科学通报 2017 年 第 62 卷 第 31 期: 3655 ~ 3656
简 报 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

钻探勘察加-鄂霍茨克海基底: 检验地幔柱假说的最终途径

牛耀龄[1,2,3*], 石学法[1,4], 李铁刚[1,4], 吴时国[1,5], 孙卫东[1,3], 朱日祥[1,6]

1. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室, 青岛 266061;
2. Department of Earth Sciences, Durham University, Durham DH1 3LE, UK;
3. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071;
4. 国家海洋局第一研究所, 青岛 266061;
5. 中国科学院深海科学与工程研究所, 三亚 572000;
6. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

* 联系人, E-mail: yaoling.niu@durham.ac.uk

2017-09-04 收稿, 2017-09-22 修回, 2017-09-22 接受

有关地幔柱的激烈辩论已有15年了[1~7]. 这个辩论的核心问题是: 地幔柱是否存在, 是否真正是地球热演化的一种重要动力学方式, 还是人们用来方便解释某些地质现象的需要[3]. 近年来的研究发现之前不少所谓的地幔柱并非地幔柱, 而是一些零散的地幔熔融异常. 尽管如此, 这个辩论进展缓慢, 远未达到共识. 究其原因, 障碍在于缺乏实质性的交流, 往往是人云亦云. 不少研究地幔柱的人对地幔柱假说的核心含义并不清楚, 也有不少人并不明白岩石学、地球化学和地球物理学方法虽然有用也很重要, 但都不能提供地幔柱存在与否的直接证据. 还有一些人甚至没有意识到他们的论证中有诸多的自相矛盾. 比如, 人们普遍认为洋岛玄武岩(OIB)是地幔柱的产物, 起源于俯冲到下地幔的洋壳, 可是洋壳(如洋脊玄武岩, MORB)亏损不相容元素, 不可能成为不相容元素相当富集的洋岛玄武岩. 再比如, 中国东部新生代玄武岩富集不相容元素, 比OIB还要富集, 可是这些玄武岩与源于下地幔的地幔柱毫不相干, 而是起源于上地幔, 与俯冲在该区地幔过渡带的古太平洋板块有关, 但也不可能是亏损洋壳的直接转换. 一些学者试图用玄武岩地温计来解释某些玄武岩的地幔柱成因, 但假设套假设的论据使其可信度十分有限[8,9]. 有些研究认为诸多地幔柱的地震波低速异常会从上地幔连续到下地幔, 甚至到核幔边界, 力图说明地幔柱不仅存在而且还可观察到, 但事实上目前对地震波速异常的分辨率还远远得不出这样的结论[2,4,5,10]. 本文讨论了这些误区, 厘清了一些重要概念, 在此基础上论证了用地质学检验地幔柱假说的可行性.

根据地幔柱假说[4,6,7], 地幔柱一定起源于核幔边界的热边界层, 而且必须由庞大的地幔柱头把深部地幔物质带到地表或近地表. 地幔柱头的产物是熟悉的大火成岩省, 在洋盆里是大洋高原, 是直径>1000 km, 厚度>200 km, 水深2~4 km, 浅于周边海底, 浮力大的(平均密度低于正常大洋岩石圈~1%)巨大、巨厚岩石圈块体(~1.5×10^8 km^3), 不可能通过狭小的海沟(~200 km宽, ~8 km深的倒立三角形横切面)俯冲进入地幔, 因此, 漂移到海沟时会堵塞海沟, 终止俯冲带, 直接贡献大陆岩石圈增生[11]. 相比之下, 海山是正常大洋岩石圈表面的"小土包", 可以拖入海沟, 俯冲到地幔. 夏威夷被认为是经典的地幔柱产物, 但至今未报道夏威夷地幔柱头的产物. 如果没有地幔柱头, 那么夏威夷就不是地幔柱, 因而地幔柱假说也就不成立. 因此, 夏威夷火山活动是否曾有其地幔柱头的大洋高原是客观、有效检验地幔柱假说的关键. 我们多年的研究认为勘察加-鄂霍茨克海基底很可能是夏威夷地幔柱头的产物, 这一假说可以通过区域地质和地球物理调研, 并在选取的理想部位钻探实现[11,12].

全文见: Niu Y L, Shi X F, Li T G, et al. Testing the mantle plume hypothesis: An IODP effort to drill into the Kamchatka-Okhotsk Sea system. Sci Bull, 2017, 62, doi: doi.org/10.1016/j.scib.2017.09.019

© 2017《中国科学》杂志社

参考文献

1 Foulger G R, Natland J H. Is “hotspot” volcanism a consequence of plate tectonics? 2003, 300: 921–922
2 Anderson D L. Simple scaling relationships in geodynamics: The role of pressure in mantle convection and plume formation. Chin Sci Bull, 2004, 49: 2017–2021
3 Niu Y L. On the great mantle plume debate. Chin Sci Bull, 2005, 50: 1537–1540
4 Davies G F. A case for mantle plumes. Chin Sci Bull, 2005, 50: 1541–1554
5 Foulger G R. Mantle plumes: Why the current skepticism? Chin Sci Bull, 2005, 50: 1555–1560
6 Campbell I H. Large igneous provinces and the mantle plume hypothesis. Element, 2005, 1: 265–270
7 Campbell I H, Davies G F. Do mantle plumes exist? Episodes, 2006, 29: 162–168
8 Niu Y L, Wilson M, Humphreys E R, et al. The origin of intra-plate ocean island basalts (OIB): The lid effect and its geodynamic implications. J Petrol, 2011, 52: 1443–1468
9 Green D G, Falloon T J. Mantle-derived magmas: Intraplate, hot-spots and mid-ocean ridges. Sci Bull, 2015, 60: 1873–1900
10 Julian B R. What can seismology say about hotspots? In: Foulger G R, Natland J H, Presnall D C, et al., eds. Plates, Plumes and Paradigms. Geol Soc Am Spec Pap, 2005, 388: 155–170
11 Niu Y L, O’Hara M J, Pearce J A. Initiation of subduction zones as a consequence of lateral compositional buoyancy contrast within the lithosphere: A petrologic perspective. J Petrol, 2003, 44: 851–866
12 Niu Y L. The origin of the 43 Ma bend along the Hawaii-Emperor seamount chain: Problem and solution. In: Hékinian R, Stoffers P, eds. Oceanic Hotspots. New York: Springer-Verlag, 2004. 143–155