

文章编号: 0258-7106 (2004) 02-0225-07

# 广西大厂锡多金属矿床氦、氩同位素特征 及其地质意义\*

蔡明海<sup>1,2</sup> 毛景文<sup>3</sup> 梁婷<sup>4</sup> 吴付新<sup>2</sup>

(1 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003; 2 柳州华锡集团有限责任公司, 广西 柳州 545006;

3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4 长安大学地质矿产系, 陕西 西安 710054)

**摘要** 为查明广西大厂锡矿床的成因和成矿物质来源, 文章对大厂锡矿铜坑-长坡矿床不同产出形态的矿体及区内最晚期成矿的茶山铋矿黄铁矿流体包裹体的氦、氩同位素组成进行了测试。研究表明, 铜坑-长坡矿床不同产出形态的矿体的成矿流体氦、氩同位素组成基本一致,  $^3\text{He}/^4\text{He}$  值为  $1.2 \sim 2.9 \text{ Ra}$ ,  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  为  $273 \sim 327$ , 反映了成矿流体具有相同来源, 且有明显的地幔流体混入; 茶山铋矿  $^3\text{He}/^4\text{He}$  值为  $0.78 \text{ Ra}$ ,  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  为  $268$ , 具岩浆流体与大气水混合特征。

**关键词** 地球化学 氦和氩同位素 成矿流体 大厂锡多金属矿

**中图分类号**: P618.44; P597+.1

**文献标识码**: A

位于桂西北地区的大厂锡矿是中国锡多金属矿业的重要基地和国内外著名的超大型矿床。区内矿体产出形态有脉状和层状-似层状之分, 对大厂锡多金属矿床大脉型及细脉带型矿化的成因, 几乎所有的研究者均一致认为其与区内燕山晚期岩浆活动有关(陈毓川等, 1985; 1993; 雷良齐, 1986; 韩发等, 1997; 秦德先等, 2002), 而对层状-似层状矿体的成因则一直存在着花岗岩浆热液型(陈毓川等, 1985; 1993; 叶绪孙等, 1999)和海底热液喷流型(雷良齐, 1986; 张国林等, 1987; 韩发等, 1997; 秦德先等, 2002; 赵葵东等, 2002)的争论, 对其成矿流体也相应地存在着岩浆来源(陈毓川等, 1993; 李荫清等, 1988; 丁悌平等, 1988; Fu et al., 1991; 1993)和海底热液来源(韩发等, 1997; 赵葵东等, 2002; Jiang et al., 1999)的不同认识。

稀有气体, 尤其是氦和氩, 在地壳和地幔储库中具有极不相同的同位素组成, 它们是壳-幔相互作用过程极灵敏的示踪剂。由于这一特性, 从 20 世纪 60 年代开始稀有气体同位素在研究地壳现代流体的源区及其水-岩作用历史方面就得到了广泛的应用(Zartman et al., 1961)。20 世纪 80 年代中期以来,

Norman 等(1987)利用四极质谱仪测定了各种矿床成矿流体包裹体中的气相组成, 积累了大量的数据。此后, 人们又发现黄铁矿是保存氦的理想矿物, 在包裹体被圈闭后的 100 Ma 内, 即使是最易扩散的氦也不易发生明显的丢失(Baptiste et al., 1996; 胡瑞忠等, 1999)。近几十年来, 氦和氩同位素研究从现代地壳流体逐步扩展到了对成矿古流体的研究中(Simmons et al., 1987; Turner et al., 1992; Stuart et al., 1992; 1994; 1995; Baptiste et al., 1996; 胡瑞忠等, 1997a; 1997b; 1998a; 1999; Burnard et al., 1999; Hu et al., 1998b; 孙晓明等, 1999; 毛景文等, 2000; 王登红等, 2002; 赵葵东等, 2002; Mao et al., 2002; 2003)。本文将从惰性气体氦、氩同位素研究入手探讨大厂锡矿成矿流体的来源及形成演化过程。

## 1 矿床特征

大厂锡矿位于江南古陆西南缘 NW 向(南)丹(河)池成矿带中部, 昆仑关-都安-南丹断裂带北段。区内出露地层为一套泥盆系-三叠系的碎屑岩-碳酸岩-硅质岩组合, 其中泥盆系为主要的赋矿层位。区

\* 本文得到华锡集团有限责任公司博士后工作站科研项目“丹池成矿带构造控矿规律研究”资助

第一作者简介 蔡明海, 男, 1965 年生, 副研究员, 矿床及构造地质学专业。E-mail: yc502cmh@sina.com

收稿日期 2004-01-08; 改回日期 2004-02-24。李岩编辑。

内岩浆岩属燕山晚期产物(80~140 Ma)(徐文忻等, 1986;陈毓川等,1993),侵位于泥盆系-石炭系地层中,地表仅见有小规模露头,呈岩脉、岩床和岩枝产出,主要分布在中部龙箱盖地区以及西部铜坑-长坡-巴里-龙头山矿床的东西两侧。钻孔资料证实,在龙箱盖地区存在大规模隐伏花岗岩岩株,且一直延伸到西部的巴里矿区。岩石学、岩石化学及同位素地球化学特征研究表明,大厂花岗岩属铝过饱和岩石,成岩物质来自深部基底岩系的熔融,并有少量地幔物质的混入(陈毓川等,1993)。区内锡多金属矿床围绕中部龙箱盖岩体形成了较好的空间分带,即中带(龙箱盖-拉么-茶山) Zn-Cu-W-Sb 成矿带(包括拉么锌铜矿床、茶山锡矿床)、东带(大福楼-茅坪冲-亢马) Sn-多金属成矿带(包括大福楼锡锌矿床、亢

马锡锌矿床)和西带(铜坑-长坡-巴里-龙头山) Sn-多金属成矿带(包括长坡-铜坑锡多金属矿床、巴里锡多金属矿床、龙头山锡多金属矿床)(图1)。

大厂锡多金属矿床以西带的铜坑-长坡矿床规模最大且最具有代表性。该矿床位于 NW 向大厂倒转背斜的 NW 倾伏端,主要赋矿地层为上泥盆统榴江组( $D_3 l$ ) 硅质岩和五指山组第二岩性段( $D_3 w^2$ ) 细条带硅质灰岩。锡多金属矿化主要产出在 NW 向大厂断裂(F1)上盘的 NE 向裂隙、顺层劈理化带、层间滑脱带中,以及次级褶皱的转折端部位,矿体形态受构造和岩性的联合控制。铜坑-长坡矿床主要矿体形态有脉状和层状-似层状两类,脉状矿体又可分为大脉型、细脉带型和层面脉型。空间分布上,脉型矿化在上,层状-似层状矿体在下(图2)。

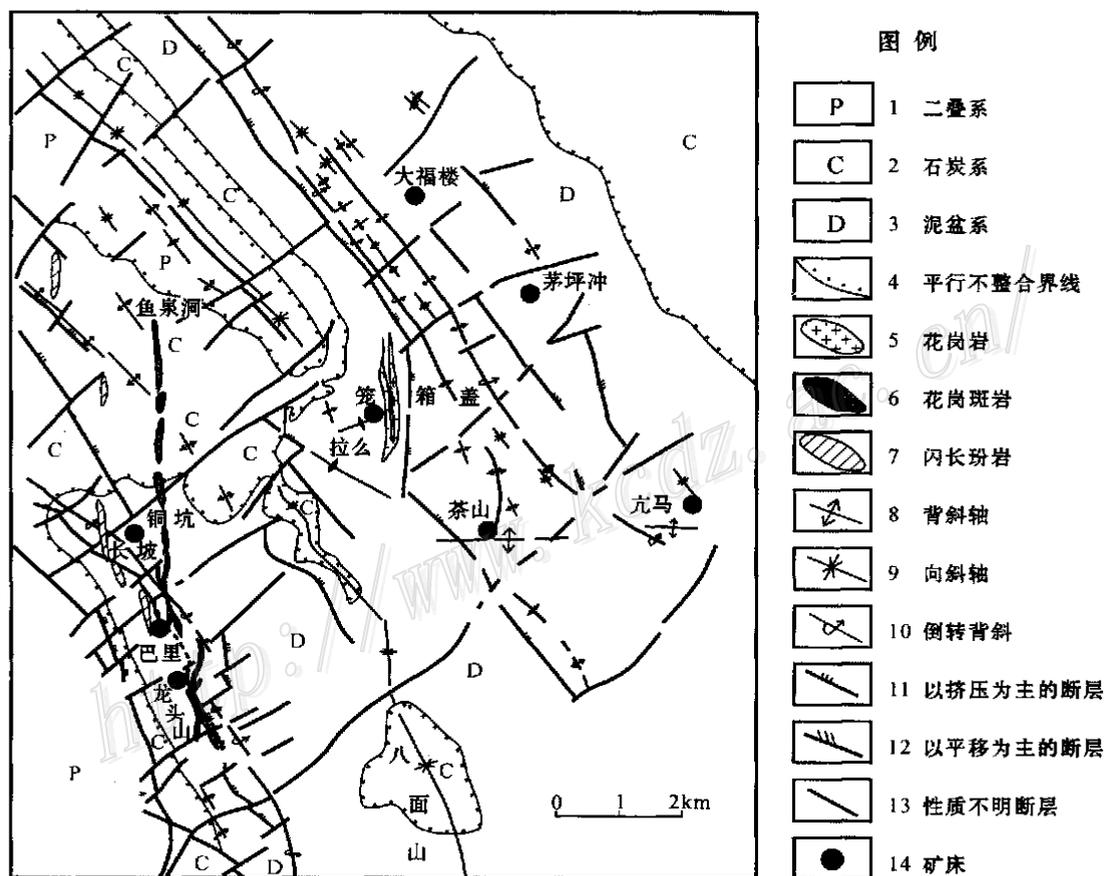


图1 大厂矿田地质简图(据铜坑矿资料修编)

Fig.1 Geological map of the Dachang orefield

1—Permian; 2—Carboniferous; 3—Devonian; 4—Boundary of parallel unconformity; 5—Granite; 6—Granite porphyry; 7—Dioritic porphyrite; 8—Anticlinal axis; 9—Synclinal axis; 10—Overturned anticline; 11—Compression dominated fault; 12—Strike-slip dominated fault; 13—Indeterminate fault; 14—Ore deposit

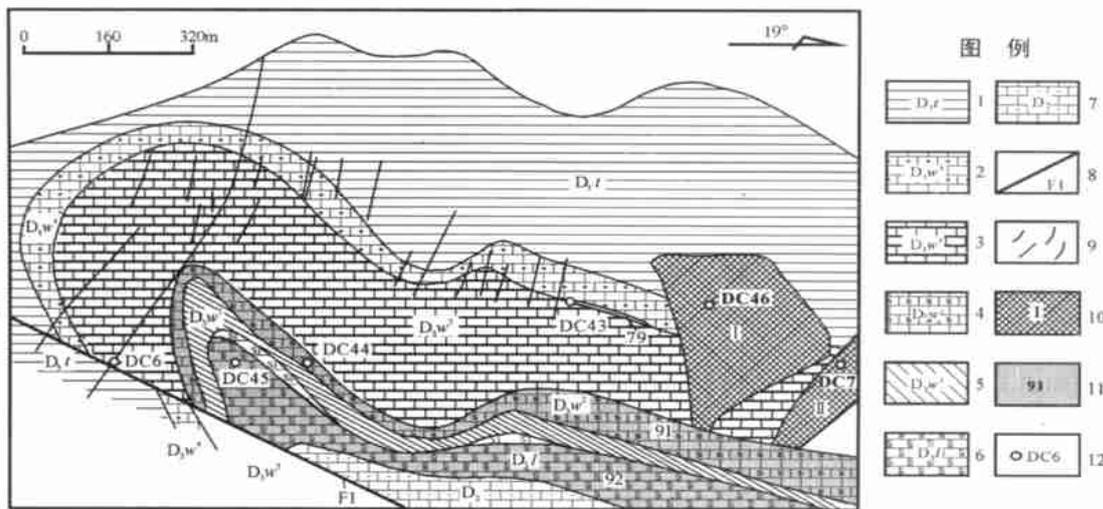


图 2 铜坑-长坡矿床剖面图(据铜坑矿资料修编)

1—页岩夹泥灰岩；2—大扁豆灰岩；3—小扁豆灰岩；4—细条带硅质灰岩；5—宽条带灰岩；6—硅质岩；7—泥灰岩；8—大厂断裂；9—大脉型矿体；10—细脉带型矿体及编号；11—层状矿体及编号；12—取样点及编号

Fig. 2 Geological section of the Changpo-Tongkeng deposit

1—Shale intercalated with marl; 2—Large lenticular limestone; 3—Small lenticular limestone; 4—Fine-striped siliceous limestone; 5—Thick-striped limestone; 6—Silicalite; 7—Marl; 8—Dachang fault; 9—Large vein orebody; 10—Stockworks orebody and its serial number; 11—Stratabound orebody and its serial number; 12—Sampling locality and its serial number

所谓层状-似层状矿体主要指赋存在  $D_3 l$  硅质岩中的 92 号矿体和  $D_3 w^2$  细条带硅质灰岩中的 91 号矿体。详细的野外观察发现,它们实际上是由这些脆性岩层中陡倾斜、密集排列的 NE 向微细矿脉,浸染状矿化,顺层理面、劈理面充填交代的细条带状矿化以及交代沉积钙质结核形成的结核状矿化所共同组成的矿化集合体。其中,微细脉状矿化与沿层理面、劈理面充填交代的细条带状矿化存在互相切割的关系,且与上述大脉型、细脉带型及层面脉型矿化具有相同的矿物组合。主要金属矿物为:黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、硫酸矿物和少量毒砂。区内矿体的不同产出形态实际上是由于不同岩性地层中因为物性的差异形成了不同的构造变形形式,从而产生不同的容矿空间所致。

大厂锡矿成矿过程可分为 3 期,早期为矽卡岩成矿期,成矿温度  $411 \sim 602^\circ\text{C}$ ,主要形成区内以拉么为代表的矽卡岩型锌铜矿床;中期为锡多金属成矿期,为区内主成矿期,形成了铜坑-长坡、巴里、龙头山大福楼以及亢马等锡多金属矿床,该成矿期可进一步分为 3 个成矿阶段:① 锡石-石英-硫化物成矿阶段,成矿温度  $350 \sim 480^\circ\text{C}$ ,② 含锡、银硫化物-硫酸-碳酸盐成矿阶段,成矿温度  $160 \sim 320^\circ\text{C}$ ,③ 辉铋矿-石英-方解石成矿阶段,成矿温度  $110 \sim 210^\circ\text{C}$ ;晚

期为钨铋成矿期,成矿温度  $100 \sim 280^\circ\text{C}$ ,茶山铋矿属该成矿期产物(陈毓川等,1993)。

## 2 取样及分析过程

本次研究样品分别采自大厂锡矿西矿带铜坑-长坡矿床的大脉型矿体(203 号)、细脉带矿体(I、II 号矿体)、79 号层面脉、91 号和 92 号矿体(图 2)以及中矿带的茶山铋矿(28 号脉),样品均采自坑道,测试对象为黄铁矿单矿物中的流体包裹体。铜坑-长坡矿床的黄铁矿均为锡多金属成矿期(中期)第②成矿阶段产物,呈半自形-他形粒状产出,粒径  $0.1 \sim 2 \text{ mm}$ ,共生矿物主要有磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、硫酸矿物、锡石、方解石及石英等;茶山铋矿的黄铁矿亦呈半自形-他形粒状产出,粒径  $0.1 \sim 1 \text{ mm}$ ,共生矿物主要有辉铋矿、白钨矿及锰方解石等。

采用压碎法处理样品,操作过程为:① 将样品用丙酮在超声波中清洗 20 min,烘干;② 真空中  $120^\circ\text{C}$  去气 24 h;③ 压碎样品,释放出气体;④ 释放出的气体经 4 级纯化,活性气体均被去除,Ar、Xe 被冷冻,纯净的 He 和 Ne 进入分析系统;⑤ 进入分析系统的 He、Ne 经加液氮的钛升华泵再次纯化去掉微量  $\text{H}_2$ 、Ar;⑥ 于  $-78^\circ\text{C}$  释放 Ar,进行氩同位素分

析;⑦根据压碎后通过160目(0.100 mm)的样品重量,计算样品的He、Ar含量。

测试仪器为乌克兰产MI1201IG惰性气体同位素质谱仪。<sup>3</sup>He用电子倍增器接收,<sup>4</sup>He用法拉第杯接收。分辨率:电子倍增器为1200,法拉第杯为760。使用标准为大气,<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He =  $1.4 \times 10^{-6}$ 。

### 3 分析结果及讨论

黄铁矿流体包裹体的氦、氩同位素测定结果见表1。

研究表明,黄铁矿流体包裹体中的He在流体包裹体被圈闭后无明显的丢失(Baptiste et al., 1996; 胡瑞忠等, 1999),在U、Th含量较低时,流体包裹体中U、Th产生的原地放射性成因<sup>4</sup>He对<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He比值的影响也只在测试误差范围内,黄铁矿中钾含量低,其衰变也不可能生成较可观的<sup>40</sup>Ar(胡瑞忠等, 1998a)。区内黄铁矿中U、Th含量均很低,U含量介于 $0.4 \times 10^{-6} \sim 0.6 \times 10^{-6}$ 之间,Th含量介于 $0.1 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$ 之间(韩发等, 1997)。因此可以认为表1中氦和氩同位素组成的测试值基本上可以代表原生流体包裹体或成矿流体的初始值。

热液流体中稀有气体可能有3种来源,而且不同来源气体的氦、氩同位素组成及其特征比值具有显著差别(Simmons et al., 1987; Stuart et al., 1995; 胡瑞忠等, 1999; Burnard et al., 1999):①大气饱和水(ASW),其典型的氦和氩同位素组成为:<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He = 1 Ra (Ra代表大气氦的<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He值,为 $1.4 \times 10^{-6}$ ),<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar = 295.5,<sup>40</sup>Ar/<sup>4</sup>He值约为0.01;②地幔流体,具有高<sup>3</sup>He的特征,<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He的特征值一般为6~9 Ra;陆下地幔相对较低,为6~7 Ra,Ar以

放射性<sup>40</sup>Ar为主,<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar > 40 000,<sup>40</sup>Ar/<sup>4</sup>He值为0.33~0.56;③地壳放射成因的He和Ar,<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He的特征值 $\leq 0.1$  Ra(绝大多数情况下介于0.01~0.05 Ra之间),<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar  $\geq 45$  000,<sup>40</sup>Ar/<sup>4</sup>He值为0.16~0.25。

从表1可以看出,长坡-铜坑锡多金属矿床不同产出形态矿体的成矿流体氦和氩浓度变化不大,<sup>4</sup>He为 $(1.03 \sim 6.71) \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$ ,<sup>40</sup>Ar为 $(2.12 \sim 24.04) \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$ 。<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He值比较一致,介于1.2~2.9 Ra之间,明显低于地幔特征值,但大大高于地壳放射成因的<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He比值,表明成矿流体中不仅存在地壳He,同时也有大量地幔He混入。在<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He-<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar图解(图3)和<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He-<sup>40</sup>Ar/<sup>4</sup>He图解(图4)上,成矿流体的氦-氩同位素组成具有大致正相关关系,其投影点位于壳幔混合趋势线上,表明成矿流体为壳幔混合流体(胡瑞忠等, 1998a)。在晚期成矿的茶山锑矿床中测得流体的<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He为0.78 Ra,低于早期锡多金属成矿流体,投影点落在大气饱和水与地壳流体之间,反映了在成矿流体演化过程中,地幔组分逐步减少,而地壳组分和大气水组分逐步增多的变化规律。

大厂锡矿黄铁矿中流体包裹体的<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar比值在误差范围内与溶解在雨水中的大气氩的同位素组成(<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar  $\approx 295.5$ )(Stuart et al., 1995)十分接近,大大低于地壳和地幔流体的<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar比值,反映早期成矿流体中尚有大气水的加入。<sup>40</sup>Ar/<sup>4</sup>He值为0.12~0.39,高于雨水的该值(约0.01)(Stuart et al., 1995),介于地壳流体(0.16~0.25)(Stuart et al., 1995)与陆下地幔(0.33~0.56)(胡瑞忠等, 1999)之间,反映出与氦同位素相同的成因信息。进一步对比可以发现,脉型矿体<sup>4</sup>He值为 $(1.03 \sim$

表1 大厂锡矿黄铁矿氦和氩同位素组成

Table 1 Helium and argon isotopic components of pyrite from the Dachang tin deposit

样号	矿体形态	<sup>3</sup> He/ <sup>4</sup> He/ $10^{-6}$	<sup>4</sup> He/( $10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP} \cdot \text{g}^{-1}$ )	<sup>40</sup> Ar/ <sup>36</sup> Ar	<sup>40</sup> Ar/( $10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ STP} \cdot \text{g}^{-1}$ )	R/Ra	<sup>40</sup> Ar/ <sup>4</sup> He
DC6	大脉型	1.61 ± 0.09	6.71	283 ± 1	18.74	1.2	0.28
DC7	细脉带型	1.64 ± 0.27	2.75	273 ± 1	4.84	1.2	0.18
DC46	细脉带型	2.19 ± 0.17	1.72	286 ± 1	2.12	1.6	0.12
DC43	层面脉型	4.12 ± 0.37	1.03	305 ± 1	2.17	2.9	0.21
DC44	层状(91号矿体)	2.99 ± 0.56	1.77	327 ± 1	6.93	2.1	0.39
DC45	层状(92号矿体)	2.27 ± 0.33	1.55	283 ± 1	4.30	1.6	0.28
T38*	层状(92号矿体)	3.50 ± 0.10	3.67	323 ± 2	24.04	2.5	0.65
DC20	SN向Sb矿脉	1.09 ± 0.11	1.82	268 ± 1	7.46	0.78	0.41

测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所;Ra =  $1.4 \times 10^{-6}$ ; \* 据赵葵东等, 2002。

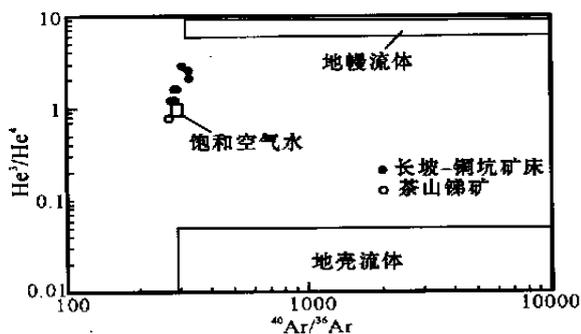
图 3 大厂锡矿成矿流体 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ - ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$ 图解

Fig. 3  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  versus  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  diagram of ore-forming fluids in the Dachang tin deposit

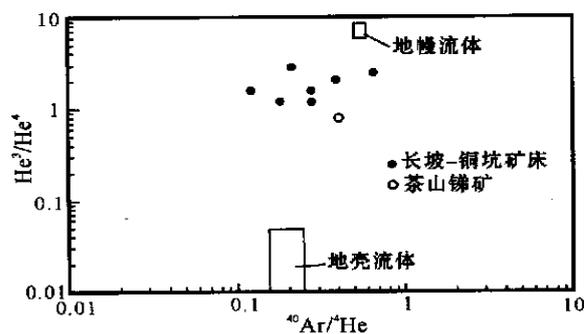
图 4 大厂锡矿成矿流体 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ - ${}^{40}\text{Ar}/{}^4\text{He}$ 图解

Fig. 4  ${}^{40}\text{Ar}/{}^4\text{He}$  versus  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  diagram of ore-forming fluids in the Dachang tin deposit

$6.71) \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$ ,  ${}^{40}\text{Ar}$  值为  $(2.17 \sim 18.74) \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$ ,  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  值为  $1.2 \sim 2.9 \text{ Ra}$ ,  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  值为  $273 \sim 305$ ; 层状矿体 ${}^4\text{He}$  值为  $(1.55 \sim 3.67) \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$ ,  ${}^{40}\text{Ar}$  值为  $(4.30 \sim 24.04) \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \text{ STP/g}$ ,  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  值为  $1.6 \sim 2.1 \text{ Ra}$ ,  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  值为  $283 \sim 327$ , 表明两者的典型放射性成因的 ${}^4\text{He}$  和 ${}^{40}\text{Ar}$  浓度及 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 、 ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  比值并没有明显差别, 反映了不同形态矿体具有相同的成矿流体来源, 且为同期成矿作用的产物, 从而可以排除“燕山晚期脉型矿化是对海西期同沉积层状矿化继承性改造”(韩发等, 1997; 秦德先等, 2002) 的可能。因为, 如果脉型矿化与燕山晚期岩浆活动有关, 而层状矿化属海西期海底喷流沉积产物, 那么前者的 ${}^4\text{He}$  和 ${}^{40}\text{Ar}$  浓度应该较后者有显著的增高, 而 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  比值有明显降低, 这显然与测试结果相矛盾。

与笼箱盖花岗岩有关的一件萤石样品的 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  值为  $0.7 \text{ Ra}$ ,  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  为  $310$ ,  ${}^{40}\text{Ar}/{}^4\text{He}$  为  $0.47$  (赵葵东等, 2002), 可以推测与笼箱盖花岗岩有关的流体中的惰性气体为大气降水与地壳中的放射性成因 He 混合而成, 并有部分地幔组分加入。结合区内地质演化历史分析, 自中生代以来, 区内构造经历了印支期强烈挤压及其后的伸展剪切作用, 成矿作用明显受后期构造所控制, 区内成矿期热事件仅对应于燕山晚期岩浆作用。因此, 可以推测区内参与成矿的地壳流体主要为燕山晚期岩浆流体。

综合分析表明, 长坡-铜坑矿床不同产出形态的矿体具有一致的成矿流体来源, 即主要为岩浆流体与地幔流体混合的产物, 但有大气水的加入。茶山锡矿的 ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  为  $0.78 \text{ Ra}$ ,  ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$  值为  $268$ ,  ${}^{40}\text{Ar}/{}^4\text{He}$  值为  $0.41$ , 反映晚期的成矿流体主要以岩

浆流体与大气水混合为主, 仅有少量地幔组分参与。

## 4 结 论

大厂锡多金属矿床大脉型、细脉带型、层面脉型及层状-似层状 91 号、92 号矿体的氦、氩同位素组成基本一致, 指示它们具有统一的流体来源, 应为同期成矿作用的产物, 且在成矿过程中岩浆流体贡献较大, 这与野外所观察到的地质现象完全吻合。锡矿成矿流体主要为岩浆流体与地幔流体的混合产物, 且有部分大气水加入; 晚期锡矿成矿流体则主要为岩浆流体与大气水的混合物。在成矿流体演化过程中, 早期地幔组分较多, 晚期大气水组分逐渐增多。

## References

- Baptiste P J and Fouquet Y. 1996. Abundance and isotopic composition of helium in hydrothermal sulfides from the East Pacific Rise at  $13^\circ \text{N}$  [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60: 87 ~ 93.
- Burnard P G, Hu R Z, Turner G, et al. 1999. Mantle, crustal and atmospheric noble gases in Ailaoshan gold deposits, Yunnan Province, China [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63: 1595 ~ 1604.
- Chen Y C, Huang M Z, Xu J, et al. 1985. Geological features and metallogenetic series of the Dachang cassiterite-polymetallic belt [J]. *Acta Geologica Sinica*, (3): 228 ~ 240 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, Huang M Z, Xu J, et al. 1993. Tin deposits of Dachang [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese with English abstract).
- Ding T P, Peng Z C, Li H, et al. 1988. Stable isotope studies on several typical mineral deposits [M]. Beijing: Sci. & Techn. Pub. House of Beijing (in Chinese with English abstract).
- Fu M, Changkakoti A, Krouse H R, et al. 1991. An oxygen, hydrogen, sulfur, and carbon isotope study of carbonate-replacement

- (skarn) tin deposits of the Dachang tin field, China[ J ]. *Econ. Geol.*, 86: 1683 ~ 1703.
- Fu M, Kwak T A P, Mernagh T P. 1993. Fluid inclusion studies of zoning in the Dachang tin-poly metallic ore field, People's Republic of China[ J ]. *Econ. Geol.*, 88: 283 ~ 300.
- Han F, Zhao R S, Shen J Z, et al. 1997. Geology and origin of ores in the Dachang tin-poly metallic ore field[ M ]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese with English abstract).
- Hu R Z, Bi X W, Turnard P G, et al. 1997a. Study on helium isotopic component of Machangqing copper deposit of Yunnan Province[ J ]. *Chinese Science Bulletin*, 42(17): 1542 ~ 1545 (in Chinese).
- Hu R Z, Bi X W, Turnard P G, et al. 1997b. He-Ar isotope systematics in fluid inclusions of pyrite of Machangqing copper deposit in Yunnan Province[ J ]. *Sci. in China (Series D)*, 27(6): 503 ~ 508 (in Chinese).
- Hu R Z, Zhong H, Ye Z J, et al. 1998a. Helium and argon isotopic geochemistry of Jinding large-scale lead-zinc deposit[ J ]. *Sci. in China (Series D)*, 28(3): 208 ~ 213 (in Chinese).
- Hu R Z, Burnard P G, Turner G, et al. 1998b. Helium and argon isotope systematics in fluid inclusions of Machangqing copper deposit in west Yunnan Province, China[ J ]. *Chem. Geol.*, 146: 55 ~ 63.
- Hu R Z, Bi X W, Turner G, et al. 1999. Helium and argon isotopic geochemistry of gold mineralizing fluid of Ailaoshan gold mineralization belt[ J ]. *Sci. in China (Series D)*, 29(4): 321 ~ 330 (in Chinese).
- Jiang S Y, Han F, Shen J Z, et al. 1999. Chemical and Rb-Sr, Sm-Nd isotopic systematics of tourmaline from the Dachang Sn-poly metallic ore deposit, Guangxi Province, P R China[ J ]. *Chem. Geol.*, 157: 49 ~ 67.
- Lei L Q. 1986. A tentative discussion on the origin of the Changpo tin-poly metallic deposit, Dachang ore field[ J ]. *Mineral Deposits*, 5(3): 87 ~ 96 (in Chinese with English abstract).
- Li Y Q, Ma X J and Wei J X. 1988. Application of fluid inclusions in study of mineral deposit and petrology[ M ]. Beijing: Sci. & Techn. Pub. House of Beijing (in Chinese with English abstract).
- Mao J W and Wei J X. 2000. Helium and argon isotopic components of fluid inclusion and tracing to the source of metallogenic fluid in the Dashuigou tellurium deposit of Sichuan Province[ J ]. *Acta Geoscientia Sinica*, 21(1): 58 ~ 61 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Kerrich R, Li H Y, et al. 2002. High  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in the Wangu gold deposit, Hunan Province, China: Implication for mantle mixing during metallogenic process along the Tanlu deep fault zone [ J ]. *Geochim. J.*, 36: 197 ~ 208.
- Mao J W, Li Y Q, Goldfarb R, et al. 2003. Fluid inclusion and noble-gas studies of the Dongping gold deposit, Hebei Province, China: Connection for mineralization[ J ]. *Econ. Geol.*, 98: 517 ~ 534.
- Norman D I and Sawkins T J. 1987. Analysis of gases in fluid inclusion by mass spectrometer[ J ]. *Chem. Geol.*, 61: 1 ~ 10.
- Qin D X, Hong T, Tian Y L, et al. 2002. Ore geology and technical economy of No.92 orebody of the Dachang tin deposit, Guangxi [ M ]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese with English abstract).
- Simmons S F, Sawkins F J and Schulutter D J. 1987. Mantle-derived helium in two Peruvian hydrothermal ore deposits[ J ]. *Nature*, 329: 429 ~ 432.
- Stuart F M and Turner G. 1992. The abundance and isotopic composition of the noble gases in ancient fluids[ J ]. *Chem. Geol.*, 101: 97 ~ 109.
- Stuart F M, Turner G, Duckworth R C, et al. 1994. Helium isotopes as tracers of trapped hydrothermal fluids in ocean-floor sulfides[ J ]. *Geol.*, 22: 823 ~ 826.
- Stuart F M, Burnard P, Taylor R P, et al. 1995. Resolving mantle and crustal contributions to ancient hydrothermal fluid: He-Ar isotopes in fluid inclusions from Dae Hwa W-Mo mineralization, South Korea [ J ]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59: 4663 ~ 4673.
- Sun X M, Norman D I, Sun K, et al. 1999.  $\text{N}_2$ -Ar-He tracing systematics of the ore-forming fluids in Changkeng large gold and silver deposit, Guangdong Province[ J ]. *Sci. in China (series D)*, 29(3): 240 ~ 246 (in Chinese).
- Turner G and Stuart F. 1992. Helium/heat ratios and deposition temperatures of sulphides from the ocean floor[ J ]. *Nature*, 357: 581 ~ 583.
- Wang D H, Yu J J, Yang J M, et al. 2002. Inert gas isotopic studies and dynamic background of Cenozoic ore-forming process in China [ J ]. *Mineral Deposits*, 21(2): 179 ~ 186 (in Chinese with English abstract).
- Xu W X and Wu Q S. 1986. Preliminary study on isotopic geochemistry of Dachang cassiterite-poly metallic ore field[ J ]. *Acta of Institute of Mineral Resources and Geology*, (2): 31 ~ 41 (in Chinese).
- Ye X S, Yan Y X and He H Z. 1999. The mineralization factors and tectonic evolution of Dachang superlarge tin deposit, Guangxi, China [ J ]. *Geochimica*, 28(3): 213 ~ 221 (in Chinese with English abstract).
- Zartman R E, Wasserburg G J and Reynolds J H. 1961. Helium, argon and carbon in some natural gases[ J ]. *Geophys. Res.*, 66: 277 ~ 306.
- Zhang G L and Cai H Y. 1987. Genesis of the Dachang Changpo tin-poly metallic deposit[ J ]. *Geol. Rev.*, 33(5): 426 ~ 436 (in Chinese with English abstract).
- Zhao K D, Jiang S Y, Xiao H Q, et al. 2002. Helium isotopic evidence of metallogenic fluids of the Dachang tin-poly metallic deposit[ J ]. *Chinese Science Bulletin*, 47(8): 632 ~ 635 (in Chinese).

#### 附中文参考文献

- 陈毓川, 黄民智, 徐钰, 等. 1985. 大厂锡石-硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列[ J ]. *地质学报*, (3): 228 ~ 240.
- 陈毓川, 黄民智, 徐钰, 等. 1993. 大厂锡矿地质[ M ]. 北京: 地质出版社. 69 ~ 340.
- 丁梯平, 彭子成, 黎红, 等. 1988. 南岭地区几个典型矿床的稳定同位素研究[ M ]. 北京: 北京科学技术出版社. 21 ~ 44.
- 韩发, 赵汝松, 沈建忠, 等. 1997. 大厂锡多金属矿床地质及成因

- [M]. 北京：地质出版社. 23~157.
- 胡瑞忠, 毕献武, Turner G, 等. 1997a. 马厂箐铜矿床黄铁矿流体包裹体氦-氩同位素体系[J]. 中国科学(D辑), 27(6): 503~508.
- 胡瑞忠, 毕献武, Turner G, 等. 1997b. 云南马厂箐铜矿床氦同位素组成研究[J]. 科学通报, 42(17): 1542~1545.
- 胡瑞忠, 钟宏, 叶造军, 等. 1998a. 金顶超大型铅-锌矿床氦氩同位素地球化学[J]. 中国科学(D辑), 28(3): 208~213.
- 胡瑞忠, 毕献武, Turner G, 等. 1999. 哀牢山金矿带金成矿流体氦和氩同位素地球化学[M]. 中国科学(D辑), 29(4): 321~330.
- 雷良齐. 1986. 大厂长坡锡多金属矿床成因刍议[J]. 矿床地质, 5(3): 87~96.
- 李荫清, 马秀娟, 魏家秀. 1988. 流体包裹体在矿床学和岩石学中的应用[M]. 北京: 北京科学技术出版社. 1~52.
- 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[J]. 地球学报, 21(1): 58~61.
- 秦德先, 洪托, 田毓龙, 等. 2002. 广西大厂锡矿 92 号矿体矿床地质与技术经济[M]. 北京: 地质出版社. 31~132.
- 孙晓明, Norman D I, 孙凯, 等. 1999. 粤中坑金银矿成矿流体 N<sub>2</sub>-Ar-He 示踪体系及来源[J]. 中国科学(D辑), 29(3): 240~246.
- 王登红, 余金杰, 杨建民, 等. 2002. 中国新生代成矿作用的惰性气体同位素研究与动力学背景[J]. 矿床地质, 21(2): 179~186.
- 徐文忻, 伍勤生. 1986. 大厂锡多金属矿田同位素地球化学初步研究[J]. 地质矿产研究院学报, (2): 31~41.
- 叶绪孙, 严云秀, 何海洲. 1999. 广西超大型锡矿成矿条件与历史演化[J]. 地球化学, 28(3): 213~221.
- 张国林, 蔡宏渊. 1987. 广西大厂锡多金属矿床成因探讨[J]. 地质论评, 33(5): 426~436.
- 赵葵东, 蒋少涌, 肖红全, 等. 2002. 大厂锡-多金属成矿流体来源的氦同位素证据[J]. 科学通报, 47(8): 632~635.

## Helium and Argon Isotopic Components of Fluid Inclusions in Dachang Tin Polymetallic Deposit and Their Geological Implications

Cai Minghai<sup>1,2</sup>, Mao Jingwen<sup>3</sup>, Liang Ting<sup>4</sup> and Wu Fuxin<sup>2</sup>

(1 Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China; 2 Liuzhou Huaxi Co. Ltd., Liuzhou 545006, Guangxi, China; 3 Institute of Mineral Resources, Beijing 100037, China; 4 Department of Geology and Mineral Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

### Abstract

To study the genesis and material sources of the Dachang tin deposit, this paper analyzed the helium and argon isotopic components of fluid inclusions in pyrite from different forms of orebodies in the Changpo-Tongkeng deposit and the Chashan Sb deposit which was formed at the last stage. The result indicates that helium and argon isotopic components of the Changpo-Tongkeng deposit are consistent. The <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios are 1.2~2.9 Ra, and the <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar ratios are 273~327. The data obtained suggest that the Changpo-Tongkeng deposit had the same fluid source, and the mantle fluids were involved in the metallogenic process. The fluids of the Chashan Sb deposit have <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios of 0.78 Ra and <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar ratios of 268, belonging to the mixture of magmatic fluid and atmospheric water. This reflects the evolutionary trend of metallogenic fluids in the Dachang tin-polymetallic deposit.

**Key words:** geochemistry, helium-argon isotope, metallogenic fluid, the Dachang tin-polymetallic deposit