

国家“十一五”重点图书规划项目·迈向宇宙的天梯

科学顾问：陈建生 欧阳自远

伸出地球的手

——21 世纪·太空探测

孙 彤 石雨祺 著



 科学普及出版社

国家“十一五”重点图书规划项目·迈向宇宙的天梯
科学顾问:陈建生 欧阳自远

伸出地球的手

21 世纪·太空探测

孙 彤 石雨棋 著

科学普及出版社
·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

伸出地球的手:21 世纪·太空探测/孙彤 石雨祺著.—北京:科学普及出版社,2008.1

ISBN 978-7-110-06715-4

I.伸... II.①孙... ②石... III.空间探测—普及读物 IV.V11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 168678 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本:880 毫米×1230 毫米 1/32 印张:5.25 字数:200 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数:5000 册 定价:18.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

序

21 世纪是人类全面探测太空、深入研究宇宙的世纪,是交叉科学全面兴起的世纪。“迈向宇宙,走向太空”已经成为时代的声音。当代人类的太空探测和宇宙研究,重点是天文、物理和航天探测的结合,这是一个历史的跨越。这种完美的结合极大地推动了人类宇宙研究的进程,并刺激了与之相关科学的繁荣。《迈向宇宙的天梯》系列丛书,为国家“十一五”重点图书规划项目,本人有幸为此系列丛书作出自己的贡献,在感到荣幸的同时,也深感压力,督促我尽全力写好此书。

书中非正式地提到太空科学这个概念,相信在不久的将来会成为现代科学重要的一支。

太空是指地球稠密大气层之外的空间区域,一般认为距离地面 200 千米之外。研究太空、宇宙的学科很多,简单归纳有以下几种:宇宙学、粒子物理、高能物理、天体物理、天体化学、太空生物学、太阳物理学、太阳系物理学、行星科学、陨石学、空间科学、探测科学、SETI 科学(探索地外生命)、航天学(宇宙航行)和月球科学等。书中为了方便起见把这些科学门类统称为太空科学。

21 世纪,太空科学以惊人的速度实现着人类对科学极限的跨越!毋庸置疑,其中航空航天已经成为我们这个时代的重点话题!来自太空、宇宙的诱惑如此巨大,具有悠久文明史的中国当然更要作出自己的贡献:“神舟号”飞船的成功升空,特别是载人飞船的一次又一次的成功归来,确立了中国已进入航天大国之列。如今“嫦娥工程”的启动,宣布中国航天将向太空深处延伸,“嫦娥”绕月的成功,更显示我国有能力迈向宇宙,走进太空。

今天,“太空热”、“天文和航天热”正在兴起,然而这并不是科学家们的心血来潮,也并非纯粹是人类对理性的自我完善;我们所说的太空科学也绝不是一门仅仅拘泥于“象牙塔”之中的学科,相反,它对于人类的长远发展来说具有极其重大的意义。人类开发宇宙的意义,一方面在

地球能源不断告急的今天,可设法从太空中获得更多资源;另一方面,人类还可到宇宙拓展新的生存空间,等等。

本套系列丛书主要涉及以下一些话题:宇宙、黑洞、反物质、神舟号飞船、嫦娥工程、超光速、超新星、中子星、夸克星、火星、太阳黑子、中微子、太阳系外行星、暗物质、暗能量、类星体、太空引力波、巨型射电望远镜、地外生命、时光隧道(时间机器)、脉冲星、恒星形成,等等。这些都是在过去几十年,特别是最近几年大家都非常关注的话题,书中试图给读者满意的答案。

不积跬步,无以至千里;不积小流,无以成江海。本套丛书的主题是:“迈向宇宙,走向太空!”为了写好本书,笔者从三年前就开始广泛积累素材,建立了天文物理科普资料专业数据库和业余数据库。这几年积累起来的一篇小文章、小图片,如今终于形成了这套比较完整的宇宙太空科普读物。

最后谈谈本书的主要素材。本系列丛书的基本素材主要来源于笔者在学习与科学研究期间听取院士、首席科学家、海内外著名学者前沿专题报告的笔记;参加中科院“黑洞物理年”会议中涉及到的黑洞相关前沿内容笔记;还有笔者在投入射电和红外(射电和红外是研究宇宙早期情况的重要手段,同时射电又是深空探测以及地外文明探测的有利工具)方面的近两年时间的专业研究工作,与同行在黑洞质量计算、地外行星方面的专业研究工作积累的素材。笔者在科学研究的过程中,还有幸接触了美国国家航天局、欧洲空间局,这些经历也使笔者深入了解了国际国内宏伟的宇宙太空探测计划及其很多背景知识,这些均为编写这套丛书打下了坚实的基础。

本丛书还得到了众多老师、同学和朋友的帮助,由于他们的支持和鼓励使得本书能够顺利与读者见面,这里要对他们的工作表示衷心的感谢:

首先要感谢的是陈建生院士,陈老师是北大物理学院天文系的主任,笔者在求学期间深受老师培养战略科学家这种思想的影响。还有探月工程的首席科学家欧阳自远院士,我看了很多先生主编的科普作品,先生认真求实的科学态度、对科普事业的热心,令学生深受感动和教

育。甘子钊院士是北大物理系老系主任,是物理学院的前辈,记得新生开学的时候,甘老师的那场讲座,生动地描绘了物理学的美以及其在科技发展中的重要地位,其中飞秒技术、磁共振,是甘老师为物理学院新生上的大学物理第一课。以上三位院士的支持是笔者坚持到最后的强大动力。

为了本书能够让大多数人看懂,引入了另外一位作者石雨祺。小石就读于北京师范大学,已经出版了几部作品,有比较好的文字水平。小石在本书的编写过程中作出了大量的工作。也正因为小石的工作,本书由刚开始的甚至专业人士都难以看懂的文字,到现在只要识字的读者都可以通过浅显易懂的文字去了解神秘的宇宙。

除此之外,北京大学的李新叶、李肇聿为本书的编写提供了大量的资料;清华大学的王少轩、程华为本书的图片收集付出了努力;北大中文系的刘月悦为本书的名字提出了很好的想法;逸思·好方法教育团队的陈强先生为作者提供了与北京、上海和广州等地中学生面对面的交流机会,使得作者能够更好地了解他们在宇宙太空科学上真正感兴趣的地方;还有网易探索频道的徐超编辑在“嫦娥”探月专题中介绍了为配合“嫦娥”1号的发射首推出的两本:《伸出地球的手》和《宇宙暗世界》。

最后要感谢我的导师北大吴月芳教授、探月中心邹永廖主任、嫦娥工程射电望远镜专家张宏波工程师、欧洲空间局赫歇尔计划中方负责科学家黄茂海研究员,以及在北大做过天体物理前沿讲座的那些学者专家们,还有北大天体物理前沿课程的主要组织者刘富坤教授等。书中引用凝练着他们用智慧和汗水取得的研究成果、学术观点、数据和图片资料以及在写作的过程中给予的帮助和指导。作为科普读物难以一一列举他们的名字,在这里谨向他们表示深深的感谢和敬意。人类的进步,科技的发展离不开这些夜以继日,默默奉献的科学工作者。

孙 彤

2007年 北京 未名湖畔

目 录

第一章	人类身边的奥秘	
	——太阳系探测历史	1
第二章	上九天揽月	
	——月球探测历史	17
第三章	奔向嫦娥的壮举	
	——中国月球探测技术的发展	27
第四章	向理性和科学迈进	
	——火星探测	37
第五章	向着更深远进发	
	——深空探测	49
第六章	三十年磨一剑	
	——大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜 LAMOST	67
第七章	中国的巨无霸	
	——500米射电望远镜	77
第八章	探测技术的极限	
	——射电望远镜与长基线干涉技术	85
第九章	宇宙探测的领头羊	
	——美国空间探测战略50年	97
第十章	太空探测的“透视眼”	
	——红外与亚毫米波	105
第十一章	民族夙愿的实现者	
	——“神舟”号飞船	115

第十二章	失重下的衣食住行	
	——宇航员的太空生活	127
第十三章	天上街市的憧憬	
	——太空移民计划	137
第十四章	生意做到太空去	
	——太空商业前景展望	149

第一章 人类身边的奥秘

——太阳系探测历史

1



太阳系

本章科学人物



登上月球之后，踏上月球的第一步，在月球表面踩上第一个脚印，这对一个人来说，只不过是小小的一步，可是对人类来讲，却是巨大的一步。

——阿姆斯特朗

阿姆斯特朗(1930—)，美国宇航员。1930年8月5日生于美国新泽西州，1951年在美国军事学院获得理学学士学位，1963年在麻省理工学院获得博士学位。1966年首次太空飞行，是“约会任务”的副指挥，并进行了5个半小时的太空漫步。1969年“阿波罗”登月计划中乘坐登月小艇踏上月球，是第一位踏上月球的勇士。为人类近距离探测太阳系作出了巨大贡献。

阿姆斯特朗，这是一个世人熟悉的名字，一个勇敢的探索者。正是这些不畏艰险的宇航员，踏上了人类走向太空的第一步。在探测科学第一部分选择阿姆斯特朗作为科学人物，是对所有勇敢的宇航员的纪念。在走向太空的征程中，人类还需要更多的勇士。让我们再次向他们致以崇高的敬意。

孔子在游学的途中看见路边有两个小孩在争论,就上前问他们在争论什么。原来是一个小孩认为太阳刚出来时距离人近,而正午时距离人远。另一个小孩却认为太阳刚出来时离人远,而正午时离人近。前一个小孩说:“太阳刚出来时大得像车上的篷盖,等到正午时就像个盘子,这不是因为远处的小而近处的大吗?”另一个小孩说:“太阳刚出来时天气凉凉的,等到正午时人就感到很热了,这不是近的时候热而远的时候凉吗?”孔子听了却不能判断谁是谁非,因此被两个小孩嘲笑了。在这个“两小儿辩日”的故事里,两个小孩子竟然难倒了大圣人孔子,这听起来有点不可思议。其实,我们从另一角度来看,这并不是因为两个小孩子有多么聪明,也不是因为孔夫子的知识不够,而只是因为太阳的奥秘尚未被人们充分认识。

是的,从古至今,从东到西,太阳都是人类好奇的对象。而太阳所统治下的太阳系是人类迄今为止发现的唯一一个存在智慧生命的星系。这个星系是人类文明的发祥地,是我们的家园。因此,自从人类开始把眼光转向太空,太阳系就理所当然地成为第一个探测的对象。这里在简单介绍了太阳系后,我们从太阳探测和行星探测这两个层次来解读太阳系探测的奥秘。

神秘的太阳系

太阳系包括:太阳、八大行星、行星的卫星、由数千个小行星组成的小行星带、彗星、流星和主要由氢离子、氦离子组成的行星际气体(见彩图版 1-1)。八个行星离太阳由近及远的顺序是:水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。它们按个头大小的排列顺序是:木星、土星、天王星、海王星、地球、金星、火星、水星。所有行星的全部质量只等于太阳质量的 $1.34/1000$ 。在太阳系这个大家庭中,众行星和谐相处,在各自的轨道上由西向东有规律地绕着太阳运行着。

由于地球独特的气候和条件,人类得以在其上诞生、繁衍和生存,继而发展出高度的文明。无可非议,地球是人类文明的摇篮。如果把地球比作人类文明的摇篮,那么太阳系就是地球的摇篮,正是因为太阳

第一章 人类身边的奥秘

系这个独特的环境下地球才能够具有孕育生命的一切条件。另外,太阳系与人类的生活、生存也有密切而直接的关系,但是到目前为止,人类对于太阳系的认识却远远比地球本身要少。为了清楚认识太阳系,从16世纪伽利略发明望远镜以后,时至今日科学家们相继发明了功能更强的大型精密的天文望远镜和覆盖面巨大的电磁波段来观测太阳系,人类对于太阳系的探测已经作出了巨大努力。自1957年苏联发射第一个人造卫星以来,人类又开辟了用航天器探测太阳系的新纪元。太阳系探测的历史是人类科学技术和文明发展的宝贵历史。为了追溯太阳系探测的历史,下面首先从认识太阳开始,因为有了太阳才孕育出了太阳系。

太阳——永远的焦点

太阳是人类在太阳系中首先关注的天体,因为它是太阳系中唯一的恒星,也是整个太阳系的核心所在,是探测太阳系永远的焦点。大约在18世纪以前,关于太阳的起源,科学家们已提出了近50种假说,但是直到现在都仍然没有一个统一的说法。人们虽可以感觉到太阳活动对地球的多方面影响,但对这种影响的规律和形成机制却依然不明白。太阳系中天体类型众多,每一类天体都遵循着自己的规律运行。至于太阳系内各行星及其卫星的成因、演化、运动规律,它们之间的内在联系,相互影响仍是困扰着世界科学界的难题。当然,人们更不知道太阳系的边缘在何处,还有多少未知的空间等着人类去探索。对于太阳系,我们了解得太少,想知道的又太多,这像一个神奇的悖论,却又时时引诱着科学探索的脚步继续前行。对太阳的探测也正是在这种引诱之下一直进行着卓越的努力。

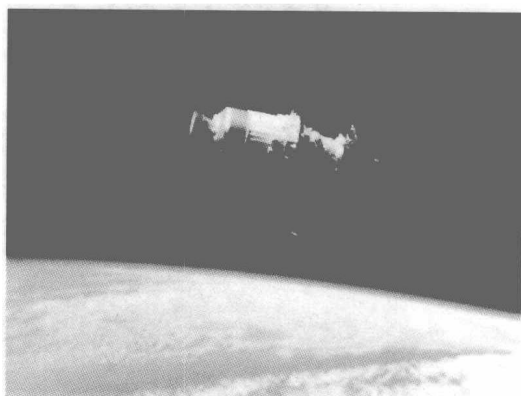
早期的努力

长期以来,虽然智慧的人类在理论上对太阳已经有了很多了解,但是近距离的观测和采样等活动进行得极为艰难。这是由于太阳的高温和强辐射给人们观测带来很大困难,探测器也难以到达它的近旁。从20世纪60年代起,世界各国发射的许多科学观测卫星,进行过一系列

的太阳的观测任务。美国和苏联均发射了一些探测器,其中美国有“轨道太阳观测站”,“国际日地探险者”,“太阳峰年卫星”等;苏联有“预报”号,“质子”号,“宇宙号卫星”等。美国与原西德联合研制的“太阳神”号探测器也曾经在接近太阳 450 万千米的地方,观测了太阳表面及其周围空间发生的各种现象,为人类较近距离观测太阳积累下了丰富而难得的经验。总体上说来,这个时期的探测器都尝试在近地轨道上观测、监视太阳活动,这些早期的努力对人们认识太阳作出了杰出贡献。

90 年代的活跃

20 世纪 90 年代以后,在太空探索的沉寂期过后,美国的“发现”号航天飞机把人类对太阳的探测活动推向一个新的阶段。它在太空成功释放了一个名叫“尤利西斯”的太阳探测器(图 1-1),这个以希腊神话中的英雄尤利西斯命名的太阳探测器,重约 385 千克,携带有 12 千克重的钚核反应堆来提供工作能量,装有 9 台科学仪器(见彩图版 1-2)。它的任务是探测太阳两极的活动情况及其巨大的磁场、宇宙射线、宇宙



值。所以科学家称“尤利西斯”号的飞行探测是 20 世纪末人类一次最重要的宇航活动。人类在这个阶段的太阳探测取得了新的突破。

21 世纪的新发展

进入 21 世纪,人类对太阳探索的步伐没有停留。截至目前,人类最新的太阳探测计划是 2006 年 12 月由俄罗斯与乌克兰科学家达成的一项太空开发合作协议。主要内容是俄罗斯与乌克兰将联手打造世界一流的“天体测量”太阳探测器,旨在研究太阳活动以及太阳对地球气候变化的影响。这个项目已经通过俄罗斯联邦宇航局和乌克兰国家宇航局的批准,待到时机成熟后就可以正式启动了。俄罗斯与乌克兰的此项国家间的合作项目将于 2008 年完成所有准备工作,预计到 2008 年年底,该太阳探测综合设备将被安装在国际空间站的服务舱中,2009 年初,便将开始实施该探测项目的主要任务——从国际空间站的服务舱中定期对太阳进行观测。我们可以预计,在“天体测量”项目框架内对太阳进行的一系列观测和研究将有助于科学家们更深入地了解太阳周期性的活动对其自身物理变化进程、对地球气候以及对人类各领域活

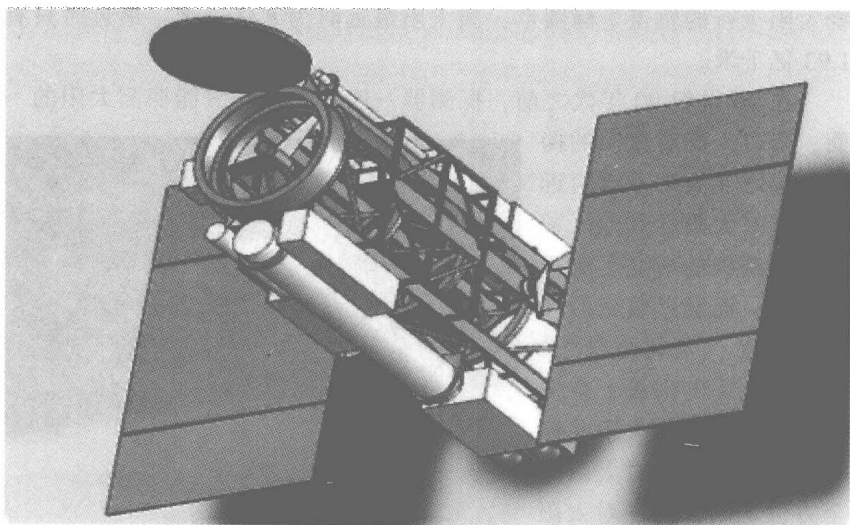


图 1-2 中国的太阳望远镜(SST)模型图

动的影响。另外,这个太阳观测计划还有一个重要意义就是可以帮助人类准确预测即将于 21 世纪中期到来的全球性大降温的精确时间和降温程度。我国的太阳望远镜(SST)也已经提上日程,计划将发射一个口径一米左右的太阳轨道望远镜,对太阳进行长期观测(图 1-2)。

行星——你更神秘

行星在太阳系大家族中,是人类探测中最重要的成员。研究行星演化可以使人类得到关于生命起源的重要启示,科学家发现在几十亿年前,火星上是有水的,有河流,气候温暖、潮湿,而现在火星已成为一颗干涸、寒冷的行星。什么原因使火星上的水消失?为什么火星上的气候发生这样剧烈的变化?火星上是否存在过生命?等等。当人类揭开这一系列秘密后可以及时采取必要的措施,主动掌握地球的命运。目前人类对太阳系行星已经做了很多研究,特别是发射探测器进行近距离研究。这些研究使我们对于行星的认识更加深刻,这里不单单指火星。关

(1967)、“金星”5号(1969)、“金星”6号(1969)。美国发射的探测器还有：“水手”3号(1964)、“水手”4号(1964)、“水手”5号(1967)、“水手”6号(1969)、“水手”7号(1969)。

这一阶段尽管还处于行星探测的初期，但探测活动已经是非常的活跃。苏联和美国两军事大国，为争夺太空霸主地位，展开了激烈的角逐。苏联在金星的探测上领先于美国许多，发射了数倍于美国金星探测器，而美国在火星探测上则略具优势。据统计，这一阶段行星探测共21次，其中苏联14次，美国7次。共计8次成功，其中苏联3次成功，美国5次成功，在这一回合美国领先。苏联非常重要的成就是首次着陆金星，传回了金星第一手资料(见彩图版1-3)。美国则在火星探测上取得了大量的图片资料。总体上讲是两大高手过招，平分秋色。

第二阶段(1970—1980):热情更高涨

步入70年代，行星探测已经进入了全面发展阶段。1970年苏联的“金星”7号软着陆金星成功，并传回金星大气和其表面资料。两年后“金星”8号又一次成功着陆，并在金星表面工作50分钟，测定了放射性物质含量以及大气中风和透过云层的太阳光。苏联的“火星”2号也于1971年11月27日成功进入火星轨道，不过遗憾的是着陆器坠毁于火星表面。美国1975年发射的“海盗”1号轨道器一直工作到1980年8月17日，着陆器工作到1982年5月，拍摄大量火星表面资料，同时进行了火星科学考察。

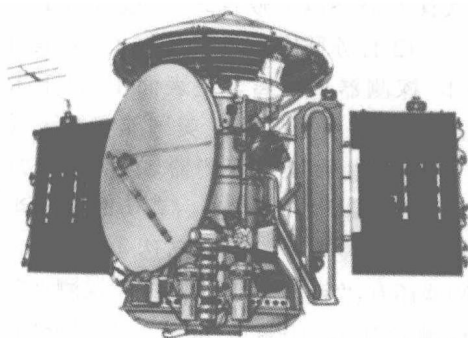


图1-3 苏联“火星”3号探测器

这一阶段苏联发射的探测器还有：“宇宙”482号(1972)、“金星”9号(1975)、“金星”10号(1975)、“火星”4号(1973)、“火星”5号(1973)、“火星”6号(1973)等。美国在这一阶段发射的探测器主要有：“先驱者-金星”1号(1978)、“先驱者-金星”2

号(1978)、“水手”8号(1971)、“海盗”2号(1975)、“水手”10号(1973)、“先驱”10号(1972)、“旅行者”1号(1977)、“先驱者”11号(1973)等。

70年代行星探测技术也更加提高,美苏的太空探测竞争也愈显激烈。两个国家总共探测行星27次,其中苏联15次,美国12次。共成功21次,其中苏联11次,美国10次。这一阶段最大的特点就是航天技术有了很大提高,行星探测成功率已经非常高。苏联进行多次金星表面着陆,并工作长达几个小时。美国成功发射了火星轨道探测器,对火星大气和火星表面做了详细的探测,得到非常珍贵的资料。

第三阶段(1980年以后):探测逐渐沉寂

80年代后行星探测逐渐冷了下来,这主要和美苏争霸的历史事实有关。80年代初期美国和苏联的行星探测技术都已经到达一个很高的水平,1981年苏联连发两个探测器“金星”13号和“金星”14号,着陆金星,并分别工作长达127分钟和57分钟。美国对行星的探测也更进一步,1996年发射“火星探路者”,火星车成功登陆火星表面,分析了火星岩石,显示了火星的表面特征。这一阶段行星探测的热情已经逐渐冷却下来,探测的频率没有前两个十年高。

这一阶段前苏联发射的探测器还有:“火卫飞船”1号(1988)、“火卫飞船”2号(1988)。美国的行星探测器还有:“麦哲伦”(1989)、“火星环球勘探者”(1996)、火星气候轨道探测器(1998)、火星极地着陆探测器(1999)、“勘探者01”环流器(2001)、“勘探者01”着陆器(2001)、“勘探者03”环流器和着陆器(2003)、新环流器和着陆器(2005)等。

80年代后美国在行星探测方面就开始处于领先地位。苏联因种种原因太空计划大大落后于美国。之后,美国开

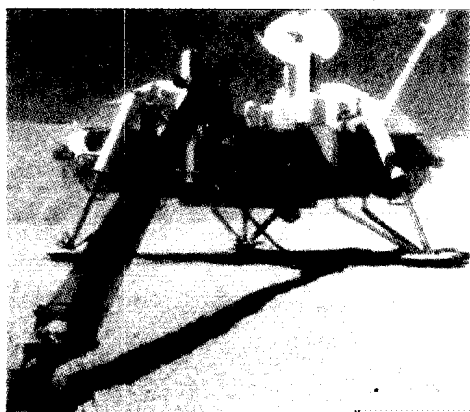


图1-4 美国“海盗”号探测器着陆器

第一章 人类身边的奥秘