

# 四川红格层状岩体母岩浆成分特征

栾燕<sup>1,2</sup>, 宋谢炎<sup>1</sup>, 陈列猛<sup>1</sup>, 郑文勤<sup>1</sup>, 田小林<sup>3</sup>, 冉启渝<sup>3</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, 贵阳 550002

2.中国科学院大学, 北京 100049

3.四川省地质矿产勘查开发局 106 地质队, 四川 617000

**关键词:** 红格岩体, 岩浆补充, 母岩浆成分, 地壳混染

## 1、地质背景

峨眉山大火成岩省主要由峨眉山玄武岩、镁铁-超镁铁质层状侵入体以及同源的酸性、碱性侵入岩组成, 是峨眉山幔柱的产物 (~260 Ma) (图 1) (Chung and Jahn, 1995; Song et al., 2001; Xu et al., 2001; 宋谢炎等, 2001; Zhou et al., 2002)。峨眉山玄武岩可分为高钛 ( $Ti/Y > 500$ ) 和低钛 ( $Ti/Y < 500$ ) 玄武岩两个系列, 分别对应 V-Ti 磁铁矿矿床和 Cu-Ni-PGE 矿床两个岩浆矿床成矿系列 (Song et al., 2001, 2008, 2009; Xu et al., 2001; 宋谢炎等, 2005; Zhou et al., 2008)。攀西地区位于峨眉山大火成岩省的内带, 从北向南依次出露太和岩体 (262 ± 3 Ma, Zhou et al., 2008)、白马岩体 (262 ± 3 Ma, Guo et al., 2004)、新街岩体 (259 ± 3 Ma, Zhou et al., 2002)、红格岩体 (259 ± 1.3 Ma, Zhong and Zhu, 2006) 和攀枝花岩体 (263 ± 3Ma, Zhou et al., 2005) 等一系列含 V-Ti 磁铁矿矿床的基性-超基性层状岩体。根据岩石组合的不同, 以上岩体可以分为两类: ①镁铁-超镁铁质侵入体, 如红格、新街岩体; ②镁铁质侵入体, 如攀枝花、太和、白马岩体。

红格岩体是攀西地区最大的赋存 V-Ti 磁铁矿矿床的镁铁-超镁铁质层状侵入体。根据矿物组合及含量变化, 特征矿物相 (磷灰石、橄榄石) 的出现和消失以及岩石结构构造特征等, 红格岩体从下往上可分下部岩相带 (LZ)、中部岩相带 (MZ) 和上部岩相带 (UZ) (Luan et al., in press)。下部岩相带以含量高达 5-15 modal% 的角闪石和局部含量达 8% 的黑云母为特征; 中部岩相带以块状矿物的出现为特征; 上部岩相带以大量自形磷灰石的出现为特征 (Luan et al., in press)。下部岩相带 (旋回 I、II、III 和 IV) 和中部岩相带 (旋回 V、VI、VII 和 VIII) 都可以分为四个旋回, 上部岩相带可以分为两个旋回 (IX 和 X)。

## 2、分析方法

橄榄石主要氧化物成分分析在中国科学院地球化学研究所电子探针实验室完成, 分析精度为 0.01, 分析误差 < 2 wt%。单斜辉石微量元素含量测定在中国科学院地球化学研究所 LA-ICP-MS 实验室完成, 分析误差 < 10%。全岩 Sr-Nd 同位素在中国科学院广州地球化学研究所完成, 分析误差 < 0.005%。

## 3. 母岩浆成分

红格岩体上部岩相带磷灰石具有明显的定向性，暗示岩浆具有流动性；而中部岩相带两个旋回之间的突变接触是岩浆侵入的特征(Luan et al., in press)；同时单斜辉石 Mg#的成分，以及 Cr、Ni 含量具有韵律变化(图 1a、b、c)，也说明红格岩体具有岩浆补充。所以红格岩体是岩浆通道系统的一部分，具有多次岩浆补充，而每次补充岩浆的成分也是存在差异的。

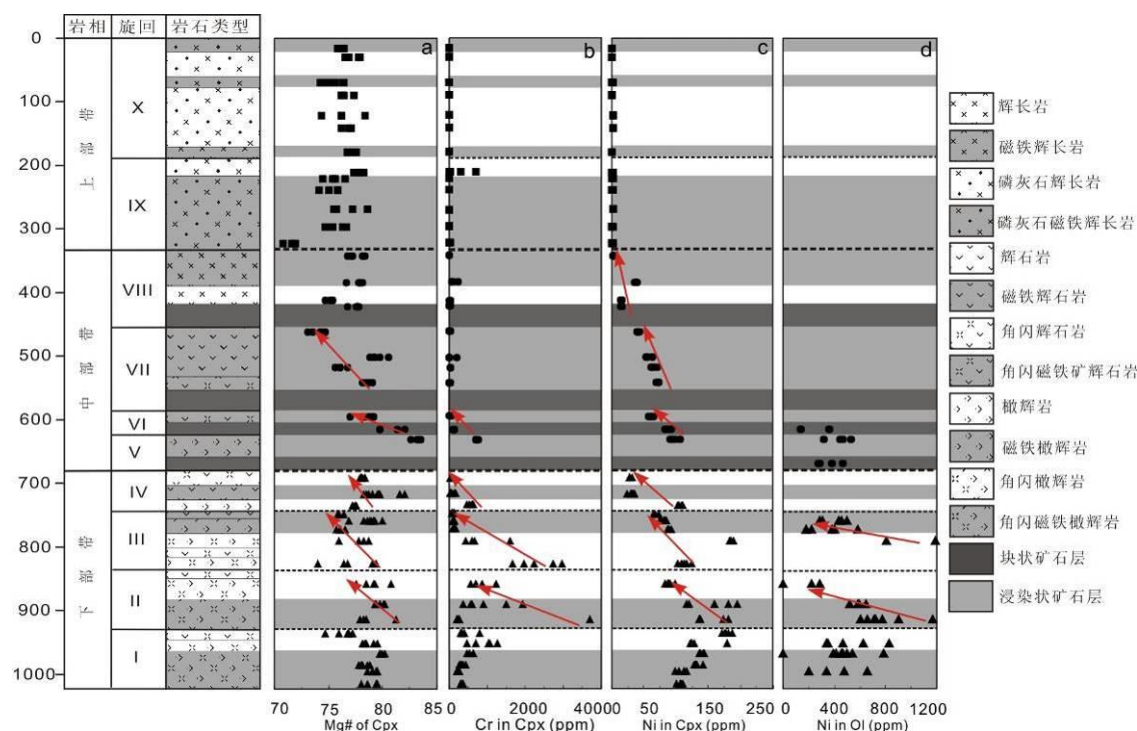


图 1 红格岩体单斜辉石 Mg#(a)、Cr(b)、Ni(c)含量和橄榄石 Ni 含量(d)随深度变化柱状图

### 3.1 下部岩相带

红格岩体下部岩相带含有大量角闪石(5-15%)，说明下部岩相带母岩浆是含水的。同时下部岩相带单斜辉石(Cr=250-3000ppm, Ni=50-200ppm)和橄榄石 Cr、Ni 含量明显高于中部岩相带和上部岩相带(图 1b、c、d)，暗示下部岩相带母岩浆最原始，在深部岩浆房经历的结晶分异程度最低。而与其他层状岩体相比(例如 Bushveld、Skaergaard 岩体)，红格岩体下部岩相带橄榄石、单斜辉石和斜长石成分更加原始，也说明下部岩相带母岩浆是更加原始的岩浆(Luan et al., in press)。

红格岩体仅在下部岩相带含有大量角闪石，中部岩相带和上部岩相带角闪石含量明显降低，说明岩浆中的水不可能是来自深部岩浆房的。同时，红格岩体下部岩相带具有最低的  $\epsilon_{Nd_{259Ma}}$  值(-2.82 to -0.07) 和最高的  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_{259Ma}$  比值(0.7057-0.7076)(图 2)(Luan et al., in press)，说明下部岩相带母岩浆经历了最强烈的地壳混染。在地壳混染过程中，伴随着大量外来水的加入，包括围岩含水矿物中的水以及地壳缝隙中的地下水(Luan et al., in press)。

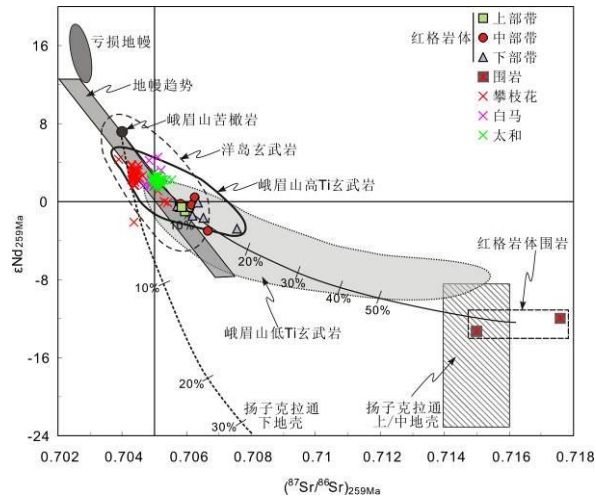


图 2 红格岩体  $\epsilon Nd_{259Ma}-(^{87}Sr/^{86}Sr)_{259Ma}$  图解

综上所述，红格岩体下部岩相带母岩浆是富含水分的更加原始的岩浆，在深部岩浆房经历最低程度的结晶分异，在浅部岩浆房经历了最大程度的地壳混染并加入了大量的外来水。

### 3.2 中部岩相带

红格岩体中部单斜辉石 ( $Cr < 150$  ppm,  $Ni < 100$  ppm) 和橄榄石  $Cr$ 、 $Ni$  含量相对较低(图 1b、c、d)，暗示中部岩相带母岩浆在深部岩浆房经历了较大程度的结晶分异，演化程度更高。实验研究表明，熔体中的  $FeO$  含量与橄榄石中的  $CaO$  含量具有一定的正相关关系(Jurewicz and Watson, 1988; Libourel, 1999)。中部岩相带橄榄石中  $CaO$  含量为 0.1–0.22 wt%，高于下部岩相带橄榄石中的  $CaO$  含量( $< 0.08$  wt%) (Luan et al., in press)，说明中部岩相带母岩浆比下部岩相带更加富  $FeO$ 。同时，中部岩相带各类岩石中单斜辉石的磁铁矿出溶叶片都非常发育，也暗示中部岩相带母岩浆是富  $Fe-Ti$  的。综上所述，红格岩体中部岩相带母岩浆是演化程度较高的富集  $Fe-Ti$  的岩浆。

$Sr-Nd$  同位素特征 ( $\epsilon Nd_{259Ma} = -0.32$  to  $0.49$ ,  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_{259Ma} = 0.7058-0.7063$ ) 说明中部岩相带母岩浆的地壳混染比较弱(图 2)。而中部岩相带底部 V 旋回的两个样品具有较高的  $(Th/Yb)_{PM}$  比值(27.0 和 44.4) (Luan et al., in press)，说明中部岩相带最开始补充的新岩浆(V 旋回)与下部岩相带地壳混染强烈的残余岩浆发生了岩浆混合。而中部岩相带其他三个旋回(VI、VII 和 VIII)样品的  $(Th/Yb)_{PM}$  比值较低( $< 20$ )，说明残余岩浆对中部岩相带 VI、VII 和 VIII 旋回新补充的岩浆影响不大。

### 3.3 上部岩相带

上部岩相带单斜辉石的  $Cr$ 、 $Ni$  含量 ( $Cr < 10$  ppm,  $Ni < 3$  ppm) 是三个岩相带中最低的(图 1b、c)，说明上部岩相带母岩浆在深部岩浆房经历最大程度的结晶分异。新补充的岩浆与下部岩相带和中部岩相带富集  $P_2O_5$  的残余岩浆混合后，导致上部岩相带母岩浆  $P_2O_5$  达到饱和，最后形成富集磷灰石和  $Fe-Ti$  氧化物的辉长岩(McBirney, 1996; Higgins, 2005; Tollari et al., 2008)。