

不久前，美国“阿耳忒弥斯2号”载人绕月飞行任务顺利收官，再度引发全球对月球探测的关注。当前，已有多个国家和机构布局月球探测，全球掀起新一轮探月热潮。许多人关心，中国探月工程近年来取得了哪些新进展？我们距离实现载人登月的目标，还有多远？

中国探月何以连战连捷

2004年初，国务院批准绕月探测工程立项实施，将其命名为“嫦娥工程”。

作为探月工程的主要倡导者、组织者和领导者，探月工程首任总指挥栾恩杰提出我国月球探测“探、登、驻（住）”三大步和“绕、落、回”三小步的技术发展路线。“绕、落、回”等探月步骤，属于“探、登、驻”这更为宏伟的三大步骤中的第一步。

“基于上世纪末、本世纪初我国的经济条件和技术能力，我们反复梳理、分析了当时现有的资源和能力，在多次权衡利弊之后，最终确定以‘探’为主攻方向，分‘绕、落、回’三步实施，突破无人探测基本技术。”栾恩杰介绍，每一步之间，前一步是后一步的基础，后一步是前一步的跨越。每次的任务安排，要承前启后，尽可能用好前一次的成果，为后一次任务开展验证。

“绕”为探月工程一期，主要任务是研制和发射月球探测卫星，突破绕月探测关键技术，对月球地形地貌、部分元素及物质成分、月壤特性、地月空间环境等进行全球性、整体性与综合性的探测，并初步建立我国月球探测航天工程系统。

“落”为探月工程二期，主要任务是突破月球软着陆、月面巡视勘察、深空测控通讯与遥控操作等关键技术，研制和发射月球软着陆探测器及巡视探测器，实现月球软着陆和巡视探测，对着陆区地形地貌、地质构造和物质成分等进行探测，并开展月基天文观测。

“回”为探月工程三期，主要任务是突破采样返回探测器小型采样返回舱、月表钻岩机、月表采样器、机器人操作臂等技术，采集关键性样品返回地球。

后来的实践证明，这条技术路线十分正确——

2007年，嫦娥一号绕月探测成功，圆满完成了第一步“绕”的任务；

2010年，嫦娥二号获得当时国际最高7米分辨率全月影像图；

2013年，嫦娥三号成功落月并开展月面巡视勘察，实现我国首次对地外天体的软着陆直接探测；

2019年，嫦娥四号首次实现人类航天器在月球背面软着陆和巡视探测，月球背面与地球的中继通信；

2020年，嫦娥五号首次实现我国地外天体采样返回；

2024年，嫦娥六号实现人类首次月球背面采样返回……

探月工程连战连捷，“绕、落、回”三步走规划圆满收官。

栾恩杰表示，这条路线在立足降

低风险和提高工程可靠性的同时，也在各系统的适应性改进中大力推进了集成创新和原始创新，使中国突破并掌握了一大批具有自主知识产权的核心技术和关键技术，把深空探测的主动权牢牢地掌握在自己手里。

从绕月“刹车”到月背“挖土”

“绕起来了，绕起来了！”

2007年10月24日，嫦娥一号在西昌卫星发射中心腾空。11月5日，嫦娥一号到达月球附近，实施近月点“刹车”。几分钟后，屏幕上显示嫦娥一号已经被月球引力精准捕获，绕月成功。这是中国探月零的突破，也是继人造地球卫星、载人航天飞行后，我国航天发展史上的第三个里程碑。

“从嫦娥一号飞向月球的那一刻起，我就知道，飞向月球的大门一经打开，深空探测的脚步就不会停止。”探月工程首任总设计师孙家栋院士说。

作为嫦娥一号的备份星，嫦娥二号于月面软着陆积累了经验，创造了我国航天乃至国际航天的多个“第一”：国际首次从月球轨道出发探测拉格朗日点，我国首次开展拉格朗日点转移轨道和使轨道的设计和控，国际上首次获得7米分辨率的全月球影像图……

落月，是嫦娥三号任务中的重要一环。月球表面没有大气，无法利用气动减速的方法着陆。科研人员采用变推力推进系统，设计出7500牛变推力发动机，破解了着陆减速的难题。应对月面环境不确定，科研人员创新研制出着陆缓冲系统，保障嫦娥三号顺利踏上月宫。

着陆月背，如何实现月背和地面通信，是嫦娥四号任务的关键难题。怎么办？嫦娥四号任务团队研制并发射了一颗中继卫星，运行在地月之间，为月背的着陆器和巡视器与地球之间搭建了通信桥梁。

嫦娥五号探测器拥有“往返票”：在完成样品采集后，还需将月球样品带回地球。23天时间完成11个重大阶段的工作，科研人员迎难而上，创造了在地外天体的采样与封装等5项“中国首次”。

嫦娥六号原本是嫦娥五号的备份。嫦娥五号任务成功后，嫦娥六号被赋予了新的使命——前往月球背面南极—艾特肯盆地，进行科学探测和样本采集等工作。最终，嫦娥六号顺利完成了人类历史上首次月球背面采样，突破了多项关键技术，是我国建设航天强国、科技强国取得的又一标志性成果，是我国探月工程的重要里程碑。

我国探月工程实施之前，人类100多次月球探测活动，成功的只有一半左右。嫦娥工程自2004年立项，

叩问苍穹（下）

从无人探月到载人登月——

中国探月，行得稳走得准

本报记者
王美华

20多年来，中国探月工程始终坚持一体化研究论证，一条龙攻关攻坚，一张蓝图绘到底，嫦娥一号、嫦娥二号、嫦娥三号、再入返回飞行试验、嫦娥四号、嫦娥五号、嫦娥六号连战连捷，如期圆满实现“绕、落、回”三步走战略目标，取得一系列标志性成果，有力提升了国家科技创新能力，深化了人类对月球和太阳系的认知，为推动世界航天事业发展贡献了中国智慧、中国方案、中国力量。

嫦娥七号下半年将择机发射

中国探月工程“绕、落、回”三步走已圆满收官，但月球探索的步伐从未停歇。

2021年12月，中国探月工程四期获批实施，包含嫦娥六号、嫦娥七号和嫦娥八号任务。当前，嫦娥六号任务已圆满完成，备受瞩目的嫦娥七号任务计划于2026年奔赴月球南极，寻找人类深空探索的关键资源——水冰。

据中国载人航天工程办公室消息，截至今年4月9日晚，执行嫦娥七号任务的探测器已通过空陆联运方式全部安全运抵文昌航天发射场，任

务计划于今年下半年择机发射。

嫦娥七号任务的目标是突破高精度月面软着陆、腿式行走、月面飞跃及月面永久阴影坑探测等关键技术，通过绕、落、巡、飞跃等综合探测方式，对月球南极环境与资源进行勘查，同时开展广泛的国际合作。

据介绍，嫦娥七号探测器采用“四器一星”组合模式，包含轨道器、着陆器、巡视器、飞跃器以及中继卫星，将勘察月球南极月表环境、月壤水冰等，开展月球形貌、成分和构造的高精度探测与研究。其中，飞跃器将配备水分子分析仪，从月球南极的阳光照射区飞到永久阴影区内的撞击坑底部进行探测，以确定水冰的位置、数量和分布情况。

针对月球南极山多坑多起伏大的复杂地形以及温度低、温差大的恶劣环境，嫦娥七号探测器突破了多项关键技术，如着陆器新增路标图像导航手段；飞跃器突破主动式着陆缓冲技术，可实现不同坡度下的可靠、重复着陆，还可以通过腿足规划与关节驱动来实现整器的移动等。

为何将目标锁定在月球南极？

专家分析，月球南极地区分布着大量因太阳高度角极低而形成的永久阴影区，这些陨石坑内部温度长期保持在极低水平，被认为是太阳系中最有效的水分子“冷阱”，水冰可在其中稳定封存数十亿年。与此同时，附近的一些高地又拥有近乎连续的日照，可为探测器乃至未来的人类设施提供稳定的太阳能电力。这一“冰”与“光”的奇特共存，使得月球南极成为资源勘探和长期驻留的理想首选地。

发现并确定水冰资源，具有重大的战略价值——它既是生命支持所需的水和氧气的来源，又可被分解为火箭燃料，使月球成为通往深空的“太空加油站”。如果能就地取材，将改变人类航天依赖地球补给的模式，为构建可持续的月球基地和迈向火星等更远的空间提供关键支撑。

载人登月研制工作稳步推进

根据规划，中国将在2030年前实现中国人首次登陆月球。其后，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。

中国人登月的主要飞行过程分为三步：首先，采用两枚运载火箭分别将月面着陆器（“揽月”）和载人飞船（“梦舟”）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；接着，月面着陆器将制动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。

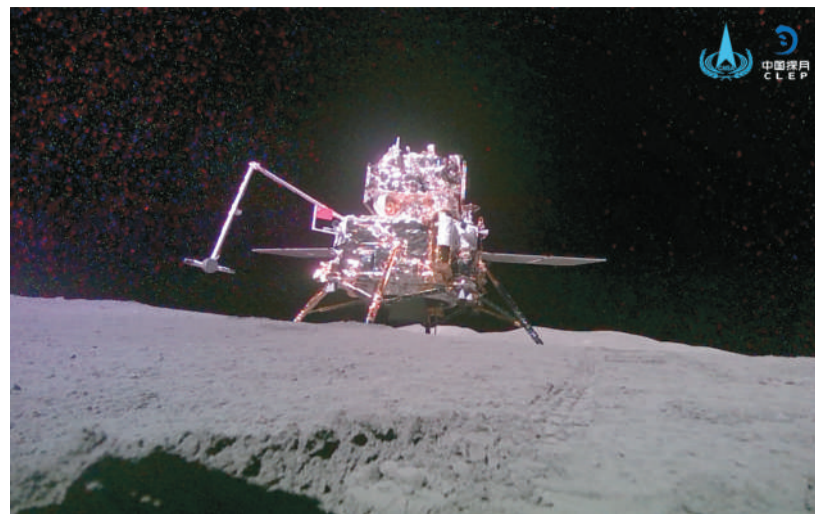
目前，在核心装备研制方面，“长征十号”运载火箭已完成系留点火及首次低空演示验证飞行；“梦舟”载人飞船成功实施了国内首次最大动压逃逸飞行试验，核心救生能力得到有效验证；“揽月”月面着陆器也已完成着陆起飞综合验证，动力系统功能获得确认。接下来仍需攻克月球精确着陆与起飞、返回再入极端热防护、深空高效生命保障以及远程自主交会对接等一系列高难度挑战，但整体技术路线图清晰，研制工作正稳步推进。

在推进载人登月任务的同时，我国还规划了更为长远的月球探测目标——建设国际月球科研站。

中国工程院院士、中国探月工程总设计师吴伟仁介绍，国际月球科研站是由中国倡议发起、多国共同参与的综合性科研设施，部署于月球表面及月球轨道，秉持“和平利用、平等互利、共同发展”的宗旨。根据规划，该科研站长期自主运行、短期有人参与，是可扩展、可维护的综合性科学实验平台，具备地月往返、能源供应、中枢控制、通信导航、月面科考及地面支持等能力，能持续开展科学探测研究、资源开发利用与前沿技术验证等多学科、多目标的综合科学活动。

吴伟仁介绍，根据计划，我国将于2035年前建成科研站基本型，并于2045年前建成拓展型。目前，作为基本型重要组成部分的嫦娥七号与嫦娥八号任务研制进展顺利，为国际月球科研站的建设奠定了良好开局。

中国秉持“共商、共建、共享”理念，已吸引多个国家、国际组织和科研机构加入。在具体实践中，将以嫦娥任务为合作旗舰；嫦娥七号将搭载来自多个国家的国际载荷；嫦娥八号面向全球开放200千克载荷资源，并已遴选出多国合作项目。同时，通过召开国际开发者大会、牵头成立学术组织等方式，中国正积极搭建合作平台，凝聚全球智慧，推动深空探测领域的共同发展。



2024年6月3日，嫦娥六号携带的“移动相机”自主移动后拍摄并回传的照片，展示了着陆器和上升器合影。国家航天局供图（新华社发）



2024年3月20日8时31分，探月工程四期鹊桥二号中继星由长征八号遥三运载火箭在中国文昌航天发射场成功发射升空。

鹊桥二号中继星是探月四期后续工程的“关键一环”，旨在为嫦娥四号、嫦娥六号等任务提供地月间中继通信。张茂摄（人民视觉）

延伸阅读

“嫦娥工程”大事记

（2004年1月—2024年6月）

2004年1月23日，国务院正式批准绕月探测工程立项，标志着中国探月工程正式启动。

2004年2月25日，绕月探测工程领导小组第一次会议召开，将工程命名为“嫦娥工程”。

2007年10月24日，嫦娥一号成功发射，开启中国首次月球探测任务。

2007年11月5日，嫦娥一号成功实施近月制动，被月球引力捕获，顺利进入环月轨道，标志着中国首次绕月探测任务圆满成功。

2008年11月12日，嫦娥一号拍摄的全月球影像图发布，分辨率达到120米，是当时世界上公开发布精度最高的全月图。

2009年3月1日，嫦娥一号受控撞月，一期任务圆满收官。

2010年10月1日，嫦娥二号成功发射，开启二期序幕。

2011年4月1日，嫦娥二号半年设计寿命期满，既定的六大工程目标和四大科学探测任务圆满完成。完成预定任务后，嫦娥二号先飞到距离地球150万公里外的日地拉格朗日L2点探测，接着飞到距离地球700万公里外，与图塔蒂斯小行星擦肩而过，继而飞向更遥远的太空，创造了中国航天器最远飞行记录。

2013年12月2日，嫦娥三号探测器携中国首辆月球车“玉兔号”发射升空。

2013年12月14日，嫦娥三号成功软着陆于月球虹湾地区，中国成为全球第三个实现地外天体软着陆和巡视勘察的国家。

2013年12月15日，“玉兔号”月球车驶离着陆器踏上月面，轧下了“中国探月”的第一道车辙，标志着“绕、落、回”三步走中“落”的关键一步圆满

成功。

2014年10月24日，探月工程三期再入返回飞行试验器从地球出发，成功绕月后，11月1日，返回器以半弹道跳跃方式再入地球大气层，安全精确着陆，为嫦娥五号任务奠定了坚实技术基础。

2018年5月21日，为嫦娥四号探路的“鹊桥”中继星发射成功，在地月L2点建立通信桥梁。

2018年12月8日，嫦娥四号探测器发射升空，目标月球背面。

2019年1月3日，嫦娥四号探测器成功着陆于月球背面南极—艾特肯盆地内的冯·卡门撞击坑，实现人类探测器首次月背软着陆。“玉兔二号”月球车随即踏上月背，成为人类历史上首个在月背留下足迹的月球车。

2020年11月24日，嫦娥五号发射，执行中国首次地外天体采样返回任务。

2020年12月17日，嫦娥五号返回器携带约1731克月壤样本安全着陆，实现我国首次地外天体采样返回。至此，中国探月工程“绕、落、回”三步走战略圆满收官。

2024年5月3日，嫦娥六号发射，执行世界首次月球背面采样任务。

2024年6月2日，嫦娥六号成功软着陆于月球背面南极—艾特肯盆地预选区域。

2024年6月4日，嫦娥六号完成月背自动采样与封装，上升器从月背起飞。

2024年6月25日，嫦娥六号返回器携带1935.3克月球背面样本返回地球，成功实现人类历史上首次月球背面采样返回。

（本报记者 王美华整理）

延伸阅读

人类两次探月热潮

截至目前，国际上共有两次月球探测热潮。

20世纪50至70年代，美国苏联展开了一场以月球探测为中心的空间科学技术竞赛，掀起第一次探月热潮。美国共发射7个系列54个探测器，苏联共发射4个系列64个月球探测器。这些探测器或逼近或登陆月球，取得了丰硕成果。1969年7月，美国“阿波罗11号”飞船实现人类登月梦。苏联在载人登月竞赛中输给了美国，但成功地实施了月球车和无人采样返回任务。随着美国登月成功、政治目标达成后，由于耗资巨大且缺乏持续的科学与经济动力，探月活动迅速陷入沉寂。

1989年，美国宣布将在21世纪第一个十年内重返月球，就此拉开了重返月球的序幕。全球

开始第二轮月球探测热潮，更多的国家和组织开展了月球探测，日本、欧洲、中国、印度等国为月球探测俱乐部成员。韩国等国也跃跃欲试，提出月球探测计划。月球探测逐步演变为多国并行推进的态势。

在新一轮探月热潮中，商业航天力量正成为不可忽视的新兴力量。美国国家航空航天局（NASA）通过将着陆器开发和数据采集服务外包，催生了一批商业公司。例如，美国“直觉机器”公司已成为全球首家在月球着陆的商业航天器公司，并获得了后续多个NASA合同。这些商业公司还在积极探索月球通信、导航和资源利用等商业模式，为未来月球资源的长期开发利用注入市场活力。

（申奇整理）