

月背首位地球访客 来自中国 她叫“嫦娥”

航天专家详解 嫦娥四号成功落月奥秘

经历 20 多天的太空之旅，昨天 10 时 26 分，嫦娥四号探测器成功着陆在月球背面东经 177.6 度、南纬 45.5 度附近的预选着陆区，并通过“鹊桥”中继星传回了世界第一张近距离拍摄的月背影像图，揭开了古老月背的神秘面纱。

步步惊心但落月“正中靶心”

2018 年 12 月 8 日，嫦娥四号乘坐长征三号乙运载火箭离开地球。四天后，她开始在 100 公里高度的环月轨道上运行，并在环月轨道上与“鹊桥”中继星进行了 4 次中继链路测试和多项在轨测试，为实施月球背面软着陆奠定了基础。12 月 30 日，嫦娥四号探测器成功在环月轨道实施变轨控制，顺利进入着陆轨道，择机降落。

相较于嫦娥三号，嫦娥四号落月难度更大，主要因为月球背面这一特殊环境。中国工程院院士、中国探月工程总设计师吴伟仁曾形容，嫦娥三号相当于在华北平原着陆，而嫦娥四号则是在崇山峻岭的贵州川地区着陆。

此次嫦娥四号着陆的月球背面南极—艾特肯盆地高山峡谷交错，整体地形忽高忽低，着陆区地形起伏达到 6000 米。因此，此次月球背面软着陆任务中，真正适合嫦娥四号着陆的区域大概相当于嫦娥三号的二十分之一，这势必要求嫦娥四号必须要有更高的着陆精度，从“粗放型”的着陆方式向“精细化”升级。

10 时 15 分，在距离月球约 6.5 万公里、环绕地月第二拉格朗日点、能同时看见地球和月球背面的中继星“鹊桥”的通信协助下，嫦娥四号上的变推力发动机被点燃，探测器的速度从相对月球 1.7 公里每秒降到接近为零。探测器调整了姿态，朝着艾特肯盆地中冯·卡门撞击坑相对平坦的坑底垂直降落下去。

在 6 至 8 公里处，探测器快速调整姿态，完成光学粗避障后，离月面仅“一步之遥”的嫦娥四号暂缓脚步，悬停在距月面约 100 米的空中。接下来利用激光扫描识别出月面上更小的障碍物以及坡度，最终在这片怪石嶙峋之地选出一方最安全的着陆点——冯·卡门撞击坑内。落月过程中，降落相机拍摄了多张着陆区域影像图。

当距离月面两米时，探测器上的发动机停止工作，着陆器依靠自身重力落下，四条腿稳稳站立在月面，扬起一片月尘。整个降落过程持续了 690 秒，全部由探测器自主完成，地球上没有任何干预，但“鹊桥”将着陆的画面传回到北京指控控制中心。

嫦娥四号探测器总设计师孙泽洲认为，在着陆区里面有一个理想的着陆点，在这个范围内，嫦娥四号着陆点可以说是“正中靶心”。

导航控制助“四姑娘”盲降

落月过程地球方向不直接可见，所有信息传输均需中继星“鹊桥”中转，无疑大大增加了落月任务的风险。中国航天科技集团的专家介绍，整个落月过程由 GNC（航天器制导、导航与控制）系统自主操控，加之回传画面的延迟，所以对地面人员来说，整个过程近乎“盲降”。

首先是掉头，做好下降准备，然后按照 GNC 系统的指挥，在距离月面一定高度“定时定量”启动发动机开始快速减速，在边往前飞边下降的同时，嫦娥四号快速调整姿态、速度，随后垂直下降。

航天专家介绍，嫦娥四号在距离月面 6 公里的高度时调整至垂直下降。这个垂直下降动作，就是与嫦娥三号最大的不同。因为月球背面太崎岖，如果水平方向持续移动就会让着陆器不能准确测量自己所处的高度。继续下降，待发现下方 100 米就是月面时，为了保证落地时每只脚都不踩到石头上、踩到坑里，“四姑娘”稍稍歇了歇脚，自己找好着陆点后，才缓缓地飘了下去。整个过程，地面都通过中继卫星“鹊桥”观看了“直播”。

嫦娥四号的 GNC 系统，更自主、更健壮、更智能，也更复杂。如果下降过程中，“鹊桥”的信息传输卡住，影响数据上传，怎么办？GNC 系统设计了延时数据注入功能，就是提前把要注入着陆器计算机的数据发送到着陆器上的某个地方暂存，这个数据包是带有时间标签的，待到着陆器上的时间和该标签相同时，数据便自动注入，如此，原本赖以生存的通过“鹊桥”的实时数据注入就沦为

备份手段。系统还可以“全程自主故障诊断与重构”，万一真的发生了故障，能随时给自己“诊断”，找到并剔除病灶，通过身体各部分功能的优化再组合，确保机体整体功能的正常，确保落月过程的万无一失。

专家透露，嫦娥四号后续还有着陆器、巡视器（月球车）的两器分离，月球车的月面就位探测、巡视探测，月昼月夜的交替等等挑战，具体考验的就是巡视器 GNC 系统的智慧。

四条着陆腿纤细却强壮

从距离月面几十公里的高度一直到着陆月面，对“四姑娘”来说，真不容易，因为就算不怕黑，不恐高，也害怕着陆月面时那瞬间的巨大冲击力给闪了腰。要经受住最后的“一落”，安全着陆在月面，“四姑娘”四条腿的作用可以说是至关重要。

着陆腿又叫“着陆缓冲机构”，能够利用缓冲功能，将着陆瞬间所产生的冲击有效地吸收，防止巨大冲击力对探测器及其重要仪器设备造成损伤。

腿里配备了两个秘密武器，一是形如脸盆的大脚掌，是与月球表面直接接触的部位。这种盆状结构可以更好地防止“四姑娘”在着陆月面时摔倒。为了让大脚掌足够强壮，研发人员在它内部使用了长得像蜂窝一样的材料，在中央还埋藏着一个长得很特别的金属结构，它像足弓一样，能够将冲击力有效分散开。

二是主腿和副腿。每条着陆腿都包含一个主腿和两个副腿。两种腿各有分工，各司其责。在着陆前，副腿推着主腿向外侧展开到规定角度并锁定，主腿就负责在着陆时安全地支撑住“四姑娘”的身体，将各种冲击力传递、吸收。副腿也会辅助主腿缓冲巨大的冲击力，使落月更稳定、安全。

别看“四姑娘”的腿又细又长，似乎弱不禁风，但是其实它们相当强壮。月球很远，“四姑娘”的体重要严格控制。为了减重，主腿和副腿的外壳是又长又薄的圆筒，为了确保圆筒的强度，设计师优选了一种强度很高的铝合金材料，但是这种材料在加工时十分容易变形，而且越细、越长、越薄的圆筒就越难加工。另外，为了让几个腿能够精准地安装，这两种腿的尺寸都有着很高的精度要求。“四姑娘”可不想有个“罗圈腿”或者“长短腿”。

为了给“四姑娘”打造又笔直又等长的腿，技术人员真是煞费苦心。一方面巧妙设计了辅助加工的装夹工具，另一方面优化了加工与消除应力的流程，精选了专用加工刀具，甚至连放置圆筒的小车都经过精心设计，最后在工人师傅精湛的手艺下，这几条腿的精密外壳成功诞生。

本报记者 叶薇

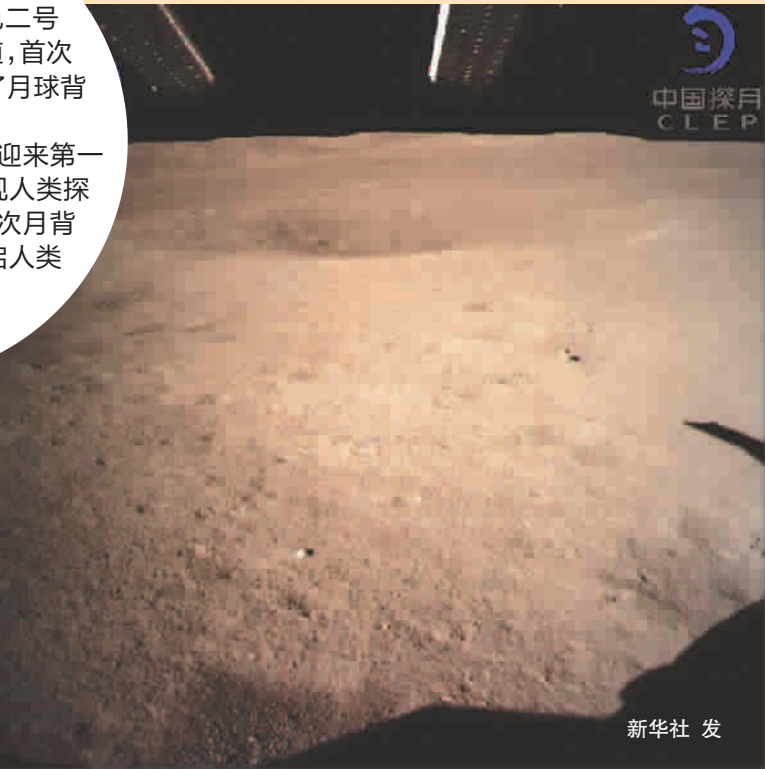
昨天 11 时 40 分，嫦娥四号着陆器监视 C 相机获取了世界第一张近距离拍摄的月背影像图并传回地面。图中展示了巡视器即将驶离着陆器、驶向月背的方向。

从上世纪 50 年代，人类发射到月球的探测器有 100 多次。但是月球

昨天 22 时 22 分好消息传来：

两器分离成功！玉兔二号月球车已经缓缓驶下月道，首次将月球车的车轮碾压印在了月球背面的广袤土地上。

新年第三天，月球背面迎来第一位地球访客。此次任务实现人类探测器首次月背软着陆、首次月背与地球的中继通信，开启人类月球探测新篇章。



新华社 发

广寒处处女地 玉兔探消息

背面着陆探测一次都没有。嫦娥四号着陆的艾特肯盆地目前属于处女地，在科学上会有很多新发现。

科学家认为，月球背面比正面更为古老，冯·卡门撞击坑的物质成分和地质年代具有代表性，对研究月球和太阳系的早期历史具有重要价值。月球背面也是一片难得的宁静之地，屏蔽了来自地球的无线电信号干扰，在此开展低频射电天文观测可以填补射电天文领域在低频观测段的空白，为研究太阳、行星及太阳系外天体提供可能，也将为研究恒星起源和星云演化提供重要资料。

后续，嫦娥四号探测器将通过“鹊桥”中继星的中继通信链路，在地面控制下，开展设备工作模式调整等工作，择机实施着陆器与巡视器分离。巡视器行走时，可以获取集地形地貌、物质成分、浅层结构于一体的综合地质剖面，这个剖面一旦建立起来，在国际上是首创，而且对揭示着陆区域地质演化历史、演化细节有重大贡献。此外，

嫦娥四号上中国、瑞典、德国合作的载荷还将对月面中子与辐射剂量、中性原子等月表环境展开探测，研究宇宙辐射、太阳风与月面物质相互作用的情况。中国国家航天局也表示，愿以此为基础，与世界各国航天机构、空间科学研究机构及国外空间科学爱好者，开展合作，共同探寻宇宙奥秘。

嫦娥四号成功落月也引起了全球航天专家和网友的高度关注。美国航天局局长吉姆·布里克登当天在社交媒体推特上发文说：“祝贺中国嫦娥四号团队实现月球背面的成功着陆，这是人类的第一次，也是令人印象深刻的成就。”“Congratulations！”在新华社海外社交媒体账号发布的相关新闻下，美国太空探索技术公司创始人埃隆·马斯克第一时间对嫦娥四号成功落月表示祝贺。

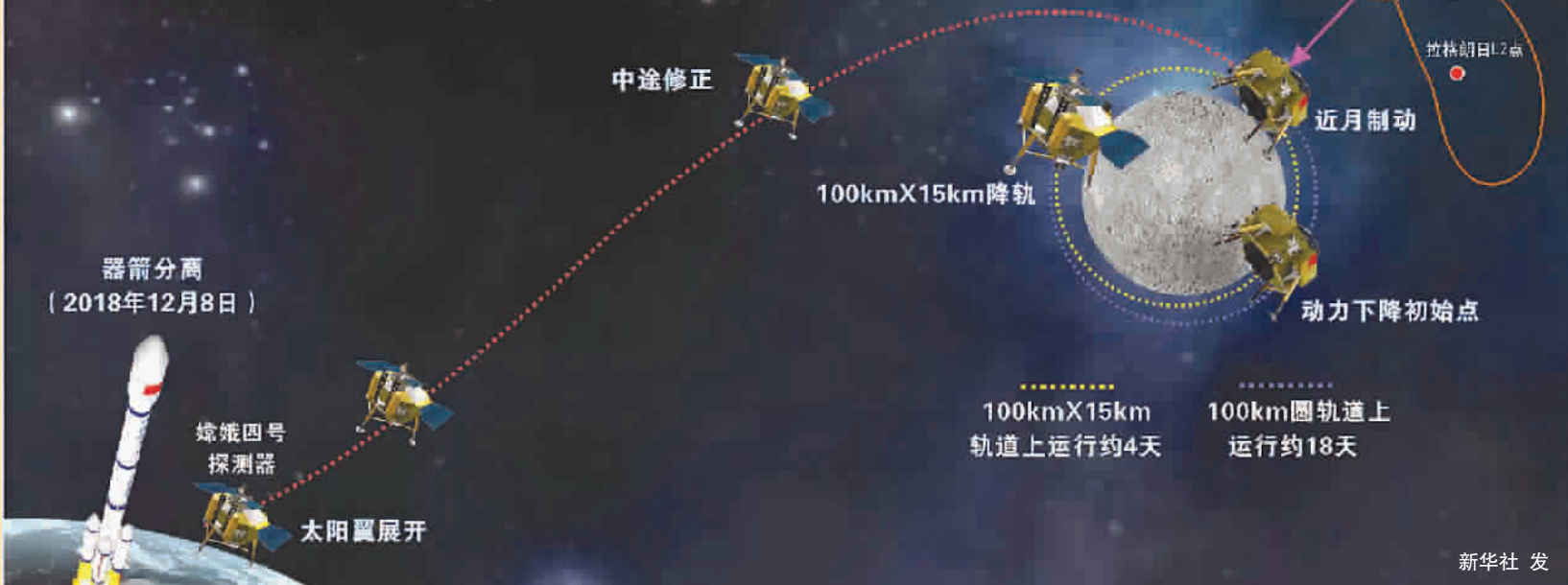
社交网络上，还有国外天文爱好者提前根据专家推测的着陆时间，为嫦娥四号着陆“倒计时”。美国、英国、法国等国网友纷纷表达了对嫦娥四号的祝福。

本报记者 叶薇

玉兔落月时间表

1 月 3 日
10 时 26 分 嫦娥四号成功着陆在月背东经 177.6 度、南纬 45.5 度附近的预选着陆区
11 时 40 分 获取世界第一张近距离拍摄的月背影像图并传回地面
22 时 22 分 着陆器与巡视器成功分离，玉兔二号顺利驶抵月背

嫦娥飞行轨道图



新华社 发

月球背面的“中国风景”

吴健

新民眼

月球表面，普通人的正常感受是“阴暗圆缺”，有赖望远镜或卫星照片观察的科学家则习惯了“坑坑洼洼”，可论及月球背面——人类“目力不及之地”，却总是个谜。昨天，随着我国首座深空测控站——佳木斯站精准控制，以近乎每秒 1700 米速度飞行的嫦娥四号探测器稳稳着陆月球背面，创下人类航天史上的“中国第一”！

从传回的首批照片看，月球背面充满“男子汉般的粗犷”，高山、环形山、撞击坑，挺符合电影《星球大战》中“吉奥诺西斯星”的定义，而这样的环境对嫦娥四号却是严峻的考验。研制者描述，基于对月球背面地形的预判，他们早就意识到嫦娥四号不会像前面抵达月球表面的嫦娥三号那样，有天然的小起伏缓坡可供“软着陆”。如果说嫦娥三号能以优雅的抛物线轨迹着陆，那么嫦娥四号只能以杂技般的垂直向下定点运动，在极小的“时间窗口”中垂直着陆。更棘手的是，在月球背面着陆，会使航天器接收来自地球的衍射无线电信号受阻，需要有效的通信卫星中继，意味着整个工程的统一性、协调性达到近乎苛刻的程度。

这一切，中国完美做到了。与普通人的印象不同，今日“牧天人”更追求航天作业的准确性与可靠性，要事是航天器测控。简单说，就是“TT&C”——第一个“T”为“遥测”（Telemetry），第二个“T”是

跟踪航天器轨道（Tracking），“C”是“控制”（Control）。就嫦娥工程而言，中国航天人以特有的责任感与事业心，做到“稳妥可靠、万无一失”。2007 年，嫦娥一号绕月卫星燃料箱里的敏感器可靠地将压力、温度等数据反馈地面，从中计算卫星还有多少燃料，掌握卫星工况，这就是遥测。当嫦娥三号、嫦娥四号探测器升空后，虽然它们都设计好了轨道，但发射时总会有误差，而且轨道会受周围环境影响（如大气阻力）而变化，这就是要跟踪数据，计算轨道。至于控制，当探测器入轨后，受天体引力，探测器定点位置会有漂移，如果超出偏差范围（一般是 0.05 度），就要探测器上的发动机把它控制回来。

说说容易，却关乎一国技术能力乃至人的意志的动员。“尽管中国每年为太空项目的投入只有美国的七分之一，但它发射的航天器数量却与美国相当，”俄罗斯《劳动报》记者维克托·雷利斯基在描述嫦娥工程时说，“中国不愿在太空甘愿（美俄之后的）第三，法宝不光有资金，更有伟大的创新氛围与集体主义价值观。”

从项目总设计师，到普通技术工人，大家都为伟大的目标而戮力同心。那春雨是北京卫星制造厂的一个工人，她所在的车间为中国 90% 以上的航天器提供低频电缆产品，她自己就完成过“天宫”“嫦娥”等的电缆产品加工。这位炉火纯青的巧匠，有个西方同行不理解的好奇心——“渴望更多的人有自己独特的门手艺”。多年来，她满足于

法国高等社会科学院客座研究员马塞尔·戈谢曾这样形容，与中国的高科技竞争中，曾经领先的西方国家遇到“真正不幸”，表现在两个层面。

首先，他们在全方位分工上有幻想，认为自己“天然”拥有创新和高科技，可以做视甚至打压别人，这中间有着“无意识的种族主义”，在现实中是行不通的。

其次，全球化不是经济现象，背后是更深刻的全社会向世界开放，而在西方，往往表现为集体主义的消失。互助化、集体主义优先……这些社会的黏合剂都失去了，取而代之的是过度放大的个人权利。“如果只有个体，如何打造社会联系，从而出现普遍性的共同空间？”

戈谢强调，这种不良倾向在中国碰了壁，它受到爱国主义与集体主义的约束——这一原则从未受过质疑。正如嫦娥四号登上月球背面所反映的，追求伟大民族复兴的“中国梦”，永远是诚实劳动、开拓创新，以实干兴邦，以实干圆梦！

“人类空间探索里程碑”

美国主流媒体聚焦嫦娥四号

嫦娥四号成功落月引来国际社会广泛关注。美联社、《华尔街日报》、CNN 等多家美国主流媒体第一时间进行了重点报道，称赞这次任务的成功是人类空间探索的一个里程碑。

美联社直言这是中国太空计划的最新成就。《华盛顿邮报》在网站显著位置刊发报道《中国将太空探测器降落在月球背面，这是历史性第一次》。《洛杉矶时报》网站报道称，中国嫦娥四号着陆月球背面，标志着中国决心在未来几十年内成为全球太空探索的领军者。

《华尔街日报》也在其网站首页刊发报道称，中国成为第一个探测月球背面的国家，这标志着中国雄心勃勃的太空

计划树起一座新的里程碑。CNN 还特意做了专家解读的视频连线。报道说，这次任务的成功是人类空间探索的一个里程碑。探测器着陆的区域远离地球，月球探测器不能直接与地球控制中心通信。美国海军战争学院教授、中国太空计划专家弗里斯表示，随着嫦娥项目以及神舟载人航天计划的成功，这两个项目最终很有可能合并一起，下一次从月球上传来的声音有很高的几率是用普通话。CNN 还报道说，相比之下，尽管美国航天局最近成功地向火星发射了一架洞察号着陆器，但它却面临着多年的预算限制。

驻美记者 鲁明（本报洛杉矶今日电）