

科技视点

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

《人民日报》记者 刘诗瑶

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。



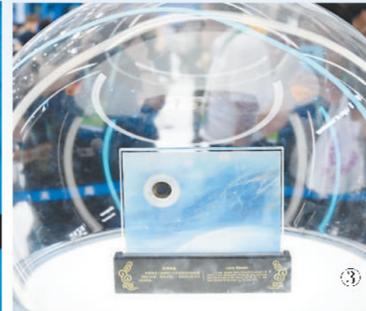
载人登月，要过几道关？记者采访了有关专家。

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。

“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翔下降。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”。

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，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学创新，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、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；
月面着陆器将制动力下降并着陆于月面预定区域，航天员登月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告诉记者，“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

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’携带探月月球车和科学载荷，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索通过相互配合，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。
田林告诉记者，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。

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。
(转自《人民日报》)

田林说：“‘揽月’携带探月月球车和科学载荷，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。”

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。
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，进入地月转移轨道，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

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。
(转自《人民日报》)

田林说：“‘揽月’携带探月月球车和科学载荷，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。”

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。

田林说：“‘揽月’携带探月月球车和科学载荷，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。”

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。
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，进入地月转移轨道，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。

我国载人登月主要飞行过程

我国计划在2030年前实现载人登月月球开展科学探索。后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

第一步 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

第二步 月面着陆器将制动力下降并着陆于月面预定区域，航天员登月开展科学考察与样品采集

第三步 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

目前

- 揽月月面着陆器着陆起飞综合验证试验取得圆满成功
- 新一代载人飞船“梦舟”零高度逃逸飞行试验顺利完成
- 各系统研制建设按计划有序推进
- 我国第四批预备航天员开始训练，未来将承担载人登月任务

共有10名预备航天员最终入选，其中8名航天员驾驶员，2名载荷专家（分别来自香港和澳门地区）

图①：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。

图②：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。



图③：嫦娥六号取回的月球样品。

图④：揽月月面着陆器在地外天体着陆试验场进行测试。

图⑤：中国登月服外观。

链接·中国探月工程

中国探月工程初期规划为绕、落、回三期。
绕(一期)：实现环绕月球探测。
落(二期)：实现月面软着陆和自动巡视勘察。
回(三期)：实现无人采样返回。探月工程四期目标是，实现月球背面软着陆及采样返回，规划建设月球科研站基本型，开展月球环境探测等任务。

新知

在全球气候变化大背景下，北方地区出现了暖湿趋势，但要说北方气候已经变得“南方化”“暖湿化”还为时过早，仍需进一步研究

北方的气候『南方化』了吗

朱定真

今年北方地区进入汛期后，华北、东北、西北地区的降雨多、频次高。下的雨也多是像南方出现的雨，往往伴随高温、高湿，同时雨势大、时间长。随着全球气候变暖不断发展，北方的气候开始变得“南方化”了吗？

气象部门的监测显示，今年7月以来，我国北方地区出现多轮强降水过程，降雨落区高度重叠。其中，7月23日至29日，青海、甘肃、内蒙古、京津冀、东北地区等地的部分地区出现暴雨到大暴雨，河北、北京等地局地出现特大暴雨。由于降水时间长、局地雨强大、累计降水量大，部分国家级气象观测站点出现打破历史纪录的极端强降水。数据显示，7月以来（截至8月5日），我国发生暴雨过程13次，较常年同期偏多5次。

近期，北方反复出现强降水过程与大气环流异常有直接关系，而西太平洋副热带高压（以下简称“副热带高压”）的异常是最为重要和直接的因素。今年的华北雨季于7月5日正式开启，与常年平均开启日期7月18日相比提前了近半个月，为1961年以来最早。副热带高压脊线（代表副热带高压南北向整体位置）位置到达历史同期最北，同时，副热带高压本身相对稳定，势力又偏强，有利于暖湿气流沿副热带高压外围源源不断输送到北方。而副热带高压西部和北部边缘偏南暖湿急流强、大气不稳定性高，形成有利于强降雨的水汽和热力环境条件，一旦与南下的冷空气在北方地区交汇，就会形成持续时间长、降水强度大的降雨。与此同时，在副热带高压北部边缘的西风带短波槽等天气系统活动较为频繁。上述因素叠加，导致华北、内蒙古等地降水异常偏多。

下雨时人们感到又闷又湿，是因为北方地区下起了暖区暴雨，而暖区暴雨一般多出现在南方。暖区，是指不受明显冷空气或锋面直接影响，由暖湿气流主导的区域，发生在暖区的强降水天气被称为暖区暴雨。今年副热带高压提前北抬，将南方的暖区暴雨带到了北方。

副热带高压提前北抬，是北方气候暖湿加重导致的吗？今年副热带高压提前北抬的原因较为复杂，但是气候学界明确认为，全球变暖与副热带高压的偏北移动存在密切关系。学界认为，赤道地区气流上升后向两极流动，由于地转偏向力的作用，在副热带下沉支（被称为“哈德莱环流”）形成副热带高压系统。全球气候变暖导致热带对流层增暖更显著，气流上升变得强劲，哈德莱环流就会向极地方向更远的地区“飘去”，推动了副热带高压向北移。这是学界推测的原因之一，具体原因还需要考虑副热带高压的动力学机制及海陆热力差异、区域气候（包括区域季风变化）影响等。因此，可以说，在全球气候变化大背景下，北方地区出现了暖湿趋势，但要说北方气候已经变得“南方化”“暖湿化”还为时过早，仍需进一步研究。

当前，全球气候变暖不断加剧，极端气候事件变得更为频繁、更为剧烈，并造成严重的损失。世界气象组织发布的一份报告显示，与天气、气候或水患有关的灾害数量在50年间增加了5倍。我国是全球气候变化的敏感区和影响显著区，增暖速率高于同期全球平均水平，极端天气气候事件增多、超强。2024年，中国气候风险指数为1961年以来最高，其中雨涝风险和高温风险尤为突出。

极端天气气候事件是指天气（气候）的状态严重偏离其平均态，在统计意义上属于不易发生的事件，包括极端高温、持续性干旱、强降水、暴风雪、超强热带气旋等。极端天气气候事件变得常态化发生，这对于我国尤其是生态较为脆弱的北方地区来说，意味着需要面对更加频繁、突发性、跨地域、反季节、难预测、复合性破坏等风险。

从应对措施来看，当前紧迫的是面对每一次极端天气过程，必须贯彻政府主导、预警先行、部门联动、社会参与的气象防灾减灾工作机制。首先要做好风险普查、风险动态监测、预报、预警；其次要做好重点防御地点应急准备、防灾减损培训和演练，科普相关知识；还要努力减少人员、财产在风险下的暴露度，预警发出后，及时转移影响区人员，公众在野外要避开高风险地区，并减少外出。

研究认为，现代极端气候事件是自然变率与人类活动共同作用的结果。从可持续发展角度来看，应对气候变化，全社会需要积极落实减缓和适应措施，两者并重，建设气候适应型社会，促进人与自然和谐共生，最大程度降低风险。联合国发起了全民早期预警倡议，旨在确保到2027年，地球上的每个人都能受到早期预警系统保护，免遭灾害性天气、水或气候事件的侵害。我国气象早期预警方案已经走向全世界，帮助多国应对气候变化。未来，仍需要不断完善以气象预警为先导、部门协同的应急联动机制，让气象早期预警系统更有效地保护每个人，尽力避免极端天气气候事件的影响。

（作者为中国气象局气象宣传与科普中心特聘专家，《人民日报》记者李红梅采访整理 转自《人民日报》）