芙蓉锡矿床及骑田岭 A 型花岗岩 Pb 同位素 来源示踪^{*}

The tracing of the sources of Pb isotopes in the Furong tin deposit and the Qitianlin A-type granite

李晓敏^{1,2},胡瑞忠²,毕献武²,彭建堂²

(1 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学重点研究实验室, 贵州 贵阳 550002)

LI XiaoMin^{1,2}, HU RuiZhong², BI XianWu² and PENG JianTang²

(1 College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China; 2 Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China)

摘 要 芙蓉超大型锡矿床与骑田岭 A 型花岗岩在成因上密切相关。研究表明,该矿床中几种矿石矿物的 Pb 同位素特征为正常铅,且具有同源性,与"南岭燕山期锡矿床"Pb 同位素特征吻合。骑田岭岩体不同单元花 岗岩的长石铅和全岩铅亦为正常铅,其特征与"南岭省含锡花岗岩"长石铅同位素特征相似。矿石铅和长石铅主 要来源为上地壳,混有少量的下地壳和地幔源铅,且两者间也具有同源性。

关键词 A型花岗岩; Pb 同位素; 芙蓉锡矿床; 骑田岭岩体

芙蓉锡矿床是最近发现的与骑田岭燕山期 A 型花岗岩有成因关系的超大型锡矿床。目前已探明(333+334₁)级锡资源 量 50 万吨,预测资源量在 70 万吨以上(郑基俭等,2001;黄革非等,2003;许以明等,2000)。它位于南岭 W-Sn 多金属 成矿带的中部、千里山一骑田岭 NE 向成矿集中区骑田岭花岗岩杂岩体的南部。骑田岭花岗岩形成于燕山早期岩石圈伸展裂 解后相对稳定的拉张环境下,具有后造山花岗岩类(A2 型或 PA 型花岗岩)的岩石学、矿物学、地球化学特征(范蔚明, 1987),处于一个对 Sn 成矿非常有利的空间环境和时间背景之中,具有较高的锡背景含量,整体上表现出与 Sn 矿化的密切 相关性(汪雄武等,2004)。

本文对矿床矿石矿物、花岗岩的长石及全岩进行了铅同位素研究,分析结果表明:

(1) 矿床矿石矿物的铅同位素特征

(黄铁矿、毒砂及黄铜矿)的铅同位素变化很小,比较稳定。²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=18.606-18.948,极差=0.342,平均值=18.708, 变化率=1.83%;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.648~15.856,极差=0.208,平均值=15.709,变化率=1.32%;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=38.684~39.261, 极差=0.577,平均值=38.906,变化率=1.48%。可见²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb的变化率很小,均小于 2%,表明 矿石铅应为正常铅,同时也反映矿石中 U、Th含量分布较均匀。在 Cannon (1960)的铅同位素演化图中(图略),所有样 品点均落入正常铅的小三角形范围内。黄铁矿、毒砂及黄铜矿的铅同位素组成非常相近,分布范围集中,表明它们之间具有 同源性。

根据朱炳泉(1998)对中国大陆矿石铅同位素组成特征及其与全球对比,芙蓉锡矿区的矿石铅具有较高的µ值,表明矿石铅主要应为均一高µ值壳源铅。在²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 和²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 的铅构造模式图中(于津生,1997),芙蓉锡矿床矿石铅样品全部投入到"南岭燕山期锡矿床"范围内。在所统计的"南岭燕山期锡矿床"中,绝大多数数据均落在地幔演化线与上地壳演化线之间,甚至上地壳演化线之上。这种情况表明,几乎所有锡矿床的铅都以上地壳铅为主,但一部

^{*}基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-125)及国家自然科学基金项目(40373020)

第一作者简介 李晓敏, 女, 1966年生, 副教授.

(2)花岗岩的铅同位素特征

骑田岭岩体不同单元(礼家洞单元、南溪单元、将军寨单元及五里桥单元)花岗岩的长石和全岩铅同位素变化很小, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=18.543-19.516,极差=0.973,平均值=18.875,变化率=5.20%;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.503-15.843,极差=0.340,平 均值=15.703,变化率=2.17%;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=38.526-39.912,极差=1.386,平均值=39.087,变化率=3.50%。²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、 ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 的变化率很小,但比矿石铅的变化率略大,表明长石铅亦应为正常铅。

但同一个样品中全岩的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 值均大于长石的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 值(除 了南溪单元的²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 值两者相近外)。在²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 图(图略)中(朱炳泉, 1998),长石铅和花岗岩全岩铅 的样品投点明显分为两个区域。长石铅几乎都投在华南壳型(S型)花岗岩范围内(但LJD-97 投到壳幔混合型(I型)花 岗岩范围内),而全岩铅则集中分布在华南壳型(S型)花岗岩范围外一个较小的区域内。虽然长石铅和全岩铅的相关性并 不理想(R=0.5357),但长石铅本身却呈现出很好的线性关系。这说明在骑田岭花岗岩形成以后有其他放射性成因铅的加入, 因此不能用花岗岩全岩的铅同位素特征示踪花岗岩中铅的来源,若使用则必须对其进行校正。

张理刚等(1993)根据花岗岩长石铅同位素组成划分了中国东部中生代花岗岩铅同位素省,骑田岭岩体铅的数据落在南 岭省分区(3-1),与南岭省含锡花岗岩长石铅的数据变化范围内(但全岩铅值高于此)。南岭省中生代含钨锡花岗岩长石铅 同位素组成与华南地区另一个钨锡矿床集中产出的南扬子省的花岗岩铅同位素特征有明显区别(张理刚等,1994),由此判 断这两个铅同位素省的原始岩浆具有本质上的差异。但两个省内的岩浆岩各自具有同一来源和非常均一的U-Th-Pb体系, 暗示着来源物质经深熔形成岩浆的过程中具有强烈的均一化,或者均遭受反复重熔。

一般情况下,矿石铅与长石铅的铅同位素比值有正相关关系,且长石铅的同位素比值往往略高于相应的矿石铅同位素比 值。这种关系反映出矿石铅与长石铅在成因上的密切联系,这样的特征在银岩、东坡、香花岭等著名的锡矿床中都表现得很 明显,但芙蓉锡矿田的各个矿床中,矿石铅和长石铅看不出明显的正相关关系,因为它们的铅同位素组成特征非常相似,在 一个很小的区域内呈密集分布。

利用 Zarman (1981)的铅构造模式图可以对不同构造环境的铅来源进行区分。将芙蓉锡矿床和骑田岭岩体所测得的铅 同位素结果投图,可以得到如下认识:

(1)在使用铅构造模式示踪时,投影点落在造山带增长线上方的矿石铅必然包含土地壳成分;而投影点位于造山带增长线下方的矿石铅则必定源于地幔或下地壳;投影点位于造山带增长线附近,表明各储库混合源(Stacey et al, 1983)。芙蓉锡矿床的矿石铅均落入造山带增长线和上地壳增长线之间或上地壳增长线之上的区域,说明矿石铅主要来源为上地壳;少部分样品靠近造山带增长线分布,表明铅同位素来源具有一定程度混合源的特征。

(2) 骑田岭花岗岩长石铅的分布特征与芙蓉锡矿床矿石铅基本一致,样品投点均落入造山带增长线和上地壳增长线之间或上地壳增长线之上的区域,说明长石铅的主要来源亦为上地壳;有一个样品(LJD-97)投到造山带增长线之下、靠近地幔增长线,表明长石铅可能有少量来自地幔或下地壳。

(3) 在铅构造模式图中,矿石铅和长石铅密集地分布在一起,表示它们之间具有同源关系,矿石铅应为岩浆来源的。 同时岩石铅位置也靠近长石铅和矿石铅,但这三者与大理岩围岩的铅同位素特征表现出明显的区别,说明它们与围岩的铅同 位素不具有同源关系。

参考文献

范蔚茗. 1987. 湘南骑田岭花岗岩体的成因: Rb-Sr 同位素和 REE 的制约[J]. 大地构造与成矿学, 11 (1): 47~54.

黄革非, 龚述清, 蒋希伟, 等. 2003. 湘南骑田岭锡矿成矿规律探讨[J]. 地质通报, 22 (6): 445~451.

汪雄武, 王晓地, 刘家齐, 等. 2004. 湖南骑田岭花岗岩与锡成矿的关系[J]. 地质科技情报, 23 (2): 1~12.

许以明,侯茂松,廖兴钰,等.2000.郴州芙蓉矿田锡矿类型及找矿远景[J].湖南地质.

于津生. 1997. 中国同位素地球化学研究[M]. 北京:科学出版社.

张理刚, 王可法, 陈振胜, 等. 1993. 中国东部中生代花岗岩长石铅同位素组成与铅同位素省划分[J]. 科学通报, 38 (3): 254~257.

张理刚,王可法,陈振胜,等.1994. 华南南扬子省与南岭省中生代含钨锡花岗岩长石铅同位素组成及其地质意义[J]. 矿物学报,14 (1): 15~21.

郑基俭,贾宝华.2001.骑田岭岩体的基本特征及其与锡多金属成矿作用关系[J].华南地质与矿产,(4): 50~57.

朱炳泉. 1998. 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.

Stacey J S and Kramers J D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotopes evolution by a two-stage model [J]. Earth and Planetary Science Letters, 26: 207~221.