

四川石棉大水沟碲矿床铅同位素地球化学特征

王玉婷¹, 何明友¹, 白宪洲², 张海¹, 张程远¹, 唐耀¹

(1. 成都理工大学 核技术与自动化工程学院, 成都 610059; 2. 四川省地质调查院, 成都 610081)

摘要: 文章在对大水沟碲矿床矿石铅、岩浆岩铅的同位素组成分析基础上探讨两者之间的密切联系。研究表明, 该区成矿物质来源主要来自下地壳和地幔且矿区矿石与围岩关系紧密; 矿床的铅不是单一来源的正常铅, 而是混合型多来源的异常铅。

关键词: 碲矿床; 铅同位素; 地球化学; 大水沟; 四川省

中图分类号: P597.2; P618.83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)03-0262-04

0 引言

碲(Te)是一种分散元素(Scattered Elements), 曾被认为“不能形成独立矿床, 只呈伴生方式赋存于其他元素的矿床内”(《中国大百科全书·地质学卷》, 1993:197), 但是随着1991年四川石棉县大水沟独立碲矿床的发现, 改变了这一说法。

国内众多学者对石棉县大水沟碲矿的地质、构造和矿石组分的地质地球化学特征及其成矿成因等方面做了大量的研究工作。银剑钊(1994)认为碲矿床的成矿物质主要源于沉积围岩; 毛景文(1995)认为碲矿床的成矿物质来自岩浆岩。本文将通过对大水沟碲矿床矿石和围岩(主要为花岗岩)铅同位素地球化学组成的对比研究, 力图探索大水沟碲矿床矿石中铅的来源以及与围岩的关系, 为碲矿床地球化学研究提供有用信息。

1 矿床地质特征

大水沟位于川西高原与四川盆地过渡带的石棉县城南西方向, 平距20 km。大水沟地区北起西油房, 南抵店房, 西自滨多, 东迄田平。

区内出露地层有奥陶系一志留系中浅变质碎屑岩—碳酸盐岩夹基性火山岩, 中泥盆统大理岩、板岩, 下二叠统大理岩, 上二叠统变质玄武岩、板岩和

大理岩, 中、下三叠统浅变质碎屑岩—碳酸盐岩夹变基性火山岩^[1], 上三叠统一侏罗统砂、页岩, 新近系和第四系。地震测深资料显示, 本区处于向W倾的莫霍面斜坡带中, 并被安宁河深大断裂所切穿(四川省区域地质志, 1991)。由于本区处于深断裂带的中段, 辉绿岩(脉)体广泛分布, 西侧有大量印支、燕山—喜山期火成岩出露; NNW向大渡河韧性剪切带, 次级的宾多韧性剪切带和西油房韧性剪切带将本区分为3个构造岩片^[2](洪坝构造岩片、大水沟构造岩片、蟹螺构造岩片), 形成“两带三片”的基本构造框架格局。区内有金、银、铜、铅、锌、磁黄铁矿等矿床、矿化点星罗棋布, 为贵金属、多金属的重要矿化集中区^[3]。区内的Te与Bi存在很强的异常反映, 并沿着区内的泸定—冕宁韧性剪切带带状分布, 表明碲矿床(化)与区内构造活动关系密切联系。

大水沟碲矿床主要产出于中、下三叠统块状粗晶白云石大理岩、含碳泥质条带白云石大理岩夹钙质变基性火山岩中(图1)。印支—喜山期贡嘎山花岗岩(带)使得区内的中、下三叠统地层呈热穹隆特征呈环状分布。碲矿床位于该穹隆的北侧边部, 穹隆体的核部为一套粗晶大理岩, 翼部为钙质石英片岩、绢云透闪片岩夹大理岩, 在穹隆部位发育有一系列SN-NNE向的张性断裂, 这些断裂明显控制着碲矿床的形成^[4]。矿脉主要沿追踪剪切—拉张破裂面进行充填; 矿体的单脉呈平直、分支复合、尖灭再现或锯齿状, 并沿张性断裂及次级裂隙充填。

收稿日期: 2010-12-08

基金项目: 中科院地球化学研究院开放实验室项目《四川石棉碲矿床成矿流体的地球化学热力学研究》资助。

作者简介: 王玉婷(1977-), 女, 新疆博乐人, 博士研究生, 矿床地球化学、环境地球化学研究方向。通信地址: 四川省成都市金牛区沙湾东一路10号1栋1单元203室; 邮政编码: 610031; E-mail: wytbt6@yahoo.com.cn

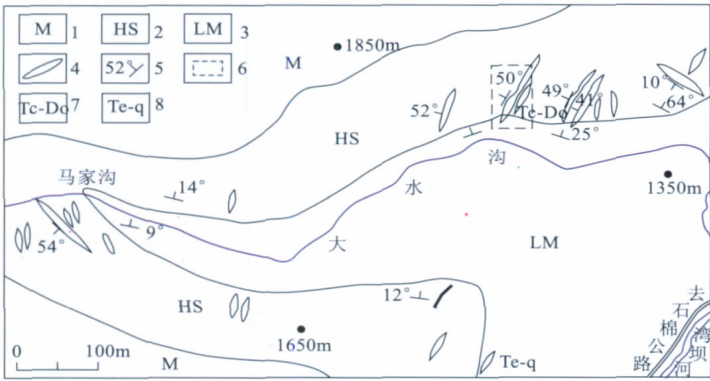


图 1 大水沟区域地质图(据曹志敏修改)

Fig. 1 Regional geological map of Dashuigou area

1. 上大理岩段 2. 焦山片岩段 3. 下大理岩段 4. 磁黄铁矿脉 5. 破碎带产状
6. 已开采碲矿脉范围 Te-Do. 白云石脉型碲矿脉 Te-q. 石英脉型碲矿脉

2 铅同位素地球化学特征

铅同位素组成是一种非常有用的地球化学示踪体系,同时作为矿质来源研究的一种有效手段,已广泛应用于金属甚至非金属矿床^[5]。研究区矿体围岩和矿石的铅同位素组成、模式年龄及源区特征值见表 1。

从表 1 可知,16 件铅同位素组成值:²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=18.127~19.262, 极差 1.135,变化率 5.89%;²⁰⁸Pb

/²⁰⁴Pb=38.406~40.231,极差 1.825,变化率 4.54%;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.565~15.689,极差 0.124,变化率 0.79%,变化较小。表明矿床具有异常铅同位素组成特点,且采集的样品相对富含放射成因²⁰⁶Pb。另外,碲矿床矿石样(5 件)中²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 的变化率为 2.35%,表明碲矿化可能源于相对富含放射成因²⁰⁶Pb 的源区。同时,不同类型样品的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 变化率均大于 2%,且变化率由矿石样到围岩(花岗岩)样呈增大趋势(2.35%→5.89%)。源区特征值中,碲矿床矿石铅 μ 值变化于 9.43~9.56,围岩(花岗岩)的铅 μ 值变化于 9.40~9.49,表明铅的来源可能为壳幔混合铅^[6]。通过计算得出铅的特征参数 ω 值(²³²Th/²⁰⁴Pb)和 Th/U 值,碲矿石分别为 35.25~36.44,3.61~3.75;围岩(花岗岩)为 34.79~41.03,3.56~4.16。该数据反映出,无论是碲矿体矿石铅还是围岩石铅,其同位素组成都很近似。

由表 1 可见,采用单阶段铅演化模式计算的模式年龄偏小,部分甚至为负值,表明碲矿床铅不是单一来源的正常铅,而是混合型的异常铅。将矿石铅同位素和岩石(主要为花岗岩)的铅同位素组成投影在²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb—²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 图和²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb—²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 图(图 2)上,反映出岩石铅和矿石铅表现出良好的线性关系,呈现出同源的关系。

表 1 大水沟碲矿床围岩(花岗岩)、矿石铅同位素组成、模式年龄及源区特征值

Table 1 Pb-isotopic composition,model age and characteristic value of ore and the host rock (granite) of Dashuigou Te deposit

样号	样品名称	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	<i>t₂</i> /Ma	μ	ω	Th/U	<i>V</i> ₁	<i>V</i> ₂	Δα	Δβ	Δγ
S1	花岗岩	18.99	15.669	40.231	1.2119	-172	9.55	41.03	4.16	118.87	63.71	105.91	22.47	80.44
S2	花岗岩	19.262	15.689	39.202	1.2277	-349	9.56	35.91	3.64	101.05	88.92	121.75	23.77	52.80
S3	花岗岩	18.479	15.63	39.356	1.1823	154	9.52	40.16	4.08	84.66	47.48	76.15	19.92	56.94
S4	花岗岩	18.259	15.611	39.02	1.1696	290	9.50	39.89	4.06	70.92	40.00	63.34	18.68	47.91
S5	花岗岩	18.948	15.674	39.703	1.2089	-134	9.56	39.29	3.98	105.07	67.62	103.46	22.80	66.26
S6	花岗岩	18.127	15.581	38.467	1.1634	349	9.46	38.05	3.89	54.20	38.99	55.65	16.73	33.06
S7	花岗岩	19.006	15.629	38.71	1.2161	-238	9.47	34.79	3.56	82.62	80.47	106.84	19.86	39.59
S8	花岗岩	18.79	15.602	38.678	1.2043	-112	9.43	35.50	3.64	76.30	69.63	94.26	18.10	38.73
S9	花岗岩	18.987	15.617	38.883	1.2158	-240.2	9.45	35.43	3.63	86.3	77.35	105.73	19.08	44.23
S10	花岗岩	18.676	15.63	38.902	1.1949	10.2	9.5	37.23	3.79	78.78	62.18	87.62	19.92	44.74
K5-2	辉铋碲矿	18.682	15.602	38.575	1.1974	-30.8	9.44	35.65	3.65	71.05	65.48	87.97	18.1	35.96
K7-2	辉铋碲矿	18.783	15.604	38.599	1.2037	-103.7	9.44	35.25	3.61	74.22	70.21	93.85	18.23	36.61
K8-2	辉铋碲矿	18.582	15.576	38.611	1.1930	9.6	9.4	36.07	3.71	69.35	59.58	82.15	16.4	36.93
K8-3	辉铋碲矿	18.34	15.565	38.406	1.1783	174.5	9.4	36.44	3.75	58.2	49.75	68.05	15.68	31.42
K9-2	辉铋碲矿	18.592	15.625	38.517	1.1899	65.6	9.49	36.1	3.68	67.34	62.23	82.73	19.6	34.4
K4-2	辉铋碲矿	18.649	15.587	38.53	1.1964	-26	9.42	35.51	3.65	69.12	64.02	86.05	17.12	34.75

注:*t₂* 为模式年龄;μ,ω,*V*₁,*V*₂ 为铅同位素特征值;Δα,Δβ,Δγ 为铅同位素相对偏差值。

在 Doe B R 和 Zalman R E 的铅同位素构造模式图解(图 3)中,样品主要分布于上地壳和造山带附近,其中 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图投影点落在造山带增长线两旁与上地壳演化曲线之间, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图投影点落在造山带增长线两旁与下地壳演化曲线之间,这反映了样品的铅

为壳幔混合来源。

运用朱炳泉(1998)不同成因类型矿石铅的 $\Delta\beta$ — $\Delta\gamma$ 变化范围成因分类图解对采集样品进行投影(图 4),显示大部分碲矿床矿石和花岗岩样品的铅分布在上地壳与地幔混合的俯冲铅。

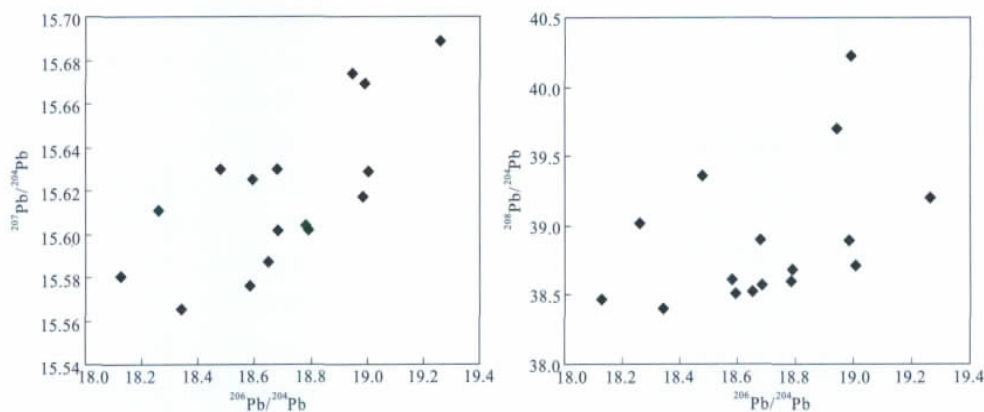


图 2 研究区铅同位素组成图解

Fig. 2 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram for the study area

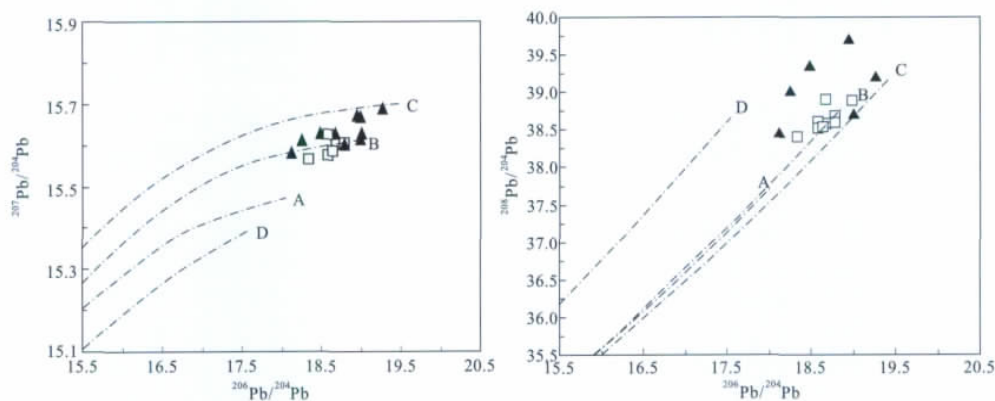


图 3 研究区铅同位素组成图

Fig. 3 Plumbotectonics model of Lead isotopes for the study area

▲. 花岗岩 □. 矿石 A. 地幔演化曲线 B. 造山带演化曲线 C. 上地壳演化曲线 D. 下地壳演化曲线

3 结论

通常认为,具有低 μ 值(小于 9.58 或 9.74)的铅来自下部地壳或上地幔,或来自其他构造单元中,基本上处于封闭的体系,矿床的形成一般与岩浆活动关系密切,而且在成矿过程中,基本上没有受到地壳物质的混染;具有高 μ 值(大于 9.58 或 9.74)的铅或位

于零等时线右侧的放射成因铅来自铀、钍相对富集的上部地壳岩石^[7]。在大水沟碲矿床中,矿石铅和围岩铅兼具有上述 2 种情况的特点,一方面矿石铅和围岩铅 μ 值较低(矿石铅 $\mu=9.50$,围岩铅 $\mu=9.43$);另一方面,在铅同位素增长曲线图中,矿石铅和围岩铅均位于零等时线的右侧。这些特征表明矿石铅同位素组成既具有下地壳或上地幔的特征,又具有上地壳的特征,同时也说明了铅来源的多样性。

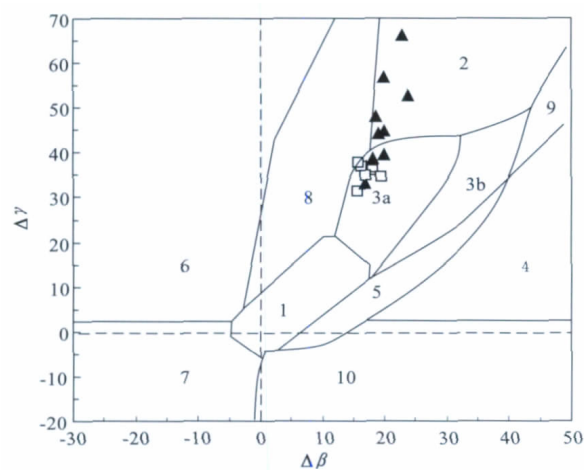


图 4 矿石铅同位素的 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ 成因分类图解
(据朱炳泉等,1998)

Fig. 4 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ diagram of the genetic classification of the ore lead isotopes

▲. 花岗岩 □. 矿石

1. 地幔源铅 2. 上地壳源铅 3. 上地壳与地幔混合的俯冲铅
3a. 岩浆作用;3b. 沉积作用 4. 化学沉积型铅 5. 海底热水作用铅
6. 中变质作用铅 7. 变质作用下地壳铅 8. 造山带铅
9. 古老页岩上地壳铅 10. 退变质铅

(1)碲矿床矿石铅和围岩铅相关性分布图显示出二者具有良好的线性关系,呈现出同源的关系。

(2)在铅同位素构造模式图解中,可见碲矿床铅来自混合型多来源的异常铅,表现出明显的壳幔来源特征。

(3)矿石铅同位素的 $\Delta\beta-\Delta\gamma$ 成因分类图显示出碲矿床矿石铅和围岩铅具有同样的分布特征,且关系密切。

通过对大水沟碲矿床铅同位素地球化学特征研究,发现围岩(主要为花岗岩)与碲矿床形成过程有一定联系。

参考文献:

- [1] 李保华,曹志敏,金景福,等. 大水沟碲矿床成矿物理化学条件研究[J]. 地质科学,1999,34(4):463-472.
[2] 曹志敏. 大水沟碲矿床成矿条件与碲的富集机理研究(博士论文)[D]. 成都:成都理工学院,1995.
[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[J]. 四川地质学报,1994,14(2):100-110.
[4] 陈毓川,银剑钊,周剑雄,等. 四川石棉县大水沟独立碲矿床地质特征[J]. 地质科学,1994,29(2):165-167.
[5] 梁婷,王磊,彭明兴,等. 新疆彩霞山铅锌矿床的铅同位素地球化学研究[J]. 西安科技大学学报,2005,25(3):337-340.
[6] 张乾,潘家永,绍树勋. 中国某些金属矿床矿石铅来源的铅同位素诠释[J]. 地球化学,2000,29(3):231-238.
[7] 袁峰,周涛发,岳书仓. 新疆阿克提什金矿床铅同位素地球化学[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2001,24(1):12-16.

**Pb isotope geochemistry of Dashuigou tellurium deposit
in Shimian county, Sichuan province**

WANG Yu-ting¹, HE Ming-you¹, BAI Xian-zhou^{1,2},
ZHANG Hai¹, ZHANG Cheng-yuan¹, TANG Yao¹

(1. College of Applied Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology,
Chengdu 610059, China; 2. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610081, China)

Abstract: The paper discusses close relation of Dashuigou tellurium deposit to the host (magmatic) rock based on analysis of Pb isotopic composition of ore and the magmatic rock. The Pb isotopic analysis show that ore materials are derived mainly from lower crust and mantle and the ore is closely related to the host rock and Pb of the deposit is not the mono-normal lead but the multi-source anomaly lead.

Key Words: tellurium deposit; Pb isotopes; geochemistry; Dashuigou; Sichuan province