

今年是中国探月工程立项实施20周年,嫦娥六号奔月在即

接续“绕落回”,探月征程再启

庞之浩 (全国空间探测技术首席科学传播专家)

按计划,嫦娥六号下月初即将奔赴月球,首次执行月背采样任务。3月20日发射启程的鹊桥二号中继星,本月完成了在轨对通测试,做好了为探月工程四期及后续国内外月球探测任务提供中继通信服务的准备。

在我国探月历史上,2024是一个值得铭记的年份。20年前,我国启动了以“绕、落、回”三步走为战略目标的探月工程,如今已圆满完成。随着今年探月工程四期再次启动,未来20年,载人登月和全球参与的国际月球科研站都已列入规划,中国人九天揽月的梦想将进一步走向现实。

月球探测是国际宇航界深空探测领域的第一站,也是中国航天深空探测领域的首选。今年是我国探月工程——“嫦娥工程”立项实施20周年。20年来,我国探月人经过不断拼搏和创新,顺利并按时完成了“绕、落、回”三步走战略目标。

“嫦娥工程”的每一阶段任务都是对前一阶段任务的深化,并为下一阶段任务奠定基础。正如探月工程首任总设计师孙家栋所言,“从嫦娥一号飞向月球的那一刻起,我就知道,飞向月球的大门一经打开,深空探测的脚步就不会停止”。

通过实施“嫦娥工程”,我国航天技术水平大为提升,并促进众多相关技术发展,为中国进一步开展深空探测以及载人登月奠定基础。同时,我国的月球科学、比较行星学、空间天文学等基础研究领域也获得了较大进展。

嫦娥一号

“绕月”树起新里程碑

我国探月工程一期,即绕月探测任务,是由嫦娥一号绕月探测器完成的。这一任务也标志着中国航天开始向深空探测进发。

2007年10月24日,我国第一个月球探测器——嫦娥一号绕月探测器,由长征三号甲火箭送入太空。11月20日,它传回了第一幅月面图像,树起了继东方红一号人造地球卫星、神舟五号载人飞船之后,中国航天的第三个里程碑。

与人造地球卫星相比,嫦娥一号采用了较多新技术,如轨道设计、三体定向、温度控制和紫外敏感器等。在嫦娥一号上共搭载了8种科学仪器,包括CCD立体相机、激光高度计、干涉成像光谱仪、 γ 射线谱仪、X射线谱仪等。其中,微波探测仪是世界首次使用,用于测量月球的微波辐射特征、反演月壤的厚度、估算其氦3的分布和资源量。

2008年7月1日,嫦娥一号完成了全月球影像数据的获取;同年10月24日,它实现了在轨1年寿命,完成了各项任务。此后,它又开展了10余项验证试验。

为了给探月工程二期任务探路,积累落月过程控制和轨道测定方面的经验,嫦娥一号于2009年3月1日受控撞上了月球丰富海区域。

嫦娥一号累计飞行494天,其中环月482天,比原计划多飞117天。飞行期间,它经历3次月食、传回1.37TB有效科学探测数据,还获取了全月球影像图、月表化学元素分布、月表矿物含量、月壤分布和近月空间环境等一批科学研究成果,填补了我国在月球探测领域的空白。

值得一提的是,嫦娥一号的CCD立体相机在世界上首次实现了月球表面100%覆盖的图像拍摄,使中国制作的“全月球影像图”在几何配准精度、数据完整性与一致性、图像色调等方面均在国际上处于先进水平。

嫦娥三号

“落月”探测至今不辍

嫦娥二号原来是嫦娥一号的备份,由于嫦娥一号圆满完成任务,所以嫦娥二号改用于完成我国探月工程二期任务。从获取探测数据的直接性和丰富性来看,软着陆探测和巡视勘察是其它探测形式所不能替代的。所以我国探月工

程二期的主要任务就是进行落月探测,该任务是通过先后发射嫦娥二号、三号来完成的。

落月探测要突破一系列复杂技术,技术跨度和实施难度较大。为了降低落月探测的风险,在发射我国首个落月探测器嫦娥三号之前,我国先于2010年10月1日发射了嫦娥二号。

2011年4月1日,嫦娥二号的半年设计寿命期满后,又开展了多项拓展试验,开创了我国航天通过一次发射开展月球、拉格朗日2点和小行星等多目标多任务探测的先河,使我国成为世界上第三个造访拉格朗日2点的国家和组织,以及世界上第四个探测小行星的国家。

嫦娥三号是我国探月工程二期的主任务。2013年12月14日,嫦娥三号在月面软着陆,首次实现我国对地球以外天体的软着陆。12月15日,嫦娥三号着陆器与玉兔号月球车互相拍照,标志着我国成为世界第三个掌握落月探测技术的国家。

嫦娥三号由着陆器和巡视器(即玉兔号月球车)组成,所以发射嫦娥三号实际上是发射了2个月球探测器,以分别开展原位探测和巡视探测,这在国际上也是首次。为了完成工程任务,嫦娥三号先后闯过了着陆关、巡视关和月夜生存关。

目前,在月球着陆仍是一大难点,不少国家的探测器在月球着陆时出现失败。我国嫦娥三号在月球着陆一举成功,显示出很高的技术水平。在着陆月面的过程中,驮着玉兔号月球车的嫦娥三号着陆器在着陆时克服了反推减速、自主控制和着陆缓冲三大技术难点,安全落在了月球虹湾以东区域。它采用的悬停、避障的智能着陆技术具有国际先进水平,为后续嫦娥四号、五号的着陆奠定了坚实基础。

嫦娥三号着陆器携带了地形地貌相机、降落相机、极紫外相机和月基光学望远镜4种有效载荷。其中,极紫外相机、月基光学望远镜属于世界首次使用。玉兔号月球车则携带了全景相机、测月雷达、红外成像光谱仪、粒子激发X射线谱仪4种载荷,其中测月雷达属于世界首次使用。迄今,它已开展了“测月、巡天、观地”的科学探测,取得了大量有价值的科学数据。

直到现在,嫦娥三号着陆器仍在月面工作,是目前世界上在月面工作时间最长的航天器,并且每天都在打破世界纪录。

嫦娥五号

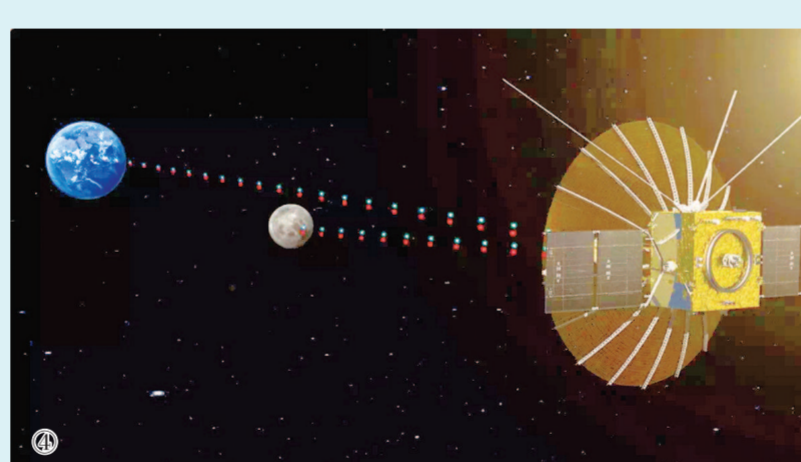
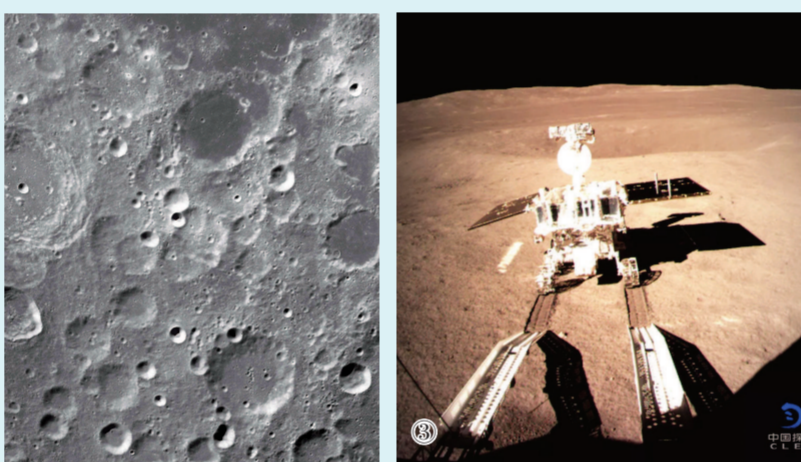
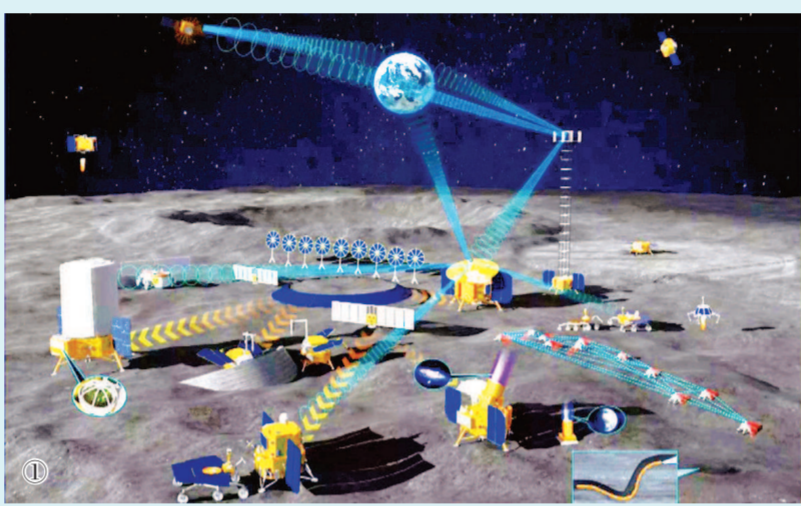
“采样返回”完成“三步走”

我国探月工程三期的主要任务是采样返回,即取回月球样品供科学家在实验室里用多种先进仪器进行精细研究。该任务是通过先后发射嫦娥五号T1、嫦娥五号来实现的。

嫦娥五号的返回器要以接近第二宇宙速度返回再入大气层,技术十分复杂。返回器再入速度提高一倍,再入热量将提高8至9倍——如果返回器以接近11千米/秒的速度直接再入返回地球大气层,很容易被烧毁。为了降低工程风险,我国先于2014年10月24日发射了嫦娥五号T1,以此掌握超高速再入返回大气层技术。

探月工程三期的主任务是通过嫦娥五号完成无人月球采样返回任务。2020年11月24日,嫦娥五号采样返回探测器由长征五号发射升空。闯过一系列难关后,其返回器于2020年12月17日携带1731克月球样品顺利返回地球,我国由此成为世界第三个从月球采样返回

地球的国家。



嫦娥五号探月任务的圆满完成,也为我国探月工程“绕、落、回”三个发展阶段的战略规划画上了圆满句号。

嫦娥五号由上升器、着陆器、轨道器、返回器4个部分像糖葫芦一样“串”在一起。从发射到返回的时间里,它总共经历了23次重大轨道控制和6次重大分离控制,以及动力下降和月面起飞、交会对接等很多风险较高的项目,是我国当时最复杂的航天工程。

为了完成这次月球采样返回任务,嫦娥五号实现了我国开展航天活动以来的四个“首次”,使我国航天技术获得了很大提高。

一是首次在月面自动采样。在月面上采集样品时,着陆器上的采样装置要在月球低重力环境下具备钻孔、铲土和输送等能力;此后还要封装,要求不能有任何污染。虽然是首次,但因准备充分,2天的任务只用了19个小时就完成了。

二是首次从月面起飞。采集的样品封装到上升器后,上升器要从着陆器上

起飞。这是我国空间探测器第一次在地球外天体起飞,难度很大。因为上升器起飞时喷射的火焰会碰到着陆器,可能干扰上升器,但都顺利完成。

三是首次在38万千米外的月球轨道上进行无人交会对接。携带月球样品的上升器起飞后,要在月球轨道上与轨道返回组合体进行无人交会对接,并把采集的样品转移到返回器中,这在世界上也是第一次。为此,我国研制了一种被称为“抱爪式”的空间轻小型弱撞击对接机构装在轨道器上,并且采用“大追小”(较大的轨道返回组合体作为追踪飞行器与较小的目标飞行器——上升器进行交会对接)的新方式,完成了这项复杂任务。

四是首次带着月壤以接近第二宇宙速度返回地球。携带月球样品的返回器最后以11千米/秒的速度再入大气层。虽然我国已用嫦娥五号T1试验过一次,但嫦娥五号返回是一次实战考验,结果很圆满。

值得一提的是,此前只有苏联在20世纪70年代进行过3次无人月球采样返回,但总共只带回330克月球样品,这是因为当时苏联没有掌握月球轨道无人交会对接技术,上升器直接返回地球,这需要克服返回器与大量燃料等带来的死重。

另外,我国科学家还首次对自取月球样品进行了存储、分析和研究,取得了多项科研成果。比如,揭示了20亿年前月球仍存在岩浆活动;发现了月球新矿物,命名为“嫦娥石”,这是新发现的第6种地球上没有的矿物。

从“月背征途”到“载人登月” 中国探月未来已来

现在,我国正在实施的是探月工程四期任务,它由嫦娥四号、六号、七号、八号4次任务组成。

嫦娥四号落月探测器及其相关的“鹊桥”中继星已于2018年发射,目前正在超期服役。嫦娥六号将于今年5月发射,它将首次实现人类从月球背面采样返回。与其相关的鹊桥二号中继星已于今年3月20日发射,并已完成在轨对通测试,任务取得圆满成功。

嫦娥四号 人类首次月背软着陆

嫦娥四号的任务是落在月球背面进行软着陆和巡视探测。

月球背面比正面保留着更为原始的状态,对研究月球和地球的早期历史具有重要价值。另外,由于地球上永远看不到月球背面,在那里能监测到地球或地球轨道上无法分辨的宇宙低频射电信号,可能获得重大天文学发现。

但正是因为在地球或地球轨道上永远看不到月球背面,在月球背面着陆的探测器无法直接和地球站进行无线电通信。为此,我国于2018年5月21日先发射了世界首颗运行在地月拉格朗日2点晕轨道的月球中继星“鹊桥”。在这个轨道上运行的“鹊桥”,能同时“看到”地球和月球背面,可在此后落在月球背面的嫦娥四号与地球站之间提供通信链路,传输测控通信信号和科学数据。

2018年12月8日,我国成功发射了嫦娥四号落月探测器。2019年1月3日,它在月球背面冯·卡门撞击坑完成软着陆,这在世界上也是第一次。

作为嫦娥三号的备份,嫦娥四号仍是由着陆器和巡视器(玉兔二号月球车)组成,但两者所搭载的科学载荷有明显变化。与嫦娥三号相比,嫦娥四号在性能上也有很大提升。例如,嫦娥三号在长月夜零下180℃的环境中无法工作,但嫦娥四号采取了新的能源供给方式,在国内首次实现月夜期间浅层月壤的温度。

至今,嫦娥四号着陆器和玉兔二号月球车仍在“超期服役”。玉兔二号是目前世界上在月面工作时间最长的月球车,并且不断刷新着世界纪录。

鹊桥二号 未来8年沟通地月

即将发射的嫦娥六号将在月球背面进行采样返回。为此,我国先在2024年3月20日发射了鹊桥二号中继星,以替代“超期服役”的“鹊桥”中继星——这是世界上第二颗在地月轨道以外的专用中继星,架设了地月新“鹊桥”,可为嫦娥四号、六号、七号和八号提供地月间的优质中继通信。

2024年4月2日,鹊桥二号按计划进入24小时周期的环月大椭圆使命轨道。4月6日,鹊桥二号成功与正在月球背面开展探测任务的嫦娥四号完成对通测试。4月8日至9日,鹊桥二号中继星与处于地面状态的嫦娥六号探测器开展对通测试。

与2018年发射的“鹊桥”中继星相比,鹊桥二号中继星集中表现出四大优势。

一是天线更多。它不仅装备了一个与“鹊桥”中继星相同的直径4.2米X波段抛物面天线,用于与月球背面或南极着陆的探测器通信,还装备了一个“小伞”——直径0.6米的双频抛物面天线,能保证每时每刻都能指向地面数据接收站。

二是使用了CAST2000卫星平台,工作寿命长达8年。由于寿命长、功率高、码速率高,所以它还可用于2026年发射的嫦娥七号、2028年发射的嫦娥八号任务等。

三是载荷更多。它搭载了极紫外相机、阵列中性原子成像仪、月地甚长基线干涉(VLBI)试验系统等科学载荷,可择机执行更多科学探测任务,如开展月基对地球磁尾和等离子体层的探测和研究、月地甚长基线干涉测量试验和观测研究等。

四是轨道新颖。它最终进入到倾角54.8°、周期为24小时的环月大椭圆冻结轨道,其近月点为200千米,远月点为1.6万千米,即近月点在月球北半球高纬度地区,远月点在月球南半球高纬度地区。

采用这种轨道是因为探月工程四期后几次任务都将选择在月球南极地区进行考察,这一轨道可确保鹊桥二号与在月球背面或南极着陆的探测器之间有更长的通信时间。

按照任务计划,嫦娥六号将在月球背面停留2天进行采样作业,鹊桥二号中继星可每天保持20小时与嫦娥六号进行通信。

未来,为更好配合在月球南极着陆的嫦娥七号、嫦娥八号的工作,鹊桥二号的轨道将于2026年调整为近月点约300千米、远月点约8600千米、倾角55°,运行周期为12小时。

嫦娥六号 月球背面自动采样返回

今年五月初,我国将发射嫦娥六号。

嫦娥六号是嫦娥五号的备份星,但要实现人类首次在月球背面进行采样返回探测的壮举,就要在工程上突破月球逆行轨道设计与控制、月背智能采样和月球背面起飞上升三大关键技术。

根据目前计划,嫦娥六号拟在月球艾肯盆地中纬度地区阿波罗环形山着陆采样并返回。这里是月球上曾经遭遇猛烈撞击的区域,可能保留着早期月球的信息。在实现采样返回后,科学家可进一步分析月壤的结构、物理特性、物质组成等,深化人类对月球成因和演化历史的研究。

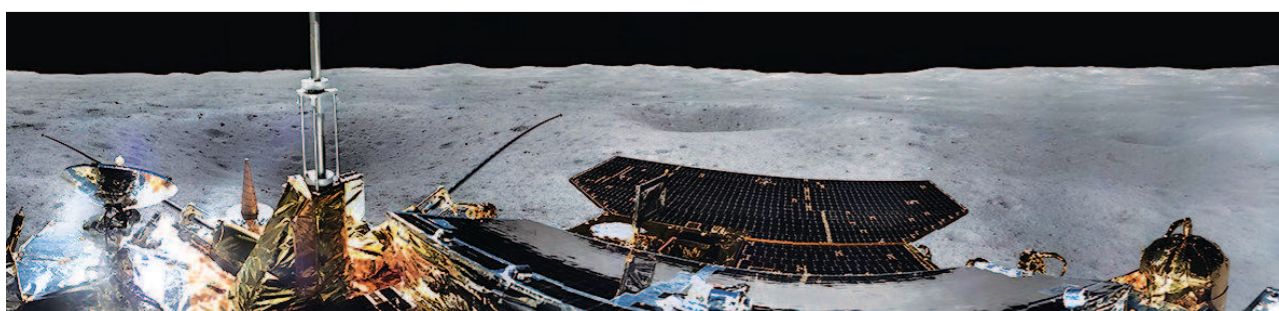
此外,嫦娥六号还将搭载法国的氦气探测仪、欧洲航天局的月表负离子分析仪、意大利激光角反射器、巴基斯坦立方星等多个国外载荷。

未来20年 载人登月与月球科研站

此后,我国将于2026年发射嫦娥七号,它拟采用绕、落、巡、飞跃等综合探测方式着陆在月球南极,为未来建立长期、连续运行的综合性月球科研站奠定基础;拟于2028年发射的嫦娥八号,由着陆器、飞跃器、巡视器和月面作业机器人等组成,将着陆在嫦娥七号附近,并与其构成基本型月球科研站。

届时,我国还将建成“鹊桥”通导遥综合星座,服务载人登月和火星、金星等深空探测。2040年前,我国将与俄罗斯等多国合作,建成完善型国际月球科研站,之后还将建造应用型月球科研站。

此外,我国将在2030年前实施载人登月。为此,目前正在研制长征十号新一代载人运载火箭、“梦舟”新一代载人飞船、“揽月”月面着陆器,以及载人月球车和登月服等,并选拔、训练登月航天员。



嫦娥四号着陆器地形地貌相机环拍全景图(圆柱投影)

(本版图片均国家航天局供图)