

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.813>



全球尺度上大陆地壳抬升的时间、机制与效应是什么？

王 伟

中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

陆地是人类赖以生存的家园,而大陆地壳也是岩石圈、大气圈、水圈、生物圈等地球圈层相互作用的主要场所.科学家发现在地球演化早期,地球表面主要被广阔的海水覆盖,并未出现如今山川叠峦的地貌特征.现今,海平面之上的陆地约占陆壳总体积的 69%,这一体量的陆地是何时抬升到海平面之上,以及抬升过程是快速还是逐步发生的,是地球科学领域争议性很大的前沿性科学问题.虽然前人对此开展过大量的数值模拟工作,但由于模拟过程中所选模型与参数的不同,导致其研究结果存在着较大的差异,限定的大陆大规模出露于海平面之上的时间从太古宙跨度到新元古代(Flament *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2018).由于地球历史时期地质记录保存的偏差以及合适岩石样品的缺失,至今地质学家们仍未找到确切的地质学证据来解决上述科学问题.因此,迫切需要一个合适的地质载体来限定大陆地壳的抬升历史.

1 核心思想

作为岩石圈、大气圈和水圈等圈层的主要组成元素,氧在各个载体中的同位素组成可以很好地记录大陆地壳岩石与地表水(如大气降水、冰川融水和海水等)发生水岩相互作用的条件和过程.而锆石作为火成岩、变质岩和沉积岩中常见的具有高度稳定性的副矿物,为我们提供了一个可靠的研究窗口去追溯地球远古时期全球尺度上大陆地壳抬升的时间.锆石氧同位素可以有效限定岩浆源区特

征,通常与幔源岩浆平衡的锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 $(5.3 \pm 0.6)\text{‰}$,如果地壳岩石与地表水之间在低温 ($<300\text{ °C}$) 条件下发生水-岩反应,会产生比地幔 $\delta^{18}\text{O}$ 值高的地壳 $\delta^{18}\text{O}$ 值.相反,如果锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 值低于地幔值,则表明其源区物质经历了高温 ($>300\sim 400\text{ °C}$) 水-岩反应过程,这一过程可以发生在洋壳与海水,或陆壳与大气降水之间.锆石 Hf 同位素可以有效区分其源区物质是否为新生洋壳 ($\epsilon_{\text{Hf}}(t) > 0$) 或古老陆壳 ($\epsilon_{\text{Hf}}(t) < 0$),因此,如果我们能从壳源成因的岩浆锆石和河流碎屑锆石中识别出低 $\delta^{18}\text{O}$ 值的锆石颗粒 ($\epsilon_{\text{Hf}}(t) < 0$),便可限定锆石源区/母岩所在大陆地壳的抬升历史.综合全球其他克拉通的锆石数据,从而约束全球尺度上大陆地壳抬升的时间.

2 科学价值

大陆地壳风化可以向海洋提供大量的生物必须营养物质(如磷),提高生物初级生产力,进而促进地球早期生命演化.准确限定全球尺度上大陆地壳抬升至海平面之上的时限,有助于我们深入理解地球早期的大气圈、水圈、生物圈与岩石圈的耦合关系(图 1).比如有学者提出早古元古代大氧化事件(GOE)是由 ca.2.5 Ga 时全球大陆露出海平面之上诱发的(Bindeman *et al.*, 2018; Spencer *et al.*, 2019),也有学者认为比大氧化事件更早的太古宙时期海洋局部氧化(氧气绿洲的出现)与大陆抬升至海平面之上有着密切的联系(Wang *et al.*, 2022).而关于这些争议的焦点在于全球尺度上大陆地壳

作者简介:王伟(1984—),教授,博士生导师,主要从事前寒武纪地质学和沉积岩石学研究. E-mail: wzw@cug.edu.cn

引用格式:王伟,2022.全球尺度上大陆地壳抬升的时间、机制与效应是什么?地球科学,47(10):3796—3797.

Citation: Wang Wei, 2022. When and How did the Continental Crust Become Subaerial Globally? *Earth Science*, 47(10): 3796—3797.

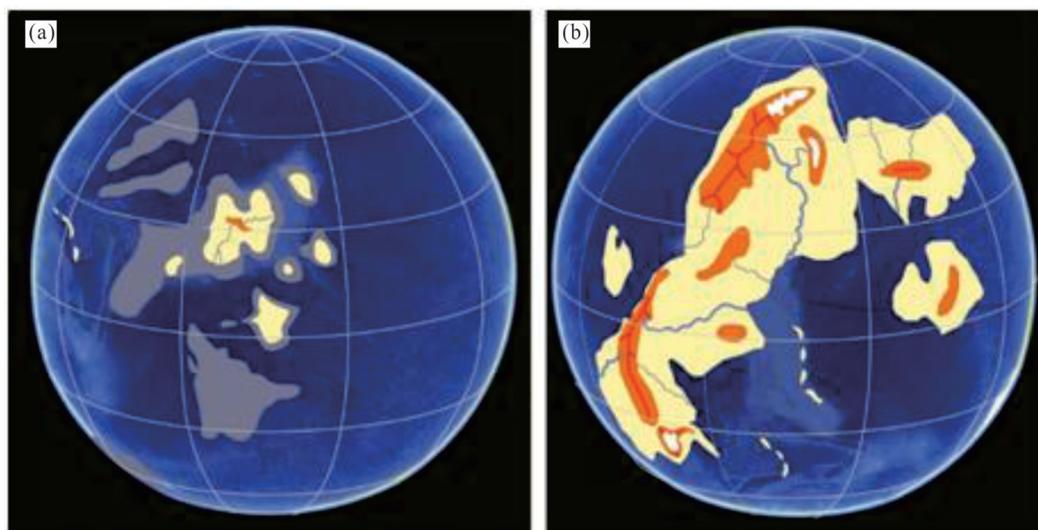


图 1 全球大陆抬升至海平面之上示意图(据 Bindeman *et al.*, 2018)

抬升至海平面之上时间的不确定。

3 发展方向

近些年来,地球的早期演化以及宜居星球的形成历程逐渐成为国际国内地学界的研究热点课题,涵盖多个方向,包括地球早期板块构造体制演化、元古宙大氧化事件、地球早期生命演化、全球大陆抬升等。每个重大地质事件的发生,可能并不是单一的,往往会引发其他地质事件的连锁反应。比如地球早期板块构造体制演化是否与全球大陆抬升至海平面之上有关?全球大陆露出海平面之上,导致更多的沉积物输入进海沟,起到润滑剂的作用,促使板块持续俯冲(Sobolev and Brown, 2019);全球大陆露出海平面导致更多的营养物质输入进海洋,促使地球早期生命演化与诱发早古元古代大氧化事件?准确限定全球大陆抬升至海平面之上的时间,并探讨其与这些重大地质事件的耦合关系将会是未来一段时间内国内外地学界的研究前沿课题之一。

参考文献

Bindeman, I. N., Zakharov, D. O., Palandri, J., et al., 2018. Rapid Emergence of Subaerial Landmasses and Onset of

a Modern Hydrologic Cycle 2.5 Billion Years ago. *Nature*, 557(7706): 545–548. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0131-1>

Flament, N., Coltice, N., Rey, P. F., 2008. A Case for Late-Archaean Continental Emergence from Thermal Evolution Models and Hypsometry. *Earth and Planetary Science Letters*, 275(3/4): 326–336. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.08.029>

Lee, C. T. A., Caves, J., Jiang, H. H., et al., 2018. Deep Mantle Roots and Continental Emergence: Implications for Whole-Earth Elemental Cycling, Long-Term Climate, and the Cambrian Explosion. *International Geology Review*, 60(4): 431–448. <https://doi.org/10.1080/00206814.2017.1340853>

Sobolev, S. V., Brown, M., 2019. Surface Erosion Events Controlled the Evolution of Plate Tectonics on Earth. *Nature*, 570(7759): 52–57. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1258-4>

Spencer, C. J., Partin, C. A., Kirkland, C. L., et al., 2019. Paleoproterozoic Increase in Zircon $\delta^{18}\text{O}$ Driven by Rapid Emergence of Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 257: 16–25.

Wang, W., Cawood, P. A., Spencer, C. J., et al., 2022. Global-Scale Emergence of Continental Crust during the Mesoproterozoic–Early Neoproterozoic. *Geology*, 50(2): 184–188. <https://doi.org/10.1130/g49418.1>