

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.817>



板块构造是何时、如何启动的?

张少兵

中国科学技术大学地球和空间科学学院, 安徽合肥 230026

板块构造是地球科学在 20 世纪最重要的发现, 是固体地球科学的核心理论, 它描述了地球岩石圈可以分为不同的板块, 在软流圈之上滑动, 并沿着离散板块边界、汇聚边界和走滑边界发生相对运动. 从物理学的角度来看, 板块构造是地球内部散热的一种方式. 从化学的角度来看, 板块构造是地表与地球内部之间发生物质交换的一种途径. 板块构造是地球区别于其他类地行星的重要标志. 板块构造理论对我们理解现在地球或者显生宙地球的运动非常有效, 促进了地球科学多个领域的发展. 但板块构造什么时候开始主导地球岩石圈的运动, 或者说板块构造什么时候开始在地球上启动, 启动的机制是什么, 目前还存在很大的争议, 是地球科学最前沿的科学问题之一. 例如, 美国国家科学院国家研究理事会固体地球科学重大问题委员会在 2008 年归纳总结出固体地球科学的十大科学问题, 以及美国国家研究理事会(NRC)在 2020 年发布的《美国国家科学基金会地球科学十年愿景(2020—2030)》中提出了 12 个科学问题, 二者都把板块构造何时启动、如何启动作为最重要的科学问题之一.

1 板块构造的启动时间

近年来, 不同领域的科学家尝试从不同角度, 包括地质学、地球化学、地球动力学模拟等, 去回答这些问题, 取得了显著的进步, 但还没有就板块构造何时开始启动达成共识. 地球形成之初, 导致月球形成的大碰撞引发了全球的岩浆洋发育, 在岩浆

洋从底部向上逐渐冷却固化之后的某个时间, 地球发育板块构造. 从岩浆洋到板块构造之间到底有多少时间间隔? 一部分科学家认为这一间隔非常短, 在冥古宙或始太古代就发育了板块构造, 例如部分对西澳 Jack Hills 冥古宙锆石或者 3.8 Ga 变玄武岩的研究(如 Windley *et al.*, 2021); 一部分科学家认为这一间隔非常长, 到古元古代或新元古代才发育板块构造(如 Stern *et al.*, 2016); 更多科学家认为地球发育板块构造是在太古宙的某个时候(如 Ca-wood *et al.*, 2018; Zheng and Zhao, 2020). 梳理前人的这些研究, 我们可以发现, 他们的结论不同, 实际上是因为对板块构造起始的判别标志理解不同. 大部分研究者是通过寻找板块构造体制下的某些鉴定性产物(弧岩浆、高压变质作用、双变质带、低地温梯度、造山带相关的岩石组合、表壳物质再循环)来制约板块构造的发生, 部分持绝对均变论的研究者甚至认为应该把板块构造启动的时间定义为“无板块构造作用的地质记录最早发生的时间”(Kusky *et al.*, 2018), 而另一部分人强调板块构造的启动不能以零星的板块边界出现为标志, 应该以全球联通的板块边界为标志(Lenardic, 2018). 但这一标准又过于严苛. 因此, 从某种意义上而言, 板块构造何时启动的争论本质上是对板块构造的不同理解造成的. 由于板块构造是一个描述性的理论, 无法从其定义中直接提取判别标志, 必然导致不同研究给出不同的结论. 如果采用非常宽泛的判别标准, 必然会得出板块构造启动非常早的结论; 反之, 如果采用非常严格的标准, 就会得出板块构造启动

作者简介: 张少兵(1980—), 男, 博士, 教授, 长期从事前寒武纪地质学与地球化学研究. E-mail: sbzhang@ustc.edu.cn

引用格式: 张少兵, 2022. 板块构造是何时、如何启动的? 地球科学, 47(10): 3806—3807.

Citation: Zhang Shaobing, 2022. When and How Plate Tectonics Begun on Earth? *Earth Science*, 47(10): 3806—3807.

非常晚的结论.

2 板块构造的启动机制

针对板块构造的启动机制这一问题,目前的主要研究手段有数值模拟、岩石地球化学大数据分析、比较行星学等.总体而言,板块构造的启动机制存在两种可能性,一种是自发,一种是外界因素的诱发.地球自然演化出板块构造,需要满足几个基本条件:地球形成刚性的岩石圈,不同板块之间出现密度差,板块之间存在薄弱带并逐渐演化为俯冲作用开始的边界.前人通过一系列的数值模拟工作(Gerya, 2014),讨论了克服这些障碍、发育出板块构造的各种可能途径,论述了从停滞盖子的构造体制自发转变为板块构造是可行的.由于地球早期的陨石撞击频率比现在高很多,部分科学家考虑了陨石撞击诱发板块构造启动的可能性(Yin, 2012; Maruyama *et al.*, 2018),从比较行星学等角度论述板块构造也可以通过外部因素诱发.

3 展望

板块构造何时在地球开始启动?又是如何启动的?虽然最近 20 年来,不同研究方向的科学家从不同的角度尝试解决这一科学问题,取得了显著的进展.但是,我们显然还没有到能够圆满解决这一问题的时刻.因此,至少在未来 10~20 年,相关科学问题必然长期位于地球科学的前沿领域.在将来的研究中,我们应该将理论模拟与天然样品的观测结合起来,将典型的天然样品与不同类型的地球化学大数据结合起来,集合多学科的力量,努力解决这一科学问题.

参考文献

Cawood, P. A., Hawkesworth, C. J., Pisarevsky, S. A., et al., 2018. Geological Archive of the Onset of Plate Tecton-

ics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2132): 20170405. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0405>

Gerya, T., 2014. Precambrian Geodynamics: Concepts and Models. *Gondwana Research*, 25(2): 442—463. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2012.11.008>

Kusky, T. M., Windley, B. F., Polat, A., 2018. Geological Evidence for the Operation of Plate Tectonics Throughout the Archean: Records from Archean Paleo-Plate Boundaries. *Journal of Earth Science*, 29(6): 1291—1303. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0999-6>

Lenardic, A., 2018. The Diversity of Tectonic Modes and Thoughts about Transitions between them. *Philosophical Transactions Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 376(2132): 20170416. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0416>

Maruyama, S., Santosh, M., Azuma, S., 2018. Initiation of Plate Tectonics in the Hadean: Eclogitization Triggered by the ABEL Bombardment. *Geoscience Frontiers*, 9(4): 1033—1048. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2016.11.009>

Stern, R. J., Leybourne, M. I., Tsujimori, T., 2016. Kimberlites and the Start of Plate Tectonics. *Geology*, 44(10): 799—802. <https://doi.org/10.1130/g38024.1>

Windley, B. F., Kusky, T., Polat, A., 2021. Onset of Plate Tectonics by the Eoarchean. *Precambrian Research*, 352: 105980. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105980>

Yin, A., 2012. An Episodic Slab-Rollback Model for the Origin of the Tharsis Rise on Mars: Implications for Initiation of Local Plate Subduction and Final Unification of a Kinematically Linked Global Plate-Tectonic Network on Earth. *Lithosphere*, 4(6): 553—593. <https://doi.org/10.1130/l195.1>

Zheng, Y. F., Zhao, G. C., 2020. Two Styles of Plate Tectonics in Earth's History. *Science Bulletin*, 65(4): 329—334. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2018.12.029>