(图2a)。地球化学上高度富集大离子不相容元素(LILE)Rb、K、Sr、U、Th和Pb,亏损高场强元素(HFSE)Nb、Ta、Ti和重稀土元素(HREE)Yb。同时,流体活动性元素Ba也相对亏损。这些都显示出俯冲带岩浆作用的典型特征。Ba相对Th亏损说明含矿岩浆的生成与来自俯冲板片的流体关系不大,因为Ba一般被认为是这种流体中最活跃的元素(Bedard, 1999; Seghedi et al., 2001)。重稀土元素Yb的强烈亏损被认为与石榴子石在岩浆源区残留有关(Sun et al., 2001)。

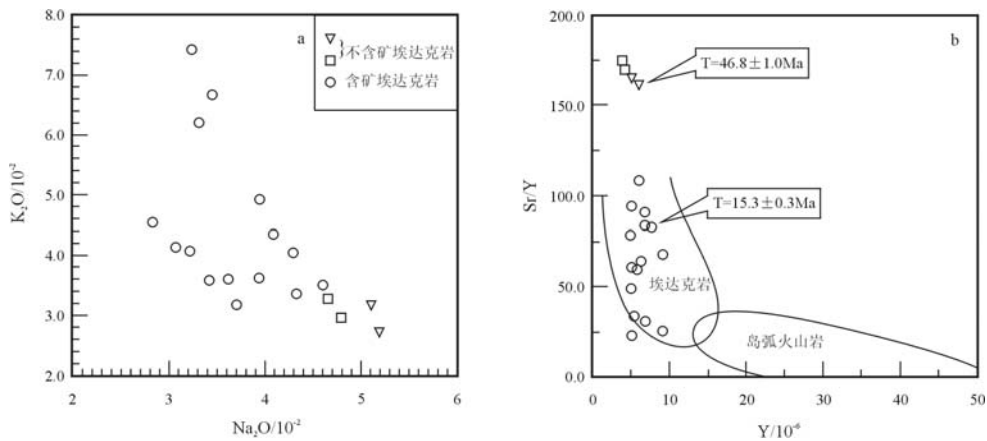


图2 冈底斯碰撞造山带两套埃达克岩地球化学图

与含矿埃达克岩相比, 不含矿埃达克岩的一个显著特点是 K_2O 低, Na_2O 高 (图 2a)。 K_2O 含量在 2.72%~3.28% 之间, Na_2O 为 4.66%~5.19%, 属中-低钾钙碱性岩系。微量元素上不含矿埃达克岩 Nb、Ta 和重稀土亏损更强烈; Zr、Hf 和 Sr 含量增高, 由此造成 Sr/Y 比值显著增大 (图 2b)。Ba 与 U、Th 共同富集。这些特征说明不含矿埃达克岩浆的生成板片流体较大。

3 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

冈底斯造山带两套埃达克岩的锆石 SHRIMP U-Pb 同位素分析是在中国地质科学院离子探针实验室完成的。SHRIMP 测试程序见 Compston 等 (1992), 测试条件和数据处理见曲晓明等 (2006), U-Pb 一致曲线见图 3。

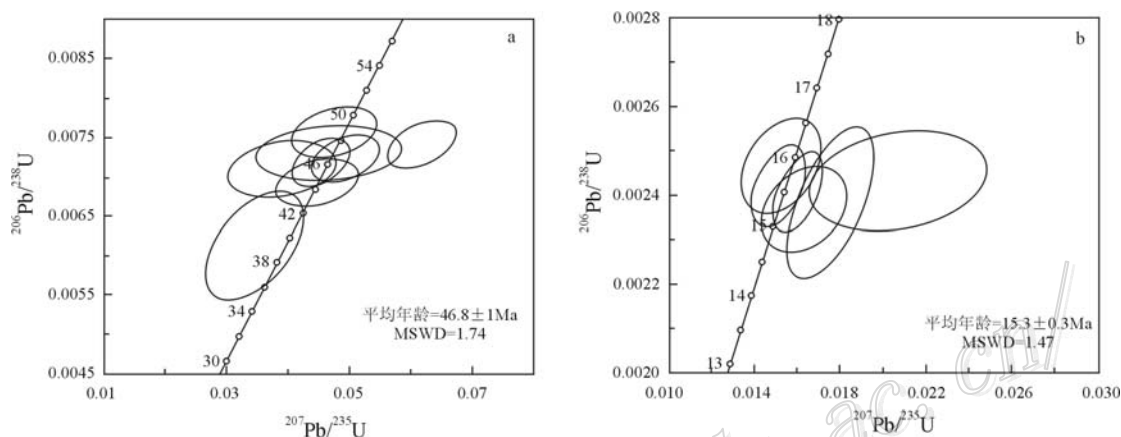


图 3 冈底斯碰撞造山带两套埃达克岩的锆石一致曲线图

不含矿埃达克岩中的锆石呈柱状或柱粒状, 粒径较小, 一般在 30~150 μm 之间, 振荡环带发育, 8 个 U-Pb 分析结果得出的加权平均年龄 $t = (46.8 \pm 1.0) \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 1.74$ (图 3a)。含矿埃达克岩的锆石样品取自甲马矿区。锆石多数呈柱状, 少量呈他形圆粒状, 大小一般在 50~200 μm 之间, 最大接近 400 μm , 6 个 U-Pb 分析结果得出的加权平均年龄 $t = (15.3 \pm 0.3) \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 1.47$ (图 3b), 与南木和冲江矿区得出的结果一致 ($t = (14.47 \pm 0.5) \text{ Ma}$)。冈底斯造山带位于雅鲁藏布江缝合带北测, 是印度与亚洲大陆的主碰撞带。前人的研究已经证实印度与亚洲大陆的碰撞时间发生在 55~50 Ma 之间 (Beck et al., 1995; Le Fort, 1996), 到 51 Ma 前后雅鲁藏布江洋盆已完全闭合 (Leech et al., 2005)。从本研究所得结果看, 冈底斯造山带中的两套埃达克岩都是形成于碰撞后阶段, 其不含矿埃达克岩是在碰撞后不久侵位的。相比之下, 含矿埃达克岩的形成时间要晚得多。研究业已表明冈底斯铜矿带的含矿斑岩形成于碰撞后地壳隆升阶段 (15 Ma 前后), 含矿岩浆是 21 Ma 前后由于软流圈物质上涌造成底侵的镁铁质岩部分熔融形成的 (曲晓明等, 2006)。

4 埃达克岩的类型与含矿性

埃达克岩以 Sr/Y 比值高和重稀土强烈亏损为主要特征, 岩浆生成于榴辉岩相条件下的高压构造环境, 其岩浆源区不外乎增厚下地壳和深俯冲洋壳两种情况, 据此张旗等 (2001) 分别称之为 C 型和 O 型埃达克岩。冈底斯造山带早期形成的埃达克岩 ($t = 46.8 \text{ Ma}$) 以富 Na_2O , 富微量元素 Ba、U、Th、Sr、Pb, Sr/Y 比值高为特征, 显示出板片流体和海水交代对源区岩石的重要影响, 与由深俯冲洋壳部分熔融形成的埃达克岩较为相似 (Defant et al., 1990), 说明它们可能是在印度与亚洲大陆碰撞期间由俯冲到深部的 (>60 km) 雅鲁藏布江洋壳部分熔融形成的, 这期埃达克岩缺少铜多金属矿化。晚期形成的埃达克岩 ($t = 15.3 \text{ Ma}$) 伴随着广泛的铜 (钼、金等) 多金属矿化, 是冈底斯铜矿带重要的成矿母岩。全岩 Nd、Sr、Pb 同位素和残

留锆石年龄资料表明这些埃达克岩是由底侵于下地壳的地幔镁铁质岩石熔融形成的 (Qu et al., 2004; 曲晓明等, 2006)。地球化学上这些含矿埃达克岩富 K_2O , 低 Na_2O , Ba 相对 Th、U 亏损, 也显示出它们的源区与板片流体和海水交代关系不大。Wang 等 (2006) 对德兴铜矿含矿斑岩研究后也指出, 该矿区含矿埃达克岩生成于陆内增厚下地壳的部分熔融。这两个例子暗示着, 在由增厚下地壳和深俯冲洋壳形成的两类 (C 型和 O 型) 埃达克岩中, 有利于形成斑岩铜矿的似乎是前者。

5 结 论

(1) 冈底斯造山带发育两套埃达克岩, 早期的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(46.8 \pm 1.0) Ma$, $MSWD=1.74$; 晚期的年龄为 $(15.3 \pm 0.3) Ma$, $MSWD=1.47$, 两期埃达克岩都是形成于碰撞后阶段。

(2) 两套埃达克岩之间存在显著的地球化学差异, 早期的以低 K_2O , 高 Na_2O , 富 Ba、Sr、Pb, Sr/Y 比值高为特征, 与俯冲洋壳形成的埃达克岩具有相似性, 缺少铜多金属矿化。晚期的富 K_2O , 低 Na_2O , Ba 相对亏损, Sr/Y 比值低, 岩浆生成于底侵的下地壳镁铁质岩石的部分熔融, 是冈底斯斑岩铜矿的成矿母岩。

参 考 文 献

- 侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 高永峰, 杜安道, 黄卫. 2003. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿 Re-Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用. 中国科学(D辑), 33(7): 609~618.
- 曲晓明, 侯增谦, 王淑贤, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿带: 西藏的第二条“玉龙”铜矿带? 矿床地质, 29(4): 355~366.
- 曲晓明, 侯增谦, 李佑国. 2002. 冈底斯碰撞造山带中发现含矿埃达克岩. 矿床地质, 21(增刊): 215~218.
- 曲晓明, 侯增谦, 莫宣学, 董国, 徐文艺, 辛洪波. 2006. 冈底斯斑岩铜矿与南部青藏高原隆升之关系——来自含矿斑岩中多阶段锆石的证据. 矿床地质, 25(4): 388~400.
- 张旗, 王焰, 王亢龙. 2001. 燕山期中国东部高原下地壳组成初探: 埃达克质岩 Sr、Nd 同位素制约. 岩石学报, 17(04): 505~513.
- Beck R A, Burbank D W, Sercombe W J, et al. 1995. Stratigraphic evidence for an early collision between northwest India and Asia. Nature, 373: 55~58.
- Bedard J H. 1999. Petrogenesis of boninites from the Betts Cove ophiolite, Newfoundland, Canada: Identification of subducted source components. J. Petrol., 40: 1853~1889.
- Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. 1992. Zircon U-Pb ages of early Cambrian time scale. J. Geol. Soc., 149: 171~184.
- Defant M J and Drummond M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature, 347: 662~665.
- Hou Z Q, Gao Y F, Qu X M, Rui Z Y, Mo X X and Zhao Z D. 2004. Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west extension in South Tibet. Earth & Planet. Sci. Lett., 220: 139~155.
- Kay R W. 1978. Aleutian magnesian andesites: Melts from subducted Pacific Ocean crust. J. Volcanol. Geotherm. Res., 4: 117~132.
- Le Fort P. 1996. Metamorphism and magmatism during the Himalayan collision. In: Coward M P R, ed. Collision Tectonics. Geol. Soc. Spec. Pub., 19: 159~172.
- Leech M L, Singh S, Jain A K, Klemperer S L and Manickavasagam R M. 2005. The onset of India-Asia continental collision: Early, steep subduction required by the timing of UHP metamorphism in the western Himalaya. Earth & Planet. Sci. Lett., 234: 83~97.
- Qu X M, Hou Z Q and Li Y G. 2004. Melt components derived from a subducted slab in late orogenic ore-bearing porphyries in the Gangdese copper belt, southern Tibetan plateau. Lithos, 74: 131~148.
- Seghedi I, Downes H, Pecskey Z, Thirlwall M F, Szakas A, Prychodko M and Matthey D. 2001. Magmagenesis in a subduction-related post-collisional volcanic arc segment: the Ukrainian Carpathians. Lithos, 57: 237~262.
- Sun C H and Stern R J. 2001. Genesis of Mariana shoshonites: Contribution of the subduction component. J. Geophys. Res. 106(B1): 589~608.
- Wang Q, Xu J F, Ping P, Bao Z W, Zhao Z H, Li C F, Xiong X L and Ma J L. 2006. Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, south China: Implications for the genesis of porphyry copper mineralization. J. Petrol., 47(1): 110~144.