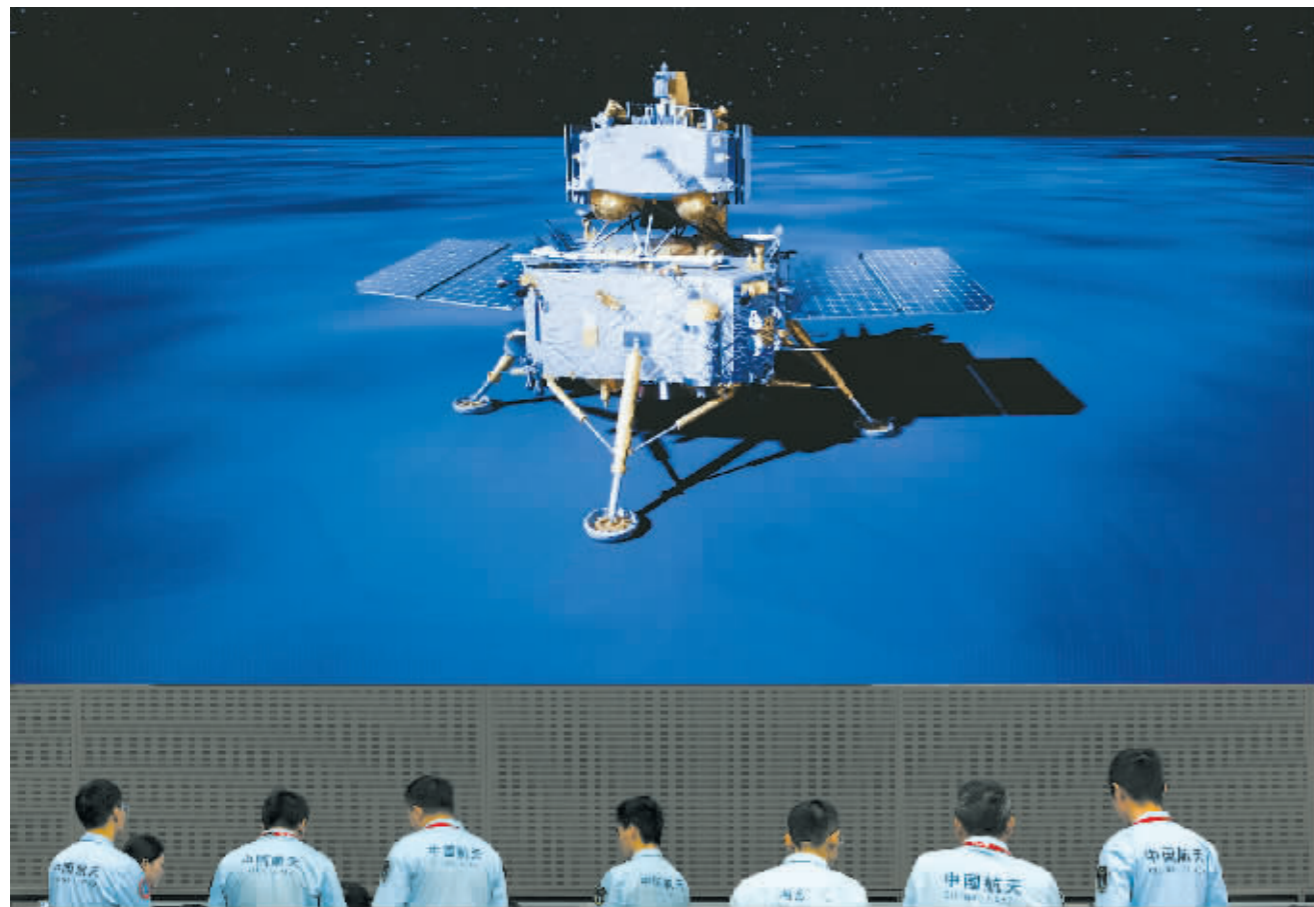


“嫦娥”飞落月背 开启“挖宝”之旅



▲嫦娥六号着陆器降落相机拍摄的嫦娥六号着陆过程中的影像。

▲6月2日,在北京航天飞行控制中心,工作人员在监测嫦娥六号着陆器和上升器组合体工作情况。

这是人类探索月球的历史性时刻!6月2日清晨,嫦娥六号成功着陆在月球背面南极-艾特肯盆地预选着陆区,开启人类探测器首次在月球背面实施的样品采集任务,即将“蟾宫挖宝”。

北京航天飞行控制中心响起热烈的掌声,嫦娥六号着陆器和上升器组合体在鹊桥二号中继星支持下,成功着陆在月球背面南极-艾特肯盆地预选着陆区。

自5月3日发射入轨以来,嫦娥六号探测器经历了约30天的奔月之旅,在经过地月转移、近月制动、环月飞行等一系列关键动作后,完成了这世界瞩目的“精彩一落”。

相比于降落在月球正面,降落在月球背

面可谓环环相扣、步步关键。特别是此次任务的预选着陆区——月球背面南极-艾特肯盆地,落差可达十多公里,好比要把一台小卡车成功降落到崇山峻岭中,每一步都不能掉以轻心,充满着中国航天人的智慧和创造。

“渐次刹车”减速接近月表——着陆器和上升器组合体实施动力下降,搭载的7500牛变推力主发动机开机,逐步将探测器相对月球速度降为零。其间,组合体进行快速姿态调整,逐渐接近月表。

“火眼金睛”选择理想落点——着陆器和上升器组合体通过视觉自主避障系统进行障碍自动检测,利用可见光相机根据月面

明暗选择大致安全点,在安全点上方100米处悬停,利用激光三维扫描进行精确拍照以检测月面障碍,最终选定着陆点,开始缓速垂直下降。

“关键缓冲”确保安全落月——即将到达月面时,发动机关闭,利用缓冲系统保障组合体以自由落体方式到达月面,最终平稳着陆在月球背面南极-艾特肯盆地。

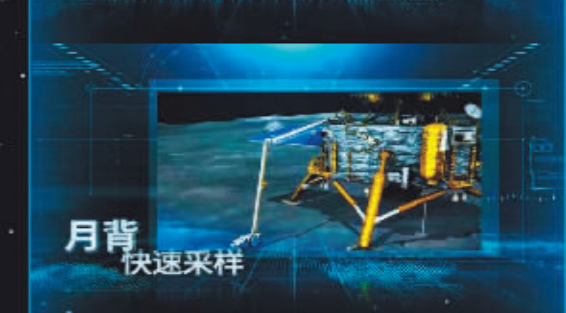
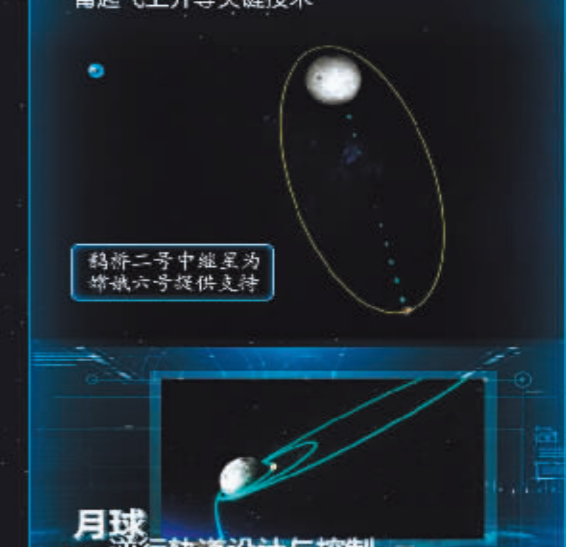
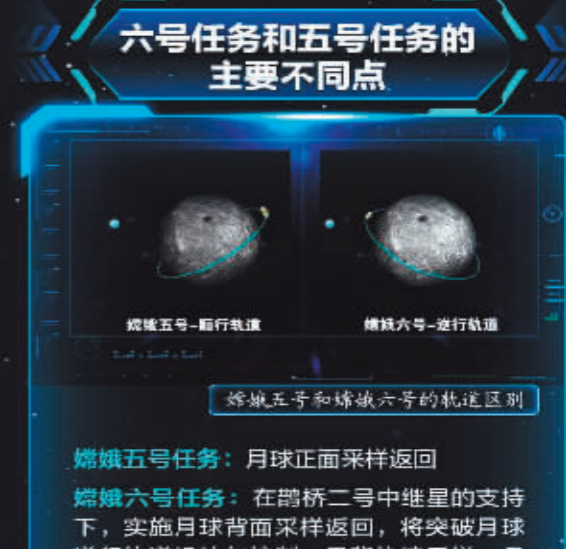
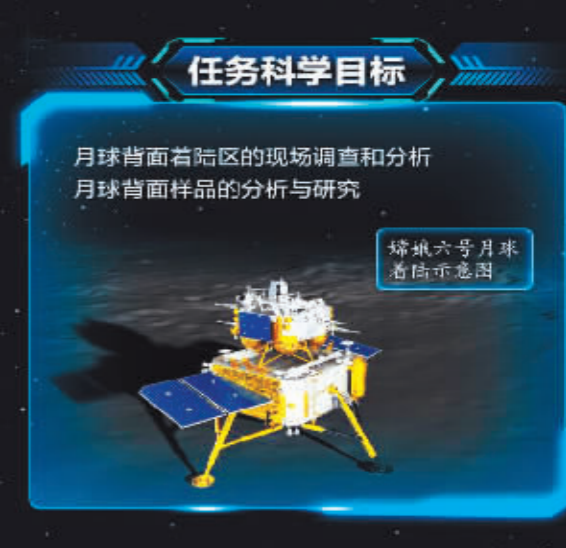
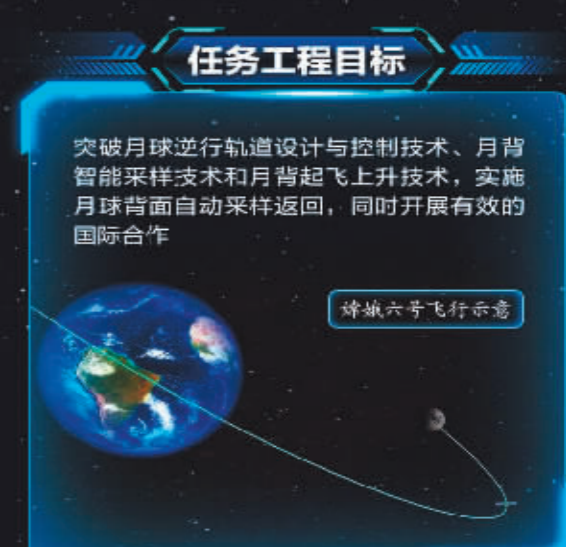
月背着陆时间短、难度大、风险高,放眼世界也仅有我国的嫦娥四号探测器曾在2019年初成功实现月背软着陆。此次嫦娥六号不仅要实现月背软着陆,更将按计划采集月球背面的月壤,走别人没走过的路。

2004年,中国探月工程正式批准立项。

从嫦娥一号拍摄全月球影像图,到嫦娥四号实现人类首次月球背面软着陆;从嫦娥五号带着月壤胜利归来,再到如今嫦娥六号即将月背“挖宝”……20年来,中国探月工程不断刷新人类月球探测的纪录。

成功着陆月背,只是开始。后续着陆器将进行太阳翼和定向天线展开等状态检查与设置工作,随后正式开始持续约2天的月背采样工作,通过钻取和表取两种方式分别采集月球样品,实现多点、多样化自动采样。

同时,本次任务还将开展月球背面着陆区的现场调查分析、月壤结构分析等科学探测。让我们继续期待嫦娥六号“再接再厉”,不断传来更多好消息!



解码 “嫦娥”再奔月,与以往哪不同

嫦娥六号落月是我国实施的第五次地外天体软着陆,第四次月面软着陆,以及第二次月背软着陆。此次落月也为达成“人类首次月球背面自动采样返回”目标又向前迈进了关键一步。

A 降落月背不简单

相比月球正面,月球背面地形更为崎岖,尤其是月球背面的南极-艾特肯盆地区域整体地势较低且撞击坑分布更多。南极-艾特肯盆地被认为是月球上最大、最古老、最深的盆地,直径约2500公里,深度约13公里。光照和测控受到地形遮挡影响,给嫦娥六号落月选址工作带来了挑战。

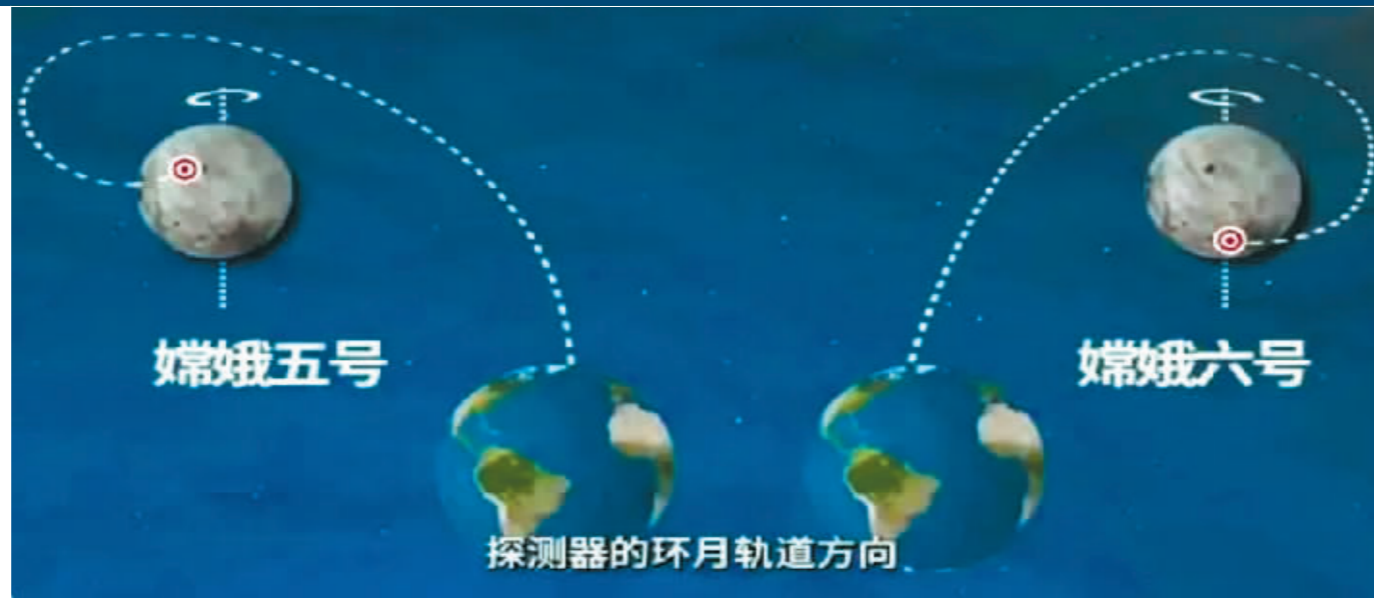
此次嫦娥六号落月任务充分借鉴了我国多次地外天体软着陆的成功经验。其中,我国特有的“粗精接力避障”技术发挥了重要作用。

记者从中国航天科技集团第五研究院了解到,“嫦娥”家族使用的GNC(制导、导航与控制的简称)系统均由该院502所研制,GNC系统需要实时知道“我在哪儿”“我要去哪儿”“我怎么去”。它好比嫦娥六号着陆器和上升器组合体落月过程中的“驾驶员”,在极具挑战的落月过程中要完成“飞行轨迹控制”“安全着陆点选择”“精准控制”三项核心任务。

嫦娥六号GNC系统需要在下降过程中自主选择一个既符合着陆要求,又能满足上升器月面起飞条件的落点,为后续的采样和起飞创造良好条件。之后,组合体开始径直飘移选定落点的正上方并开始垂直下降,至月面特定高度时关闭主发动机,最终利用着陆腿的缓冲机构实现软着陆。这一过程中的障碍识别与落点确定,展现了我国航天算法设计的精髓与核心技术。

落月过程中,嫦娥六号着陆器和上升器组合体在GNC系统智能自主的操控下,会边降边快速调整姿态,对预定着陆区域进行拍照分析,选择着陆区域。然后,GNC系统控制组合体飞向选定区域。这是第一次避障,即“粗避障”。在距离月面更近的预定高度,着陆器和上升器组合体开始实施关键的短暂悬停,并再次对月面进行拍照,精确避开障碍,选定最终落点。这是第二次避障,即“精避障”。

为了让嫦娥六号能够稳稳着陆月背,研制团队还借鉴融合了深空探测以往型号的选址经验,建立了一套适用于月背着陆的选址方法。在确认着陆区后,他们还对着陆区的地形地貌、地质条件等进行了多轮复核与研究工作。



嫦娥五号、六号探测器环月轨道方向示意图。

B 与嫦娥五号不同,嫦娥六号选择“逆行”环月

此前,降落在月球正面的嫦娥五号探测器采用环月顺行轨道,沿着月球自转方向,从西向东飞行。而此次嫦娥六号并没有沿着嫦娥五号开辟的道路前往,而是重新选择一条最优轨道——它是逆着月球自转方向,从东向西飞行。

中国航天科技集团第五研究院相关科研人员介绍,为了在不大幅调整探测器的构型布局和硬件产品的前提下,顺利化解着陆点变化带来的朝向、姿态等问题,设计师为嫦娥六号探测器重新设计了一条环月轨道,也就是“逆行环月轨道”方案。

逆行轨道加上更低的海拔高度,使得嫦娥六号的落月要比嫦娥五号在推进剂消耗上有所增加。为了达到既调整轨道又不增加推进剂消耗的目的,设计师让嫦娥六号先后进行3次“刹车”,这比嫦娥五号多了一次。这样可充分利用从月球捕获到下降前的20多天飞行时间,不断调整轨道参数,高精度瞄准着陆点,等待降落最佳时机的到来。

2日6时9分,嫦娥六号着上组合体从距离月面约15公里处开始实施动力下降,在一台轨控发动机和多台姿控发动机的协同推动下,逐步将探测器相对月球速

度从约1.6公里/秒降为零。避障后,开始精准识别选好落点。接着,开始避障下降和缓速垂直下降,最终平稳在月球背面南极-艾特肯盆地中的预选着陆区着陆,并传回了着陆影像图。

人类对月球正面有着丰富的探测经验,但对月球背面知之甚少。国家航天局表示,嫦娥六号任务实施人类首次月背采样返回,工程创新多,风险高,难度大。相比2020年实现月球正面采样返回的嫦娥五号任务,嫦娥六号任务突破了月球逆行轨道设计与控制技术,并完成了月背智能快速采样、月背起飞上升等关键技术节点。

C 鹊桥通信再提速,使大量数据通信成为可能

嫦娥六号的落点在月背,落月过程地球不可见。虽然嫦娥六号具有“自主落月”的能力,但实时掌握各项数据、随时发出控制指令,才能让“地球家人”及时掌握任务的实施过程。落月时,地球上的控制中心和嫦娥六号探测器之间会产生大量信息,而信息的传输都是鹊桥二号中继星支持完成的。

与鹊桥中继星最远9万公里的距离相比,鹊桥二号中继星的远月点距离月面

的最远距离约为1.6万公里,这使得它在天线口径不变的情况下,必须大幅提高通信速率。研制团队为其巧妙设计了环月大椭圆冻结轨道作为使命轨道,不仅提高了鹊桥二号的通信速率和通信覆盖能力,还可以节省卫星燃料,有利于在轨道上长期驻留。

此外,相较于鹊桥中继星,研制团队还将鹊桥二号中继星前向链路(从中继星到月面探测器)和返向链路(从月面探测

器到中继星)的最高码速率提高了近10倍,对地数据传输链路的最高码速率提高了近百倍,让通信能力“如虎添翼”。

值得一提的是,鹊桥二号中继星把同时接收探测器数据的数据传输通道,从鹊桥中继星的2路提高到了最多10路,在大幅提升通信速率的基础上又大幅增加了传输通道。这一设计使大量的数据通信成为可能,让“不可见”的月背降落“一切尽在掌握”。