



空天传奇系列科普丛书

丛书主编 周日新

探访宇宙

——人类使者的出巡

庞之浩 车晓玲◎编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



空天传奇系列科普丛书

丛书主编 周日新

探访宇宙

——人类使者的出巡

庞之浩 车晓玲◎编著

北京航空航天大学出版社

内容简介

无限宇宙，无限奥妙。地球是人类的摇篮，人类一直生活在这个摇篮中，但是人类不可能永远生活在摇篮中。探索宇宙是人类永恒的梦想，为了实现梦想，人们借助现代科技的力量，不断向深空进发，取得了显著的进展。那些承载着人类梦想的空间探测器揭开了多少未知的宇宙秘密，空间探测器的艰难研发和远航中又发生了多少离奇的故事，神通广大的它们又拥有怎样超人的本领，取得了哪些不为人知的辉煌成果？本书将选择大家广为关注的典型空间探测器和空间探测计划，逐一介绍发生在它们身上的曲折离奇的故事，并用科学的方法简要分析这些故事的科学缘由，将严谨的航天科技知识和生动的深空探测故事有机结合起来，使青少年在轻松阅读中收获丰富的知识。

图书在版编目(CIP)数据

探访宇宙：人类使者的出巡 / 庞之浩，车晓玲编著

—北京：北京航空航天大学出版社，2016.1

ISBN 978-7-5124-2005-2

I. ①探… II. ①庞… ②车… III. ①航天探测器—普及读物 IV. ①V476.4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 314818 号

版权所有，侵权必究。

探访宇宙 ——人类使者的出巡

庞之浩 车晓玲 编著

责任编辑 陈守平

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号 (邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话：(010) 82317024 传真：(010) 82328026

读者信箱：goodtextbook@126.com 邮购电话：(010) 82316936

中国铁道出版社印刷厂印装 各地书店经销

*

开本：700×1000 1/16 印张：12 字数：288 千字

2016 年 1 月第 1 版 2016 年 5 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5124-2005-2 定价：34.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题，请与本社发行部联系调换。

联系电话：010-82317024

编委会

主 任：刘嘉麒

编 委：（按姓氏笔画排序）

王直华 王渝生 尹传红 石顺科
朱毅麟 刘大响 刘德生 孟东明
陈芳烈 张聚恩 周日新 居云峰
戚发轫

丛书主编：周日新

作 者：（按姓氏笔画排序）

王宏亮 王钟强 车晓玲 石 磊
李 杰 李成智 周日新 庞之浩
顾世敏

总 策 划：赵延永

编 辑：赵延永 胡 敏 蔡 喆 陈守平

天外有天

《空天传奇系列科普丛书》序

自古以来，人类一直对天空充满着神秘感，寄托着飞天的企盼，于是发明了风筝、热气球、飞艇、滑翔机、飞机、直升机、火箭、卫星、飞船……一步步腾空而起，一程程远走高飞，从地球到宇宙，在浩瀚的天空翱翔，不仅能“坐地日行八万里”，一天绕地球一圈，还能挣脱地球的引力，将人送入远离地球 300 千米以上的太空，在那里遨游，停留……从第一个驾机腾空的莱特兄弟，到发明喷气式发动机的欧海因、惠特尔，从第一个进入太空的加加林到中国航天第一人杨利伟……人类在探索空间的征程中，创造了无数奇迹，留下了许多惊心动魄、感人至深的故事。天外有天，地外有地，天有多高，梦想就有多远，探索空间的征程永无止境。航空航天始终是探索宇宙的急先锋，是人类最伟大、最光荣的事业。

人们通常把地球表面以上的大气层空间称为空，在这部分空间的航行称为航空；而把地球大气层以外的广大空间称为天，在近地球和地球以外宇宙空间的航行称为航天，有时也称为航宇。可见，航天比航空的范围要大得多。无论是航空还是航天，都需要高度复杂精准的飞行器，它需要特殊的材料，特殊的设计，特殊的加工制造，以适应特殊的宇宙环境，并保持与地面联系的畅通。可想而知，每个飞行器都包含着无数的奥秘：为什么数百吨的飞机能够在高空飞行？为什么宇宙飞船可以在漫无边际的天河里行舟？空中旅行与地面旅行有什么不同？在失重环境下，人们是怎样生活的？……

为了揭开这些引人入胜的奥秘，北京航空航天大学出版社邀请国内一批知名专家和科普作家，创作了“空天传奇系列科普丛书”。作者们以独特的视角选取了航空航天中颇有代表性的八个主题，从不同的方面展现了航空航天的迷人世界，把载人航天器的今生来世徐徐道来，航母舰载机的非凡战绩活灵活现，既显示了空中旅行的快捷与舒适，也抒发了出使宇宙的神奇与豪迈。我作为探索自然奥秘的痴迷者，被空间科学的博大精深和这套丛书的丰富内容深深地吸引，也被航空航天人的博大胸怀和大无畏精神所感动。期待着这套丛书早日与读者见面。

中国科普作家协会理事长
中国科学院院士



主编序

1897年，巴西青年桑托·杜蒙坐在气球下用柳条制成的吊篮里，抓起一个沙袋扔下后，气球系着吊篮冉冉升空，杜蒙感觉周围的空气好像静止不动，随着气球一起上升着。他完全痴迷了，升空是如此快乐，好像不是气球在上升，而是大地在下沉！

1963年，美国飞行员瓦尔克驾驶飞机升上107.9千米高空，成为名副其实的驾驶飞机的航天员，他经历了3分钟失重的感觉，体验到脱离地球桎梏的喜悦，看到了置身美丽太空似被蓝白色彩带所包围着的弯弯的地球！

人类关于航空航天的梦想源远流长，而航空航天之魅更是无与伦比，无数人为之痴迷，为之奋斗，不惜牺牲生命。千百年的努力，成就了今天航空航天事业的辉煌。

航空实现了人类自古就有的升空梦想，航天更是让人类迈出了走向太空的重要一步。

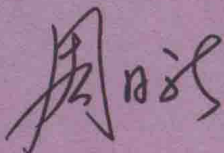
今天，航空航天仍是神秘的高科技领域，人们对航空航天的好奇心有增无减。人类进军航空航天的势头更为强劲。航空航天又是现代国防的重要组成部分，随着我国各种新型号战机和大型客机的推出、航空母舰的服役和载人航天的发展，航空航天正在走向大众，大众也迫切需要了解航空航天的前世今生，普及航空航天知识不仅可以满足人们的好奇心，还将对我国的国防事业起到积极的推动作用，可促使更多优秀的青少年投身于祖国的航空航天事业。

2003年飞机诞生100周年之际，北京航空航天大学出版社邀我主编了一套10册的“百年航空系列科普丛书”，在社会上产生了一定的影响。13年后的今天推出的“空天传奇系列科普丛书”则吸收了航空航天领域的最新成果，内容更为翔实，故事更为生动，装帧更为精美，力争给读者一个全新的感受。

本丛书共8册，均由资深航空航天科普专家撰写，内容涉及航空器设计、航空史第一次、航空动力、空中旅行、航母舰载机、载人航天器、探访太空、拓荒宇宙诸领域，记述了航空航天发展的前世今生以及为之拼搏的探索者，可以说是最新版的航空航天概览。

愿此丛书能够给青少年航空航天爱好者和广大读者带来知识与愉悦。

丛书主编



作者自序

长久以来，探索未知神秘的浩瀚宇宙是人类的不懈追求。空间探测器是目前探测宇宙的利器，它用于飞往地外星球进行近距离观测、就地考察甚至采样返回地球，因而能获得大量科学信息，帮助人类研究太阳系及宇宙的起源、演变和现状，认识空间现象和地球自然系统之间的关系，并为人类今后开拓更为广阔的疆域打下基础。

从1958年8月美国发射第一个月球探测器“先驱者”0号开始至今，人类迈向太阳系空间的探测活动已近60年，探测了月球、火星、金星、木星、水星、土星、天王星、海王星、彗星和小行星等，其中，“旅行者”1号于2012年第一个进入星际空间；“新视野”探测器于2015年在全球首次探测了至今距地球最远的星球——冥王星。空间探测器还实现了月球、火星、金星、土卫6、小行星着陆，以及从月球、小行星、太阳风粒子和彗星粒子采样返回。

通过空间探测器，人类取得了巨大成果，初步揭开了月球和太阳系各大行星的奥秘，回答了过去天文学家们争论不休的许多不解之谜，推动了对太阳系和生命起源与演化规律的研究，深化了对人类生存环境的理解，促进了人类文明的持续发展。

进入21世纪后，空间探测器技术取得了飞速发展，研制和发射空间探测器的国家也越来越多，因而获得了大量新的发现，取得了前所未有的科学和技术成就。

目前，全球空间探测活动的重点领域包括月球探测、火星探测、水星与金星探测、巨行星及其卫星探测、小行星与彗星探测。到2015年年底，全球共实施了约131次月球探测任务，43次火星探测任务，41次金星探测任务；8个探测器探测了木星，4个探测器探测了土星，2个探测器探测了水星；探测小行星的任务有6次，探测彗星的任务有7次。

未来，月球与火星探测仍为全球空间探测的两大重点目标，小行星探测成为空间探测领域的另一个热点；木星和土星系探测将成为深空探测的下一个远大目标；更多国家将参与深空探测活动，全球深空探测任务趋向采用国际合作模式。

空间探索永远充满着风险与挑战，更有新的奥秘等待解答。尽管宇宙探索的道路崎岖不平，但人类走出地球，探索和利用太空的步伐永远不会停止。

庞之浩

目 录

第一章 月球探测 高潮迭起

欧洲智慧首用电推	2
日本女神一分为三	7
印度月船依赖合作	12
美国撞月撞出水冰	18
一对圣杯寄托哀思	24
嫦娥姐妹光彩照人	30
玉兔落月创造奇迹	36
探测月球的吸尘器	44
跳跃式地返回地球	50

第二章 类地行星 备受青睐

延年益寿的双胞胎	60
最佳人造火星伴侣	66
凤凰极地浴火重生	71
探测器坟场埋了谁	76
新颖的空中起重机	82
金星快车技压拂晓	88
首次到水星的信使	94

第三章 路程遥远 取经艰难

旅行者飞出太阳系	102
因公殉职的伽利略	108
卡西尼释放惠更斯	114
朱诺环游探测木星	120
太空扬帆绿色宇航	126
新视野飞掠冥王星	132

第四章 揭秘彗星和小行星

太空中的深度撞击	140
星尘带回彗星样本	146
菲莱率先登陆彗星	152
隼鸟排除万难回家	160
一石二鸟的黎明号	165
应对小行星撞地球	170
开发和捕获小行星	175

第一章

月球探测 高潮迭起



欧洲智慧首用电推

2006年9月3日，欧洲“智慧”1号（音译叫“斯玛特”1号）绕月探测器，在即将寿终正寝之时，受控撞击了月球表面的预定地点，宣告历时3年多的欧洲首次探月计划终于圆满结束，而“智慧”1号这“舍命”一撞，也给平淡的探月增添了几分悲壮的气息。

创造多个第一

2003年9月27日，欧洲航天局成功发射了第1个绕月探测器——“智慧”1号，这是21世纪人类发射的第1个月球探测器，也是世界上第1个正式应用太阳能电推进系统飞向月球的空间探测器。该绕月探测器于2004年11月15日进入月球引力作用范围，然后不断调整位置，最终进入近月点300千米、远月点3000千米的椭圆形极月轨道。



欧洲“智慧”1号扫描月面

欧洲“智慧”1号绕月探测器的全名叫小型先进技术研究任务1号（Small Mission for Advanced Research in Technology-1），由于其缩写SMART正好是智慧的意思，而且其性能优异，所以大家都叫它“智慧”1号。

造价约1.1亿欧元的“智慧”1号是欧洲航天局“小型先进技术研究任务”系列计划中的第1个研究项目。为了节约空间和降低成本，“智慧”1号全部由低成本、小型化的尖端技术部件构成，大小类似于洗衣机，但技术含量非常高，充分体现了欧洲航天局“更小型、更便宜、更先进”的航天器设计理念。

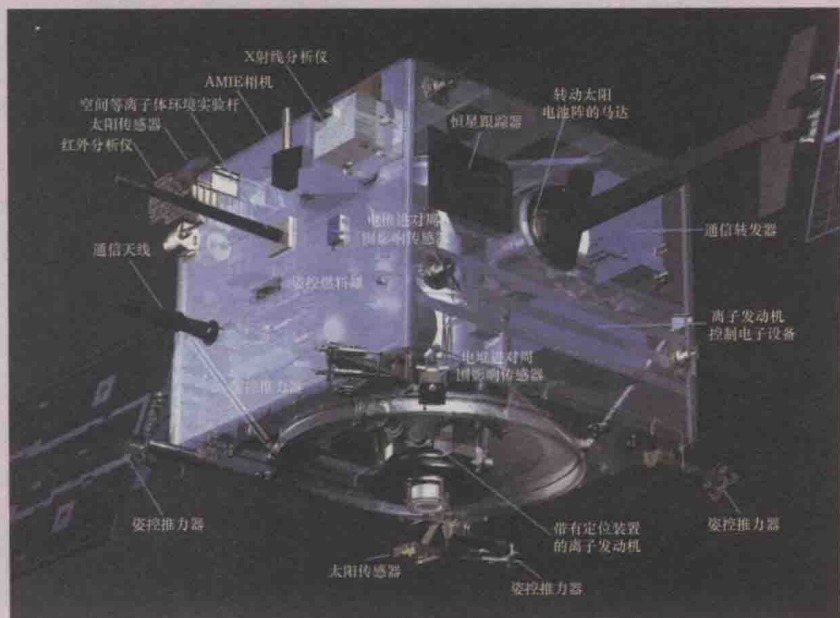
“智慧”1号的起飞质量只有370千克，其中的有效载荷质量仅为19千克，是常规科学探测仪器的1/10，称得上“小而精”。这些有效载

1958—2015年，世界上共进行了131次月球探测活动，其中，美国开展了59次，苏联64次，中国4次，日本2次，欧洲航天局、印度各1次。以上成功或基本成功68次，失败63次，成功率仅52%。

荷包括测绘月面地形的先进月球成像实验仪、寻找水冰的“智慧”1号红外光谱仪和研究月球表面主要化学成分的小型X射线光谱仪等7台仪器，它们都顺利完成了预定的科学任务。其中分辨率约为30米的先进月球成像实验仪每个星期拍摄大量图片并传回地球，质量仅为3千克的小型X射线光谱仪后来还用于2008年发射的印度“月船”1号绕月探测器。

四种观测模式

“智慧”1号原定的工作寿命为6个月，后来又延长了1年。在轨运行期间，它采用了四种观测模式：天底点观测、特定目标观测、月球定点指向观测和推扫观测。该绕月探测器围绕月球轨道飞行了2000多圈，运行期间只用7名全职人员进行监控。



“智慧”1号绕月探测器结构图

在轨工作期间，“智慧”1号对月球表面进行了全面观测，共传回了2万多张月球表面图像，清晰度相当高。这些数据资料可帮助科学家追溯月球表面地理形态的演化过程以及月球的起源。一般认为，月球诞生于几十亿年前一个天体对地球的剧烈撞击，但“智慧”1号获得的数据对这种理论提出了疑问。另外，该绕月探测器上的小型X射线光谱仪首次获得了构成月球矿物的全部主要元素，使人类对月面物质构成有了新认识。

“智慧”1号上的小型X射线光谱仪首次清晰地观测到了月球表面的钙、镁等矿物质；绘制出了当时最详细的月球元素和矿物分布图及月

球表面的整体外貌图，其中包括过去缺乏了解的月球不可观测面和极地概貌，使科学界第1次发现月球极地与赤道区域的许多不同地质构造，也让人类第1次发现月球北极附近存在一个“日不落”区域，那里有望成为建设人类定居点的理想场所。

2006年9月4日，科学家展示了一张“智慧”1号垂直拍摄月球南极艾特肯盆地的拼接照片。它是在光照条件良好的情况下拍到的，涵盖了盆地内部长约400千米的区域。该盆地是太阳系里已知的、最大且最古老的陨石坑，探测它有助于科学家研究月球的地理形态、地质构成和演化历史。科学家还展示了一张“智慧”1号拍摄的月球北极的拼接片，它对了解该地区的光照条件非常有价值，有助于未来登陆月球和为基地建设选址。

没能打出水漂

在出色完成预定任务后，欧洲航天局决定让已到寿命末期的“智慧”1号“以身殉职”，用剩余燃料完成最后的撞击任务，从而了解月球土壤浅层尘埃的成分。

用“智慧”1号撞击月球对于欧洲来讲是第1次，难度极大，需要做一系列准备工作。之所以选择在2006年9月3日撞击月球中纬度区域的卓越湖火山岩平原，主要原因有：①那里具有月面矿物不均匀的特征，土壤里矿物质呈现多样性，可以提供关于月球物理和矿物质的更多数据，研究价值较高；②能获取更多的有关月球的高分辨率照片，使科学家获得最优的科学数据；③撞击发生时，撞击点位于月球的近地点，且处于黑暗之中，接近月球上的明暗界限（即划分月球光面和夜面的分

界线），撞出的尘埃可被地面反射的太阳光照亮，所以十分有利于地面观测；④“智慧”1号上的燃料已全部用完。

如果任由“智慧”1号在月球轨道上飞行，它会在2006年8月17日自然坠落在月球背面，因而无法观测。为此，2006年6月19日—7月2日，欧洲对“智慧”1



“智慧”1号所撞击的月球位置（红色标记）

撞击式探测与早期的硬着陆不同，是一种新兴起的探测方式，主要用于探测地外星球的内部结构和组成，并可以发挥探测器在寿命末期的余热。

号进行了一系列轨道机动调整，以避免它在不利于科学研究时与月球相撞，同时也能稍微延长探测任务。到9月2日之前，又进行了多次机动，以调整其飞行路线和高度，为撞击做最后的准备。

“智慧”1号是在其到达正常近月点前46秒（约90千米）撞击到月面（近月点位于撞击位置以南）的，并首次创新性地使用了“打水漂”的方式进行撞击。它以7200千米/小时的水平速度、70千米/小时的垂直速度撞击月面，最终在月球表面撞出一个直径3~10米、深1米的坑。

采用“打水漂”的方式进行撞击是为了在探测器接近月面的过程中，用“智慧”1号上的先进月球成像实验仪近距离“斜视”月球特定区域，获得月球表面这一区域的高清晰度三维图像。此前，只能获得相同区域垂直拍摄的照片。另外，在绕月球飞行的最后几圈，包括小型X射线光谱仪和“智慧”1号红外光谱仪在内的探测器上的其他仪器，都能从非常低的高度上对月面某些区域进行详细的观测。

“智慧”1号撞月时的角度为 1° ，撞击时出现了一次小闪光，激起了高达10千米左右的大量尘埃，观测这些尘埃有助于科学家研究月球表面的化学成分、月球的起源和演化等。不过，在撞击过程中没有观察到此前估计的在月面多次弹跳的“打水漂”现象。

探测最大亮点

从南非到爱尔兰，从南美洲到夏威夷，全世界的许多天文学家和大部分地方的天文爱好者都成功地用地面观测设备观测到了这次撞月奇观，1颗2001年入轨的瑞典科学卫星——“奥丁”也进行了在轨监测。



“智慧”1号撞击月球时在夏威夷用3.6米红外望远镜拍摄的照片

“智慧”1号撞起的尘埃遮挡了部分月面，持续时间长达5~10分钟。观测和分析撞击发出的闪光，可以深入了解撞击的物理机制、月球表面性质和撞击过程中探测器的运动方式等。这些数据对未来的月球探测计划具有重要的参考价值，如用于月球表面的物理学研究，即研究撞

1999年7月31日，美国让寿命末期的“月球勘探者”，携带着美国天文学家苏梅克的骨灰，撞击了月球南极一座环形山内侧的山壁，以便将其遗愿永留月球；同时利用撞击的高温把游离存在于月球土壤和岩石中的冰汽化，并挥发出来，从而确定是否存在水源。这是人类首次采用撞击式探测。但遗憾的是，实施撞击后来观测到有水蒸气出现，原因可能有三：一是撞击力太小；二是没有撞到有水冰的地方；三是没有水冰。此后，人类继续探测，目前数据表明，月球上确有很多水冰。

欧洲原定在2019年发射新的月球探测器，它将在月球的南极登陆，目的是寻找月球上的水源，为未来完成载人登月任务的航天员提供生存资源，同时为人类移居月球铺平道路。此外，还要演示验证多项新技术，了解月球地质历史。但该计划可能因为经费不足而落空。不过，欧洲航天局现正拟用3D打印技术建造月球基地，欧洲已用1.5吨的模拟月壤造出了一块基地建材样品，如能进一步解决相关问题，建造月球基地的宏伟工程将变得更加简单。

击后喷射出的月球表面物质的种类、数量、质量、动力学表现以及所蕴含的能量等，还有可能探测到从月面下掘出的浅表物质；利用收集到的由溅起物发出的特定辐射信息（光谱）分析月面的化学



“智慧”1号上的离子发动机

特性；进行技术评估，为今后探测器撞击地外星球积累数据和经验。

这次撞击没有对月球造成大的“伤害”。“智慧”1号以70千米/小时的垂直速度撞击月球，这是有史以来各类物体撞击月球中“最温柔”的一次，仅相当于质量为2千克的陨石撞出10米宽的“伤痕”，而通常自然天体撞击月球的速度能达到70千米/秒。目前，月球上已经有10万个直径达到4千米的陨石坑，而且基本上每天都有小天体撞击月球，这些撞击在月表形成的坑与“智慧”1号撞击月表形成的坑大小差不多。另外，“智慧”1号推进器中剩余的肼燃料会在撞击时全部燃烧掉，因此不会对月球造成污染。

“智慧”1号每绕月球一圈平均拍摄约100张月面照片。在围绕月球运转的最后几圈里，甚至撞上月球的前一刻，该空间探测器还在持续发回高分辨率月面特写。不过，其最大亮点既不是它所完成的科学任务，也不是最后的撞月，而是成功试验了太阳能氙离子电推进系统。这一推进系统具有节省燃料、工作时间长和振动小的优点，只消耗氙约60升，工作时间却长达3年多。

电推进系统比目前标准化学推进系统的效率高10倍，具有比冲高、推力小、质量小和消耗工质少的特点。但是由于电推进系统推力小，加速度只有0.2毫米/二次方秒，所以要使探测器提高到预定的速度需要经历漫长的飞行时间。

“智慧”1号还第1次在空间探测器上正式应用激光通信技术，证明该技术在探测器高速、远距离飞行时也同样可靠；同时试验了自主导航等技术，这对空间探测也很重要。

日本女神一分为三

在月球表面有大量的氦3，这种在地球上很难得到的资源是清洁、安全和高效的核聚变发电燃料。月球上还蕴藏着100多种丰富矿物，其中有5种是地球上没有的。资源匮乏的日本“觊觎”月球多年，早就着手研制新型月球探测器了。2007年9月13日，日本“月女神”1号终于升空。其最大特点是由1个主探测器和2个子探测器组成，它们在进入月球轨道以后竟然一分为三，各显神通。“月女神”1号探月计划是继美国“阿波罗”计划之后最大的月球探测项目。

探月的变形金刚

“月女神”1号探月计划最早始于1999年。当时受到美国“阿波罗”登月计划的启发，还有宇宙探索的需要，日本专家暗自综合了当时最新的开发技术，尝试开发最先进的新型月球探测器。经过多年的努力，“月女神”1号的研制终于



日本“月女神”1号探月示意图

在2006年10月中旬进入最后调试阶段，但比预定时间已延后了4年。

“月女神”1号绕月探测器是个体形魁梧的“大个子”，质量是3吨。由于可一分为三，所以有点类似变形金刚。其主探测器用于观测月球的表面元素和矿物分布、表面和亚表面结构、重力场、剩余磁场以及高能粒子和等离子体环境；其干涉测量子探测器用于测量月球的精确位置和运行轨迹以测量月球重力场；其中继子探测器用于保障主探测器与地面

的通信，并中继主探测器 and 地面站之间的多普勒测距信号，其上的差分甚长基线干涉射电源还和干涉测量量子探测器一起用于精确地确定月球的重力场。这是世界上首次直接测量月球背面的重力场。



“月女神”1号主探测器顶部安装的2个量子探测器

“月女神”1号

在离月球大约2400千米的椭圆形轨道上运行时，先释放中继子探测器，使其进入近月点100千米、远月点2400千米的极月轨道；然后释放干涉测量量子探测器，使其进入近月点100千米、远月点800千米的极月轨道；最后，装有大部分科学探测仪器的主探测器经过几次变轨，进入距月面100千米高的圆形极月轨道上工作1年。

“月女神”1号有三大任务：一是对月球进行全球、高精度观测勘查，以研究月球的起源和演变；二是试验探测器进入月球轨道和其姿态与轨道控制技术，所得数据将用于研究未来月球利用和载人探测的可能性；三是开发未来月球探测技术，为未来开发利用月球的可行性研究提供依据。

一主二仆有分工

“月女神”1号主探测器采用2.1米×2.1米×4.8米的箱形结构，其中1个侧面装有单个太阳能电池翼，可提供3.5千瓦的功率。它在进入100千米高的圆形极月轨道后，顶部还伸出了装有磁强计的伸杆。其所携带仪器观测了月球表面的元素和矿物分布、表面和亚表面结构、重力场、剩余磁场以及高能粒子和等离子体环境。

干涉测量量子探测器采用体装式硅太阳能电池阵，装有1台X频段和3台S频段无线电发射机。它与中继子探测器配合，能从地面进行甚长基线干涉测量技术精确测量离月面较近处的月球重力场。通过测量重力场的分布，可研究月球的起源和演变、分析月球的磁场状态以及为月球上是否存在水寻找答案等。

中继子探测器的大小、外形与干涉测量量子探测器一样，主要负责转发主探测器与地球站之间的通信信号，同时也采用甚长基线干涉观测的

1990年1月24日，日本打破了美苏在探月领域的垄断，成功发射了“飞天号”绕月探测器。其顶部装有1个名叫“羽衣号”的子探测器。发射后，“飞天号”进入一条大椭圆地球轨道，在这条轨道上，它10次从月球旁边飞过，进行了地-月轨道环境探测，最终在1990年3月18日进入了月球轨道。当“飞天号”进入月球轨道时，释放了“羽衣号”子探测器，使它先进入月球轨道。