

## 登月之旅对航天技术是全新的巨大考验

## 载人登月，要过几道关

根据规划，我国将在2030年前实现中国人首次登陆月球。

自立项以来，我国载人登月任务各项研制工作总体进展顺利。新一代载人飞船“梦舟”零高度逃逸飞行试验顺利完成，揽月月面着陆器着陆起飞综合验证试验取得圆满成功，目前，各系统研制建设都在按计划有序推进。中国人登月的梦想正在一步步照进现实。

载人登月，要过几道关？



我国在酒泉卫星发射中心成功组织实施“梦舟”载人飞船零高度逃逸飞行试验。

## 第一道关——飞向月球

飞到38万公里之外的月球，火箭得大，飞船也需要拥有更强的轨道机动能力

“小时不识月，呼作白玉盘。”仰望夜空，这轮皎洁明月是地球唯一一颗天然卫星，地月平均距离大约为38万公里。

月球的独特性在于与地球关系密切，揭示月球奥秘对研究地球自身和宇宙起源有极大帮助。月球上没有大气层、磁场微弱、没有光污染，也是进行外太空科学观测的天然“实验室”，更是探索火星等更远星球的最佳中转站。

重大航天工程能够充分激发科技创新，有效牵引技术进步，造福国计民生。有人测算过，航天工程投入产出比是1:15，投入1元，产出15元。不论是空间站建设还是探月工程、北斗工程等，都带动了大量尖端工艺、先进材料、智能制造等产业崛起，成果广泛应用于各行各业。

人类飞出地球、奔赴月球，“远”是首要挑战。选择什么路线飞、分哪几个阶段飞，考验着勇气与智慧。

我国载人登月的主要飞行过程是：

采用两枚运载火箭分别将月面着陆器和载人飞船送至地月转移轨道；

飞船和月面着陆器在环月轨道交会对接，航天员从飞船进入月面着陆器；

月面着陆器将制动下降并着陆于月面预定区域，航天员登陆月球开展科学考察与样品采集；

完成既定任务后，航天员将乘坐着陆器上升至环月轨道与飞船交会对接，并携带样品乘坐飞船返回地球。

目标明确，路线清晰，充满挑战。

首先，运载能力得强，火箭得大。

就像驾驶汽车行驶到不同地点，因为距离不同，消耗的燃料不同。飞到400公里的近地轨道和飞到38万公里的月球相比，火箭的动力系统截然不同。经科学论证，瞄准地月转移轨道，我国火箭发射载荷的能力应不小于27吨。

盘点我国现役主力火箭家族，虽功勋卓著，却难以担此重任。即便是现役最大推力火箭，其地月转移轨道运载能力约8吨，距离载人登月所需的27吨级能力，仍存在差距。研制具备大质量深空轨道投送能力的全新火箭平台成为必然选择。

长征十号系列运载火箭应运而生。

“这型火箭不仅运载能力大，还具有高可靠、高安全、智慧化的特征。”中国航天科技集团钱航说，载人登月任务周期长、环境极端、不可逆环节多。确保登月航天员生命安全和任务成功，要求火箭具备远高于一般火箭的可靠性与故障应对能力。同时，两枚长征十号运载火箭需按设计时序先后发射，将各自载荷精准送入预定的地月转移轨道，确保后续环月交会对接的可行性与效率，这就要求火箭具备极高的人轨精度和发射窗口灵活性。

此外，还要兼顾多任务构型适应性。火箭研制不易，为实现“一型多用”，长征十号运载火箭实行两种构型设计，既有登月型，也有近地型。

据了解，长征十号运载火箭研制计划正在稳步推进中，新的“天梯”即将搭建。

火箭变了，飞船也得变。

既要承受住新一代火箭的巨大推力、拥有更强的轨道机动能力，又要提供更大更舒适的舱内环境、更全面的生命保障能力，新一代载人飞船“梦舟”被寄予厚望。

中国航天科技集团田林说，“梦舟”载人飞船可搭载最多7名航天员进入近地轨道，既能支撑载人登月任务，也能支撑近地空间站任务。“与神舟飞船发射中‘火箭负责逃逸、飞船负责救生’的模式不同，‘梦舟’接到火箭逃逸指令后自己负责逃逸和救生，承担逃逸系统抓总职能。一旦发生紧急故障，‘梦舟’能将载有航天员的飞船返回舱及时带离危险区域，并确保航天员安全返回地面。”

今年6月，我国在酒泉卫星发射中心成功组织实施“梦舟”载人飞船零高度逃逸飞行试验，为载人登月任务的安全再添一层保障。



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。

## 第二道关——登陆月球

面对月球极端高低温、高真空和复杂地形环境，航天员面临许多未知的挑战

新一代载人飞船命名为“梦舟”，月面着陆器命名为“揽月”，登月服取名为“望宇”，载人月球车被称作“探索”，中国载人登月任务命名体现了传统文化与航天精神的融合。

按计划，当“梦舟”载人飞船和揽月月面着陆器交会对接后，两名航天员进入“揽月”，准备登月着陆；另外一名航天员则留守“梦舟”，沿环月轨道飞行，以备接应。

接下来的重点，就是“揽月”如何顺利降落月面。

田林说：“‘揽月’携带探索月球车和科学载荷，是航天员登陆月球后的月面生活中心、能源中心及数据中心，能支持开展月面驻留和月面活动。它的月面下降着陆过程，以及月面任务完成从月面起飞回到环月轨道的过程，可以说是登月最关键的环节。”

今年8月6日，在河北省怀来县的地外天体着陆试验场，揽月月面着陆器着陆起飞综合验证试验圆满完成，主要验证的就是这“一下一上”的关键核心技术。



中国登月服外观。

中国航天科技集团孙兴亮介绍，在试验中，揽月月面着陆器需要模拟着陆过程，利用先进的设备，凭借自主避障算法实时感知月面陨石和月坑，灵活调整下降轨迹，确保安全着陆。“尤其，试验场的塔架和随动圆盘以及多根钢缆通过相互配合，可以模拟月球的低重力环境，并能精确跟踪着陆器的飞行轨迹。地面还铺设了特殊材料，形成坑或坡的形状，用于模拟月表环境。”

当“揽月”稳稳着陆，一切准备就绪，身着“望宇”登月服的航天员，将从“揽月”下来，迈出登陆月球的第一步。

田林表示，通常，航天员在月球上有两种移动方式。“步行或者乘坐载人月球车，在到达预定的作业点后，停留、采样、放置探测仪器等。”

尽管会在地面模拟的月球环境开展大量试验，验证“月球漫步”的安全，但面对月球极端高低温、高真空和复杂地形环境，航天员面临许多未知的挑战。比如，月表月壤实际厚度不均，可能藏有绊倒人的暗坑；月尘扬起，可能阻碍前行视线；月球缺乏大气保护层，随时可能面临微流星的袭击。

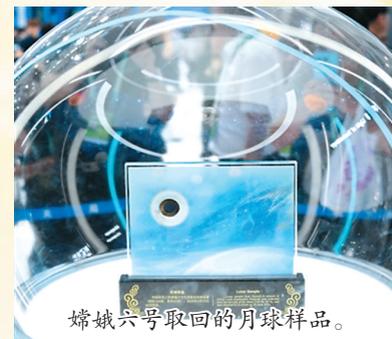
“我们将穷尽一切技术手段，提前做好应急预案，保护航天员的安全，走得出去，更要回得来。”田林说。

目前，“望宇”登月服、探索载人月球车等都在紧锣密鼓地开展研制试验。

## 第三道关——返回地球

从月球返回、高速飞行的飞船想要精准降落地球，需经历太空“打水漂”

安全登月，更要安全返回地球。



嫦娥六号取回的月球样品。

按照设计方案，当完成登月任务，两名航天员返回“揽月”，从月面上升至环月轨道，与搭载另外一名航天员飞行等待的“梦舟”实现第二次交会对接。“揽月”里的两名航天员进入“梦舟”，三名航天员搭载“梦舟”与“揽月”分离后，返回地球。

接下来，就是充满挑战的“回家”路。

航天员携带月球样品，乘坐“梦舟”实现月球加速，脱离环月轨道，进入月地转移轨道，瞄准飞入地球的最佳时机。

高速再入中的热防护，是一重考验。当返回舱穿越地球大气层时，因高速飞行，会和大气产生剧烈摩擦，从而产生大量的热。从月球返回地球，由于初始再入速度更快，将会产生更加剧烈的高温。

“科研人员始终坚持一个信念，要做好飞船的热防护，航天员的生命安全永远放在第一位。”田林说。

精准飞行，是更严峻的考验。载人登月任务中，从月球返回、高速飞行的“梦舟”，精准降落地球，也要经历像嫦娥六号返回地球经历的“打水漂”过程。

所谓“打水漂”，就是返回途中，“梦舟”第一次进入地球大气层，实施初次气动减速，下降至预定高度后跳出大气层，到达最高点后开始滑行下降。之后，“梦舟”再次进入大气层，实施二次气动减速。这一过程俗称“太空打水漂”，标准术语为“半弹道跳跃式返回”。

为何要“太空打水漂”式返回？

科研人员介绍，“梦舟”从月球飞向地球速度非常快，返回过程必须减速。这样设计，目的是充分利用长达数千公里航程中的大气层阻力逐步消耗“梦舟”的初始能量，使其再次穿出大气层时速度显著下降，不再具备环绕地球飞行的条件，从而第二次进入大气层。

为实现这一目标，科研人员正在抓紧开展模拟飞行仿真，研制更加智慧的制导导航和控制系统，确保“梦舟”飞行收放自如、平稳安全。

中国载人登月的大幕已经拉开。提升对月球认知，积累技术经验，探月工程前期成果为载人登月提供有力支撑。一系列关键技术陆续突破，为我国2030年前实现载人登月奠定了坚实基础。

载人登月将开启中国新的航天探索旅程。后续，我国还将探索建造月球科研试验设施，开展系统、连续的月球探测和相关技术试验验证。

梦圆登月，值得期待。

（刘诗瑶 据《人民日报》）