

# 湖南柿竹园钨锡多金属矿田野鸡尾矿床 He A同位素特征及成矿流体来源示踪

武丽艳<sup>1</sup>, 胡瑞忠<sup>1\*</sup>, 彭建堂<sup>1</sup>, 毕献武<sup>1</sup>, 陈宏伟<sup>1</sup>, 王巧云<sup>2</sup>, 刘桢颖<sup>3</sup>

(1. 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, 贵州 贵阳 550002)

2. 冈山大学 地球物质科学研究所, 三朝町鸟取县 82-0193 日本; 3. 中国石油大学(北京), 北京 昌平 102247)

## 1 地质概况

湖南柿竹园钨锡多金属矿田野鸡尾矿床位于千里山花岗岩体东南接触带的外侧, 中粗粒等粒黑云母花岗岩的石英斑岩岩枝中(图 1), 该岩枝自西北向南东沿矿田 II 级褶皱——柿竹园—野鸡尾背斜核部上侵于中泥盆统棋梓桥组中。该矿床产于石英斑岩岩枝及其接触带中, 几乎整个岩枝及其接触带就是一个完整的矿体。斜贯矿区的北东向花岗斑岩墙, 将矿体切割成北西、南东两部分。矿体以岩枝为中心, 在水平上呈不对称环带状分布。自岩枝中心往外依次为蚀变岩枝型 W、Sn 矿石, 接触交代型 Cu、W、Sn 矿石, 大理岩型 Sn、Be、Pb、Zn 矿石<sup>[1]</sup>。

矿石矿物主要有锡石、黑钨矿、白钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、辉铋矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿等。矿石结构主要为结晶结构、交代结构、出溶结构等; 矿石构造主要以块状构造、浸染状构造、网脉状构造和条带状构造等。矿床热液蚀变十分发育, 主要蚀变类型有黄铁矿化、云英岩化、石英化、黄玉化、绢云母化、绿泥石化、萤石化、夕卡岩化、电气石化和大理岩化等<sup>[1]</sup>。

## 2 样品采集和分析方法

本次研究所用样品均采自野鸡尾矿床井下坑道中。矿物中流体包裹体的氦、氩同位素分析在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完成, 采用真空压碎法提取流体包裹体

中的 He、Ar, 然后用分辨率 > 800, 能将 <sup>3</sup>He 和 HD<sup>+</sup> 完全分开的全金属稀有气体质谱计 (VG5400) 测定其同位素组成。具体步骤如下: ① 将挑选好的单矿物 (粒径 0.5 ~ 1.5 mm) 在丙酮溶液中超声波洗净后烘干; ② 称取 500 ~ 1000 mg 矿物装入螺旋式压碎装置; ③ 烘烤螺旋式加热装置及装入的样品, 烘烤温度在 120 ~ 150℃ 之间, 除掉矿物和装置吸附的大气成分, 把系统抽成高真空状态; ④ 在高真空条件下 (10<sup>6</sup> ~ 10<sup>7</sup> Pa) 压碎样品, 使流体包裹体中的气体释放, 进入气体净化系统; ⑤ 气体被纯化后, 使用液氮将重稀有气体冷冻在活性炭冷阱中, 与氦分离; ⑥ 将纯化分离后的稀有气体送入主机中进行同位素分析。氦和氩同位素比值的分析误差 < 10%。

## 3 结果与讨论

野鸡尾矿床硫化物中流体包裹体的 He A 同位素组成见图 1 和图 2。其 <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He 值为 0.16 ~ 1.02, Ra/<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar 为 296.0 ~ 463.3<sup>38</sup>

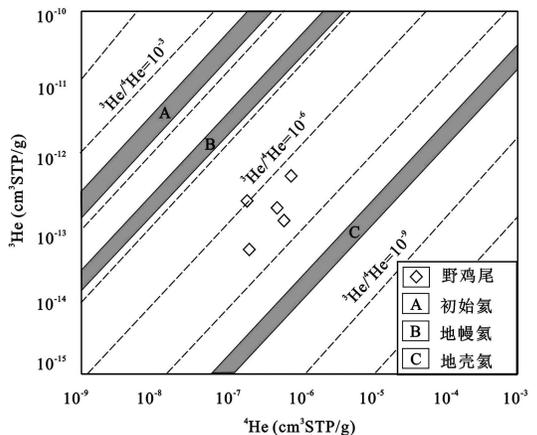


图 1 野鸡尾矿床硫化物流体包裹体 He A 同位素组成演化图

基金项目: 国家基金重点项目 (40634020); 国家 973 项目 (2007 CB411408)

作者简介: 武丽艳, 女, 1981年 2月生, 助理研究员, 矿床地球化学专业. Email: wuliyany04@mails.gyig.ac.cn

\* 通讯作者, Email: hurrzhong@vip.gyig.ac.cn

$^{36}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  为 0.18~0.20 除一个比大气值低, 其它均等于或大于大气值。

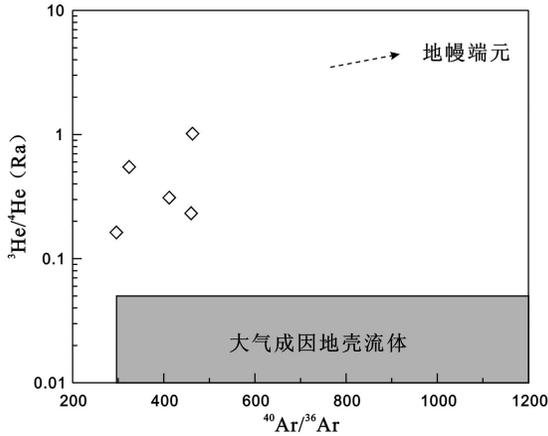


图 2 野鸡尾矿床硫化物流体包裹体  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$   $^3\text{He}/^4\text{He}$  图解

本研究所用矿物均为硫化物, 因此扩散丢失所产生的同位素分馏可忽略不计<sup>[26]</sup>。供分析用的硫化物样品均采自地下坑道因此可以排除宇宙成因 $^3\text{H}$ 对其造成的后生叠加影响<sup>[7,9]</sup>。放射成因 $^4\text{He}$ 对本次样品 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 测定值的影响也在测试误差范围之内。黄铁矿中 K 的含量极低, 不足以影响样品 $^{40}\text{Ar}$ 的测定值。因此, 后生放射成因氦、氩对分析结果的影响可忽略不计。测试用的

黄铁矿均具完好晶形, 未见后期改造的痕迹; 且通过镜下观察与硫化物共生的石英、萤石和方解石包裹体片发现, 矿物中主要是原生包裹体。因此, 所测样品的同位素比值基本反映了成矿流体的  $^3\text{He}/^4\text{He}$  同位素组成。

由图 2 可以看出, 矿床成矿流体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$  值在  $10^6 \sim 10^7$  之间, 高于地壳值, 但低于地幔值 ( $0.8 \times 10^5 \sim 1 \times 10^5$ ), 说明成矿流体具有壳幔两端元混合的特征。与野鸡尾矿床处于同一矿田的柿竹园矿床的稀有气体同位素组成 ( $^3\text{He}/^4\text{He}$  为 0.06~1.66 Ra,  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  为 290~1072) 也表明成矿流体具有壳幔混合作用的特征<sup>[10]</sup>。同时, 与该矿床处于同一成矿带的芙蓉锡矿床的研究也证实, 湘南地区确实存在地幔物质参与成矿作用<sup>[11]</sup>。这可能与中生代华南地幔物质上涌、岩石圈发生拉张、伸展作用密切相关, 而这种环境有利于地幔物质参与成矿作用。

## 4 结 论

湖南柿竹园钨锡多金属矿田野鸡尾矿床成矿流体的  $^3\text{He}/^4\text{He}$  同位素组成表明, 成矿流体主要为壳源流体和地幔流体混合形成。这可能与中生代华南岩石圈拉张、伸展作用有关。

## 参 考 文 献:

- [1] 李忠文, 崔彬, 匡跃求. 湖南千里山花岗岩的岩石学和地球化学研究. 岩石矿物学杂志, 1987 (1): 11-17.
- [2] Baptiste P J, Fouquet Y. Abundance and isotopic composition of helium in hydrothermal sulfides from the East Pacific Rise at 13 °N. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1996, 60(1): 87-93.
- [3] Ballentine C J, Burnard P G. Production, Release and transport of noble gases in the continental crust. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 2002, 47: 481-538.
- [4] Hu R Z, Burnard P G, Bi X W, Zhou M F, Peng J T, Su W C, Wu K X. Helium and argon isotope geochemistry of alkaline intrusion associated gold and copper deposits along the Red River Jinshajiang Fault Belt, SW China. *Chemical Geology* 2004, 203(3-4): 305-317.
- [5] 胡瑞忠, 毕献武, Turner G, Burnard P. 袁牢山金矿带金成矿流体  $^3\text{He}$  和  $^4\text{Ar}$  同位素地球化学. 中国科学: D 辑, 1999, 29(4): 321-330.
- [6] 胡瑞忠, 毕献武, 邵树勋, Turner G, Burnard P G. 云南马厂箐铜矿床氦同位素组成研究. 科学通报, 1997, 42(14): 1542-1545.
- [7] Kuz'm D. Cosmogenic helium in a terrestrial igneous rock. *Nature* 1986, 320(6061): 435-439.
- [8] Simons S F, Sawkins F J, Schlieter D J. Mantle-derived helium in two Pennsylvanian hydrothermal ore deposits. *Nature* 1987, 329(6138): 429-432.
- [9] Stuart F M, Burnard P G, Taylor R P, Turner G. Resolving mantle and crustal contributions to ancient hydrothermal fluids:  $^3\text{He}/^4\text{Ar}$  isotopes in fluid inclusions from Daehwa W-Mo mineralisation, South Korea. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1995, 59(22): 4663-4673.
- [10] Wu L Y, Hu R Z, Peng J T, Bi X W. Helium and argon isotope compositions of fluid inclusions in pyrite from Shizhuoyuan W-Sn-Mo-Bi deposit, Hunan Province. *Journal of China University of Geosciences* 2007, 18 (SP, 18): 297-299.
- [11] 李兆丽, 胡瑞忠, 彭建堂, 毕献武, 李晓敏. 湖南芙蓉锡矿田流体包裹体的  $^3\text{He}$  同位素组成及成矿流体来源示踪. 地球科学(中国地质大学学报), 2006, 31(1): 129-135.