

# 斜长石微量元素成分对四川太和岩体岩石学成因的约束

余宇伟<sup>1,2</sup>, 宋谢炎<sup>1</sup>

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 550002

2. 中国科学院大学, 北京 100049

**关键词:** 斜长石; 微量元素; 太和; 母岩浆; 磷灰石; 峨眉山大火成岩省

太和层状镁铁质-超镁铁质岩体是峨眉山大火成岩省内带赋存超大型钒钛铁矿床的几个层状岩体之一, 蕴含了超过  $810 \times 10^7$  吨矿石, 平均品位 $\sim 33\%$  全 Fe、 $\sim 12\%$   $TiO_2$ 、 $\sim 0.3\%$   $V_2O_5$ 。太和岩体长约 3 km, 宽约 2 km, 厚约 1.2 km 左右, 倾向东南, 倾角  $50\text{--}60^\circ$ 。锆石 U-Pb 年龄分析表明太和岩体的结晶年龄在  $259 \pm 3$  Ma (She et al., in press), 暗示太和岩体形成于峨眉山地幔柱岩浆活动期。根据矿物含量和结构特征以及矿层与非矿层的韵律变化等, 可将整个岩体从下向上划分为下部岩相带、中部岩相带、上部岩相带。下部岩相带主要以辉长岩和厚层不含磷灰石块状 Fe-Ti 氧化物矿层为主。中部岩相带主要由 6 个含磷灰石的浸染状矿层与磷灰石辉长岩旋回组成, 磷灰石磁铁辉石岩(浸染状矿石)主要位于每个旋回的底部, 而旋回上部为磷灰石辉长岩。上部岩相带主要是贫 Fe-Ti 氧化物的磷灰石辉长岩。

峨眉山大火成岩省内带几个赋存 Fe-Ti 氧化物矿的层状岩体, 如攀枝花、白马、红格岩体, 矿层主要分布于岩体下部岩相带和中部岩相带, 矿石类型主要为块状矿石、磁铁辉长岩、磁铁橄长岩、磁铁辉石岩等。这些岩体上部岩相带都为不含矿的磷灰石辉长岩。然而, 太和岩体除了下部岩相带赋存块状矿石, 在岩体中部岩相带的矿石类型是磷灰石磁铁辉石岩。这暗示着形成太和和下部岩相带的母岩浆是富 Fe 和 Ti, 而形成中部岩相带的母岩浆不仅富集 Fe 和 Ti, 还富集 P。这个特征对于峨眉山大火成岩省内带钒钛铁矿的成因研究有着重要意义。

太和的斜长石是主要的造岩矿物之一, 矿物分析发现斜长石的主量和微量成分在下部岩相带和中部岩相带存在较大的差异, 结合岩相学分析可以来探讨下部岩相带和中部岩相带的母岩浆成分特征及成因。

## 1、样品与分析方法

实验分析样品选自连续的钻孔岩芯, 这些样品很好地控制太和三个岩相带。样品的处理首先是选取新鲜的面制作成岩石切片, 然后在偏光显微镜下观察矿物的组成、结构、含量等, 并选取具有代表性的矿物颗粒进行电子探针主量元素分析 (EPMA) 和原位激光剥蚀微量元素分析 (LA-ICPMS)。

## 2、分析结果与讨论

电子探针分析结果表明太和岩体下部岩相带的斜长石 An 牌号 (78-86) 较高, 而中部岩相带的斜长石 An 牌号 (51-63) 明显低于下部岩相带并且呈旋回变化, 即体现在每个旋回底部 (磷灰石磁铁矿辉石岩) 斜长石显示相对较高的 An 牌号, 向上至磷灰石辉长岩逐渐降低。斜长石微量元素也显示相对应的规律, 太和下部岩相带斜长石含有相对较低的 Sr (1965-4353 ppm) 和 Eu (0.4-1.1 ppm), 而中部岩相带斜长石显示高的 Sr (2499-4378 ppm) 和 Eu (0.6-1.9) 含量。而且斜长石的 Sr 和 Eu 含量都与 An 牌号呈负相关关系 (见图 1)。

微量元素 Sr 相容于斜长石, Eu 中等相容于斜长石 ( $D_{pl/liq}^{Sr}=2.17$ ,  $D_{pl/liq}^{Eu}=0.71$ ; Blundy, 1997)。因而斜长石中 Sr 和 Eu 可以反映斜长石结晶时的岩浆成分特征。此外, 斜长石 An 牌号可以指示岩浆的演化程度, 而微量元素的浓度也可以指示岩浆演化过程, 因为随着岩浆的分离结晶的程度加深, 残余岩浆中的不相容元素浓度会升高。太和下部岩相带中相对较高的斜长石 An 牌号 (78-86) 暗示岩浆相对较原始, 这可能是岩浆侵入太和岩浆房之前, 在深部岩浆房中经历了较少的斜长石分离结晶, 而主要是以单斜辉石和橄榄石分离结晶为主导导致了深部岩浆房残余岩浆中相对富集 Fe 和 Ti。当这种相对富 Fe-Ti 的母岩浆上升侵入到太和岩浆房时, 磁铁矿和钛铁矿并没有大量饱和结晶, 而是橄榄石、单斜辉石、斜长石进一步的分离结晶促使岩浆中更加富集 Fe 和 Ti。最终磁铁矿和钛铁矿从这种富 Fe 和 Ti 的岩浆中大量结晶出来并通过重力分选堆积在下部岩相带的顶部。下部岩相带斜长石中相对低含量的 Sr 和 Eu 也暗示着侵入太和岩浆房的岩浆演化程度相对较低。

中部岩相带斜长石 An 牌号呈旋回变化, 这暗示着中部岩相带发生了岩浆多次补充。相对于下部岩相带较高的斜长石 An 牌号 (78-86), 中部岩相带突然降低的斜长石 An 牌号 (51-63) 以及中部岩相带矿层中大量的磷灰石, 这暗示着中部岩相带补充的岩浆是一种相对演化, 不仅富集 Fe 和 Ti, 还富集 P 和微量元素的岩浆。这与斜长石中 Sr 和 Eu 含量是一致的 (图 1)。然而, 高度富集微量元素和 P 含量的岩浆一般是岩浆演化的晚期的产物, 如攀枝花、白马、红格岩体, 这些岩体的上部岩相带为贫 Fe-Ti 氧化物的磷灰石辉长岩, 这是因为磁铁矿和钛铁矿结晶较早而通过重力分选堆积在岩体的下部岩相带和中部岩相带 (Song et al., 2013; Zhang et al., 2012; Bai et al., 2012;)。太和中部岩相带富 Fe-Ti-P 的母岩浆显然不同于其他岩体, 而且 Sr-Nd 同位素研究也排除了地壳中的 P 进入岩浆房 (She et al., in press)。因此, 太和中部岩相带富 Fe-Ti-P 和微量元素的岩浆则是由源自深部岩浆房富 Fe-Ti 岩浆上升至浅部的过程中, 在岩浆通道系统中混合了高度演化而富 P 和微量元素的残余岩浆, 最后这种混合岩浆再侵入到太和岩浆房中形成了中部岩相带磷灰石磁铁矿辉石岩。

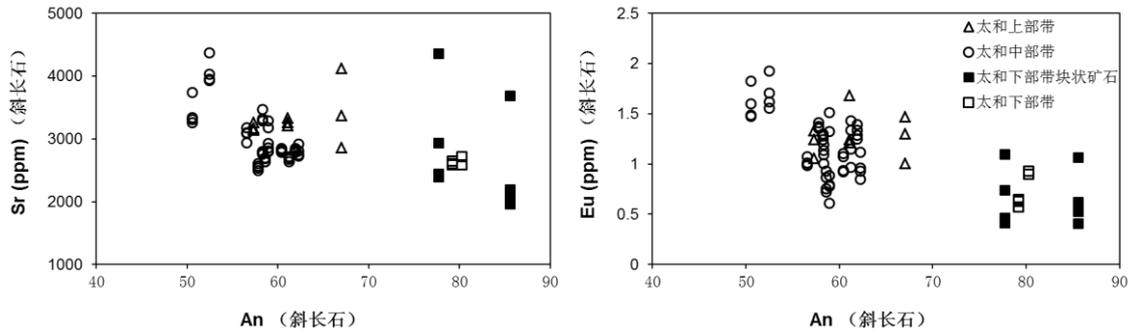


图 1 太和斜长石 An 含量分别与 Sr 含量和 Eu 含量的相关图

### 主要参考文献

- Bai, Z. J., Zhong, H., Naldrett, A. J., Zhu, W. G., Xu, G. W., 2012. Whole-Rock and Mineral Composition Constraints on the Genesis of the Giant Hongge Fe-Ti-V Oxide Deposit in the Emeishan Large Igneous Province, Southwest China. *Econ. Geol.* 107, 507-524.
- Blundy, J., 1997. Experimental study of a Kiglapait marginal rock and implications for trace element partitioning in layered intrusions. *Chemical Geology*, 141:73-92.
- She, Y.-W., Yu, S.-Y., Song, X.-Y., Chen, L.-M., Zheng, W.-Q., Luan, Y., 2013. The formation of P-rich Fe-Ti oxide ore layers in the Taihe layered intrusion, SW China: Implications for magma-plumbing system process. *Ore Geology Reviews*, (in press).
- Song, X. Y., Qi, H. W., Hu, R. Z., Chen, L. M., Yu, S. Y., Zhang, J. F., 2013. Formation of thick stratiform Fe - Ti oxide layers in layered intrusion and frequent replenishment of fractionated mafic magma: evidence from the Panzhihua intrusion, SW China. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 14: 712-732.
- Zhang, X. Q., Song, X. Y., Chen, L. M., Xie, W., Yu, S. Y., Zheng, W. Q., Deng, Y. F., Zhang, J. F., Gui, S. G., 2012. Fractional crystallization and the formation of thick Fe-Ti-V oxide layers in the Baima layered intrusion, SW China. *Ore Geology Reviews*, 49: 96-108.