

经历约30天奔月之旅,成功着陆南极-艾特肯盆地
嫦娥六号将开始世界首次月背“挖宝”

新华社北京6月2日电 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,开始缓缓垂直下降。

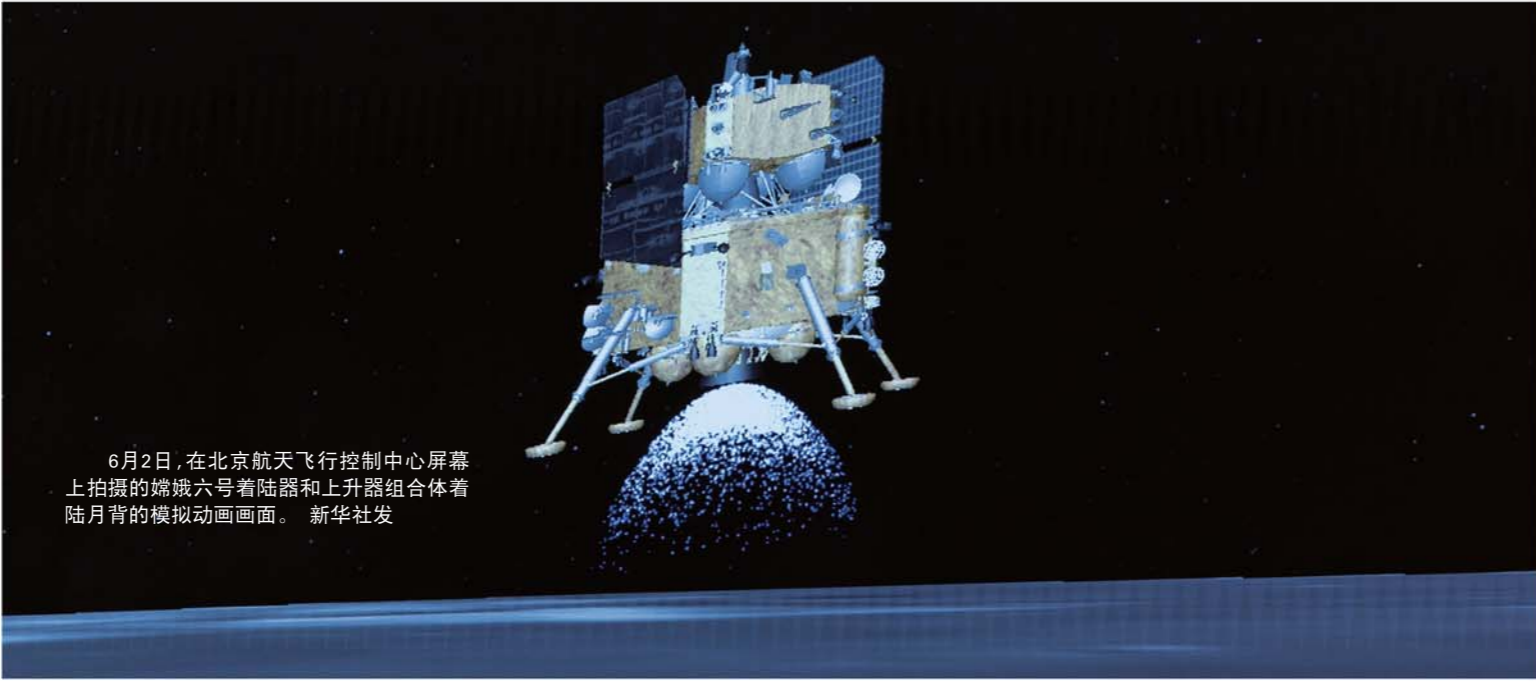
“关键缓冲”确保安全落月——即将到达月面时,发动机关闭,利用缓冲系统保障组合体以自由落体方式到达月面,最终平稳着陆在月球背面南极-艾特肯盆地。

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!



6月2日,在北京航天飞行控制中心屏幕上拍摄的嫦娥六号着陆器和上升器组合体着陆月背的模拟动画画面。 新华社发

自主控制高可靠
避障技术更成熟

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,不仅再一次展现了特有的“粗精接力避障”技术,还进一步推动该项技术走向成熟。

GNC系统,是制导(Guidance)、导航(Navigation)与控制(Control)系统的简称,它就好比嫦娥六号着陆器和上升器组合体在落月过程中的“驾驶员”,需要实时知道“我在哪儿”“我要去哪儿”和“我怎么去”。在极具挑战的落月过程中,该系统要完成“飞行轨迹控制”“安全着陆点选择”和“精准控制”三项核心任务。目前,“嫦娥家族”使用的GNC系统均由航天科技集团五院502所研制。

航天科技集团五院502所专家介绍,在下降过程中,嫦娥六号GNC系统需要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,为后续的取土和起飞创造良好条件。之后,组合体开始径直飘移至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。

正是这先后两次的障碍识别与落点确定,展现了中国航天算法设计的精髓与核心技术的硬核力量——

“落月过程中,在GNC系统的智能自主操控下,嫦娥六号着陆器和上升器组合体边降边快速调整姿态,对预定着陆区域拍照分析,选择着陆区区域。然后,GNC系统会控制组合体飞向选定区域。”航天科技集团五院502所专家称其为第一次避障,即“粗避障”。

“在距离月面更近的预定高度时,着陆器和上升器组合体开始实施关键的短暂悬停,再次对月面进行拍照,精确避开障碍,选定最终落点”——显然,这就是专家所说的第二次避障,即“精避障”。

为适应月背降落,嫦娥六号GNC系统针对新的轨道以及鹊桥二号中继星通信部分进行了适应性调整。嫦娥六号相比嫦娥五号要消耗更多的推进剂,为此,研制人员对

6月2日6时23分,嫦娥六号着陆器和上升器组合体成功着陆在月球背面南极-艾特肯盆地预选着陆区,再次上演“翩然落广寒”的精彩一幕。这标志着嫦娥六号成功跨过充满挑战的“落月”难关,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。

在此过程中,来自航天科技集团五院的多项“硬核技术”帮助嫦娥六号轻盈落月背,可谓尽显中国航天科技的智慧与力量。

系统进行了针对性调整、优化和升级,既确保落月精度,也兼顾资源使用的经济性。

鹊桥通信再提速
月背对话实时通

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的信息,这些信息的传输由航天东方红卫星有限公司(航天科技集团五院所属)抓总研制的鹊桥二号中继星支持完成。

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。为此,研制团队为其巧妙设计了环月大椭圆冻结轨道,不仅提高了通信速率和通信覆盖能力,还可以节省燃料,有利于在轨道上长期驻留。此外,相较于鹊桥中继星,研制团队还让鹊桥二号中继星前向链路(从月球探测器到中继星)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,这也让其通信能力“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,“这样,在提升通信速率的基础上,又大幅增加了传输通道。这一设计让鹊桥二号中继星一下有了5个‘分身’,使得大量的数据传输成为可能,让不可见的月背降

落一切尽在掌握。”航天东方红卫星有限公司专家解释。

“泊车雷达”测距精
“纤纤美腿”着陆稳

着陆月背,环环相扣,险象环生。由航天科技集团五院西安分院研制的微波测距测速敏感器,就像在着陆器上安装了一部“泊车雷达”,帮助着陆器和上升器组合体实现月背软着陆。

“这部‘雷达’在着陆器接近月球表面时开始工作,细致测量各项数据并传递精确信息,准确判断着陆点和降落速度,确保嫦娥六号控制身姿顺利‘泊车’,为安全精准着陆提供可靠保障。”航天科技集团五院西安分院专家形象地比喻道。

软着陆月背前,嫦娥六号着陆器和上升器组合体还要经受“最后一落”的冲击。由航天科技集团五院529厂量身定制的4条轻质、高强“纤纤美腿”,让嫦娥六号落月更轻盈。

可别小看这些“修长美腿”,它们的学名叫“着陆缓冲机构”,每条着陆腿由1个主腿,2个副腿和1个足垫组成,各有分工,各司其责。“着陆前,采用新型高强合金材料并填充特殊材料的主副腿协同工作,以便着陆时安全地支撑住探测器的身体,并传递、吸收各种冲击力。”航天科技集团五院529厂专家介绍,除了拥有“修长美腿”,嫦娥六号着陆器还搭配4个圆形大脚掌(足垫)——“看上去像4个大脸盆,直径差不多是普通人脚掌的2倍,其盆状结构以及设计巧妙的‘足弓’,可以起到更好的缓冲作用,防止探测器在着陆月背时摔倒,并提升嫦娥六号落月时的舒适‘脚感’”。

在着陆器动力下降阶段,由航天科技集团五院510所研制的着陆缓冲机构信号装置也开启了工作模式。当着陆器到达月球表面预定高度时,该设备就会被触发并产生信号,提醒着陆器明确自身的展开状态,准备在月面着陆。落月信号装置则是在着陆足垫接触月面时,受月面反作用力触发开关,关闭反推发动机,从而保证探测器安全平稳落。

据光明日报

详解嫦娥六号落月

900秒

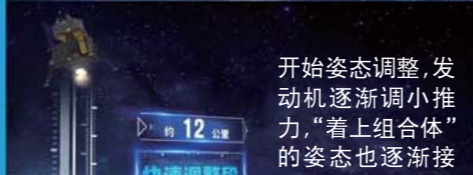
大致分为

- ①主减速段
- ②快速调整段
- ③接近段
- ④悬停段
- ⑤避障段
- ⑥缓速下降段

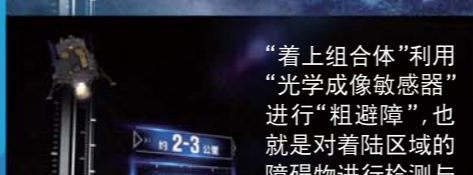
6个阶段



“着上组合体”基本呈现与月面平行的姿态飞行,7500牛变推力发动机以最大推力运行,以达到快速减速的目的



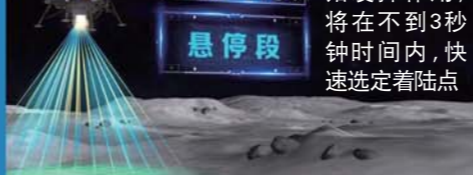
开始姿态调整,发动机逐渐调小推力,“着上组合体”的姿态也逐渐接近垂直于月面



“着上组合体”利用“光学成像敏感器”进行“粗避障”,也就是对着陆区域的障碍物进行检测与机动规避



“激光三维成像敏感器”开始发挥作用,将在不到3秒钟时间内,快速选定着陆点



这一阶段的避障是精避障,精准识别、选好着陆点



在变推力发动机作用下,“着上组合体”下降速度减为每秒2米



据央视

落在哪?如何“挖土”?挑战几何?

揭秘嫦娥六号落月背后的细节

南极-艾特肯盆地
科研价值高

人类对月球背面一直充满好奇,近几十年来,人类从月球采回数百千克月球样品,但至今仍缺乏从月背带回的原位样本。嫦娥六号任务开历史之先河,其预选着陆区和采样地点位于月球背面南极-艾特肯盆地。

选择这一盆地有何考量?专家介绍,南极-艾特肯盆地是太阳系中已知最大的撞击坑之一,被公认为月球上最大、最古老和最深的盆地,是月亮演化三个独立的地体之一,可能保存了月球上古老的岩石,科研价值高。

在该区域采集样品并进行分析研究,有望填补人类获取月球背面样本的空白,对月球科学新突破具有独特价值,将为深化人类对月球成因和太阳系演化历史的科学认知作出新贡献。

钻取和表取两种模式
侧重点各不相同

迄今为止,人类已进行的月球采样返回均位于月球正面,月球背面整体相对月球正面更为古老,具有重要科研价值。

成功着陆后,嫦娥六号着陆器

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。此次嫦娥六号探测器软着陆于月球哪个区域?着陆后又将如何挖掘“月球土特产”?采样过程面临哪些挑战?

月背采样要求高
时间短加剧难度

值得注意的是,这次嫦娥六号在月球背面南极区域的采样任务面临着独特挑战。由于该区域背向地球,通信需依赖鹊桥二号中继星来维持。此外,高纬度位置导致月壤风化作用较弱,石块比例增高,这对地面的规划以及采样设备提出了最高要求。并且,相较于嫦娥五号,嫦娥六号的采样窗口时间更短,进一步加剧了任务难度。

据介绍,目前嫦娥六号“着上组合体”的状态符合预期,采样工作正在按照预定流程,顺利开展。未来几天,在完成钻取、表取采样以后,就要进行上升器的起飞准备工作,上升器起飞后和在轨等待的轨返组合体进行对接和样品转移,然后开展月地返回的旅程。如果一切顺利,嫦娥六号将带着月球样品起飞,6月底就会安全回家。

综合新华社、央视

月背之旅要寻哪些“宝”

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阿波罗盆地,它要在这里寻找什么呢?

寻找新矿物和岩石

在嫦娥五号样品中,我们发现了至少三种新矿物,七种不同的岩石。正如地球上不同地方的岩石、土壤的成分并不一致一样,月壤、月岩也存在不均一性,甚至单次采样返回的不同样品之间也是如此,因此嫦娥六号的登月活动就有极大可能发现更多新的矿物和岩石。

寻找月球深部物质

阿波罗盆地是个多次撞击形成的“盆中之盆”,所以可能是月亮最薄的位置之一。一些理论认为,形成南极-艾特肯盆地的撞击事件可能挖掘出了月幔物质。然而,也有人提出,即使盆地挖掘出了月幔物质,由于在撞击过程中月幔物质可能会经历熔化-冷凝的过程,导致不同化学成分矿物和岩石被分离开——这个过程被称为熔融分异。熔融分异可能会使识别变得困难,或者在形成之后被更晚期的撞击出现的喷射物混合、掩埋而难以被遥感发现。因此嫦娥六号有可能在阿波罗盆地中发现这些来自月幔的深部物质,对我们理解月球深部结构和月球的起源和演化起到重要作用。

寻找古老物质

根据撞击坑统计定年,南极-艾特肯盆地一带年龄约42亿年,可能分布有月表最古老的岩石,但这个数值需要实际样品修正。

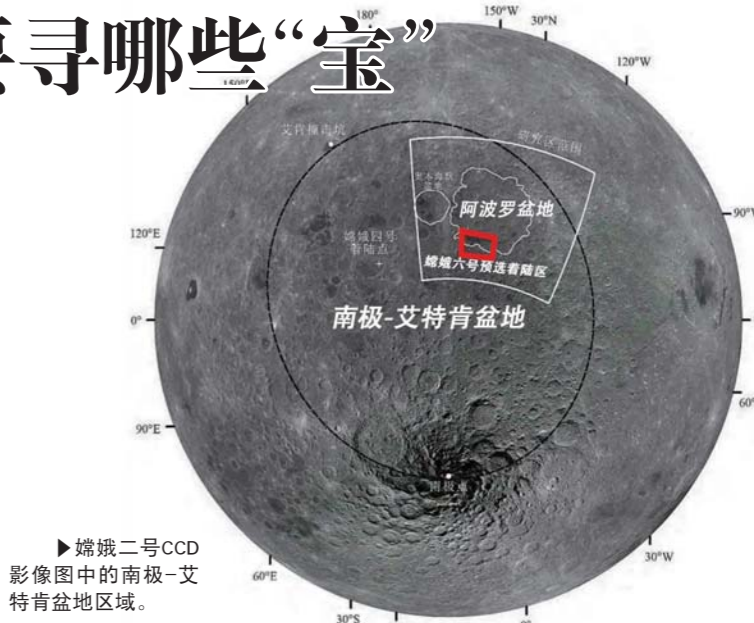
之前嫦娥五号采集的样品包

了赤铁矿等名义含水矿物,而过去阿波罗样品里曾零星地发现四方纤铁矿、角闪石等名义含水矿物,其成因均不明确。嫦娥六号如果采集到名义含水矿物,或者样品包含特殊的含水赋存状态,将是非同寻常的突破。

寻找高压矿物

阿波罗盆地既是撞击盆地,又是深部物质潜在露露区,无论大规模撞击还是月球深部高压,都是形成高压矿物的有利条件。月球表面遭受频繁的撞击作用,有利于指示高压的矿物形成,过去的样品中已发现熔长石、钙硬玉、赛石英、雷锆石等高压矿物,但是在理论上月幔中可能存在的石榴石等高压矿物发现极少,因此这个理论模型需要实际样品修正。

据科普中国



►嫦娥二号CCD影像图中的南极-艾特肯盆地区域。