

1 嫦娥三号 | Chang'E 3  
着陆探测器与月球车  
Lunar Lander & Lunar Rover

2004年，我国探月工程得到国务院正式批准立项，分“绕、落、回”三期分步实施。“嫦娥三号”任务作为二期工程的主任务，是我国航天器首次在地球以外天体实现软着陆和巡视探测活动，是探月工程“绕、落、回”三步走中承前启后的关键一步。

为实现月面软着陆，我国成功开发了新型航天平台——着陆探测器，采用了梁板复合式结构设计和可大范围伸缩的四腿式着陆缓冲机构，设计了自主式、高精度的分段减速悬停式无人着陆控制方案。

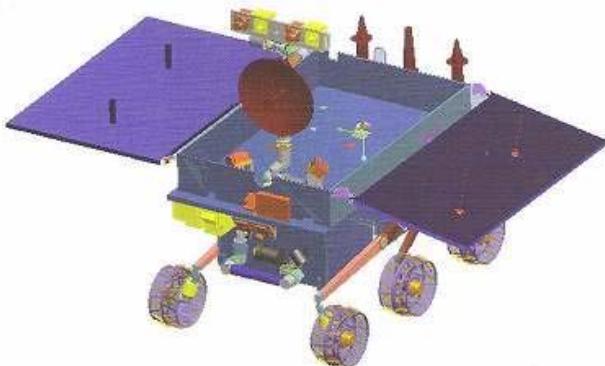
“嫦娥三号”着陆探测器



着陆探测器搭载的“月面巡视探测器”，是在月球表面行驶并对月球进行考察、收集和分析样品的专用车辆，公众习惯称之为月球车。

“嫦娥三号”任务月球车模型

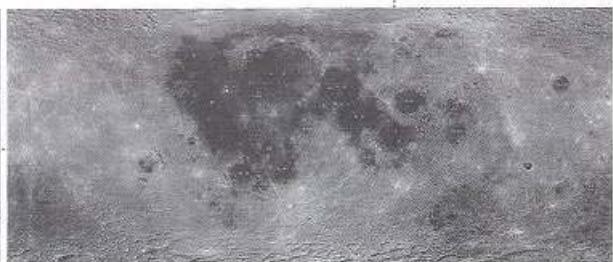
“嫦娥三号”月球车原车设计质量140kg，由移动、结构与机构、导航控制、综合电子、电源、热控、测控数传和有效载荷共8个分系统组成，以太阳能为能源，能够耐受月表真空、强辐射、+150℃~ -180℃极限温度等极端环境。



[9]

## 2 月球车 | Lunar Rover's 研制的重点和难点 Breakthrough In Development

从月表的路况上看，月球重力是地球的1/6，月球表面的土壤非常松软，而且崎岖不平，石块、陨石坑遍布。在这种情况下，月球车既不能打滑下陷，还要能爬坡越障。  
“嫦娥三号”月球车移动分系统，采用轮式、摇臂悬架方案，由车轮、摇臂和差动机构等组成，具备前进、后退、原地转向、行进间转向、20°爬坡、20cm越障的能力。

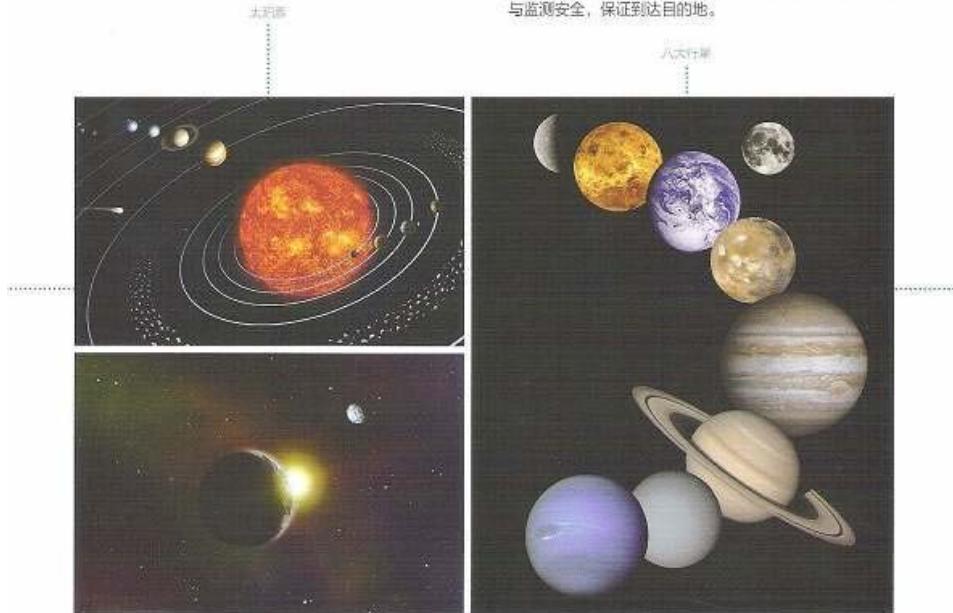


月球表面土壤



[10]

从地月距离上看，由于相距38.4万公里，通讯距离太远，月球车必须具备独立处理各种环境的能力。“嫦娥三号”月球车上导航控制分系统，携带有相机及大量传感器，在得知周围环境、自身姿态、位置等信息后，可以通过地面或车内装置，确定速度、规划路径、紧急避障、控制运动与监测安全，保证到达目的地。

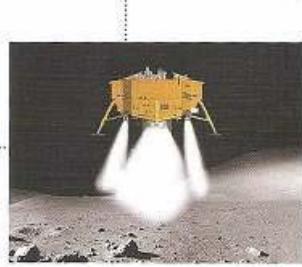


[ 11 ]

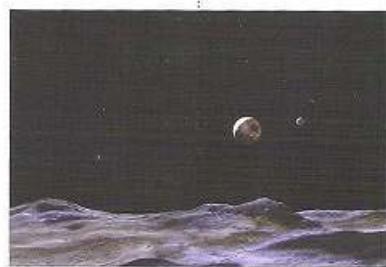
从月球昼夜周期上看，月球上一天的时间相当于地球上的27天略多。因此，月球昼夜间隔大约相当于地球上的14天。“嫦娥三号”月球车电源分系统，由两个太阳电池阵、一组锂离子电池组、休眠唤醒模块、电源控制器组成，利用太阳能为车上仪器和设备提供电源，不仅可以保证月球车白天连续工作相当于地球的14天，而且由于月夜无法通过光能发电，在月球车进入休眠状态后，过了14天还必须能够自动唤醒重新工作。

从月球昼夜温差上看，月球表面白昼时温度高达150℃，黑夜时低至-180℃，温差超过300℃，尤其是月面上的

着陆器底部热防护下降



月球表面



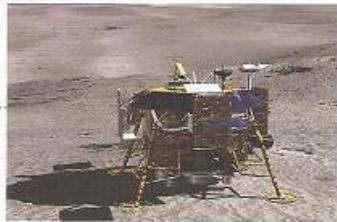
[ 12 ]

昼夜、夜时间差分别长达约14天，必须保证月球车在长时间极端温度条件下能够正常工作。“嫦娥三号”月球车热控分系统，利用导热流体回路、隔热组件、散热面设计、电加热器、同位素热源，可使月球车工作时的舱内温度控制在+55℃~ -20℃之间。

此外，“嫦娥二号”月球车组成还有：结构与机构分系统，由结构和太阳翼机械部分、桅杆、机械臂构成，主要为各种仪器、设备、有效载荷提供工作平台；综合电子分系统：将中心计算机、驱动模块、处理模块等集中一体化，采用实时操作系统，实现遥测遥控、数据管理、导航、

控制、移动与机构的驱动控制等功能；测控数传分系统：保证月球车与地球38.4万公里的通信以及与着陆探测器之间通信；有效载荷分系统：主要是月球车配备的科学探测仪器，包括全景相机、红外成像光谱仪、测月雷达、粒子激发X射线谱仪等。

当“嫦娥三号”完成发射、飞行到达月球时，着陆探测器采取不同制导方式，从距月面15公里处开始动力下降，经过主动减速、调整接近、悬停避障等飞行阶段，实现路径优、燃料省、误差小的安全着陆。



中国的月球探测器着陆月表照片



“嫦娥三号”着陆探测器  
释放分离月球车示意图

着陆探测器实现在月球表面软着陆后，首先由着陆器为月球车充电，对月球车进行初始化；之后，月球车与地面建立通信链路，控制连接解锁机构解锁，走上转移机构；在此之后，着陆探测器将控制转移机构运动到月面，月球车驶离转移机构，开始3个月的月面巡视勘察。

在月面巡视勘察过程中，它可以利用相机对周围环境进行感知，并将数据传回地面；地面控制中心利用环境数据和月球车状态信息进行建模、分析和规划，并对规划进行运动仿真和验证；把通过验证的控制指令再上传给月球车，月球车将执行控制指令，并自主完成近距离障碍识别和局

“嫦娥三号”月球车及着陆探测器工作状态



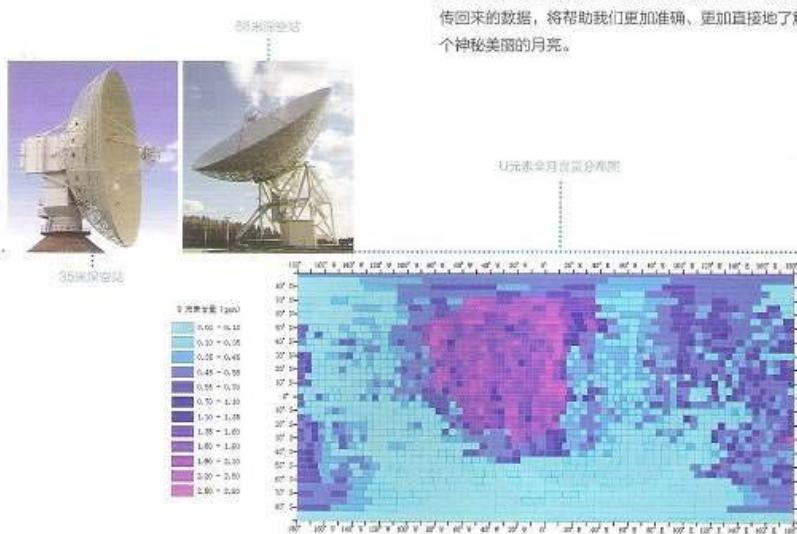
14

月球车研制的难点和要点

Lunar Rover's Breakthrough in Development

部路径规划，利用携带的仪器进行科学探测；对于给出的任务计划，还可根据具体情况选择地面操作模式或者自主运行模式。

根据科学探测的需要，以上过程循环往复。依靠先进的设备，“嫦娥二号”月球车能够对巡视区月表进行三维光学成像，对月表进行红外光谱分析，开展月壤厚度和结构的科学探测，对月表物质主要元素进行现场分析，等等。它传回来的数据，将帮助我们更加准确、更加直接地了解那个神秘美丽的月亮。



15

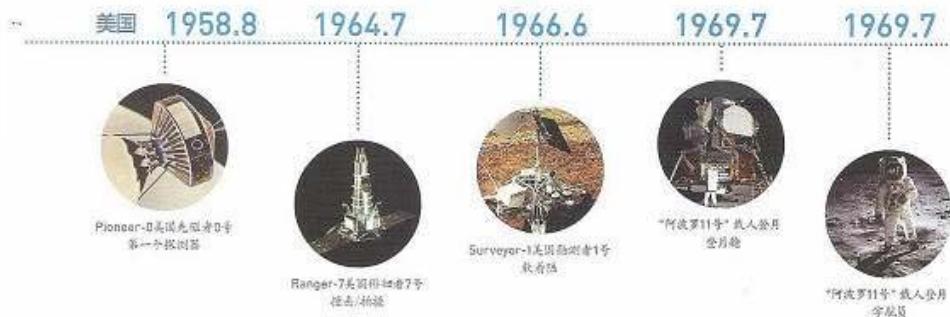
### 3 人类探月历程 & 月球车的产生

History of Exploring the Moon & the Birth of Lunar Rover

月球是距离地球最近的天体，也是环绕地球的唯一天然卫星，其独特的空间位置和潜在资源，成为人类开展深空探测的首选目标和前哨站。早在1958年，美国和前苏联就相继启动了自己的探月计划。

美国从1958年8月起，几次向月球发射“先锋”（Pioneer）系列探测器，但直到1959年3月的“先锋4号”才勉强成功，成为美国第一个脱离地球重力的探测器。后来美国又发射了“艾布尔”（Able）、“徘徊者”（Ranger）、“勘测者”（Surveyor）、“月球轨道器”（Lunar Orbiter）、“探险者”（Explorer）以至后来的“阿波罗”（Apollo）等系列的月球探测器，从1958年到1976年共56次，37次成功。

1959年1月，前苏联经过几次尝试，成功发射了“月球1号”，首次脱离地球引力；9月，再次发射“月球2号”，受控首次撞击了



[16]

人类探月历程 & 月球车的产生

History of Exploring the Moon & the Birth of Lunar Rover

月球；10月，又发射“月球3号”，首次拍摄到月球背面的照片。从1958年到1976年，前苏联先后发射了“月球号”（Lunar）、“探测器”（Zond）、“宇宙号”（Cosmos）、“联盟号”等系列月球探测器共64次，21次成功。

1969年7月，美国“阿波罗11号”首次载人登月成功，宇航员阿姆斯特朗和他的同伴奥尔德林成功登上了月球，并留下了人类在外太空的第一个脚印；后续的阿波罗飞船又5次成功载人登月，共有12名宇航员登上了月球。

怎样才能在月面开展长期、独立地探测？如何为穿着笨重的登月宇航员提供便捷的运输工具？为此，人们开始了无人驾驶月球车和有人驾驶月球车的研制。前苏联、美国先后发射了一系列卫星，对月面环境进行反复实验，为探测器携带月球车成功并在月面上顺利行驶打下了基础。

1970年11月17日，前苏联研制无人驾驶的月球车1号由“月球17号”探测器送上月面，这是人类航天史上第一辆月球车。探测器在月面“雨海”地区着陆后，月球车顺着梯子下到月面，在月面上行驶了10.5公里，进行了10个半月的探测，考察了8万平方米的月面，直到携带的核能耗尽，于1971年10月4日停止工作。

1973年1月8日，前苏联发射“月球21号”探测器，携带了更为先进的月球车2号，在月面行驶了37公里。对月球进行又一次考察，并向地球发回了89幅月面全景图。

1969年5月，美国在“阿波罗计划”中开始月球车研制。1971年7月31日，“阿波罗15号”登上月球“雨海”地区的第二天，宇航员斯科特和欧文进行了航天史上第一次有人驾驶的月球车行驶。两名宇航员驾驶月球车行驶了27.9公里，



[17]

收集了77公斤月岩样品。

以后的“阿波罗”16号、17号携带的月球车，又分别在月面上行驶了27公里和35公里，除完成科学考察任务和收集月岩样品外，还利用月球车上的彩色摄像机和传输设备，向地球实时发回了宇航员在月面上活动的情景以及离开月球返回环月轨道时发动机喷气的景象。

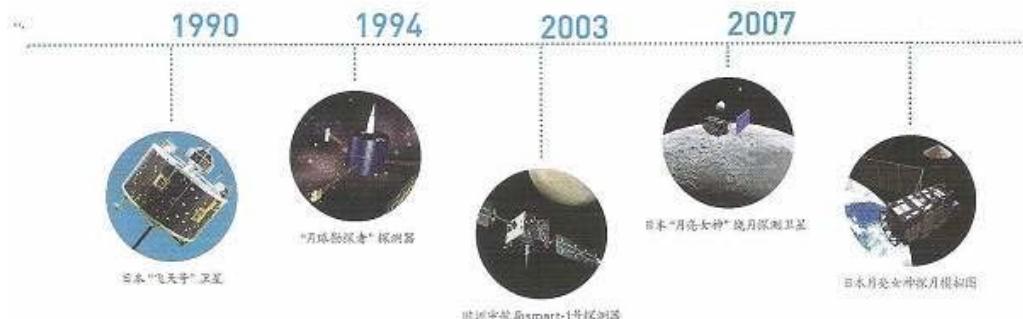
当然，在近50年的月球探测史上，人类也为这个执著的梦想付出了不菲的代价。美国进行的50次探月试验失败19次，俄罗斯（前苏联）有43次失败的记录。

在那个年代，美国和前苏联都在这场狂热的登月竞赛中投入了天文数字的资金和设备。当狂热开始降温以后，随即而来的，是长达20多年的沉寂。

二十世纪九十年代以后，全球范围内兴起了新一轮探月高潮，美、欧、俄、日、印等国家和组织都提出了庞大的探月计划。

1990年1月24日，日本发射“缪斯A”号卫星，进入太空后重名“飞天号”。这使日本成为世界上第3个探测月球的国家。“缪斯A”升空后向月球轨道释放了一个小型探测卫星，但很快就出现故障而告失灵。“缪斯A”绕地球飞行了一段时间后，最终在1993年4月坠毁在月球上，这一探月计划宣告失败。

1994年1月、1998年1月，美国又分别发射“克莱门汀”（Clementine）号、“月球勘探者”（Lunar Prospector）号，对月球地貌、资源、水冰等进行探索，地面专家通过仔细量度月球磁场及地心引力，证实月球两极可能有水源。



2003年9月27日，欧洲首个月球探测器“智慧—1号”（SMART-1）成功升空，实现欧洲首次探月之旅。经过13个月漫长飞行进入月球轨道，开始绕月环行。2006年9月3日，“智慧—1号”按预定计划受控撞月。

2007年9月，日本发射了首个月球探测器“月亮女神”号（又名“辉夜姬”），包括一个主轨道器和两颗小卫星。在顺利完成各项探测任务后，受控落月。目前，日本正在研制“月亮女神”二号月球探测器，拟调查月球表面的环境和地质构造。

2008年10月，印度发射“月船一号”卫星，获得了一批科学成果。但在轨运行不足1年与地面失去联系。目前，印度正与俄罗斯合作研制“月船二号”，计划在月球实现软着陆进行巡视探测，并采集月球土壤样本进行分析。

2009年6月，美国由宇宙神V401型火箭“一箭双星”，同时发射了“月球勘测轨道器”（LRO）和“月球坑观测和传感卫星”（LCROSS）。“月球坑观测和传感卫星”由“半人马座火箭”和“牧羊航天器”组成，在“半人马座火箭”撞击月球南极的凯布斯坑（Cabeus）后，“牧羊航天器”也受控撞击向月球。由撞击过程中采集的大量数据分析，证实了月球上确实存在水。

2011年9月，美国又发射了“圣杯号”月球探测器，以距地球约150万公里的第一拉格朗日点作为中转站，采取间接路线以较慢速度抵达绕月轨道，对月球重力场系统进行精细探测。我国的探月工程经过10年论证，于2004年得到国务院正式批准立项，分“绕、落、回”三个发展阶段分步实施。

2007年，探月一期工程成功发射“嫦娥一号”，实现了对月



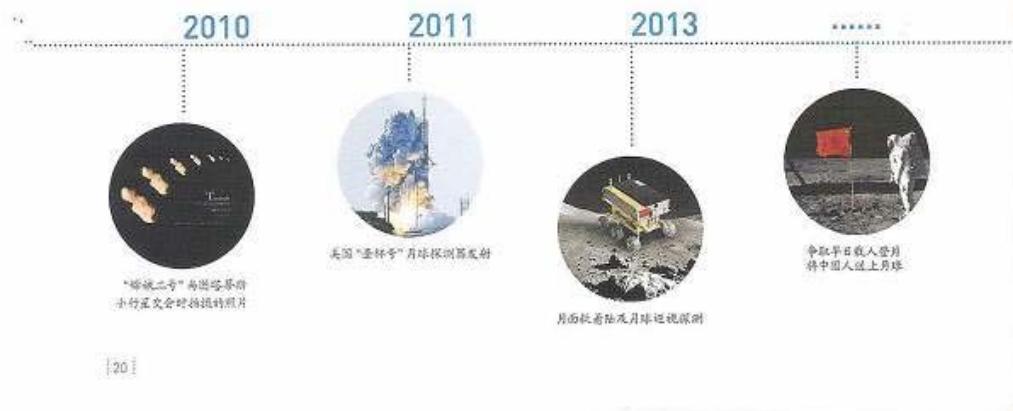
球全球性与综合性环绕探测，标志着我国进入世界具有深空探测能力的国家行列。

2010年，探月二期工程先导星“嫦娥二号”成功发射，为落月探测验证了部分关键技术，并超额完成多次拓展任务。

“嫦娥三号”任务主要目标是，实现月面软着陆并开展月面就位探测与自动巡视勘察。在国际上，这是第一个在首次月面着陆中又同步实施巡视探测的任务；首次实现我国航天器在地外天体软着陆；首次实现我国航天器在地外天体巡视探测；首次在我国航天器上采用放射性同位素热源和两相流体回路技术；首次突破低温推进剂运载火箭在多窗口、窄宽度发射和高精度入轨技术；首次研制我国大型深空站并初步建成覆盖行星际的深空测控通信网；

首次实现对月面探测器的遥操作；首次研制建设了一系列高水平特种试验设施，形成一系列先进试验方法；首次在国际上对月面开展多种科学探测。

随着科学技术的发展，人类重返月球的热潮兴起并开始研究建设永久性基地，新一代的月球车也将出现。从今天人类的交通工具，可以想象未来月球车的模样，包括一人乘坐的月球摩托、双座多用途高性能的小型月球车、客货两用的月球车、月球的拖挂车、月面轨道巴士等等。以上种种设想月球车都还在开发研制当中，但人类一旦踏上月球，在上面建立基地、开采资源，这些未来的月球车一定会在人们面前出现。到那时，乘上不同的月球车，人类可以实现漫游月球的理想。



“嫦娥二号”奔月塔架启  
动升空会师拍摄的照片

美国“好奇号”月球探测器发射

月面巡视着陆及月球巡视探测

争取早日载人登月  
待中国人登上月球