

南秦岭早古生代碱性杂岩体稀土矿化差异分析

查志辉^{1,2}, 陈伟^{1,2*}, 张伟³, 马荣林⁴

(1. 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, 贵州 贵阳 550081;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 云南大学 地球科学学院, 云南 昆明 650500;

4. 中国科学院 广州地球化学研究所 矿物学与成矿学重点实验室/广东省矿物物理与材料重点实验室, 广东 广州 510640)

稀土是极其重要的战略性关键金属, 已被广泛应用在众多的高新技术领域。随着全球稀土资源需求的增大, 通过稀土成矿理论创新、指导找矿显得尤为重要。与碱性岩(-碳酸岩)杂岩体相关的稀土矿床是全球稀土资源最主要的来源。然而, 现有数据表明, 目前已发现全球碱性岩(-碳酸岩)杂岩体 600 多处, 但产出经济矿床的极少, 对于控制这种矿化差异的关键机制仍不清晰。前人研究表明, 该类矿床稀土的成矿主要受控于源区中洋壳或陆壳物质的再循环。然而, 由于地壳同化、分离结晶、岩浆混合和后期热液蚀变等复杂的岩石成因过程, 全岩地球化学和 Sr-Nd 同位素数据并不能很好地约束这些再循环地壳物质的性质。本文在前人研究的基础上, 重点针对对南秦岭稀土成矿岩体(庙垭碳酸岩-正长岩岩体)和未成矿岩体(黄羊山和观子山正长岩岩体)开展锆石 U-Pb 年龄、微量元素和原位 Hf-O 同位素研究。锆石的 U-Pb 年龄显示成矿和未成矿岩体二者形成时代均为志留纪(~440Ma)。同时, 全岩 Nd 同位素显示二者具有相似的同位素组成。然而, 成矿和未成矿岩体的锆石成分(例如: Hf 含量, Eu/Eu* 和 Ce/Nd 比值)和 O 同位素组成存在着较大的差异。未成矿岩体锆石具有低的 Eu/Eu* 比值、高 Ce/Ce*、Ce⁴⁺/Ce³⁺ 比值和高氧逸度特征(HYS: $\Delta FMQ+3.16 \sim +6.74$; GZS: $\Delta FMQ+0.95 \sim +3.31$)。而成矿岩体锆石的 Eu/Eu* 比值(无 Eu 异常)较高, Ce/Ce* 比值和 Ce⁴⁺/Ce³⁺ 比值较低, 氧逸度位于 NNO 缓冲线附近。成矿岩体原生锆石 O-Hf 同位素数据显示其具有低 $\delta^{18}O$ (正长岩: $+3.3 \sim +5.9\%$, 峰值为 $+4.4\%$; 碳酸岩: $+3.8 \sim +5.9\%$, 峰值为 $+4.6\%$) 的特征, $\epsilon_{Hf}(t)$ 值显示(正长岩: $-1.3 \sim +8.2$; 碳酸岩: $-3.6 \sim +3.8$) 相对为正值特征。这表明在岩浆形成之前, 地幔源区中就有高温蚀变洋壳的成分的加入。相反, 未成矿岩体具有与正常地幔($5.3 \pm 0.3\%$, 1SD; Valley et al., 1998) 类似的锆石 $\delta^{18}O$ 值(HYS: $+4.1 \sim +6.1\%$, 峰值在 5.2% ; GZS: $+3.5 \sim +8.0\%$, 峰值在 5.8%), 和相对正值的 $\epsilon_{Hf}(t)$ 值(HYS: $-1.6 \sim +8.2$; GZS: $-0.2 \sim +10.1$)。

Hf-O 二元混合模型显示成矿岩体的地幔源区中约有 40% 蚀变洋壳物质的加入。结合区域构造-岩浆事件, 我们认为蚀变洋壳物质混入可能是由新元古代洋壳俯冲造成的。此外, 实验岩石学表明, 在氧逸度为 NNO 的条件下, 蚀变洋壳可以在高温俯冲过程中, 经部分熔融作用将碳输送到地幔中。因此, 我们认为南秦岭碳酸岩-正长岩体 REE 富集主要是由于新元古代俯冲过程中蚀变洋壳释放的碳交代地幔, 形成了碳酸盐地幔。之后, 由于南秦岭早古生代的裂谷事件, 地幔上涌形成了碳酸岩岩浆, 在岩浆演化过程中 REE 逐渐富集, 最终形成了南秦岭碳酸岩-正长岩型稀土矿床。

参考文献:

Valley J W, Kinny P D, Schulze DJ, et al. 1998. Zircon megacrysts from kimberlite: oxygen isotope variability among mantle melts. Contributions to Mineralogy and Petrology 133, 1-11.

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 92162323; 42121003)

第一作者简介: 查志辉, 男, 1996 年生, 博士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。