

我国空间科技发展的 第三个里程碑

欧阳自远（中科院院士、中国月球探测计划首席科学家）

月球是地球唯一的天然卫星，是离地球最近的天体。自古以来，她寄托着人类的美好愿望和浪漫遐想，见证着人类发展的艰难步伐，引出了许多神话传说与科学假说。月球也一直是人类密切关注和经常观测的天体，月球运动和月相的变化不仅对人类的生产活动发挥了重大作用，还对人类科学技术的发展和文明进步产生了广泛而深刻的影响。

月球探测是人类走出地球摇篮，迈向浩瀚宇宙的第一步，也是人类探测太阳系的历史开端。迄今为止，人类已经发射了 110 多个月球探测器，成功的和失败的各占一半。美国实现了 6 次载人登月，人类获得了 382 千克的月球样品。

当前，探索月球，开发月球资源，建立月球基地，已成为世界航天活动的必然趋势和竞争热点。我国在发展人造地球卫星和实施载人航天工程之后，适时开展了以月球探测为主的深空探测，这是我国科学技术发展和航天活动的必然结果，也是我国航天事业持续发展、有所作为、有所创新的重大举措。月球探测将成为我国空间科学和空间技术发展的第三个里程碑。

中国的月球探测，首先经历了 35 年的跟踪研究与积累。通过系统调研苏、美两国月球探测的进展，综合分析深空探测的技术进步与月球和行星科学的研究成果，适时总结与展望深空探测的发展趋势。在此基础上，又经历了长达 10 年的科学目标与工程实现的综合论证，提出我国月球探测的发展战略与远景规划，系统论证首次绕月探测的科学目标、工程目标和工程立项实施方案。2004 年初，中央批准月球探测一期工程——绕月探测工程立项实施。继而，月球探测二、三期工程列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》的重大专项开展论证和组织实施。中国的月球探测计划已正式命名为“嫦娥工程”，它经历了 2004 年的启动年、2005 年的攻坚年和 2006 年的决战年，攻克了各项关键技术，建立了运载、卫星、测控、发射场和地面应用五大系统，进入了集成、联调、试运行和正样交付出厂，整个工程按照高标准、高质量和高效率的要求，为 2007 年决胜年的首发成功，打下了坚实的基础。

月球探索太空的第一落点

人类自诞生以来，一直用迷惘的双眼审视那变幻莫测、广袤无垠的星空。在充满着美妙神话和斑斓遐想的同时，人们憧憬着一个共同的愿望：飞出地球、驰骋宇宙、漫游星际、寻觅新天地。

月球，作为迄今为止人类登上的惟一地外天体，既是人们最早关注、最为熟悉的天体，也是目前人类探测与研究程度最高的地外天体，而它也必将成为人类走向深空的中转站、科学研究的天然实验室、天文观测的新平台和开发利用太空资源的新基地。

中国的“嫦娥一号”月球探测卫星 10 月 24 日在西昌卫星发射基地顺利升空，在世界“重返月球”的进程中迈出了坚实的一步，奏响了我国航天事业深空探测的新篇章。

当代“嫦娥”，昨天华夏子民的梦想，今天中国人的追求，明天中华民族的骄傲。

一期工程：绕月飞行

“嫦娥一号”探月卫星于 2007 年 10 月 24 日由长征三号甲运载火箭携带，从西昌航天发射中心发射升空。火箭分离后卫星进入地球轨道，绕地球运转 3 圈，做加速运动。在此期间，根据飞行状况实施 2-3 次轨道修正，以保证正确进入月球轨道。卫星进入绕月轨道后，仍将围绕月球极地轨道转 3 圈，稍微调整才进入预定工作轨道。

“嫦娥一号”选用的有效载荷包括 CCD 立体相机、激光高度计、成像光谱仪、伽玛/X 射线谱仪、微波

探测仪和空间环境探测仪等。探测数据将同步由卫星传回地面用于科学研究。

月球探测一期工程的实现，将突破地月飞行轨道设计与制导控制、远距离测控通信、热控等关键技术，并将获取大量月球的科学探测成果。

二期工程：软着陆及自动巡视勘察（2012 年实施）

探测设备将由新型运载火箭直接运送到地月转移轨道。探测器将携带巡视探测器着陆。着陆后首先展开太阳能电池板和天线，随后利用 CCD 相机获取月面影像。随后，着陆器释放巡视探测器。

巡视探测器携带的测月雷达将在巡视的过程中首次探测月壳岩石结构，并用机械臂对月岩进行显微研究。

当着陆区的月面进入黑夜，气温下降到零下 180℃，持续时间长达约 14 个地球日，着陆器和巡视器将进入休眠状态，关闭并收起所有展开的设备。当太阳重新升起，光照、温度条件满足工作仪器工作环境时，着陆器和巡视器将被地面唤醒，转入正常工作模式。

探月二期工程将突破地外天体的着陆技术，进行日-地-月空间环境监测与月基天文观测。

三期工程：月球样品自动采样返回（2017 年实施）

带有着陆器和返回器组成的探测器在月面着陆。着陆后利用机械臂进行采样，返回器携带样品在月面起飞，进行适当的轨道修正后，发动机再次点火进入返回轨道，在地球附近返回舱与返回器分离。返回舱进入地球大气层，经过降落伞减速后，安全携带月球样本着陆。

月球探测工程是在应用卫星和载人航天技术取得成功，中国航天事业发展的又一个里程碑。它将使中国的航天技术水平再次得到很大的提升，并填补中国在行星探测方面的空白。而月球探测工程所带动的信息技术、新能源技术、新材料技术等其他高新技术的发展，又将对中国经济的发展起到促进和推动作用。

“嫦娥工程”标识



中国书法的笔触勾勒出一弯明月，月儿怀抱一对清晰的脚印，象征着中国探月的终极梦想。起笔处自然形成的龙头，象征中国航天事业宛如巨龙腾飞；收笔处一群自由飞翔的和平鸽，表达了中国和平利用太空的美好愿望。

星月计划 各领风骚

深空探测是航天活动的重要组成部分，是人类进入太空时代后开拓知识与认识宇宙的最前沿。

21 世纪，从认识宇宙本质、测绘宇宙结构、监测宇宙变化、进而开发利用宇宙资源这一目的出发，各空间大国已经打响了以月球、火星探测为主旋律的深空探测新一轮竞争。

美国“新太空计划”：探月领跑

1995 年，美国推出了面向 21 世纪的月球探测长远计划——“新太空计划”，主要内容包括：用机器人对月球进行探测；重新载人登月，在月球上建立适于居住的前哨站，安装科学仪器、月球取氧装置等；建成第一个具有生命保障系统的受控生态环境的月球基地，在月球基地进行月面建筑、运输、采矿、材

料加工和各项科学研究。

“新太空计划”将分四个阶段实施——

第一阶段：2004 年年底前重新发射航天飞机，并完成在国际空间站的任务。

第二阶段：2010 年前停止使用原先的航天飞机，研制名为“乘员探索飞行器”的新一代飞船。2008 年前首次试验这种新型飞船，2014 年前首次发射。2008 年前将无人驾驶的探测器送上月球。

第三阶段：2015 年至 2020 年间，美国宇航员重返月球，并在那里建立月球基地。

第四阶段：2030 年后，将宇航员送上火星。

欧空局“智慧 1 号”：撞月先锋

早在 1994 年，欧洲空间局就提出了重返月球、建立月球基地的详细计划。1994 年 5 月，欧洲空间局成立了月球研究指导小组，提出了今后应加强月球探测与研究的三个主要方面或领域——

一、月球科学研究领域。主要包括发射月球极地卫星，获取和研究高分辨率的月面地貌、化学和地质图像；设立月面站和机器人系统，测量月岩化学成分和矿物成分；采集月球样品，用于地面研究；设立月球前哨基地。

二、以月球为基地的科学观测。在月球表面建立紫外、红外和亚毫米干涉仪，改善角分辨率和灵敏度，安装甚低频段天线，进行全方位的天文观测和监测地球的地质、构造及环境。

三、建立生命科学研究基地。探索月球表面生存环境的形成，开展低重力、无磁场条件下人的生理变化等航天医学工程研究。

为实现这些目标，欧空局初步提出并制定了分阶段的月球探测计划及设想。

“欧洲月球 2000”计划 包括一个月球环绕卫星（MORO）和一个月球着陆探测器（LEDA）。这一计划原定在 21 世纪初发射，后因各方面原因被推迟。

“智慧 1 号”月球探测计划 “智慧 1 号”（SMART-1）是欧空局第一个月球探测器，其主要目的是试验利用太阳能电推进技术，同时也试验探测器和仪器的其他新技术，收集月球地质、地貌、矿物和近月空间环境等科学数据。“智慧 1 号”已于 2003 年 9 月 27 日发射，并取得计划中的成果。从 2005 年 8 月初开始，“智慧 1 号”进入科学探测寿命的延续期。2006 年 9 月 3 日，“智慧 1 号”按计划主动撞击月球，结束使命。

“曙光计划”继 2004 年 1 月 14 日美国宣布新太空计划之后，欧空局于 2004 年 2 月提出了“曙光计划”。尽管该计划是以火星探测为主线，但月球探测活动起着至关重要的作用。该计划中与月球探测相关的主要部署为：

2020 年前，进行一系列不载人的月球探测，包括月球轨道探测、月面软着陆和月球车勘测。

2020 年至 2035 年载人登月，建立月球基地。

2035 年以后，实现载人火星探测。

“曙光计划”与美国的新太空计划有异曲同工之处，即都是以月球探测为技术演练，在建立月球基地、开发月球资源基础上，以月球基地为空间跳板平台，实施载人登火星。

日本“月之女神”：亚洲争先

20 世纪 80 年代以来，日本在空间探测器的发射和遥感器的研制方面都实现了质的飞跃，成为国际空间技术的后起之秀。1990 年 1 月，日本发射了“飞天号”月球探测器，它发回了有关轨道、光学导航和星载容错计算机的数据，与慕尼黑技术大学的一项联合实验检测了宇宙尘。1992 年 2 月，“飞天号”释放了重 12 千克的月球轨道器“羽衣号”，它一直工作到 1993 年 11 月后坠落在月球表面。这一切标志着日本已经成为新兴的空间大国，并成为美、苏之后的第三个“月球国家”。

日本近期主要的月球探测计划有：

1、“月球 A 号”计划

“月球 A 号”是日本第一个真正的月球轨道飞行器，它由一个轨道器和 2 个穿透器组成，主要任务是进行月球成像、监测月震、测量月球表面的热性能与热流量、研究月核与月球内部结构。

在多次从月旁飞越之后，“月球 A 号”先进入近月点 40 千米的椭圆轨道，一个多月后，从近月点附近向月球分别投放 2 个穿透器。穿透器重约 13 千克，撞月面速度约 285 米/秒，它可以穿透到距月球表面 1-3 米深的地方。穿透器布署完成后，“月球 A 号”机动上升到 200 千米高的圆形成像轨道，每隔 15 天从穿透器上飞过一次，此时，存储在穿透器存储器中的数据信息将被传送至“月球 A 号”。

遗憾的是，“月球 A 号”计划因技术问题先是从原计划 2000 年发射延迟为拟于 2004 年发射；最后又因研制的设备都已老化不能确保可靠运行，于 2007 年宣布停止执行该计划。

2、“月神号”计划

该计划的英文名 SELENE（月之女神），是 SELEnological and Engineering Explore（月球工程探测器）的缩略词，是日本 30 年内建立月球基地工程的第一部分，主要任务包括为判断月球上是否曾经存在岩浆海洋寻找确切证据、分析月球的磁场状态、为月球上是否存在水寻找答案等。

“月神号”原计划于 2004 年发射，后多次推迟，最后于 2007 年 9 月 14 日在日本种子岛宇宙中心发射并顺利升空，踏上探月征途，夺得亚洲先机。

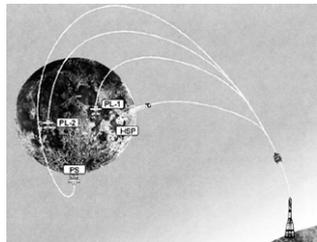
3、日本宇航局中长期规划

“月亮女神”进入绕月轨道是日本的“一大步”，而“一大步”的后续还有一个雄心勃勃的月球计划。在日本宇航局中长期发展规划中，月球探测是其深空探测活动的第一、也是最重要的选择。除了开发出世界上可靠性最高和竞争力最强的火箭和人造卫星，并为日本独立地开展载人活动和利用月球作准备之外，还将利用尖端技术开展月球探测活动；约在 20 年后，通过国际合作将在月球上建立可供更多人活动的基地。

俄罗斯“全月球探测计划”：全面撒网

苏联曾是无人月球探测的先锋，但随着载人月球探测的失败以及苏联解体，这种探测活动已搁置多年，加上经济等因素，俄罗斯官方一直没有正式的独立月球探测计划。

2004 年，俄罗斯科学家提出了一个“全月球探测计划”。这一计划虽迄今未得到俄罗斯官方的正式确认，但的确引起了俄罗斯各方以及国际社会的极大关注。最近，俄罗斯空间局在一次国际合作中提出了一项长达 30 年的月球探测计划，实际上就沿用了“全月球探测计划”的很多内容。（见下图）



俄罗斯“全月球探测计划”：
图中 PL-1 和 PL-2 代表 2 个
穿透器，HSP 代表月震网络
高速穿透器，PS 代表月球基
地

这项持续 30 年的探测计划已进入初步设计阶段。它将在月球表面不同地区同时部署 13 个探测器，其中将有 2 个穿透器射向“阿波罗 11 号”和“阿波罗 12 号”飞船的着陆地点，在 37 年前美国宇航员载人探测和仪器探测的基础上，获取亚表面数据。另有 10 个高度穿透器散布在月球表面，构成一个月震网络，用于收集有关月球起源的证据。穿透器的母舱将向月球南极月坑释放一个软着陆器，搜寻水冰的证据，为美国将于 2008 年在同一地区实施的撞击探测器任务补充数据。

这项月球任务是俄罗斯将于 2012 年开始实施的航天规划的一部分。通过这项月球飞行任务，俄罗斯最终将与美国、一些欧洲国家、中国、印度和日本一起，加入到新的月球探索中去。

印度“月船 1 号”计划：正式启动

近年来，印度已经成为迅速崛起的空间国家，在月球探测方面也已制定极具雄心的计划。

在经历了是否要开展月球探测活动的长期争论之后，1999 年 10 月，印度空间研究组织主席卡斯图里朗安在印度科学院组织了一次专门研讨会，讨论月球探测的科学目标和探测仪器需求。2000 年 2 月，印度太空航行学会组织专家讨论月球探测的可行性。随后，印度空间研究组织启动月球探测工程的预先研

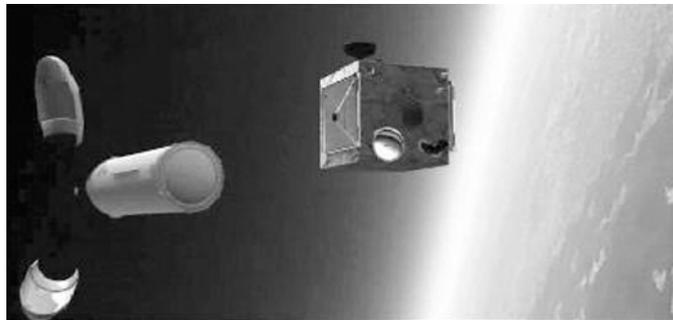
究。月球探测的预研报告很快得到印度内阁的认可，印度的月球计划正式启动。

印度的月球探测器命名为“月船 1 号”，计划于 2008 年上半年发射，卫星设计寿命为 2 年。“月船 1 号”立项启动后，印度还推出了后续的探月计划，包括进行载人登月和带回月壤标本。

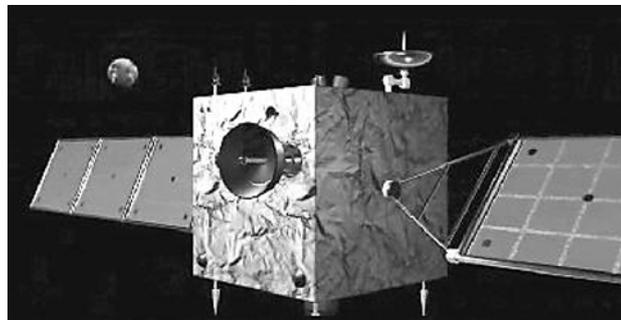
“嫦娥工程”三步曲



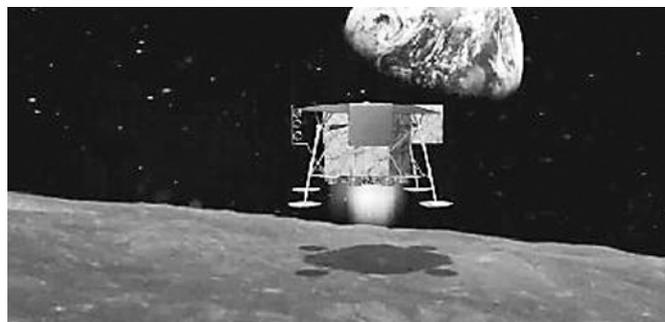
绕 “嫦娥一号”由“长三甲”火箭发射升空



星箭分离



卫星搭载的 CCD 立体相机、激光高度计、微波探测仪等科学仪器



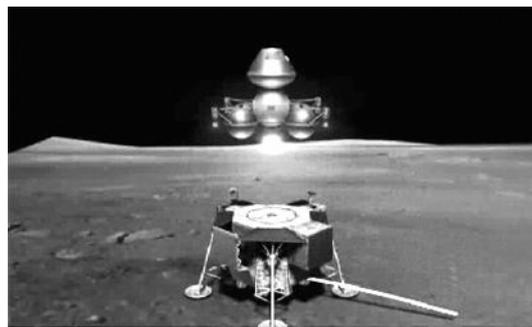
落 探测器由新型运载火箭送到地月转移轨道后着陆月球



着陆器释放所携带的巡视探测器



巡视探测器将首次探测月球岩石结构，并用机械臂对月岩进行显微研究



回 返回器携带样品在月面起飞



在地球附近返回舱与返回器分离



经降落伞减速，返回舱安全着陆