

# 矿物成分对四川攀枝花钒钛磁铁矿床成因 的指示意义\*

张晓琪<sup>1, 2</sup>, 张加飞<sup>3</sup>, 袁鹏<sup>3</sup>, 宋谢炎<sup>1</sup>, 官建祥<sup>1, 2</sup>, 邓宇峰<sup>1, 2</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 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3 攀钢集团有限公司, 四川 攀枝花 617000)

攀枝花镁铁-超镁铁层状侵入体位于峨眉山大火成岩省中部, 岩体长约19 km, 宽约2 km, 面积约40 km<sup>2</sup>。攀枝花岩体呈单斜层状产出, 走向NE-SW, 倾向NW, 倾角50~60°。攀枝花层状侵入体的锆石SHRIMP U-Pb定年结果表明, 岩体形成的年龄为(263 ± 3) Ma, 与峨眉山玄武岩年龄一致, 表明其与二叠世峨眉山地幔柱高钛玄武岩浆活动有成因联系。根据岩石的矿物组合及含量变化, 特征矿物相(磷灰石、橄榄石)的出现和消失; 岩石的结构构造特征; 固溶体矿物(斜长石、含钛普通辉石、橄榄石)的成分变化; 微韵律层的发育情况等岩相特征, 攀枝花岩体自下而上可分为边缘带, 下部岩相带, 中部岩相带和上部岩相带四个岩相带。其中, 中部岩相带由磁铁辉长岩与辉长岩的交替变化显示出I、II、III、IV、V 5个岩相旋回, 除第一旋回底部形成厚约40~50 m的块状钒钛磁铁矿层外, 每个旋回底部和中部也形成若干浸染状磁铁矿层, 但磁铁矿层的厚度和矿石品位向上逐渐降低。

与国外典型层状岩体(如南非Bushveld岩体和格陵兰的Skaergaard岩体)不同, 四川攀枝花层状岩体巨厚的钒钛磁铁矿层主要分布在岩体的底部和下部, 被认为是在相对早期阶段结晶形成的。自上世纪八十年代以来, 前人对该地区的层状岩体及钒钛磁铁矿床的成因进行了大量探讨。然而, 对攀枝花钒钛磁铁矿的成因认识仍然存在分歧。

岩浆体系中, 钛铁尖晶石和磁铁矿共结时有下列反应平衡:



通过电子探针分析确定钛铁尖晶石和磁铁矿的成分后, 利用平衡反应(1)就可以确定它们的温度和氧逸度。但是, 在温度缓慢降低时, 它们往往会在固相线下发生固溶体分离, 使得获取它们结晶时的成分并非易事。攀枝花岩体所有磁铁矿和钛铁矿都经历了固溶体分离, 所计算出的温度和氧逸度都只能反映固相线之下固溶体分离的物理化学条件。但是通过对攀枝花层状辉长岩体岩相学观察发现, 岩体中橄榄石与钛铁氧化物都是主要的堆积矿物, 相近的自形程度和相互包含的现象, 说明虽然它们结晶有先后次序, 但形成的温度差异并不大; 其次, 在橄榄石中没有发现固溶体分离现象, 说明它自形成至今基本保持了其结晶时的成分特点。因此本文拟利用与钛铁氧化物平衡共生的橄榄石的成分变化估计钛铁氧化物形成时的岩浆成分和氧逸度的相对变化, 从而为探讨层状岩体中钛铁氧化物矿床成因提供依据。

电子探针分析结果表明, 在每一个韵律旋回内部, 橄榄石的Fo排号总是由磁铁辉长岩向辉长岩表现出强烈降低的趋势, 说明攀枝花岩体经历了多次富铁钛的岩浆的补充。橄榄石是Fe-Mg固溶体, 同一旋回

\* 本研究受国家“973”计划(2007CB411408)、自然科学基金(40730420)、科学院知识创新方向性项目(KZCX2-YW-Q04)和矿床地球化学国家重点实验室课题(KCZX20090105)资助

中橄榄石 Fo 排号变化较大,说明橄榄石成分对岩浆的成分、尤其是 FeO 含量、 $Fe^{2+}/Mg^{2+}$ 及  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 比值非常敏感。因此,可以根据橄榄石成分分析磁铁辉长岩与辉长岩形成过程中氧逸度和  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 比值的相对变化。根据同一旋回中磁铁辉长岩与临近辉长岩中橄榄石 Fo 排号的差异发现,每次新补充的岩浆分离结晶过程中氧逸度总是逐渐降低。另外,通过对磁铁矿 (Mt) 和钛铁矿 (Ilm) 矿物含量统计发现,无论从下部岩相带底部的块状磁铁矿层至上部的暗色辉长岩,或是从中部岩相带每个旋回下部的磁铁辉长岩至上部的辉长岩都会有 Mt/(Mt+Ilm)比值降低的现象。全岩化学分析结果也显示每个旋回自下而上  $Fe^{3+}/Ti^{4+}$ 比值有规律地降低,表明向上 Mt/(Mt+Ilm)比值降低的趋势。这也说明攀枝花岩体有多次岩浆补充,每一次补充的岩浆的成分都因深部岩浆房的分离结晶而具有较高的  $Fe_2O_3(T)$  含量和较高的  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 比值,使得 Ti-Fe 氧化物总是能够较早地结晶,岩体中 Mt/(Mt+Ilm)比值升高,而至旋回上部,随着 Mt 大量晶出,  $f(O_2)$  下降, Ilm 开始大量晶出, Mt/(Mt+Ilm)比值随之大量降低。这与前人对封闭体系岩浆结晶分异过程中氧逸度变化规律的认识一致。

如果 Ti-Fe 氧化物的结晶是由于岩浆与围岩的反应使得岩浆体系的氧逸度突然增高的话,这个反应将是岩浆体系的氧逸度稳定在一定的范围内,那么,每个旋回不同层位磁铁矿/钛铁矿的比值将保持一致,这与实际情况不符。因此,本文认为围岩同化混染对攀枝花岩体钒钛磁铁矿层的形成贡献不大。

#### 参考文献

- 宋谢炎, 马润则, 王玉兰, 张正阶. 1994. 攀枝花层状侵入体韵律层理及岩浆演化特征[J]. 矿物岩石, 14(4): 37-45.
- 张云湘, 骆耀南, 杨崇禧, 等. 1988. 攀西裂谷[M]. 北京: 地质出版社. 271-274.
- Snyder D, Carmichael I S E and Wiebe R A. 1993. Experimental-study of liquid evolution in an Fe-rich, layered mafic intrusion - constraints of Fe-Ti oxide precipitation on the T-fo2 and T-Rho paths of tholeiitic magmas[J]. Contrib. Mineral. Petr., 113(1): 73-86.
- Toplis M J and Carroll M R. 1995. An experimental-study of the influence of oxygen fugacity on Fe-Ti oxide stability, phase-relations, and mineral-melt equilibria in ferro-basaltic systems[J]. J. Petrol., 36(5): 1137-1170.