



中国探月
CLEP

中国探月

China Lunar Exploration Program

国防科工委月球探测工程中心 编

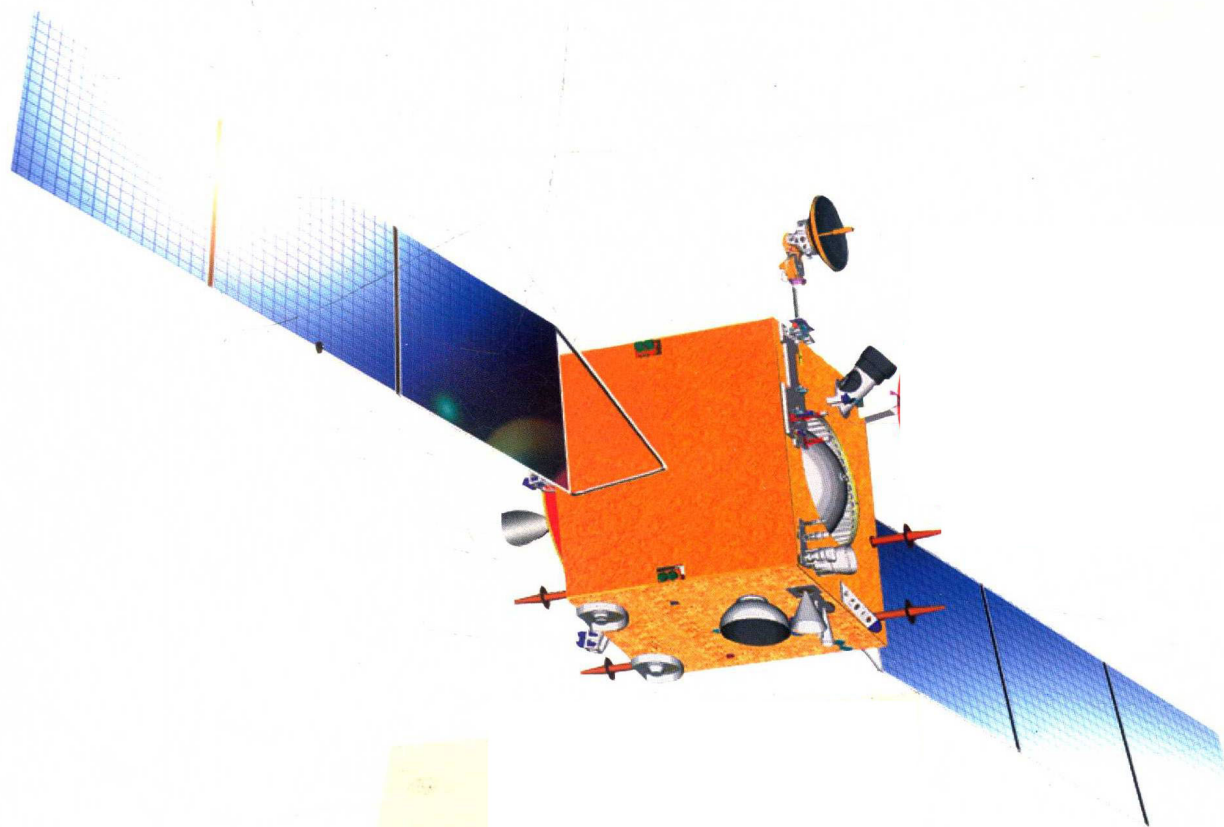


科学出版社
www.sciencep.com

中国探月

China Lunar Exploration Program

国防科工委月球探测工程中心 编



科学出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

中国探月 / 国防科工委月球探测工程中心编. —北京: 科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-020413-4

I. 中… II. 国… III. 月球探索—概况—中国 IV. V1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 151626 号

责任编辑: 胡升华 侯俊琳 王 建 / 责任校对: 张 琪

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 10 月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/16

2007 年 10 月第一次印刷 印张: 7 1/4

印数: 1—18 000 字数: 180 000

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

本书科学顾问

- | | |
|------|----------------------------|
| 陈求发 | 国防科工委副主任 绕月探测工程新闻宣传领导小组副组长 |
| 孙来燕 | 国防科工委副主任 国家航天局局长 |
| 栾恩杰 | 绕月探测工程总指挥 |
| 孙家栋 | 绕月探测工程总设计师 |
| 欧阳自远 | 绕月探测工程月球应用科学首席科学家 |
| 陈炳忠 | 绕月探测工程副总设计师 |
| 姜景山 | 绕月探测工程副总设计师 |
| 龙乐豪 | 绕月探测工程副总设计师 |
| 叶培建 | 嫦娥一号卫星系统总指挥兼总设计师 |
| 岑 拯 | 长征三号甲运载火箭系统总指挥 |
| 贺祖明 | 长征三号甲运载火箭系统总设计师 |
| 李尚福 | 发射场系统总指挥 |
| 周凤广 | 发射场系统总设计师 |
| 董德义 | 测控系统总指挥 |
| 钱卫平 | 测控系统总设计师 |
| 艾国祥 | 地面应用系统总指挥 |
| 李春来 | 地面应用系统总设计师 |

《中国探月》编委会

顾 问 陈求发 孙来燕 孙家栋 欧阳自远
陈炳忠 姜景山 龙乐豪

主 任 栾恩杰

副主任 胡 浩

委 员 (按姓氏拼音为序)

艾国祥	岑 拯	董德义	富向东	郝希凡
贺祖明	李春来	李 洪	李尚福	李晓箭
林 鹏	刘 强	孟 华	裴照宇	钱卫平
汪继祥	吴 季	许兴利	杨多和	叶培建
阴和俊	余同杰	张荣桥	赵小津	周凤广

主 编 胡 浩

副主编 孟 华

编写组成员 (按姓氏拼音为序)

戚永亮	谢碧波	刘登锐	庞之浩	史宗田
刘彤杰	王 黎			

参 编 人 员 (按姓氏拼音为序)

常 进	陈华强	杜 颖	李 聃	刘建忠
穆 山	庞红勋	彭 兢	饶 炜	茹家欣
孙辉先	王静华	徐运涛	张 波	张福忠
张 焯	郑永春	宗 帆	邹永廖	



序言 PREFACE

茫茫太空，浩瀚宇宙，凝结着人类多少神往；嫦娥奔月，万户升空，寄托着民族无尽梦想。

月球是距离地球最近的天体，是人类走出地球摇篮，进入深空的门户。2007年10月，我国自行研制的首颗绕月探测卫星——嫦娥一号将在长征三号甲运载火箭的推动下，从素有“月亮城”美誉的西昌启程，踏上飞向月球的探索之旅，拉开中国利用航天技术探索遥远太空的序幕。

对未知领域的追求和向往，是人类社会进步的不竭动力。探测月球，是我国向未知领域发起的又一次新的进军，是中国航天活动继人造地球卫星和载人航天之后的第三个里程碑。探月征途，并不平坦。在党中央、国务院的正确领导下，广大科技工作者发挥聪明才智，团结一心、勇于探索、勇于创新，攻克了一道道技术难关，解决了一个个技术难题，为“嫦娥奔月”开辟了一条通往成功之路。

按照《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》要求，在未来15年内，不但要深化对月球全球性、综合性的认识，完成月球表面环境、地形地貌、地质构造的整体性勘察，还将通过月面软着陆、自动巡视勘察和采样返回实现对重点区域的精细勘察，研究有开发利用前景的能源与资源的分布特征。通过实施月球探测工程必将为推动科技创新与发展，提高综合国力和增强民族凝聚力做出重要贡献，对人类认识自然规律、探索宇宙奥秘产生重要影响。

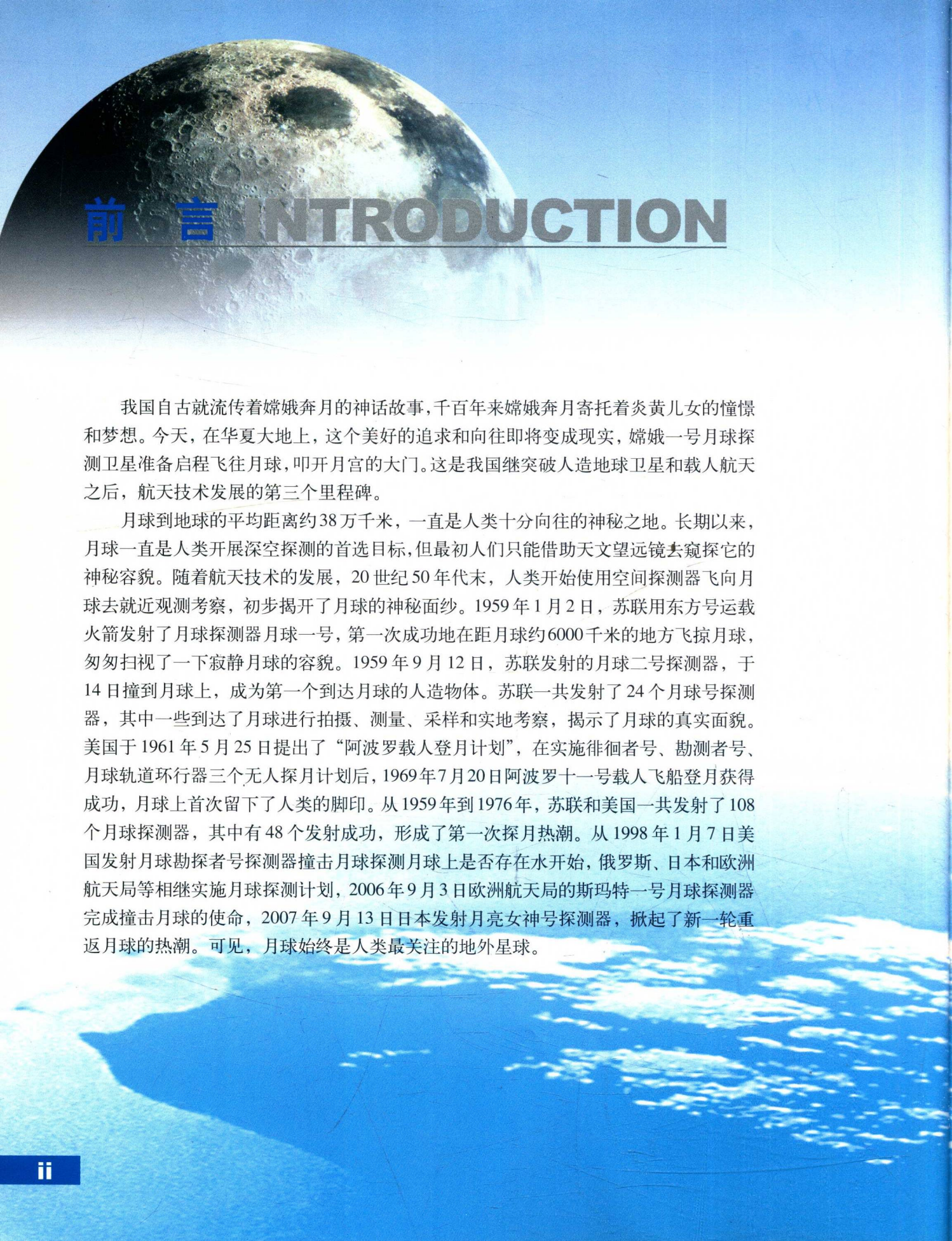
探月工程实施以来，国内外各界同胞热切关注，非常希望尽早圆中华民族千年的奔月梦想，同时也需要全面了解中国实施探月工程的有关情况。为此，国防科工委月球探测工程中心组织有关专家编写了《中国探月》一书，用通俗易懂的语言，图文并茂的形式，翔实地解答了公众关心的问题。

正如温家宝总理指出的：“一个民族有一些关注天空的人，他们才有希望。”我们的任务是长期的，探索的道路是艰难的，但我们坚信通过一代又一代人的顽强拼搏和不懈努力，一定能不断地将美好梦想化为现实，创造中华民族新的辉煌。

国防科工委主任
绕月探测工程领导小组组长

张为伟

2007年10月



前言 INTRODUCTION

我国自古就流传着嫦娥奔月的神话故事,千百年来嫦娥奔月寄托着炎黄儿女的憧憬和梦想。今天,在华夏大地上,这个美好的追求和向往即将变成现实,嫦娥一号月球探测器卫星准备启程飞往月球,叩开月宫的大门。这是我国继突破人造地球卫星和载人航天之后,航天技术发展的第三个里程碑。

月球到地球的平均距离约38万千米,一直是人类十分向往的神秘之地。长期以来,月球一直是人类开展深空探测的首选目标,但最初人们只能借助天文望远镜去窥探它的神秘容貌。随着航天技术的发展,20世纪50年代末,人类开始使用空间探测器飞向月球去就近观测考察,初步揭开了月球的神秘面纱。1959年1月2日,苏联用东方号运载火箭发射了月球探测器月球一号,第一次成功地在距月球约6000千米的地方飞掠月球,匆匆扫视了一下寂静月球的容貌。1959年9月12日,苏联发射的月球二号探测器,于14日撞到月球上,成为第一个到达月球的人造物体。苏联一共发射了24个月球号探测器,其中一些到达了月球进行拍摄、测量、采样和实地考察,揭示了月球的真实面貌。美国于1961年5月25日提出了“阿波罗载人登月计划”,在实施徘徊者号、勘测者号、月球轨道环行器三个无人探月计划后,1969年7月20日阿波罗十一号载人飞船登月获得成功,月球上首次留下了人类的脚印。从1959年到1976年,苏联和美国一共发射了108个月球探测器,其中有48个发射成功,形成了第一次探月热潮。从1998年1月7日美国发射月球勘探者号探测器撞击月球探测月球上是否存在水开始,俄罗斯、日本和欧洲航天局等相继实施月球探测计划,2006年9月3日欧洲航天局的斯玛特一号月球探测器完成撞击月球的使命,2007年9月13日日本发射月亮女神号探测器,掀起了新一轮重返月球的热潮。可见,月球始终是人类最关注的地外星球。



我国航天技术的发展一贯是根据自己的国情需要和国家实力，制定和实施每个阶段、每个时期的计划和任务。当我国的航天技术取得突破性进展，奠定了一定的技术基础后，1992年启动了载人航天工程，同时提出了一个月球探测方案。我国选择有限目标，采取集中力量、突破重点，有所为、有所不为的发展方针，首先把有限的资金用于发展载人航天技术，对月球探测进行预先研究，为探月准备条件。在1999年我国载人航天技术取得突破后，国防科工委组织有关科学家和工程技术人员研究月球探测工程的技术方案。经过两年多的努力，深化了探月科学目标及其实施途径，落实了探月工程的技术方案，建立了全国大协作的工程体系，提出了充分利用现有能力和条件的绕月探测工程方案。我国实施探月工程的时机和条件都成熟和具备了。

我国在突破人造地球卫星和载人航天技术之后，适时开展以月球探测为起点的深空探测，是我国航天活动的必然选择，是我国航天技术发展的必经阶段。我国探月工程的实施，使探测器系统集成、深空测控通信、新型运载器和航天发射场等工程技术不断发展，逐步建立和健全了月球探测航天工程系统，整体提升了航天技术的水平，同时带动了我国信息技术、新能源技术、新材料技术和微机电技术等高新技术的发展。

经过近四年的奋战，嫦娥一号已经吞下“灵丹妙药”，即将“飘飘欲仙”地飞向月宫，执行它的重要使命，初步实现中华民族奔月的美好理想。

本书将向广大读者系统介绍我国月球探测工程的实施过程和探月技术的进展，展现嫦娥一号月球探测卫星飞向月球轨道的奇观胜景，带领读者跟随嫦娥一号到遥远的月球去巡游探秘，饱览神秘月宫的旖旎风光……

目录 CONTENTS

1 月球史话

Tales and Stories About the Moon



1

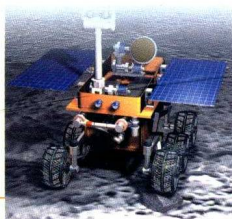
6 星飞之地

The Launch Site



53

15



嫦娥工程

2

The Chang'e Program

63



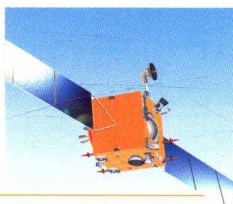
地月飞虹

7

The TT&C System

3 探月卫星

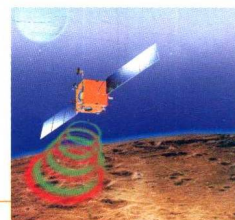
The Lunar Orbiter



23

8 月宫探秘

Scientific Objectives



71

35



登月天梯

4

The Launch Vehicle

85



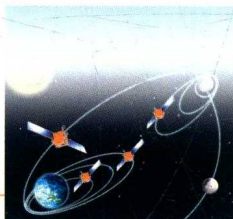
应用摇篮

9

Data Acquisition and Procession

5 奔月之路

Orbit and Trajectory Design



45

10 前景展望

Prospect



93

月球史话

Tales and Stories About the Moon

月球，俗称月亮。它是地球唯一的天然卫星，是苍茫宇宙中离地球最近的一个天体。自古以来，人类对这个挂在天际的星球，一直充满好奇和向往。





一、美丽动人的神话



马王堆汉墓出土的嫦娥奔月帛画

1. 中国的嫦娥奔月

在中国古代神话中，嫦娥奔月是妇孺皆知的一个。相传嫦娥是射日英雄后羿的妻子。后羿射日立下丰功伟绩后，王母娘娘赞赏他的盖世功绩便赐予他一包长生不死药，让他服下升天成为仙人。后羿不愿独自成仙，便将长生不死药交由嫦娥珍藏。不料此事被小鬼蓬蒙知道，他趁后羿外出狩猎之机，潜入后羿的宅院，威逼嫦娥交出长生不死药。嫦娥见到手执长剑的蓬蒙，知道自己不是对手，心想自己绝不能把长生不死药交给心术不正的小鬼。危急之中，嫦娥当机立断，打开百宝匣，取出长生不死药，一口吞下。瞬间，嫦娥便轻飘飘地离开地面，向天上飞去，最后落到了月亮上。

傍晚，后羿回家得知妻子嫦娥迫不得已奔月而去，不禁思念不已。当晚，他看见天上的月亮分外皎洁明亮，月中飘动着嫦娥的美丽身影，便摆下香案，祝愿善良贤惠的嫦娥在月亮上生活平安幸福。



月亮女神阿尔特弥斯和月亮符号

2. 古希腊的月亮女神阿尔特弥斯

在古希腊神话中，月亮女神的名字叫阿尔特弥斯，她也是一位狩猎女神。白天，太阳神阿波罗驾驶着金色战车穿越天空；晚上，月亮女神阿尔特弥斯以庄重的姿态飞越夜空。这位“广阔天空的王后”坐在乳白色战马拉动的空中马车中，向沉睡的大地散发出银色的光芒。阿尔特弥斯心灵纯洁，容貌娟秀安详，是少女端庄娴雅的楷模。

古希腊的月亮女神象征着美好、绚丽和光明，人类对她充满无限的向往。



在神话中月亮常被描绘成“天堂”或“仙境”，那么真实的月亮究竟是什么样子？月亮上到底有些什么？真像古代传说那样有桂树和玉兔吗？其实，吴刚伐桂、玉兔捣药，都是古人想像编织的故事。后来，人们开始了对月球的天象观察，并根据月相的变化制定了科学的历法。

二、从梦想到科学观测

我国古代天文学家在观测包括月球在内的天体变化中，获得了大量科学成果。东汉科学家张衡创造了世界上最早利用水力转动的浑天仪。



中国古代天文学家张衡
(78~139年)



浑天仪

1. 古人观月与历法

历法是根据天象变化的自然规律来计量较长的时间间隔，并判断气候变化和预测季节来临的法则。月相的变化非常明显，是一种很好的天然历法。几乎所有的文明古国都曾把月相的变化作为制定历法的依据。根据月相圆缺变化的周期（即朔望月）制定的历法称为阴历；根据地球围绕太阳的运转周期（即回归年）制定的历法称为阳历。

中国历史上记载最早的成文历法是春秋末年的四分历，它是当时世界上最先进的历法。四分历确定一年的长度为365.25日，每19年设置7个闰年，这是当时世界上采用的最为精确的数值。闰年多加出1个月，为13个月。这样的历法既反映了月亮的圆缺，也与随阳历而来的气候冷热变化相适应。这样就使阴历一年的长度和阳历一年的长度基本上对齐，这样的历法既不是纯然的阴历，也不是纯然的阳历，它实际上是阴阳合历，简称阴阳历。我国现在使用的农历就是这种阴阳历。古希腊人在160多年之后才发明采用设置闰月的方法来协调阴、阳历之间的长度。南北朝时期，我国杰出的天文学家、数学家祖冲之吸取前人的成功经验，提出了391年设置144闰的闰周法，这是当时世界上最为精密的历法，称为《大明历》。



中国古代天文学家郭守敬（1231~1316）



元代天文学家郭守敬将结构繁复的浑仪简化成地平 and 赤道两种坐标系分开的简仪。左图为公元1437年仿制的简仪，现陈列于中国科学院南京紫金山天文台。

简仪



圭表——中国最古老的一种铜制天文仪器

圭表是中国最古老的一种铜制天文仪器，正南正北方向平放的尺叫做圭，直立的柱叫做表。可根据正午时表的影子长度测定回归年的日数和二十四节气等。上图中的圭表于公元1439年仿制，现陈列于中国科学院南京紫金山天文台。

小知识 星期的来历

星期是公历中一种特殊的记日方法，它以七天为一个周期，循环往复，无穷无尽。星期的制定也和月相的变化有关。月相按照圆缺变化周期循环，而月貌每七日一变化，天空中再没有别的天象变化有这样显著。星期可以根据月亮的月相推算出来，这就是一月两弦四相、每相七日的天然计时单位。

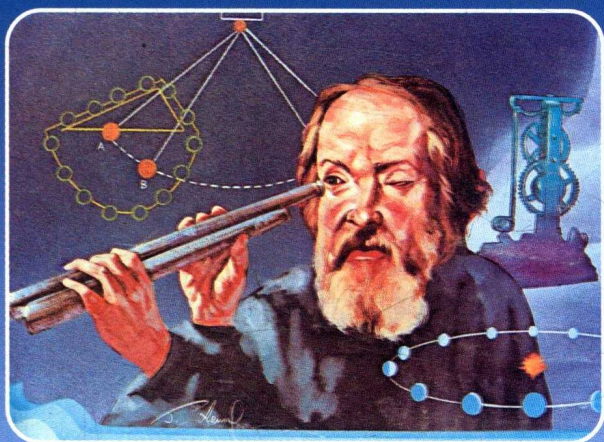
星期记日的方法早在公历产生以前就为人们所使用了。在古罗马时期，历法就有“七日一周”的算法。至公元321年，君士坦丁大帝于3月7日正式公布，“七日一周”成为定制，逐渐成为国际惯例。我国古代历法把二十八宿按日、月、火、水、木、金、土的次序排列，七日为一周，称为“七曜”，即周日、周一、周二、周三、周四、周五、周六，顺序为日曜日、月曜日、火曜日、水曜日、木曜日、金曜日和土曜日。这种算法与西方历法暗合。

古代埃及和古代中国不用星期制，而以十日为一旬，每月有上旬、中旬和下旬。明朝末年，随着基督教传入我国，星期制也随之传入，现在星期制在全世界流行通用。

河南登封观星台

登封观星台位于河南登封，建于元朝初年，是中国现存最早的天象台。





意大利天文学家伽利略（1564~1642）和他自制的望远镜

2. 伽利略用望远镜观测月亮

公元1608年的一天，荷兰眼镜制造商利伯休的儿子在玩耍中偶然发现，将两块镜片重叠并使其相隔一定远近观看时，可看见远处教堂屋顶原来几乎看不见的小鸟。利伯休受此启发，把两块镜片装在一个铜管的两头，发明了最初的望远镜。

当望远镜从荷兰传入意大利时，引起了伽利略的注意。伽利略用自制的望远镜观测月亮，发现月亮表面是那样的凹凸不平，还分布有很多环形山，伽利略据此绘制了第一幅月面图。虽然从科学的角度看，伽利略手绘的月面图还不够精确，但月面的平原、环形山清晰可见。

3. 从光学到全波段观测月球

在航天技术诞生之前，观测月球的主要手段是天文望远镜。随着望远镜各方面性能的不断改进和提高，月球观测越来越精细，观测波段从光学发展到几乎覆盖整个电磁波谱，望远镜的观测平台从地球一直延伸到太空。

光学望远镜的口径越大，就能反射或折射越多的光线，也就能看到越远、越暗的天体。所以，随着技术的发展，光学望远镜口径越做越大，种类越来越多。与光学望远镜不同，射电望远镜则是用来观测天体射电波段特征的天文望远镜。

除了光学和射电观测，对月球的非可见光天文观测还包括红外观测、紫外观测、X射线观测和 γ 射线观测等。

美国科学基金会设在波多黎各的阿雷西博天文望远镜

这是世界上口径最大的射电天文望远镜，其巨大的抛物面天线直径达305米。





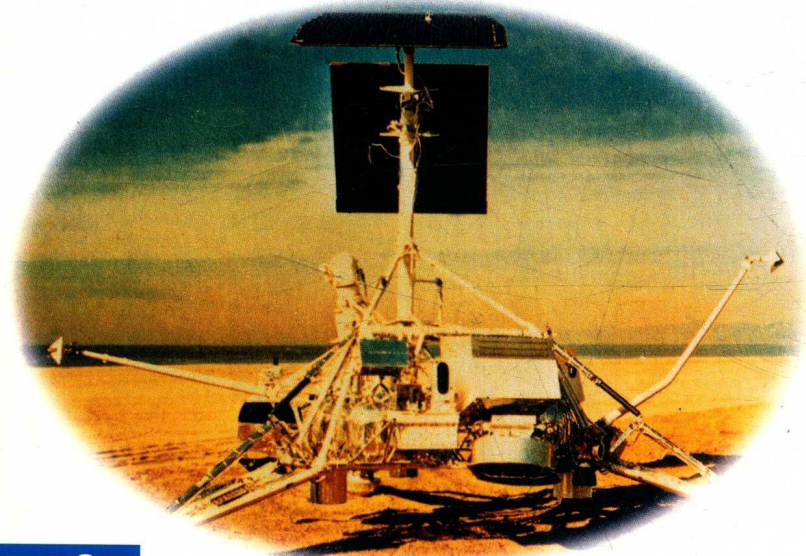
三、现代探月的序幕

在探索月球的漫长道路上,航天技术的进步拉开了现代探月的序幕。人类利用航天技术对月球进行探测,是和第一颗人造卫星上天同时期开始的。1957年10月4日,苏联发射了第一颗人造地球卫星,1959年1月2日苏联发射的月球一号探测器实现了人类探测器首次飞越月球。苏联自1959年到1976年,共发射24个月球号探测器;自1964年到1970年还发射过8个探测者号月球探测器。美国早期实施过三个探月计划,1961年到1965年发射了9个徘徊者号月球探测器,1966年到1968年发射了7个勘测者号月球探测器,1966年到1967年发射了5个月球轨道环行器。此外,美国还于1994年1月25日发射了克莱门汀号月球探测器,1998年1月6日发射了月球勘探者号探测器。日本于1990年1月发射了日本第一颗月球探测卫星。欧洲航天局于2003年9月27日发射了欧洲第一颗月球探测卫星斯玛特一号,并于2006年9月3日撞击月球。

自20世纪50年代末以来,人类运用火箭共发射了122个月球探测器,其中59个获得成功,实现6次载人登月,12名航天员登上月球,带回382千克月球样品和海量科学数据。人类对月球有了真实和比较全面的了解,但仍有许多困惑和未解之谜有待进一步探测。



苏联月球一号探测器



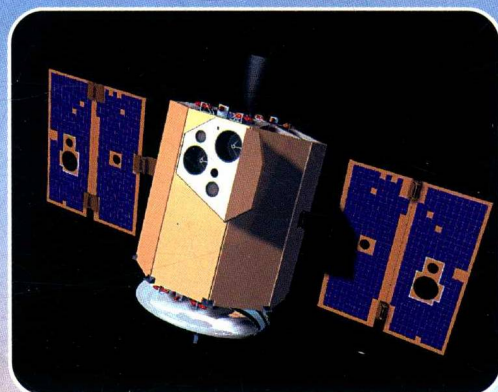
美国勘测者号月球探测器



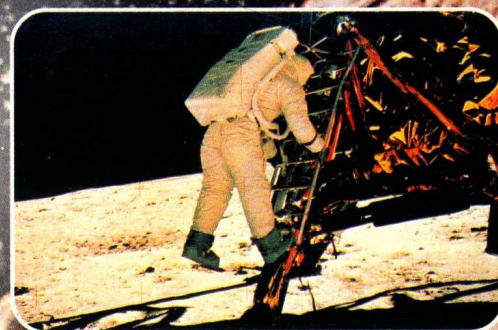
美国月球勘探者号探测器



苏联月球二号月面巡视探测器



美国克莱门汀号月球探测器



美国阿波罗十一号飞船登上月球



月球正面图片，颜色较深的为月海（即我们肉眼看到的月亮上的“桂花树”），颜色较浅的为高地

月球的表面积有3800万平方千米，大约是中国陆地面积的4倍，还不如我们亚洲的面积大。

月球的体积仅为地球的1/49。

月球有多重

月球的质量约 7.35×10^{19} 吨，相当于地球的1/81。由于质量小，产生的引力就小，月球的表面重力只有地球的1/6。所以，人到了月球上之后，就会觉得身轻如燕、力大如牛，感觉妙不可言。

在月球上想要打破地球上一些体育项目的世界纪录，那是非常容易的事。在地球上能举起100千克杠铃的大力士，在月球上可能就能举起地球上600千克的物体。

下弦月照片

四、月球的真实面貌

半个世纪以来，通过科学家的天文望远镜观测和发射月球探测器就近考察，人们逐渐认识了月球的真实面貌。

月球有多大

月球基本上是个圆球体，平均直径约为3476千米。地球直径是月球直径的3.6倍，从月球上看地球，是一个美丽的飘着白云的蓝色星球。太阳则更大，相当于130万个地球，6300多个月球。如果太阳和月亮这两个天体与地球的距离相等，那么，我们从地球上看到的太阳和月亮的相对大小就像是大西瓜和小芝麻。但由于太阳比月亮离我们要远得多，所以我们有时候反而觉得月亮比太阳更大。

