

北京时间12月17日1时59分,探月工程嫦娥五号返回器在内蒙古四子王旗预定区域成功着陆,标志着我国首次地外天体采样返回任务圆满完成。

按计划,回收后的嫦娥五号返回器在完成必要的地面处理工作后,将空运至北京开舱,取出样品容器及搭载物。国家航天局将择机举行交接仪式,正式向地面应用系统移交月球样品,我国首次地外天体样品储存、分析和研究相关工作也将随之启动。

从月球“抓把土”看看她的“芳龄”

这些载荷为“挖土”提供了重要信息

12月2日22时,经过约19小时月面工作,探月工程嫦娥五号探测器顺利完成月球表面自动采样,并已按预定形式将样品封装保存在上升器携带的贮存装置中。在这背后,中科院上海技物所研制的月球矿物光谱分析仪,以及激光测距测速敏感器和激光三维成像敏感器表现出色。

“两台激光敏感器相当于汽车的避障雷达,是嫦娥五号的‘开路先锋’,月球矿物光谱分析仪则是汽车上的乘客,不仅获得了采样区的光谱图像和红外信息,还采集到了月面原生态环境下的光谱数据。”上海技物所副所长、月球与深空探测系列载荷指挥舒喆说。

“嫦娥五号开始执行任务的那一刻起,我们就得到了着陆器跟月球之间的距离信息。”舒喆介绍,距离信息是一个核心参数,这对于嫦娥五号的自主控制来说是非常关键的。上海技物所的两台激光敏感器,实现了从远距离测量到20公里的降落距离测量,再到2.4公里的速度测量,最后到100米的避障悬停,实现了漂亮连贯的接力动作。

据介绍,在嫦娥三号 and 嫦娥四号时,已经实现了激光测距和激光三维成像,但嫦娥五号需要携带更多载荷,因此对激光器重量的要求比较苛刻。“对有继承性的仪器,我们主要做的是‘减重’和提高可靠性,与嫦娥三号和嫦娥四号同类产品相比,嫦娥五号的激光测距敏感器和三维成像敏感器减重30%,但却新增了激光测速的功能。”嫦娥五号激光测速敏感器/激光三维成像敏感器主任设计师、上海技物所研究员徐卫明说。

坑坑洼洼的月球表面有点像戈壁滩,嫦娥五号在降落过程中还需克服发动机的微震动,这些因素都会引起信号的衰减,给测速带来了不小的难题。上海技物所研制的激光测距测速敏感器不仅“不辱使命”,还实现了国际上第一次在地外行星软着陆时,使用激光多普勒测速技术进行三个正交方向的速度测量。“这一测速精度达到0.1米/秒,我们只用了6千克的重量资源就完成了三个方向的速度测量。也就是说,着陆器的速度即使发生了0.1米/秒的变化,测速敏感器也能把它分辨出来。测速精度越高,落月也就更稳。”

据介绍,嫦娥五号在悬停避障阶段,激光三维成像敏感器开机工作,成功获取激光点云图像,顺利完成障碍物识别,快速平移6米后安全着陆。

12月2日5时06分,上海技物所研制的月球矿物光谱分析仪顺利开机,对月球“挖土”区进行了光谱成像和红外光谱探测。

“嫦娥三号和嫦娥四号的月球车携带过红外成像光谱仪,其红外光谱探测范围到2.4微米,而嫦娥五号的月球矿物光谱分析仪,光谱范围拓展到了3.2微米,从而具备了探测水化合物的能力。”嫦娥五号月球矿物光谱分析仪主任设计师、上海技物所研究员何志平说,红外成像光谱仪不具备自主选择目标进行探测的能力,只能依靠月球车去调整姿态,而月球矿物光谱分析仪通过集成一个可转动摇摆的光学反射镜,如果看到感兴趣的目标,比如矿石,就可指向它,有针对性地进行探测。

何志平介绍,月球矿物光谱分析仪获得的科学数据还可以结合未来实验室对于月面样品的测试分析,对月球进行深入研究。“由于长期没有人类活动,嫦娥五号落月区的月面一直是原生态的,对采样前后的光谱和图像信息进行比较,这有利于月球演化的科学研究。”

黄海华



美国《科学》杂志对嫦娥五号探月工程予以高度关注。《科学》杂志在报道中指出,嫦娥五号是中国一系列雄心勃勃探月计划的最新行动,它在月表着陆后,从月表铲取一些月壤样品,钻探到月表之下2米采集月壤岩芯,这些样本将有助于科学家进一步厘清月球的年龄。

着陆地点意义重大

《科学》杂志在报道中指出,嫦娥五号的目标是计划自1972年人类最后一次执行登月任务40多年后再次从月球带回岩石样本。

日本大阪大学宇宙化学家寺田健太郎说,中国获得的月球样本将有助科学家绘制出更清晰的月球历史图景,新的样本提供的月球年龄“将是嫦娥五号样本最重要、最令人兴奋的新发现”。不过,他也强调说,要实现这一目标,需要一次40多年来从未有人尝试过的精彩绝伦的太空飞行。

《科学》杂志报道称,嫦娥五号将在仅靠月球正面风暴洋(月海,主要由玄武岩组成)北部的吕姆克山着陆,此处可能在大约13亿年前发生过火山喷发。

美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室行星地质学家、美国国家航空航天局(NASA)月球分析小组科学主席布雷特·德内维也表示,中国选择了一个具有重大科学意义的地点。她说:“了解这些样本的年龄甚至整个太阳系的年龄,将是行星科学领域的一大飞跃。”

此外,寺田健太郎表示,通过吕姆克山带回的样本得到的月球年龄也将有助于科学家们了解月球火山活动随时间如何变化。有证据表明,在月球诞生后头10亿年,发生了无数次火山喷发,使月球表面覆盖着火山玄武岩,火山喷发活动在大约30亿年前开始慢慢减弱。

英国曼彻斯特大学行星科学家罗曼·塔泰斯说,如果吕姆克山带回的样本被证明只有13亿年的历史,那么它将提出一个问题:一个小行星体内部如何在形成后这么长时间内保持足够的温度而使其不断发生火山喷发。

在月球表面“跳芭蕾”

《科学》杂志在报道中强调称,从月球取回样本需要嫦娥五号跳一场复杂的深空芭蕾舞。从中国南方文昌发射中心发射后,嫦娥五号将于3天后抵达月球,届时轨道飞行器将释放一个着陆器。在14天内,着陆器的机械臂将采集月球样本,而钻机将钻探到2米深处回收岩芯。科学家们希望最终能得到2公斤样本。随后,一艘上升飞行器将把样本运送到轨道飞行器,在那里它们将被打包到返回地球的返回舱中,并在内蒙古草原着陆。

《科学》强调说,嫦娥五号是中国国家航天局一系列雄心勃勃登月任务中的最新一个,这些任务都以中国的月亮女神“嫦娥”命名。2007年和2010年发射的一对轨道飞行器主要用于测绘和远程观测。2013年,嫦娥三号首次将探地雷达送到月球表面。2019年,嫦娥四号成为首个在月球背面软着陆的航天器。此外,中国计划到2035年为止再执行三次嫦娥任务和一个机器人科学研究所站。

月球南极是探测重点

《科学》指出,在月球表面行进了近600米后,嫦娥四号探索的脚步仍未停歇,其最新发现不断启发着科学家们的思维,也提出了新的疑问。

嫦娥四号飞船降落在月球南极艾特肯盆地,这是月球上最大、最深、最古老的撞击坑,距今约40亿年。科学家们通过计算得出,撞击的天体很可能在月球上钻了一个70公里的洞,并将物质从月幔搅动到月球表面。

在2019年发表在《自然》杂志上的一篇研究报告中,一组中国科学家表示,月球车的仪器检测到了地幔矿物,但不少科学家对此提出了质疑。法国天体物理学和行星学研究所的行星地球物理学家帕特里克·皮内特说,研究人员正在争论为什么如此巨大的撞击没有挖出月幔物质,以及月幔的组成成分是否有他们意料之外的物质。

中国科学院国家空间科学中心的地球化学家邹永廖说,中国正把月球南极作为近期月球计划的重点。尽管中国下一个探月任务——嫦娥六号的目标地点尚未敲定,但行星科学家们都很关注南极艾特肯盆地。德国明斯特大学行星地质学家卡罗琳·范德博格特说,从这一盆地获取的样本将为月幔谜团提供线索,“也将照亮月球早期历史。”

刘霞

月球“挖土”,就坐长五!

规划15条轨道,每条轨道均可以将探测器准确送达目的地。这样,嫦娥五号踏上奔月旅程后,可以减少轨道偏差的修正次数,既能节省燃料,也能更快地到达月球。

这项技术,在今年7月长征五号遥四运载火箭发射天问一号火星探测器时,已经得到成功验证。因此,本次任务虽然要求较高,“胖五”照样应对自如。

此次任务中,“胖五”共计飞行了2200余秒。其间,它在太空完成了一个高难度动作——长时间滑行。滑行,是指火箭主发动机关机后,火箭靠惯性向前飞行。听上去丝毫不费力气,但实际上,长时间滑行对一枚火箭特别是一枚零下200多度的“冰箭”来说,可是不小的考验。刘秉说,长征五号火箭二级发动机一次关机到再次点火,间隔约935秒。在这一开一关之间,“胖五”要完成箭体姿态调整、真空状态下推进剂沉淀、低温发动机二次启动预冷等工作,动作非常多。另外,滑行时间长,火箭在空间辐射影响下的环境变化更加复杂,低温推进剂温度和贮箱承受的压力也在不断变化。在长征五号火箭立项之初,研制人员就将长时间滑行作为一大关键

技术,对其长时间滑行适应性开展了深入细致的研究,并在长征五号火箭数次飞行中进行了验证。嫦娥五号块头大、体重大、结构复杂,为了让它“坐”得更安全、更舒适,研制人员下了不少工夫。他们开展了大量的器箭联合试验和分析,对探测器和火箭所处的电磁环境、力学环境、机械接口进行了多轮综合优化,让它们的固有频率错开,避免彼此之间产生共振。

在“胖五”身上,还为嫦娥五号定制了“座椅”。刘秉说,通常卫星与火箭之间用包带相连,但最多只能满足2.8米直径的连接要求,而嫦娥五号块头太大,与火箭的接口直径达到3.1米,包带连接方式无法满足任务要求。因此长征五号火箭上采用了一种低冲击分离装置,既在飞行过程中连接安全可靠,又能在器箭分离时降低冲击。

此外,长征五号火箭整流罩上还专门为嫦娥五号设置了15个操作口和透波口,以便进行操作和传输数据。据介绍,此次任务火箭整流罩的开口数量和总面积超过了以往发射任务,对整流罩的设计及发射场联合操作提出了更高要求。

付毅飞

到外星去“挖土” 真人和机器谁更强

国际上开展过哪些外星“挖土”的尝试?有人采集和无人采集哪种方式更好?

装备越好宇航员采集样品越丰厚

半个世纪前,美国通过阿波罗计划,率先从月球带回了共计381.7千克的月岩样品。

1969年7月,阿波罗11号飞船降落在月球赤道附近的宁静之海。完成人类首次登月壮举的宇航员阿姆斯特朗和奥尔德林,用装在一根杆子顶端的采样袋采集土壤,并将装满的采样袋揣在“裤兜”里,又用铲子和带有机械爪的探杆拾取岩石。奥尔德林还抄起钻杆和锤子,取到了2根岩芯。两人在月球表面待了2小时32分钟,累计行动了约1公里,直到地面警告他们代谢率过高,才依依不舍地回到飞船上。这次,他们一共得到了21.55千克月球样品。

此后,阿波罗12号和14号,也降落在月球赤道上,宇航员采集样品的劲头越来越足,采回的数量也越来越多。到阿波罗15号任务时,宇航员的装备“鸟枪换炮”,携带了一辆由波音公司研制的月球车,宇航员艾尔文也成为首位在月球上开车的人。交通工具的出现,让登月宇航员的活动范围大大增加,阿波罗16号宇航员约翰·杨还飙出了时速11公里的月球纪录,同时他们采集的样品相比前几次任务也成倍增长。

在阿波罗17号飞船上,出现了一名特殊的宇航员,他就是整个阿波罗计划中唯一一名地质学家施密特。他的加入,将月球“挖土”事业推上了巅峰。如痴如狂的施密特带着指令长塞尔南奋力挖掘,3次月面活动总计工作了22小时,带回了总重111千克的741个样本,其中包括一根深钻3米取得的岩芯。

无人探测采样活动五花八门

作为登月竞赛中美国的对手,苏联由于载人登月计划受挫,转而开始了无人月球采样的探索,并成为该技术途径的先行者。利用月球16号、20号、24号探测器,苏联共在月球采集到了300多克样品。

随着航天技术发展,人类探索的目标不再局限于月球,开展了五花八门的无人外星“挖土”活动。

1999年2月,美国发射了星尘号彗星探测器,主要任务是飞往怀尔德2号彗星,在穿过彗尾过程中采集尘埃及气体样本,并送回地球。

2004年1月2日,星尘号与怀尔德2号交会,遭到数百万彗星微粒的撞击。其间,星尘号伸出一个类似网球拍的“气凝胶尘埃收集器”,收集彗星的尘埃微粒。全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩介绍,这个全球独一无二的“气凝胶尘埃收集器”,由美籍华人科学家邹哲设计。当粒子撞上气凝胶时,会立即把自己“埋”在里面。采集工作完成后,收集器折叠收入羽毛球状返回舱,将样品贮存于容器中,返回地面后,科学家再从中寻找彗星尘埃。

2001年8月,美国起源号探测器升空,飞行4个月 after 抵达日地拉格朗日1点,并在该位置工作850天,采集了10到20微克太阳风粒子。

起源号上的收集设备非常纯净。庞之浩介绍,起源号看上去像一块打开的腕表,采样返回舱安装在平台顶部。采样罐内装有太阳风粒子采集器阵列和离子集中器,利用中心旋转机械装置展开采集器阵列。不过,2004年9月该探测器在返回下降过程中,由于加速度计安装错误,导致主降落伞没能按程序打开,返回舱以每小时32公里的速度撞到地面而遭到损坏,最终研究人员只收回了部分太阳风粒子。

这并非人类第一次尝试获取太阳样本,实际上从阿波罗11号飞船开始,阿波罗计划就开展了太阳风成分实验。庞之浩说,阿波罗任务是利用飞船表面的一块锡箔,在地月空间收集太阳样本。不过,科学家很难分辨采到的物质究竟是来自太阳还是锡箔本身。

2003年,日本率先开展了小行星采样尝试。是年5月,世界首个小行星采样返回探测器隼鸟1号发射,于2005年9月飞抵糸川小行星20公里高度轨道。隼鸟1号通过在小行星着陆,吸入飞溅粉尘的方式采集样品,不过任务期间它出现故障,直到2010年6月才返回地球。虽然任务完成得一波三折,但它仍使日本成为全球首个实现小行星采样返回的国家,目前已确认探测器在糸川小行星表面获取了1500粒样品。

2014年12月,日本发射了更先进的隼鸟2号,对龙宫小行星进行了探测。该探测器的采样方式是先向小行星发射金属弹,然后在撞击坑处着陆,吸收飞溅碎片后迅速飞离。隼鸟2号先后实施了3次采样,共采到20克以上样品。其预计在2020年底将样品送回地球。

最近的一次小行星采样活动,发生在今年10月20日——美国冥王星探测器使用采样机械臂末端的采样器,从贝努小行星表面采集了60克以上的风化层样品。该探测器计划在2023年9月将采样返回舱送回地球。

此外,美国还于今年7月30日发射了毅力号火星探测器,计划让其探索火星杰泽罗陨坑并采集样品。这些样品将被毅力号保存,在2031年美欧联合实施的太空任务中带回地球。

有人采集和无人采集各有千秋

回顾人类的外星“挖土”史可以看出,除了阿波罗计划采用有人采集方式,其余的均为无人采集。两种方式孰优孰劣?人与机器相比,“挖土”哪家强?

庞之浩表示,从采样数量上看,有人采集无疑占优。阿波罗计划共带回约380千克样品,相比同时期苏联实施的无人采集任务,样品重量超出上千倍。这些样品至今都没有研究完,大部分还封存存在实验室里。

中国航天科工集团二院研究员杨宇光认为,有人采集更大的优点是,可以在任务中随机应变,处置不同的情况。

航天器的装载容量有限,所采集样品有多重大意义,取决于其代表性和特殊性。杨宇光说,例如阿波罗17号任务中,施密特捡到了一块橙色月球岩石,极为特别。这样的稀有样品,只有靠宇航员仔细寻找才能得到,通过无人采样方式几乎不可能获取。

然而,宇航员的参与,使得航天任务的难度和成本大大增加。杨宇光说,一艘阿波罗飞船重约45吨,而苏联的“月球”系列无人采样探测器重量不足6吨,我国嫦娥五号探测器重8吨多。同时,载人飞行任务对安全性、可靠性,以及生命保障系统等要求很高,这都直接影响着工程规模及成本。

庞之浩进一步解释说,一艘阿波罗登月飞船比等重黄金贵十多倍,而发射阿波罗飞船所用的土星五号火箭,造价高达5亿美元。阿波罗计划历时11年,耗资255亿美元,为实施该计划,美国国家航空航天局(NASA)每年预算占到美国政府总预算的4.5%左右,平均每个美国家庭要负担400多美元。

而无人采集不仅工程规模较小、成本较低,而且无需考虑生保、补给等问题,任务周期可达数年之久,探测距离也达到数亿公里。杨宇光认为,至少在未来十几年里,无人采集方式都将是外星“挖土”的主流。

不过,有人采集也不是全无用武之地。杨宇光说,对于一些情况复杂、目的性较强的特殊任务,例如发现一颗很有意思的小行星,要去采集一些特别的样本,就要依靠人来完成了。这种情况下,付出多一些成本和时间,也是值得的。

到更远的未来,如果人类在月球建立永久基地,产生了更多科学与工程上的需求,那么也需要宇航员长期驻扎,开展更大范围的考察活动。

付毅飞