

华南与风化壳型稀土矿床有关的 花岗岩类特征及其演化

华仁民, 张文兰, 顾晟彦, 陈培荣

(成矿作用研究国家重点实验室 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093)

稀土是我国优势矿产之一。华南地区的稀土成矿作用,除了少数原生岩浆型矿化(如西华山)以及砂矿(如姑婆山)外,真正具有工业意义的主要是由花岗岩风化后形成的风化壳型(或称离子吸附型)稀土矿床。这类矿床一般是由于富含稀土的花岗岩在地表遭受强烈风化,释放出来的稀土元素被以高岭石为主的粘土矿物所吸附而在风化壳中富集成矿,它们广泛分布于南岭及其邻近地区的许多地方,尤以赣南和广东最为丰富。

华南风化壳型稀土矿床与钨锡等稀有金属矿床的形成环境、条件、时间空间等相差悬殊,所以二者实际上并不共生。不仅如此,稀土元素与 W、Sn 等成矿元素在岩浆演化过程中的行为也是不同的。南岭地区与钨锡等稀有金属矿床有关的主要是高度分异演化的晚阶段的小岩体,但是随着岩浆演化过程中 W、Sn 等成矿元素含量的逐渐增加,其稀土含量却不断减少。早阶段的黑云母花岗岩往往比晚阶段浅色云母花岗岩含有更多的稀土元素,这一方面是因为黑云母的稀土元素占有率在花岗岩主要造岩矿物中是比较高的;另一方面则可能是由于某些副矿物的结晶分离,这些副矿物,如锆石、独居石、褐帘石、磷钇矿、氟碳钙铈矿等,都是稀土元素的主要载体。例如在广东来石黑云母花岗岩的矿物组成中,主要造岩矿物黑云母占有全岩稀土元素总量的 28.8%,而副矿物褐帘石则占有全岩稀土元素总量的 50.5%(地矿部南岭项目

花岗岩专题组,1989)。它们的结晶分离,必定使残余岩浆中的稀土含量大大减少。

以赣南大吉山地区的花岗岩为例。该地区的印支期五里亭花岗岩体是中粗粒黑云母二长花岗岩,而与钨-铌钽矿化密切相关的大吉山花岗岩(包括主体和补体)则是燕山期的产物。

五里亭岩体与大吉山岩体的副矿物组合及含量有明显的差异。锆石虽然是它们所共有的主要副矿物,但五里亭岩体中的锆石以量多、细长柱状、晶型完好、全部赋存在黑云母矿物之中为特征。而大吉山主体中的锆石含量降低,呈短柱状,晶形差;大吉山补体中的锆石含量更低,颗粒细小、呈细长柱状。除了丰富的锆石外,五里亭岩体还含有榍石和褐帘石,而这两种副矿物在大吉山岩体未被发现。众所周知,锆石、榍石和褐帘石都是稀土元素的主要载体,这些矿物在五里亭岩体中的大量存在,使得五里亭岩体的稀土元素含量远远高于大吉山岩体,它们的稀土元素配分型式也有很大差别。综合笔者与前人的数据可以发现,五里亭岩体的稀土元素总量较高, SREE 平均 352.98×10^{-6} , 稀土配分型式以 LREE 强烈富集、曲线右倾、Eu 弱亏损为特征;大吉山主体的稀土元素总量明显减少, SREE 平均 131.25×10^{-6} , 稀土配分型式则以 LREE 略微富集、曲线稍向右倾、Eu 中等亏损(δEu 平均 0.24)为特征;大吉山补体的稀土元素总量更低, SREE 平均值仅为 32.83×10^{-6} ;其中 HREE 严重亏损, MREE 相对强烈富集, 平均 $\delta\text{Eu} = 0.023$, 属 Eu 严重亏损型。

五里亭岩体较高的稀土元素含量为产于其上的风化壳型稀土矿床提供了物质条件;而高度演化的大吉山岩体则成为钨-铌钽矿床的成矿母岩。

基金项目:国家自然科学基金项目(40572057);国家重点基础研究发展计划项目(2007CB411404)

作者简介:华仁民,男,1946年生,教授,矿床学专业, E-mail: huarrenmin@nju.edu.cn

桂东北的花山-姑婆山复式花岗岩也是南岭地区的典型中生代花岗岩体之一,并伴随钨锡等稀有金属矿化。组成该复式花岗岩有同安、牛庙等偏中性的闪长质岩体,里松角闪石黑云母二长花岗岩体,花山主体、姑婆山东体等中粗粒黑云母花岗岩,以及姑婆山西体、美华岩体等较细粒的花岗岩。与钨锡矿化有关的主要是细粒的姑婆山西体、美华岩体及时间上更晚、演化程度更高的小岩体。

根据笔者等(顾晟彦等,2006)近来研究的花山-姑婆山岩体的某些地球化学特征可见,各主要岩体的主量元素尤其是 SiO_2 和 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量基本相似,都是高硅富碱,但是它们的微量元素特征则有明显差异。从 K/Rb 、 Nb/Ta 、 Zr/Hf 这些反映花岗质岩体分异演化程度的参数来看,里松岩体和花山主体、姑婆山东体等中粗粒黑云母花岗岩的数值较高,而颗粒较细的美华和姑婆山西体等花岗岩的数值较低,表明后者的演化程度要高于前者。反映在稀土元素特征上,里松岩体、花山主体、姑婆山东体具有较高的稀土总量, ΣREE 平均 393×10^{-6} , 稀土分配模式向右倾, LREE/HREE 平均 9.37, 有明显的 Eu 负异常, 平均 $\delta \text{Eu} = 0.31$, LREE 的分馏程度大于 HREE , (La/Sm) 平均 4.56, $(\text{Gd/Yb})_N$ 平均 1.49; 而颗粒较细、分异程度较高的美华和姑婆山西体花岗岩的稀土总量较低, ΣREE 平均 201×10^{-6} , LREE 分馏程度降低, HREE 略有富集, 稀土元素分配模式近于“海鸥形”, Eu 的负异常更明显, 平均 $\delta \text{Eu} = 0.09$; $(\text{La/Sm})_N$ 平均 1.97, $(\text{Gd/Yb})_N$ 平均 0.81, 均明显低于花山主体、姑婆山东体、里松花岗岩。

杨学明等(1991)、陈春等(1992)的研究表明,姑婆山燕山早期花岗岩中姑婆山东体、里松花岗岩的稀土元素总量的 64%~80% 主要分布在褐帘石、褐钇铌矿和独居石等矿物中,主要造岩矿物(长石、石英和黑云母)中的稀土元素仅占 21.47%~36%。陈春等(1992)的研究还表明,钾长石和斜长石是 Eu 的主要载体,两者中的 Eu 含量分别约占全岩 Eu 含量的 67% 和 26%;褐帘石中 LREE 约占全岩 LREE 总量的 55%~84%。

从上述五里亭-大吉山和花山-姑婆山这两个例子可见,随着花岗岩分异演化程度增高, K/Rb 、 Nb/Ta 、 Zr/Hf 等比值降低,稀土元素的含

量也不断减少,并伴随 δEu 与 LREE/HREE 的明显降低;与此相反的则可能是 W、Sn 等元素含量不断增加,并最终发生钨锡矿化。

综合已有的文献资料,笔者提出南岭地区作为风化壳型稀土矿床成矿母岩的花岗岩类岩石主要有以下几种类型:印支期准铝质花岗岩,燕山期 A 型花岗岩,燕山中-晚期黑云母二长花岗岩等。

印支期准铝质花岗岩以上述赣南五里亭岩体为代表。研究表明,这类花岗岩主要是在印支造山运动后陆壳加厚的背景下地壳物质的部分熔融产物,是“壳源”型花岗岩。虽然许多印支期花岗岩是铝过饱和的,但是仍有不少是准铝质的。现今出露的印支期准铝质花岗岩普遍没有发生分异,它们与钨锡等金属成矿作用没有什么关系,也较少经受流体的作用,因此保存着大量富含稀土元素的副矿物可以成为风化壳型稀土矿床良好的成矿母岩。

除了赣南形成大吉山稀土矿床的五里亭花岗岩外,广东江门地区的共和、杨梅、鹤城等风化壳型稀土矿床的成矿母岩都是印支期(年龄为 233 Ma)的粗中粒斑状黑云母二长花岗岩,其中共和、杨梅岩体的稀土元素平均含量分别为 318.4×10^{-6} 和 241.9×10^{-6} (庄文明等,2000;李杰维等,2005),以 LREE 为主。

近年来在南岭地区发现或鉴别出不少 A 型花岗岩,其中既有燕山早-中期的,如赣南的关西岩体(黄典豪等,1993)、寨背岩体(陈培荣等,1998)、陂头岩体(范春方、陈培荣,2000)、广东的佛冈岩体(包志伟、赵振华,2003)、湘东南的骑田岭岩体(柏道远等,2005)等,也有燕山晚期的,如足洞岩体(黄典豪等,1993)、恶鸡脑岩体等(包志伟等,2000;王强等,2005);它们中的许多岩体过去一直被认为是“壳源”花岗岩、甚至是典型的 S 型花岗岩。对于它们中有些岩石类型归属的认定,目前还有不少争议。本文不讨论这些被称为 A 型花岗岩的岩体的具体特征,但是根据统计资料,南岭地区这些 A 型花岗岩的稀土元素含量要远高于 I 型或 S 型花岗岩(吴锁平等,2007),因此可以成为风化壳型稀土矿床有利的成矿母岩。

赣南地区不仅存在 A 型花岗岩,而且存在双峰式火山岩,其中的酸性端员流纹岩和 A 型花岗岩一样具有板内花岗质岩石的地球化学特

征。足洞、关西、陂头等岩体具有较高的 ϵNd 值 ($-1.0 \sim -6.4$) 和较年轻的模式年龄 ($1043 \sim 1525 \text{ Ma}$), 反映了这些花岗岩源区中有较多的地幔成分。赣南地区广泛分布的大规模风化壳型稀土矿床常与这些 A 型花岗质岩石关系密切。

除了上述两类岩石外, 南岭地区广泛分布的燕山中-晚期黑云母二长或碱性长石花岗岩都有可能成为风化壳型稀土矿床的成矿母岩。它们的分异程度较低, 富含黑云母及稀土副矿物; 岩石的稀土元素含量较高, 而且都是 LREE 富集、Eu 亏损不明显, 显示出 I 型或同熔型花岗岩

类的特征。例如广东清远龙颈稀土矿床的母岩中粗粒斑状黑云母二长花岗岩 ($156.4 \sim 153 \text{ Ma}$) (庄文明等, 2000),

广东平远仁居稀土矿床的母岩燕山晚期中粒黑云母花岗岩 ($\text{REE} = 771.91 \times 10^{-6}$)、花岗斑岩 ($\text{REE} = 447.84 \times 10^{-6}$) (陈炳辉、俞受鋈, 1994) 等等。

此外, 一些浅成斑岩-次火山相的花岗质岩石, 乃至火山岩也可能在有利的条件下形成风化壳型稀土矿床, 例如江西河岭的小岔村流纹质凝灰熔岩、麻风村花岗斑岩等 (宋云华、沈丽璞, 1986; 张祖海, 1989)。

参 考 文 献:

- 柏道远, 陈建超, 马铁球, 王先辉. 2005. 湘东南骑田岭岩体 A 型花岗岩的地球化学特征及其构造环境. 岩石矿物学杂志, 24(4): 255-272.
- 包志伟, 赵振华, 熊小林. 2000. 广东恶鸡脑碱性正长岩的地球化学及其地球动力学意义. 地球化学, 29(6): 462-468.
- 包志伟, 赵振华. 2003. 佛冈铝质 A 型花岗岩的地球化学及其形成环境初探. 地质地球化学, 31(1): 52-61.
- 陈炳辉, 俞受鋈. 1994. 广东平远仁居-黄畬地区燕山晚期花岗岩类的地质地球化学特征. 中山大学学报(自然科学版), 33(3): 130-133.
- 陈春, 宋林康, 刘力文. 1992. 姑婆山花岗岩主岩体的稀土元素赋存状态研究. 矿物岩石, 12(1): 38-45.
- 陈培荣, 章邦桐, 孔兴功, 蔡笔聪, 凌洪飞, 倪琦生. 1998. 赣南寨背 A 型花岗岩体的地球化学特征及其构造地质意义. 岩石学报, 14(3): 163-173.
- 地矿部南岭项目花岗岩专题组. 1989. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用. 北京: 地质出版社, 471.
- 范春方, 陈培荣. 2000. 赣南陂头 A 型花岗岩的地质地球化学特征及其形成的构造环境. 地球化学, 29(4): 358-366.
- 顾晟彦, 华仁民, 戚华文. 2006. 广西花山姑婆山燕山期花岗岩的地球化学特征及成因研究. 岩石矿物学杂志, 25(2): 97-109.
- 黄典豪, 吴澄宇, 韩久竹. 1993. 江西足洞和关西花岗岩的岩石学、稀土元素地球化学及成岩机制. 中国地质科学院院报, 第 27-28 号: 69-89.
- 李杰维, 龙耀坤, 卢方全. 2005. 广东江门地区风化壳型稀土矿床成因探讨. 西部探矿工程, 113(9): 101-104.
- 宋云华, 沈丽璞. 1986. 酸性火山岩类风化壳中稀土元素的地球化学实验研究. 地球化学, 3: 225-234.
- 王强, 赵振华, 简平, 熊小林, 包志伟, 戴樟谟, 许继峰, 马金龙. 2005. 华南腹地白垩纪 A 型花岗岩类或碱性侵入岩年代学及其对华南晚中生代构造演化的制约. 岩石学报, 21(3): 795-808.
- 吴锁平, 王梅英, 戚开静. 2007. A 型花岗岩研究现状及其评述. 岩石矿物学杂志, 26(1): 57-66.
- 杨学明, 张培善. 1999. 江西大吉山花岗岩风化壳稀土矿床稀土元素地球化学. 稀土, 20(1): 1-5.
- 张祖海. 1989. 赣南-闽西火山岩风化壳离子吸附型稀土矿床地质特征. 华东有色矿产地质, 1: 38-52.
- 庄文明, 黄友义, 陈邵前. 2000. 粤中印支期花岗岩类基本特征与成岩构造环境. 广东地质, 15(3): 33-39.