

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*

毛景文 魏家秀

(中国地质科学院矿床地质研究所,北京)

摘 要 大水沟碲矿床作为一种新矿床类型,自发现以来,已进行了大量的研究,但对其成矿过程和成矿物质来源仍有不同的认识。本次工作选取磁黄铁矿黄铁矿阶段中的 3 件磁黄铁矿和辉碲铋矿阶段的 3 件辉碲铋矿和 6 件白云母进行成矿流体 He、Ar 同位素测试,获得 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值为 $0.2\sim 2.8\text{R}/\text{Ra}$,其中磁黄铁矿的比值在 $1.6\sim 2.8\text{R}/\text{Ra}$ 之间,平均 $2.1\text{R}/\text{Ra}$,辉碲铋矿 $1.2\sim 1.5\text{R}/\text{Ra}$,平均 $1.3\text{R}/\text{Ra}$,白云母为 $0.2\sim 2.2\text{R}/\text{Ra}$,平均 $1.1\text{R}/\text{Ra}$ 。成矿流体的 $^{40}\text{Ar}/^4\text{He}$ 比值变化较大,磁黄铁矿黄铁矿阶段的磁黄铁矿为 $237\sim 379$,辉碲铋矿阶段的辉碲铋矿为 $7\sim 66$ 。这些数据表明大水沟碲矿床在成矿过程中有大量地幔物质参与。

关键词 成矿流体 He、Ar 同位素 碲矿床 四川省大水沟

大水沟碲矿床是我国 90 年代发现的新矿床类型,自从 1993 年报道以来^[1,2],在矿床地质、矿物学、地球化学和成矿作用等方面做了大量的研究工作^[3~13]。作为一个罕见的矿床类型,其成矿作用尤其引人注目。由于是脉状矿化,其成矿显然与地质流体活动密切相关。关于成矿流体的来源,迄今为止分歧较大,有与花岗岩浆或碱性岩浆有关^[4,6,11],与沉积改造作用有关^[14]或与变质作用有关^[9]等认识。近几年来,越来越多的资料显示出深部流体参与了成矿过程^[12,15],本文从惰性气体同位素研究入手探讨地幔流体与成矿的关系。

1 矿床地质简介

大水沟碲矿床位于扬子地块西缘的弯巴河穹隆上,该穹隆由二叠系大理岩、碎屑岩和基性火山岩夹层组成。目前所发现的 13 条矿脉走向 NE,平行排列。主要赋矿围岩为变基性火山岩。矿化分 3 个阶段:磁黄铁矿—黄铁矿阶段、辉碲铋矿阶段和含金石英脉阶段。通过对辉碲铋矿阶段矿石中白云母的 Ar—Ar 法放射性同位素年龄测定^[16],获得 93.7Ma 等时线年龄,表明成矿作用发生于燕山晚期。

2 分析结果与讨论

此次研究取两个主要成矿阶段中的 3 件磁黄铁矿(磁黄铁矿—黄铁矿阶段)、3 件辉碲铋矿和 6 件白云母(辉碲铋矿阶段)进行了 He 和 Ar 同位素测试分析,结果示于表 1。测试工作在地质矿产部矿床地质研究所同位素实验室完成,有关仪器、分析方法、工作流程和测

* 本文由国家自然科学基金(49672116)和国家杰出青年基金(49825103)资助

第一作者 毛景文,男,1956 年生,研究员,现从事金属矿床地质、地球化学研究,邮编:100037

试精度在以往有关的论文中已经详细陈述^[15,17],在此不再重复。

从表1可以看出,大水沟两个成矿阶段3种主要矿物中流体的³He/⁴He比值为0.2~2.8 R/Ra,其中磁黄铁矿的比值最高,在1.6~2.8R/Ra之间,辉碲铋矿次之,为1.2~1.5 R/Ra,白云母最低,为0.2~1.2R/Ra。胡瑞忠等(1999)在论述黄铁矿和石英流体包裹体He-Ar体系时,发现石英漏气程度远远大于黄铁矿,但流体包裹体中因He和Ar扩散丢失而引起的同位素分馏及后生叠加的He和Ar均可忽略不计。大水沟碲矿床中的3种矿物的测试结果显示,六方晶系的磁黄铁矿比层状矿物辉碲铋矿和白云母的R/Ra值明显而普遍高,可能是由于³He丢失速率大于⁴He所致。

地壳物质中的³He/⁴He比值为0.01~0.05R/Ra^[18],地幔流体的³He/⁴He比值为6~9 R/Ra。由于在该地区未见岩体出露,燕山期区域变质作用不明显,因此,可以假设形成大水沟碲矿床的成矿流体为壳幔二元流体混合的结果。那么,从表1的测试结果可以看出,地幔流体较强地参与了成矿过程。虽然大水沟碲矿床不像湖南万古金矿床那样表现出典型地幔流体成矿所含有的高R/Ra值^[15,19],但可以与迄今已经进行过He同位素研究的几个热液矿床(包括马厂箐铜矿床、袁牢山金矿带、秘鲁Casapalca and Pasto Bueno Ag-Pb-Zn-Cu矿床和韩国Dae Hwa 钨钼矿床)相对比^[18,20~22],这些矿床的特点是成矿流体的R/Ra值在0.1~3.0之间。

地幔流体的⁴⁰Ar/⁴He比值大约是0.6^[23],太平洋深水的比值为8400,后者被认为有少量地幔He的贡献^[23]。大水沟碲矿石成矿流体的⁴⁰Ar/⁴He比值小于0(表1),与地幔流体比较接近,可能反映出与He同位素相同的成因信息。

表 1 大水沟碲矿床 He 和 Ar 同位素组成

Table 1 Helium and Argon isotopic components of the Dashuigou tellurium deposit

样品编号	测试矿物	³ He/ ⁴ He×10 ⁻⁶	⁴ He/10 ⁻⁸ cm ³ STP/g	R/Ra	⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	⁴⁰ Ar/ ⁴ He
DSG-1-1	辉碲铋矿	2.1	12.2	1.5	301	0.015
DSG1-2	辉碲铋矿	1.7	296	1.2	253	0.124
DSG1-3	辉碲铋矿	1.7	443	1.2	341	0.137
DSG-2	磁黄铁矿	3.8	4.6	2.8	297	0.004
DSG-3	磁黄铁矿	2.2	2.9	1.6	301	0.003
DSG-4	磁黄铁矿	2.8	3.4	2.0	300	0.024
KD-11-2	白云母	1.4	0.21	1.0	—	—
KD-11-1	白云母	1.7	0.25	1.2	—	—
KD-12-1	白云母	0.9	0.17	0.7	—	—
KD-12-2	白云母	0.2	0.19	0.2	—	—

大水沟碲矿床成矿流体的He-Ar同位素体系反映出成矿作用与地幔流体活动的内在联系。这一结论可以较好地与成矿地球化学及其其他同位素资料相印证。碲是一种地幔和地核中所富有的元素,在地球化学循环中于地壳中贫化。在上地壳能够形成大水沟这样罕见的高品位碲矿,其本身就是一种成矿的异常现象。亲地幔和地核元素大幅度被搬运到地壳,深部流体和气体起着重要的输运作用。陈培荣等报道^[13],大水沟矿石流体包裹体以高

度富 CO_2 为特征,这一结论与矿石中大量出现碳酸盐矿物组合相吻合。其实,一些研究已经证明富含 Te 和 CO_2 的流体就是地幔流体的最好证据^[25,26]。据陈毓川等研究^[10],大水沟碲矿床第一阶段磁黄铁矿、黄铁矿和黄铜矿的S同位素值($\delta^{34}\text{S}$)分别为 $-3.1\text{‰} \sim -2.8\text{‰}$, $-0.6\text{‰} \sim -2.8\text{‰}$ 和 $-1.4\text{‰} \sim -1.9\text{‰}$,第二阶段的辉碲铋矿 S 同位素的 $\delta^{34}\text{S}$ 值分布范围为 $0.2\text{‰} \sim 0.8\text{‰}$,两阶段矿石成矿流体的 C、O 和 H 同位素($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD)分布区间分别为 $-7.2\text{‰} \sim -5.3\text{‰}$ 、 $3.4\text{‰} \sim 6.1\text{‰}$ 和 $-82\text{‰} \sim -54\text{‰}$ 。这些资料与 He-Ar 同位素资料一致,清楚地表明大水沟碲矿床的成矿流体和部分成矿物质主要来自地幔,而且与地壳物质交换的程度不十分强烈。

参 考 文 献

- 1 曹志敏,骆耀南. 四川石棉县碲(铋)矿床特征与物质组分. 第五届全国矿床会议文集,北京:地质出版社,1993,476~478.
- 2 陈毓川,毛景文,周剑雄等. 四川石棉县大水沟碲铋金矿床?世界首例以碲为主的独立碲矿床. 第五届全国矿床会议论文集,北京:地质出版社,1993,437~439.
- 3 骆耀南,付德明,周绍东等. 四川石棉县大水沟碲矿床地质与成因. 四川地质学报,1994,13(2):100~110.
- 4 毛景文,陈毓川,杨百川等. 四川省石棉县大水沟碲多金属矿床研究获重要进展. 矿床地质,1994,13(1):封底.
- 5 毛景文,陈毓川,杨百川等. 四川省石棉县大水沟碲矿床中的辉碲铋矿研究. 地质科学,1995a,30(1):47~52.
- 6 毛景文,陈毓川,周剑雄等. 四川省石棉县大水沟碲矿床地质、矿物学和地球化学. 地球学报,1995b,6(3):276~290.
- 7 曹志敏,温春齐,李保华. 四川碲化物脉型矿床矿物共生序列与矿石成因. 中国科学(B辑),1995,25:647~654.
- 8 Mao Jingwen, Chen Yuchuan and Wang Ping'an. Geology and geochemistry of the Dashuigou tellurium deposit, western Sichuan, China. International Geology Review, 1995, 37:526~546.
- 9 王汝成,沈渭洲,徐士进等. 四川石棉县大水沟碲矿床的同位素地质研究. 南京大学学报(自然科学),1995,31(4):137~146.
- 10 陈毓川,毛景文,骆耀南等. 四川大水沟碲(金)矿床地质和地球化学. 北京:原子能出版社,1996.
- 11 骆耀南,曹志敏. 大水沟独立碲矿床——世界首例碲化物脉型矿床地质地球化学. 成都:西南交通大学出版社,1996.
- 12 魏家秀,毛景文. 大水沟碲矿床成矿流体特征及其幔源性质. 矿床地质,1998,17(增刊):1991~1994.
- 13 陈培荣,陆建军,王汝成等. 首例独立碲矿床流体包裹体研究. 矿床地质,1998,17(增刊):1011~1014.
- 14 银剑钊,陈毓川,周剑雄等. 世界首例独立碲矿床的矿物学研究. 矿物岩石地球化学通讯,1994,(3):153~155.
- 15 毛景文,李延河,李红艳,王登红,宋鹤彬. 湖南万古金矿幔源流体成矿的氦同位素证据. 地质论评,1997b,43(6):646~649.
- 16 毛景文,陈毓川,李红艳. 四川大水沟碲矿床 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄研究. 地球学报,1997a,18:397~399.
- 17 李延河,宋鹤彬,李金城等. 太平洋中部多金属结核与海底热液活动的关系. 科学通报,1997,42:2084~2086.
- 18 Stuart F M, Bunard P G, Taylor R P, et al. Resolving mantle and crustal contributions to ancient hydrothermal fluids: He-Ar isotopes in fluid inclusions from Dae Hwa W-Mo mineralization, South Korea. Geochimica Cosmochimica Acta, 1995, 59:4663~4673.
- 19 Mao Jingwen, Li Hongyan, and Robert Kerrich. High helium component in the Wangu gold deposit in Hunan province, China. Geology (submitted).
- 20 Simmons S F, Sawkins F J, Schlutter D J. Mantle-derived helium in two Peruvian hydrothermal ore deposits. Nature, 1987, 329:429~432.
- 21 胡瑞忠,毕献武,Turner G.,等. 马厂箐铜矿床黄铁矿流体包裹体 He-Ar 同位素体系. 中国科学(D辑),1997,27:503~508.

22 胡瑞忠,毕献武,Turner G.,等. 袁牢山金矿带成矿流体 He 和 Ar 同位素地球化学. 中国科学(D 辑),1999,29 321~330.

23 Turner G, and Stuart F. Helium/heat ratios and deposition temperatures of sulphides from the ocean floor. Nature, 1992, 357 581~583.

24 Clarke W B, Beg M A & Craig H. Excess ³He in the sea :evidence for terrestrial primordial He. Earth Planet. Sci. Lett. 1969, 76 212~220.

25 Groves D I, Golding S D, Rock N M S, Barley M E, McNaughton N J. Archaean carbon reservoirs and their significance to the fluids source for gold deposits. Nature, 1988, 331 254~257.

26 杜乐天. 地球的排气作用. 矿物岩石地球化学通讯,1994,(4) 210~212.

Helium and Argon Isotopic Components of Fluid Inclusions and Tracing to the Source of Metallogenic Fluids in the Dashuigou Tellurium Deposit of Sichuan Province

Mao Jingwen Wei Jiaxiu
(Institute of Mineral Deposits,CAGS,Beijing)

Abstract Since the discovery of the Dashuigou tellurium deposit,a new type of deposit,in Sichuan Province in 1993,a lot of research work has been done. However,metallogenic process and substance sources remain controversial. The authors chose three pyrrhotite samples of the pyrrhotite-pyrite stage and three tetradymite samples and six muscovite samples of the tetradymite stage to analyse their helium and argon isotopic components of fluid inclusions. ³He/⁴He ratios are 1.6~2.8 R/Ra with a mean of 2.12 R/Ra for pyrrhotite,1.2~1.5 R/Ra with a mean of 0.3 R/Ra for tetradymite,and 0.2~2.2 R/Ra with a mean of 1.1 R/Ra for muscovite. ⁴⁰Ar/⁴He ratios of metallogenic fluids change greatly,being 237~379 for pyrrhotite of the pyrrhodtite-pyrite stage and 7~66 for tetradymite of the tetradymite stage. The data obtained suggest that large quantities of mantle fluids were involved in the metallogenic process of the Dashuigou tellurium deposit.

Key words metallogenic fluid helium-argon isotope tellurium deposit Dashuigou Sichuan Province