

攀枝花层状岩体矿物的微量元素地球化学特征及其成因

陈列锰, 宋谢炎*, 于宋月, 何海龙, 戴智慧

(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)

基性-超基性层状岩体是起源于地幔部分熔融的玄武岩浆上侵到地壳经历独特的演化过程、发生矿物分离结晶并堆积的产物。因此, 层状岩体成为连接深部地幔和地表火山岩的桥梁, 详细记录了幔源玄武岩岩浆结晶分异的各阶段产物, 成为探讨地幔源区特征、基性岩浆起源及其演化、以及矿物堆晶成岩机制的天然实验室 (Arndt et al., 2005; 钟宏等, 2007; 宋谢炎等, 2009, 2010)。与此同时, 层状岩体中赋存有重要的岩浆硫化物和氧化物矿床, 如南非 Bushveld 岩体、我国峨眉山大火成岩省内带层状岩体。所以, 基性-超基性层状岩体的成因一直受到岩石学家和矿床学家的密切关注。层状岩体中矿物 (如单斜辉石) 的地球化学组成、特别是微量元素地球化学特征是反演基性岩浆成分、演化过程、以及堆晶成岩特征等关键科学问题最常见、最重要的示踪剂 (Tanner et al., 2014)。然而, 目前对层状岩体成岩过程共结矿物 (co-crystallizing minerals) 之间的微量元素地球化学分配及其行为并没有得到很好制约。

峨眉山大火成岩省内带攀枝花层状岩体是一个典型的、含超大型 Fe-Ti-V 氧化物矿床的基性-超基性侵入体。尽管已有很多的研究探讨该矿床的成因、特别是其中巨厚 Fe-Ti-V 氧化物矿层的形成机制, 但一些关键的岩浆过程如: 深部岩浆房演化、矿物共结特征、以及晶间熔体效应 (Trapped liquid shift) 等尚未得到有效约束。本研究利用原位激光等离子质谱测试技术 (LA-ICP-MS), 系统分析了攀枝花岩体不同层位岩石中共结矿物包括单斜辉石、磁铁矿和钛铁矿的微量元素特征, 明确了其变化规律和控制因素, 进而探讨了其岩石成因指示意义。

根据矿物学和岩石学特征, 攀枝花层状岩体从底到顶可以划分为四个岩相带: 边缘带、下部岩相带、中部岩相带、和上部岩相带 (Zhou et al., 2005; Song et al., 2013)。本研究分析发现: (1) 所有样品中单斜辉石、磁铁矿和钛铁矿的微量元素分配蛛网图均显示出明显的 Ni、Co、Cr 亏损; 由于这些元素在矿物中均为中等相容元素, 因此, 它们的亏损暗示了其母岩浆中具有低的 Ni、Co、Cr 含量, 进而说明母岩浆在深部经历了硫化物的熔离和铬铁矿/富 Cr 磁铁矿的分离结晶; (2) 磁铁矿和单斜辉石从底到顶部分过渡族元素如 Cr、V、和 Ni 等显示出若干旋回变化, 与岩相旋回耦合, 但钛铁矿中这些元素的含量没有明显的变化规律; 磁铁矿和单斜辉石中这些元素含量具有良好的正相关关系; 这些特征表明磁铁矿和单斜辉石在岩浆演化过程中是共结的, 并且这些过渡族元素均为相容元素, 因此, 残余岩浆中元素的含量随着分离结晶的进行逐渐降低; (3) 下部岩相带单斜辉石中不相容元素 (包括高场强元素和稀土元素) 明显高于中部岩相带和上部岩相带; 这与一般认为的岩浆分离结晶作用结果 (不相容元素在残余岩浆中富集, 故在岩浆演化后期结晶出的矿物中不相容元素含量应该更高) 相悖, 指示了矿物堆积过程中晶间熔体效应: 下部岩相带矿物堆晶时的残余熔体难以被挤出, 与早结晶的矿物发生反应, 形成不相容元素含量较高的单斜辉石; (4) 和下部岩相带相比, 中部和上部岩相带中单斜辉石的高场强元素亏损更为显著; 由于高场强元素在钛铁矿中是中等不相容元素, 因此, 这些不同程度的亏损特征暗示钛铁矿的结晶稍晚于单斜辉石 (和磁铁矿), 并且在下部岩相带晶出的比例低于中部和上部岩相带; (5) 钛铁矿与磁铁矿和单斜辉石之间的过渡族元素 (Cr 和 V 等) 没有明显的正相关关系, 暗示了钛铁矿可能受到了堆晶后期磁铁矿-钛铁矿之间元素扩散交换的改造。

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (B 类) (XDB18000000); 国家自然科学基金项目 (批准号: 41473024; 41473050)

作者简介: 陈列锰, 男, 1981 年生, 博士, 主要从事幔源岩浆活动及其成矿作用的研究。

* 通讯作者, E-mail: songxieyan@vip.gyig.ac.cn