



地质地球所关于华北大陆北部晚古生代火山岩与高钾钙碱性岩浆作用研究取得新进展

文章来源: 地质与地球物理研究所

发布时间: 2011-07-20

【字号: 小 中 大】

中科院地质与地球物理研究所张晓晖副研究员及其合作者对华北北部古生代岩浆岩的区域做了大量研究, 得出的两个案例与前人大量近期研究都比较一致地表征了“北侧增生、南侧再造”的华北北部古生代大陆地壳演化场景, 暗示该地区古生代造山系统以北向俯冲为主导的演化特征。这一认识与Collins et al. 最近基于“Hf同位素表象、全球地幔对流本因”之上提出的特征迥异的地球两大显生宙造山系统的缜密假说基本契合 (Collins et al. 2011. *Two contrasting Phanerozoic orogenic systems revealed by hafnium isotope data*, *Nature geosciences*, 4: 333-337) 以及相关评述Bahlburg. 2011. *Mantle-controlled mountains*. *Nature geosciences*, 4: 280-282)。这一地球显生宙造山系统的二元范型为认识华北克拉通破坏和华南大陆再造等东亚大陆演化重大问题提供了新的视角。

案例一、记录华北板块北缘晚古生代板片断离和大陆地壳生长的早二叠世火山活动

作为华北大陆北部分布最广泛的古生代火山岩带, 内蒙古地区统称为大石寨组火山岩的形成时代和构造场景长期以来一直悬而未决。其研究不仅对于东亚大陆显生宙构造重建具有重要意义, 而且是探究显生宙大陆地壳生长机制的重要窗口。

在中科院知识创新工程项目和国家自然科学基金项目的支持下, 地质与地球物理研究所岩石圈演化研究室的张晓晖副研究员及合作者对内蒙古中北部西段苏尼特左旗白音乌拉地区的晚古生代火山岩(本地名称宝力格组)进行了系统的野外地质、年代学和岩石地球化学研究。锆石U-Pb同位素测年结果指示, 宝力格组火山岩的喷发时代为早二叠世(289-287Ma); 主要岩石构成包括玄武岩、玄武安山岩、流纹岩和少量安山岩。基性火山岩呈现地球化学特征迥异的两个岩浆系列: 主体组以富集Th-U-Pb和轻稀土元素而相对亏损高场强元素为特征, 并具有软流圈地幔型Sr-Nd-Pb同位素组成; 另一组则相对富铯并具有岩石圈地幔型Sr-Nd-Pb同位素组成。酸性端元火山岩呈现高钾钙碱性岩浆岩的地球化学特征, 并具有与主体基性火山岩相当的Sr-Nd-Pb同位素组成。元素和同位素示踪研究揭示, 主体基性火山岩源于俯冲流体交代型软流圈地幔的部分熔融; 富铯玄武岩源于板片熔体交代的岩石圈地幔的熔融; 酸性火山岩则形成于底侵新增生基性下地壳与少量古老地壳的混融作用(图1)。

区域岩浆-构造事件对比显示, 这些高钾钙碱性火山岩系列, 与他们早期报道的锡林浩特-西乌旗一带的双峰式火山岩(Zhang et al. *Chemical Geology*, 2008, 249: 261-281), 一起构成了俯冲后伸展背景下发育的特征性岩石组合。这些火山岩的形成可能与北部陆块俯冲后伸展背景下的板片断离事件相关, 它们代表了后俯冲背景下幔源岩浆底侵诱发形成的系列岩石, 记录了大陆地壳的垂向增生过程。同时, 参考板片断离诱发俯冲极性转换的现代实例, 他们推测俯冲板片断离可能是索伦缝合带发生俯冲极性转换的诱发机制。

这一研究成果近期发表在国际知名地学期刊《伦敦地质学会杂志》(Zhang et al. *Early Permian high-K calc-alkaline volcanic rocks from northwest Inner Mongolia, North China: geochemistry, origin and tectonic implications*. *Journal of the Geological Society (London)*, 2011, 168: 153-171)。

[原文链接](#)

案例二、记录华北克拉通晚古生代准克拉通化过程的早二叠世高钾钙碱性岩浆作用

作为大陆上分布最广泛的岩浆岩类型, 中高钾钙碱性侵入岩(high-K calc-alkaline pluton)既可以是活动大陆边缘岛弧岩浆建造的重要组成部分, 又可以在世界各主要造山带后碰撞/后造山岩浆岩套中占主导地位, 同时还

可以形成于经历准克拉通化过程或受裂谷作用影响的被动大陆边缘。不同大地构造场景下形成的中高钾钙碱性侵入岩呈现与特定动力学体制所制约的壳幔相互作用相契合的岩石地球化学印记。因此，中高钾钙碱性岩浆岩的建造史是透视汇聚大陆边缘地球动力学演变与大陆地壳生长—再造演化场景的重要窗口。

在中科院知识创新工程项目和国家自然科学基金项目的支持下，地质与地球物理研究所岩石圈演化研究室的张晓晖副研究员及其合作者对处于华北克拉通北缘内蒙古固阳地区发育的早二叠世中高钾钙碱性侵入岩基（面积近800km²）进行了系统的野外地质、年代学和岩石地球化学研究。该复合岩基的主要组成岩石类型包括：呈独立状态产出的辉长岩-苏长岩-辉长闪长岩、含有大量暗色基性包体的闪长岩-花岗闪长岩和侵入其间的大量基性岩墙、以及基本不含暗色基性包体的黑云母二长花岗岩；锆石U-Pb和角闪石⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素测年确定其在约282-278Ma期间侵位。

研究发现：（1）代表基性岩浆端元的辉长岩-辉长闪长岩高度富集大离子亲石和轻稀土元素，亏损高场强元素；苏长岩则以低稀土含量和正Eu异常为特征；二者均具有中等富集型全岩Sr-Nd同位素（ $I_{Sr} = 0.7050 - 0.7053$, $\epsilon_{Nd}(t) = -8.08 \sim -10.2$ ）和锆石Hf组成（ $\epsilon_{Hf}(t) = -12.0 \sim -6.7$ ）；这些特征表明它们属于俯冲-交代型大陆岩石圈地幔部分熔融形成的母岩浆的分异与堆晶产物。（2）代表酸性岩浆端元的黑云母二长花岗岩SiO₂变化于74.3-75.6%，呈现埃达克质岩石的地球化学特征，如富Sr-Ba贫Y、高Sr/Y和La/Yb比率，并具有与基性岩相当的全岩Sr-Nd同位素和锆石Hf同位素组成（ $I_{Sr} = 0.7053 - 0.7055$, $\epsilon_{Nd}(t) = -10.5 \sim -11.3$, $\epsilon_{Hf}(t) = -8.5 \sim -11.8$ ），表明其可能为幔源玄武质岩浆底侵形成的基性下地壳和部分古老基性地壳物质发生混熔的产物。（3）构成岩基主体的闪长岩-花岗闪长岩的SiO₂变化于57.7-68.5%，Mg#值为42-56，具有中等富集的全岩Sr-Nd同位素（ $I_{Sr} = 0.7050 - 0.7064$, $\epsilon_{Nd}(t) = -8.4 \sim -13.9$ ）和锆石Hf同位素组成（ $\epsilon_{Hf}(t) = -7.9 \sim -15.5$ ）；结合众多指示岩浆混合作用的岩石学证据（如各种露头尺度的暗色基性岩浆包体、显微尺度的石英-角闪石眼球结构、斜长石多重环带），说明它们可能形成于交代型富集岩石圈地幔部分熔融产生的基性熔体与幔源基性岩浆底侵而成的新生基性下地壳（包括部分古老下地壳组成）部分熔融产生的酸性熔体之间的混合作用。（4）暗色基性包体呈现典型的岩浆结构，SiO₂变化于49.2-54.7%，其元素和中等富集型同位素组成特征（ $I_{Sr} = 0.7049 - 0.7056$, $\epsilon_{Nd}(t) = -8.48 \sim -10.1$, $\epsilon_{Hf}(t) = -8.8 \sim -14.7$ ）指示它们可能代表源于富集岩石圈地幔的基性岩浆并经过与寄主花岗岩以扩散和机械混合等形式的混染作用。（5）晚期基性岩墙具有相当于辉长闪长岩和闪长岩的主量元素组成，但呈现比岩株状辉长岩更亏损的同位素性状（ $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7054 - 0.7057$, $\epsilon_{Nd}(t) = -4.67 \sim -9.36$ ），这些特征表明其地幔源区富水且更亏损。总之，固阳岩基中这些基-酸性岩浆组合序列完整地见证了分别发生在深部、岩浆运移-侵位期间以及岩基主体就位之后的连续性壳-幔相互作用过程。

区域岩浆事件对比表明，华北北部早二叠世岩浆岩与蒙古国同时代岩浆岩构成了一个面积达数十万平方公里、跨越两大板块缝合线呈面状分布的岩浆岩省，其时空分布和岩石组合特征与世界各主要显生宙造山带发育的后碰撞/后造山岩浆岩省相当一致。另一方面，华北克拉通北缘早二叠世岩浆岩的主要源区是古老富集型岩石圈地幔和下地壳，体现了克拉通大陆再造的活化特点，这与安第斯弧岩浆岩所记录的活动大陆边缘地区发生的显著大陆地壳生长迥然不同，而类似于新元古代西非克拉通的准克拉通化（Metacratonization）过程，被动大陆边缘准克拉通化过程中沿深大断裂发生的带状区域的岩石圈拆沉可以形成大量带有克拉通岩石圈地幔和下地壳地球化学印记的岩浆岩。

这一成果近期发表在国际知名岩石学期刊*Lithos* (Zhang et al. *Mafic and felsic magma interaction during the construction of high-K calc-alkaline plutons within a metacratonic passive margin: the Early Permian Guyang batholith from the northern North China Craton. Lithos*, 2011, 125: 569-591)。

[原文链接](#)

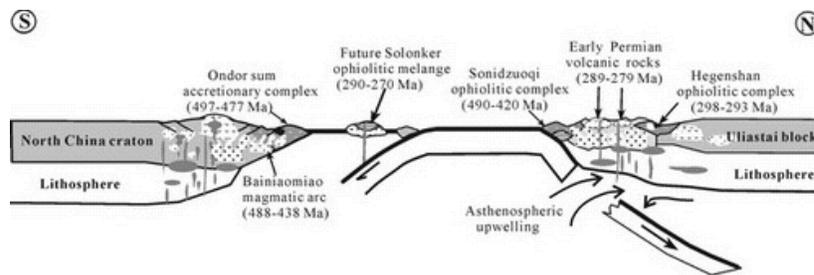


图1 苏尼特左旗早二叠世火山岩喷发时华北北部-蒙古地区的构造场景示意图

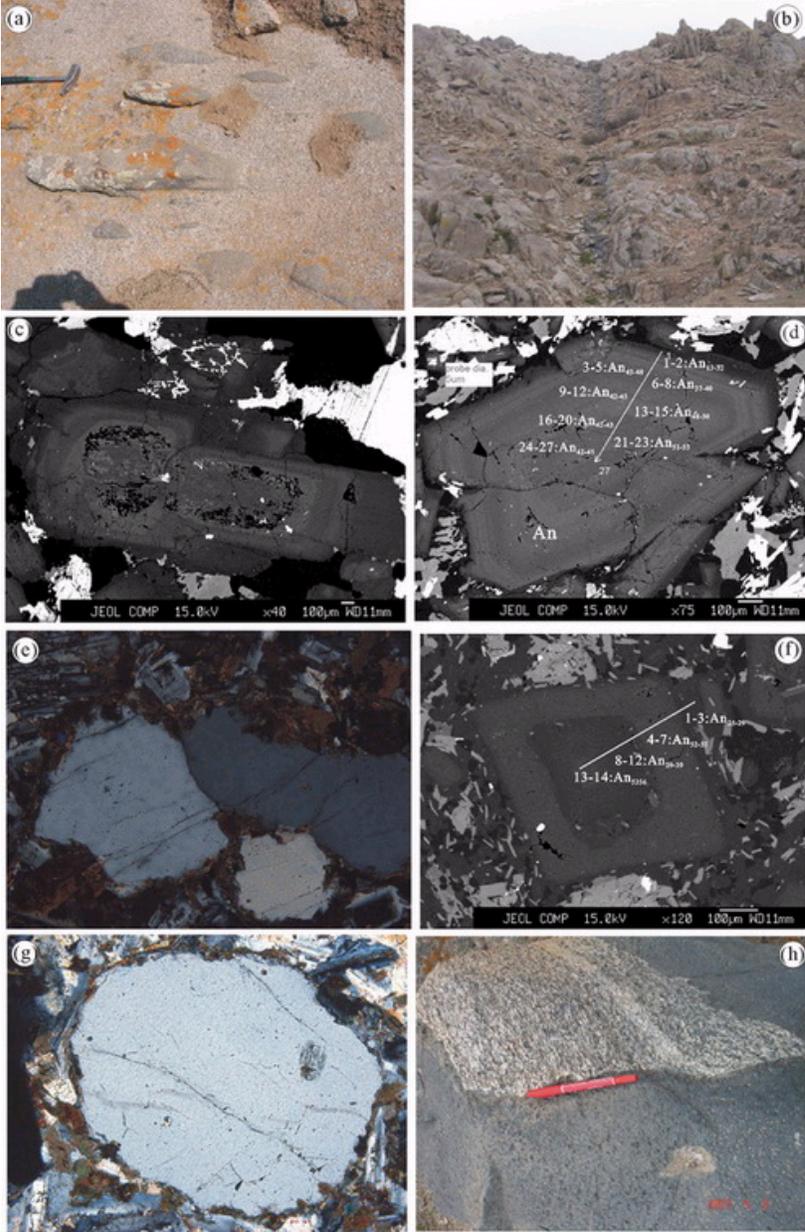


图2 固阳岩基中各类不同尺度的岩浆混杂现象 (a) 闪长岩-花岗闪长岩中呈强烈流动状态分布的基性微粒包体 (MME); (b) 闪长岩中的基性岩墙; (c) 石英闪长岩中具复杂环带结构的斜长石; (d) 花岗闪长岩中具复杂环带结构的斜长石; (e) 基性微粒包体中的石英-角闪石眼球构造; (f) 基性岩墙中具复杂环带结构的斜长石; (g) 基性岩墙中的石英-角闪石眼球结构; (h) 基性岩墙中的石英闪长岩捕虏体。

打印本页

关闭本页