

中国探月工程

# 嫦娥五号

## 回家:重返地球的科技之路

■本报记者 张新 特约记者 张未 宋星光

离别10多天,嫦娥五号踏上了回家之旅!

嫦娥“游子”归心似箭,祖国母亲期许满满。38万公里漫漫回家路,嫦娥五号每走一步,都让国人无限牵挂。

月光照亮了“嫦娥”回家的路,也照亮了中国探月梦想的天梯。

国家航天局探月与航天工程中心副主任、嫦娥五号任务新闻发言人裴照宇介绍说,此次嫦娥五号探月返回任务,已创造和将实现5个“中国首次”:一是地外天体的采样与封装,二是地外天体的起飞,三是月球轨道交会对接,四是携带样品高速地球再入,五是样品的存储、分析和研究。

如果一切顺利,嫦娥五号将把约2000克的月壤样品“打包”带回地球。

不要小看这个数字,约2000克的目标决定了中国探月的分量,折射出一个国家航天实力的高度。

“嫦娥”探月的背后,是一项项技术难点的集智突破、一项项创新成果的破壳而生。这些科技成果架起了通往月球的天梯,让中国人走出了一条属于自己的探月之路。

随着嫦娥五号探月任务进入尾声,中国探月工程“三步走”战略目标即将完成,中国人探索太空的脚步会迈得更远、更远。

### 挑战一 月面起飞

“摘片月亮”难度大,捎上“特产”要平稳

在顺利完成月球采样后,嫦娥五号上升器月面点火,轻盈地奔向等待它的太空“母港”——嫦娥五号轨道器和返回器组合体。

自此,嫦娥五号正式踏上回家之旅。从月球出发,把约2000克月壤样品“打包”带回,是这次探月的核心任务。约2000克月壤样品,是月球送给我们的珍贵礼物。

回家之路,遥遥38万公里,每一步都充满风险与挑战。

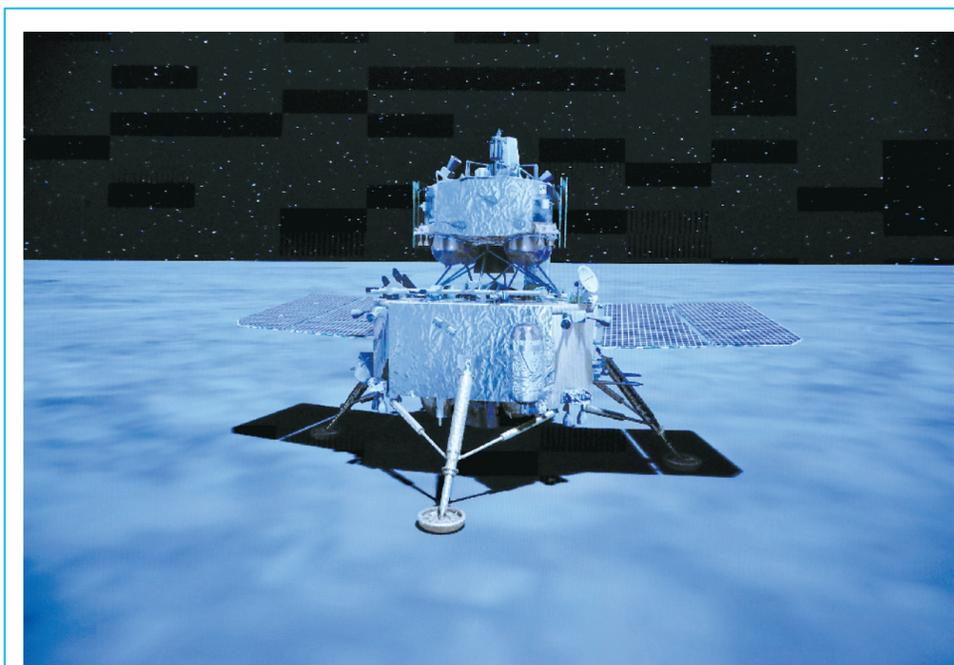
嫦娥五号上升器跨出的第一步——从月面点火起飞,就是一个高难度科目,这是嫦娥五号的亮点,也是任务的难点。

若飞行器在地球上发射,有专门的发射塔架,点火起飞位置经过精确测算,飞行轨道也是一遍遍计算好的。而月面起飞就不一样了——没有成熟完备的发射塔架,上升器只能站在着陆器身上发射。

嫦娥五号上升器从月面起飞,不确定性非常大,可视作一次从月球发射航天器的无人试验。能否成功起飞关系到后面交会对接能否顺利实现,这一环节是交会对接的起点,需要上升器精确瞄准交会对接的轨道器和返回器组合体。

正如嫦娥五号探测器系统副总设计师彭兢所言:“这个位置可能会存在一定的偏差,不像在地球表面可以精确到来,在月球上现在的指标可能就是百米量级,这些误差都会影响到入轨的精度。”

经过一系列技术攻关,嫦娥五号科研团队开展了一系列试验验证,建立了一整套环环相扣的系统,实现了嫦娥五



嫦娥五号探月,剧情格外精彩。解放军报联合“我们的太空”公众号运用全息技术,呈现可视化的“探月大戏”。扫描右侧二维码,观看探月相关新闻。

### 探月·全息产品

我们的太空



三十四号军事室



号上升器起飞时自主定位、定姿,护送上升器离开月球。

所幸,中国航天人付出的一切努力,换来了嫦娥五号上升器的顺利飞天。

### 挑战二 交会对接

“太空邮差”来帮忙,空中接力送“快递”

从月面起飞后,嫦娥五号上升器便飞到月球轨道上。但仅凭一己之力将月壤样品送回地球,非其力所能及。它需要在月球轨道上与轨道器和返回器组合体交会对接,把样品交给返回器,让它完成接下来的旅程。

20世纪70年代,苏联成功实施了3次无人月球采样任务,先后发射“月球16号”“月球20号”和“月球24号”探测器,从月球共带回300多克月壤样品。当时,苏联采用了探测器从月面起飞直接返回地球的方案,这种方案导致探测器需要携带大量燃料,而携带样品的能力却极为有限。

经过几十年的实践探索,我国在载人航天领域已经熟练掌握了近地轨道交会对接技术。但在38万公里外的月球轨道上进行无人交会对接,还是人类探月史上的第一次。

此前,嫦娥五号上升器与轨道器和返回器组合体成功上演“月宫之吻”,完成月壤样品的“收件”工作。两个航天器在月球轨道进行无人交会对接,“指尖”对“指尖”,对接相当精准,堪称中国探月的“神来之笔”。

看似“神来之笔”,背后的技术却异常复杂、难度系数非常高,稍有不慎就会让轨道器这个“太空邮差”白跑一趟。

过去,天宫一号目标飞行器采用的是“异体同构周边”式对接机构。然而,嫦娥五号上升器与轨道器和返回器组合体的重量相差较大,如果套用过去的“老模式”,一旦控制不好速度和彼此位置,上升器很可能被“撞飞”。这一次,嫦娥五号月球轨道交会对接采用了抱爪式对接机构。

通俗地讲,抱爪就像手握棍子的动作——两个方向一用力,把棍子牢牢握在手中。探测器的对接机构由3套抱爪构成,当上升器靠近时,只要对准连接面上的3根连杆,将抱爪收紧,就可以实现两个航天器的紧密连接。这种全新对接机构具有重量轻、捕获可靠、结构简单、对接精度高等优点。

此次,由航天科工集团二院研制的嫦娥五号交会对接微波雷达,作为中远距离测量的“助手”,成功引导完成了嫦娥五号的交会对接任务。

“与近地轨道相比,月球轨道环境更复杂,交会对接对微波雷达的测角精度要求更高。微波雷达主要作用在100公里到20米的中远程范围,精度的提高大幅提升了精准对接的胜率。”交会对接微波雷达总工程师孙武说。

此外,装有对接用应答机的上升器在落月时难免形成扬尘,这些肉眼不可见的干扰将会严重影响测角精度。

为确保安全度过月球之旅,设计师们在应答机上安装了特殊材料制成的防尘罩,“就像戴上了护目镜,嫦娥的‘千里眼’就不会变成近视眼。”孙武说。

当上升器与轨道器和返回器组合体对接完成后,上升器将装有月壤样品的容器转移到返回器中。月球轨道完成无人样品转移,在人类的航天历史上还是首次。

连杆棘爪式转移机构设计得足够巧妙,彭兢作了一个比喻:“这个构型很像扎带,相连后单方向传递,只能前进不能后退。”

38万公里外,捕获、收拢、转移,高速运行的上升器与轨道器和返回器组合体,每完成一步都让人惊心动魄——相比地球轨道,月球轨道有时延,时间走廊较小,时效性要求高,必须一气呵成完成对接与转移任务。

当返回器“吞入”样品、关上盖子,轨道器和返回器组合体与上升器分离,在预定时机加速进入月地转移轨道,踏上回家的路。

在太空飞行时,嫦娥五号犹如变形金刚,要完成不少“花式表演”,而这些都要仰仗轨道器的“本事”和“能耐”。

为此,中国航天人将“太空邮差”打造成“无敌小能手”。受探测器整体重量约束,“太空邮差”在具备强大承载能力的同时,还能“身轻如燕”。

### 挑战三 返地控制

飞行控制精度高,如同太空“打水漂”

与神舟飞船以第一宇宙速度返回不同,此次任务返回器进入大气层的速度接近第二宇宙速度。

以这样的速度返回地球,如果不能

“踩上一脚急刹车”,返回器会在大气层中烧蚀殆尽。

然而,返回器减速可不像开车踩刹车那么简单。嫦娥五号返回任务,我国采用了半弹道跳跃方式,就像在大气层表面“打水漂”——让返回器先高速进入大气层,随后借助大气层提供的升力“跳”起来,再以第一宇宙速度重新进入大气层返回地面。

值得一提的是,6年前,我国成功发射探月工程三期再入返回飞行试验器,模拟了嫦娥五号奔月、绕月、返回的全过程,并对半弹道跳跃方式进行了成功验证,使我国成为继美、苏之后,世界第3个成功实施航天器从月球轨道重返地面的国家。

即使采用半弹道跳跃方式返回,返回器再入大气层仍然会面临热控方面的挑战。返回器再入速度大、时间长,表面温度最高可达2000多摄氏度,如果传导到内部,将对携带的月壤样品产生影响。

为此,中国航天人采取了一系列措施来保证嫦娥五号返回器平安回家——巧妙设计返回器外形。返回器就像一个窝头,侧面挖一个洞,洞里面就是推力器。在大气层飞行时,返回器不仅会受到阻力,也会产生一定升力。靠着这一点升力,返回器就能成功实现半弹道跳跃方式返回。

为返回器披上“防热服”。返回器采用蜂窝结构防热层,里面填充了新型耐烧蚀材料。在气动加热导致温度升高时,这种新型材料能让返回器与热流有效隔绝。

自主飞行过“黑障”。返回器两次高速进入大气层都会产生“黑障”现象。高速摩擦会使返回器表面气化,产生等离子鞘套,屏蔽了返回器与地面的联系。虽然“黑障”过程中天地通信中断,但并不意味着返回器会失控,一些重要指令在进入“黑障”前已经写入返回器,返回器可以按照预设内容来执行指令。

回收伞成功率更高。在距地面10多公里处,返回器需要借助降落伞进行回收着陆。中国航天人为它量身打造了轻量化回收系统,通过优化降落伞的结构设计,采用先进材料和制造技术,实现与伞衣连接的伞绳在承受力度不变的前提下减重20%以上;为确保安全可靠,在弹伞、脱伞等环节上都设计了备用方案,以实现“双保险”。多管齐下,确保第一时间回收返回器。

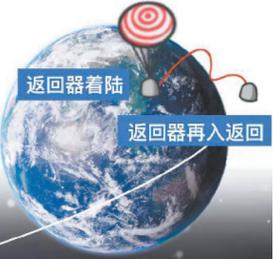
不知不觉,嫦娥五号已经与我们分别了10多天。

短暂的离别,是为了更好的相聚。在接下来的日子里,我们期待嫦娥五号能够顺利完成任务。

嫦娥五号,等你来!

左上图:12月1日23时11分,嫦娥五号探测器成功着陆在月球正面西经51.8度、北纬43.1度附近的预选着陆区,并传回着陆影像图。

制图:张珂



嫦娥五号采样返回示意图

### 惊心动魄的返回之旅

“休斯敦,我们遇到麻烦了!”这句由“阿波罗13号”飞船从太空发回的信号,记载着人类航天史上一段惊心动魄的探月故事。

1970年,“阿波罗13号”实施载人探月任务。作为“阿波罗计划”第3次登月任务,刚开始“阿波罗13号”的飞行颇为顺利。然而,一场噩梦正在逼近。

发射56小时后,一声巨响传来,飞船如漏气的气球,开始不受控制地旋转起来。

此时,飞船舱内,各种警报灯频频闪烁,宇航员吉姆·洛威尔发现服务舱内储存的氧气正在泄漏。

地面指挥大厅内,人们焦急万分。要知道,氧气罐泄漏直接威胁到宇航员的生命。地面工作人员意识到:月球是去不了了,如何让3名宇航员活下来,才是当务之急!

此时,3名宇航员唯一生还的希望,就是躲进拥有独立物资储备和动力系统的登月舱内。他们按照地面指令,紧急修改程序稳住飞船。

然而,飞船动力因氧气泄漏而下降,时刻面临发动机“关机”的危险。如何在剩余额氧气消耗完之前安全返回地球,成为救援的难点。

有人提议直接调转飞行方向返回地球,但很快遭到反对:“服务舱已严重损坏,重启推进系统可能再次引起爆炸。”

“飞船已接近月球,强行调转航向不仅会耗尽所有燃料,而且很可能受月球引力影响,坠毁在月球表面……”一阵激烈讨论后,指挥中心决定采用一种相对安全的方案——利用引力弹弓效应给飞船加速。

引力弹弓效应,就是利用绕月飞行的引力改变飞船轨道和速度,将飞船甩回返回轨道,以此节省燃料。但问题是,登月舱内的燃料只够一次尝试,如果失败,他们可能永远困在茫茫太空。

生死关头,只能背水一战。

发射77小时后,“阿波罗13号”进入月球背面。当飞船掠过弗拉·毛罗环形山时,3名宇航员内心感慨万千,那是他们计划着陆的地方。

当飞船从月球另一边重新露面时,3名宇航员瞄准时机,迅速启动登月舱下降级发动机,飞船加速进入预先设定的轨道,快速驶向地球。

他们成功了!发射138小时后,“阿波罗13号”终于抵达地球的边缘。丢弃服务舱、回到指令舱、调整飞行角度……已是严重缺水 and 疲惫的3位宇航员艰难地执行指挥中心发出的指令,并于4个多小时后成功降落在南太平洋上。

“阿波罗13号”的宇航员是幸运的。那个年代,人类探月失败率很高,并且耗资巨大,但美苏探月竞赛依然激烈。

早在美国“阿波罗11号”实现载人登月前,苏联便已实现了探测器月球表面软着陆和绕月飞行。之后,苏联将突破点放在探测器无人采样返回上,相继成功发射“月球16号”“月球20号”和“月球24号”探测器,从月球共带回300多克月壤样品。

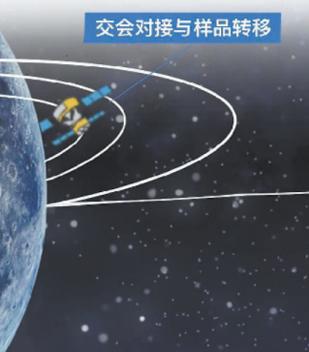
回顾人类探月史,无论是载人登月还是无人采样返回,美国和苏联都各自迈出了一小步。而这,是人类迈出的一大步。

探月工程意义非凡。正如当时一位科学家所言:“太空探索不仅是给人类提供一面审视自己的镜子,它还能给我们带来全新的技术、全新的挑战和进取精神,以及对严峻现实问题时依然乐观自信的心态。”

(雷柱、高德政、邓鹏)



上升器月面起飞



交会对接与样品转移



月地转移



返回器再入返回

返回器着陆

