经过约38万公里、一周左右的地月转移、近月制动、环月飞行之旅，12月1日晚间，嫦娥五号探测器稳稳降落在月球正面风暴洋北部吕姆克山、夏普月溪附近，将开始为期约2天的月面工作。这是中国探测器第三次在月球表面成功软着陆，也是人类探测器首次踏足月球上的这一区域。无论是嫦娥五号成功落月，还是即将开展的科学探测及自主采样返回等任务，都看点多多、令人期待。

嫦娥五号开启“挖土”模式

嫦娥五号成功落月的三大看点

险 600公里外“全自主跳伞”

在距月面1.5公里时，嫦娥五号利用光学成像敏感器进行粗避障，剔除大型障碍物；距月面仅百米时，嫦娥五号上的备用激光三维成像敏感器进行精确避障，精准识别选好落点。

一边下降一边避障，待嫦娥五号飞到选定着陆点后，一个侧身开始垂直下降，并在距离月面较近时关闭发动机、自由落体……

着陆腿缓冲着陆！至此，嫦娥五号完美落月！

主动减速、快速调整、迅速接近、精准选点、稳步着陆……整个落月过程，一系列复杂精细的动作都由嫦娥五号自主完成，犹如一位在月球凌空漫步的袅袅仙子，婀娜多姿。

“嫦娥五号任务的落月和近月制动一样，都是只有一次机会，必须一次成功。可以说，落月的过程就是边飞行边找寻落点，在15分钟内，完成约600公里外的全程自主跳伞。”中国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。

着陆后，在地面测控方和空间应用科学任务支持下，嫦娥五号依次完成状态检查、预备工作状态设置、着陆区成像等任务……

为了实现“选址正确，落得准确”，嫦娥五号采用了中国航天科技集团五院502所已经在嫦娥三号和四号上应用的“粗精接力避障”的方式，即在502所研制的制导导航与控制（GNC）系统的指挥下，将“粗避障”与“精避障”相结合，让嫦娥五号稳稳地降落。

稳 嫦娥五号“大腿”显身手

落月的关键在于“平稳”二字。嫦娥五号落月时，撞击月面会形成较大的冲击，必须设计相应的着陆缓冲系统，吸收着陆的冲击，保证探测器不翻倒、不陷落，这是落月的技术难题之一。而着陆缓冲机构，通俗地说就是嫦娥五号的“腿”。

这四条缓冲、支撑一体化的“腿”可不一般，它们是嫦娥五号机构分系统团队精心设计、巧手研制，更拥有嫦娥三号、嫦娥四号的完美基因。

据介绍，着陆缓冲机构具有完全自主知识产权的“偏置收拢、自我压紧”式方案，保证了收拢简单、展开可靠，解决了着陆缓冲、着陆稳定性等多方面的问题。

与嫦娥三号的着陆缓冲设计方案相比，由于任务难度增加，嫦娥五号任务的着陆缓冲能力要求提高了30%，但机构重量指标却减少了5%，这为研制团队带来了不小的难题。

面临减重的难关，研制团队反复迭代，每次修改完设计，讨论时一旦发现新的减重突破口，又毫不犹豫地再次推翻设计、继续修改，最终达到了设计指标，确保了嫦娥五号稳定可靠地完成与月球的亲密“拥抱”。

准 落月点仍属月球探测“处女地”

此次嫦娥五号的月球着陆区域名叫“风暴洋”，周围有1300米高的火山群，环境之险峻名副其实，让嫦娥五号此行更加充满探险的意味。随着嫦娥五号的造访，月球风暴洋举世闻名。

科学家们认为，着陆在此是十分明智的选择。从地球上看起来，这里更像是广阔、黑暗的熔岩平原。

过去，这里还从未有过任何人类探测器到访过的足迹。

为何选择在这里？虽然这里和嫦娥三号在月球虹湾着陆点的纬度基本相当，但根据目前研究成果，这块区域形成的地质年代较短，约37亿年。中科院国家天文台专家表示，此次嫦娥五号有望获取最年轻的月球返回样品，在月球火山活动和演化历史研究等方面取得原创性的科学成果。

由于涉及采样后上升器的月面起飞，嫦娥五号落月的过程也是为后续上升器月面起飞选择“发射场”的过程。专家介绍，相较于嫦娥三号、四号，嫦娥五号需要着陆区域内无太高的凸起、无太深的凹坑，并且坡度要符合任务要求，这对着陆点的位置精度和平整度方面提出了更高要求。

后续，嫦娥五号将同时用“表取和钻取”两种方式采样。“表取”，顾名思义就是从月球表面通过机械臂和机械爪的配合，抓取一部分月壤。而“钻取”则是要通过特殊的钻头，钻到月表以下两米左右的位置，把月壤整体取出来。

“这样能够更加原汁原味地保留月表以下两米的月壤构造情况，让科学家们能够更加清楚地了解到月壤的构造和分布以及每一层的特征。”中国航天科技集团五院嫦娥五号探测器钻取子系统技术负责人王国欣说。

延伸阅读

为什么要去月球“挖土”？

“举杯邀明月，对影成三人。”

作为地球唯一的“小伙伴”，月球是我们每个人从出生那天起就“最熟悉的陌生人”，是那个我们每当夜幕降临总会出现在天空中的仰望。

就像一面镜子，月亮映照着苍茫大地，也让我们从中更好地认识自己。月球探测的每一个大胆设想、每一次成功实施，都是人类认识和利用星球能力的充分展示。

月壤即月球的土壤，对地球人来说蕴藏着巨大的科学价值。为了去月球“挖土”，主要航天国家都“很拼”。

苏联月球16号探测器从月球取回了一块101克的小样本，月球20号探测器和月球24号探测器则分别采集到了55克与170克样品。

1969年7月至1972年12月间，美国通过阿波罗11号到阿波罗17号载人飞船实施了7次载人登月任务，除了阿波罗13号因发生故障中途返回，其余6艘飞船皆完成登月，成功将12名航天员送上月球，共带回月壤和月岩样品约382千克。

嫦娥五号探测器由轨道器、返回器、着陆器、上升器四部分组成，任务的科学目标主要是开展着陆点区域形貌探测和地质背景勘察；对月球样品进行系统、长期的实验室研究。

嫦娥五号任务，既是收官之作，更是奠基之作。国家航天局探月与航天工程中心副主任、嫦娥五号任务新闻发言人裴照宇表示，嫦娥五号任务是我国探月工程“绕、落、回”三步走中“回”这一步的主任务，要实现月球表面采样返回。这次任务相比我们已经实施的绕月探测、落月探测来说，是一次新的、更大的技术跨越。

“我们这次的目标是带回约2千克月壤。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。”裴照宇说。

“月球是我们地球的唯一天然卫星，更是我们地球的战略制高点。”中国探月工程三期总设计师胡浩认为，“因为月球有它独特的条件，它的位置、环境、资源都非常独特，不光是对航天技术、科学认识的后续发展，包括对经济社会建设的后续发展，都有十分重要的意义。”

为什么说嫦娥五号的每一步都“步步惊心”？

作为我国探月工程“绕、落、回”三步走中的收官之战，不同于中国探月工程嫦娥家族的其他探测器一去不复返，嫦娥五号将有望实现中国航天史上的多个“首次”。每个“首次”都意味着全新的挑战，每一步都堪称“步步惊心”。

一是首次月面起飞上升，全靠嫦娥五号“自己完成”。

当完成月面工作后，嫦娥五号就要回家了，但嫦娥五号想带着月壤回来可不容易。众所周知，运载火箭在地面起飞是有一套复杂的系统和庞大的地面队伍作保障和支撑的。而月面起飞就完全不同，没有一马平川的起飞地，更没有成熟完备的发射系统。

“着陆器就相当于上升器的发射塔架，月球表面环境复杂，着陆器不一定是四平八稳的状态，这就给月面起飞带来更大的挑战。此外，这一切都要靠嫦娥五号自己在38万公里之外的月球上独立完成，难度和风险可想而知。”中国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。

二是首次实现月球轨道交会对接，“千里穿针、一气呵成”。

当着陆器托举上升器实现月面起飞上升后，嫦娥五号便开始一路飞奔。但仅靠上升器是不可能实现返回地球的，它需要飞到月球轨道上，在这里与轨返组合体交会对接，把采集到的月壤转移到返回器中。

在38万公里外的月球轨道上进行无人交会对接不仅在我国尚属首次，也是人类航天史上的首次，这为嫦娥五号研制团队带来了极大的挑战。

为此，从上升器进入环月飞行轨道开始，一直到轨返组合体与上升器完成对接与样品转移为止，设计师们为嫦娥五号精心设计了交会、对接、样品转移、组合体运行、轨返组合体与对接舱分离等一系列关键动作，助推嫦娥五号实现对接。

“这种国际上的新兴方案，在地面上已经进行了上千次的模拟，但其难度却是千里穿针，要求一气呵成。”中国航天科技集团八院嫦娥五号轨道器技术总负责人查学雷说。

三是首次带月壤高速再入返回地球，打一个“太空水漂”。

当返回器带着月壤，从38万公里远的月球风驰电掣般向地球飞来，这时它的飞行速度是接近每秒11公里的第二宇宙速度，而一般从近地轨道返回的航天器速度大多为每秒8公里的第一宇宙速度。

“可别小看了这每秒3公里的差别，就好像扔石头，同样一块石头，从一层楼扔下来的速度和从十几层楼扔下来的速度肯定不一样。”彭兢说。

为此，嫦娥五号探测器的设计师们创新提出了半弹道跳跃式再入返回技术方案，就像“在太空打水漂一样”，整个再入返回过程就是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，然后以第一宇宙速度扎入大气层、返回地面。

此外，月壤来到地球以后，也是我国首次大规模进行月壤样品的处理、分析和研究，相关的配套实验设施和设备已经准备就绪。

（新华社）