

文章编号: 1009-3850(2003)02-0082-04

# 兰坪白秧坪铜银多金属矿床成矿物质来源的 铅和硫同位素示踪

王峰, 何明友

(成都理工大学, 四川 成都 610059)

**摘要:** 白秧坪铜银多金属矿床主要产于白垩系下统景星组石英砂岩、粉砂岩中, 矿石铅同位素组成特征与景星组砂岩的铅同位素组成比较接近, 表明壳源物质参与了成矿作用。作 ZartMan 图解和  $\Delta\gamma-\Delta\beta$  图解表明, 矿石铅属于壳幔混合来源。矿石铅  $\mu$  值介于 9.43~9.65 之间, Th/U 比值介于 3.72~3.87 之间, 表明矿石铅为壳幔混合铅。该矿床硫同位素组成表明, 硫来源于深部地幔硫遭受地壳硫的混入。该矿床的成矿作用发生于开放体系之中, 成矿物质来源为深部幔源物质混合了壳源物质。

**关键词:** 铅、硫同位素; 铜银矿床; 成矿物质来源; 白秧坪; 兰坪; 滇西

中图分类号: P597<sup>+</sup>.2

文献标识码: A

滇西兰坪盆地蕴藏有丰富的铜、银、铅、锌、锑等矿产资源, 尤以金顶超大型铅锌矿床闻名于国内外。国内许多学者对盆地的地质、构造和一些主要矿床特别是金顶铅锌矿床的地质地球化学特征及其成因等作了大量研究工作, 但是盆地中铜银矿床的找矿和研究工作还比较薄弱。近几年在该区陆续发现了一些新的前景可观的铜银矿床, 白秧坪铜银矿就是其中之一<sup>[1]</sup>, 它具有大型矿床的前景。本文通过矿石铅、硫同位素研究, 对白秧坪铜银多金属矿床的成矿物质来源进行了初步的探讨。

## 1 矿床地质特征

兰坪盆地是一个南北向展布的中、新生代陆内裂谷拗陷盆地, 盆地东西两侧为两个造山带, 即金沙江构造带和澜沧江构造带, 盆地内构造活动亦很频繁。白秧坪铜银多金属矿床即位于兰坪盆地的北端。矿区内出露地层为一套中、新生代陆相碎屑沉积岩, 古近系云龙组为砖红色钙质泥岩、粉砂岩、砂

岩夹细砂岩、泥砾岩; 上白垩统南新组为岩屑砂岩、粉砂岩夹石英质砾岩及泥质白云岩; 下白垩统景星组为岩屑石英砂岩、粉砂岩、泥岩; 中侏罗统花开佐组为紫红色岩屑砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、石英细砂岩夹钙质砾岩。景星组岩石破碎, 小构造发育, 是矿区的主要含矿层位。

由于古新世以来的喜马拉雅造山运动, 区内构造活动强烈, 断裂、推覆构造十分发育, 在矿区形成了近南北走向的逆冲推覆断裂和与其派生的北东-南西向压扭性断裂组成的断裂体系。南北向的主干逆冲断裂为导矿构造, 次一级的北东-南西向断裂为容矿构造, 控制着铜银多金属矿的分布。

矿体严格受断裂控制, 铜银矿体呈似层状、大脉状产于断裂破碎带和裂隙中, 矿体产状随断层产状的变化而变化。围岩蚀变为以方解石化、弱硅化、褐铁矿化为主, 且与矿化关系密切。主要金属矿物为黝铜矿、孔雀石、蓝铜矿、辉砷钴矿、含钴毒砂、钴华, 脉石矿物以石英、方解石为主。

## 2 成矿物质来源信息

矿石铅同位素组成是示踪矿床成矿物质来源的有效途径。笔者在文中重点分析白秧坪矿体中黝铜矿的铅同位素组成(表1)。

本区14件铅同位素数据表明,矿石黝铜矿(4件)的铅同位素相对稳定,组成比较均匀一致,变化范围很小。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值为18.612~18.680,平均为18.647; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值为15.605~15.709,平均为15.646; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值为38.787~39.068,平均为38.898。与景星组砂岩(9件)的铅同位素比较, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值为18.517~18.756,平均为18.640; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值为15.676~15.892,平均为15.733; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值为38.851~39.328,平均为39.029。表明该矿床的铅同位素组成与景星组砂岩比较相近,但又有一些差异,因此,该矿床的成矿过程中,有壳源物质的参与。

根据Zartman图解,该矿床的铅同位素组成主要投影于造山带附近,部分投于上地幔演化曲线与造山带演化曲线之间,部分投于造山带演化曲线与下地壳演化曲线之间,而景星组砂岩主要投于造山带演化曲线与下地壳演化曲线之间,表明该矿床的铅为壳幔混合铅(图1)。

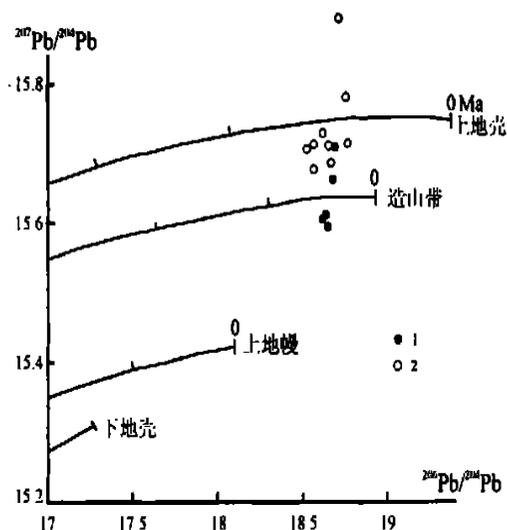


图1 白秧坪铜银多金属矿床铅同位素组成图解

1. 矿石; 2. 砂岩

Fig. 1 Lead isotopic composition curves for the ores and rocks from the Baiyangping copper-silver polymetallic deposit

1= ores; 2= rocks

根据计算公式:

$$\Delta\alpha = [\alpha / \alpha_M(t) - 1] \times 1000$$

$$\Delta\beta = [\beta / \beta_M(t) - 1] \times 1000$$

$$\Delta\gamma = [\gamma / \gamma_M(t) - 1] \times 1000$$

表1 白秧坪铜银多金属矿床铅同位素组成

Table 1 Lead isotopic compositions of the Baiyangping copper-silver polymetallic deposit

序号	样品号	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	T/Ma	$\mu$	Th/U
1	B4-2	黝铜矿	18.669	15.661	38.948	55.1	9.56	3.82
2	B4-3	黝铜矿	18.626	15.610	38.787	21.2	9.46	3.77
3	B4-4	黝铜矿	18.680	15.709	39.068	108	9.65	3.87
4		黝铜矿	18.612	15.605	38.789	25.1	9.45	3.78
5	B2-3	氧化矿石全岩	18.644	15.594	38.703	-13.0	9.43	3.72
6	B1-1	景星组砂岩全岩	18.658	15.685	38.942	93.5	9.61	3.83
7	B1-3	景星组砂岩全岩	18.612	15.727	38.899	178	9.69	3.84
8	DXQ16	景星组砂岩全岩	18.756	15.713	39.328	58	9.65	3.94
9	DXQ18	景星组砂岩全岩	18.645	15.710	38.912	131	9.66	3.83
10	DXQ21	景星组砂岩全岩	18.560	15.711	38.921	200	9.67	3.88
11	N01	景星组砂岩全岩	18.517	15.705	38.889	215	9.65	3.98
12	N02	景星组砂岩全岩	18.707	15.892	39.317	305	9.99	4.09
13	TJY-14	景星组砂岩全岩	18.746	15.779	39.198	143	9.77	4.00
14	J5B91	景星组砂岩全岩	18.562	15.676	38.851	152	9.60	3.84

注: 由宜昌地质矿产研究所同位素室测定; 序号4 据云南地勘局第三大队, 序号8~14 据陈式房<sup>[2]</sup>。

式中  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  为矿石铅同位素的测试值,  $\alpha_M(t)$ 、 $\beta_M(t)$ 、 $\gamma_M(t)$  为成矿时地幔的同位素值。可求出矿石铅与同时代地幔铅的相对偏差  $\Delta\alpha$ 、 $\Delta\beta$  和  $\Delta\gamma$  (表 2)。

表 2 矿石铅同位素的  $\Delta\alpha$ 、 $\Delta\beta$  和  $\Delta\gamma$  值

Table 2  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta\beta$  and  $\Delta\gamma$  values for the ore lead isotopes

序号	样品号	测试对象	$\Delta\alpha$	$\Delta\beta$	$\Delta\gamma$
1	B4-2	黝铜矿	68.024	19.629	38.168
2	B4-3	黝铜矿	65.564	16.309	33.876
3	B4-4	黝铜矿	68.653	22.754	41.367
4		黝铜矿	64.763	15.983	33.930
5	B2-3	氧化石矿	66.593	15.267	31.637

注: 由宜昌地质矿产研究所同位素室测定; 序号 4 据云南地勘局第三大队。

在矿石铅同位素  $\Delta\gamma$ - $\Delta\beta$  成因分类图解上, 矿石铅主要落入上地壳与地幔混合的俯冲带铅的范围, 并且大部分靠近造山带铅区 (图 2), 因此, 该矿床的矿石铅应属壳幔混合铅。

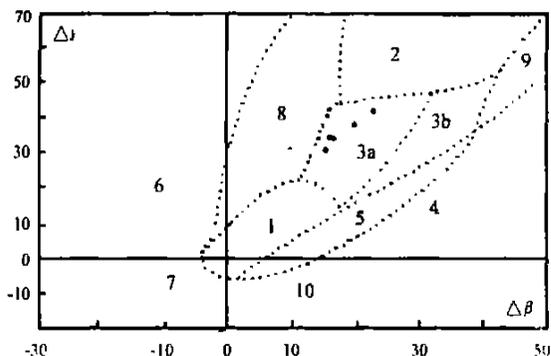


图 2 矿石铅同位素  $\Delta\gamma$ - $\Delta\beta$  成因分类图解

1. 地幔来源铅; 2. 上地壳来源铅; 3. 上地壳与地幔混合的俯冲带铅 (3a. 岩浆作用; 3b. 沉积作用); 4. 化学沉积作用铅; 5. 海底热水作用铅; 6. 中深变质作用铅; 7. 变质作用下地壳铅; 8. 造山

Fig. 2  $\Delta\gamma$ - $\Delta\beta$  diagram showing the genetic classification of the ore lead isotopes

1= mantle-derived lead; 2= upper crust-derived lead; 3= mixed upper crust- and mantle-derived lead in subduction zones (3a= magmatism; 3b= deposition); 4= lead from chemical deposition; 5= lead from submarine hydrothermalism; 6= lead from medium-deep metamorphism; 7= lower crust-derived lead from metamorphism; 8= orogene

该矿床矿石铅同位素的  $\mu$  值为 9.43 ~ 9.65, 均值为 9.51。上地壳铅的  $\mu$  值大于 9.58, 上地幔铅  $\mu$  值小于 9.58。该矿床 5 个矿石样品中多数小于 9.58, 仅 1 个样品  $\mu$  值大于 9.58, 而景星组砂岩的  $\mu$  值均大于 9.58, 说明该矿床铅的来源为壳幔混合铅。

该矿床铅同位素相对均一的 Th/U 值 (3.72 ~ 3.87) 也反映出壳幔混合铅的特征。

硫化物矿石的  $\delta^{34}\text{S}$  值均为正值, 一般为 6.10‰ ~ 6.91‰, 均值为 6.67‰ (表 3), 相对富重硫, 其变化范围窄, 表明硫的来源比较均一。 $\delta^{34}\text{S}$  值偏离陨硫的范围, 而与基性岩类的硫同位素组成非常接近, 表明硫主要来源于深部, 代表了地幔硫遭受地壳物质混入后的硫同位素组成。

表 3 白秧坪矿石硫同素值组成

Table 3 Sulfur isotopic compositions of the ores from the Baiyangping copper silver polymetallic deposit

序号	样号	测试对象	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$
1	B4-2	黝铜矿	6.71
2	B4-3	黝铜矿	6.79
3	B4-4	黝铜矿	6.91
4	B4-4	黝铜矿	6.83
5		黝铜矿	6.10

注: 由宜昌地质矿产研究所同位素室测定; 序号 4 为重复样, 序号 5 据云南地勘局第三大队。

### 3 结论

白秧坪铜银多金属矿床矿石的同位素结果反映了成矿物质具深源特征, 矿石硫具有深部硫的特点, 铅为壳幔混合铅。因此, 该矿床的成矿作用发生于开放体系之中, 成矿物质来源为深部幔源物质混合壳源物质。

### 参考文献:

- [1] 田洪亮. 兰坪白秧坪铜银多金属矿床地质特征[J]. 云南地质, 1997, 16(1): 105-108.
- [2] 陈式房, 刘仪来, 包育秀, 等. 德钦-下关铅锌矿带矿床类型、成矿规律研究[J]. 云南地质, 1991, 10(2): 119-145.
- [3] 曾键年, 范永香, 林卫兵. 江西金山金矿床成矿物质来源的铅和硫同位素示踪[J]. 现代地质, 2002, 16(2): 170-176.
- [4] 彭建堂, 胡瑞忠, 苏文超. 扬子地块南缘锑矿床中矿石铅的组成及其地质意义[J]. 地质地球化学, 2000, 28(4): 43-47.
- [5] 朱炳泉, 等. 地球科学中同位素体系理论与应用——兼论中国大陆壳幔演化[M]. 北京: 科学出版社, 1997, 152-174, 216-235.
- [6] 谭雪春, 尤卫东. 滇西主要有色金属矿床区域成矿地质背景[J]. 云南地质, 1991, 10(1): 11-43.
- [7] ZARTMAN R E, DOB R. Plumbtectonics—The model[J]. Tectonophysics, 1991, 75(1-2): 135-162.

# Lead and sulfur isotopic tracing of the ore-forming material from the Baiyangping copper-silver polymetallic deposit in Lanping, Yunnan

WANG Feng, HE Ming-you

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**Abstract:** The Baiyangping copper-silver polymetallic deposit in Lanping, Yunnan occurs dominantly in the quartz sandstones and siltstones from the Lower Cretaceous Jingxing Formation. The lead isotopic compositions of the ores from the deposit are similar to those of the sandstones from the Formation, implying that the crust-derived matter seems to have been involved in mineralization. The Zartman diagram and  $\Delta\gamma-\Delta\beta$  plot show that the ore lead has a mixed crust-mantle origin, with the  $\mu$  values ranging between 9.43 and 9.65 and the Th/U ratios between 3.72 and 3.87. The sulfur in the ore deposit is derived from the deep-seated mantle sulfur mixed by the crustal sulfur. The mineralization of the copper-silver deposit took place in an open system, and the ore-forming material consists of the deep-seated mantle-derived material mixed by the crust-derived material.

**Key words:** lead and sulfur isotopes; copper-silver deposit; origin of ore-forming material; Baiyangping; Lanping; western Yunnan

## 板块运动的模式

地壳由浮在地表上以每年几厘米的速率运动的板块组成,但它们为什么会这样?人们知道,板片(slab,向下延伸进地球内部的板块部分)驱动着地幔中的对流,最终导致地表板块运动,但对其运动方式却不甚明了。美国Michigan大学的研究人员推出了一种运动模式。当两个板块碰撞时,其中一个被推到另一个之下,进入地幔,产生一个俯冲带。由于俯冲板片比四周的地幔物质更冷,密度更大,于是往往下沉。这些下沉板片以两种主要的方式影响着板块运动。如果一个板片附着于一个板块,则该板片能直接将板块推向俯冲带。另一方面,如果一个板片与板块并不相系,则不能直接推动该板块。相反,当它下沉时,便在地幔中形成一种循环,产生一种吸力,将附近的板块拖向俯冲带。为了解板片拉力和吸力的相对重要性,研究人员提出三种模式:(1)只有板片的吸力;(2)只有板片的推力;(3)板片的吸力和推力兼而有之。然后将第一种情况引起的板块运动和实际的板块运动进行比较,认为最可能的模式是既包含了板片的拉力,又包含了板片的吸力。该模式也解释了有时使地球动力学家感到困惑的一个现象,即其上有大陆的板块比仅有海洋的板块速度缓慢。但真正的问题是,板块是否有板片维系着,没有板片的仰冲板块比有板片的俯冲板块运动更缓慢。俯冲板块运动得更快,是因为拉力直接作用于其上,其向俯冲带快速运动。仰冲板块也通过吸力被拽向俯冲带,但同时拉力又在地幔中产生了反作用于这一运动的力,这仅对地幔上部600~700km处的板片才有效,而任何深于700km的板片均不能达到这个效果。

摘译自《The Geological Society of London, UK》, October 3, 2002