

湖南芙蓉锡矿田流体包裹体的 He 同位素组成及成矿流体来源示踪

李兆丽^{1,2}, 胡瑞忠¹, 彭建堂¹, 毕献武¹, 李晓敏¹

1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学重点实验室, 贵州贵阳 550002

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039

摘要: 芙蓉锡矿田位于湖南省骑田岭花岗岩体的南部, 是一个新近发现的超大型锡矿田。与以往所研究的与 S 型花岗岩有关的锡矿床明显不同, 这个矿田在时空上都与骑田岭 A 型花岗岩密切相关。该矿田矿石硫化物流体包裹体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 测定值为 0.14~2.95 Ra, 低于地幔的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值(6~7 Ra), 且高于地壳的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值(0.01~0.05 Ra)。这表明芙蓉锡矿田成矿流体中的 He 具壳幔两端元混合的特点。该区一致的硫、锶及其他证据也都表明, 深部地幔物质确实参与了该区锡的成矿。骑田岭岩体属造山期后张性环境下形成的 A 型花岗岩类。芙蓉锡矿田就产在骑田岭岩体的内外接触带或岩体中, 其主成矿期与骑田岭岩体的形成时间相当吻合, 且两者均具壳幔两端元混合成因的特征, 所以其形成地球动力学背景可能均与中生代华南岩石圈的拉张、伸展作用密切相关。

关键词: 芙蓉锡矿田; 成矿流体; He 同位素。

中图分类号: P618.44; P594

文章编号: 1000-2383(2006)01-0129-07

收稿日期: 2005-07-22

Helium Isotope Composition of Fluid Inclusions and the Origin of Ore-Forming Fluids of Furong Tin Orefield in Hunan Province, China

LI Zhao-li^{1,2}, HU Rui-zhong¹, PENG Jian-tang¹, BI Xian-wu¹, LI Xiao-min¹

1. Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract: The Furong tin orefield, located in southern Hunan, China, is a newly-discovered super-large tin orefield. In contrast to most other tin deposits associated with S-type granites, the Furong tin deposit is spatially and temporally associated with the Qitianling A-type granite. The $^3\text{He}/^4\text{He}$ ratios of fluid inclusions in sulfides from this orefield range from 0.14 to 2.95 Ra, which are lower than that of the mantle, and higher than that of the crust, indicating that the helium in ore-forming fluids from this orefield is a mixture of two end-member components, mantle-source He and crust-source He. This conclusion is in accordance with the S isotope, Sr isotope and other results, suggesting that there must be some mantle-source substance in mineralization of this orefield. The Qitianling granite belongs to A-type granite which formed in a post-orogenic extensional settings. The Furong tin orefield is located at the contact zone (outer or inner) or within of Qitianling granite, and its main tin-mineralization time is consistent with the intrusion time of Qitianling granite. The relationship reflects that their forming settings of geodynamics might both be related to the Mesozoic lithospheric extension in South China.

Key words: Furong tin orefield; ore-forming fluid; He isotope.

因地球不同圈层的 He 同位素组成具有不同的比, He 同位素示踪方法具有更高的灵敏度。如地幔特征同位素比值且相差很大, 所以与其他同位素相比 He 的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值约为 6~7 Ra (Dunai and Touret,

基金项目: 中科院重要方向项目 (Nos. KZCX3-SW-125; KZCX2-101); “西部之光”项目。

作者简介: 李兆丽 (1976-), 女, 博士生, 从事稀有气体同位素地球化学、矿床地球化学研究。E-mail: lizhaoli3@tom.com

1995),地壳 He 的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值约为 0.01~0.05 Ra (Stuart *et al.*, 1995),相差大约 1 000 倍(Torgersen and Jenkins, 1982),因此,只要成矿流体中有少量地幔流体的加入,就会使成矿流体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值发生很大的变化.目前 He 同位素在示踪地壳现代流体(徐永昌,1997; Inguaggiato and Rizzo, 2004)、陨石(王道德,1998; Park *et al.*, 2003)等方面已得到了广泛的应用.但在示踪成矿古流体(后称成矿流体)方面,20 世纪 80 年代末至 90 年代初以来,才逐渐被关注,并且在国内外逐步得到了应用;目前已被研究过的矿种主要包括铜矿(Hu *et al.*, 1998a, 1998b)、金矿(毛景文等,1997; Hu *et al.*, 2004)、海底热液硫化物矿床(Turner and Stuart, 1992; Stuart *et al.*, 1994; Baptiste and Fouquet, 1996)、多金属矿床(Simmons *et al.*, 1987; Stuart *et al.*, 1995; Zhao *et al.*, 2002; Xue *et al.*, 2003; Burnard and Polya, 2004; 蔡明海等,2004)及个别的罕见矿床,如四川大水沟的碲矿床(毛景文和魏家秀,2000),其数目和种类还很有限.

对我国锡矿进行的 He 同位素研究,目前只局

限在广西大厂(Zhao *et al.*, 2002; 蔡明海,2004)等个别锡矿床.本文所研究的芙蓉锡矿田是新近发现的,不仅规模巨大,而且在时空上与 A 型花岗岩密切相关.这一点与以往所研究的大都与 S 型花岗岩有关的锡矿床明显不同.由于芙蓉锡矿田发现时间较晚、交通不便等原因,迄今为止,人们对该矿床的研究还较少.

1 地质概况

芙蓉锡矿田位于湘南千里山—骑田岭地区西南部,骑田岭花岗岩体南部.该矿田是郴州—蓝山北东向 W-Sn-Pb-Zn 成矿带的重要组成部分.区内岩浆活动频繁(特别是燕山期的岩浆活动),且具多期次、多阶段侵入的特点.芙蓉锡矿田自西向东大致划分为白腊水—安源、黑山里—麻子坪、山门口—淘锡窝—狗头岭 3 个北东向锡矿带(图 1).该矿田赋矿岩体主要以中粒斑状角闪石黑云母二长花岗岩和中粗粒斑状黑云母钾长花岗岩为主,部分为细粒或中细粒黑云母钾长花岗岩.白腊水矿区 19 号脉主要为

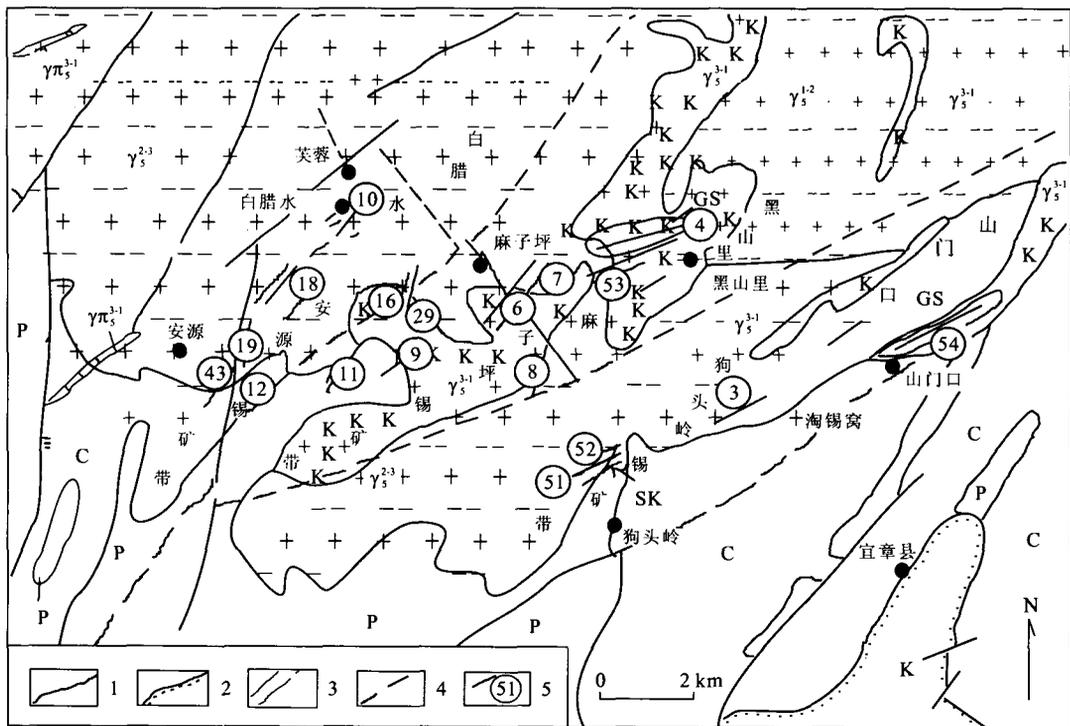


图 1 芙蓉锡矿田地质略图(据湘南地勘院资料,2000)

Fig. 1 Sketch geological map of the Furong tin orefield

K. 白垩系;P. 二叠系;C. 石炭系;γπ. 花岗岩;γ. 花岗岩;Sk. 砂岩;GS. 云英岩;1. 地质界线;2. 不整合地质界线;3. 实测或推测断层;4. 航片解译断层;5. 矿体及编号

表 1 芙蓉锡矿田硫化物流体包裹体中的 He 同位素组成

Table 1 He isotopic composition of fluid inclusions in sulfides from the Furong tin orefield

| 矿区 | 样品号 | 测定矿物 | ^3He ($10^{-12}\text{cm}^3\text{STP/g}$) | ^4He ($10^{-6}\text{cm}^3\text{STP/g}$) | $^3\text{He}/^4\text{He}$ (10^{-7}) | Rc/Ra* |
|-----|------------|------|--|---|--|-----------|
| 白腊水 | FR-19-15 | 黄铁矿 | 1.63 | 8.53 | 1.91±0.92 | 0.14±0.07 |
| 白腊水 | FR-19-24 | 黄铁矿 | 21.30 | 12.70 | 16.70±2.00 | 1.20±0.14 |
| 白腊水 | FR-19-35 | 毒砂 | 18.50 | 4.52 | 41.00±4.30 | 2.95±0.31 |
| 白腊水 | FR-19-43 | 黄铁矿 | 9.33 | 11.96 | 7.80±1.50 | 0.56±0.11 |
| 白腊水 | FR-43-5-2 | 毒砂 | 9.80 | 7.37 | 13.30±2.20 | 0.96±0.16 |
| 狗头岭 | GTL-55-2-1 | 黄铁矿 | 1.57 | 5.07 | 3.10±0.67 | 0.22±0.05 |
| 狗头岭 | GTL-55-2-2 | 黄铁矿 | 9.21 | 15.09 | 6.10±1.57 | 0.44±0.11 |
| 淘锡窝 | TXW-3-14 | 黄铁矿 | 0.66 | 3.40 | 1.95±0.57 | 0.14±0.04 |

*. Rc 为样品的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值, Ra 为空气的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值 ($1\text{Ra}=1.39\times 10^{-6}$).

产于中粒斑状角闪石黑云母钾长(二长)花岗岩内接触带的构造蚀变带型;山门口矿区及淘锡窝矿区为产于岩体内接触带中的云英岩型;狗头岭矿区则以产于岩体接触带附近的矽卡岩型为主(黄革非等, 2001). 与成矿有关的岩体同位素年龄大都在 158~160 Ma 左右(朱金初等, 2003). 最新研究表明, 该矿田的主成矿期为 150~160 Ma, 与骑田岭花岗岩的形成时间基本一致^①. 区内矿石中的金属矿物以锡石为主, 次为黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿和毒砂等. 矿田内出露的地层以石炭系、二叠系为主, 其中石炭系的石碇子组(C_1s)及二叠系的栖霞组(P_1q)是主要赋矿层位. 本文研究所用样品采自该矿田的几个代表性矿体, 对其硫化物中流体包裹体的 He 同位素进行了初步研究, 试图揭示成矿流体的来源, 为正确认识该矿的矿床成因提供依据.

2 样品分析与结果

本次研究所使用的样品采自芙蓉锡矿田的白腊水、淘锡窝和狗头岭几个代表性矿区. 在野外观察和室内研究的基础上, 选取有代表性的锡矿石本来挑选黄铁矿或毒砂, 并对其流体包裹体中的 He 同位素进行了测试分析. 测试工作在国土资源部矿产资源研究所同位素实验室完成. 实验仪器为乌克兰产 MI 1201 IG 惰性气体同位素质谱仪. 具体步骤如下: (1) 取 1~2 g 样品置丙酮中用超声波清洗 20 min, 烘干, 装入进样装置, 真空中 120 °C 去气 24 h. (2) 压碎样品, 释放出的气体经纯化系统除去 H_2 、 CO_2 等杂质气体, 同时 Ar、Kr、Xe 被冷冻. (3) 纯净的 He 及 Ne 在进入分析系统之后经加液氮的钛升华泵再次纯化去掉微

①彭建堂等, 湖南芙蓉锡矿田成矿作用的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄及其地质意义(未发表).

量 H_2 和 Ar. (4) 最后, 通过与标准样品的测量结果比较, 给出样品的分析结果. 详细分析流程见毛景文等(1997)和 Li *et al.* (2002).

He 同位素的测试结果见表 1. 从表 1 可见, 芙蓉锡矿田硫化物流体包裹体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值为 0.14~2.95 Ra (Ra 为空气的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值). 测试的黄铁矿及毒砂均具完好晶形, 未见后期改造的痕迹, 通过镜下观察与其共生的石英包体片发现, 矿物中主要是孤立的 V-L 包裹体(图 2), 表明这些流体包裹体应以原生包裹体为主. 因此, 表 1 中样品流体包裹体的 He 同位素值基本反映了原生包裹体的 He 同位素组成. 因保存于矿物中的原生流体包裹体的成分近似于矿床形成时成矿流体的组成, 所以表 1 中样品的 He 同位素值基本上反映了成矿流体中的 He 同位素组成.

3 讨论

3.1 成矿流体的 He 同位素组成

从形成到现在, 矿床经受了一系列后期的地质作用. 因此, 样品流体包裹体中的 He 除了来自当时成矿时的热液流体外, 还可能受后期扩散丢失、后生叠加及同位素分馏的影响. 但前人的研究表明, 当流体包裹体的寄主矿物是硫酸盐和硫化物时, 包裹体内的稀有气体被捕获后没有明显的扩散丢失 (Trull *et al.*, 1991; Baptiste and Fouguet, 1996). 由于本次分析所用的样品均为黄铁矿与毒砂, 故可以排除后期扩散丢失造成的影响. 并且对 He 而言, 即使矿物包裹体内的 He 在后期有少量的扩散丢失, 对 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值的影响程度也在测试误差范围内 (Hu *et al.*, 2004). 如果流体包裹体的铀含量按铀的地壳克拉克值 2.7×10^{-6} (可能大大高于实际值), $\text{Th}/\text{U}=0$ (Th 在热液中几乎是不溶的), 成矿

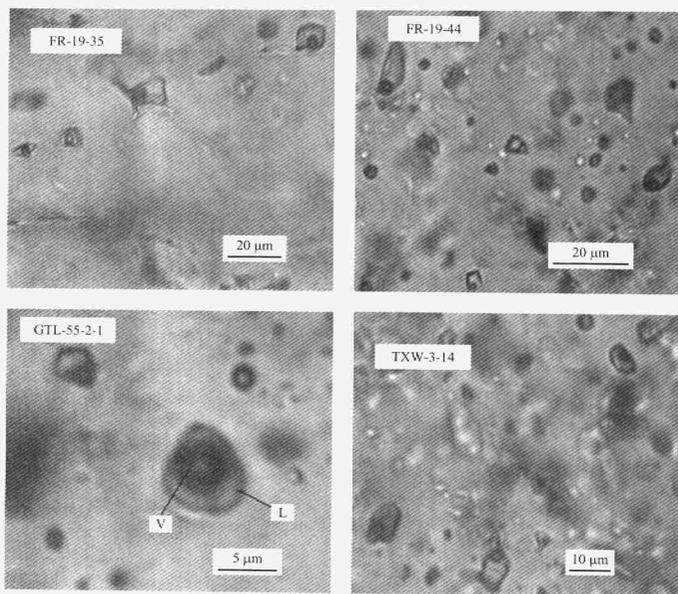


图 2 芙蓉锡矿田矿石流体包裹体

Fig. 2 Fluid inclusions in minerals from the Furong tin orefield

FR-19-35, 与毒砂共生的石英中的流体包裹体; FR-19-44, 与黄铁矿共生的石英中的流体包裹体; GTL-55-2-1, 与黄铁矿共生的石英中的流体包裹体; TXW-3-14, 与黄铁矿共生的石英中的流体包裹体

时代为 160 Ma (芙蓉锡矿田成矿年龄的上限值约为 160 Ma) 作为边界条件, 根据 Craig and Lupton (1996) 的方法扣除流体包裹体形成之后的原地放射成因 ^4He , 那么放射成因 ^4He 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内。由于本次研究使用的样品均采自较深的地下矿道, 因此, 可以排除宇宙成因 ^3He 对其造成的后生叠加影响 (Kurz, 1986), 并且前人研究表明, 稀有气体同位素不同于其他稳定同位素, 在包裹体捕获及提取过程中都不会产生明显的同位素分馏 (Podosek *et al.*, 1980; Turner and Stuart, 1992; Baptiste and Fouquet, 1996)。因此, 本次样品硫化物中流体包裹体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 测定值基本代表了成矿流体被俘获时的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 初始值。

已有的研究表明, 地壳流体中的稀有气体可能来自饱和和空气雨水、地幔和地壳 3 个明显不同的源

区 (Turner *et al.*, 1993)。He 在大气中含量极低, 不足以对地壳流体中 He 的丰度和同位素组成产生明显的影响 (Marty *et al.*, 1989; Stuart *et al.*, 1994)。因此, 成矿流体中的 He 通常主要来自地壳与地幔 2 个源区。由铀、钍放射性衰变及锂中子反应产生的放射性成因地壳氦的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 特征比值为 0.01 ~ 0.05 Ra (Stuart *et al.*, 1995), 地幔流体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 特征比值为 6 ~ 7 Ra (Dunai and Touret, 1995)。由表 1 可以看出, 芙蓉锡矿田成矿流体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值为 0.14 ~ 2.95 Ra, 明显高于地壳氦, 但低于地幔氦。这说明成矿流体中可能有部分地幔流体参与了成矿过程。从 He 同位素组成演化图 (图 3) 可见, 芙蓉锡矿田几个代表性矿脉成矿流体的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 值均投在 10^{-5} ~ 10^{-7} 之间, 位于地壳与地幔组成的过渡带, 这也说明了芙蓉锡矿田成矿流体具有壳幔两端元混合的特征。

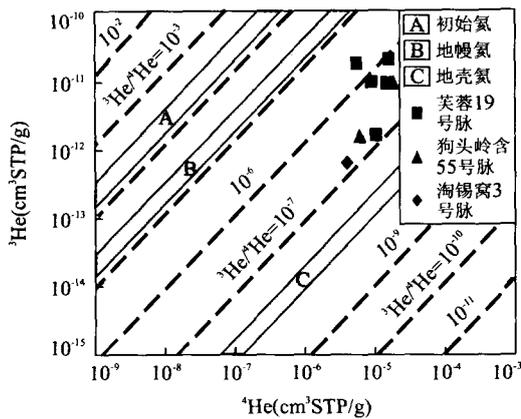


图 3 芙蓉锡矿田 He 同位素组成演化 (Mamyrin and Tolstikhin, 1984)

Fig. 3 Helium isotopic composition and evolution in the Furong tin orefield

3.2 地质指示意义

对骑田岭岩体的研究表明,其化学成分具有高硅、富碱, Sn、U、F 等元素含量高的特征,属造山期后张性环境下形成的 A 型花岗岩类(郑基俭和贾宝华, 2001; 汪雄武等, 2004); 其形成环境与地幔上涌、地壳拉张作用有关, 故成岩过程中有大量地幔物质卷入(黄革非等, 2001)。芙蓉锡矿田就产在骑田岭岩体的内外接触带或岩体中, 且其主成矿期与骑田岭岩体的形成时间相当吻合。对该矿田 31 件矿石硫化物样品的 S 同位素研究发现, 约有 21 件样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+0.1\% \sim +9.1\%$ (李晓敏等, 未刊), 均值为 $+5.5\%$, 具深源硫特点。骑田岭岩体和芙蓉锡矿田时空联系及 S 同位素证据都表明该区成岩与成矿关系密切, 两者的形成可能都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, 本文研究发现该矿田成矿流体中的 He 具壳幔两端元混合的特点正证实了这一点。此外, 蔡锦辉等(2004)对芙蓉白腊水矿区成矿期石英流体包裹体的 Sr 同位素 ($0.7107 \sim 0.7142$) 的研究表明, 其成矿流体的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值为 0.7076 , 也表明可能有深源物质参与成矿作用; Zhao *et al.* (2001) 对与芙蓉锡矿田处于同一成矿带的柿竹园矿床的研究也从侧面证实, 湘南地区确实存在地幔物质参与成矿作用。

4 结论

(1) 芙蓉锡矿田矿石中黄铁矿和毒砂流体包裹

体中 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值为 $0.14 \sim 2.95 \text{ Ra}$, 该值基本反映了流体包裹体被俘获时成矿流体的初始 He 同位素组成。(2) 芙蓉锡矿田成矿流体的 He 同位素组成表明, 其成矿流体中的 He 具有壳、幔混合的特征, 深部地幔物质参与了该区锡的成矿。(3) 芙蓉锡矿田和骑田岭岩体在时空上关系密切, 两者的形成过程中均有地幔物质的卷入, 反映其形成构造背景可能均与中生代华南岩石圈的拉张、伸展作用有关。

References

- Baptiste, P. J., Fouquet, Y., 1996. Abundance and isotopic composition of helium in hydrothermal sulfides from the East Pacific Rise at 13°N . *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60: 87–93.
- Burnard, P. G., Polya, D. A., 2004. Importance of mantle-derived fluids during granite associated hydrothermal circulation; He and Ar isotopes of ore minerals from Panasqueira. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68 (7): 1607–1615.
- Cai, J. H., Wei, C. S., Sun, M. H., et al., 2004. Genetic study about the Bailashui tin deposits in Qitianling area of Hunan. *Geotectonica et Metallogenia*, 28(1): 45–52 (in Chinese with English abstract).
- Cai, M. H., Mao, J. W., Liang, T., et al., 2004. Helium and argon isotopic components of fluid inclusions in Dachang tin-polymetallic deposit and their geological implications. *Mineral Deposits*, 23 (2): 225–231 (in Chinese with English abstract).
- Craig, H., Lupton, J. E., 1996. Primordial neon, helium and hydrogen in oceanic basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 31: 369–385.
- Dunai, T., Touret, J. L. R., 1995. Helium, neon and argon isotope systematics of European lithospheric mantle xenoliths: Implications for its geochemical evolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 2767–2783.
- Hu, R. Z., Burnard, P. G., Turner, G., et al., 1998a. Helium and argon isotope systematics in fluid inclusions of Machangqing copper deposit in west Yunnan Province, China. *Chemical Geology*, 146: 55–63.
- Hu, R. Z., Burnard, P. G., Bi, X. W., et al., 2004. Helium and argon isotope geochemistry of alkaline intrusion-associated gold and copper deposits along the Red River-Jinshajiang fault belt, SW China. *Chemical Geology*, 203: 305–317.
- Hu, R. Z., Turner, G., Burnard, P. G., et al., 1998b. Helium isotopic compositions of Machangqing copper deposit in western

- Yunnan, China. *Chinese Science Bulletin*, 43:69—72.
- Huang, G. F., Zeng, Q. W., Wei, S. L., et al., 2001. Geological characteristics and ore-controlling factors of the Furong orefield, Qitianling, Hunan. *Geology in China*, 28(10):30—34 (in Chinese with English abstract).
- Inguaggiato, S., Rizzo, A., 2004. Dissolved helium isotope ratios in ground-waters: A new technique based on gas-water re-equilibration and its application to Stromboli volcanic system. *Applied Geochemistry*, 19:665—673.
- Kurz, M. D., 1986. In situ production of cosmogenic helium and some applications to geochronology. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50:2855—2862.
- Li, Y. H., Li, J. C., Song, H. B., et al., 2002. Helium isotope studies of the mantle xenoliths and megacrysts from the Cenozoic basalts in the eastern China. *Science in China (Series D)*, 45:174—183.
- Marty, B., Jambon, A., Sano, Y., 1989. Helium isotopes and CO_2 in volcanic gases of Japan. *Chemical Geology*, 76:25—40.
- Mamyurin, B. A., Tolstikhin, I. N., 1984. Helium isotopes in nature. In: Fyfe, W. S., ed., *Developments in geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, 273.
- Mao, J. W., Li, Y. H., Li H. Y., et al., 1997. Helium isotopic evidence on metalgenesis of mantle fluids in the Wanggu gold deposit, Hunan Province. *Geological Review*, 43(6):646—649 (in Chinese with English abstract).
- Mao, J. W., Wei, J. X., 2000. Helium and argon isotopic components of fluid inclusions and tracing to the source of metallogenic fluids in the Dashuigou tellurium deposit of Sichuan Province. *Acta Geoscientia Sinica*, 21(1):58—61 (in Chinese with English abstract).
- Park, J., Kazaki, R., Nagao, K., 2003. Noble gas studies of Martian Meteorites: Dar Al Gani 476/489, Sayh Al Uhaymir 005/060, Dhofar 019, Los Angeles 001 and Zagami. *Proceeding of Lunar and Planetary Science Conference XXXIV*, 1213.
- Podosek, F. A., Bernatowicz, T. J., Kramer, F. E., 1980. Absorption of xenon and krypton on shales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45:2401—2415.
- Simmons, S. F., Sawkins, F. J., Schlutter, D. J., 1987. Mantle-derived helium in two Peruvian hydrothermal ore deposits. *Nature*, 329:429—432.
- Stuart, F. M., Burnard, P. G., Taylor, R. P., et al., 1995. Resolving mantle and crustal contributions to ancient hydrothermal fluids: He-Ar isotopes in fluid inclusions from DaeHwa W-Mo mineralisation, South Korea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59:4663—4673.
- Stuart, F. M., Turner, G., Duckworth, R. C., et al., 1994. Helium isotopes as tracers of trapped hydrothermal fluids in ocean floor sulfides. *Geology*, 22:823—826.
- Torgersen, T., Jenkins, W. J., 1982. Helium isotopes in geothermal systems: Iceland, the Geysers, Raft River and Steamboat Springs. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46:739—748.
- Turner, G., Stuart, F., 1992. Helium/heat ratios and deposition temperatures of sulfides from the ocean floor. *Nature*, 375:581—583.
- Trull, T. W., Kurz, M. D., Jenkins, W. J., 1991. Diffusion of cosmogenic ^3He in olivine and quartz: Implications for surface exposure dating. *Earth and Planetary Science Letters*, 103:241—251.
- Turner, G., Burnard, P. B., Ford, J. L., et al., 1993. Tracing fluid sources and interaction. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 344:127—140.
- Wang, D. D., 1998. Noble gas isotopic abundance in some chondrites and middle-ferrous aerolites in China. *Chinese Journal of Space Science*, 18(4):336—341 (in Chinese with English abstract).
- Wang, X. W., Wang, X. D., Liu, J. Q., et al., 2004. Relationship of Qitianling granite to Sn mineralization in Hunan Province. *Geological Science and Technology Information*, 23(2):1—12 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Y. C., 1997. Helium isotope distribution of natural gases and its structural setting. *Earth Science Frontiers*, 4(3—4):185—190 (in Chinese with English abstract).
- Xue, C. J., Chen, Y. C., Wang, D., et al., 2003. Geology and isotopic composition of helium, neon, xenon and metallogenic age of the Jinding and Baiyangping ore deposits, northwest Yunnan, China. *Science in China (Series D)*, 46:789—800.
- Zhao, K. D., Jiang, S. Y., Xiao, H. Q., et al., 2002. Origin of ore-forming fluids of the Dachang Sn-polymetallic ore deposit: Evidence from helium isotopes. *Chinese Science Bulletin*, 47:1041—1045.
- Zhao, Z. H., Bao, Z. W., Zhang, B. Y., et al., 2001. Crust-mantle interaction and its contribution to the Shizhuyuan superlarge tungsten polymetallic mineralization. *Science in China (Series D)*, 44:266—276.
- Zheng, J. J., Jia, B. H., 2001. Geological characteristics and related tin-polymetallic mineralization of the Qitianling granite complex in southern Hunan Province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 9(4):50—57 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, J. C., Huang, G. F., Zhang, P. H., et al., 2003. On the

emplacement age and material sources for the granites of Cailing superunit, Qitianling pluton, South Hunan Province. *Geological Review*, 49(4): 245-252 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 蔡锦辉, 韦昌山, 孙明慧, 等, 2004. 骑田岭白腊水锡矿床成因探讨. *大地构造与成矿学*, 28(1): 45-52.
- 蔡明海, 毛景文, 梁婷, 等, 2004. 广西大厂锡多金属矿床氦、氩同位素特征及其地质意义. *矿床地质*, 23(2): 225-231.
- 黄革非, 曾钦旺, 魏绍六, 等, 2000. 湖南骑田岭芙蓉矿田锡矿地质特征及控矿因素初步分析. *中国地质*, 28(10): 30-34.
- 毛景文, 李延河, 李红艳, 等, 1997. 湖南万古金矿床地幔流体

- 成矿的氩同位素证明. *地质论评*, 43(6): 646-649.
- 毛景文, 魏家秀, 2000. 大水沟碲矿床流体包裹体的 He、Ar 同位素组成及其示踪成矿流体的来源. *地球学报*, 21(1): 58-61.
- 王道德, 1998. 我国某些球粒陨石及中铁陨石稀有气体的同位素丰度. *空间科学学报*, 18(4): 336-341.
- 汪雄武, 王晓地, 刘家齐, 等, 2004. 骑田岭 A 型花岗岩形成时代及其地球动力学意义. *地球化学*, 26(2): 36-75.
- 徐永昌, 1997. 天然气中氦同位素分布及构造环境. *地学前缘*, 4(3-4): 185-190.
- 郑基俭, 贾宝华, 2001. 骑田岭岩体的基本特征及其与锡多金属成矿作用关系. *华南地质与矿产*, 9(4): 50-57.
- 朱金初, 黄革非, 张佩华, 等, 2003. 湖南骑田岭岩体菜岭超单元花岗岩侵位年龄和物质来源研究. *地质论评*, 49(4): 245-252.

第二届国际水杉研讨会将于 2006 年 8 月在美国举行

水杉现存种“*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng”在 20 世纪 40 年代在中国中南地区的发现被誉为 20 世纪最有影响的科学发现之一。这一发现是中美两国科学家密切合作的结果。在水杉发现后的短短数年内,通过美国和中国科学家的共同努力,水杉被引种到北美各地和世界各国植物园。美国因此成为水杉的“第二故乡”,被美国哈佛大学树木园评为 20 世纪的“世纪树”。

“第二届国际水杉研讨会”(The 2nd International *Metasequoia* Symposium—*Metasequoia* and Associated Plants: Evolution, Physiology, Horticulture, and Conservation)将于 2006 年 8 月 6~10 日在美国举行(会后考察 8 月 11~13 日)。这次会议的主题将以水杉的演化、生理学、园艺学以及保护等为主,并将议题扩大到与水杉有关的植物类群。会议将分为“现代水杉研讨”和“化石水杉研讨”前后两个部分,分别在美国罗德岛州的布莱恩特大学(Bryant University)和康涅迪格州的耶鲁大学(Yale University)两个校园举行。会议还安排了会前和会后共三条实验基地和野外栽培水杉考察路线供与会代表参加,其中包括最早引种水杉的哈佛大学(Harvard University)树木园。

我们谨代表会议的两个合作主办单位:布莱恩

特大学和耶鲁大学盛情邀请您与会,与大家共同感兴趣的有关水杉的话题(化石记录、古地理分布、地球化学信息、古气候重建、形态学、生殖生物学、生态学、遗传学、园艺学以及濒危物种保护等等)进行探讨和交流。同时也欢迎您直接向会议提供宝贵的建议和意见,或索取会议详细信息。会议的第一轮通知及有关信息可在 web.bryant.edu/~china 上查询。

会议执行主席:

Prof. Dr. Hong Yang(杨洪)
College of Arts & Sciences
Bryant University
1150 Douglas Pike
Smithfield, RI 02917, USA
Tel: 001-401-232-6223
Fax: 001-401-232-6416
E-mail: hyang@bryant.edu

Prof. Dr. Leo Hickey
Department of Geology & Geophysics
Yale University
P. O. Box 208109
New Haven, CT 06520-8109, USA
Tel: 001-203-432-5006
Fax: 001-203-432-9816
E-mail: leo.hickey@yale.edu