

月球挖土 “打包”完成

记者3日从国家航天局获悉，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。

采样和封装过程中，科技人员在地面实验室根据探测器传回数据，仿真采样区地理模型并全程模拟采样，

为采样决策和各环节操作提供了重要依据。着陆器配置的月壤结构探测仪等有效载荷正常工作，按计划开展科学探测，并给予采样信息支持。

自动采样是嫦娥五号任务的核心关键环节之一，探测器经受住超过100摄氏度的月面高温考验，克服了测控、光照、电源等方面的条件约束，依托全新研制的地外天体样品

采集机构，通过机械臂表取和钻具钻取两种方式分别采集月球样品，实现了多点、多样化自动采样。

其中，钻具钻取了月面下的月壤样品，机械臂则在末端采样器支持下，在月表开展多种采样。为确保月球样品在返回地球过程中，保持真空密闭以及不受外界环境影响，探测器在月面对样品进行了密封封装。

“嫦五”完美落月的背后 有哪些黑科技支撑？

嫦娥五号探测器这稳健的一落，蕴藏着无数航天人的智慧和心血。究竟有哪些黑科技助力嫦娥五号完美落月？一起去看看。

关注1 边飞边找落点，落月只有一次机会

对于嫦娥五号来说，落月只有一次机会，必须一次成功。

相比嫦娥三号、四号，嫦娥五号对于着陆点的位置精度和平整度要求是空前的。由于涉及到采样完成后上升器要在月面起飞，嫦娥五号挑选落点的过程，也是为后续上升器月面起飞选择“发射场”的过程，其降落区域内不能有

太高的凸起、太深的凹坑，坡度也需要符合任务要求。

简单说，它是一边飞行一边寻找落点，如同一次从600公里外开始、在15分钟内完成的自主“跳伞”。

为了实现“选址正确、落得准确”，嫦娥五号采用了已经在嫦娥三号和四号上成功应用的“粗精接力避障”方式。这种

方式，是在由中国航天科技集团五院502所研制的制导导航与控制（GNC）系统指挥下，着陆上升组合体先大推力反向制动减速，然后快速调整姿态，对预定落区地形进行拍照识别，避开大的障碍，实现“粗避障”，之后再斜向落向选定的着陆点，飞到着陆点正上方后改为垂直下降，在接近月面时关闭发动机，落在月球上。

关注2 微波测距测速，探查落月路径的眼睛

GNC系统在进行决策时，离不开各种数据支持。由中国航天科技集团五院西安分院研制的微波测距测速敏感器，如同一双明亮的眼睛，感知着嫦娥五号的落月路径，并向决策“大脑”

传递信息。

据西安分院微波测距测速敏感器主任设计师张爱军介绍，这部雷达在着陆上升组合体距离月球表面约15公里时开机，在距离月面6公里时正式开始工作。

“该雷达可以探测着陆器与月球表面的距离，以及着陆器下降的速度，并向上升器的制导导航与控制系统提供速度和距离的信息，以便着陆器判断降落的落点和速度。”张爱军说。

关注3 落月发动机有绝招，具备推力深度调节能力

发动机为嫦娥五号安全落月提供了动力保障。不过，靠普通宇航发动机，是无法完成月面安全软着陆任务的。

记者从中国航天科技集团六院了解到，月球是真空状态，没有大气，意味着不能利用空气摩擦实现减速。为完成探测器动力下降、悬停等着陆阶段动作，要求

发动机具备推力深度调节能力。

2006年，六院正式启动7500牛变推力发动机关键技术攻关。经过艰苦探索，研制团队先后突破“高性能、长寿命推力室”“流量精确调节与稳定”和“发动机系统优化与集成”三大关键技术，发动机技术指标基本满足探测器要求，为后续研

制任务奠定了坚实基础。

在7500牛变推力发动机鼎力支撑下，2013年12月，嫦娥三号探测器完成了我国首次地外天体软着陆；2019年1月，嫦娥四号探测器实现人类首次月背软着陆。这次，它又护送嫦娥五号着陆上升组合体平稳落在月球。

关注4 γ 关机敏感器，落月“刹车指令员”

嫦娥五号落月最后阶段的发动机关机，需要有精准的指令。中国航天科工集团研制的γ关机敏感器，就是落月过程中的“刹车指令员”，责任重大。

落月过程开始后，置于嫦娥五号底部的γ关机敏感器便实时测量着探

测器与月面的距离。当嫦娥五号落到距月面不足5米高度时，该设备发出关机指令，关闭轨控和姿控发动机。这一瞬间，决定着落月任务的成败。随着发动机反推力的撤离，嫦娥五号得以翩然落月。

据介绍，γ射线具备受外部环境干扰小、精度高等特点，因而被应用于对精度、可靠性要求最高的载人航天和探月任务中。此前，航天科工研制的γ高度控制装置已经在神舟飞船任务中成功应用，护送航天员安全返回。

关注5 集缓冲、支撑于一体，嫦娥五号的“腿”不一般

离开了发动机的反推，嫦娥五号是以自由落体形式着陆的。虽然月球引力较小，降落高度也不高，但撞击月面时仍会形成一定冲击载荷。

这就需要着陆缓冲系统发挥作用，吸收着陆时的冲击载荷，同时保证探测器不

翻倒、不陷落。

着陆缓冲机构，通俗地说就是嫦娥五号的“腿”，是落月环节的技术难题之一。嫦娥五号的4条“腿”可不一般，它们集缓冲、支撑功能于一体，继承了嫦娥三号、四号的完美基因，由五院机构分系统

团队精心设计。

与嫦娥三号的着陆缓冲设计方案相比，嫦娥五号任务由于难度增加，着陆缓冲能力要求提高了30%，但机构重量指标却减少了5%。中国航天科技集团五院总体设计部研制团队最终解决了这个难题。

关注6 嫦娥五号落月过程中，还有哪些鲜为人知的精妙设计？

从表面看，是着陆器“托着”上升器降落到月面，实际上，着陆器上GNC系统的工作，却借助了上升器上的中央控制计算机和星敏感器。

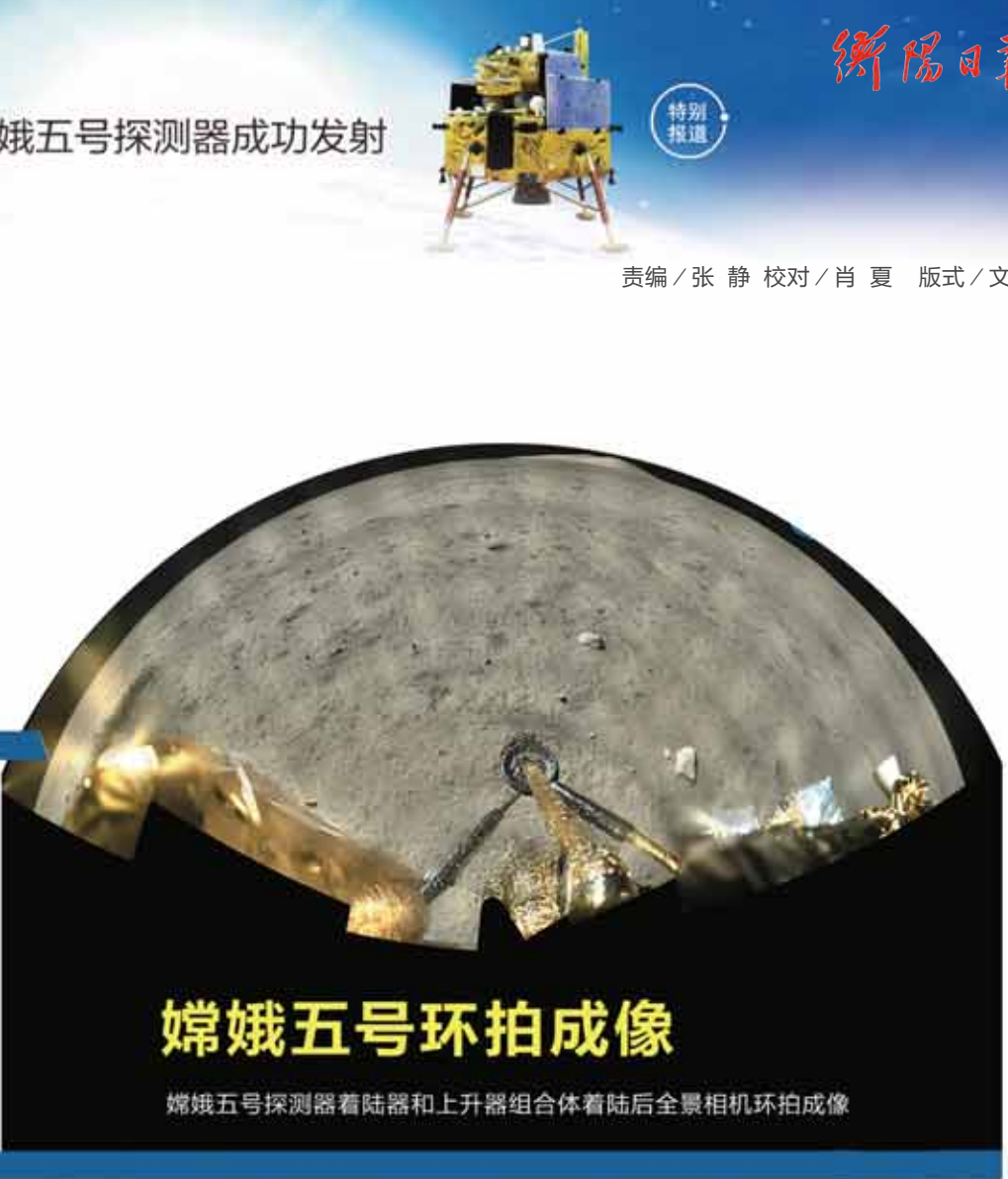
中央控制计算机是上升器在月面起飞时要用的“最强大脑”，星敏感器则能让

上升器通过“看星星”确定自己的姿态。这样的“合作”，是设计人员结合“上升器全程陪同着陆器”的实际想出的妙招，既节约了成本，又减轻了重量。

此外，当着陆器接近月面时，发动机激起的月尘容易让星敏感器“迷眼”，从

而影响后续上升器起飞。研制团队专门设计了一个盖子，可以在落月最后阶段把星敏感器的镜头盖起来，他们称之为“天黑请闭眼”。待落月之后月尘散去，再让星敏感器“睁眼”。

（综合新华网）



嫦娥五号环拍成像

嫦娥五号探测器着陆器和上升器组合体着陆后全景相机环拍成像

揭秘“打包神器”

如何将月球样品带回地球？中国航天科技集团有限公司五院510所（以下简称“航天510所”）3日披露，由该所研制的月球样品密封封装子系统安装在嫦娥五号探测器的最顶端，可实现将采集到的月球样品“打包”返回。

12月1日23时许成功着陆月面的嫦娥五号探测器，落月之后的采样封装并在采样封装之后成功返回地球，是中国探月工程第三阶段最为核心的标志性任务。

相比月面极高真空的环境，地球表面包裹着大气层，大气环境中不仅有气体成分，还漂浮着各种固体颗粒，如果月球样品接触到大气中的这些物质，就会造成污染，导致月球样品科研价值大打折扣。

如何将38万公里之外的月球土壤和岩石样品在无人条件下进行“打包”，并保证样品在返回地球的过程中不能有任何污染？月球样品密封封装子系统是能够自动承接、封装月球样品并具有密封功能的装置。

据航天510所介绍，该系统主要由主体框架、密封容器组件、盖体组件和开合机构组件组成，镂空的主体框架上分布着用于转移的棘齿和导向条，装置采用了钛合金和铝合金来保证结构强度和刚度，同时最大限度地减轻了重量。

该装置需要经历运载发射、地月转移、近月制动、环月飞行、着陆下降、月面工作、月面上升、交回对接、环月等待、月地转移、再入回收全任务流程，最终将采集到的月球样品送到科研人员手中。

在月面工作段，月球样品密封封装子系统运行先预先设定好的指令，首先解除盖体锁定，将装置容器口完全敞开，方便钻取及表取的月球样品的承接，待所有样品装入容器后，将盖体锁紧的同时进行高真空密封。

返回地面后，怎么将密封得如此严实的月球样品从装置中取出？航天510所研制的月球样品解封分装操作台，能够在真空环境下对返回地面后的月球采样封装装置进行解封，以及收集月球样品释放的稀有气体，最大限度保证月球样品尽可能少受地球外部环境的影响。



12月2日，嫦娥五号探测器在月球表面自动采样。

■新华社发

