

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.809>



如何限定大陆地壳生长和演化过程?

吴元保^{1,2}

1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北武汉 430078

地球是太阳系中最独特的行星, 以演化出具有大洋和大陆双地壳组成为基本特征. 其中大洋地壳分布在低洼地区, 具有薄层且均一的玄武质成分; 而大陆地壳则普遍分布在相对高海拔地区, 厚度大、成分变化大且总体具有安山质成分 (Rudnick and Gao, 2014). 大洋地壳由于密度高导致其重力失稳发生俯冲, 因此现有大洋中的洋壳均较年轻 (≤ 200 Ma); 大陆地壳占地球表面积约 40%, 但是占地壳总体积的 70% (Taylor and McLennan, 1985). 由于其密度较小, 可以不同程度地保存下来, 因此记录了地球不同历史时期的形成演化历史. 目前已知最古老的大陆地壳为约 40 亿年的 Acasta 片麻岩 (Bowring and Williams, 1999), 最古老的地壳物质为澳大利亚 Jack Hill 变沉积岩中约 44 亿年的碎屑锆石 (Harrison, 2009). 如何确定大陆地壳生长和演化过程是地球科学领域根本性的科学问题.

1 核心思想

大陆地壳总体具有安山质钙碱性的中性成分, 明显不同于直接来自地幔的以玄武质岩石为主的成分特点 (如: Rudnick and Gao, 2014; Tang *et al.*, 2016), 因此大陆地壳从根本上说应该具有生长和演化两阶段的过程, 即地幔部分熔融形成基性岩浆加入地壳, 这些基性岩浆经历分异演化, 包括结晶分异、同化混染或再次部分熔融而形成大陆地壳, 并要求堆晶体或残留体通过不同的方式返回到地幔 (Taylor and McLennan, 1985; Rudnick and Gao,

2014). 但是大陆地壳分异演化以何种过程为主, 还存在较大争议 (Ducea *et al.*, 2015; Jagoutz and Kelemen, 2015).

大陆地壳具有岛弧岩浆岩的微量元素组成特征, 即相对富集轻稀土和大离子亲石元素并亏损高场强元素, 指示大陆地壳的形成可能主要与俯冲过程有关. 统计全球大陆地壳生长的构造位置进一步证实俯冲带是大陆地壳形成的重要场所, 约占全球大陆地壳生长总量的 80%, 而大陆裂谷及热点等相关的构造环境产生的大陆地壳的总量很少 (Stern and Scholl, 2010), 所以大陆地壳生长主要发生在增生造山带, 而碰撞造山带则表现出大陆地壳的再造演化过程 (Collins *et al.*, 2011; 宋述光等, 2015). 但是大陆地壳生长发生在增生大洋弧还是大陆弧还存在较大的争议 (Condie and Kröner, 2013; Jagoutz and Kelemen, 2015). 地球早期是否存在板块构造作用以及板块构造启动之前地壳生长的方式也是地球科学领域持续关注的重要问题 (Harrison, 2009; Reimink *et al.*, 2014).

大陆地壳的生长 70% 以上发生在太古代, 而后太古代大陆地壳则生长速率明显降低而再造演化作用增强 (Armstrong, 1981; Dhuime *et al.*, 2012; Hawkesworth *et al.*, 2017). 太古代和后太古代的大陆地壳存在成分上的明显不同, 表明大陆地壳生长和演化的方式存在根本的区别 (Tang *et al.*, 2016). 这一变化可能深刻影响了地球环境的变化 (Lee *et al.*, 2016), 而地球环境的变化可能反过来影响大陆地壳的成分 (Spencer *et al.*, 2022). 如何限定大

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 42130307).

作者简介: 吴元保 (1971—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事副矿物定年和示踪、造山作用、大陆地壳形成与演化等研究.
E-mail: yuanbaowu@cug.edu.cn

引用格式: 吴元保, 2022. 如何限定大陆地壳生长和演化过程? 地球科学, 47(10): 3787—3788.

Citation: Wu Yuanbao, 2022. How to Constrain Crust Growth and Evolution Processes? *Earth Science*, 47(10): 3787—3788.

陆地壳成分随时间的演化,以及与地球环境演化的关系,是当前研究的热点和难点。

2 科学价值

地球具有独特的安山质成分大陆地壳而有别于太阳系其他类地行星,经过 45 亿年的演化,大陆地壳提供了人类宜居的资源环境条件。大陆地壳的生长和演化对于认识地球的形成演化乃至太阳系的演化过程具有重要的意义,是地球科学的基础性问题之一。大陆地壳生长与演化过程受控于地球动力学过程,反过来大陆地壳成分的变化可以用来指示地球动力学系统的重大转变;人类所需要的矿产资源主要来自地壳,大陆地壳的生长和演化过程伴随着不同类型矿产资源的形成;大陆地壳的生长和演化对地球宜居性环境的形成具有重要意义,并有可能受地球环境变化的影响。

3 发展前景

大陆地壳是地球演化的特有产物,也是人类赖以生存的物质基础。大陆地壳可能在地球形成的早期已经出现,在地球的不同演化阶段具有特征的性质,经历了约 45 亿年的生长和演化,形成宜居性的资源环境条件。因此,对大陆地壳的生长和演化的认识,对于我们认识地球的形成和演化,以及地球宜居性资源环境的形成具有重要的意义。

参考文献

- Armstrong, R. L., 1981. Radiogenic Isotopes: The Case for Crustal Recycling on a Near-Steady-State No-Continental-Growth Earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 301: 443–472. <https://doi.org/10.1098/rsta.1981.0122>
- Bowring, S. A., Williams, I. S., 1999. Priscoan (4.00–4.03 Ga) Orthogneisses from Northwestern Canada. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 134(1): 3–16. <https://doi.org/10.1007/s004100050465>
- Collins, W. J., Belousova, E. A., Kemp, A. I. S., et al., 2011. Two Contrasting Phanerozoic Orogenic Systems Revealed by Hafnium Isotope Data. *Nature Geoscience*, 4(5): 333–337. <https://doi.org/10.1038/ngeo1127>
- Condie, K. C., Kröner, A., 2013. The Building Blocks of Continental Crust: Evidence for a Major Change in the Tectonic Setting of Continental Growth at the End of the Archean. *Gondwana Research*, 23(2): 394–402. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.09.011>
- Dhuime, B., Hawkesworth, C. J., Cawood, P. A., et al., 2012. A Change in the Geodynamics of Continental Growth 3 Billion Years ago. *Science*, 335(6074): 1334–1336. <https://doi.org/10.1126/science.1216066>
- Ducea, M. N., Saleeby, J. B., Bergantz, G., 2015. The Architecture, Chemistry, and Evolution of Continental Magmatic Arcs. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43: 299–331. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060614-105049>
- Harrison, T. M., 2009. The Hadean Crust: Evidence from >4 Ga Zircons. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37: 479–505.
- Hawkesworth, C. J., Cawood, P. A., Dhuime, B., et al., 2017. Earth's Continental Lithosphere through Time. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 45: 169–198. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-063016-020525>
- Jagoutz, O., Kelemen, P. B., 2015. Role of Arc Processes in the Formation of Continental Crust. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43: 363–404. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040809-152345>
- Lee, C. T. A., Yeung, L. Y., McKenzie, N. R., et al., 2016. Two-Step Rise of Atmospheric Oxygen Linked to the Growth of Continents. *Nature Geoscience*, 9(6): 417–424. <https://doi.org/10.1038/ngeo2707>
- Reimink, J. R., Chacko, T., Stern, R. A., et al., 2014. Earth's Earliest Evolved Crust Generated in an Iceland-Like Setting. *Nature Geoscience*, 7(7): 529–533. <https://doi.org/10.1038/ngeo2170>
- Rudnick, R. L., Gao, S., 2014. Composition of the Continental Crust. Treatise on Geochemistry. Elsevier, Amsterdam, 1–51. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-095975-7.00301-6>
- Spencer, C. J., Davies, N. S., Gernon, T. M., et al., 2022. Composition of Continental Crust Altered by the Emergence of Land Plants. *Nature Geoscience*, 15: 735–740. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00995-2>
- Stern, R. J., Scholl, D. W., 2010. Yin and Yang of Continental Crust Creation and Destruction by Plate Tectonic Processes. *International Geology Review*, 52(1): 1–31. <https://doi.org/10.1080/00206810903332322>
- Tang, M., Chen, K., Rudnick, R. L., 2016. Archean Upper Crust Transition from Mafic to Felsic Marks the Onset of Plate Tectonics. *Science*, 351(6271): 372–375. <https://doi.org/10.1126/science.aad5513>
- Taylor, S. R., McLennan, S. M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution: An Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks. Blackwell Science, Oxford, UK.
- 宋述光, 王梦珏, 王潮, 等, 2015. 大陆造山带碰撞—俯冲—折返—垮塌过程的岩浆作用及大陆地壳净生长. *中国科学: 地球科学*, 45(7): 916–940.