

# 东秦岭分水岭蛇绿岩地球化学特征及其构造意义

赵如意<sup>1,2)</sup>, 李卫红<sup>1)</sup>, 王江波<sup>1)</sup>

1) 核工业二〇三研究所, 陕西咸阳, 712000; 2) 长安大学, 地球科学与资源学院, 西安, 710054

商丹构造带是华北板块(北秦岭地块)与中秦岭微板块的缝合带(张国伟等, 2001), 对其进行研究具有十分重要的地质意义。前人对该带进行过较为系统的研究, 已经识别出的变基性火山岩主要有以下几种: ①产于岛弧环境的钙碱性变质基性火山岩(裴先治等, 2001); ②形成于成熟大洋的, 就位于俯冲带内具有 N-MORB 特征的变质玄武岩(DONG Yun-peng et al., 2011b); ③形成于洋内岛弧环境的变玄武岩(张成立等, 1994); ④形成于俯冲带, 具有 E-MORB 特征高 Ti 变质玄武岩(李源等, 2012)。在靠近分水岭断裂一带还存在一套具有特殊地球化学特征的变质玄武岩, 它们与蛇纹石化橄榄岩、变辉长岩、变枕状玄武岩紧密共生, 且其中侵入有脉状斜长花岗岩, 具有蛇绿岩的岩石组合特征。

## 1 区域地质背景

“三块夹两带”是秦岭造山带的经典构造格局(张国伟等, 2001): 三块包括北秦岭地块(及华北板块南缘)、中秦岭微地块和扬子板块, 两带是指商丹和勉略两个缝合带。丹凤地区以商丹大断裂和分水岭断裂为界, 自南向北依次为中秦岭微地块、商丹缝合带和北秦岭地块。区内北秦岭地块秦岭岩群主要出露为(条带状)黑云斜长(二长)片麻岩、含石墨大理岩、矽线石榴片岩。中秦岭微地块池沟组是一套弱变质强变形的微晶二云母片岩、石英片岩、变粒岩岩石组合。罗汉寺岩群为一套变质变形较强的石英片岩、云母片岩、大理岩夹变基性火山岩组合。商丹缝合带是蛇绿构造混杂岩带, 主要是丹凤岩群的岩块与基底岩石和蛇绿岩等块体, 再经强烈变质变形的片麻岩、片岩、糜棱岩

等基质焊接而成。

## 2 岩石学特征

东秦岭分水岭蛇绿岩以丹凤地区分水岭附近出露的剖面最为典型, 其北以分水岭断裂与秦岭岩群的黑云斜长片麻岩相接, 南被早古生代宽坪岩体所侵, 其出露宽度几十米至数百米。露头上的变质玄武岩与变枕状玄武岩共生, 整体呈黑绿色—黑色, 片状—块状构造, 靠近分水岭断裂者糜棱岩化较为发育。镜下观察主要由角闪石 50%~75%、斜长石 15%~45%、绿帘石 5%左右及少量石英和黑云母组成。糜化作用发育时矿物定向排列明显, 且斜长石呈“层状”产出, 有的层中斜长石几乎全部被绢云母蚀变, 而个别层中斜长石较为新鲜, 可以看到清晰的双晶。由于与变枕状玄武岩紧密共生, 枕状玄武岩变形也较强烈, 其枕状构造被拉伸成为了 10:1~15:1 的长柱状、竿状, 甚至线状构造, 因此将其恢复为变玄武岩。

## 3 地球化学特征

分水岭蛇绿岩中变玄武岩样品, MgO 含量较高, 其含量为 9.24%~18.74%, Mg<sup>#</sup>值为 74~85, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量为 10.24%~15.47%, SiO<sub>2</sub> 含量为 47.96%~51.98%, TiO<sub>2</sub> 含量较低, 为 0.15%~0.38%。TFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为 7.43%~10.77%, MnO 含量为 0.12%~0.21%, CaO 含量为 6.34%~13.82%, Na<sub>2</sub>O 含量为 0.06%~3.54%, K<sub>2</sub>O 含量为 0.06%~0.94%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量仅占 0.01%~0.06%。这种地球化学特征表明它们的原岩为亚碱性系列拉斑玄武岩。

它们的  $\Sigma\text{REE}$  的值为  $15.55 \times 10^{-6} \sim 30.92 \times 10^{-6}$ ,  $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$  的值为 1.82~4.40。在球粒陨石标准化配分曲线图上, MREE 的分布较 LREE 和 HREE

注: 本文属中国地质调查局地质调查项目(项目编号 1212011120567 和 1212011220375) 成果。

收稿日期: 2014-12-21; 改回日期: 2015-03-14; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 赵如意, 男, 1982 年生, 博士生, 工程师, 研究方向: 岩浆作用与成矿, 主要从事铀矿勘查及区域地质调查工作, E-mail: 93236749@qq.com。

下凹, 整体呈“U”型的分布曲线。

变玄武岩的大离子亲石元素 (LILE) Rb、Ba、K 相对富集, 高场强元素 (HFSE) Ta、Nb 异常不明显, 整体曲线右倾, 但是 Th、U 相对富集强烈, Sr 相对富集, 同时相对亏损 P 和 Ti。

## 4 讨论

玻安岩因最早发现于 bonin 群岛而得名, 由于玻安岩分布较为稀少, 前人主要是依据其地球化学特征进行定义。前人资料表明玻安岩应该具如下地球化学特征: 有高的 MgO 含量和  $Mg^{\#}$  值, 相容元素含量 (Ni、Cr、Co 等) 含量较高; 低的  $TiO_2$  含量; 中等含量的  $SiO_2$  ( $>53\%$ ); 具有 U 型稀土元素配分模式; 强烈亏损高场强元素 (HFSE); 通常 (但非总是) 相对于中稀土元素 Zr 和 Hf 富集。张旗等 (2008) 认为玻安岩还应该具有贫 Al, 极端贫 Ti、P 和 HFSE ( $TiO_2 < 0.4\%$ 、 $Ti/Zr < 76$ 、 $Yb < 1 \times 10^{-6}$ ), LREE 可以是亏损或是富集, 但是具有特征的 U 型稀土元素配分曲线特征。

东秦岭丹凤地区分水岭蛇绿岩中变玄武岩具有玻安岩的主要地球化学特征: ①  $SiO_2$  含量为  $47.96\% \sim 51.98\%$ ,  $TiO_2$  为  $0.15\% \sim 0.38\%$ , 全部  $< 0.4\%$ ; MgO 含量也较高, 其含量为  $9.24\% \sim 18.74\%$ ,  $Mg^{\#}$  值为  $74 \sim 85$ , 样品 MgO 含量  $> 9\%$ ,  $Mg^{\#}$  值全部  $> 60$ 。② LREE 略微富集, 在球粒陨石标准化配分曲线图上, MREE 的分布较 LREE 和 HREE 下凹, 整体呈“U”型的分布曲线。③ 相容元素 Ni、Cr 的丰度较高, Ni 含量为  $399 \times 10^{-6} \sim 1554 \times 10^{-6}$ , Cr 含量为  $110 \times 10^{-6} \sim 343 \times 10^{-6}$ ; 高场强元素 (HFSE) 丰度较低, 尤其是 Y、V、Zr、Yb 表现更明显; Ti/Zr 的值  $25 \sim 78$ , Yb 的含量  $0.67 \times 10^{-6} \sim 1.58 \times 10^{-6}$ 。在 Zr/Y-Zr 图解和 V- $TiO_2 \times 10000$  图解中, 变玄武岩全部落入玻安岩区域。以上地球化学特征表明, 分水岭蛇绿岩的变玄武岩具有玻安岩特征, 由于样品  $SiO_2$  含量  $< 53\%$ , 张旗 (1990) 建议称之为玻玄岩 (Boni-basalt)。

玻玄岩与玻安岩是玻安岩系的两个亚类, 几乎所有的玻安岩都产于弧前环境并与洋内消减作用有关。目前认为玻安岩是在弧前低压高温环境下, 由俯冲板片脱水作用形成流体交代亏损的地幔楔而形成, 流体中  $H_2O$  的饱和度越高其所形成的熔体  $SiO_2$  的含量越高, 当熔融之前加入的  $H_2O$  有限时, 便会形成  $SiO_2$  含量偏低的玻玄岩 (张旗, 1990)。

因此, 分水岭蛇绿岩中的变玄武岩—玻玄岩是古商丹洋洋壳自南向北强力俯冲过程中, 洋壳及沉积物不断脱水形成含  $H_2O$  较少的流体, 流体向上运移至相对较浅的深度 (约 25km) 交代地幔楔中亏损地幔的产物。

## 5 结论

(1) 东秦岭丹凤地区分水岭蛇绿岩中的变玄武岩原岩是变玻玄岩, 它具有较玻安岩稍低的  $SiO_2$  含量, 同时具有高 MgO ( $9.24\% \sim 18.74\%$ ) 和  $Mg^{\#}$  ( $74 \sim 85$ )、低  $TiO_2$  ( $0.15\% \sim 0.38\%$ )、球粒陨石标准化稀土元素配分曲线呈“U”型、相容元素 Ni、Cr、的丰度较高, 高场强元素 (HFSE) Y、V、Zr、Yb 丰度较低等地球化学特征。

(2) 玻玄岩的存在暗示着此时的古商丹洋强烈向北俯冲, 在俯冲带北秦岭南缘之间的弧前构造环境形成了 SSZ 型蛇绿岩, 补充完善了秦岭造山带的地质演化历史。

## 参 考 文 献 / References

- 李源, 杨经绥, 裴先治, 等. 2012. 秦岭造山带早古生代蛇绿岩的多阶段演化: 从岛弧到弧间盆地[J]. 岩石学报, 028(6): 1896~1914.
- 裴先治, 李厚民, 李国光. 2001. 东秦岭丹凤岩群的形成时代和构造属性[J]. 岩石矿物学杂志, 20(2): 180~188.
- 张成立, 周鼎武, 韩松. 1994. 陕西商周地区丹凤变质火山岩的地球化学特征[J]. 地球科学, 29(4): 384~392.
- 张旗. 1990. 玻安岩和玻玄岩的地球化学特征和成因探讨[J]. 地球化学, 19(3): 207~215.
- DONG Yun-peng, ZHANG Guo-wei, HAUZENBERGER C, et al. 2011. Palaeozoic tectonics and evolutionary history of the Qinling orogen: Evidence from geochemistry and geochronology of ophiolite and related volcanic rocks[J]. Lithos, 122: 39~56.