

嫦娥五号探月任务特别报道之一

双“五”合璧 奔月取土踏征程

本报记者 刘 晓

11月24日，长征五号遥五运载火箭在晨曦之中轰鸣升空，将嫦娥五号探测器送往月球。中国探月工程“绕、落、回”三步走的收官之战，正式拉开帷幕。

嫦娥五号探月，既是一场38万公里地月往返的漫长马拉松，也是一场从发射、着陆到采样、返回的接力赛。作为中国航天领域迄今为止最复杂、难度最大的任务之一，嫦娥五号将创造诸多纪录，并带来自月球的“纪念品”——月壤。这对于中国开启月球与深空探测新征程、建设航天强国有着里程碑意义。

最难任务实现五个“首次”

对于月球，中国人的矢志探索未曾停歇。从2017年嫦娥一号绕月探测、为月球拍下“全身照”开始，中国已完成5次探月任务，实现了绕月探测、落月探测和巡视探测。

嫦娥五号的升空，则开启了中国探月工程“绕、落、回”三步走战略的冲刺之旅。作为探月工程三期的收官之战，嫦娥五号探测器将落月“挖土”，带上月壤样品返回地球，实现中国首次月球无人采样返回任务。

事实上，嫦娥五号的“首次”不只带回月壤。国家航天局探月与航天工程中心副主任、探月工程三期副总设计师、嫦娥五号任务新闻发言人裴照宇表示，嫦娥五号任务顺利完成将有望实现中国航天史上的5个“首次”：地外天体的采样与封装；地外天体的起飞；月球轨道交会对接；携带样品高速地球再入；样品的存储、分析和研究——这将成为中国航天技术的一次重大跨越，为进一步认识月球提供重要支撑。

与此同时，作为中国航天史上最复杂的任务之一，嫦娥五号在整个探月行程中将经历11个阶段、约23天的在轨飞行过程，采集约2千克月球样品返回地球。从任务的操作来看，一次探月飞行包括两次发射（地面发射与月面发射）、两次着陆（月面着陆与地球着陆）、两次封装（月面封装与月轨封装）、一次交会对接（月轨对接）。

“糖葫芦”探测器“组团”工作

要实施如此复杂的探月任务，嫦娥五号具备了一身本领。相较于嫦娥家族的4位“大姐姐”，嫦娥五号探测器虽然“年纪”小，但结构最复杂，吨位也是家族第一——探测器总重量达8.2吨，高度在7.2米左右，是今年中国航天发射的最重探测器。当然，这也对运载火箭提出了很高的要求，显示出长征五号遥五运载火箭的强大能力。

嫦娥五号的重量源于4个主要部件——上升器、着陆器、返回器和轨道器。相较而言，嫦娥一号和嫦娥二号仅有一个轨道器，而嫦娥三号与嫦娥四号则只有着陆器与巡视器（月球车）。

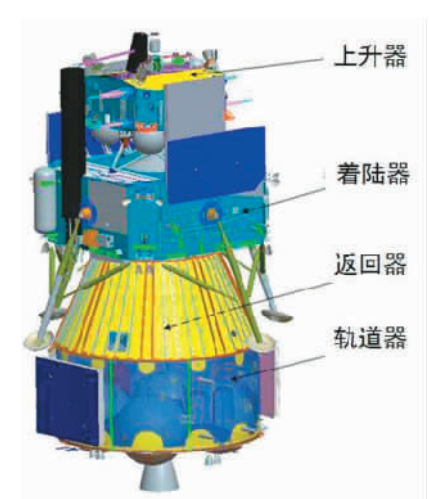
4个部件的主要任务各不相同。据专家介绍，上升器的作用是携带采集的样品，在月球表面起飞上升，将月球“纪念品”带回地球。着陆器则具备多重功能：降落时，携带上升器落在月球表面；降落后，通过钻取和表取两种方式，完成月球表面的采样和封装；随后，变身发射塔架，帮助上升器完成点火起飞。

火起飞。

在抵达月球和离开月球的过程中，嫦娥五号要完成地月轨道和月地轨道的转换。轨道器的作用就是承担在不同轨道上的飞行任务——嫦娥五号抵达月球后，轨道器要及时刹车制动，帮助探测器进入环绕月球轨道。此后，轨道器将与返回器一同在轨道上待命。当上升器携带样品起飞后，轨道器将帮助返回器完成交会对接和样品转移，随后在合适的时机进入月地转移轨道，“目送”返回器回到地球。

为了完成复杂的工作，嫦娥五号四大“神器”将“组团”接力作战。着陆器与上升器组成“着上组合体”，主要承担前期的登月采样任务；轨道器和返回器则组成“轨返组合体”，完成最后一棒的“冲刺”，将珍贵的月壤样品带到地球。

“这四器就像‘糖葫芦’一样，每一个都是单独的个体，放在一起还能组合。四器串在一起，则构成了一个完整的探测器。”航天科技集团五院嫦娥五号探测器系统副总设计师彭兢说。



嫦娥五号探测器示意图
图片来源：中国探月与深空探测网

边铲边钻“挖土”2千克

月球表面自动采样封装，是嫦娥五号探月任务中最令人关注的环节。这也是人类航天器时隔44年之后再度飞赴月球取壤。

专家表示，月壤蕴藏着巨大的科学研究价值，不仅涉及月球本身，还包含太阳系空间的物质和能量等重要信息。通过对月壤的研究，可以提供月球资源开发利用的重要信息，并为未来月球基地的选址提供科学依据。目前，已有不少国外科学家和航天机构提出，希望利用中国获得的月球样品开展研究。

上世纪六七十年代，美国和苏联先后实现了月球采样返回。美国通过6次

登月计划，将12名航天员送上月球的同时，带回了380多千克的月壤和月岩样品；苏联则在3次探月过程中，用无人采样的方式采集了300余克样品。

此次嫦娥五号设定了2千克的采集目标。裴照宇表示，经过论证，2千克数量上不算少，工程上可实现。“但作为对这次任务的考核，我们的目标是采样返回。采到样品返回地球，就是成功。”

据介绍，嫦娥五号主要采用了两种采样方式，即机械臂表取和钻具钻取。所谓表取，是用类似于人手的“铲子”采集月壤；钻取则可深入月球内部2米，钻取月壤岩芯。在两天的工作时间内，嫦娥五号的各种设备将采取深钻、浅钻以及“铲土”“挖土”“夹土”等方式采集足量月壤，并进行密封封装，将珍贵样本送回地球家园。

采取2千克样本看似简单，但却面临不少困难。一方面，全新研制的月面采样装置需要考虑飞行任务以及探测器的测控、光照条件、电源、热控等各种约束；另一方面，采样期间还要面临月面的高温工作环境以及地质情况等不确定因素——在白天，月球表面温度可达零下180摄氏度。

为了让采样物尽其用、获取更有价值的研究成果，嫦娥五号的降落点也很有讲究。专家介绍，着陆器将降落在月球正面西北部风暴洋地区，人类的探测器还未曾到访此处。科学家认为，这块区域形成的地质年代比较短，此前美苏采集的月球样品历史更早一些。因此，在风暴洋地区采样并分析其月壤的结构、物理特性、物质组成等，可以更完整地认识和了解月球的形成和演化过程，甚至有望揭示月球10多亿年以来的火山活动和陨石撞击历史。

交会对接完成“千里穿针”

完成月壤的采样和封装后，嫦娥五号的着陆器将点火起飞，把载满宝藏的上升器送回月球轨道。

月面起飞上升，这也是中国航天史上的第一次。从地球出发时，“嫦五”还可以乘坐“胖五”，沿着既定轨道奔月；但漫长的回家之路，没有平坦的起飞地、没有成熟完备的发射塔架，嫦娥五号只能靠自己的本事。

中国航天科技集团五院嫦娥五号探测器副总设计师阮剑华说，月球表面环境复杂，着陆器不一定是四平八稳的状态，很有可能落在斜坡上或者凸起、下凹等不同的地形上，这给起飞带来很大难度。此外，嫦娥五号还要克服地月环境差异、发动机羽流导流空间受限等难题。月面起飞时，航天器需要自主定位、定姿。

为了确保上升器顺利起飞上升，嫦娥五号研制团队进行了大量的试验验证，并建立了一整套环环相扣的系统保障措施，为嫦娥五号胜利迈出回家的一步保驾护航。

当上升器抵达月球轨道后，将与轨返组合体交会对接，把采集到的月壤转移到返回器，这也是此次探月任务的难点之一。

尽管中国的空间自主交会对接技术已经成熟，但过去的工作都是在地球轨道上进行的，有充足的地面站与人造卫星资源提供精准测距、定位、导航服务。在38万公里外的月球轨道上进行无人交会对接，在人类航天史上尚属首次——此前苏联实施的3次无人月球采返任务，均采用月面起飞后直接返回地球的方式。

彭兢介绍说，上升器和轨返组合体交会时，两个航天器的相对位置误差不能超过5厘米。上升器重量约为三四百千克，轨返组合体则重达近2000千克，如果采用一定速度的碰撞式对接，稍有误差就会把小的航天器撞飞。因此，科研人员设计了两个航天器在相对速度为零的状态下进行对接的方案，这对航天器的姿态、测控精度等提出了更高要求。

“打个水漂”从太空回家

在距离地球约5000公里时，返回器将同轨道器分离，独自踏上回家之路。经历惯性滑行、地球大气再入、回收着陆三个阶段，最终平稳安全地降落在预定地点——内蒙古四子王旗着陆场。

在再入和回收阶段，担任探月接力任务“最后一棒”的返回器，将以接近每秒11公里的第二宇宙速度，从38万公里远的距离向地球飞奔而来。与之相比，从数百公里高的近地轨道返回的航天器，其速度大多为每秒8公里的第一宇宙速度。每秒3公里差距看似不大，但返回器一旦速度过猛，一头撞向地球，后果不堪设想。

为了让返回器减速飞行，嫦娥五号的科研人员提出了“半弹道跳跃式”再入返回技术方案。用更形象的比喻来说，就如同在太空中打水漂一样，让返回器先高速进入大气层，再借助大气层提供的升力跃出大气层，随后再以第一宇宙速度“扎入”大气层，返回地面。

在太空中打水漂看似潇洒，实际上对返回器落点的控制并不容易。为了验证这一技术，中国在2014年进行了再入返回飞行试验，为嫦娥五号探路的“嫦娥五T”平安返回地球，验证了再入技术的可靠性。此次试验也让中国成为第三个成功实施航天器从月球轨道重返地面的国家。

嫦娥五号

2020年11月24日，长征五号遥五运载火箭成功发射嫦娥五号探测器，火箭飞行约2200秒后，顺利将探测器送入预定轨道，开启我国首次地外天体采样返回之旅。

嫦娥四号

2018年12月8日，长征三号乙遥三十火箭将嫦娥四号探测器送入预定轨道。2019年1月3日，人类首个在月球背面软着陆的探测器嫦娥四号稳稳降落在月球南极—艾特肯盆地冯·卡门撞击坑，至今仍正在进行对月球的探测和研究。

再入返回试验器

2014年10月24日，我国自行研制的探月工程三期再入返回飞行试验器，在西昌卫星发射中心用长征三号丙遥十二火箭发射升空，准确进入近地点高度为209公里、远地点高度41.3万公里的地月转移轨道。2014年11月1日，为嫦娥五号探路的再入返回试验器“嫦娥5T”按既定方案平安着陆。

嫦娥三号

2013年12月2日，携带中国第一辆月球车的嫦娥三号探测器，用长征三号乙遥二十三火箭成功发射升空，标志着探月工程第二步进入实施阶段。2013年12月14日，嫦娥三号探测器成功落月，实现我国航天器首次地外天体软着陆，并开展巡视勘察和科学探测。

嫦娥二号

2010年10月1日，长征三号丙遥七火箭，将嫦娥二号卫星送入地月转移轨道，刷新了中国探月工程新高度，这也是我国火箭首次将卫星直接送入地月转移轨道。

嫦娥一号

2007年10月24日，长征三号甲遥十四火箭，将嫦娥一号卫星送入预定轨道，拉开了中国人探索月球的大幕，首次实现零窗口发射；2008年11月12日，嫦娥一号拍摄的全月球影像图发布；2009年3月1日，嫦娥一号卫星按预定计划受控撞月，为探月工程一期——“绕月探测”任务画上了圆满的句号。

「嫦娥」奔月之路



长征五号遥五运载火箭发射升空。
新华社记者 潘晓旭摄

制图：刘晓
资料来源：新华社等