

· 专题 19: 月球的形成和演化——基于嫦娥工程的新认识 ·

月球线性构造制图研究及分类意义

罗林^{1,2}, 刘建忠^{1*}, 籍进柱^{1,2}, 张敬宜^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所, 月球与行星科学研究中心, 贵阳 550002;

2. 中国科学院大学, 北京 100049

月球线性构造是月球科学研究中的重要组成部分,也是中国月球探测的重要科学探测任务之一。月球线性构造纲要图是综合展示月表各种线性构造要素的类型、相互关系及其空间分布格局的专题地图,是月球数字地质图编研的重要内容。如何编制地图信息既不繁琐混乱、主次分明,而又简洁美观、富有层次、内涵丰富的线性构造纲要图是数字制图的主旨。线性构造分类体系的建立不仅有助于完善月球的地质构造演化体系,而且可为进一步认识月球现状、揭示月球起源和演化提供地质理论基础;更是月球线性构造纲要图研制的关键和数字制图的重要基础和前提,可为月球线性构造纲要图的编制提供理论依据。因此,编制月球线性构造纲要图时首先需要对线性构造的类型进行详细的分类研究。

国际上,从上世纪 50 年代开始,人类开展了大量无人和载人的月球探测活动。为了满足人类对月球未知领域的认识,以及对月球探测资料的汇总,美国地质调查局(USGS)编制了有关月球地质的系列图集。例如,在 1962~1979 年间,美国地质调查局(USGS)利用天文望远镜的观测,Ranger 系列卫星的遥感影像图,Lunar Orbiter 系列卫星的遥感影像图以及阿波罗计划的全景相机照片和月球样品数据,绘制了 79 幅比例尺为 1:5 千、1:1 万、1:2.5 万、1:5 万、1:10 万、1:25 万、1:100 万的月球区域地质图和比例尺为 1:500 万的全月地质图(Hackman, 1962; Marshall, 1963; Carr, 1965; Trask and Titley, 1966; Milton, 1968; Schaber, 1969; Wilhelms, 1970; Scott, 1972; Pike, 1976; Wilhelms *et al.*, 1979)。在这些地质图上,解译出来的构造要素是以月表的地形地貌为依据,划分的线性构造类型

繁多,有些线性构造实体具有相似的地形地貌特征,但在某些形态指标上存在一定差异,而出现了同类构造实体名称不一致或名称相同而含义不同的情况。比如,在 1:100 万的月球区域地质图上解译出“陡崖,月海陡崖,平缓陡崖”它们同属陡崖,只是因为存在的位置和形态的差异使用了不同的名称,所以存在“同物异名”的现象。而在 8 种比例尺的区域地质图上“线性构造”的含义笼统且不尽相同,有的解释为断层、岩墙、或熔岩流前峰,有的解释为浅层沟槽或断层陡崖,还有的解释为断层或断裂、节理、山脊、陡崖或凹陷等等,所以存在着“同词异义、含义不明”的现象,令人无法分辨其真正的含义。可见,基于月表地形地貌的线性构造分类方案,存在着认识不统一、划分不一致、表示方式差异较大的问题,导致图面上绘制的线性构造类型具有重复性和不准确性,且构造意义没有充分体现。此外,在上世纪 90 年代,随着美国 Clementine 与 Lunar Prospector 月球探测器的成功发射,USGS 在 2002 年行星地质编图年会上宣布将实施新版 1:250 万月球地质图的编制计划。该项目从 2004 年已正式启动,但由于经费限制,项目进展缓慢,目前还未见到正式发布的编制成果。

在国内,中国科学家利用嫦娥一号卫星获取的探测数据,针对月球典型地区(虹湾地区)开展了月球数字地质图件的试验性编制工作,并完成了虹湾及其周缘地区大地构造纲要图的编制。其对线性构造类型的划分主要是基于月球的形貌特征,根据线性构造的形态特征和 DEM 高程信息,将月表的线性构造分为 10 类:月岭、月溪、地堑、月谷、断裂、坑链、山脉、陡坡、垮塌构造和其他未知线性构造(陈建平等, 2012)。在已发布的虹湾及其周缘地区的

基金项目:国家自然科学基金重大项目(41490634, 41490635, 41490633);国家自然科学基金项目(41373068);国家科技基础性工作专项(2015FY210500)

第一作者简介:罗林(1991-),男,硕士研究生,研究方向:行星遥感与月球构造. E-mail: 1091282610@qq.com.

* 通讯作者简介:刘建忠(1968-),男,研究员,博士生导师,研究方向:月球与行星地质. E-mail: liujianzhong@mail.gyig.ac.cn.

大地构造纲要图上表达的线性构造更多的是关注其形貌特征,而对线性构造的成因机制体现不足。

综上所述,从 Apollo 时代到目前为止,月球线性构造的划分类型多样,划分的标准都是基于月表观测数据的形貌特征,以影像数据的形态、大小、色调、位置和纹理信息为依据,采用局部的、孤立的、就事论事的研究方法,导致对线性构造的几何特征、运动方式、动力学演化机制考虑不全。同时,由于各探测仪器的性能、数据特点以及数据精度和研究程度的不同,对线性构造的解译存在难以确定的多解性,划分的线性构造类型参差不齐,差异较大而无法进行对比分析,不具有普适性和统一性,并且参考性和易操作性较低,不利于月球线性构造纲要图的编制。所以,尚未形成一个公认的、规范的、具有普适性的线性构造分类体系。

建立科学、系统的分类体系是认识事物规律的基础,有了科学的分类体系,才能使客观对象更加条理化、系统化。在一幅构造纲要图上,如果构造的类型、概念、名称不统一,将无法全面展示地质构造特

征和构造演化过程等内容,会使人难以理解和使用,也无法进行全球性的统一制图。因此,制定规范统一的地质构造分类体系是新一轮月球地质编图迫切需要解决的科学和技术问题,对月球线性构造重新进行系统的分类研究意义重大。前人基于月表形貌特征的线性构造分类是根据构造的外部形态特征进行的分类,这种分类的缺点是容易把本质上相同的线性构造分为不同的类别,而把本质上不同的线性构造却分为同一类别,最终难以反映线性构造的本质属性及其相互关系。更高层次的分类则是本质分类,即根据事物的本来面目(根本属性),从他形成的本质特征与内部结构来进行分类(于兴河等,2013)。所以,月球线性构造类型的划分理应基于构造的成因机制并结合构造的形貌特征、运动学特征以及月球的动力学演化特征,才能将月球上不同形态、不同性质、不同等级和序次的线性构造类型进行科学合理的划分,不仅可以避免单以形貌特征为依据来分类出现的混乱状态,而且有助于揭示线性构造的形成机理、力学性质和演化历史。