

湘南两类铅锌矿床的铅同位素组成特征

谢文安 刘文均

(湖南省地质科学研究所)

一、前言

湘南的两类铅锌矿床, 主要指的是东坡、香花岭矿田的铅锌、锡铅锌矿床和产于泥盆纪的层控铅锌矿床。前一类矿床的形成, 不仅与燕山期花岗岩类小岩体密切相关, 而且具有明显的地层效应, 集中产于中上泥盆统棋梓桥组、余田桥组碳酸盐岩中。如香花岭矿田的铅锌矿床约有 80% 的矿床(点)都集中产于棋梓桥组上段下部的白云岩和白云岩化灰岩内, 同时还受到断裂构造的控制。

以往的多数研究者认为, 东坡、香花岭矿田的铅锌矿床, 其成因属于典型的岩浆期后热液矿床。随着研究程度的不断提高与认识的深化, 一些地质工作者指出^①, 东坡、香花岭矿田的铅锌矿床, 不是单一的标型岩浆热液矿床。笔者通过近几年来工作, 认为它们是一类位于标型的岩控与层控矿床之间的“过渡型”矿床, 其成因类型应属沉积-岩浆热液叠加富集型(简称叠加型)。它与湘南的标型层控矿床比较, 两者在矿床特征、物质来源、成矿作用、成矿时期和矿床成因等方面, 既有差异性, 也有相似性。本文试图根据湘南两类铅锌矿床铅同位素组成演化特征来论证它们是同一成矿系列的不同产物。

二、铅同位素组成特征

东坡、香花岭矿田的铅同位素已积累了不少数据, 取得了一些研究成果^②。作者测试了 27 件样品, 测试对象主要是方铅矿以及少量闪锌矿和黄铁矿(表 1), 并根据这些数据编绘成图 1。分析图 1、表 1 可以看出:

1. 湘南两类铅锌矿床以比较稳定的铅同位素组成为共同特征。层控型者的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 17.448—18.065, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.503—15.621, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 37.528—38.148。叠加型铅锌矿床上述三组铅同位素变化范围分别为 18.360—18.733, 15.659—15.868, 37.356—39.004。两类铅锌矿床比较稳定的铅同位素组成特征, 可能是不同来源的铅进入成矿流体后发生了均一化的反映。从上述比值还可以看出, 层控型铅锌矿床的三组铅同位素比值都比叠加型铅锌矿床低, 且两类铅锌矿床的钍铅变化范围略大, 显示包含部分弱异常铅。

① 陈好寿等。

② 如湖南省地矿局湘南地质队王昌烈等(1983)“柿竹园多金属矿床地质”。

表 1 湘南两类铅锌矿床铅同位素组成特征及模式年龄

Table 1. Lead isotopic compositions and model ages of two types of lead-zinc deposits in southern Hunan

类型	序号	矿 区	样 号	矿 物	铅同位素组成			Doe单阶段模型		μ 值
					$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\bar{\phi}$	年龄 (Ma)	
层控型	1	宁远清水桥	18-1	方铅矿	17.930	15.617	38.127	0.61730	527	8.45
	2		18-2		17.989	15.596	38.075	0.61716	526	8.45
	3	宁远横窝岭	22	方铅矿	18.065	15.621	38.148	0.60824	436	8.60
	4	郴县金狮岭	金-2	黄铁矿	17.448	15.503	37.528	0.63985	735	8.03
叠加型	5	资兴大脚岭	大-1(1)	方铅矿	18.619	15.659	38.796	0.57614	85	9.09
	6	郴县横山岭	横-500	方铅矿	18.566	15.759	37.350	0.59024	245	9.06
	7		横12-1		18.512	15.644	38.644	0.58121	144	8.99
	8		13-1		18.560	15.682	38.776	0.58230	156	9.04
	9		15-1		18.551	15.665	38.749	0.58103	142	9.03
	10		14-1		18.550	15.662	38.753	0.58076	138	9.03
	11		17-1		18.496	15.624	38.680	0.58004	130	8.98
	12	郴县蛇形坪	12-2	闪锌矿	18.507	15.687	38.716	0.58612	200	9.00
	13		蛇-26	闪锌矿	18.360	15.868	38.627	0.61571	512	8.90
	14		1-1	方铅矿	18.584	15.711	38.889	0.58392	175	0.07
	15		5-1		18.620	15.721	38.898	0.58273	161	9.10
	16		10-2		18.739	15.688	38.977	0.57188	34	9.20
	17		8-1		18.570	15.675	38.773	0.58091	140	8.05
	18	郴县野鸡尾	野-20	方铅矿	18.593	15.725	38.921	0.58486	86	9.07
	19	郴县黄家坝	黄-1	方铅矿	18.621	15.681	38.882	0.57838	111	9.10
	20	桂东贝溪	-1	方铅矿	18.600	15.690	39.004	0.58065	137	9.08
	21	汝城清江	-14	方铅矿	18.691	15.688	38.859	0.57481	69	9.16
	22		-7		18.506	15.678	38.782	0.58528	191	9.00
	23		-10		18.514	15.683	38.877	0.58532	191	9.00
	24	临武泡金山	泡1-1	方铅矿	18.691	15.745	38.914	0.58088	140	9.17
	25		3-2		18.635	15.695	38.799	0.57901	118	9.11
	26		6-2		18.652	15.707	38.879	0.57924	121	9.13
	27		8-2		18.634	15.706	38.844	0.58025	133	9.11

由核工业部铀矿地质研究所用MAT-260质谱计测试

2. 两类铅锌矿床的铅同位素组成, 总的显示正常铅特征 (叠加型铅锌矿床, 可能为含少量弱异常钍铅的混合型铅)。它们在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图 (图1) 上, 各自集聚成团, 可以明显地区分开, 充分显示了湘南两类铅锌矿床铅同位素组成的差异性。然而, 在两类矿床之间, 又存在有较明显的线性关系。

3. 层控铅锌矿床中, 以东坡矿田金狮岭矿区黄铁矿的铅同位素组成比值最低, 更靠近坐标图交点一些, 它与宁远县清水桥、横窝岭铅锌矿区的数据点之间, 好象也有线性关系。而叠加型铅锌矿床的横山500号样, 为交代穹状迭层石的细粒方铅矿, 其 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值只有37.350, 在坐标图上更靠近横轴, 表明它可能来自不同 ω 值系统的另一源区。这反映了铅

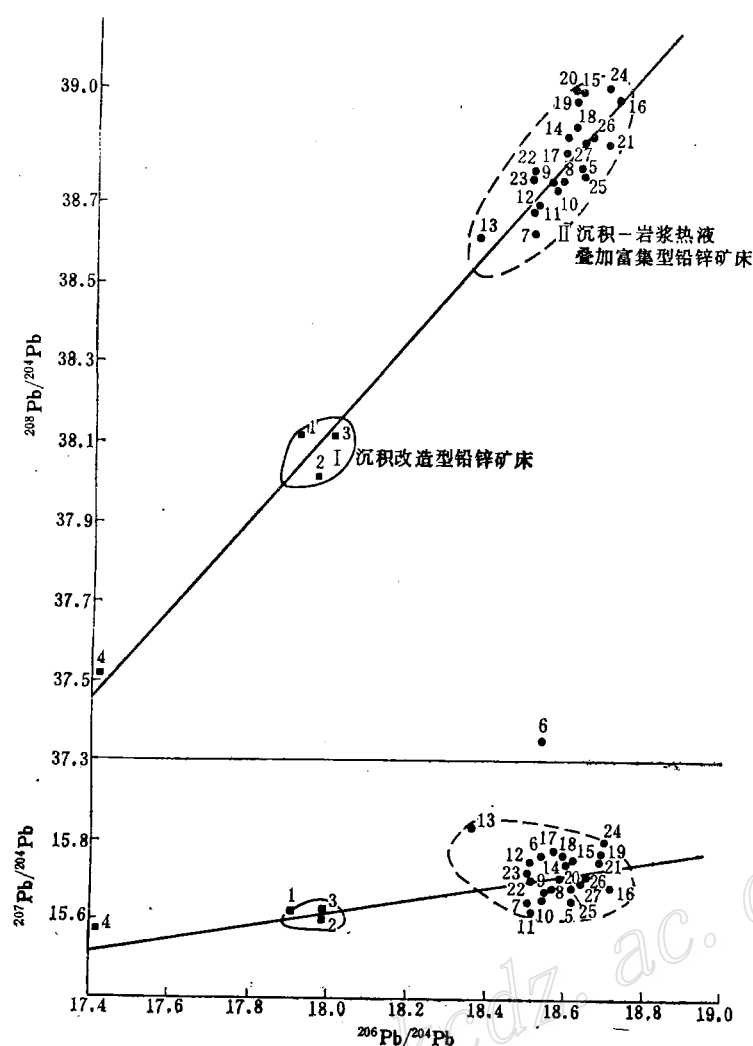


图1 湘南两类铅锌矿床铅同位素组成坐标图

(图中数字为样品序号, 产地见表1)

Fig. 1. Diagram showing lead isotopic compositions of two types of lead-zinc deposits in southern Hunan, sedimentary-magmatic hydrothermal superimposition enriched type lead-zinc deposits and sedimentary-reformed type lead-zinc deposits.

(Figures refer to serial number of the samples, locations are the same as for Table 1).

等成矿物质的多源性。

综上所述, 湘南两类铅锌矿床的铅同位素组成, 既具有明显的差异性, 又具有某种联系, 可能存在着一个矿床的演化系列。

三、矿石铅最初来源的讨论

确定矿石铅等金属成矿物质来源于地幔还是地壳, 本文从以下两种方法讨论。

1. 类比法, 将湘南两类铅锌矿床的铅同位值投入B.R.Doe和R.E.Zartman综合的各种地质环境中的铅同位素组成图解(图2)上, 从图中不难看出:

(1) 湘南两类铅锌矿床的铅同位素组成均落在地幔铅演化曲线与上地壳铅演化曲线之间, 说明它们不是幔源铅。

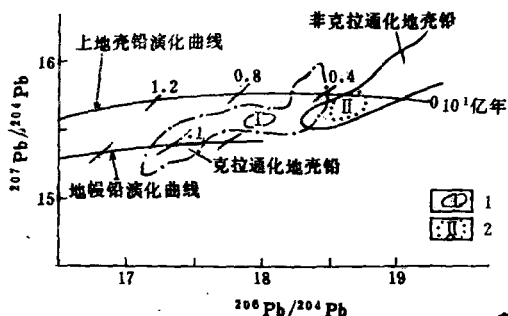


图2 湘南两类铅锌矿床铅同位素组成 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对比图

I—层控型铅锌矿床样点分布区; II—叠加型铅锌矿床样点分布区

Fig. 2. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram of two types of lead-zinc deposits in southern Hunan.

I—Distribution area of samples from stratabound type lead-zinc deposits; II—Distribution area of samples from superimposition type lead-zinc deposits.

(2) 层控铅锌矿床的铅同位素组成相对靠近地幔铅演化曲线, 可能表明它以下部克拉通化地壳铅为主。叠加型矿床的铅同位素组成接近上地壳铅演化曲线, 可能表明它来自于非克拉通化上部地壳铅。

2. 通过计算正常铅样品源区的 μ 值来讨论。根据下列公式^[1]:

$$\mu = \frac{(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) - a_0}{e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}}$$

$$\mu = \frac{(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) - 9.307}{2.0255 - e^{\lambda_1 t}}$$

(式中 $\lambda_1 = 1.55125 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$ (Jaffey et al, 1971); t 为正常铅模式年龄)

计算出两类矿床正常铅的 μ 值(表1)后可知:

(1) 层控型铅锌矿床的正常铅来源于

下部地壳的低 μ 值(8.03—8.60)系统源区。

(2) 叠加型铅锌矿床的正常铅亦来源于低 μ 值(8.90—9.20)的深部地壳。各个矿田、矿带均具有大致相近的 μ 值体系。如东坡矿田是8.90—9.20, 香花岭矿田为9.11—9.17, 汝城矿带是9.00—9.16。不同成矿阶段亦具有相近的 μ 值, 如成岩期横-500号样 μ 值为9.06, 主要成矿阶段(燕山早中期)的蛇-26号样 μ 值为8.90, 成矿晚阶段或成矿后阶段的野-20号样的 μ 值为9.07。上述资料说明了叠加型矿床矿石铅来源的同一性。

四、铅同位素计时与金属矿质的来源

(一) 层控型铅锌矿床

4件样品的铅同位素组成数据, 根据Doe等人的单阶段演化模式计时, 均可得到正年龄值, 表明它们都是正常铅。多数样品的年龄值老于含矿地层时限(表1), 与震旦寒武纪时限相当。从模式年龄频率曲线图(图3)可以看出, 层控矿床的矿石铅模式年龄频率曲线主要出现震旦寒武纪时限峰值, 其次是泥盆纪时限峰值。结合这两个时限地层中铅锌的高背景场可能说明, 湘南层控矿床的矿石铅等金属矿质, 可能主要与加里东基底震旦—寒武纪矿源层有关, 其次与泥盆纪含矿层有关。

(二) 叠加型铅锌矿床

1. 23件矿石铅样品, 均以B.R.Doe (1974) 等人的单阶段模式年龄为据, 经计算主要

得到相当于燕山期花岗岩、花岗斑岩类小岩体侵位时限(69—191Ma)的年龄高值(图3)。这个信息,可能表明矿石铅等金属物质,主要是花岗岩浆源。这个推论,得到了花岗岩类岩石中金属元素高丰度研究成果的映证^①。但东坡矿田蛇形坪铅锌矿床,蛇-26号浅棕色闪锌矿的铅同位素计时,却得到了相当于寒武纪时限的年龄值(512Ma),这个信息可能表明,以蛇形坪矿区主矿体为代表的浅棕色闪锌矿中的矿石铅,主要来自于寒武纪矿源层,它与方铅矿中的铅,不全是同一岩浆源。

纵观叠加型铅锌矿床样品的全部年龄值(表1、图3),不难看出它与层控铅锌矿床的共同点,即以震旦—寒武纪与泥盆纪时限的低峰年龄为特征,说明叠加型矿床的矿石铅可能也与这两个时代的矿源层有关。这一认识,解释了湘南两类铅锌矿床,特别是叠加型铅锌矿床之空间分布,总是集中在震旦—寒武系为核的复背斜周缘之棋梓桥组和余田桥组碳酸盐岩层中之原因。

2. 湘南两类铅锌矿床,矿石中方铅矿、闪锌矿与黄铁矿中的铅同位素计时表明,铅等金属矿质,既有共同的震旦—寒武纪矿源,也有叠加型铅锌矿床独有的花岗岩浆矿源。叠加型铅锌矿床,可能是在层控铅锌矿床的物质基础上,叠加了岩浆金属矿质,进一步改造富化形成的。因此,湘南的两类铅锌矿床存在密切的成因联系,可能属于同一成矿系列。

五、铅同位素组成的两阶段演化特征

湘南两类铅同位素组成在Doe (1974)坐标图上具有两个十分醒目的特征(图4):

1. 层控型和叠加型的铅同位素组成明显地各自集聚成群,反映了两类矿床铅同位素组成的差异与可分性。

2. 两类矿床的铅同位素组成,具有线性关系,相关系数为0.856,斜率为0.148,线性方程为: $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 12.939 + 0.148 \times ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 。异常铅曲线与B. R. Doe的单阶段增长曲线有 t_1 和 t_2 两个交点, t_1 为2224Ma, t_2 为100Ma。 t_2 代表了湘南两类铅锌矿床的主要成矿期,也是叠加型铅锌矿床少量异常铅的矿化期。 t_1 代表了两类矿床矿石铅的最初来源年龄,或正常铅的最早矿化年龄。

同时,我们又根据斜率为0.148, t_2 为100Ma,在陈好寿的多阶段铅计算图上,图解出 t_1 约为2260Ma(图5),也得到了与上述相近的 t_1 年龄值。

根据 $t_1 = 2220\text{Ma}$ 的年龄值,可以计算出湖南武陵运动基底这个古老正常铅源区的铅同位

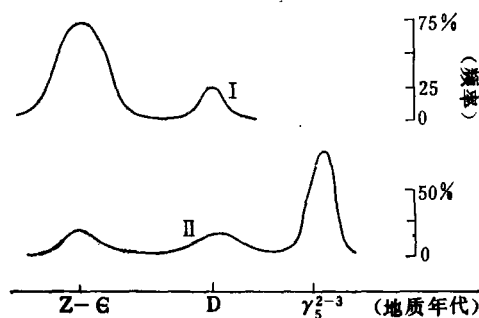


图3 湘南两类铅锌矿床矿床模式年龄频率曲线图

I—层控型铅锌矿床; II—叠加型铅锌矿床

Fig. 3. Frequency curves for model ages of two types of lead-zinc deposits in southern Hunan.

I—Stratabound type lead-zinc deposits; II—Superimposition type lead-zinc deposits.

① 湘南地质队王昌烈等(1983)“柿竹园多金属矿床地质”,等。

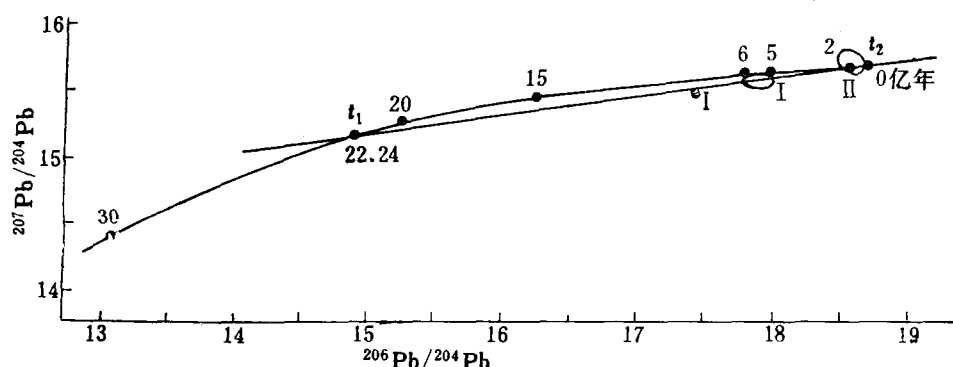


图 4 湘南两类铅锌矿床铅同位素坐标图 (Doe, 1974)

t_1 —来源年龄, t_2 —成矿年龄, I—层控型铅锌矿床, II—叠加型铅锌矿床

Fig. 4. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram of two types of lead-zinc deposits in southern Hunan.

t_1 —age of source, t_2 —age of mineralization, I—Stratabound type lead-zinc deposits, II—Superimposition type lead-zinc deposits.

素组成: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.15, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 14.85, μ 值为 9.05。可以看出,这与湘南两类铅锌矿床全部正常铅计算出的 μ 值变化范围十分吻合,进一步论证了湘南两类铅锌矿床之间的联系。关于湖南武陵运动基底五台期有正常铅源区并参与成矿的认识,作者曾作过讨论^①。本文的论述,为这一认识又增添了论据。

结 语

综上所述,可以归纳出以下几点认识:

1. 湘南泥盆系中两类铅锌矿床,矿石铅中正常铅的最初来源或最早矿化期,可能相当于五台期, μ 值为 9 左右的古老结晶基底系统。

2. 湘南层控型铅锌矿床的矿石铅,可能主要与加里东基底震旦—寒武纪矿源层有关,其次与泥盆纪矿源层有联系。叠加型铅锌矿床则以燕山期花岗岩浆源为主,震旦—寒武纪与泥盆纪矿源层也可能是重要的矿源。

3. 震旦—寒武纪矿源,可能是 2220Ma 时限古老结晶基底正常铅转移形成的,是正常铅二次矿化期的产物。一方面,它为两类铅锌矿床提供了正常铅矿源;另一方面,还可能是湘南燕山期花岗岩的母岩。

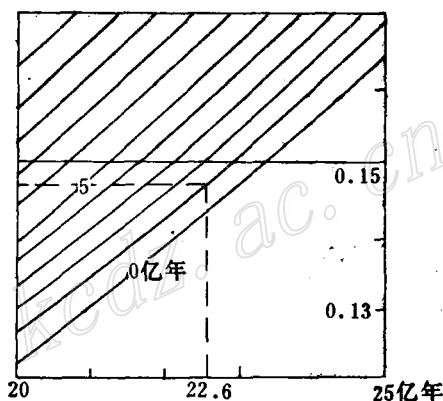


图 5 湘南两类铅锌矿床铅来源年龄图解(陈好寿)

Fig. 5. Diagram showing source age of lead in two types of lead deposits in southern Hunan.

① “湖南某些层控铅锌矿床的铅同位素成因地球化学”(1983)。

4. 湘南两类铅锌矿床的成矿期主要是燕山构造岩浆成矿期。
5. 湘南两类铅锌矿床矿石铅等金属矿质的来源、演化与成矿, 既有差异性, 也有共性, 它们可能属于同一个成矿系列。

主要参考文献

- [1] G. 福尔著 (潘曙兰等译) 1983 同位素地质学原理 科学出版社

LEAD ISOTOPIC COMPOSITION OF TWO TYPES OF LEAD-ZINC DEPOSITS IN SOUTHERN HUNAN

Xie Wenan and Liu Wenjun

(*Institute of Geological Sciences, Bureau of Geology and Mineral Resources
of Hunan Province*)

Abstract

The two types of lead-zinc deposits occurring in Devonian strata of southern Hunan refer to deposits in famous Dongpo and Xianghualing ore fields and deposits far from small Yenshanian granitic bodies.

Based on 27 analyses of lead isotopic composition (Table 1, Fig. 1), combined with geological and geochemical setting of the deposits, the present paper deals preliminarily with such problems as sources of ore-forming materials, metallogenic phases and stages, ore genesis and evolution of the earth's crust in Hunan in the light of lead isotopic composition, source of lead in ore (Fig. 2), lead isotopic chronometry (Fig. 3) and sources and two-stage evolution of metallic ore materials (Figs. 4 and 5), indicating that the two types of lead-zinc deposits might be products of the same metallogenic series closely related to each other in genesis.