

肩负科学使命 勇挑探月重担 ——中国科学院在“嫦娥三号” 任务中的重要作用*

中国科学院月球与深空探测总体部
(中国科学院国家天文台 北京 100101)

【关键词】 中国科学院,嫦娥三号,科学探测

DOI 10.3969/j.issn.1000-3045.2014.01.014

2013年12月2日凌晨,“嫦娥三号”探测器在西昌卫星发射中心成功发射;6日,成功实施近月制动进入环月轨道;10日,顺利进入月面着陆准备轨道;14日,安全实现月面软着陆;15日,成功实施着陆器、巡视器分离和两器互拍,获取了清晰图像,标志着“嫦娥三号”工程任务取得了圆满成功。

“嫦娥三号”成功着陆月球并进行就位和巡视探测,实现了我国探月工程“绕、落、回”发展战略的第二步目标,在我国航天事业发展中具有重要里程碑意义。中科院是我国实施探月工程的主要力量之一,在“嫦娥三号”任务中牵头组织制定了科学目标,规划了科学探测任务,承担了地面应用系统、有效载荷分系统和VLBI(甚长基线干涉测量)测轨分系统的研制建设和运行,以及其他多项配套产品的研制任务,并将进一步组织开展科学探测数据的应用和深化研究工作。

1 科学目标:测月、巡天、观地

有人把中科院的工作比喻成探月工程的“龙头”和“龙尾”,是不无道理的。说它是“龙头”,是

因为作为工程牵引的科学目标是由中科院组织全国科学家制定的;说它是“龙尾”,是因为工程目标实现后科学探测任务刚刚开始,且工程最终的科学应用研究成果也主要在这里诞生。

在绕月探测工程取得圆满成功并获取月球表面形貌、物质成分和月壤特性等方面的初步科学成果之后,探月工程二期“嫦娥三号”任务如何发挥其在科学上的最大价值和技术上的最大突破,是科学家们一直思考的问题。为此,中科院组织国内相关领域专家深入论证,提出了“嫦娥三号”任务的科学目标。2008年,国务院正式批准实施“嫦娥三号”任务。

相比“嫦娥一号”、“嫦娥二号”的科学目标,“嫦娥三号”任务的科学目标除继续对月球表面形貌、物质成分和可利用资源等开展更进一步的科学探测外,让人振奋的亮点则是对月球表面地质构造的调查和月基地球等离子体层探测与月基光学天文观测,形象地说即“测月、巡天、观地”。由科学目标所牵引出的“首次在月面开展多种形式的科学探测任务”,也成为了“嫦娥三号”任务的主要创新点。

* 执笔人:刘晓群、李伟(E-mail: liwei@bao.ac.cn)
修改稿收到日期:2013年12月30日

2 地面应用系统:月地通道,科学使命

中科院国家天文台承担的探月工程地面应用系统不仅负责组织制定“嫦娥三号”任务科学探测计划、提出有效载荷配置需求和监视着陆器、巡视器有效载荷的运行状态,编制有效载荷工作计划并完成有效载荷运行管理,还负责着陆器和巡视器的科学探测数据的地面接收、处理、解译和管理,通过密云的50米天线和昆明的40米天线,建立了连接月与地的通道。此外,地面应用系统还负责科学探测数据的存储与发布,组织科学家进行数据产品生产、科学应用与研究并开展相关的科学普及工作。

针对“嫦娥三号”的任务要求和主要创新点,地面应用系统增设了遥科学探测分系统,在北京新建了遥科学探测实验室。遥科学探测分系统的主要任务是,根据巡视器有效载荷科学探测数据和工程遥测数据,监视有效载荷工作状况和现场环境,对巡视器周围月面形貌的特征信息进行实时分析测量,为感兴趣的探测目标提供必要的信息和选择,并根据选定的探测目标和工程约束条件,以实时交互或联动方式控制有效载荷完成科学探测任务。

3 有效载荷:全新研制,多个首次

根据科学目标和科学探测任务的需要,“嫦娥三号”探测器搭载了8台有效载荷,除降落相机外的其他7台有效载荷以及有效载荷电控箱等,均由中科院负责全新研制,其中3台载荷在国际同类任务中属首次搭载。

中科院国家空间科学中心作为有效载荷的总体单位,不仅承担了有效载荷分系统

的总体设计、技术状态管理和分系统联试等工作,还负责研制了有效载荷电控箱及地面综合电测系统。

中科院光电技术院研制的地形地貌相机,具备静态彩色拍照和动态摄像功能,肩负着监视巡视器月面移动和获取着陆区月面图像以用于月表形貌研究的科学使命。12月15日23时许,在“嫦娥三号”任务两器互拍成像试验中,这台重量仅630克的相机成功拍摄了“玉兔号”月球车的照片,图像清晰,车上的五星红旗鲜艳夺目。

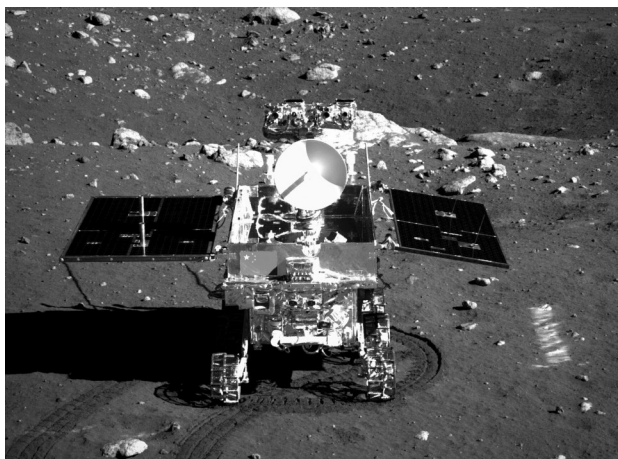


图1 “嫦娥三号”着陆器地形地貌相机拍摄的巡视器正面图像

中科院国家天文台和西安光学精密机械所研制的月基光学望远镜,坐月巡天,可观测近紫外星等亮于13等的天体,肩负着在月昼期间进行光学天文观测的科学使命,开创了国际上直接利用地外天体稳定平台开展近紫外波段的天文光学研究的先河。该望远镜12月16日2时许首次开机,先后在位于天龙座的3个不同天区成功采集到包含23颗星象的天文图像,测定了天体的天球坐标,为后续观测奠定了良好的基础。

中科院长春光学精密机械与物理所研制的极紫外相机,在国际上首次从月面对地球空间等离子体层进行大视域极紫外成像,将连续多天从整体上探测太阳活动和地磁



中国科学院

扰动对地球空间等离子体层极紫外辐射的影响,研究等离子层在空间天气过程中的作用,进一步提高了我国空间环境监测和预报能力。

中科院西安光学精密机械所研制的全景相机,是一套双眼视觉系统,用于获取目标的高清晰彩色图像和距离信息,具有全景成像、辅助导航等多种功能。全景相机将对着陆区和巡视区月表进行光学成像,用于巡视区的地形地貌研究、撞击坑调查与研究 and 月球地质构造解析和综合研究。12月15日23时许,在“嫦娥三号”任务两器互拍成像试验中,该相机成功拍摄了着陆器落月后的第一幅清晰图像。

中科院电子学所研制的测月雷达,为双通道超宽带时域脉冲雷达,在国际上首次用于月表巡视探测,主要任务是在巡视器行走路线上对月球次表层结构、月壤厚度进行高分辨率探测,配合其他有效载荷建立集形貌、成分和结构于一体的,包括三维图像、光谱图、元素含量、月壤厚度、月壳结构特性的综合性观测剖面。测月雷达于12月15日下午首次开机,工程遥测参数和雷达波形显示正常,已获取的科学探测数据正在处理中。

中科院上海技术物理所研制的红外成像光谱仪,主要任务是对月球车巡视区月表进行红外光谱分析和成像探测,同步获取其自可见至短波红外的光谱及图像数据,用于巡视区月表矿物组成及分布等的综合研究。

中科院高能物理所研制的粒子激发X射线谱

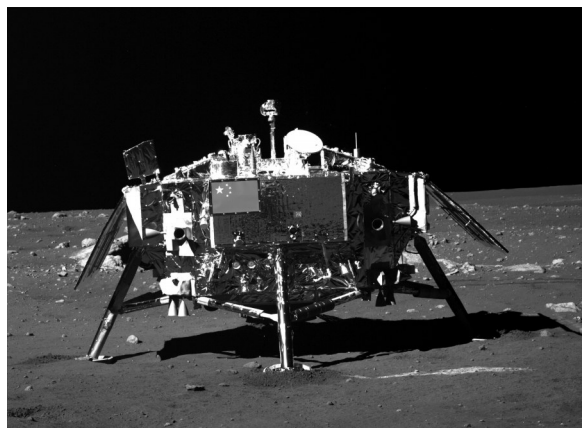


图2 “嫦娥三号”巡视器全景相机拍摄的着陆器正面图像

仪,具有主动激发月表元素并对其就位分析以及距离感知等多种功能,在机械臂配合下对巡视区月表物质主量元素含量进行近距离探测和现场光谱分析,识别、鉴定岩石和月壤的元素特性,用于开展巡视区物质成分与资源的综合研究。

4 VLBI测定轨:定位精准,保障有力

中科院上海天文台牵头承担的VLBI测轨分系统,由中科院系统的5个VLBI观测站(佘山25米/65米、密云50米、昆明40米、乌鲁木齐25米射电望远镜)在“嫦娥三号”发射后对其进行干涉测量,获得延迟率及其角位置,进而实现对探测器的精确定位。在月面工作段,VLBI观测站对巡视器和着陆器进行同波速干涉测量。上海VLBI中心作为“嫦娥三号”探测器轨道计算的备份中心,主要任务是VLBI干涉测量数据的处理、三向测量在轨精度验证和干涉测量验证等。

与“嫦娥一号”、“嫦娥二号”任务不同,“嫦娥三号”VLBI测定轨任务增加了 Δ DOR等新的测量技术,跟踪和测量对象由原来只有环月探测卫星增加为跟踪测量环月轨道的探测器、落月后的着陆器和巡视器3个目标。同时,在原来测角和测定轨的基础上,实现对着陆器和巡视器的月面VLBI精密定位。

在“嫦娥三号”探测器两次中途修正和近月制动、环月降轨、动力下降、月面软着陆等关键测控事件中,VLBI测轨分系统利用多项新设备、新技术,以其高精度测量结果准确支持了“嫦娥三号”奔月、落月过程和着陆点的精密定位。与“嫦娥二号”任务相比,VLBI测量数据的时延精度提高了10倍,准实时提供测量数据的滞后时间从10分钟缩短至1分钟以内,对着陆器月面定位的精度优于1公里。

5 配套产品:关系成败,虽小犹荣

中科院上海技术物理所研制的激光测距敏感器和激光三维成像敏感器,是关系“嫦娥三号”探测器安全软着陆的重要工程载荷。2013年12

月14日晚,在“嫦娥三号”720秒的动力下降和软着陆过程中,激光测距敏感器持续为地面测控提供了探测器精确稳定的轨道高度数据,高程测量精度0.2米;探测器着陆前5分钟即探测器距离月面98米的悬停阶段,激光三维成像敏感器开机工作,用3秒左右的时间成功实现了对着陆区地形三维扫描成像并完成了数据信息处理,为探测器躲避障碍物和安全软着陆提供了保障。

中科院上海光学精密机械所为这两个敏感器提供了高可靠的、核心的小型全固态激光器和光纤激光器。其研制的测距敏感器全固态激光器比“嫦娥一号”、“嫦娥二号”的激光器更加小型化和轻量化,并提供两个方向的激光束,具有远、近距离同时测距能力;其研制的三维成像敏感器、激光器是目前国际上首台实现空间应用的高重频、纳秒短脉冲的光纤激光器。两个激光器的成功应用,标志着中科院空间激光器的水平又上一个台阶。

中科院合肥物质研究院固体物理所研制的着陆缓冲机构拉伸杆,也是关系“嫦娥三号”探测器能否安全软着陆的关键部件,主要任务是吸收着陆时的冲击功,确保探测器安全着陆。着陆缓冲拉伸杆具备极高的拉伸塑性、适中的抗拉强度和稳定的力学响应行为,质量轻且尺寸小,性能高效、可靠、稳定。12月14日晚,在“嫦娥三号”着陆瞬

间,4条主着陆腿通过足垫的滑动向外张开,利用缓冲拉伸杆的塑性伸长及其他吸能部件的变形吸收冲击能,极大降低了着陆时的冲击力,探测器成功实现软着陆并站稳了中国航天器在月球上第一步。

中科院西安光学精密机械所研制的箭载摄像装置,在发射任务中拍摄了运载火箭助推分离、级间分离、整流罩分离、星箭分离及舱内仪器设备的工作情况,为地面飞行指控中心观察火箭及探测器组合体的飞行状态提供了清晰的影像资料。此外,该所研制的探测器星敏感器光学系统和导航、避障相机光学系统,在辅助探测器着陆时进行定姿测量和巡视器月面巡视勘察过程中导引其安全行驶发挥了重要作用。

中科院上海硅酸盐所作为重要协作配套单位,承担了“嫦娥三号”探测器多项关键材料与器件的研制,包括高温多层隔热组件、高温合金抗氧化涂层、柔性薄膜热控材料、镁合金微弧氧化涂层、阳极氧化热控涂层、高摩擦抗冷焊涂层、碳化硅光学部件、氧化碲晶体等,成功应用于“嫦娥三号”着陆器和巡视器的表面、驱动机构、机械臂、全景相机、发动机防护筒、着陆器月夜温度采集器、激光点阵器、红外成像光谱仪等关键部位。

中科院大连化学物理所研制的肼分解催化剂,是航天器精确入轨、准确着陆和交会对接过程中都需要的关键物质,这次又成功用于“长征三号”乙运载火箭姿态控制系统,保障了“嫦娥三号”顺利入轨。

6 科学应用:先导示范,出好成果

为推进“嫦娥三号”任务科学探测数据应用和研究,力争出好成果、快出成果,中科院在“嫦娥三号”任务执行前就集中全国优势力量组建了“月球地形地貌与地质构造研究”、“月面化学特征及其演化规律研究”、“月球区域地球化学与构造动力学演化模型



图3 地形地貌相机首次开机测试时拍摄的月面图像



中国科学院

研究”、“地球等离子体层特征及其与太阳风相互作用研究”、“月基光学天文研究”5个科学应用核心团队。核心团队由科学研究单位、载荷研制单位和地面应用系统的相关科技人员组成,是“嫦娥三号”任务科学应用与研究工作的“主力军”和“冲锋队”,将在探月工程科学应用首席科学家的领导下发挥先导和示范作用,第一时间开展科学探测数据的应用与研究工作的。

“嫦娥三号”着陆月球的科学探测数据,将进一步丰富“嫦娥一号”、“嫦娥二号”的科学探测成果,具有更大的科学研究价值。中科院期待有更多的科学家积极投入“嫦娥三号”任务科学探测数据的应用和深化研究工作,取得更多的有创新、有亮点的科学新发现、新成果,把我国月球科学研究推上一个新台阶。

2013年新当选的中国科学院外籍院士名单

(共9人 按英文姓氏音序排序)

姓名	年龄	国籍	专业	工作单位
克里斯汀·阿芒托 Christian Amatore	62	法国	化学	法国巴黎高等师范学院
弗莱明·贝森巴赫 Flemming Besenbacher	61	丹麦	物理化学	丹麦奥胡斯大学
阿龙·切哈诺沃 Aaron Ciechanover	66	以色列	生物化学	南京大学
雅各布·帕里斯 Jacob Palis	73	巴西	数学	巴西国家纯数学与应用数学研究所
拉奥 C. N. R. Rao	79	印度	化学	印度贾瓦哈拉尔·尼赫鲁先进科技研究中心
苏布拉·苏雷什 Subra Suresh	57	美国	材料科学、 固体力学	美国卡耐基梅陇大学
王晓东 Xiaodong Wang	50	美国	生物化学	北京生命科学研究所
迈克·沃特曼 Michael S. Waterman	71	美国	计算生物学	美国南加州大学、清华大学
张首晟 Shou-Cheng Zhang	50	美国	凝聚态/材 料物理	美国斯坦福大学