

华北克拉通北缘辽西三叠纪碱性玄武玢岩的锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地球动力学意义

冯光英¹⁾, 刘燊²⁾, 冯彩霞²⁾, 杨经绥¹⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 大陆构造与动力学国家重点实验室, 北京, 100037;

2) 西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室, 西安, 710069

华北克拉通中-新生代以来发生了大规模的岩石圈减薄和破坏 (Griffin et al., 1998; Xu, 2001; Wu et al., 2001; 翟明国, 2008a, 2008b; 吴福元等, 2008; 嵇少丞等, 2008; 朱日祥和郑天愉, 2009; 高山, 2009; 徐义刚等, 2009; 郑建平, 2009; 张宏福, 2009; 张长厚, 2009; 郑永飞和吴福元, 2009; 刘燊等, 2010), 同时岩石圈地幔的性质也发生了显著变化: 古生代富集的古老克拉通大陆型地幔转变为新生代同位素亏损的大洋型地幔 (周新华等, 2006)。目前, 对于华北克拉通破坏的起始时间、空间以及动力学机制等问题仍然存在较大的争议 (吴福元等, 2008)。幔源基性岩浆作为陆块伸展甚至裂解的关键遗迹, 对探讨岩石圈伸展拉张过程、地幔源区性质及其时空演化等方面具有重要意义 (Hall, 1982; Windley, 1984; 李江海等, 1997; 周鼎武等, 1998)。本文对位于朝阳北票市大量出露的玄武玢岩的锆石 U-Pb 年代学研究, 表明其形成时代为早中生代三叠纪 (223Ma), 对其详细的同位素以及地球化学研究将有助于探讨早中生代辽西地幔源区性质, 并对华北克拉通减薄的时限以及动力学机制进行制约。

主量元素分析结果显示, 研究区玄武玢岩 SiO_2 含量较低 (49.41%~50.79%之间), 具有相对较高的碱含量, Na_2O (3.30%~4.09%), K_2O (1.09%~1.99%), TAS 图解中落于碱性岩序列粗面玄武岩范围。另外, 样品具有较高的 MgO 含量 (7.75%~8.23%), 相应的 $\text{Mg}^\#$ 较高 (60~61)。微量元素分析结果显示其轻重稀土强烈分异, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 变化于 19.1~22.4, Eu 异常不明显 ($\delta\text{Eu}=0.89\sim0.98$), 所有的样品都具

有较高的 Cr (203~283 $\mu\text{g/g}$)、Co (45.9~53.4 $\mu\text{g/g}$) 和 Ni (161~196 $\mu\text{g/g}$) 含量, 大离子亲石元素 Ba 和 Sr 富集, 而 Rb 具有不同程度的亏损, 高场强元素 (Ta、Nb、Zr、Hf 和 Ti) 亏损。Sr-Nd 同位素组成显示, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 在 0.7056~0.7059 之间, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i=0.7056\sim0.7058$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.5117 \sim 0.5118$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -11.9 \sim -10.1$ 之间, 在 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i - \epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 相关图解中所有测试样品均投在富集地幔源区。

根据讨论, 我们提出了辽西房身沟碱性玄武玢岩形成的简单模型: 整个古生代, 华北北部发育大洋壳, 晚二叠世-早三叠世, 随着古亚洲洋的闭合, 华北地块与西伯利亚南缘蒙古增生褶皱带最终碰撞拼合, 此后, 蒙古增生褶皱楔向华北克拉通俯冲, 并底垫于华北克拉通之下 (杨蔚, 2007), 导致华北克拉通岩石圈加厚; 中三叠世, 华北克拉通北缘进入造山后伸展拉张阶段, 田伟等 (2007) 对冀北小张家口超基性岩体 (220 $\pm$ 5Ma) 锆石 Hf 同位素的研究表明其形成是亏损的软流圈地幔流/熔体与富集的岩石圈地幔相互作用并混合的结果。表明此时软流圈已经开始上涌, 在石榴石二辉橄榄岩源区加热被古亚洲洋交代过的早-中元古代富集岩石圈地幔, 使其发生了较小程度 (约 5%) 的部分熔融, 由于玄武质岩浆在上升过程中没有受到明显的地壳物质的混染, 表明此时岩石圈的拉张强度较大, 且岩石圈较薄, 从而导致岩浆上升速度较快而没有受到地壳混染 (Macdonald et al., 2001), 上升过程中经历了橄榄石、单斜辉石以及磷灰石的分离结晶, 最后沿着拉张带快速上升至地表喷发, 形成研究区玄武玢岩。

目前对华北克拉通岩石圈减薄的起始时间及

动力学因素等方面还存在较大的争议(吴福元, 2007, 及其中的文献)。房身沟玄武玢岩的形成表明辽西地区华北克拉通的减薄至少在三叠世中期(223Ma)已经开始。而根据张拴宏等的研究, 华北克拉通北缘岩石圈富集地幔在三叠纪之前经历了多期改造, 而晚三叠后岩石圈地幔性质向着亏损的方向发展, 可见软流圈物质的加入逐渐明显, 暗示华北克拉通北缘岩石圈拆沉减薄开始于早-中三叠世, 明显早于华北克拉通内部的岩石圈减薄(张拴宏等, 2010)。华北克拉通北缘平行于古亚洲洋缝合带的三叠纪岩浆岩(主要包括基性岩及碱性岩)带的形成, 表明华北克拉通北缘岩石圈减薄和破坏可能主要受到古亚洲洋南向俯冲以及华北克拉通同蒙古增生楔的碰撞拼合及其后的岩石圈伸展拉张的控制。

参考文献

- 高山, 章军锋, 许文良, 等. 2009. 拆沉作用与华北克拉通破坏. 科学通报, 54: 1962-197.
- 嵇少丞, 王茜, 许志琴. 2008. 华北克拉通破坏与岩石圈减薄. 地质学报, 82 (2): 174-193.
- 李江海, 何文渊, 钱祥麟. 1997. 元古代基性岩墙群的成因机制、构造背景及其古板块再造意义. 高校地质学报, 3 (3): 272-280.
- 刘燊, 胡瑞忠, 冯光英, 等. 2010. 华北克拉通中生代以来基性岩墙群的分布及研究意义. 地质通报, 29 (2-3): 1-9.
- 田伟, 陈斌, 刘超群, 等. 2007. 冀北小张家口超基性岩体的锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素组成[J]. 岩石学报, 23: 583-590.
- 吴福元, 李献华, 郑永飞, 高山等. 2007. Lu-Hf 同位素体系及其岩石学应用. 岩石学报, (23): 185-220.
- 吴福元, 徐义刚, 高山, 郑建平. 2008. 华北岩石圈减薄与克拉通破坏研究的主要学术争论. 岩石学报, 24 (6): 1145-1174.
- 徐义刚, 李洪颜, 庞崇进, 等. 2009. 论华北克拉通破坏的时限. 科学通报, 54 (14): 1974-1989.
- 杨蔚. 2007. 辽西中生代火山岩年代学及地球化学研究: 对华北克拉通岩石圈减薄机制的制约[D]. 博士论文.
- 翟明国. 2008a. 华北克拉通破坏前的状态-对讨论华北克拉通破坏问题的一个建议. 大地构造与成矿学, 32 (4): 516-520.
- 翟明国. 2008b. 华北克拉通中生代破坏前的岩石圈地幔与下地壳. 岩石学报, 24 (10): 2185-2204.
- 张长厚. 2009. 华北克拉通破坏动力学过程研究中的几个构造问题. 地学前缘(中国地质大学: 北京), 16 (4): 203-214.
- 张宏福. 2009. 橄榄岩-熔体相互作用: 克拉通型岩石圈地幔能够被破坏之关键. 科学通报, 54: 2008-2026.
- 张拴宏, 赵越, 刘建民, 胡健民, 宋彪, 刘健, 吴海. 2010. 华北地块北缘晚古生代——早中生代岩浆活动期次、特征及构造背景. 岩石矿物学杂志, 29(6): 824-842.
- 郑建平. 2009. 不同时空背景幔源物质对比与华北深部岩石圈破坏和增生置换过程. 科学通报, 54, 1990-2007.
- 郑永飞, 吴福元. 2009. 克拉通岩石圈的生长和再造. 科学通报, 54 (14): 1945-1949.
- 周鼎武, 张成立, 刘颖宇. 1998. 大陆造山带基底岩块中的基性岩墙群研究-以南秦岭武当地块为例. 地球科学进展, 13: 151-156.
- 周新华. 2006. 中国东部中、新生代岩石圈转型与减薄研究的若干问题. 地学前缘, 13: 50-54.
- 朱日祥, 郑天愉. 2009. 华北克拉通破坏机制与元古代板块构造体系. 科学通报, 54: 1950-1961.
- Griffin W L, Zhang A, O'Reilly S Y and Ryan C G. 1998. Phanerozoic evolution of the lithosphere beneath the Sino-Korean Craton. In: Flower M F J, Chung S L, Lo C H and Lee T Y. eds. Mantle Dynamics and Plate interaction in East Asia, Geodynamics Series, 27, 107-126.
- Hall H C. 1982. The importance and potential of mafic dyke swarms in studies of geodynamic process. Geosciences Canada, 9: 145-154.
- Macdonald R, Rogers N W, Fitton J G, et al. 2001. Plume-lithosphere interactions in the generation of the basalts of the Kenya rift, East Africa. J. Petrol., 42: 877-900.
- Windley BF. 1984. The evolving continents. John Wiley Sons. 68-218.
- Wu F Y, Sun D Y, Li H M, Wang X L. 2001. The nature of basement beneath the Songliao Basin in NE China: geochemical and isotopic constraints. Physics and Chemistry of the Earth (part A) 26, 793-803.
- Xu Y G. 2001. Thermo-tectonic destruction of the Archean lithospheric keel beneath the Sino-Korean craton in China: evidence, timing and mechanism. Phys. Chem. Earth (A), 26, 747-757.