

本刊记者/李 娜

新发现未否定地幔羽假说

科学家一直对海底地形着迷,非常想知道大洋底部的海山和隆起是如何出现的。自“板块构造学”理论建立以来,地球学界提出不少板块移动的动力学机制,其中地幔羽(mantle plume)假说在1980年代后期开始占据主流。2013年2月14日,同济大学海洋与地球科学学院周怀阳教授与美国伍兹霍尔海洋研究所 Henry J·B·Dick 教授联名在 *Nature* 杂志发表研究论文,指出了地幔羽假说不能解释的新发现。有媒体报道称,这项发现挑战了地幔羽假说,甚至有媒体称这是为地幔羽理论“钉上了最后一根棺材钉”。然而,综合各项资料可以推论,此项发现目前虽不能纳入地幔羽假说的解释范围,但它并未否定地幔羽假说,只是对地球板块运动机制的一种补充。

地幔羽假说不能解释的新发现

地球从内到外分为地核、地幔、地壳三部分。地幔羽假说认为,地幔内部温度的局部异常导致的大规模岩浆涌出地表,形成了隆起或海山,而隆起或海山也造成了较厚的地壳或洋壳。周怀阳团队通过在西南印度洋洋中脊马里安隆起的地质采样发现,该隆起并不是由于地幔内部温度异常而产生的,有可能是地幔成分异常引起的。

2010年1月,周怀阳教授研究团队在西南印度洋绵延3100公里长的东段马里安隆起,运用多波束测深仪进行详细地形测量,并采用拖网、深海电视抓斗等采样设备,从3000多米深的洋底进行密集的地质采样。一批批样品上甲板后,研究组意外发现:在这一块3200平方公里的区域,采集到的基本都是地幔主要成分橄榄岩,而非非地壳成分玄武岩。这说明这一段洋脊几乎完全缺失洋壳,地幔直接出露于地表。加之此前的35年,Dick及其同事一直在积累零星取样。研究组经过细致甄别和论证后认为:造成马里安隆起的主要原因,并不是地幔羽假说主张的地幔内局部温度异常导致,而是地幔的成分异

常,是因缺少一些易熔的金属物质而变得较轻的亏损地幔的组成成分,在均衡作用下产生了隆起;而地幔的亏损原因则可追溯到1.8亿年前南极板块和非洲板块分离时发生的大规模火山作用甚至更早的地质历史事件。

Nature 评论:挑战“地幔羽”假说,仍需再取样论证

Nature 杂志同期配发了英国剑桥大学 John MacLennan 教授的评论,评论指出,周怀阳研究组挑战了地幔羽假说,但这项新发现仍然需要新的地质证据支持。

评论指出,地球超过2/3的固态表面是通过地幔熔岩向地表隆升,造成洋脊火山喷发,再固化成新的地壳或洋壳的形式而形成的。当前学界主流观点认为,发生在隆起深处的变化是受地幔温度控制的。地幔羽假说自1970年代提出,在1980年代后期占据主流地位。当时全球地质勘测发现,洋中脊深度、洋壳厚度以及隆起火山的化学成分有显著的相关性。这种相关性与地幔羽模型预测的一致,而且上千公里距离外只有超过200℃的温度差异。这种假说模型的简单和成功令大多数地球科学家对地幔温度不断变化的观点深信不疑。事实上,地球科学家 Cannat 在马里安隆起的一项研究中曾发现熔岩化学成分和洋脊深度的关系,与之前模型预测的非常一致。

周怀阳研究团队的核心观点在于地幔温度不是马里安隆起形成的唯一因素。他们通过详细勘测发现,洋脊广泛暴露出地幔岩石,这意味着该处地壳缺失,这些不知去向的岩浆引发了一些关于马里安隆起热源的疑问。研究组认为地幔成分变轻造成马里安隆起高于周围的洋脊。

评论指出,为地质活跃地区制作地质图难度很大,因此周怀阳研究组利用大量的地质取样来考察马里安隆起的原因具有重要意义。这一段洋脊水深约4千米,比马里安隆起最浅部分深1.5千米。显

然,检验研究组结果的下一步应该是鉴定马里安隆起附近最浅部分的岩石成分。另外一个阻止我们认清马里安隆起原因的是对其周围地壳厚度变化不够了解。

MacLennan 认为,实施一项宏大的地质研究合作项目从海底取样,将会为马里安隆起的地壳深处变化提供新的勘测数据。有了这些数据,就可以确定到底是地幔热变化还是成分变化决定了洋中脊深度。另外,该项研究成果中一个有趣的现象是,地幔化学成分异常被认为是一件古老的熔岩事件导致的,是在冈瓦纳古陆出现的一个地幔羽。早期的地幔羽现象与现在的组成结构变化,理顺这两者的关系对于科学家来说仍然是深刻的挑战。

或是对板块运动动力机制的有益补充

如果周怀阳研究组的研究结果被进一步证明与地幔羽假说不一致,也并不意味着否定了该假说,而是对地球板块运动动力机制的一项有益补充。

在中国地质学家万天丰教授的一篇文章为“关于全球板块构造动力学机制的讨论”的文章中曾经指出,地幔羽假说可较好地解释中生代以来的部分板块运动方向的多变和放射状水平运动的事实,跟过去所有的假说相比,“地幔羽”假说更为合理,是认识上的一个进步。然而,此假说对于解释前中生代的板块运动,目前尚缺乏足够的资料,也远不能解释整个地质历史时期的岩石圈板块的所有运动变化;另外,起源于核幔边界的地幔羽演化是极其缓慢的,想用地幔羽假说来解释每隔几千万年板块运动方向发生突变,就不大适用。

另外,除了地幔羽这种具有代表性的假说之外,万天丰文章还指出,近30年来,由陨石撞击作用而诱发板块运动的假说,也已受到愈来愈多的重视。这或许说明,没有哪一种假说可以解释全部地质运动现象,周怀阳团队的发现也许是对板块运动动力机制的有益补充。■