

# 嫦娥六号发来打卡照，月背升起五星红旗

## 停留月背49小时『挖宝』顺利结束，携『土』启程回家

月背“挖宝”顺利结束，嫦娥六号启程回家!6月4日7时38分，嫦娥六号上升器携带月球样品自月球背面起飞，随后成功进入预定环月轨道。嫦娥六号完成世界首次月球背面采样和起飞。

自6月2日6时23分成功落月以来，嫦娥六号用约49小时迅速完成了“挖土”“做科研”“升旗”“起飞”等一系列工作。

月球背面南极-艾特肯盆地，被公认为月球上最大、最古老、最深的盆地。在这里开展世界首次月背采样，对进一步认识月球意义重大。

6月2日至3日，嫦娥六号顺利完成在月球背面南极-艾特肯盆地的智能快速采样，并将珍贵的月球背面样品封装存放在上升器携带的贮存装置中，完成了这份宇宙快递的“打包装箱”。

从挖到取再到封装，一气呵成，干得漂亮!这源于敢为人先的创新设计——

“挖宝”主打“快稳准”。受限于月球背面中继通信时长，嫦娥六号采用快速智能采样技术，将月面采样的有效工作时间缩短至不到20个小时;同时，探测器经受住了月背温差考验，克服了测控、光照、电源等难题，通过钻具钻取和机械臂表取两种方式，分别采集了月球样品。

“取宝地”一次“看个够”。嫦娥六号着陆器配置的降落相机、全景相机、月壤结构探测仪、月球矿物光谱分析仪等多种有效载荷

正常开机，服务月表形貌及矿物组分探测与研究、月球浅层结构探测、采样区地下月壤结构分析等探测任务。这些“火眼金睛”不但能“看清”月球，还能“看明白”月球。

月背之旅，拍照“打卡”不能少。着陆后，嫦娥六号着陆器和上升器组合体携带的“摄影小车”，自主移动并成功拍摄回传着陆器和上升器合影。

“做科研”凸显“国际范儿”。嫦娥六号着陆器携带的欧空局月表负离子分析仪、法国月球氦气探测仪等国际载荷工作正常，开展了相应科学探测任务;安装在着陆器顶部的意大利激光角反射器成为月球背面可用于距离测量的位置控制点。中方和合作方科学家将共享科学数据，联合开展研究，产生更多成果。

“挖宝”完成后，起飞分“三步走”。与嫦娥五号月面起飞相比，嫦娥六号上升器月背起飞的工程实施难度更大。在鹊桥二号中继星辅助下，嫦娥六号上升器借助自身携带的特殊敏感器实现自主定位、定姿。上升器点火起飞后，先后经历垂直上升、姿态调整和轨道射入三个阶段，顺利进入了预定环月飞行轨道。后续，月球样品将转移到返回器中，由返回器带回地球。

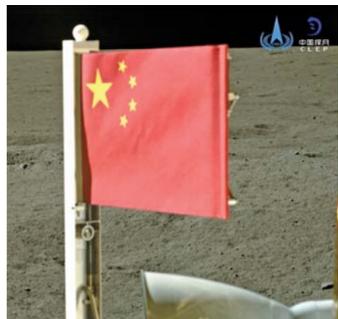
还有这鲜艳的一抹红——表取完成后，嫦娥六号着陆器携带的五星红旗在月球背面成功展开。这是我国首次在月球背面独立动态展示国旗。

综合新华社、中新社

用玄武岩织成，重量只有11.3克

## 这抹“中国红”科技范儿满满

6月4日，在完成月表取样后，嫦娥六号着陆器携带的五星红旗在月球背面成功展开，这是中国首次在月球背面独立动态展示国旗，也是继2020年12月3日嫦娥五号“织物版”五星红旗在月球成功展示后，中国探测器在月球上再次打上“中国标识”。



6月4日，五星红旗在落在月背的嫦娥六号探测器上展开。新华社发(国家航天局供图)

### 玄武岩五星红旗是月面原位制造的一种探索

这面五星红旗采用来自太行山的玄武岩为主的复合材料制造，玄武岩占比62%。武汉纺织大学纺织新材料与先进加工技术国家重点实验室徐卫林院士月面国旗团队联合多家单位，历时近4年，攻克了玄武岩超细纤维纺丝、纺纱、织造及色彩构建等诸多国际难题，首次成功研制出无温控保护、独立动态展示的“石头版”高品质织物质国旗。

为什么选用玄武岩?与“嫦娥五号”在太空飞行7天后到达月面相比，此次“嫦娥六号”自5月3日出发后，在太空飞行了30天才落月，时间大幅增加。在奔月、绕月及落月的过程中，高低温反复交替，国旗对环境的耐受性要求就更高。经过分析，与月壤化学成分相近的玄武岩进入研制团队视野。

玄武岩纤维具有非常优异的隔热抗辐射性能，能够抵御月表恶劣环境。团队成员曹根阳教授介绍，月面玄武岩较多，未来建造月球基地需要就地取材，月球玄武岩做成片状或者管状建材，用于月面建造，比在地球上取材大大节省成本。“嫦娥六号五星红旗是玄武岩红旗，是月面原位制造的一种探索。”

### 如何确保“石头版”国旗顺利展开

玄武岩纤维属于无机纤维，表面光滑、脆性易碎、模量高，难以纺制超细丝、纺纱、织造，以及构筑高牢度的颜色，这些都是要攻克的难题。月面国旗研制团队找到突破口，独创“包芯技术”，研发出“转芯纺”纺纱装置，最终驯服了玄武岩纤维丝，首次成功研制出能耐受高真空、高低温循环、强剂量紫外辐照等极端环境条件的“石头版”高品质织物质国旗。

嫦娥六号月面国旗和嫦娥五号上的国旗规格一样，大小也是300mm×200mm，与A4纸差不多大。不过，玄武岩纤维的密度超出嫦娥五号国旗原料密度近一倍，按常理推断“石头版”国旗会更重。但是，团队研发了大概是头发丝直径三分之一的超细玄武岩纤维，最后做出来的嫦娥六号国旗的重量只有11.3克，比嫦娥五号国旗还要轻0.5克。

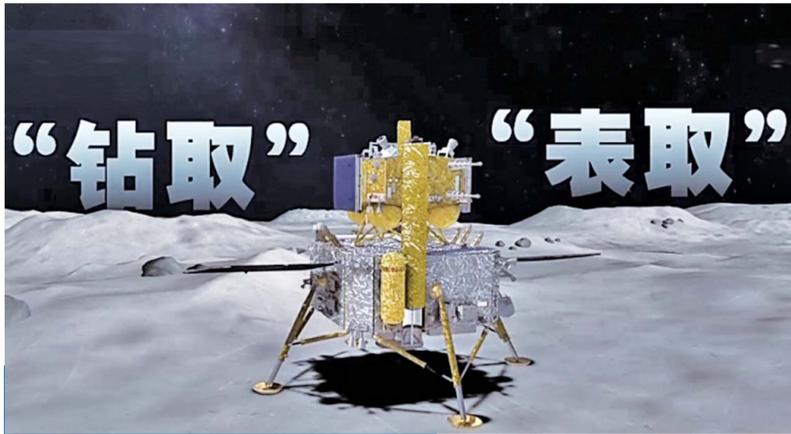
### “小石头”成就“大产业” 玄武岩纤维应用前景可期

光线对于国旗的成像效果至关重要，由于嫦娥六号是在月球背面着陆，月面光线与旗面角度都发生了变化。中国航天科工集团专家介绍，研制团队提出了多种改进方案，联合总体单位开展了多轮方案评估和地面模拟月面成像试验，以保证国旗的最佳成像效果。同时，研制团队开展了国旗展示系统寿命评估和验证工作，确保能够在月球背面可靠运行。

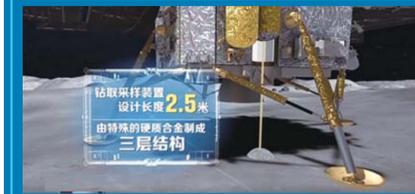
在嫦娥六号“石头版”国旗研制的同时，月面国旗团队已经开启了玄武岩纤维拓展到耐热、阻燃等领域的应用研究，如对阻燃隔热性能要求很高的阻燃防护服以及高阻燃性箱包等，充分发挥超细玄武岩适应高温等特殊环境的能力。

徐卫林院士表示，未来玄武岩纤维作为轻质、柔性防护材料，将在航空航天，如宇航服、太空舱、月球基地等场景会有越来越广泛的应用。

据央视



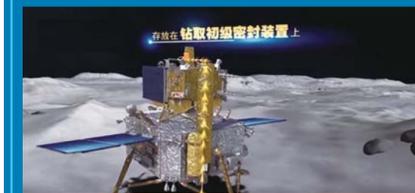
### 钻取



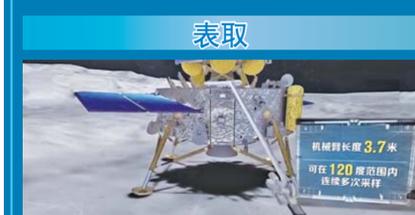
采样装置有外钻杆、取芯管、取芯袋三层结构。



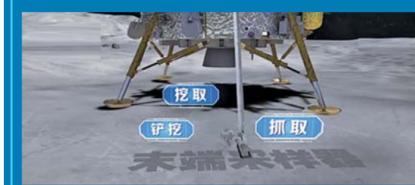
钻头向下钻进时，取芯袋会跟随取芯管向下运动，钻取到的月壤岩芯则会被顶进袋内。



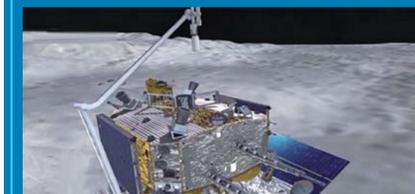
取样后的取芯袋以缠绕方式，存放在钻取初级密封装置上。



借由机械臂完成，机械臂伸展长度达到3.7米。



机械臂携带了一个“末端采样器”，一头的采样器兼具钻取、铲取、抓取三种功能。



取样结束后，表取初级密封装置就会从着陆器上被提取出来，放置在上升器顶部的密封封装装置中。

## 中国式浪漫!嫦娥六号在月背挖了个“中”字 “蟾宫挖宝”，三大技术显身手

### “钻”“表”结合

此前，人类对月球实施过多次采样返回任务，但采样地点均位于月球正面。嫦娥六号探测器的着陆和采样地点位于月球背面南极-艾特肯盆地，该区域被认为月球上最大、最古老和最深的盆地，具有极高的科研价值。

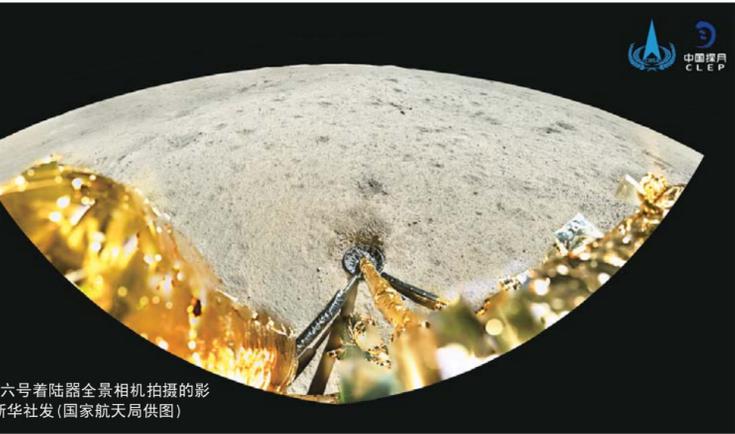
月背“挖土”是门精细活。科研人员为嫦娥六号设计了两种“挖土”方式:钻具钻取和机械臂表取。

钻取采样装置设计长度为2.5米，由特殊的硬质合金制成，一共有三层结构，最外层是可以旋转钻进的外钻杆，紧靠外钻杆的是取芯管。取芯管的外面包裹着一条长长的袋子，叫取芯袋。当钻头向下钻进时，取芯袋也会跟着取芯管向下运动，而钻取到的月壤岩芯则会被顶进袋内，这个过程有点像“穿袜子”。取样后的取芯袋以缠绕的方式，存放在钻取初级密封装置上。

表取采样是借由机械臂完成的，机械臂的伸展长度达到了3.7米，可以在120度的范围内实施月面采样，并且能连续多次采样。

机械臂携带了一个“末端采样器”，一头的采样器兼具了挖取、铲取、抓取三种功能:对于颗粒细小的月壤可直接挖取，对于较小的石块则可以铲挖，此外，它还可以抓取更大尺寸的石块。另一头的采样器则对一些相对坚硬的目标进行浅钻，并通过花瓣结构进行样本提取。表取采样来的样品，会被放置在表取初级密封装置中，取样工作结束后，表取初级密封装置就会从着陆器上被提取出来，放置在上升器顶部的密封封装装置中，进行封装。

中国航天科技集团金晟毅介绍，钻取和表取的侧重点各不相同。钻取需要采集一定深度的月球次表层样品，要争取让采样装置采得更深，让样品种类更为丰富。而表取采样则是在一片区域里进行多次采样，主要采样



嫦娥六号着陆器全景相机拍摄的影像图。新华社发(国家航天局供图)

### 中国式浪漫!嫦娥六号在月背挖了个“中”字

## “蟾宫挖宝”，三大技术显身手



嫦娥六号经受住了月背高温考验，挖到了月球“土特产”，采样完成后，月球表面留下一个“中”字。

6月4日7时38分，嫦娥六号上升器携带月球样品自月球背面起飞，成功进入预定环月轨道。这是人类探测器首次完成月球背面采样和起飞。要顺利采集宝贵的月球样品，离不开钻取、表取、封装等一系列关键核心技术的支撑。

目标是月球表面的风化石层样品。

“月背采样是先钻取后表取。”金晟毅表示，两种“挖土”方式实现的技术途径，采集的月球样品种类不一样，科学价值也不尽相同。

### “地月协作”

首次在月背采样，嫦娥六号面临着前所未有的挑战。中国航天科技集团任德鹏指出，相比嫦娥五号，嫦娥六号任务有三个特点:一是采样地点位于月背，为保证数据传输的连续性，必须依靠鹊桥二号中继星“搭桥”;二是采样地点所处的纬度更高，月壤的风化程度相比低纬度地区更加不充分，月壤的石块含量可能会更多，这对地面规划和采样机构来说是更大挑战;三是采样时间相比嫦娥五号更短。

“钻得动”是研制团队最为关注的环节之一。为此，研制团队在嫦娥六号“出发”前就开展了大量地面试验与仿真分析。针对月背中继通信可能无法有效配合钻采作业这一极端

工况，研制团队设计了应急程序，做好充分准备，确保在极端工况下能通过“人机协作”方式，辅助嫦娥六号及时研判控制钻取风险，现场决策后续动作。

结合月壤特性，研制团队设计了“百里挑一”的独创钻头，通过对比多种设计方案，最终确定了取芯机构方案以及相应构型，使其具备高硬度岩石的钻进能力。同时，研制团队针对不同颗粒度月壤切削、拨、挤、排能力，让钻头形成多个切剖面，在实现高效取芯的同时，具有良好的层序保持特性，让高难度的月背“挖土”更稳妥顺畅。

### 高效打包

月球表面为高真空、高低温、月尘综合环境。要将38万公里之外的月球样品在无人条件下进行打包封装，历经空间飞行、再入返回等步骤还不被地面环境污染，维持月球样品原态，这就需要研制一套专门装置。这套装置能够在月表自动承接、密封月球样品，并保证样品完好无缺地送回地球。

面对这一艰巨任务，研制团队接连突破多项关键核心技术，确保嫦娥六号完成自动密封任务。为保证取得的样品在提芯的过程中不发生掉落，研制团队经过多方案的筛选验证，设计采用了特定封口方案。封口器采用扭转载闭式结构，并进行大应变材料设计，具有低力载、高可靠的特点，且长时间处于大变形承载状态下不发生应力松弛现象，实现简单可靠的封口。

针对采集的月壤样品具有可变形特征，嫦娥六号探测器还专门设计了特殊的提芯拉绳，确保取芯软袋具有确定的几何形状，方便样品传送和转移。

在一系列关键核心技术的支撑下，嫦娥六号月背“挖土”如期“竣工”，为达成“人类首次月背自动采样返回”目标又向前迈进关键一步。

综合中新社、央视

### 延伸阅读

月面起飞是实施月面采样返回的一项关键动作，难度大、可靠性要求高。负责完成这项艰巨任务的，是航天科技集团五院502所研制的GNC系统。

“嫦娥六号的月面起飞是继嫦娥五号后，我国第二次实施该动作。上升器的整个上升和入轨动作，均由GNC系统智能自主控制完成。回传数据显示，上升器整个飞行过程稳定精准，充分展现了GNC系统的卓越性能和稳定性。”航天科技集团五院502所相关技术负责人强调，两次月面起飞的工程实践，将为后续月球和深空探测任务的实施积累实践经验、沉淀技术基础。

不同于地面的航天器发射任务，月面起飞面临诸多独特挑战。“例如，地面有完善的发射场系统，月面则是临时场地;地面有保障团队支撑，月面许多工作要靠航天器自己完成;地面的起飞位置和调整可以精准测算和调整，月面只能靠飞行器自行提前识别;地面发射尾焰有导流槽，月面起飞只能因陋就简;地面临近发射时，若发现问题可以取消，月面起飞则经不起太长等待……嫦娥六号探测器在月背起飞，更是难上加难、险上加险。其中，最大的难点是如何智能自主控制。”在列举出众多特殊情况的同时，航天科技集团五院502所专家强调。

嫦娥六号的月面起飞分为四个阶段——起飞准备、垂直上升、姿态调整和轨道入射。从月球背面起飞，地面无法直接测控，所有指令需要通过鹊桥二号中继星转发。为确保任务万无一失，研制人员必须考虑万一中继星通信不畅的极端情况。在航天科技集团五院502所专家看来，智能自主的起飞准备是嫦娥六号和嫦娥五号月面起飞任务中最主要的区别，包括自主的位置确定、姿态确定、起飞参数计算等。“嫦娥六号上升器的月面起飞准备，在起飞前数小时进入准备程序，到了预定时刻，由GNC系统控制上升器主发动机自行点火，经过约6分钟250公里的飞行后，准确进入预定环月轨道——整个起飞过程中的姿态控制和一定高度后的拐弯以及最终的入轨，都由GNC系统掌控。”

继月面成功起飞后，上升器和轨道器返回器组合体在月球轨道上的“追赶”和“牵手”，也将是一场技术和美的双重盛宴。让我们期待嫦娥六号顺利携土“回家”!

光明日报