

广西大厂侵入岩体硫铅同位素地球化学

成永生^{1,2,3)}

- 1) 中南大学有色金属成矿预测与地质环境监测教育部重点实验室, 长沙, 410083;
- 2) 中南大学地球科学与信息物理学院, 长沙, 410083;
- 3) 中国科学院地球化学研究所, 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550002

丹池(南丹-河池)成矿带的岩浆活动时期主要为燕山中、晚期,以花岗岩岩浆活动为主。广西大厂矿区岩浆活动强烈,主要表现为燕山晚期中酸性岩浆的侵入。岩浆岩在地表出露不多,主要以隐伏岩体的形式产出。地表仅见断续的岩脉,隐伏岩体顶侧少量岩枝、岩床等,属于浅成—超浅成岩浆岩。

大厂地区矿床以龙箱盖隐伏花岗岩体为中心,成环带状分布。近龙箱盖隐伏花岗岩及稍远离岩体为锌铜矿以及少量铋钨矿,远离岩体为锡多金属矿床和铅锌银矿床,矿田外围为汞铋矿床。根据矿化作用的空间特点,产出岩体及其周围的属于高温矿床,远离岩体者成矿温度逐渐降低,总体表现为正向分带。另外,矿区也存在逆向分带矿化作用的叠加,如铋钨矿床。

1 硫同位素地球化学

硫是绝大多数金属矿床中最重要的成矿元素,许多金属矿石矿物均以硫化物的形式出现,硫同位素地球化学在研究成矿物质来源、成矿模式等方面起着其他同位素不可替代的作用,研究硫的地球化学组成可为探讨矿床的成因问题提供重要的依据。Ohmoto 等(1979)认为在矿物组合简单的情况下,矿物 $\delta^{34}\text{S}$ 的平均值可以代表热液的总硫值,用 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 可以代表矿床热液的总硫同位素组成。

前人对大厂矿田内的各类矿床进行了较多的硫同位素分析和研究,用于开展硫同位素分析的主要为金属矿物,如闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿等。为此,重点对侵入岩体进行全岩硫同位素研究,以进一步对比矿石矿物与岩体之间硫同位素特征的联系与差异。

共采集了 11 件花岗岩样品,硫同位素分析与测试时将岩石中微量硫经碳酸钠—氧化锌半熔法转化为硫酸钡,再与五氧化二钒及二氧化硅混合均匀,在真空条件下高温加热,纯化后收集二氧化硫。采用气体质谱计 MAT251 对收集的二氧化硫气体进行硫同位素组成分析。上述分析过程采用工作标准 LTB-2 和标样 NBS127 及重复样(数量为样品总数的 30%)进行质量监控,其中 LTB-2 和 NBS127 的 $\delta^{34}\text{S}$ 值分别为 $1.84\pm 0.13\%$ 、 22.19% ,与其证书值在误差范围内完全一致,且重复样测定结果在误差范围内亦完全一致,表明样品的测定结果可信可靠。分析检测时的温度为 22°C ,湿度为 30%。

大厂矿区花岗岩全岩硫同位素分析结果表明, $\delta^{34}\text{S}$ 值均表现为较大的正值,变化范围介于 $+4.46\sim +16.36\%$ 之间,极差为 11.9%,平均值为 $+11.24\%$,侵入岩体中具有重硫富集的典型特点。

2 铅同位素地球化学

本次花岗岩全岩铅同位素分析所使用的仪器设备为 MAT-262 型多接受器的热电离子质谱仪,以硅胶作为发射剂,测定采用静态模式,用标准样 SRM 981 控制质谱计中的质量分馏,国际标样 NBS-981 的测定值为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 16.937, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 15.491, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 36.722。

结果显示, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 介于 18.865~20.350 之间,平均为 19.262,极差为 1.485; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值变化范围为 15.634~15.776,均值为 15.698,极差值为 0.142; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值较高,介于 38.638~39.366 之间,均值为 39.080,极差值为 0.728; Φ 值变化范围为 0.496~0.563 之间,均值为 0.543; μ

注:本文为国家自然科学基金资助项目(编号 41202051)、中国博士后科学基金特别资助项目(编号 2014T70886)、中国博士后科学基金面上项目(编号 2012M521721)、湖湘青年科技创新创业平台培养对象人才基金项目(湘科人字[2014]76号)的成果。

收稿日期:2015-09-22; 改回日期:2015-09-28; 责任编辑:章雨旭。

作者简介:成永生,男,1979年生。博士,副教授,矿床学专业。Email: cys968@163.com。

值范围为 9.46~9.67 之间, 平均值为 9.585; Th/U=3.15~3.83, 平均值为 3.60。容易发现, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的极差均较小, 小于 1.0; 而仅有 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的极差相对偏大些, 也仅为 1.485, 表明本次用于全岩铅同位素分析的花岗岩样品之间差异较小, 具有非常相似的铅同位素组成与特点。Zartman 构造环境判别图解是目前最常见的从铅同位素视角探讨成岩成矿构造环境的方法和手段。根据 Zartman 的铅构造模式, 将铅同位素分别按 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 以及 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 进行投影。依据 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解, 花岗岩全岩铅同位素数据集中分布于造山带与上地壳演化线之间以及上地壳演化线以上。

依据花岗岩全岩铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 增长曲线模式, 投影点主要位于造山带和上地壳演化线之间, 同时与地幔具有一定的联系。可见, 花岗岩全岩铅与造山带和上地壳紧密联系, 主要来源于造山带铅和上地壳铅, 另外也有地幔铅的混入, 总体表现为多来源的特点, 也从一定层面反映了成岩过程中壳幔共同作用的特点。

根据 Zartman and Doe (1981) 的铅同位素判别图, 投影点主要位于上地壳区域(即 UC 范围), 少数表现为洋岛火山岩铅和造山带铅的特点。据此表明, 花岗岩铅来源主要为上地壳, 另有造山带铅的混入。依据朱炳泉等(1993, 1998)所提出的铅同位素 $\Delta\gamma - \Delta\beta$ 成因分类图解, 花岗岩全岩铅同位素主要投影于“上地壳与地幔混合的俯冲带铅”和“上地壳铅”两个区域, 其中“上地壳与地幔混合的俯冲带铅”则表现为岩浆作用的结果, 这与 Zartman 铅同位素构造模式以及 Zartman and Doe 的铅同位素模式的判别结果具有较好的一致性, 反映了大厂花岗岩铅的上地壳来源特征, 同时具有上地幔铅的混入以及造山作用的特点。

总体来看, 广西大厂地区的花岗岩铅来源表现为多样化的特点, 成岩作用过程中地幔物质明显参与, 具有壳-幔作用的典型特征, 换言之, 花岗岩侵入体属于壳-幔联合作用的结果, 是地幔物质显著参与的产物。

铅同位素所蕴含的信息非常丰富, 朱炳泉

(1993) 指出, 铅同位素的块体效应明显, 同一块体内部具有相似的铅同位素组成特征, 不同构造块体具有各自独特的铅同位素比值变化范围, 而与岩石成因及类型无关, 据此可对大陆岩石圈的构造块体进行划分。根据朱炳泉等(1993)的铅同位素 V1-V2 图解, 首先计算出铅同位素三维空间拓扑投影矢量 V1 和 V2, 再进行投影。结果显示, 投影点明显具有集中分布的特点, 表明大厂地区花岗岩铅具有华南铅同位素省的显著特征。

参 考 文 献 / References

- 蔡明海, 梁婷, 吴德成, 黄惠明. 2004. 广西大厂矿田花岗岩地球化学特征及其构造环境. 地质科技情报, 23(2): 57-62.
- 范森葵, 黎修旦, 成永生, 陈承珍, 黄伟洪. 2010. 广西大厂矿区脉岩的地球化学特征及其构造和成矿意义. 地质与勘探, 46(5): 828-835.
- 梁婷, 王登红, 蔡明海, 陈振宇, 郭春丽, 黄惠明. 2008. 广西大厂锡多金属矿床 S、Pb 同位素组成对成矿物质来源的示踪. 地质学报, 82(7): 967-977.
- 王德滋, 舒良树. 2007. 花岗岩构造岩浆组合. 高校地质学报, 13(3): 362-370.
- 朱炳泉. 1993. 矿石 Pb 同位素三维空间拓扑图解用于地球化学省与矿种区划. 地球化学, (3): 209-216.
- 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. 北京: 科学出版社.
- Cheng Y S, Hu R Z. 2013. Lead isotope composition and constraints on origin of Dafulou ore deposit, Guangxi, China. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 23(6): 1766-1773.
- Fu M, Changkakoti A, Krouse H R, Gray J, Kwak T A P. 1991. An oxygen, hydrogen, sulfur, and carbon isotope study of carbonate-replacement (skarn) tin deposits of the Dachang tin field, China. Economic Geology, 86: 1683-1703.
- Zartman R E, Doe B R. 1981. Plumbotectonics—the model. Tectonophysics, 75: 135-162.
- Zhao K D, Jiang S Y, Ni P, Ling H F, Jiang Y H. 2007. Sulfur, lead and helium isotopic compositions of sulfide minerals from the Dachang Sn-polymetallic ore district in South China: implication for ore genesis. Mineralogy and Petrology, 89: 251-273.