

广西老厂铅锌矿田稳定同位素组成及其成因意义^①

王平安

(中国地质科学院地质力学研究所)

陈毓川 王全明

(中国地质科学院)

1. 老厂铅锌矿田地质概况

广西老厂铅锌矿田位于南岭成矿带中西部,是桂东北地区重要铅锌矿产地,整个矿田位于一穹状隆起(老厂穹窿)之上,在穹窿的核部出露寒武系板岩、粉砂岩、白云岩及泥质灰岩等浅变质复理石沉积和下泥盆统砂、砾岩。

老厂穹窿为一轴向近 SN 向的非等轴穹窿,位于湘、桂交界的都庞岭—架桥岭 NE 向基底隆起带中部。其上褶皱构造为寒武系基底中轴向 NW 的天岩复式背斜;断裂构造主要为一组 NE—NEE 向的张性断裂,与基底隆起带走向一致,是主要的控矿和容矿构造。

矿田内岩浆岩较发育,北部出露新寨复式黑云母花岗岩体,其主体形成于加里东期,并获得了海西晚期年龄数据(268Ma,单颗粒锆石 U—Pb 法);此外还出露多条花岗岩脉和强蚀变花岗闪长玢岩脉,主要分布在穹窿核部的寒武系中,少部分侵入于外侧的中泥盆统细碎屑岩和碳酸盐岩中。蚀变花岗闪长玢岩脉的同位素年龄为 179.33—190.19Ma(K—Ar 法)。

矿田主要由北部的宝塔隆铅锌矿床和南部的老厂铅锌矿床组成,两个矿床均具大型规模。除铅、锌外,还伴生有铜和重晶石矿体。所有矿体均赋存在张性断裂内,构成多条近似平行等距排列,呈 NE—NEE 走向的矿脉带。目前至少已发现这种矿脉带 14 条,主要产于寒武系中,部分地段进入上覆的泥盆系及新寨黑云母花岗岩体中。矿石主要为角砾状和脉状,胶结充填矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、重晶石、石英、白云石和方解石。

2. 稳定同位素组成分析

(1) 硫同位素组成分析 老厂铅锌矿田硫同位素组成较为分散,其 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 $-40.0\text{‰} + 21.6\text{‰}$ 。其中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值以 $-11.0\text{‰} + 7.9\text{‰}$ 为主,在频率分布直方图上近似呈正态塔式分布,并集中分布在 $-2\text{‰} + 6\text{‰}$ 之间,其众值均为 $+2\text{‰}$ 。这些特征与花岗岩的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围 ($-10\text{‰} + 10\text{‰}$) 基本一致。我们假设矿物沉淀时方铅矿与闪锌矿之间达到硫同位素分馏平衡并据此进行“平衡”温度计算,结果变化范围极大,与包裹体均一温度测定值明显不同,且出现了不少负温度值(即 $\delta^{34}\text{S}_{\text{闪锌矿}} < \delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}}$),证明上述假设不成立,即硫同位素分馏未达到平衡状态,故知成矿是在开放—半开放体系中进行的,成矿过程中成矿体系与外界必有能量和物质的交换。

① 地矿部定向基金与地质行业基金联合资助项目“桂北成矿区成矿系列与成矿预测”研究成果的部分内容。

根据格里年科 (1980) 的实验数据并结合老厂铅锌矿床的矿物组合及其各自的硫同位素组成, 可以确定该矿床的总硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 值初始值为 0‰ , 即属于深源岩浆硫。

(2) 铅同位素组成分析 (表 1) 老厂矿田中矿石铅同位素分布较集中且与新寨岩体中钾长石铅同位素值很一致, 而与地层的全岩铅范围差别很大。另外, 矿石铅在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系图上的投影点明显地呈线性分布, 用最小二乘法求得其回归直线的斜率为 0.75758, 此值大于单阶段演化铅零等时线斜率 (即原始等时线斜率: $\Phi = 0.56903$, 据 Doe 等, 1974), 说明老厂矿石铅是一种得到较好均一的多阶段正常铅。在铅构造学上, 矿石铅介于造山带和上地壳平均演化曲线之间和上地壳平均演化曲线之上, 表明其主要源于地壳并有造山带构造特征。

表 1 老厂铅锌矿田铅同位素组成

Table 1 Lead isotope composition from the Laochang lead-zinc ore field

样 品	样品数	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
		范 围	均 值	范 围	均 值	范 围	均 值
矿石 (硫化物)	33	18.137—18.549	18.319	15.586—15.928	15.751	38.284—39.238	38.657
地层 (全岩)	5	11.388—18.862	15.822	10.230—15.766	13.585	22.422—39.679	32.687
花岗岩体 (钾长石)	1	18.452		15.755		38.752	
花岗闪长玢岩脉 (全岩)	1	16.731		14.248		34.171	

注: 部分数据引自文瑞生 (1987) 和广西地矿局第一地质队资料。

(3) 氧同位素组成分析 矿脉中 13 件石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 测试值变化于 $+8.94\text{‰}$ — $+16.25\text{‰}$ 之间, 平均为 $+13.98\text{‰}$; 白云石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+16.95\text{‰}$; 石英包裹体中气相 CO_2 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值测试值为 $+13.58\text{‰}$ 和 $+17.80\text{‰}$, 平均为 $+15.69\text{‰}$ 。总的看来老厂矿田矿物 $\delta^{18}\text{O}$ 值较高, 介于 $+8.94\text{‰}$ 和 $+17.80\text{‰}$ 之间, 且多大于 $+12\text{‰}$ 。结合老厂矿田地质条件分析, 我们认为矿石中的氧主要来自两方面, 即花岗质岩石和古生代沉积 (变质) 地层。

根据计算, 矿石中石英包裹体水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化于 -1.44‰ — $+9.62\text{‰}$ 之间, 主要为 $+4.25\text{‰}$ — $+9.62\text{‰}$, 平均为 $+5.97\text{‰}$ (14 件样品)。闪锌矿包裹体水的 $\delta^{18}\text{O}$ 测试值为 -3.26‰ — $+0.55\text{‰}$, 平均为 -2.26‰ (3 件样品)。根据氧同位素判断, 老厂矿田成矿流体中水的来源既有岩浆水 ($+5\text{‰}$ — $+10\text{‰}$), 又有大气降水 (-10‰ 左右, 据张理刚, 1989), 且以前者为主。

(4) 氢同位素分析 矿石中石英包裹体水的 δD 值为 -52.81‰ — -52.70‰ , 闪锌矿包裹体水的 δD 值为 -82.3‰ — -40.6‰ , 这与原生岩浆水的 δD 值 (-85‰ — -40‰) 非常一致, 说明成矿流体的水以岩浆水为主。

(5) 碳同位素组成分析 根据测试结果, 矿石中白云石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -5.28‰ , 石英包裹体气相 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -8.98‰ — -8.70‰ , 闪锌矿和方铅矿包裹体气相 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -7.40‰ — -3.43‰ 。总体看 $\delta^{13}\text{C}$ 变化于 -8.98‰ — -3.43‰ , 平均为 -6.12‰ , 这与岩浆流体 ($\delta^{13}\text{C} = -8\text{‰}$ — -5‰) 及上地幔的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-7‰ 左右) 很接近, 表明成矿流体中的碳主要源于深源岩浆物质。

(6) 锶同位素组成 矿石中石英流体包裹体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 0.7250 — 0.7252 , 均大于 0.7100 , 说明锶以地壳来源为主。

3. 矿床成因探讨

根据上述同位素组成并结合矿田地质特征分析,我们认为成矿的硫、铅、氧、碳等主要来自花岗质岩浆,部分源于古生代地层。流体水主要源于岩浆水,部分由大气降水和地层中的变质残留晶间水提供。矿床是由以岩浆热液为主的混合热液所形成。古生代末期的海西—印支运动使本区地壳抬升、由海成陆,形成一系列穹状隆起和壳幔混源型花岗质岩浆侵入,同时使穹窿核部破裂形成其上的张性断裂系统。花岗质岩浆不仅带来成矿的物质和流体,更重要的是提供了热源,引发成矿热液循环机制的启动,促使大气水及地层中的水和成矿物质一道加入成矿活动中来。穹窿上的张性断裂系统为成矿热液提供了活动通道和沉淀空间,使成矿物质在其适当部位(寒武系与泥盆系不整合面附近)形成脉状矿床。

工作过程中得到广西地矿局张湘川、陈扬浦等同志的大力支持与帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 张理刚,成岩成矿理论与找矿——中国主要类型矿床及花岗岩的稳定同位素地质学。北京:工业大学出版社,1989
- 2 陈毓川、毛景文等,桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹。南宁:广西科学技术出版社,1995
- 3 陈毓川、毛景文、王平安,桂北地区金属矿床成矿历史演化程式。地质学报,1994,86(4): 324- 338
- 4 Faure G. Principles of isotope geology. New York/Chichester/Brisbane/Toronto/Singapore. John, W. & Sons, 1986.
- 5 Doe B R and Stacey T S. The application of lead isotopes to the problems of ore genesis and ore prospect evaluation. A review. Econ. Geol. 1974, 69(6): 757- 776.