

· 专题 19: 月球的形成和演化——基于嫦娥工程的新认识 ·

## 月球云海地区 1:250 万地质图编研进展

刘建忠<sup>1</sup>, 籍进柱<sup>1,2</sup>, 郭弟均<sup>1,2,3</sup>, 王俊涛<sup>1,2</sup>, 罗林<sup>1,2</sup>, 张莉<sup>1</sup>,  
陈圣波<sup>4</sup>, 陈建平<sup>5</sup>, 凌宗成<sup>6</sup>, 丁孝忠<sup>7</sup>, 韩坤英<sup>7</sup>, 欧阳自远<sup>1</sup>

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 550081;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 布朗大学 地球、环境和行星科学学院, 美国, 罗德岛州 普罗维登斯 02912;

4. 吉林大学, 长春 130000; 5. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

6. 山东大学(威海), 山东 威海 264209; 7. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037

月球地质图是集月球形貌、物质组成、构造演化以及形成历史研究为一体的综合性集成成果, 是月球科学研究与未来月球探测、月球基地选址和建设必不可少的基础资料。中国探月工程获得了圆满成功, 通过嫦娥数据进行的科学研究也取得了长足的进步, 但目前还缺乏集成性的成果。国际上月球探测方兴未艾, 但月球地质图研制滞后, 明显不适应这一形势的发展(刘建忠和欧阳自远, 2014)。因此, 开展新一轮的月球地质编图势在必行。在系统收集和整理已有月球地质图件、相关研究资料的基础上, 确定在本轮月球地质图编研中, 以月球演化动力学的变化为主线, 以中国嫦娥工程科学探测数据和其他已有月球探测资料、研究成果为基础, 以 GIS 为平台, 编制 1:250 万全月和分幅月球地质图(Liu *et al.*, 2016; Han *et al.*, 2016)。分幅地质图按照 30 幅进行划分(Wilhelms, 1972; Gaddis *et al.*, 2004)。其中 LQ-19 幅中最为典型的构造单元是云海盆地, 因此以云海来命名该幅地质图, 并选定其作为试验图幅, 开展详细的地质内容的填制, 以此来展示图面内容表达的合理性, 图示图例设计的艺术性, 并进一步修订地质图编制的流程和注意事项。

地质背景: LQ-19 分幅地质图范围: 0°~30°S, 0°~45°W, 位于月球正面南半球, 主要由知海(Mare Cognitum)、云海(Mare Nubium)、湿海(Mare Humorum)、部分岛海(Mare Insularum)和部分高地(Highland)组成, 另外, 该地区撞击坑、撞击坑溅射物以及线性构造广泛分布。因此, LQ-19 分幅地质图图可以作为试验图幅编制的相对理想区域。

数据和方法: 在编制 LQ-19 分幅地质图中, 利

用 GIS 平台进行编图和数据共享, 所用数据主要包括月球探测工程所获得的嫦娥一号(CE-1, 120 m/px)与嫦娥二号(CE-2, 50 m/px) CCD 影像数据、CE-1 伽马射线谱仪(GRS, 5°×5°)数据、CE-1 干涉成像光谱仪(IIM, 200 m/px)数据等分析处理结果, 并借鉴了国外的 LROC 宽视角影像数据 LOLA 激光高度计数据、Clementine 紫外可见近红外成像光谱数据等数据资料。

在 LQ-19 分幅地质图中, 采用“三宙六纪”的月球地质演化年表(郭弟均等, 2014; Guo *et al.*, 2016)。图面表达的主要内容及编图结果包括:

(1) 撞击坑的坑物质单元: 坑物质是由外动力地质作用(撞击作用)形成的不同物质的相带, 根据 CE-1 的影像图、IIM 数据和 OMTA 数据, 将坑物质划分为 5 种类型的坑物质单元, 分别为中央峰物质、坑底物质、坑壁物质、坑缘物质和辐射纹, 而部分撞击坑由于退化严重或直径较小, 只包含其中的部分类型。在 LQ-19 分幅图中识别了 669 个坑物质要素, 其中央峰物质 7 个, 坑底物质 200 个, 坑壁物质 386 个, 坑缘物质 71 个, 辐射纹 5 个。

(2) 盆地建造: 主要是由大型撞击事件形成的, 其形成时产生了从内到外多个层次分明的地质单元, 根据盆地的地质单元特征, 一个盆地可以包含 5 个建造: 中央峰建造、盆底建造、盆壁建造、盆缘建造和溅射物建造, 它们合起来构成盆地的建造群。在 LQ-19 分幅中, 盆地建造主要为云海和湿海盆地建造, 但由于后期的撞击作用和岩浆作用的改造, 只保留了部分盆缘建造。

(3) 月表构造: 按照形态主要分为环形构造和

线性构造。环形构造包括撞击坑、盆地和穹窿,其识别主要根据其形态来确定。在 LQ-19 分幅图中直径大于 5 km 的撞击坑有 386 个,其中哥白尼纪撞击坑有 6 个,爱拉托逊纪撞击坑有 62 个,雨海纪撞击坑有 161 个,酒海纪撞击坑有 83 个,艾肯纪撞击坑有 4 个,未划分年代的撞击坑 70 个;盆地有云海盆地和湿海盆地 2 个。线性构造按照成因类型划分为三类:内动力地质作用主导的线性构造,包括皱脊(353 条)、月溪(23 条)、地堑(59 条)和断裂(116 条);外动力地质主导的线性构造,包括坑底断裂(116 条)和坑缘断裂(63 条);特殊类型线性构造为坑链(12 条)。

(4) 岩石类型:根据 CE-1 IIM 数据的反演结果及国外最新研究成果,将月表岩石类型划分为 3 类:1) 高地岩石 4 类,分别为亚铁斜长岩、碱性岩套(Jolliff *et al.*, 2006)、克里普岩和富硅岩(Glotch *et al.*, 2010); 2) 月海岩石 5 类,分别为极低钛玄武岩、

低钛玄武岩、中钛玄武岩、高钛玄武岩和极高钛玄武岩; 3) 特殊岩石类型 3 类,分别为火山碎屑岩(Gustafson *et al.*, 2012)、纯斜长岩(Yamamoto *et al.*, 2012)和含尖晶石斜长岩(Prissel *et al.*, 2014)。在 LQ-19 分幅图中,岩石类型分布主要为月海岩石和高地岩石,以面状要素表示,而特殊岩石类型零星分布,在图中以点状要素表示。

(5) 其他图面内容:在 LQ-19 分幅图中有 Apollo 14 和 Apollo 12 两处登陆点,13 处火山口,并将玄武岩厚度也在图上标出。

开展月球地质图的编研可以为月球科学研究与未来月球探测、月球基地选址和建设提供必不可少的基础资料。LQ-19(云海)分幅地质图的编制,初步确定了月球地质图图面表达的内容,展示了图示图例的设计,熟悉了月球地质图编制的软件,并总结了编图的流程和注意事项,为后期开展全月地质图的编制提供了重要的经验。