



嫦娥书系

政阳自述

主编

嫦娥奔月

中国的探月方略及其实施

邹永廖 著



上海科技教育出版社



图书在版编目(CIP)数据

嫦娥奔月:中国的探月方略及其实施/邹永廖著.
—上海:上海科技教育出版社,2013.8
(嫦娥书系/欧阳自远主编;5)
ISBN 978-7-5428-5649-4

I. ①嫦… II. ①邹… III. ①月球探索—中国—普及读物 IV. ①V1-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第047545号

嫦娥书系

欧阳自远 主编

嫦娥奔月 中国的探月方略及其实施

邹永廖 著

丛书策划 卞毓麟

责任编辑 卞毓麟 诸一麟

装帧设计 汤世梁

出版发行 上海世纪出版股份有限公司
上海科技教育出版社
(上海市冠生园路393号 邮政编码200235)

网 址 www.ewen.cc
www.sste.com

经 销 各地新华书店

印 刷 莱芜市东方彩印有限公司

开 本 700×960 1/16

字 数 169 000

印 张 12.5

版 次 2013年8月第1版

印 次 2013年8月第1次印刷

印 数 1—5 000

书 号 ISBN 978-7-5428-5649-4/P·20

定 价 37.00元

嫦娥书系

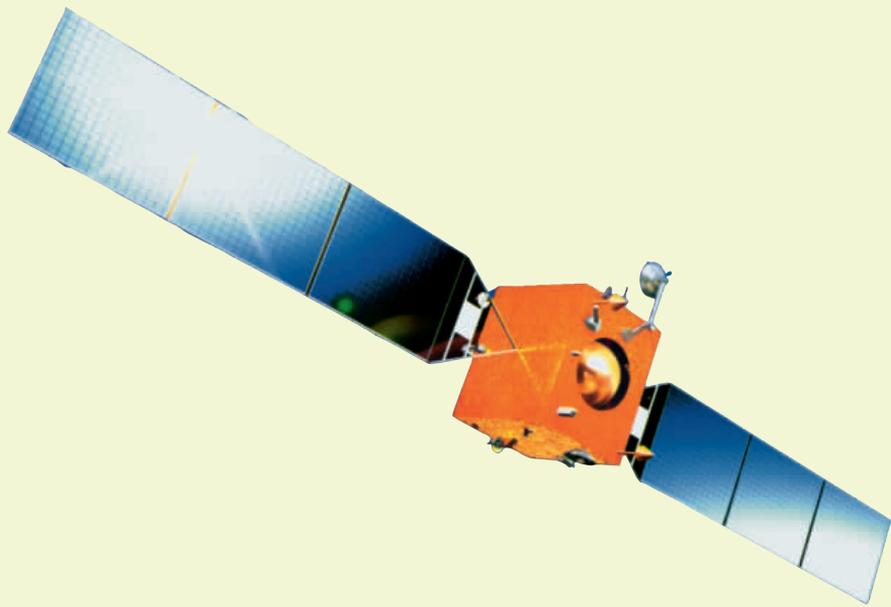
主 编 欧阳自远

副主编 卞毓麟 邹永廖

编 委 (以姓氏笔画为序)

王世杰 王家骥 卞毓麟 李必光

陈闽慷 张 焯 邹永廖 欧阳自远



■ 主编的话

21 世纪是人类全面探测太阳系的新时代。当代的太阳系探测以探测月球与火星为主线,兼顾其他行星、矮行星、卫星、小行星、彗星和太阳的探测;研究内容涉及太阳系的起源与演化,各行星形成和演化的共性与特性,地月系统的诞生过程与相互作用,生命的起源与生存环境,太阳活动与空间天气预报,防御小天体撞击地球及由此诱发的气候、生态的环境灾变,评估月球与火星的开发前景,探寻人类移民地外天体的条件等重大问题。

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 110 多个月球探测器,成功的和失败的约各占一半。美国实现了 6 次载人登月,人类获得了 382 千克的月球样品。月球探测推动了一系列科学的创新与技术的突破,引领了高新技术的进步和一大批新型工业群体的建立,推进了经济的发展和文明的昌盛,为人类创造了无穷的福祉。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选择,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走向与发展趋势。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。

中国的“嫦娥一号”月球探测卫星,为实现中华民族的千年夙

愿,即将飞出地球,奔赴广寒,对月球进行全球性、整体性与系统性的科学探测。为了使广大公众比较系统地了解当今空间探测的进展态势和月球探测的历程,人类对月球世界的认识和月球的开发利用前景,中国“嫦娥工程”的背景、目标、实施过程和重大意义,上海科技教育出版社在三年前提出了编辑出版《嫦娥书系》的创意和方案,与编委会共同精心策划了《逐鹿太空》、《蟾宫览胜》、《神箭凌霄》、《翱翔九天》、《嫦娥奔月》和《超越广寒》六本科普著作,构成一套结构完整的“嫦娥书系”。该书系的主要特点是:

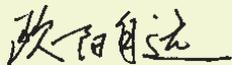
(1) 我们邀请的作者大多是“嫦娥工程”相关领域的骨干专家,他们科学基础坚实,工程经验丰富,亲身体会真切,文字表述清晰。他们在繁忙紧张的工程任务中,怀着强烈的责任感,挤出时间,严肃认真,精益求精,一丝不苟,广征博引,撰写书稿。我真诚地感激作者们的辛勤劳动。

(2) “嫦娥书系”是由六本既各自独立又互有内在联系的科普著作构成的有机整体。其中《逐鹿太空——航天技术的崛起与今日态势》,系统讲述人类航天的艰难征途与发展,航天先驱们可歌可泣的感人故事;《蟾宫览胜——人类认识的月球世界》,系统描述人类认识月球的艰辛历程,由表及里揭示月球的真实面目,追索月球的诞生过程;《神箭凌霄——长征系列火箭的发展历程》,系统追忆中国长征系列火箭的成长过程并展示未来的美好前景,是一首中国“神箭”的赞歌;《翱翔九天——从人造卫星到月球探测器》,系统叙述中国各种功能航天器和月球探测器的发展沿革,展望未来月球探测、载人登月与月球基地建设的科学蓝图;《嫦娥奔月——中国的探月方略及其实施》,系统分析当代国际“重返月球”的形势,论述中国月球探测的意义、背景、方略、目标、特色和进程,是当代中国“嫦娥奔月”的真实史诗;《超越广寒——月球开发的迷人前景》,是一支开发利用月球的科学畅想曲,展现了人类和平利用空间的雄心壮志与迷人前景。

(3) “嫦娥书系”力求内容充实、论述系统、图文并茂、通俗易懂,融知识性、可读性、趣味性、与观赏性于一体。

(4) “嫦娥书系”无论在事件的描述上还是在人物的刻画上,都力求真实而丰满地再现当代“嫦娥”科技工作者为发展我国航天事业而奋斗、拼搏、奉献的精神和事迹,书中还援引了他们用智慧和汗水凝练的研究成果、学术观点和图片资料。特别值得一提的是,书系在写作过程中还得到了他们的指导、帮助、支持与关心。虽然“嫦娥书系”作为科普读物,难以专辟章节一一列举他们的名字,书写他们的贡献,我还是要在此代表编辑委员会和全体作者对他们表示衷心的感谢和深深的敬意。

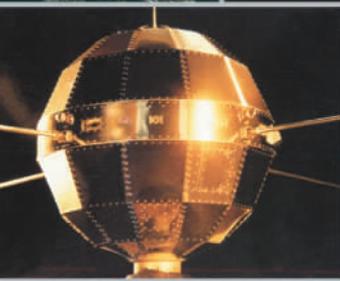
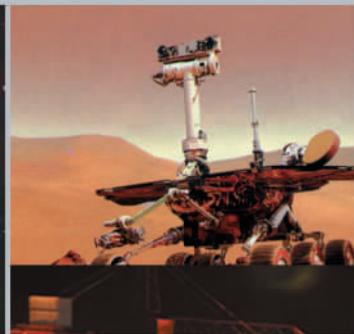
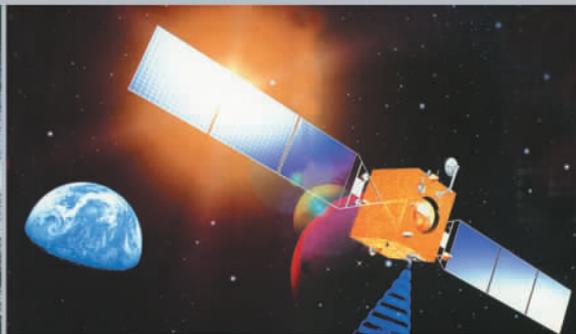
在这里我要特别感谢上海科技教育出版社精心的文字编辑和装帧设计,使“嫦娥书系”以内容丰富、版面新颖、图文并茂的面貌呈献给读者。我们相信,通过这一书系,读者将会对人类的航天活动与中国的“嫦娥工程”有更加完整而清晰的认识。

A handwritten signature in black ink, reading '郑阳' (Zheng Yang), with a stylized flourish at the end.

二〇〇七年十月八日于北京



嫦娥书系 ● **嫦娥奔月** 中国的探月方略及其实施



目 录



主编的话

第一章 探月史:镜子与尺子

- 闪耀智慧的历史 / 1
- 凝结泪水的往事 / 6
- 催人奋进的镜子 / 11
- 一部读不完的教材 / 14

第二章 21世纪深空探测主旋律

- 国际探月的领跑者 / 19
- 别具一格的探月路 / 32
- 雄心勃勃的探月计划 / 35
- 别样征程各自启航 / 39

第三章 月球的诸多谜团

- 月球运动的轨迹 / 45
- 近月环境危险四伏 / 48
- 磁场与重力场的难题 / 54
- 月表形貌满目疮痍 / 57
- 人类未来的资源库 / 59
- 内部结构百般深沉 / 68
- 成因理论曙光初露 / 68

第四章 中国人的梦想与追求

- 昨日梦想今天行动 / 73



把握机遇迎接挑战 / 75

嫦娥方略分步实施 / 83

后续之路前景光明 / 86

第五章 嫦娥工程的科学论证

科学规划原则先行 / 89

科学设想知而获智 / 100

科学预见原创思维 / 101

科学功力厚积薄发 / 108

科学论证严谨细实 / 117

第六章 嫦娥一期:我们做什么

探月利剑已出鞘 / 125

为月球画“肖像” / 130

探明月球成分 / 132

探测月壤厚度 / 138

探测地月空间环境 / 142

第七章 嫦娥一期:我们如何做

大科学的系统工程 / 146

中国的第一个月球使者 / 148

看得见、测得准、控得住 / 150

可靠接收和科学应用 / 153

第八章 嫦娥一期:我们做了什么

2004:开局之年 / 157

2005:攻坚之年 / 162

2006:决战之年 / 164

2007:决胜之年 / 166

第九章 嫦娥系列:强国富民之举

论证、论证、再论证 / 171

嫦娥二期总体方略 / 181

嫦娥三期尚需时日 / 183

月球探测利在千秋 / 184



第一章 探月史:镜子与尺子

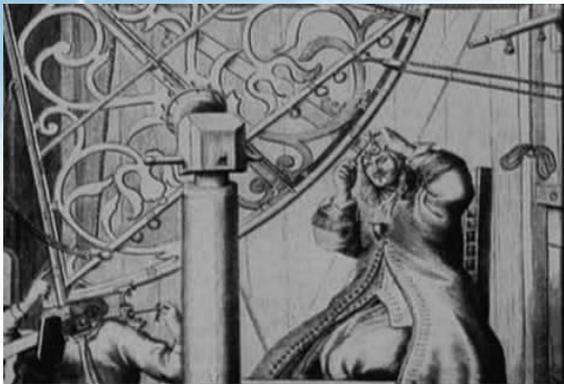
从 1959 年至 1976 年的 17 年间,前苏联和美国先后一共发射了一百多次与探测月球相关的飞行器,开展了对月球的全面探测与研究,不但大大加深了人类对月球的科学认识,而且带动了其综合国力的快速发展和科学技术的突飞猛进,更为进军深空探测打下了坚实的科学基础、技术基础和人才基础。

今天,当我们翻阅 20 世纪 50 年代末至 70 年代中的探月历程,不难发现,探月征途上从无到有、从易到难、从失败到成功的每一个足迹、每一次进步,无不闪烁着人类智慧的光芒、显示着人类奉献的精神、荡漾着人类不懈的斗志,其间所发生的众多可歌可泣的事件,更是成了鞭策后来者奋发向上的动力和源泉。

闪耀智慧的历史

18 世纪的德国著名哲学家康德(Immanuel Kant)曾经说过:“世界上有两件东西能够深深震撼人们的心灵,一件是我们心中崇高的道德准则,另一件是我们头顶上的星空。”的确,人类自诞生以来,便一直用迷惘的双眼审视那变幻莫测、广袤无垠的星空(图 1-1)。无

图 1-1 人类早期观星图



论是在骄阳当空的白昼,还是在月光如镜的夜晚,人们在充满着美妙神话和斑斓遐想的同时,更是憧憬着一个共同的愿望:飞出地球、驰骋宇疆、漫游星际、寻觅新天地。

自古以来,月球就以其晶莹洁白的光华、变幻万千的身姿成为文人墨客久唱不衰的绝好题材(图 1-2):从《诗经》的“月出皎兮,佼人僚兮”到贝多芬(Ludwig van Beethoven)的《月光奏鸣曲》,从回肠荡气的咏月佳句到游子们的思乡愁绪、情侣们的海誓山盟,无不叫人如痴如醉;从哀愁动人的嫦娥到端庄秀美的阿尔忒弥斯、娟雅聪慧的狄安娜、美轮美奂的艾西斯,勾画出一个个动人的神话与传说;从许许多多有关月球神秘的色彩和现象,到宗教和世俗的统治者利用手中的权势和百姓的迷惘以达其愚弄人们、奴役人们的目的,演绎出一桩桩愚昧、荒唐、无知的惨剧。

然而,在科学的范畴里,月球的表面实际上是一片荒芜的、凹凸不平的世界,是一个已经“死亡”了几十亿年的天体。

月球的各种自然现象及其变化,鞭策着人们去追寻、去拷问、去探索,无论是人文的、社会的、历史的、科学的还是神话的,这些与月球相关的内涵,或想象或冥思,都对人类哲学思想的形成、科学的进步和农业的发展起到了一定程度的推动作用;从中国历法的独创、地球潮汐现象与月亮



图 1-2 中秋佳节明月当空



图 1-3 传说中的玉兔捣药

的关系中悟出的早期宇宙结构理论；从“嫦娥奔月”、“后羿射日”、“吴刚伐桂”、“玉兔捣药”(图 1-3)、“中秋月饼”、“把酒问月”、“长生殿”等与月球相关的神话、传说、典故、诗歌、戏曲等所蕴含的历史人文思想脉络；从 17 世纪望远镜的出现使人们能对月球作出较为细致的观察和研究,到 20 世纪 50 年代末开始的真正意义上的近距离探测月球乃至登上月球、取样返回地球并开展系统的科学研究,无不承载着月球在人类文明发展史上的厚重。

月球,作为地球唯一的天然卫星和迄今为止人类登上的唯一地外天体,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、新型材料与生物制品的研制场所、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。

望远镜的发明以及宇宙旅行的运载工具——火箭的问世,拉开

了现代空间探测的序幕。20世纪50年代末人类第一颗人造卫星的发射标志着现代空间探测的真正实施,此后50多年来空间探测以惊人的势头发展,其中最具挑战性且成果最大的当属月球探测活动。

翻开人类探月史,不难发现,我们的前辈们用他们的智慧和生命谱写了一曲曲动人而辉煌的篇章,为现代空间时代特别是月球探测的阔步前进注入了启迪的火花:

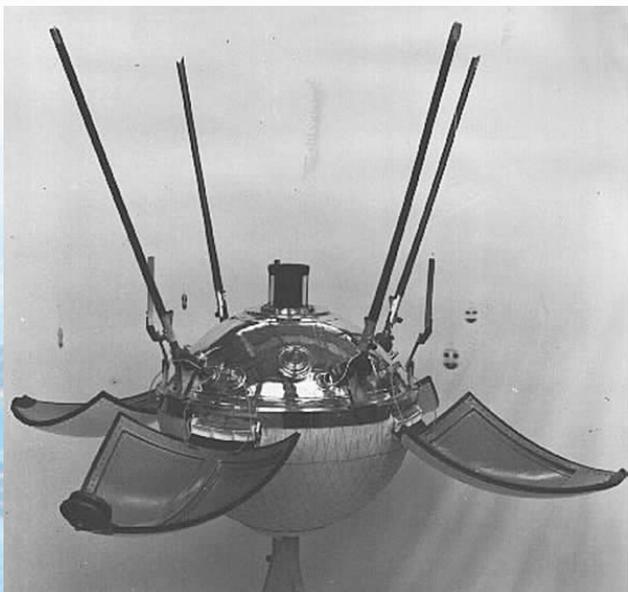
1959年1月2日,“月球1号”(图1-4)冒着凛冽的严寒从苏联的国土上升空、挣脱地球的引力并直奔月球,标志着人类真正迈出了探月征程的第一步;同一年的9月14日,“月球2号”与月球表面的“瞬间一吻”预示了人类与月球“零距离”接触行动的开始;而同年10月,“月球3号”又结束了在此之前月球背面不可知的时代。

1966年2月初,苏联的“月球9号”(图1-5)攻克了探月工程的另一堡垒——在月面上的软着陆技术,成功地在月面上软着陆;就在同一年的3月,“月球10号”再次成功地绕月飞行56天,近月点35千米,远月点1015千米。绕月飞行技术和在月面上软着陆技术,这两道技术难关的突破,使人类在探月路上又迈出了



图1-4 苏联的“月球1号”探测器是人类的第一个月球信使

图 1-5 第一个在月面上成功软着陆的探测器“月球9号”



成功的一步,宣示了人类亲临月球的愿望即将实现。

1968年,人类历史上返回式宇宙飞船——苏联的“探测5号”首次飞行成功,再次闪烁着人类智慧的光华,为后来的载人登月、取样、返回地球打下了坚实的基础。

值得一提的是,在实现载人登月之前的月球探测早期阶段,尽管苏联明显处于领先地位,但实际上有的只是领先几天、有的只是几个月而已。由于当时苏、美两国处于敌对现状,彼此技术是相互保密的。因此,严格地说,苏、美两国探月步伐基本上是同步的、技术难关的攻克也是同步的。

为了实现人类载人登月计划,美国一个雄心勃勃的“阿波罗号”探月计划出台了。这一巨大工程先后动员 120 所大学、2 万家企业、400 万人参加,耗资巨大、历时 10 年,终于在 1969 年 7 月“阿波罗 11 号”飞船首次在月球表面登陆,实现了人类登月的千年梦想。正如首位踏上月球的宇航员阿姆斯特朗(Neil A. Armstrong)所说的那

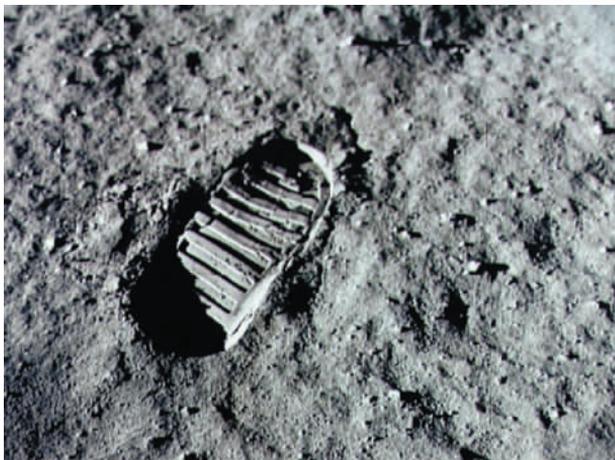


图 1-6 人类在月面上留下的第一个脚印

样：“对一个人来说，这是一小步，但对人类来说，却是跨了一大步。”（图 1-6）

凝结泪水的往事

解读人类探月卷，在理解人类科技精英们的创造欲望、创造行为、创造过程、创造方法与创造思维的艺术般结合所显现出的智慧精髓、进取精神与辉煌业绩的同时，那些失败的惨痛，或者说昂贵的代价，更让今天的人们读懂敬业的精神与理解奉献的无私，更让人们看到了毅力与智慧、创造与勇气高度融合的精华，更让人们理解“科学之路艰难而曲折、有付出才有收益”的辩证真理。

在谈论人类月球探测史时，人们通常都说，人类第一个月球探测器是 1959 年 1 月 2 日苏联发射的“月球 1 号”。事实上，在“月球 1 号”发射前，无论是苏联还是美国都发射过月球探测器：1958 年 8 月 17 日、10 月 11 日、11 月 8 日、12 月 6 日，美国先后发射了 4 个“先驱者号”系列月球探测器，但是都失败了；同年 9 月 23 日、10 月 12 日、12 月 4 日，苏联也先后发射了“月球 1958A 号”、“月球 1958B 号”和“月球 1958C 号”3 个月球探测器，结果也都失败了。