

· 专题 19: 月球的形成和演化——基于嫦娥工程的新认识 ·

## 月球岩浆洋模型: 月球陨石岩相学与地球化学的证据

吴韦<sup>1,2</sup>, 徐义刚<sup>1\*</sup>, 张兆峰<sup>1</sup>

1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 同位素地球化学国家重点实验室, 广州 510640;

2. 中国科学院大学, 北京 100049

月球陨石是全面了解和研究月球物质组成和演化历史的理想样品。本次研究中我们对 7 块月球陨石样品包括 4 块月球玄武岩、2 块斜长质角砾岩以及 1 块岩石类型尚存在争议的月球陨石, 进行了详细的岩相学、主微量元素以及钙同位素地球化学分析。扫描电镜和电子探针获得的 BSE 图像显示, 玄武岩样品具有典型的次辉绿结构, 主要矿物为辉石、斜长石、橄榄石, 以及少量磁黄铁矿、钛铁矿、铬铁矿等副矿物; 斜长质角砾岩表现为不同大小和岩石类型的岩屑、矿物碎屑和玻屑被玻璃质基质所胶结。玄武岩样品具有低钛至甚低钛的特征 (1.5%~6% 和 <1.5%)、高 FeO 含量 (20.9%~23.3%), 以及明显的 Eu 负异常; 而斜长质角砾岩则具有高铝 (22.7%~29.9%)、高钙 (15.1%~18.9%), DaG 400 具有 Eu 正异常的特点, 而 NWA 5000 的 Eu 负异常可能与后期大量玄武质岩石的混合有关。相较于玄武岩的稀土含量, 斜长质角砾岩的稀土含量明显较低, 说明玄武岩形成晚于斜长质岩石形成。样品的稀土元素配分模式支持月球岩浆洋模型, 其源区形成与岩浆洋分异密切相关; 在 FeO-MnO、FeO+MgO-

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等图解中, 这些月球陨石样品均表现很好的一致性, 也为岩浆洋的演化提供了一定的证据。

2 个斜长质角砾岩样品的  $\delta^{44/40}\text{Ca}$  分别为  $0.72 \pm 0.06$  (2SE,  $n=3$ ) 和  $0.69 \pm 0.05$  (2SE,  $n=6$ ), 月球玄武质样品的  $\delta^{44/40}\text{Ca}$  变化范围在 0.75~0.96, 结合已有的月球样品钙同位素数据 (Simon *et al.*, 2010; Valdes *et al.*, 2014), 斜长质岩石的钙同位素都表现为富集轻钙同位素的特点, 而玄武岩样品的钙同位素变化范围较宽, 很可能是由月球玄武岩的源区复杂性所导致的。相较于球粒陨石的钙同位素特征 (Rubin *et al.*, 1977; Huang *et al.*, 2010, 2012; Teng *et al.*, 2010), 月球陨石与地球样品具有很好的一致性, 进一步说明月球与地球可能具有相似的来源。而钙作为难熔难挥发性元素, 其受后期地质时间影响很小, 进而可以对月球的形成以及岩浆洋的演化提供制约 (Huang *et al.*, 2011)。但目前对于月球陨石的钙同位素分布差异性的原因缺乏系统的认识, 下一步工作是通过丰富补充陨石样品的镁、铁、钼等同位素分析, 为样品差异成因以及月球岩浆洋的演化做出进一步的研究与讨论。

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (41490632)

第一作者简介: 吴韦 (1993-), 男, 博士研究生, 研究方向: 行星地球化学. E-mail: wuwei@gig.ac.cn.

\* 通讯作者简介: 徐义刚 (1966-), 男, 研究员, 博士, 研究方向: 岩石地球化学研究. E-mail: yigangxu@gig.ac.cn.