

月球“挖土机” 开工大吉

本报记者 邵阳

稳稳地，“仙女”降临月宫。

北京时间12月1日23时11分，嫦娥五号探测器成功着陆在月球正面西经51.8度、北纬43.1度附近的预选着陆区，并传回着陆影像图。成功着陆后，着陆器在地面控制下，将正式开始持续约两天的月面工作。

北京时间今天4时53分，探月工程嫦娥五号着陆器和上升器组合体完成了月球钻取采样及封装。

月球“挖土机”，开工大吉！

选址有讲究

11月24日4时30分，我国在中国文昌航天发射场，用长征五号遥五运载火箭成功发射探月工程嫦娥五号探测器，火箭飞行约2200秒后，顺利将探测器送入预定轨道，开启我国首次地外天体采样返回之旅。

历经一周的旅行，嫦娥“五妹”来到了“姐姐”们曾经或正在奋斗的地方——月球。她顺利地通过了安全软着陆的考验，这不仅是嫦娥“家族”与月球小别近两年后的再次相逢，也意味着嫦娥五号距我国首次地外天体采样返回的创举，更近了一步。

据国家航天局消息，12月1日22时57分，嫦娥五号着陆器和上升器组合体从距离月面约15公里处开始实施动力下降，7500牛变推力发动机开机，逐步将探测器相对月球速度从约1.7公里/秒降为零。其间，探测器进行快速姿态调整，逐渐接近月表。此后进行障碍自动检测，选定着陆点后，开始避障下降和缓速垂直下降，平稳着陆于月球正面风暴洋的吕姆克山脉以北地区。着陆过程中，着陆器配置的降落相机拍

摄了着陆区域影像图。

此次软着陆的地点，虽然是月球正面，但却是以前未曾探索过的区域。中国探月工程首席科学家、中国科学院院士、被誉为“嫦娥之父”的欧阳自远曾表示，中国选择的着陆点距离阿波罗计划着陆点有上千公里距离，将会迎来新的现象、新的发现。

嫦娥“五妹”降临月宫，有且只有一次机会，必须一次成功。由于涉及采样后上升器的月面起飞，因此，嫦娥五号落月也是为后续上升器月面起飞选择“发射场”。和“姐姐”们相比，“五妹”对于着陆点的位置精度和平整度方面的要求近乎苛刻——着陆区域内无太高的凸起、无太深的凹坑，坡度要符合任务要求。

为了“选得准、落得稳”，嫦娥五号采用了“三姐”和“四姐”上应用的“粗精接力避障”方式。着陆上升器组合体在飞到距离月面100米时会悬停一下，由中科院上海技术物理研究所、上海光学精密机械研究所研制

的激光三维成像敏感器利用高重频、窄宽脉冲激光，瞬时对月面实施高精度三维成像，为选择精确的着陆点提供依据。之后，着陆上升器组合体再斜向下飞行，边下降边注意避障，飞到选定着陆点的正上方后竖直下降，在距离月面较近时提前关闭主发动机，然后利用着陆腿的缓冲实现软着陆。

降落过程中，嫦娥五号着陆上升器组合体在距离月面较近时，主发动机会激起月尘，容易触发月尘污染星敏感器，从而影响上升器后续的月面起飞。为此，科研人员特别设计与“五妹”的互动环节“天黑请闭眼”——在距离月面一定高度时把星敏感器的镜头盖起来，等“五妹”接到“通知”再将敏感器盖子打开时，已是平安落月之后月尘散去。

嫦娥五号大事记

11月24日
4时30分

长征五号遥五运载火箭将嫦娥五号探测器发射升空，开启我国首次地外天体采样返回之旅。

11月24日
22时06分

嫦娥五号探测器完成第一次轨道修正。

11月25日
22时06分

嫦娥五号探测器完成第二次轨道修正。

“挖土”不轻松

长久以来，各国科学家对月球的“土壤”一直抱有极大兴趣。50年前，苏联月球16号将101克月壤样本带回地球，这是人类历史上第一个实现月球无人自动取样并送回地球的探测器。此次，嫦娥“五妹”的挑战更艰巨：带回大约2千克的月壤。

2千克月壤的价值有多大，或许能从欧阳自远在一场科普讲座中的表述来感受。中国现在仅有的1克月壤，是中美恢复建交后美国赠送的。这1克实在太过珍贵，我国科研人员只敢拿出0.5克，绞尽脑汁做各种科研，不让中国在这一领域落伍。另外0.5克，则存放在北京天文馆中，能让国人亲眼目睹月壤的机会。

自从1976年苏联“月球20”号探测器采样后，人类已经44年没有重新获得月球馈赠的“伴手礼”了。

今晨，嫦娥五号已经开工“挖土”了！科研人员为嫦娥“五妹”设计了两种“挖土”模式：钻取和表取。探测器随身携带了钻取采样装置、表取采样装置、表取初级封装装置和密封封装装置等“神器”，将采取深钻、浅

钻，以及“铲土”“挖土”“夹土”等方式，采集约2千克月壤，并进行密封封装。

国家航天局探月与航天工程中心副主任、探月工程三期副总设计师、嫦娥五号任务新闻发言人裴照宇表示，经过论证，两公斤是数量上不算少、工程上可实现的。“但是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。不管带多少，都是成功。”

带回月球“伴手礼”，显然不是件容易的事。嫦娥系列探测器及火星探测器总指挥、总设计师顾问，“人民科学家”叶培建院士介绍，“阿波罗”飞船载人登月时就发现月球上有水，但带回的样本密封出现了问题，搞不清是在月球上有水还是在地球上被污染了。因此，要在1/6地球重力环境下无人采样和封装非常不易——不仅钻取的月壤必须原原本本，不能破坏原有的层次结构；而且采样之后，也不能有任何污染，还要经得起返回时的各种恶劣环境。

截至记者发稿，着陆器和上升器组合体正按计划进行表取采样。



▲ 嫦娥五号探测器动力下降过程中降落相机拍摄的图像



▲ 嫦娥五号探测器软着陆后降落相机拍摄的图像 来源 国家航天局

返回很“刺激”

嫦娥“五妹”的“回家”之路，并不比作客他乡轻松，倒不是“近乡情更怯”，而是“近乡更小心”——完成采样任务后，携带月球样品的上升器从月面起飞，与轨返组合体交会对接，把样品转移到返回器后上升器与轨返组合体分离。随后，轨返组合体踏上归途，二者在以接近第二宇宙速度飞到距地球数千公里时分离。最终，返回器采用半弹道跳跃再入方式再入地球大气层，落至预定的着陆场。

全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩介绍，“回家”途中，上升器会从着陆器上起飞。由于上升器的火焰喷射之后会碰到着陆器，可能产生干扰上升器的力，做到对上升器的良好操控是一大难点。此外，着陆器没法做到像地球上的发射塔架那样配置火箭导流槽，因此上升器要克服月面起飞轨道设计、月面起飞测控和发动机羽流导流等难题。

进入月球轨道后，上升器要与轨返组合体对接，并把样品转移到返回器中。在月球轨道展开无人交会对接，这在世界上是

第一次。要知道，在地球轨道上交会对接，一般是“小追大”，如“神舟”飞船追“天宫”；而在月球轨道上交会对接，轨返组合体追上上升器是“大追小”，所以难度更大，稍微控制不好就会偏离到太空中。

离家越近，越要小心。返回器经由轨道器送到地球附近时，速度会逼近第二宇宙速度（11.2千米/秒）。要知道，普通返回式卫星返回地球时基本都是第一宇宙速度（7.9千米/秒）级别。如果以接近11.2千米/秒的速度直接冲进大气层，巨大的摩擦和冲击可能会让返回器焚毁。因此，返回器将采取在大气层边缘多次“打水漂”的返回方式，进行多次减速。其中每一次与大气的接触都需要经过精准计算，最终让返回器以安全速度冲入大气，通过气动减速和降落伞减速等方式，准确、安全地降落在预定着陆场。

随着探月工程三期收官之战嫦娥五号探测器的成功发射，中国探月工程在空间科学探测领域已实现多个“首次”。未来，我国探月

工程四期将构建月球科研站基本型，这一基本型由运行在月球轨道和月面的多个探测器组成。基本型将具备月球科学技术研究、资源开发利用技术验证的能力，并与国际同行合作，建设国际月球科研站。而在我国探月工程四期的月球极区探测任务规划中，嫦娥七号将对月球南极地形地貌、物质成分、空间环境等进行综合探测。嫦娥八号除继续开展科学探测试验外，还将进行关键技术的验证。

11月28日
20时58分

嫦娥五号探测器成功实施“刹车”制动，顺利进入环月轨道飞行。

11月29日
20时23分

嫦娥五号探测器再次实施制动，进入近圆形环月轨道飞行。

11月30日
4时40分

嫦娥五号探测器组合体成功分离。

12月1日
23时11分

嫦娥五号探测器实施动力下降并成功着陆，准备在预选区域开展月面采样工作。

12月2日
4时53分

探月工程嫦娥五号着陆器和上升器组合体完成了月球钻取采样及封装。