

· 矿床地球化学 ·

与富碱侵入岩有关的金、铜矿床的 成矿流体: 氦、氩同位素研究

胡瑞忠, 毕献武, 彭建堂, 苏文超, 吴开兴

中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

关键词: 富碱侵入岩; 金、铜矿床; 成矿流体; 氦、氩同位素

近年来, 对富碱火成岩(如钾玄岩和碱性斑岩)的研究引起了国内外学者的广泛关注。这不仅是因为研究富碱火成岩可以重建研究区的构造背景, 也因为近年来发现很多金属矿床与这类岩石有关^[1~3]。其中, 一些世界上规模最大、以火山岩和侵入岩容矿的铜、金矿床都与富碱火成岩关系密切^[2]。据统计, 环太平洋区约 20% 的大型金矿床都产在这套岩石中或其附近, 而这套岩石的体积最多不超过该区域火成岩总体积的 3%^[3]。正是由于有关矿床的巨大的经济意义, 驱使人们近年来对富碱火成岩浆活动与成矿的关系进行了许多研究, 并取得了重要进展^[1~9]。但是, 也有一些重要问题尚未得到很好解决: 如产金与产铜富碱火成岩的异同以及含金与含铜成矿流体的成因和差异等。

自上世纪 80 年代末期以来, 稀有气体同位素在成矿古流体的示踪研究中取得了重要进展^[8~16]。研究表明, 地壳和地幔的氦、氩同位素组成具有明显的区别。尤其是氦, 由于³He/⁴He 值在地壳 (< 0.05Ra, Ra 代表大气的³He/⁴He 值, 约为 1.39×10^{-6}) 与上地幔(6~9 Ra) 存在高达近 1000 倍的差异, 即使地壳流体中有少量地幔氦的加入, 用氦同位素也易于鉴别出来^[14]。前人的研究表明, 富碱火成岩主要形成于四种构造环境: 大陆弧、后碰撞弧、洋弧和板内, 是幔源岩浆活动的产物^[1]。因此, 如果产在富碱火成岩内或其附件的铜、金矿床与幔源富碱岩浆具有成因联系, 其成矿流体应该反映出类似于地幔的氦、氩同位素组成特征。

位于青藏高原东侧的红河—金沙江走滑断裂带, 是约 60~70 Ma 前印度板块和欧亚板块碰撞的产物。大量后碰撞的幔源富碱火成岩于 30~40 Ma 时沿该断裂带侵入, 形成了长大于 1000 km、宽约 50~80 km 的富碱侵入岩带。近年来, 在该侵入岩带中发现了若干大型—超大型金、铜矿床与富碱侵入岩具有密切的时空关系, 主要包括马厂箐和玉龙铜矿以及姚安和北衙金矿。这些富碱侵入岩均为硅铝质岩石, SiO₂ 含量约为 60%~68%, K₂O+Na₂O 约为 8%~12%, K₂O/Na₂O > 1。矿床产于富碱侵入岩的内外接触带上, 为热液成因, 成矿温度主要为 150~450℃。

近年来, 我们对这四个矿床的氦、氩同位素地球化学进行了系统研究。矿石中黄铁矿流体包裹体的⁴He 浓度为 $(0.7 \sim 54.1) \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP} \cdot \text{g}^{-1}$, ⁴⁰Ar 浓度为 $(0.6 \sim 7.3) \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP} \cdot \text{g}^{-1}$, ³He/⁴He 值为 0.3~2.5 Ra, ⁴⁰Ar/³⁶Ar 值为 316~1736, ³He/³⁶Ar 值为 $(0.2 \sim 11.2) \times 10^{-3}$ 。一般而言, 金矿床的³He/⁴He、⁴⁰Ar/³⁶Ar、³He/³⁶Ar 值高于铜矿床的相应值。矿床的上述氦、氩同位素组成特征表明: (1) 与富碱侵入岩有关的金矿床和铜矿床的成矿流体, 均由富碱岩浆的分异作用而形成, 但在其演化过程中混入了曾与地壳岩石发生强烈相互作用的大气降水; (2) 相对于铜矿床而言, 金矿成矿流体中大气降水混入的量相对较少。

参考文献:

- [1] Müller D, Groves D I. Potassic igneous rocks and associated

收稿日期: 2006-04-20 收到

第一作者简介: 胡瑞忠(1958—), 男, 研究员, 博士, 矿床地球化学专业。

- glod-copper mineralization[M]. Berlin: Springer, 2000.
- [2] Müller D. Gold-copper mineralization in alkaline rocks[J]. *Mineralium Deposita*, 2002, 37: 1-3.
- [3] Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region[J]. *Aust. J. Earth Sci.*, 1997, 44: 373-388.
- [4] Sillitoe R H. Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration[J]. *Mineralium Deposita*, 2002, 37: 4-13.
- [5] 毕献武, 胡瑞忠, 叶造军. A型花岗岩与铜成矿关系研究——以马厂箐铜矿为例[J]. *中国科学(D辑)*, 1999, 29(6): 489-495.
- [6] Bi Xianwu, Cornell D H, Hu Ruizhong. REE composition of primary and altered feldspar from the mineralized alteration zone of alkali-rich intrusive rocks, western Yunnan Province, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 2002, 19: 69-78.
- [7] Bi Xianwu, Hu Ruizhong, Cornell D H. The alkaline porphyry associated Yao'an gold deposit, Yunnan, China: Rare earth element and stable isotope evidence for magmatic-hydrothermal ore formation[J]. *Mineralium Deposita*, 2004, 39: 21-30.
- [8] Hu Ruizhong, Burnard P G, Turner G, Bi Xianwu. Helium and argon isotope systematics in fluid inclusions of machanqing copper deposit in western Yunnan Province, China[J]. *Chemical Geology*, 1998, 146: 55-63.
- [9] Hu Ruizhong, Burnard P G, Bi Xianwu, Zhou Meifu, Peng Jiantang, Su Wenchao, Wu Kaixing. Helium and argon isotope geochemistry of alkaline intrusion - Associated gold and copper deposits along the Red River - Jinshajiang fault belt, SW China[J]. *Chemical Geology*, 2004, 203: 305-317.
- [10] Simmons S F, Sawkins F J, Schlutter D J. Mantle-derived helium in two Peruvian hydrothermal ore deposits[J]. *Nature*, 1987, 329: 429-432.
- [11] Turner G, Stuart F. M. Helium/heat ratios and deposition temperatures of sulphides from the ocean floor[J]. *Nature*, 1992, 357: 581-583.
- [12] Turner G, Burnard P B, Ford J L, Gilmour J D, Lyon I C, Stuart F M. Tracing fluid sources and interaction[J]. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 1993, 344: 127-140.
- [13] Stuart F M, Turner G, Duckworth R C, Fallick A E. Helium isotopes as tracers of trapped hydrothermal fluids in ocean-floor sulfides[J]. *Geology*, 1994, 22: 823-826.
- [14] Stuart F M, Burnard P G, Taylor R P, Turner G. Resolving mantle and crustal contributions to ancient hydrothermal fluids: He-Ar isotopes in fluid inclusions from Dae Hwa W-Mo mineralisation, South Korea[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1995, 59: 4663-4673.
- [15] Burnard P G, Hu Ruizhong, Turner G, Bi Xianwu. Mantle, crustal and atmospheric noble gases in Ailaoshan gold deposits, Yunnan Province, China[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1999, 63: 1595-1604.
- [16] Kendrick M A, Burgess R, Patrick R A D, Turner G. Fluid inclusion noble gas and halogen evidence on the origin of Cu-porphyry mineralizing fluids[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2001, 65: 2651-2668.