

大碰撞事件与地球深部结构异常

周游* 刘耘

中国科学院地球化学研究所 贵阳 500002

核幔边界的大剪切波波低速省 (LLSVP) 和超低速带 (ULVZ) 的成因是地球科学研究的一个难点。人们长久以来推测这些核幔边界低速区域的形成可能与俯冲洋壳在核幔边界的堆积有关, 但是最近发现高温高压下洋壳物质波速特征与 LLSVP 和 ULVZ 不符。相关的理论还包括核幔的相互作用、地核中的轻元素出熔以及 BMO 演化的残余等, 这些理论均能解释核幔边界异常区域的存在特征, 但也存在各自的缺点。前人研究发现太平洋地幔柱根植于核幔边界并与 LLSVP 和 ULVZ 在空间上密切相关, 而太平洋地幔柱及其它地幔柱的岩浆产物 (OIB) 的 $3\text{He}/4\text{He}$ 高于正常地幔、而 $\mu 182\text{W}$ 却比正常地幔低。这些异常的化学指标均指示较为原始的太阳系物质, 这些原始物质的存留于核幔边界只可能与早期 (>44 Ga) 地球过程相关: 亦即地球增生过程中的某些重大事件通过某种机制将作为地球建造物质的原始太阳系物质带入到了地球的核幔边界。

月球形成大碰撞 (Moon-forming Giant Impact) 是最后一次影响地球核幔演化的重大事件。前人对于月球形成大碰撞具体形式的研究主要集中于其对月球的制约, 并没有关注到不同大碰撞模型对地球的影响。我们研究了一种可能常见、但较少为人所关注的大碰撞过程—核核融合模型, 发现碰撞过程中快速而剧烈的核融合过程可以将一部分硅酸盐物质带入到地核中, 这部分硅酸盐物质在地核中将停留 10 至 30 分钟的时间。由于金属地核溶解硅酸盐物质的能力限制, 这些硅酸盐物质 (可能会多多少少携带一些地核物质) 随后很快被吐出来, 堆积到核幔别边界。这一动力学过程能够很好地解释 OIB 的 $3\text{He}/4\text{He}$ 和 $\mu 182\text{W}$ 的数据特征、ULVZ 在核幔边界的分布特征以及 ULVZ 的波速特征。

但是目前除了这一动力学机制之外, 尚需更加系统细致的工作。目前的进展观察到带进去的硅酸盐物质从地核中被“吐出来”, 但是仍然需要估算被吐出来的物质的量能够匹配 LLSVP 和 ULVZ 的体量; 更重要的是, 被吐出来的硅酸盐物质需要携带多少地核铁才能匹配观测到的 ULVZ 的波速特征, 这关系到超高温高压条件下硅酸盐在地核中的行为。更进一步, 需要确定这些硅酸盐物质的吐出过程与地球发电机的快速启动到底有无关系?