

花岗岩复式岩体演化过程中的稀土元素演化*

李宏卫^{1,2}, 陈国能^{1,2}, 娄峰^{1,2}, 陈震¹, 杨燕娜^{1,2}

(1 中山大学地球科学系, 广东 广州 510000; 2 中大广核花岗岩与铀矿资源研究所, 广东 广州 510275)

大多数内生金属矿床成矿作用与花岗岩关系密切 (Chen et al., 1989; 洪大卫, 1994), 尤其是稀土元素、铀矿床等均与复式岩体晚期岩体 (包括浅色花岗岩与伟晶岩) 成岩作用关系密切。因此, 厘清花岗岩复式岩体演化过程中的稀土元素演化, 对认识花岗岩类演化过程中相应金属矿床的成矿作用等方面具有重要的理论意义。

根据岩石熔化实验结果, 在岩石熔化过程中, 随着熔融程度升高, 熔出物中的铕吸收谷逐渐减小, 稀土配分曲线右倾角度增大 (图 1); 相反, 在岩浆结晶过程中, 随着斜长石矿物的结晶 (钙的消耗), 残余熔体中 Eu 亏损增大 (Moller et al., 1984)。上述两者均表明 Eu 及其它轻稀土元素主要赋存于岩石的含钙矿物中, 包括牌号较大的斜长石和暗色矿物。此类矿物在岩石熔融过程中是熔渣的主要组成物, 在岩浆结晶过程中则首先晶出, 因而均受重力分异作用的影响而向岩浆层 (房) 下方运移 (Chen et al., 2007)。

与上述实验相关的自然现象是: 在复式花岗岩体的演化序列中, 从早期至晚期, 其化学或矿物组成一般具有长英质组份不断增加, 铁镁质组份不断减少的变化趋势。与此相应, 岩体的稀土元素组成表现为 LREE/HREE 值的减小、铕吸收谷增大、稀土元素配分曲线逐渐变平 (Chen et al., 2007; 图 2)。

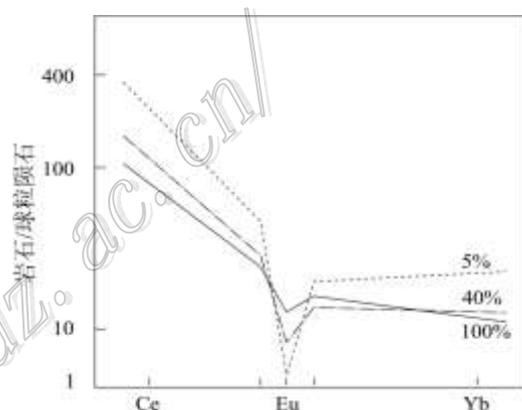


图 1 岩石不同熔融程度所产生的熔体的稀土元素配分模式 (Taylor et al., 1981)

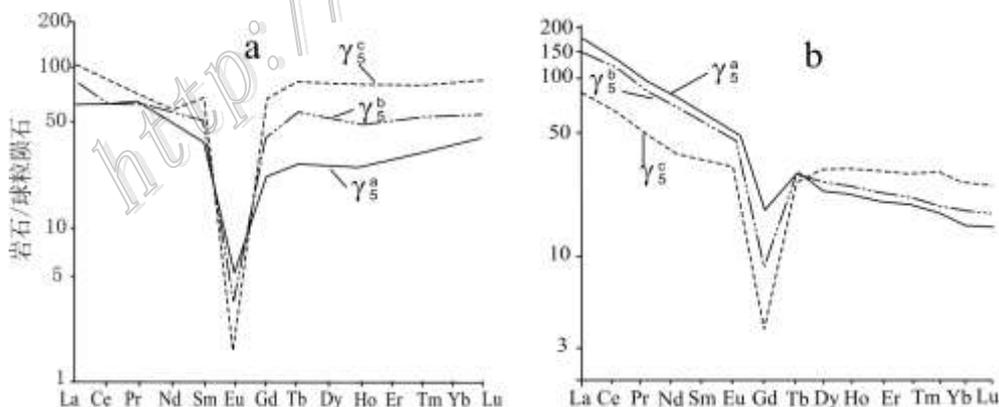


图 2 花岗岩复式岩体稀土元素球粒陨石标准化分布图

a 为千里山岩体 (据陈毓川等, 1989), b 为五桂山岩体 (据蔡全忠等, 1997), 复式岩体中老 (γ_5^a)、较年轻 (γ_5^b) 及最年轻 (γ_5^c) 岩体。具有此类稀土元素分布模式的岩体, 如贵东岩体、九峰岩体、邓阜仙岩体等

以往一般认为, 复式岩体是来自源区的岩浆在同一空间多次入侵的结果 (Coleman et al., 2004), 这一

*本文得到高等院校博士点基金 (编号 20070558033) 的资助
第一作者简介 李宏卫, 博士研究生。Email: lihongw1981@126.com

认识不但难以解释晚期岩体的空间问题(陈国能等, 1996), 更难以解释上述提到的复式岩体的矿物化学组成和稀土组成的规律性变化。如果花岗岩是岩石原地熔融(重熔)的结果, 上述问题即可迎刃而解。图 3 是多次原地熔融(重熔)模型, 从中可见: ① 岩石的熔融过程导致富铁镁的残余熔渣向岩浆层下方运移, 硅碱组分则反之; ② 多次熔融形成多层花岗岩, 其层序上老下新。因此, 当地面切割到不同时期的重熔界面(MI)时, 即可见到不同时期的花岗岩体在同一空间出露(复式岩体)的现象。结合前述的岩石实验结果, 多次熔融造成了岩浆系统的多次分异, 因而在同一剥蚀面上, 经历过多次分异的晚期岩体, 其铁、镁、钙和轻稀土组分会更加亏损, 而硅碱组分(有时包括重稀土)则反之。

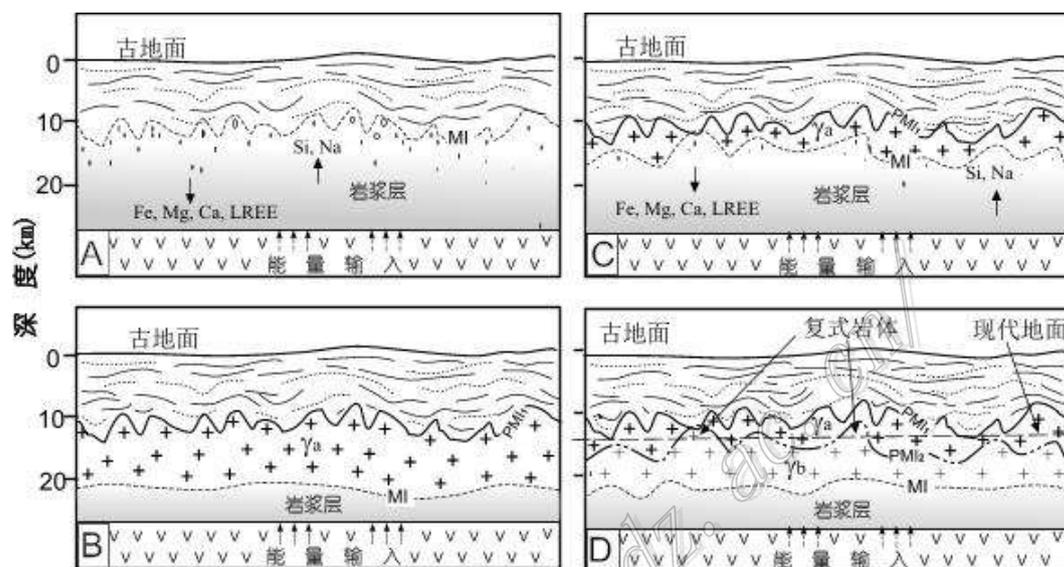


图 3 原地重熔机制与复式岩体成因 (据 Chen et al., 2007 改编)

A. 当系统的能量输入 > 输出, 等温面和重熔岩浆界面 (MI) 抬升, 岩石熔融, 形成早期的岩浆层; B. 系统的能量输入 < 输出, 等温面和 MI 下降, 岩浆层发生自上而下的固结。古重熔界面 (PMI) 表示 MI 原来的位置; C. 系统再度加热, 能量输入 > 输出, MI 再次向上移动, 造成上部老的已固结的花岗岩重熔; 晚期 MI 最终的位置低于 PMI 位置, 老的花岗岩得以保存; D. 随着系统冷却, MI 下降, 形成新的花岗岩层, 多层花岗岩层接受地面剥蚀, 形成花岗岩复式岩体

参考文献

- 陈国能, 曹建劲, 张珂. 1996. 原地重熔与元素地球化学场[M]. 北京: 地质出版社.
- 洪大卫. 1994. 花岗岩研究的最新进展与发展趋势[J]. 地学前缘, 1(1/2):79-86.
- 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 1989. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社.
- Chen G N and Rodney G. 2007. In-situ melting: granite genesis and crustal evolution[M]. Springer.
- 蔡全忠, 郑胜方. 1997. 广东五桂山花岗岩的形成与演化[J]. 广东地质, 12(1): 33-39.
- Moller P and Muecke G K. 1984. Significance of europium anomalies in silicate melts and crystal-melt equilibria: a re-evaluation[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 87: 242-250.
- Taylor S R and McLennan S M. 1981. The rare earth element evidence in Precambrian sedimentary rocks: Implications for crustal evolution[J]. Developments in Precambrian plate tectonics., 4:527-548.
- Coleman D S, Gray W and Glazner F. 2004. Rethinking the emplacement and evolution of zoned plutons: Geochronologic evidence for incremental assembly of the Tuolumne Intrusive Suite, California[J]. Geology, 32(5):433-442.