

走向太空 - 记 21 世纪太空科学技术的兴起

Zouxiang Taikong JI 21 SHIJI TAIKONG KEXUE JI SHUDEXINGQI

探测科学

孙彤 石雨祺 编著

宇宙 黑洞 外星人 反物质 神舟号飞船 嫦娥工程

光速 超新星 中子星 夸克星 火星 飞碟

太阳黑子 中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星

恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

宇宙 黑洞 外星人 反物质 神舟号飞船 嫦娥工程

超新星 中子星 夸克星 火星 飞碟

太阳黑子 中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星 恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星 恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

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 飞碟

太阳黑子 中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星 恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

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 飞碟

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 飞碟



山东出版集团 WWW.SDPRESS.COM.CN



山东科学技术出版社 WWW.LKJ.OOM.CN

走向太空——记 21 世纪太空科学的兴起

探测科学

孙彤 石雨祺 编著



山东出版集团 WWW.SDPRESS.COM.CN



山东科学技术出版社 WWW.LKJ.COM.CN

按需印刷服务

为了更好地服务广大读者，山东科学技术出版社对于本社出版的网络版图书提供“按需印刷”服务。所谓按需印刷是指出版社根据读者的需求，利用先进的数字印刷技术为读者提供网络版图书的少量的印刷纸质版本。

详情请垂询：

联系信箱：wang-wei@sdpress.com.cn

联系电话：086-531-82098090

通信地址：中国·济南·玉函路16号

邮政编码：250002

走向太空——记21世纪太空科学的兴起 探测科学

孙彤 石雨祺 编著

出版者：山东出版集团

山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号

邮编：250002 电话：(0531) 82098090

网址：www.lkj.com.cn

电子邮件：sdkj@sdpress.com.cn

发行者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号

邮编：250002 电话：(0531) 82098090

网址：www.lkj.com.cn

电子邮件：sdkj@sdpress.com.cn

开本：130mm×184mm B5

字数：50千

版次：2007年5月第1版第1次制作

图书编号：SDPH-04-P1-20070005

定价：9.00元

目 录

第一章 人类身边的神秘——太阳系探测历史……………2

从古至今，从中到西，太阳都是人类好奇的对象。而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。

第二章 上九天揽月——月球探测历史……………10

西方人看月亮的方式与中国人有些不同，他们不光会望月感慨，对月抒怀，还会想想月亮上面到底有什么？西方人对于月球的科学探索还是从哥白尼时代开始的，不过直到20世纪人类才可以近距离地去探测月球，甚至着陆到月球的表面，一览这个美丽的夜空中，最大、最圆、最亮、最富有诗意的天体。

第三章 奔想嫦娥的壮举——中国月球探测技术的发展… 20

探月技术无疑属于高、精、尖科技，它是一个国家综合国力以及技术水平的综合体现。中国的探月计划虽然直到21世纪初才走向正轨，但是探月所需要的技术却在几十年前就已经开始发展。这是一个漫长的过程，其中有很多老一辈科技工作者的汗水。今天的嫦娥工程能够顺利进行，离不开这漫长的几十年。十年磨一剑，任何卓越的成就都是一点一滴的日常艰苦工作积累起来的。

第四章 向着更深远进发——深空探测……………30

深空探测指的是对宇宙深处的探测，包括对月球、太阳系九大行星及其卫星、日—地之间环境的探测。比如探月工程，我们国家就用到射电望远镜来接收绕月飞行探测器发射回来的信号，这就是深空探测的一种。通过深空探测，能帮助人类研究太阳系及宇宙的起源、演变和现状，进一步认识地球环境的形成和演变。

第五章 三十年磨一剑——大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜 LAMOST……………43

望远镜是人类的眼睛，这双“眼睛”不仅能看得很远，而且其精度也越来越高。望远镜巡天是科学家一件大事，它带给我们在美丽星空中最宝贵的资料。高精确度、高灵敏度的光纤光学望远镜 LAMOST 将担负起中国人巡天工作的重任。

第六章 探测技术的极限——射电望远镜与长基线干涉技术……………52

著名的“阿雷西博 305 米”射电望远镜被用于研究地外生命，很多人在 007 中应该见过它的踪影吧？在 007 的故事结尾时候的武打场面就是在“阿雷西博 305 米”射电望远镜上面拍摄的。2005 年，全球第 16 大 25 米射电望远镜联测卡西尼——惠更斯号探测土卫六盛况，更是引人注目。中国也即将把射电望远镜技术运用于牵动全国人民之心的“嫦娥工程”。

第七章 宇宙探测的领头羊——美国空间探测战略 50 年……64

从第二次世界大战结束至今,世界进入了平稳发展时期,在政治平和、经济发展的基础之上,天文学和天体物理学在过去 50 年中所取得的巨大成就是有目共睹的,天文新技术和新设备层出不穷,探测新结论纷纷“出炉”。可以说在这个时期人类在探测宇宙所取得的成就远远超越了历史上所有时期的总合。

第八章 太空探测的“透视眼”——红外与亚毫米波……70

红外线被发现后,人们更惊喜地发现尽管尘埃可以成功地“蒙蔽”住人们的眼睛,但对于红外波段辐射却是完全透明的。正因为恒星、行星等天体形成于分子云中,特别是早期,恒星被大量的分子云包裹着,对于这些恒星的研究借助红外观测就方便了许多,而且可以看到很多更隐秘着的东西。

第九章 民族夙愿的实现者——飞船“神舟号”……………80

1999 年 11 月 20 日,我国成功发射了自行研制的第一艘飞船“神舟 1 号”,成为世界上第三个发射宇宙飞船的国家。此后,我国又在短短六年间分别把神舟 2 到 6 号送上了九重天。综观“神舟系列飞船”,我们可以看到前面 4 艘神舟号无人试验飞船的发射和飞行试验取得了一定的数据、验证了设计的合理性、锻炼了飞行人员、演练了整个飞行程序、从而为后面的载人飞船顺利升空奠定了基础。

第十章 天上街市的憧憬——太空移民计划……………89

古今中外,从古至今,人世间多少神话故事和科学幻想。

期望有一天人类能“上九天揽月”，移居到那美妙的“天上人间”。很多年前，人们把居住在天上看作“神仙”般的生活，“天上一日，地上一一年”，那时候人类自己没有能力“登天”，便运用丰富的想象力去幻想那里的生活。就这样人们以“居住天上”为素材创造出很多优美动人的故事，郭沫若有一首著名的诗歌《天上的街市》，便幻想了这样一种情景。

在一次科学讲座上，一位天体物理学家这样对听众说：“我们探测目标的难度就像是探测七公里之外的一根头发丝！”探测技术在 20 世纪已经取得了辉煌的成就，人类成功的登上了月球，成功发射了各种探测器，近距离研究了在太阳系中绝大部分的行星。21 世纪探测技术的发展也不甘示弱，即将迈上一个新的台阶。探测科学的另一个技术高端：深空探测，也即将得到突破性发展。

大口径的射电望远镜组成的覆盖全球的干涉阵列、天空与地面之间的长基线干涉仪、空间与空间的大口径干涉阵列。这些阵列的建立既提高了望远镜的分辨率，又提高了对星空的探测能力。中国的嫦娥工程也将利用大口径射电望远镜组成长基线测控系统。运行于地球轨道的高分辨率红外卫星也得到长足的发展。即将上天的有欧洲空间局主持中国参与研发的赫歇尔红外空间卫星计划。

神舟号宇宙飞船一次次的成功发射使得中国也慢慢进入航天大国和航天强国，探月工程就此也拉开了序幕。我国的射电望远镜技术也得到了很大发展，由我国自主研发的 500 米大口径射电望远镜也即将诞生，标志着我国的探测技术将会迎来崭新的一页。

太空梦，在中国，屈原那个时代就有了。然而真正能够一睹美丽太空的风采的是幸运的 21 世纪的我们。太空移民，已经频繁地出现在了报纸刊物以及电视电影等信息载体中。为什么是今天？因为今天的科技足以让我们骄傲自豪，人类已经敢于这样奢望了！太空移民究竟能不能实现呢？

第一章 人类身边的神秘——太阳系探测历史

本章科学人物

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

美国太空人，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，是第二位踏上月球的勇士。为人类近距离探测太阳系做出了巨大贡献。

在开始我们的介绍之前，先听一个古老的故事吧。孔子在去东方游学的途中看见路边有两个小孩在争论，就上前问他们争论的原因。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距离人远，而正午时距离人近。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，而只是因为太阳本身的太过神秘。

是的，从古至今，从中到西，太阳都是人类好奇的对象。而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。

太阳系包括太阳、已知的九个行星、这些行星的卫星、以及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。九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、冥王星。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、冥王星。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条件，人类才得以在地球上生产和生存，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，正是在太阳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。

太阳是人类在太阳系中首先要关注的天体，它是太阳系中唯一的恒星，也是整个太阳系的核心所在。关于太阳的起源，18 世纪以前科学家们就已经提出了近 50 种假说，但是直到现在都仍然没有一个统一的说法。而关于太阳何时诞生及其演变过程则更没有可以服众的认识。虽然人们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身的运行规律。至于太阳系内各行星及其卫星的成因、演化、运动规律、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的探索。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的脚步继续前行。

虽然智慧的人类在理论上对太阳已经有了很多的了解，但是实际的观测和采样活动却进行得极为困难。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。最早从 60 年代以来，世界各国发射的许多科学观测卫星承担过观测太阳的任务。早期的科学探测主要由美国和前苏联进行，它们是人类迈向太阳系的“先导”。在这个时期，比较重要的探测器有：美国的轨道太阳观测站、国际日地探险者、太阳峰年卫星等；前苏联的预报号、质子号、宇宙号卫星等。另外，美国与原西德联合研制的太阳神号探测器曾经在接近太阳 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了丰富而难得的经验。总体说来，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，它们对人们认识太阳做出了杰出贡献。

在太空探索的沉寂期过后的 1990 年，美国的发现号航天飞机把对人类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，这个以希腊神话中的英雄尤利西斯命名的太阳探测器，重 385 千克，携带有 12 千克重的钚核反应堆以提供工作能量，装有 9 台科学仪器。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、宇宙尘埃、 γ 射线、X 射线、太阳风等一系列太阳现象。尤利西斯号探测器绕太阳飞行的轨道呈椭圆形，离太阳最远时为 8 亿千米，最近时只有 1.93 亿千米。在 20 世纪 90 年代前，探测器的飞行轨道只能探测到太阳的一面，所以人类对太阳的探测仅局限在太阳赤道附近区域，对

太阳的其他区域特别是两极的情况了解甚少。而经过精密的计算和设计，尤利西斯号可以从太阳的南极上空横跨太阳赤道飞向太阳北极上空时，从而做到对太阳的全方位观测，从中获取的数据信息具有重大价值。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。

时间很快进入了 21 世纪，人类对太阳探索的步伐也不会停留。截止到本书初稿完成时，人类最新的太阳探测计划是俄罗斯与乌克兰科学家在 2006 年 12 月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太阳探测器“天体测量”，旨在研究太阳活动以及太阳对地球气候变化的影响。在这个计划中，俄罗斯方面参与此项目研究的单位包括“动力”火箭航天公司、俄罗斯科学院天文观测总台、“机械制造”中央科学研究所、国家光学研究所、“脉冲”电力公司，而乌克兰方面则由乌克兰国家科学院天文观测总台牵头。当然，如果计划顺利实行，俄罗斯和乌克兰会在国际空间站俄罗斯段上联合展开一系列的科学研究及实验合作，而宇宙探测则是重中之重。2006 年年内，这个项目已经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、对地球和地球气候以及对人类各领域活动的影响。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。

在太阳系大家族中，行星是人类探测中最重要的成员。科学家发现在几十亿年前，火星上有水、有河道、河谷网、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？使火星上的气候发生这样剧烈的变化？这些因素在地球的演化过程中是否存生？揭开这一秘密，人类可以及时采取必要的措施，主动掌握地球的命运。关于行星，人类已经做了很多研究，特别是发射探测器进行近距离研究。从而使我们对于行星的认识更加深刻。关于太阳系行星的探测，我们已经在前面的章节中有过详细介绍了，在这节中就不再重复了。

人类的行动不能脱离规范的约束，即使行为发生在遥远的太空也是一样，因为今日太空的每一个变化说不定就会影响到明日我们的后代的生存和发展。随着人类对太阳系探测的深入，有关太空探测的国际法规也陆续出台了。2005 年，在欧洲宇航局和意大利宇航局组织的研讨会上，来自欧洲、北美洲和亚洲的超过 60 个太空研究机构签署了一项国际太空探测合作协议。协议中所规范的主要太空探测对象就是太阳系。这次研讨会的目的是帮助建立一个国际合作框架来支持不同的国家各自实施的各项不同的太空探测计划。签署这个协议的国家在不同程度上都正在准备或者正在实施对太

阳系的探测计划，它们探测的对象主要集中在对月球和火星上。这个协议在规范人类探测太阳系的同时，也鼓励了在太空探测中各国之间广泛的合作。在不久的将来，一个国际合作的共同体将使各国通过不同的渠道、不同的方法对同一个太空物体或者现象有一个全面的、综合的认识。这一个共同体不仅要支持全球各个国家各自的太空探测计划而且还应该逐步的制定一些可以接受的太空探测战略。

探索太阳系对人类来说意义重大，人类可以从研究地外星体中得到借鉴，更好地了解自身的发展。例如在对金星的探测中人们就发现它的臭氧层已在自身的演变过程中被破坏了，这让我们想到了我们自身的环境。我们知道，臭氧分子是由三个氧原子组成的，在整个大气中，臭氧的含量很少，但它却能有效地阻挡住来自太阳的紫外线从而使生物免受伤害。而目前，地球的臭氧层已开始遭到破坏，尤其是两极臭氧层相对稀薄的地方这种破坏更为严重。臭氧一旦被破坏，便没有足够的能力遮挡紫外线，于是就有更多的紫外线直接到达地球上，这将会给地球上生物的生存带来很大的影响。据推算，臭氧层的浓度如果下降到 30%，那么紫外线的照射会使水深 10 米以内的生物死去一半，再发展下去地球将变成一片焦土，这绝不是耸人听闻。虽然现在臭氧层厚度的减少还没有带来如此惨烈的后果，但是这种现象的后果已经初显端倪了，人类皮肤癌患病率直线上升便是后果之一。所以人类必须从现在开始高度重视地球上臭氧层的保护问题。而通过对金星已经破坏的臭氧层的研究，我们可以想象出未来地球臭氧层被破坏后的一片狼籍的景象。当然，除

了这些科学意义之外，太阳系对人类来说更具诱惑力的发现是在环绕太阳运行的数千个小行星上有大量的贵金属，如黄金、白银、钼等。

人类的探索的脚步从来就是没有极限的，在踏遍了地球上每一寸土地之后，人们就要到太空去开拓新的生活领地了。从古至今，茫茫宇宙就像一块巨大的磁石强烈地吸引着千千万万的科学家甚至普通人。为了科学的进展和人类自身的命运，必须刻不容缓地对地外星体进行探测，而首先就是从我们所在的太阳系做起。然而太阳系是庞大的，人类不可能一下将科学的触角伸到太阳系的最深处，于是这种探索当然就要从我们的近邻身边做起，也就是下两个章节要涉及的内容——月球探测。

第二章 上就天揽月——月球探测历史

本章科学人物

探测月球是破解地—月系统、太阳系和生命的起源与演化的重要环节。探测月球可以拓展人类的生存空间和探索领域。除了用望远镜，现在发射各种各样的探测器去探测月球，甚至登上月球进行探测。这一系列航天技术的发展，带动了高新技术的整体发展，科学需求转换成了技术上的突破。

——欧阳自远



欧阳自远

欧阳自远，天体化学与地球化学家。原籍江西上饶，1935年生于江西吉安。中国探月首席科学家、中科院院士、嫦娥工程首席科学家。

1956年毕业于北京地质学院。

1961年中国科学院地质研究所研究生毕业。中国科学院地球化学研究所研究员。现任贵州省科学技术协会主席，中国矿物岩石地球化学学会名誉理事长，中国空间科学学会副理事长。

欧阳自远院士负责国内地下核子试验选场与综合效应

研究，爆后验证成功，系统开展各类地外物质，月球科学，比较行星学和天体化学研究，是国内天体化学领域的开创者。他系统开展了各类地外物质（陨石、宇宙尘、月岩）、比较行星学、天体化学与地球化学的研究，建立了铁陨石成因假说；吉林陨石的形成演化模式与多阶段宇宙线照射历史的理论；论证中国 K/T 界面撞击事件，提出并证实新生代以来 6 次巨型撞击诱发地球气候环境灾变的观点。近年来还积极参与并指导了中国月球探测的短期目标与长远规划的制订，是中国月球探测计划的首席科学家。1991 年当选为中国科学院院士。由他牵头的探月工程，已经进入实质性阶段，这必将引领中国高新技术走向一个更高水平，开辟中国新的太空时代。

月球是天空中晚上最大，最亮的天体。在日常生活中，人们更多地称月球为月亮。在每个晴朗的夜晚，正是它向人间播撒皎洁的月光，陪伴人们度过这漆黑难熬的时光，它是人类在夜晚中的光明使者。正是因为人们对月亮有着这种特殊感情，自古以来，民间流行关于月亮的传说也就特别多。而想象力丰富的中国古人更是给远看空荡荡的月球加上了嫦娥、月兔、桂花树、并由此创作出很多脍炙人口的故事来。在古代文人的诗词中，月亮更是常被描写的对象。人们常常望着月亮寄托自己遥远的情思，他们把月亮当作爱人，当作倾诉的对象。与白日威严的太阳相比，月亮对人们来说似乎更具有亲和力。

西方人看月亮的方式与中国人有些不同，他们不光会望月感慨，对月抒怀，还会想想月亮上面到底有什么？西方人对于月球的科学探索还是从哥白尼时代开始的。不过直到 20 世纪人类才可以近距离地去探测月球，甚至着陆到月球的表面，一览这个美丽的夜空中，最大、最圆、最亮、最富有诗意的天体。现在人类的探月计划是从上个世纪中后时期开始进行的，特别是在美苏争霸时期，探测月球的竞争被当作政治斗争的一部分，因此争夺的尤为激烈。把美丽的月球和功利的政治扯上关系显然有点让人倒胃口，但是这场争夺确实使人类探测月球技术得到了迅速的提升。

让我们一起再回顾一下美苏（前苏联）两国探月的历史吧。前苏联从 1959 年开始对月发射了一系列的月球探测器，在这里，我们把它们统称为“月球系列”，它们是人类对月

探测的开端。在“月球1号”发射之前，前苏联航天机构已经在一年内向月球连续派遣了三名“使者”，它们为“月球1号”的发射铺垫了道路。“月球1号”的发射，一方面是由于前苏联太空计划的总负责人科罗廖夫对自行开发的火箭能力具有充分的信心。另一个更为重要的原因则是基于与美国打科技宣传战的目的，可以说冷战的对抗性直接鼓励了这种太空竞赛。1959年1月2日，“月球1号”在前苏联的拜科努尔发射场顺利升空，这是人类发射成功的第一个摆脱地球引力场的航天器。两天后，“月球1号”从5995千米外掠过月球，完成了截止到当时为止人类对月球距离最近的一次拜访。在任务执行完毕后，当时的技术却没有能力收回“月球1号”，它的最终命运是成为一个人造行星，将永远以450天的周期围绕着太阳公转，在遥远的太空自生自灭。这次发射的成功极大增强了前苏联探月计划的信心，同年内，前苏联又先后发射“月球2号”和“月球3号”探测器。“月球2号”于1959年9月12号发射，并第一次成功撞击月球。“月球3号”于1959年10月4号发射，它绕过月球，传回了第一批月球背面照片。在此之后，“月球系列探测器”继续推进着人类探测月球的步伐，“月球系列”共有24号，总共进行了24次探月任务，它们给人类带回很多月球的信息。在这期间，前苏联还成功地研制出一种新型的、功能比较全的探测器——“探测器”号，前后一共发射了8颗这样的探测器，这8颗探测器各有各的职责。其中值得一提是，探测器3号1965年掠过月球，拍摄到月球背面照片。“探测器4号”1968年3月2日发射，围绕太阳运行，而从“探测器5号”到“探测器8号”都进行了绕月飞行。

与前苏联争霸世界的美国在太空竞争方面当然不示弱。几乎与苏联同一时期，美国发射了“先驱者系列探测器”，它们于 1958 年至 1959 年期间执行早期探月任务，但是大都失败了。为了“阿波罗计划”的实现，美国于从 1961 年 8 月到 1965 年 3 月的短短几年中先后向月球发射了 9 颗“徘徊者号”探测器。由于技术的不断调整与进步，其中的大多数探测器都平稳地完成了既定任务，但是其中的“徘徊者 7、8、9 号”仍然撞毁在月球上，即便如此它们还是发回了相当多的照片。这些探测器的主要目的是为了研究整个月球的外观、测量月球附近的辐射和星际等离子体的分布情况、检测月球轨道器、为阿波罗登月探路。光是“徘徊者”号探测器的探路还是远远不够的，因此在此之后美国又研制了另一种新型的月球探测器——“勘察者”号。从 1966 年 5 月到 1968 年 1 月期间，美国共发射了 7 颗“勘察者”号探测器。“勘察者 1 号”于 1966 年 5 月 30 日发射，6 月 2 日软着陆于风暴洋，工作至 7 月 12 日，发回 11 150 幅照片。“勘察者 2 号”坠毁于哥白尼月坑旁边。“勘察者 3 号”于 1967 年 4 月 17 日发射，20 日着陆于风暴洋。“勘察者 4、5、6、7 号”也都成功着陆于月球表面。

在同一时期，美国还启动了“月球轨道飞行器”计划，其主要目的是在绕月轨道上拍摄月球表面的详细地形照片，为“阿波罗”飞船选择最安全的着陆点。从 1966 年到 1968 年期间，美国共发射了 5 颗“月球轨道飞行器”，“月球轨道探测器 1 号”于 1966 年 8 月 10 日发射，14 日绕月飞行，发回 211 幅照片，最后坠毁。“月球轨道探测器 2、3、4、5 号”

都成功绕月飞行，并发回照片，最后坠毁于月球表面。

最后要提到的是美国的“阿波罗计划”了。在经历了长时间的前期准备之后，“阿波罗系列探测器”终于在 1966 年开始执行探月载人登月计划。1969 年 7 月 20 日，“阿波罗 11 号”顺利升空，两名身披美国国旗的宇航员终于成功着陆于月球表面的静海，他们的成功着陆标志着人类首次登月的成功。随后他们安全地返回地球，并带回了 20.7 千克月球土壤样品。接着，“阿波罗 12 号”于 1969 年 11 月 14 日发射，于 19 日到达月球。这一次仍是两名字航员登月，这回他们带回了 34.1 千克的样品。美国科学家们想借“阿波罗”的东风，完成对月球更多的探索。于是在 1970 年 4 月 11 日，他们发射了“阿波罗 13 号”，但是这一次飞船的储气罐爆炸，被迫取消了登月的计划。随后的“阿波罗 14、15、16 号”都成功地把宇航员送到了月球，并带回了更多的月球表面物质样品。

总结起来：从 1958 年至今，美国进行了 9 次载人月球探测，其中有 6 次为载人登月。苏联、美国、日本和欧洲空间局向月球发射的无人探测器共计 87 个。关于无人航天器探测月球，其主要方式有 5 种：一是从月球近旁掠过，近距离观测；二是在月球表面硬着陆，利用撞毁前的短暂时机进行探测；三是成为月球的人造卫星，进行长时期反复观测；四是在月球表面软着陆，进行实地考察；五是在月面软着陆挖掘月岩样品后，送回地球供科学家们直接研究。前苏联发射的月球探测器中这 5 种方式都使用过，而美国在发射的月

球探测器时也使用过其中的 4 种探测方式。我国从国情实际出发，一方面考虑到可能投入的财力有限，另一方面考虑到前两种探月方式价值较小，更重要的是我国现有航天技术已经超出了苏美两国 20 世纪 50 年代末的水平，故而我国探月计划开始就从第 3 种方式起步，把绕月探测作为我们向月球迈进的第一步。

至此，我国绕月探测工程全面启动，卫星和卫星有效载荷、运载火箭、发射场、测控、地面应用等五大系统全面展开，并取得了良好的开局。中国载人航天工程分为火箭、飞船、航天员、空间应用、测控、发射场、着陆场 7 个大系统，每个系统又有 10 个左右的分系统和更多的子系统，系统间既相互独立又互相联系。

我们真正探月计划的提出整整酝酿了 10 年，其实我国真正意义上的探月构想是在 1994 年提出的，此后的 10 年间主要是在进行论证过程。这个过程之所以进行了十年之久，是因为对还处于发展中的中国来说，启动探月是一件需要慎重再慎重的事。首先是论证开展探月有没有必要？是否可行？第二步要论证上月球干什么？做哪几件事情？于是我们制定了探月 20 年大规划，也就是现在国家航天局局长栾恩杰总结的‘绕、落、回’三个阶段。科学界一般将人类开展月球活动归纳为“探月”、“登月”、“驻月”三个阶段。“探月”是对月球情况进行了解；“登月”是指人登上月球，进行直接接触；“驻月”分为“驻月”和“住月”两个层次，前者是人携带设备登陆月球后，人很快返回，设备仪器长期

驻扎月球开展探测活动；后者则是人在月球上长期居住、生活和工作。据估计，美国在 2004 年公布的“重返月球计划”，目标就很可能是驻月。我们探测月球的目标是否符合国际发展潮流，是否紧密结合我国的实际？这都需要进行科学且复杂的论证过程。

自从 20 世纪 90 年代起，尽管探月计划还没有正式立项，但是科学界的一些行动早已在悄然地推动着中国探月计划的前进。上世纪 90 年代初，航天领域首席科学家闵桂荣院士提出了“中国也要搞月球卫星”的建议。1997 年 4 月 7 日至 10 日，中国科学院的杨嘉墀、王大珩、陈芳允三位院士以“863”计划的名义发表了《我国月球探测技术发展的建议》。1998 年，总装 863 航天领域办公室组织了杨嘉墀等航天专家对清华大学、中国航天科技集团五院 502 所、国防科大、中国科技大学的“月球车”项目申请报告进行评审，通过了由清华大学牵头的“月球探测机器人总体方案设计及相关技术分解”的立项研究，揭开了我国月球车研究的序幕。2000 年 5 月，清华大学组织了“月球探测技术研讨会”，反响强烈。由于整个探月计划的实现需要国家与社会的大力配合，所以如何宣传也就成为了这些平日深居简出研究室的科学家们的必攻科目。在那段日子里，他们除了搞研究，做的最多的工作就是四处游说和呼吁。这是件很费心费力的工作，但只要逮住机会，他们就会向决策者、科技界和公众阐述月球探测的重要性，灌输中国开展探月的必要性。可以说如果没有这些热心科学家的外围努力和攻关，中国启动探月计划可能还会要推迟。就这样，一直继续了十年之久的时间，

公关才终于成功。国防科工委副主任、国家航天局局长栾恩杰在 2000 年 10 月 5 日在北京召开的首届“世界空间周”庆祝大会上作了题为《面向 21 世纪的中国航天》专题发言，宣布我国要在空间探测方面，实现月球探测，并积极参与国际火星探测活动。这标志着中国高层首次公开表明探月决心。

中国的探月工作者们如此积极地推动探月计划，还有一个政治上的目的。根据中国“双星计划”的首席科学家刘振兴院士所说的：“把绕月卫星发上去，这是被逼出来的。印度已经宣布 2007 年发射绕月球卫星，他们的技术力量很强大，所以我们必须得赶到前面去，现在时间已经很紧了。”

2001 年，由欧阳自远院士牵头制定的“发射绕月卫星”第一期科学目标和有效载荷配置终于通过了国家评审。其次的一年间，孙家栋院士组织全国各方面力量，对首期目标又进行了为期一年的综合论证，最后得出结论：这个计划科学目标明确、先进、技术能够实现，没有颠覆性的技术问题。终于在 2003 年 9 月，中央最终同意并批准了这个计划，中国的探月梦想被正式地摆在了科学计划日程上。

根据计划，我国在完成无人航天器探月任务后，将研究载人登月发展规划，择机实施载人登月探测以及与有关国家合作共建月球基地。我们第一步探月主要要达到四个目的：一、为月球“画像”，也就是要通过各种手段获取月球表面三维影像。二、要探测月球上 14 种有用元素资源的含量和

分布。月球是一个有着丰富资源的特殊星球，这些资源将是人类社会发展的重要补充和支撑。比如说月球上的钛、铁、铀、稀土、磷、钾等资源的富集几乎超出人们的想象，尤其是月球的土壤中富含特殊的氦 3 资源。美国科学家曾经对月球上 5 种有用元素做过分布探测，而我国的探月工程则希望探测更多的有用元素资源。三、要探测全月球土壤的厚度，从而估算氦 3 的资源含量，这对了解和利用月球资源有重要意义。四、重点探测月球距离地球 4 万到 40 万公里范围内的空间环境，因为那里环境的变化，对于地球环境和人类社会的发展有着重要意义。

第三章 奔向嫦娥的壮举——中国月球探测技术的发展

本章科学人物

雷伯

雷伯 (Reber, Grote) 美国无线电工程师。1911 年 12 月 22 日生于伊利诺斯州惠顿。雷伯爱好射电天文学，十五岁时就热衷于无线电收发报活动。詹斯基的发现，点燃了他的心灵之火。早在伊利诺斯技术工程学院学习的时候，他就试图继续詹斯基的工作。例如，他想使无线电信号从月球反射回来。（他失败了，但是第二次世界大战后，美国通讯兵以更大的投资做到了这一点。）1937 年，他在自己家的后院，建成了第一台射电望远镜。接收无线电波的反射面直径达 31 英尺。1938 年，他开始接收射电波。他发现天空中有的地方发射出比背景噪音更强的电波，并且还发现“射电星”和可见的星体位置不一致。十年后，巴德找到了其中的一个，它似乎是两个碰撞中的遥远的银河系。1942 年，雷伯发表了他的发现，荷兰的奥尔特对此很感兴趣。第二次世界大战结束后，射电天文学立即迅速发展，取得了重要的地位。1947 年，雷伯把他的射电望远镜赠送给了国家标准局。以后，他把观察地点移到夏威夷，接着又移到澳大利亚。假如说是詹斯基

使射电天文学得以诞生的话，那么这门学科的幼年是靠雷伯独自哺育的，既而洛弗尔又使它长大成熟。

前一个章节中，主要介绍了我国探月计划的发展历程。在这个章节中，我们重点从技术层面上对我国的探月计划进行更深入的了解。探月技术无疑属于高、精、尖科技，它是一个国家综合国力以及技术水平的综合体现。中国的探月计划虽然直到 21 世纪初才走向正轨，但是探月所需要的技术却在几十年前就已经开始发展。这是一个漫长的过程，其中有很多老一辈科技工作者的汗水。今天的嫦娥工程能够顺利进行，离不开这漫长的几十年。十年磨一剑，任何卓越的成就都是一点一滴的日常艰苦工作积累起来的。

探月计划的正式启动给中国的探月科学家们注入了无限的信心。在计划启动初期工程的初样研制阶段，探月工作者们就攻克了大量的关键技术。据国家绕月探测工程总指挥，国防科工委专家咨询委主任栾恩杰介绍，这主要包括卫星轨道设计、飞行程序控制设计、卫星三轴稳定姿态控制、月球环境适应性设计、远距离测控、应对月蚀设计等。

首先是深空探测方面的突破。探月工程是中国首次进行深空探测。过去我国卫星运行轨道最远的是“双星”，为 7 万多公里，而月球距地球的平均距离是 38 万公里。这是由于我国现有的测发控系统使用的天线口径较小，而国际上深空探测使用的一般都是 35 米，甚至 70 米。由于我们的天线小，从 38 万公里外的月球上接收到的信号就弱。经过研制人员的共同努力，现在我们已经解决了这个问题。目前我国已经在山东青岛、新疆喀什建设了较大的天线，通过增大天线口径，增加接收信号的能力。

第二，从轨道来看，按照设计，“嫦娥一号”卫星先绕地球飞行4~6天，经过三次加速后，进入第二个飞行阶段，飞往月球，即进入奔月轨道。在奔月轨道过程中，需要进行二至三次的轨道修订，同时观察测量卫星的轨道运转情况，如果有差异，就要进行适时的修订。最为关键的是当卫星进入月球引力区时，要对卫星进行适时“刹车”，使其被月球引力捕获。如果“刹车”晚了，就要撞到月球上去，而“刹车”早了，就会飘向太空。而“刹车”是否成功，关键取决于卫星当时的位置和速度矢量是否正确，为此要实现最精确的测量和判断。目前，科学家们经过反复的复核、复算，已经突破了这个技术难题。

第三，卫星在设计上还要考虑经受两次月蚀环境、月球表面温差等影响。在月蚀期间，卫星太阳翼帆板将得不到太阳光，所以能源供应也就中断了。因此，要解决月蚀期间的能源供应问题。另外，月球表面温度变化很大，高温是130摄氏度，低温是零下180~170摄氏度。卫星绕月运行的周期大约2个小时，卫星要在300多度温差的循环环境下运行，经受冷热环境的周期考核，卫星上的所有仪器设备都要进行完整的热设计。这个技术难题也已经取得突破。

第四，要保证卫星的正常工作，需要卫星上的探测仪器对着月球、太阳翼帆板对着太阳、通讯系统和指控系统对着地球，这三个矢量的控制很复杂，但是探月者们也已经解决了这个问题。

最后，探月卫星要对月球状况进行探测，首先要获得月球的三维影像，即三维照片。要用 CCD 相机、激光高度计、干涉成像光谱仪、伽马和 X 射线探测仪、以获取三维影像和月球有用物质的分布，还要用微波探测器探测月球土壤的厚度。因此，卫星要从微波、红外、可见光，到紫外、X 和伽马射线，全谱段进行探测，有效载荷都是新研制的装置和设备，它们的工作特性要满足工程需求，其可靠性要满足一年的连续观测，而这些技术难点的攻关都已经完成并将开始着手建造。

总体来说，“嫦娥”一号的科学目标主要是在飞天以后，使科学家能通过它提供的资料与信息来获取月球表面三维影像、分析月球表面有用元素含量和物质类型的分布特点、探测月壤特征与厚度、探测地月空间环境。尽管这些目标都还停留在探测层面，但是依照我国现有的科技水平，要达到探月工程所需要的技术水平仍不是一朝一夕就可以实现的，它需要长期的积累和实践。根据我国目前的科技水平，就连这次探月活动的总指挥也无法将探月中的所有科学难题具体量化。

当然，在几十年的发展中，我国也积累了一些航天航空方面的优势。比如，我国已经建立起了完整配套的航天工程体系，这些基础设施和研制条件为我国开展月球探测工程奠定了必要的物质基础。其中，东方红 3 号可作为月球探测卫星平台；长征 3 甲运载火箭可满足发射月球探测卫星的要求；我国现有的 S 频段航天测控网，可完成首期月球探测的测控

任务。中国科学家经过精密的计算和论证，目前已经基本确定了月球探测卫星的运行轨道，解决了卫星运行途中的控制问题及卫星本身的电源、结构、温度控制等系统的相关技术问题。此外，在月球表面进行探测的紫外线敏感器也已经设计完成，同时月球探测卫星双自由度定向天线的样机也已经完成了研制。试验表明，该天线能够满足卫星测控及数据传输的全部要求。从以上条件看，我国具备了月球探测数据的接收、处理和解译能力。所以总体上，我国已经完全具备开展月球探测的能力，也完全有能力完成对月球的精细研究。

目前我国首个绕月卫星“嫦娥一号”已完成总装，将在今年底或明年初待命出厂。目前，中国已根据月亮的表面和月亮本身的特点研究出月球车雏形，并在珠海航展展出样机。值得欣慰的是，在这次探月工程的进展过程中，绝大部分是中国自主创新的，核心技术都是自有的，这也算是中国在技术创新上的一大突破了。目前有关方面正在紧锣密鼓地研制能够进行太空漫步的太空服。而有关机构、学术团体正在制定女航天员的选拔条件和标准，选拔女航天员的标准比选拔男航天员的标准还要高。在这里我们要说，选拔一名合格的宇航员绝对是一项长期而困难的任务。宇航员首先要在身体素质上合格，要经过像太空模拟舱、人用离心机、震动台、温度舱、隔音室、失重飞机和冲击塔等重重考验。而且宇航员也应该属于航天专家，因为要学会在太空上操作很多东西，包括出现了紧急情况应该怎么处理等。目前，宇航员主要从人民空军中选拔，而训练一个优秀的宇航员成本很高，所以对宇航员的选拔不能数量太多，选拔出的宇航员本

身就是空军里的尖子，这可算得是千里挑一，甚至万里挑一了。即使如此，在一群选拔出的优秀宇航员中，最后真正能够升空的，也可能只有两三个而已。

根据已经定下的“嫦娥工程进度计划表”，嫦娥 1 号工程于 2004 年 9 月以前完成工程总体和各系统的详细方案设计；2005 年底完成探月卫星初样产品研制和相关试验；2006 年 10 月前完成探月卫星正样产品的设计、研制、总装、测试和各项试验，完成运载火箭正样投产任务，完成测控和发射场系统技术改造和调试任务，完成地面应用系统组装和调试任务；力争 2006 年 12 月发射升空。在这次计划中，我们主要完成以下四项任务：

一、要获取月球表面的三维影像，就是获取它的立体图像。

二、要分析月球的 14 种元素，它的资源的含量和分布。美国已经做了 5 种有用元素的全月球分布，我们希望能够做得多一点。

三、准备探测整个月球表面的土壤，这一层土壤里面有非常有用的一种资源，就是可控核聚变的原料—氦 3，探测它整个分布的情况，哪儿的储量多，哪儿比较少，今后很可能集中在某一个地区开发。

四、要探测距地球 4 万到 40 万公里范围内空间的环境。

因为对于我们来说，这是通向月球的一个通道，整个这么长的距离里面的空间环境，对我们地球的环境、地球今后的发展、人类社会的发展都是至关重要的。

而以中国现有的技术水平来看，要达到以上四个目的还存在着一些技术上的难点。中国空间技术研究院的叶培建院士曾在一份报告中指出并分析了这些难点：与现有所有卫星与飞船不同，我国第一个月球探测器——“嫦娥”一号需要从地球奔向月球(约 38 万公里至 40 万公里，目前我国航天器所达到的距地球最远距离为 7 万公里)并绕月飞行一年，必然会遇到过去近地飞行器所未遇见过的一系列技术难点。这其中包括：

1. 如何选择一条合适的地月转移轨道，实现从地球到月球的飞行，继而准确进入预定的环月轨道，并在异常复杂的月球引力场下维持轨道。这需要进行地月转移轨道的分析求解、建立中途修正的数学模型、研究利用调相轨道扩大发射窗口的能力、进行轨道高度控制策略和优化设计等。

2. 由于测控和通信须基于现有的基础条件完成，在没有大天线的前提下，要完成 38 万公里的测控和数据传输就需研究现有测控体系的适应性及与天文测量 VLBI 系统联合使用的可能性，并要研制高增益的两自由度定向天线，同时要配置高增益的全向天线。

3. 卫星从发射到奔月、继而环月，要经历多次复杂的

轨道和姿态机动，而且有几个机动点在时机上是唯一的，风险很大。另外，整个系统还存在着复杂的三体定向问题，除继承已有的硬、软件技术外，卫星的 GNC 系统设计将更加复杂，可靠性要求更高，并要研制新型的紫外敏感器以解决对月敏感的新问题。

4. 卫星的使用寿命过程，其外热流变化很大，有的面在一段时间是朝阳面，另一段时间又是背阳面，使得热控在卫星功率有限、重量有限的前提下很难设计。拟采用被动为主、主动为辅的方式，充分利用现有的成熟技术，适当采用新技术，辅以卫星姿态机动等办法解决。

5. 由于卫星与太阳光线入射位置的关系，其能源波动极大，在一定时间将无法满足不同卫星能源需求，解决的办法是调整卫星飞行姿态，采用正飞、侧飞交替的模式来改变太阳光入射角度，从而保证能源需求。

此外，探月工程在实现了第一步绕月探测之后，将发射一个飞行器着陆于月球表面，这个着陆器能对着陆区周围进行探测，并从该着陆器上释放出一个月球表面探测车在月面行走和进行探测，针对这一任务，还会碰到一系列技术问题。

在前面的介绍中，我们已经提到过，探月的最终目的是登月，是为了开发和利用月球的宝贵资源。而在登月中，火箭是必需的技术手段，而这恰恰是我国航空领域的一个薄弱环节。目前在可供人类登月的运载火箭和所需的发动机中，

美国研制了土星 V 火箭，起飞质量为 $2910 \times 103\text{kg}$ ，主发动机推力达到 6770kN ；前苏联在 N-1 火箭失败后研制了能源号火箭，起飞质量为 $2400 \times 103\text{kg}$ ，主发动机 RD-170 的推力达到 7259kN 。与美俄等航天大国比，我国现有最大的火箭起飞质量为 $460 \times 103\text{kg}$ ，发动机最大推力只有 750kN 。即使是正在研制的新一代大型运载火箭起飞质量最大为 $780 \times 103\text{kg}$ ，主发动机推力也只有 1200kN ，与登月尚有较大差距。未来我国的登月火箭应具备推进剂环保、可靠性高、性能高、成本低的特点。火箭可分三级，其中一级由 1 个中心模块捆绑 4 个模块而成，每个模块采用两台发动机；二级采用 4 台发动机；三级采用两台发动机。在这个方案中，二、三级发动机为我国新一代大型运载火箭的发动机，关键技术已基本突破。但就中国目前的火箭技术水平，若想达到顺利登月的高度还需要一些时间。

从长远上看，探月活动如果能够顺利进行，那么每一步工作都会给人带来意想不到的好处。比如，我们在地球上花再多的资源、再大的精力模拟环境来制备新的材料都是很难做到的。但放在月球上，这些都是易如反掌的事。对于地球人来说，月球意味着无限的可能，因此，探测月球的投入即使从经济学角度来衡量，也可以看做是一个国家所进行的长远投资。

第四章 向着更深远进发——深空探测

本章科学人物



布拉得雷

布拉得雷（1693～1762 年）是继弗兰斯提德和哈雷之后的英国第三位皇家天文学家，格林尼治天文台第三任台长。他的最大优点是勤于观测、细致、观测质量极高。他的最大发现——光行差，有力地支持了哥白尼的日心说。他对天文台最主要的改造就是把已有的全部设备更新和现代化，同时他全力投入编制星表的工作，进行了大量的观测和综合分析，根据 6 万多次的观测所编制成的星表，先后于 1798 年和 1805 年分两卷出版。星表的精确度不仅远远超过在此之前的所有星表，即使在今天，在测量个别恒星或其自行的时候，仍然有参考价值。

人类已经远不满足于地球上的生活，眼光已经开始投向外太空。在经过对太空结构的基本了解后，人类便要向太空更深的地方进军了。茫茫的太空对于人类就好像一个充满神秘和诱惑的大山洞，虽然前方并没有灯光照明，更没有前例可循，但却时时促使着人类的步伐去步步深入。

深空探测指的是对宇宙深处的探测，包括对月球、太阳系九大行星及其卫星、日一地之间环境的探测。比如探月工程，我们国家就用到射电望远镜来接收绕月飞行探测器发射回来的信号，这就是深空探测的一种。通过深空探测，能帮助人类研究太阳系及宇宙的起源、演变和现状，进一步认识地球环境的形成和演变。认识空间现象和地球自然系统之间的关系。从现实和长远来看，对深空的探测和开发具有十分重要的科学和经济意义。所以我们说，深空探测将是 21 世纪人类进行空间资源开发与利用、空间科学与技术创新的重要途径。随着 21 世纪的到来，深空探测技术作为人类保护地球、进入宇宙、寻找新的生活家园的唯一手段，引起了世界各国的极大关注。

随着航天技术的崛起，上世纪 50 年代末和 70 年代初，人类实现了对月球的探测和载人登月，对月球有了基本的认识。月球是人类至今了解得最详细的地外星体。20 世纪 70~80 年代，美国和前苏联发射了多颗探测器对太阳系内的星体进行了观测，积累了有关太阳系天体物理和化学组成的大量资料，为人类更深入地认识太阳系的起源和演化，并进一步加以开发和利用奠定了良好的基础。20 世纪 90 年代开始的

火星探测活动使火星成为近期深空探测的热点。

在 20 世纪人类已利用各种探测器遍访过太阳系中其他的八大行星及其一些卫星，并对太阳周围进行探测和监测。下面列出几次人类精彩的深空探测：

1. 先驱者号探测外行星

美国发射的先驱者号是世界上第一个行星星际探测器。1972 年向木星发射的“先驱者 10 号”是第一个到达木星、木星卫星、土星附近的探测器。之后“先驱者 10 号”携带访问地外文明的镀金铝牌飞过冥王星，于 1983 年飞离太阳系，进入恒星际空间，成为第一个飞出太阳系的探测器。1997 年，“先驱者 10 号”已远离地球 90 亿 km，它发出的无线电信号要经过 9 小时才能到达地球站。“先驱者 10 号”原设计寿命为 22 个月，但它已在太阳系深空中足足工作了 25 年，探测器上的 11 台同位素核能电池只剩下 1 台在坚持工作。由于传回地面的信号太弱，因此美国航空航天局(NASA)终于忍痛与它中断联系。而 1973 年发射的“先驱者 11 号”在飞过木星后，重点探测了土星，并拍摄了第一张土星照片，探测到 F、G 两个新土星环。

2. 旅行者号行星和行星际探测器

美国 1977 年 8 月和 9 月分别发射了行星和行星际探测器“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”，主要目的是详细观测木星、木星卫星、土星、土星卫星及土星环。“旅行者 1 号”于 1979 年 3 月先期飞近木星，“旅行者 2 号”于 7 月到达，

拍摄了木星大红斑照片，并发现木卫 1 有活火山喷发、木卫 2(欧罗巴)上面完全由一层冰覆盖。旅行者号探测器接着又飞近土星观察了土星环，1986 年飞抵天王星附近，1989 年飞抵海王星附近。截至 1998 年底，“旅行者 2 号”已飞离地球 86 亿 km，“旅行者 1 号”已飞离地球 110 亿 km，它们是迄今为止离地球最远的在用航天器。目前旅行者号仍在高速飞行，正在向太阳系边缘前进。它们都携带一张铜质镀金声像盘，用于与地外文明相联系。

3. 地外水资源探测活动

20 世纪 70 年代中到 90 年代初，人类的探月活动处于低潮。1994 年美国发射的“克莱门汀号探测器”发现月球南极一个不见阳光的深坑角落中可能有冰。接着在 1998 年又发射了月球探测者进行水资源探测，也认为在月球南北两极陨石坑底部存在着水，这些水与月球尘土混杂在一起。月球探测者完成探测任务后，利用剩下的少量推进剂向可能有水的坑沿俯冲撞击，按计划中的设想，如果陨石坑里有水，从地球和哈勃空间望远镜就能观察到氢离子和氢氧根离子。遗憾的是地面观测点未能观测到任何水的迹象，所以到现在为止月球上到底有没有水尚是一个未解之谜。

为了证实火星上有没有水资源，迄今为止美国、前苏联已发射了近 30 个火星探测器。1996 年美国发射的火星探路者对火星的岩石做了频谱分析。所拍摄的照片显示，火星在远古时代的确发生过特大洪水。在 2002 年火星探测器奥德赛号又发现在火星表层下 1m 深处有混在土中的冰。其范围

从火星南极绵延到南半球 60 度，预计水量可装满两个密歇根湖。另外有人还认为这些水只是冰山的一角。

4. 对其他天体的探测

目前，人类的深空技术已经得到了很大的发展，现有的技术已经可以做这样精细的探测工作。其次，人类已经探测的太阳系天体还有木星卫星（木卫二，木卫三）、天王星的卫星、海王星的卫星、小行星、还有彗星。

值得一提的是，在木星和火星之间有一个小行星带，研究发现，2036 年 Apophysis—99942 小行星可能会撞击地球，相当于 8.95 吨 TNT，850 个氢弹释放的能量，可能对人类造成威胁。以前我们在科幻中遇到这样的问题，现在从科学的角度探测小行星撞地球。当然了由于这样的事件发生的概率是比较小的，所以公众关注的就不是很多。我们国家在新疆就有一个观测站主要观测宇宙小行星，碎片等对人类可能造成的威胁。一些天文学家编写了类似的小行星表，可以对有威胁的小行星随时进行监测。不要以为小行星撞击地球似乎是很遥远的事，在人类已经召开的紧急会议上曾列了四个议题：核战争；火山、地震；艾滋病；小行星撞地球。其中小行星撞地球被列为一个很重要的题目考虑。小行星撞地球在科学上已经不在是科幻，而是一个严肃的课题。

5. 太阳系外生命的探索

目前人类已经开启的太阳系外类地行星的研究工作，现在已经发现了 168 个太阳系外类地行星。这些行星分布在 150

光年到 128 万光年，最近的距离是 50pc。目前我们已经可以很肯定地说在 50pc（“PC”是秒差距，约 3.26 光年， 3×10^{16} 米）没有智慧生命，但是在这个距离之外是否有我们的同类呢？这还需要更多的科学研究去证明，但是目前我们已经在银河系中心地带发现脱氧乙二醇，该物质参与构成生物体的糖分子。目前科学家们还在努力地寻找银河系中的氨基酸分子，因为氨基酸分子是智慧生命重要的组成部分，有了它就有生命存在的可能性。更令人感到欣喜的是，研究表明，有机物是可以在极其恶劣的环境下形成的，所以即使是被人类认为环境不适宜生命生存的太阳系外也是有可能发现生命的。

在人类的深空探测主要包含有两方面的内容：一是对太阳系的各个行星进行深入探测；二是天文观测。在天文观测方面，今天人类已把各个波段的天文卫星送入太空，这些卫星是人类“埋伏”在太空的“眼睛”，正是由于它们忠实地记录外太空的情况，人类宇宙探索的脚步才能越走越坚定，下面我们就来介绍几“位”在天文观测领域表现最突出的“功臣”。

1. 哈勃空间望远镜

目前在轨使用的最重要的天文卫星就是哈勃空间望远镜了。它经过两次太空“手术”后，不仅矫正了“视力”，完全达到了预期要求，而且性能还有所提高。它是迄今口径最大的轨道天文台，在主镜焦平面上装有多台科学仪器，拍摄了大量宝贵的天文照片。有人做过粗略统计，哈勃平均每

月拍摄近 1400 幅天文照片，1990~1997 年的 7 年间共计约拍摄了 10 万张。在第二次修理前的 7 年里，哈勃取得的主要成就包括：增进了人类对宇宙大小和年龄的了解；证明某些星系中央存在超高质量的黑洞；在可见光谱范围内对宇宙进行最深入的研究，观察了数千个星系，探测到了宇宙诞生早期的“原始星系”，使天文学家有可能跟踪宇宙发展的历史；清楚地展现了银河系中类星体这种最明亮的天体存在的环境；更清晰地阐述了恒星形成的不同过程；发现木卫二、木卫三的大气层中存在氧气；证明行星形成是普遍现象；证明大爆炸以来宇宙膨胀并未减慢，而且永远不会停止……。

经过两次在轨修理，哈勃开始走向它事业的顶峰，不断有令天文学家们刮目相看的新发现问世。从太阳系的行星大气，到新诞生或将死亡的恒星，直至 100 多亿光年以外的星系和类星体，哈勃向人们揭示了地面望远镜依稀难辨的细节，使人眼辨别天体的能力提高了 40 亿倍。1997 年 10 月 7 日美国宣布，哈勃发现了比太阳亮 1 000 万倍的一颗恒星，这可能是全宇宙最大和最亮的星体，有望对了解恒星的形成与演化提供线索。此后，它又首次观测到超新星气尘环与高速中微子流剧烈碰撞，这一结果对加深了解恒星的形成、演化和衰亡过程及超新星的外围结构意义重大。1998 年 5 月 14 日美国宣布，哈勃发现距地最近的巨大黑洞，10 月又发现迄今最遥远的星系。

尽管哈勃的辉煌业绩数不胜数，但美国已开始研制它的“接班人”了，因为它已不是最先进的了。下一代空间望远

镜（NGST）体积比哈勃大 10 倍，重量只有哈勃的 1/4。它将配备一块直径 8 米的反射镜，进入轨道后再张开（哈勃的反射镜直径只有 2.4 米）。这个观测能力更强的空间望远镜以近红外波段的观测研究见长，能捕捉、发现和分析光谱红外区里的光波，可透过遮蔽着天体的尘云去观测其近红外辐射，甚至还有可能在我们的太阳系以外探测到类地行星所散发的热量。它对红外光的敏感程度是地球上同类仪器的 1 000 倍，对昏暗物体的分辨率比哈勃高 400 倍，但成本却比哈勃要低的多。

NGST 定于 2007 年入轨。为避免光污染，它将布置在小行星带以外的地方。科学家希望它放在日地引力场的第二拉格朗日平动点 L2 上，此处日地引力相抵，空间望远镜可相对于两者均保持静止不动，从而不会像哈勃那样每隔 1 小时就要从地影中掠过一次，造成视线频频被挡。L2 平动点距地球 150 万公里，比哈勃远得多，对航天技术是巨大的挑战。为节约发射成本，它有可能分成几部分用较小的火箭发射，到太空后再装配。此外，科学家还打算用望远镜综合孔径的新技术将 NGST 与地面望远镜连起来，构成一个 300 万公里宽的综合孔径望远镜。若果能如此，呢 NGST 可就算得上是一个天大的望远镜了。

2. 康普顿伽马射线望远镜

伽马射线这种高能电磁辐射通常来自宇宙中的双星、脉冲星和黑洞等高密度天体。由于其辐射强度远大于这类星体的可见光，而地表臭氧层对该射线的屏蔽作用阻碍了科学家

们通过它来探索宇宙的努力，因此到空间观测伽马射线对于揭开黑洞之谜和了解恒星的形成和演化具有十分重要的意义。

美国 1991 年发射了康普顿伽马射线望远镜（GRO）。它是目前太空中最敏感的伽马射线探测器，它将宇宙射线的可观测范围扩大了 300 倍，取得了不少成果。1997 年底美国曾借助它观测到了银河系中喷射出来的反物质粒子云，在天文界引起轰动。不过，这台现今唯一在轨运行的伽马射线探测器应采用碘化钠晶体探头，使得探测波段受到限制，灵敏度不够理想，难以排除背景辐射对星体伽马射线的干扰，因而信息采集能力大打折扣。所以，美国现又研制了新型伽马射线望远镜。

新伽马射线望远镜采用液氙作传感器，即在一个长方形金属容器内盛 5 000 升冷却至零下 66℃ 的惰性液化气体氙和液氮。它没有镜头，光圈为一开在容器顶部的方窗，视场角约 45°，利用伽马射线与氙气的相会作用，可将太空特定区域内的伽马射线强度转变为三维图像。新伽马射线望远镜将于 2000 年以后升空，人们对其寄予厚望。有关专家表示，伽马射线探测是一个全新的研究领域，它不仅有可能展现出人类闻所未闻的宇宙奇观，而且通过对超新星和巨型分子云所释放出来的高能伽马辐射的研究，科学家还能了解到宇宙中的各种化学元素是在何处及怎样产生的。

3. ISO 卫星

欧空局的 ISO 卫星自 1995 年 11 月 16 日入轨后就受到

格外关注，因为它是目前唯一一颗在轨的红外天文卫星，也是迄今为止技术上最先进、有史以来对宇宙放射源研究规模最大的红外天文卫星。

ISO 由有效载荷舱和辅助设备舱组成。前者是一个大型液氮低温箱，内装 4 台仪器和 1 个红外望远镜，其冷却温度接近绝对零度；后者装有电子设备。它主要用于在 2.5~200 微米的红外波段上对太阳系及银河外星系进行“审视”，据说能测量到 100 公里以外冰的温度。

ISO 果然不负众望，升空后取得大量成果。例如，1998 年它在靠近银河系中心的一处星云中发现氟化氢分子，这是科学家首次在星云中发现氟化物。它还在垂死的恒星附近、新生的恒星周围、其他星系中以及火星和所有带外行星的大气中发现了水。不过，由于冷却用的液态氮告罄，ISO 将寿终正寝。

在 ISO 升空不久，1995 年 12 月 2 日欧空局又把 SOHO 送上日晕轨道，对太阳进行每天 24 小时不间断的观测，并作为地球的“耳目”，起预警作用。太阳的光和热孕育了地球上的万物，但它喷射出的带电粒子流又给人类带来危害，使人造卫星受损，部分计算机停止工作，所以必须重视。

过去几年中，SOHO 已向地球传回大量关于太阳的信息。例如，它入轨后不久便捕捉到太阳喷射现象，并拍摄下当时最清晰的喷射图片；在太阳黑子活动处在低谷期时发现太阳两极的磁场仍能引起数以亿吨气体物质向外喷射，在表面形

成高达 2000 万公里的羽毛状热柱。SOHO 发现，太阳内部有巨大的高温等离子气体在其表层下流动，运动的方式和特点与地球表面的信风相类似。该发现不仅有助于开展对太阳黑子周期性活动的研究，同时将开创人类太阳活动预测的新纪元。多年来，日冕温度超出其下面的太阳表面温度（6 000℃）100 倍的现象一直困扰着科学家，这与热量只能从高温区导向低温区的自然规律相反。SOHO 发现这是由于日冕与太阳表面之间存在着“磁毯”造成的。欧空局 1998 年 4 月 28 日表示，SOHO 在太阳表面（集中在两极）发现了巨大的“龙卷风”，宽度大致相当于地球的直径，时速高达 50 万公里。它可能是太阳风形成的主要原因。

SOHO 上共有 12 台仪器，分为三类：太阳大气遥感仪、太阳风测量仪和太阳震动探测仪。它是迄今用于研究太阳深层、日冕、太阳外层大气及太阳风的最复杂的观测台。欧空局和美国宇航局曾决定把 SOHO 的探测期限延长到 2003 年，以便深入研究太阳即将到来的新一轮活动高峰期。1998 年 6 月 SOHO 曾因地面操作失误而失去联系，后被救回。

4. 空间红外望远镜 SIRTf

当代最引人注目的天文卫星计划就是美国航宇局制订的从红外线到伽马射线的“大天文台”观测计划，其核心是研制和发射四大空间望远镜。目前哈勃、康普顿伽马射线望远镜已升空。先进 X 射线望远镜（AXAF）定于 1999 年升空，将利用 100~10000 电子伏特的低 X 射线能，拍摄超清晰图像，并获得高分辨率的光谱。它将调查比太阳质量大好几倍

的黑洞的存在，测定宇宙总质量中有多少以炽热气体的形式存在，寻找星系中的暗物质，确定宇宙年龄及检验星球演变和超新星爆炸理论。它的灵敏度是先前升空的高能天文观测台（HEAO）的 100 倍。

1998 年 3 月 25 日，美国航宇局批准了空间红外望远镜设施（SIRTF）研制方案。定于 2001 年 12 月升空，设计寿命至少 2.5 年，届时它能为人类洞察宇宙奇观提供一个前所未有的工具和手段，有助于揭示宇宙诞生和演化之谜。对于许多天文现象，如星系的诞生、行星的形成以及黑洞和类星体的探究等，SIRTF 可以说是唯一有效的研究探测设备。它采用了先进的低温技术，灵敏度极高，可观测到一些哈勃望远镜望尘莫及的天体，如超行星和褐矮星，还能穿越气团和尘埃查看恒星的诞生和死亡。在天文学中，距离往往就是时间，通过观察红移现象，SIRTF 可让科学家了解宇宙早期的模样，还能观察其他行星上有没有碳和水汽这些生命的必要条件。它和 NGST 的目的大致相同，只是后者首次有能力寻找地外生命，能观察到遥远处恒星周围木星大小的行星上水、氧及二氧化碳等和生命有关的分子。

SIRTF 将在 2005 年 5 月被空间干涉测量卫星（SIM）取代。SIM 由分布在约 9 米长的长杆上的 7 个直径 0.3 米的望远镜组成（发射时收起），对红移的观察更准确，观测天体具体位置的精确度是哈勃的 1 000 倍。它的主要目的是监测恒星体的微弱摇摆以及造成摇摆的行星上有没有生命。有了 SIM，人类将首次观测到球面星团中的单个恒星。

2013 年，美国还将发射类地行星发现者太空观测站。它由一组分布在长杆上的目镜构成，观察镜在太空延展后有足球场那么长。它将对我们附近数百个恒星逐个观察几个小时，使天文学家能清楚观察到这些恒星周围到底有没有地球这样的行星。它的精确度很高，可观察比地球略小的行星。

除美国外，日本于 1997 年 2 月 12 日发射了世界最大的空间射电望远镜。它可从东京分辨出悉尼一颗米粒大小的东西，它将在揭开黑洞结构等许多宇宙之谜方面发挥作用。天文学家也承认，他们在探索宇宙奥秘方面的确有点贪得无厌，总希望将设备不断改良，将观察范围不断加大，将成本不断降低。虽然他们总想快些提出新问题，可谁曾想空间望远镜的研制速度竟然会更快。

对于遥远的深空，人类仍然处于探测的初级阶段，有很多理论需要完善，很多技术需要改进。人类走出的每一步都是很小的，但是经过时间的积累却可以形成巨大的力量，正所谓“积跬步而至千里”。那么会不会有一天，这种力量会穿透一切迷雾，为人类在宇宙指引一条光明的大路呢？未来会告诉我们答案。

第五章 三十年磨一剑——大天区面积 多目标光纤光谱天文望远镜 LAMOST

本章科学人物

恒星群各不相同，所以星系的形状也有差异。有的像银河系和仙女座那样是螺旋形的，这样的星系有一个中心，恒星就像纸风车那样绕着这个中心旋转。有的形状则像篮球或鸡蛋，还有几个星系的形状是不特定的，所有的星系相互关联，就像家庭成员相互关联一样。

——哈勃



哈勃

美国天文学家，研究现代宇宙理论最著名的人物之一，河外天文学的奠基人。他发现了银河系外星系存在及宇宙不断膨胀，是银河外天文学的奠基人和提供宇宙膨胀实例证据的第一人。20 世纪 20 年代，天文界围绕星系是不是银河系的一部分这个问题展开了一场大讨论。他在 1922~1924 年期间发现，星云并非都在银河系内。哈勃在分析一批造父变星的亮度以后断定，这些造父变星和它们所在的星云距离

我们远达几十万光年，因而一定位于银河系外。这项于 1924 年公布的发现使天文学家不得不改变对宇宙的看法。1925 年当他根据河外星系的形状对它们进行分类时，哈勃又得出第二个重要的结论：星系看起来都在远离我们而去，且距离越远，远离的速度越高。这一结论意义深远，以为一直以来，天文学家都认为宇宙是静止的，而现在发现宇宙是在膨胀的，并且更重要的是，哈勃于 1929 年还发现宇宙膨胀的速率是一常数。这个被称为哈勃常数的速率就是星系的速度同距离的比值。后来经过其他天文学家的理论研究之后，宇宙已按常数率膨胀了 100~200 亿年。

20 世纪初，大部分天文学家都认为宇宙不会膨胀出银河系。但在 20 世纪 20 年代初，哈勃用当时最大的望远镜观察神秘的仙女座时，发现仙女座中的星云不是银河系的气体，而是一个完全独立的星系。在银河系之外存在许多其它的星系，宇宙比人类想象的要大许多。哈勃根据星系结构来区分星系，至今天文学上仍在延用哈勃的星系分类法。由于他对天文学的贡献，哈勃获得许多荣誉称号和奖章。在他的著作中，有《星云光谱的红移》和《哈勃星系图集》。哈勃在天文学界的地位是无可替代的，他艰苦奋斗，做出举世瞩目的科学发现。著名的太空望远镜“哈勃”，就是人类为了纪念这位科学功臣而以其名字命名。

望远镜是人类的眼睛，这双“眼睛”不仅能看得很远，而且其精度也越来越高。望远镜巡天是科学家一件大事，它带给我们在美丽星空中最可贵的资料。高精度度、高灵敏度的光纤光学望远镜 LAMOST 将担负起中国人巡天工作的重任。

提起“LAMOST”这个名字，一般的非专业人群也许并不熟悉，但它在天文物理学界却已经拥有了响当当的声誉。它是由王绶和苏定强两位著名天文学家及中科院院士牵头提出的“大天区面积多目标光纤光谱望远镜”，“LAMOST”则是它英文译名的单词首字母的集合。目前，这一方案已得到中国天文界的赞扬和支持，同时也受到国际同行的好评和关注。2005 年 3 月，中国天文学研究启动了八大工程，其中最大的一个工程——大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜(LAMOST)的研制处就设在南京的天文光学技术研究所。如果这个望远镜研制成功，它将会成为全世界最顶尖、最高端的天文望远镜。它的前途是无量的，同时它在酝酿过程同样是漫长而曲折的。这一节中，我们就来关注一下“LAMOST”的“身世”与特性。

LAMOST，原名“大天区面积多目标光纤光谱望远镜”（The Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope Project），这个名字对于普通人来说很绕口，而且又太长不容易记忆。不过依据国际科学社会的习惯，望远镜可以使用英译全名字头简写，于是 1994 年中国科技大学周又元教授便提出了这个既容易上口又留有可供意会的“字义

空间”的“LAMOST”。

这架望远镜有效口径为四米，焦距 20 米，焦比 $f/5$ ，焦平面直径 1.75 米。由 4 000 根光纤，两块反射镜 M_A 、 M_B 组成。其中 M_A 是由 24 块对角径为 1.1 米，厚度为 25 毫米的六角形平面子镜组成。球面主镜 M_B 是用 37 块对角径为 1.10 米，厚度 75 毫米的六角形球面子镜组成。其中球面主镜 M_B 固定不动，反射镜 M_A 可以移动，其功能主要用于测谱工作。观测天区从赤纬 -10 度到 $+90$ 度的 24 000 平方度，80% 的光集中在约 2 角秒的圆内。一般情况下望远镜的视场会随着望远镜口径的增大而减少，而 LAMOST 和世界上其他相当口径的望远镜相比，有比较大的视场，约 5 度。也正因如此它的测光谱效率就非常的高，很适合做大面积的巡天工作。LAMOST 对镜片有比较高的要求，它采用拼接技术，通过给镜面后面加力来改变镜子的曲率。LAMOST 拥有 4 000 根光纤，同时配有比较好的 CCD，从而大大提高了测谱的效率。兼有的大口径，在一个半小时的曝光时间内，可以观测到星等 20.5 等的暗弱天体，这是目前世界上其他大视场望远镜所不可及的。

LAMOST 可以分为八个子系统，它们分别为：

- (1) 光学系统；
- (2) 主动光学和支撑系统；

- (3) 机架和跟踪系统;
- (4) 望远镜控制系统;
- (5) 焦面仪器;
- (6) 圆顶;
- (7) 观测控制和数据处理系统;
- (8) 输入星表和巡天 。

其中，光学系统是 LAMOST 最关键的技术系统，它的每个零部件的质量都直接影响 LAMOST 的精确度。在技术上，LAMOST 在其反射施密特改正镜上同时采用了薄镜面主动光学技术和拼接镜面主动光学技术，以其新颖的构思和巧妙的设计实现了光学望远镜大视场同时兼备大口径的突破。其变形共焦的 24 块薄平面子镜和 37 块球面子镜是该技术的核心。LAMOST 项目组在多番审查后，择定安徽光机所完成成为这面独特镜面镀光学反射膜的任务。早在 2003 年 5 月，安徽光机所光学工程中心就曾按照要求为 LAMOST 试做了两块光学镀膜，其牢固度、结合力、抗氧化性等均在野外试验中经受住了日晒雨淋的考验，其稳定性也得到了项目组的首肯。现如今，光学工程中心则在进行第二个步骤的 14 块镜片镀膜的工作，其中有 6 块薄平面子镜、8 块球面子镜。目前已有 12 块镜片镀膜成功并交送项目组，以便开展试验装置调试工作。

除去 LAMOST 以外，我国目前还有一些其他重要的探测项目也在同时进行：太阳空间望远镜（Space Solar Telescope SST）。这是一台一米的热光学望远镜，它搭载在安装在一颗空间探测卫星上，运行于距地面 735 公里的地球同步轨道。将用于观测太阳磁场、太阳磁元、太阳大气的精细结构、太阳耀斑能量的积累和释放以及日地空间环境。其中太阳磁元是继量子引力、聚变能、高温超导之后的第四大难题。计划在 2008 年，新一次太阳活动极大年之际发射，设计寿命为 3~5 年，耗资预计约 10 亿。

FAST，即 500 米口径球面反射射电望远镜，拟建在贵州南部的喀斯特洼地。该望远镜将在探索更深层次宇宙、揭示宇宙的起源、脉冲星深度巡天、长基线干涉、以及地外理性生命的探索，生命的本质等方面发挥重要作用。

发射月球探测卫星，勘察月面的可利用资源，拍摄月球表面的三维立体图象、其表面元素和矿物质的分布、以及地月空间环境。探测器携带的有效载荷主要包括光学探测系统、 γ 射线/X 射线探测器、微波以及空间环境探测系统等 7 个探测仪器。值得一提的是，LAMOST 的提议并不是科学家们心血来潮的产物。早在 30 年前，LAMOST 的设计制造的雏形就已经成型了。直到现在提案成熟，得到通过，在这个漫长的设计过程中无疑不包含了一辈天文学家的心血。我们可以看一下 LAMOST 项目牵头人之一的王绶先生在一篇

文章中的几段回忆：

“苏定强、陈建生同志这时找到了我，他们两位现在都是中国科学院院士，那时同是属青年学者。他们好像也憋了一股劲。找我是为了讨论下一步的中国天文设备。当时 2.16 米望远镜即将竣工。转过身来，我们面对着一个‘极其困难、又是非常急迫的下一步’。我们的‘浩劫’年月，正赶上国际上天文学在突飞猛进。现在放眼望去，学科发展和技术进步都已经‘上满了发条’，世界‘天文强国’纷纷投入到‘设备竞赛’。当时议程中的哈勃空间望远镜、伽马射线天文台、新一代的 X、IR 等等空间设施、10 台左右的‘8 米级’新技术光学望远镜、各个波段的射电望远镜和干涉仪…，总共加起来投资不下六、七十亿美元。天文学正在调动千军万马向‘全波段’进军！主要战场上，近从银河系、恒星和它们的行星系统，远到星系世界、宇宙结构和宇宙学领域，都摆出了百骑争驰、逐鹿中原的架势……。”

“进入 20 世纪 70 年代末，世界经济到达战后的最顶峰，国际宇宙探索也随之进入一个“黄金时代”。在这种国际大环境下，我们中国的状况又是如何的呢？”

“我们当时的情况是：‘十年一觉文革梦’醒来以后，头几批出国进修的天文骨干已经回来，他们把自己和自己周

围青年人的研究撮合起来并同国际接轨，此时的人才算是有了初步的储备。设备上，紫金山天文台、上海天文台、北京天文台分头在建的毫米波、厘米波、米波射电天文设施，将使我们初次能在不同波段进入到以往不能进入的宇宙射电实测。光学方面，2.16米望远镜从‘大跃进’、‘三年困难’、‘十年文革’的坎坷曲折中挣扎出来，这时经过了整、修、补、改，终于活了下来，即将实现一代人拥有中国自己的中型望远镜的渴望。（这里我们不得不提起在逆境中始终不渝地支持我们的龚祖同先生，以及任劳任怨一干到底的几任后继者。凭着他们这一股‘傻劲’，不但保全了如今人们称之为东亚最大的望远镜，还磨练出了一批天文仪器人才，包括几位杰出人才。凭着这些新起的天体物理人才和磨练出来的天文仪器人才，才使得我们能够有所作为。”

由于当时的中国刚刚走出“文革”的阴影，经济状况困顿，所以这个项目在建设很重要的一点要求就是“用最少的钱，办最多的事”。关于这点王绶是这样回忆描述的：“我们不能跟人家拼经济力量、搞昂贵装备；我们又不愿意定格在人家的队伍后面跟着跑，收拾一些狐狸、兔子而与‘逐鹿’无缘。我们也做不到分管一方、打阵地战、浩浩荡荡、横扫一片。但是，是否可以设想：如果我们能够认准目标，然后探明方向找到一个有利的突破点，然后把虽然有限但是能够良好配合的力量集中起来向纵深挺进，我们是不是也会有可能捷足先登，会走到别人的前面率先开辟出一块属于我们的‘狩猎’区？”

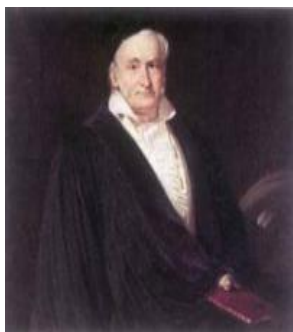
所以，如果 LAMOST 研制成功，那么它将代表我国天文观测设备的最高水平，这也会使我们向着世界天文大国的方向上迈进一大步。这样，很多前沿的观测在国内就可以进行，我们的科学家也就有最优越的机会得到第一手资料。LAMOST 的巡天资料将会成为中国天文学研究者包括业余爱好者最丰富的资料库。到那时，相信这几位为 LAMOST 奋斗三十年的科学家会深感欣慰的。

第六章 探测技术的极限——射电望远镜与长基线干涉技术

本章科学人物

假如别人和我一样专心和持久地思考数学真理，他也会做出同样的发现。

——高斯



高斯

德国数学家，他和牛顿、阿基米德、被誉为有史以来的三大数学家。高斯是近代数学奠基者之一，在历史上影响之大，可以和阿基米德、牛顿、欧拉并列，有“数学王子”之称。

他幼年时就表现出超人的数学天才。1795 年进入格丁根大学学习。第二年他就发现正十七边形的尺规作图法。并给出可用尺规做出的正多边形的条件，解决了欧几里得以来悬而未决的问题。

高斯的数学研究几乎遍及所有领域，在数论、代数学、

非欧几何、复变函数和微分几何等方面都做出了开创性的贡献。他还把数学应用于天文学、大地测量学和磁学的研究，发明了最小二乘法原理。高理的数论研究总结在《算术研究》（1801）中，这本书奠定了近代数论的基础，它不仅是数论方面的划时代之作，也是数学史上不可多得的经典著作之一。高斯对代数学的重要贡献是证明了代数基本定理，他的存在性证明开创了数学研究的新途径。高斯在 1816 年左右就得到非欧几何的原理。他还深入研究复变函数，建立了一些基本概念，发现了著名的柯西积分定理。他还发现椭圆函数的双周期性，但这些工作在他生前都没发表出来。1828 年高斯出版了《关于曲面的一般研究》，全面系统地阐述了空间曲面的微分几何学，并提出内蕴曲面理论。高斯一生共发表 155 篇论文，他对待学问十分严谨，只是把他自己认为是十分成熟的作品发表出来。其著作还有《地磁概念》和《论与距离平方成反比的引力和斥力的普遍定律》等。

在越来越多的眼球投向太空的年代里，射电望远镜逐渐成为大家关注的焦点之一。因为射电望远镜与我们人类飞天，研究生命起源等活动有着非常重要的意义。

在今天，“射电望远镜”这一名词似乎已经超脱了天文学界一隅的范畴，而为广大的公众所认识。著名的“阿雷西博 305 米”射电望远镜被用于研究地外生命，很多人在 007 中应该见过它的踪影吧？在 007 的故事结尾时候的武打场面就是在“阿雷西博 305 米”射电望远镜上面拍摄的。2005



年，全球第 16 大 25 米射电望远镜联测卡西尼——惠更斯号探测土卫六盛况，更是引人注目。中国也即将把射电望远镜技术运用于牵动全国人民之心的“嫦娥工程”。长基线干涉技术极大地延伸了射电望远镜探测本领，把人类探测水平引领到更高的境界。此外，地面的干涉、空间的干涉、还有地面与空间之间的长基线干涉也即将出现。长基线干涉技术将挑战人类探测技术的极限。形象地说：运用长基线干涉技术，科学家正在试图探测七公里之外的一根头发丝！

探测天体射电辐射的基本设备可以测量天体射电的强度、频谱及偏振等量，通常由天线、接收机和终端设备三部分构成。天线收集天体的射电辐射，接收机将这些信号加工转化成可供记录、显示的形式，终端设备把信号记录下来，并按特定的要求进行某些处理然后显示出来。射电望远镜通

常要求具有高空间分辨率和高灵敏度，这也是其性能的基本指标。前者反映区分两个天球上彼此靠近的射电点源的能力，后者反映探测微弱射电源的能力。根据天线总体结构的不同，射电望远镜可分为连续孔径和非连续孔径两大类，前者的主要代表是采用单盘抛物面天线的经典式射电望远镜，后者是以干涉技术为基础的各种组合天线系统。



1931 年，在美国新泽西州的贝尔实验室里，负责专门搜索和鉴别电话干扰信号的美国人 KG·杨斯基发现有一种每隔 23 小时 56 分 04 秒出现最大值的无线电干扰。经过仔细分析，他在 1932 年发表的文章中断言，这是来自银河中的射电辐射。由此，杨斯基开创了用射电波研究天体的新纪元。当时他使用的是长 30.5 米、高 3.66 米的旋转天线阵，在 14.6 米波长取得了 30 度宽的“扇形”方向束。此后，射电望远镜的历史便是不断提高分辨率和灵敏度的历史。

自从杨斯基宣布接收到银河的射电信号后，美国人 G·雷伯潜心试制射电望远镜，终于在 1937 年制造成功。这是一架在第二次世界大战以前全世界独一无二的抛物面型射电望远镜。它的抛物面天线直径为 9.45 米，在 1.87 米波长取得了 12 度的“铅笔形”方向束，并测到了太阳以及其他一些天体发出的无线电波。因此，雷伯被称为是抛物面型射电望远镜的首创者。在此之后，射电望远镜在各国被广泛建造。



英国曼彻斯特大学于 1946 年建造了直径为 66.5 米的固定式抛物面射电望远镜, 1955 年又建成了当时世界上最大的可转动抛物面射电望远镜。

六十年代, 美国在波多黎各的阿雷西博镇建造了直径达 305 米的抛物面射电望远镜, 它是顺着山坡固定在地表面上的, 不能转动, 这是世界上最大的单孔径射电望远镜。

1962 年, Ryle 发明了综合孔径射电望远镜, 他也因此获得了 1974 年诺贝尔物理学奖。综合孔径射电望远镜实现了由多个较小天线结构获得相当于大口径单天线所能取得的效果。

1967 年 Broken 等人第一次记录到了 VLBI 干涉条纹。

七十年代, 联邦德国在波恩附近建造了直径 100 米的全向转动抛物面射电望远镜, 这是世界上最大的可转动单天线射电望远镜。



八十年代以来，欧洲的 VLBI 网 (EVN)、美国的 VLBA 阵、日本的空间 VLBI (VSOP) 相继投入使用，这是新一代射电望远镜的代表。它们在灵敏度、分辨率和观测波段上都大大超过了以往的望远镜。



目前国内有中国科学院紫金山天文台青海观测站 13.7 米射电望远镜、上海佘山 25 米射电望远镜、乌鲁木齐南山 25 米射电望远镜。用于探月计划的北京密云 50 米射电望远镜、贵州的 40 米射电望远镜等。国外有德国 KOSMA 3 米射电望远镜、Medicina 30 米射电望远镜、Torun 13 米和 32 米射电望远镜、位于夏威夷群岛冒纳凯阿山上的 James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) 射电望远镜、澳大利亚的 (ATCA) 射电望远镜、夏威夷 SM A8 个单天线组成的干涉仪、美国五大学 13.7 米射电望远镜、德国 Effelberg 100 米射电望远镜、美国波多黎各的阿雷西博 305 米望远镜、NRAO 基特峰 12 米射电望远镜 (星际分子的发现者) 等。

长基线干涉测量技术 (VLBA) 基本原理是：在某一波长，射电望远镜所能观测到的太空内放大目标的细节情况，取决于望远镜的大小。比如，一个 100 米口径的望远镜能观测到的图像精度是 50 米口径望远镜的两倍。因此，为了更好地观测空中天体的细节情况，就需要望远镜越大越好。但问题

是制作的望远镜大小是有限度的，所以射电天文学家想出了一种解决办法，就是把一些小望远镜连接在一起，其功能就像一架大望远镜一样。我们可以设想，一个大望远镜的表面被分成了一些单元块，来自太空的射电波落到每一单元表面，然后他们被反射到望远镜的焦点，在焦点处这些射电信号被叠加起来，这也就是口径合成的基础。现在已经证明，每单元对太空中某一特定尺度的目标在某一特殊方向是灵敏的。两个单元之间的距离越大，观测到的目标细节越清晰。



口径合成的目的就是利用尽可能多的方向和不同长度形成的狭缝,合成一个更清晰的目标物的图像。值得庆幸的是，天文学家在完成这项任务时幸好得到了地球的帮助，由于地球不停的自转，使观测基线方向及其投影长度总是在不断变化着，如果能在所有方向和所有长度上采样，用这种技术获取的图像就能和它所模拟的大望远镜所得到的图像一样清晰。但实际上的结果没有那么理想，设置在不同地点的单元可以用同轴电缆联结起来，这样可以把相距上万公里不同地点的射电信号收集起来，把这些信号记录在磁带上后将这些数据发送到数据处理中心。在那里，将不同地点得到的数据结合起来，这就是甚长基线干涉测量技术，或称为 VLBI 技术。

射电观测是在很宽的频率范围内进行，检测和信息处理的射电技术灵活多样，所以，射电望远镜种类更多，分类方法多种多样。例如按接收天线的形状可分为抛物面、抛物柱面、球面、抛物面截带、喇叭、螺旋、行波、天线等射电望远镜；按方向束形状可分为铅笔束、扇束、多束等射电望远镜；按观测目的可分为测绘、定位、定标、偏振、频谱、日像等射电望远镜；按工作类型又可分为全功率、扫频、快速成像等类型的射电望远镜。



射电望远镜技术的发展促进了人类对于更深层次宇宙的研究，特别是随之诞生的射电天文学研究。例如：六十年代天文学的四大发现，类星体、脉冲星、星际分子和宇宙微波背景辐射，都是用射电望远镜观测得到的。射电望远镜每一次进步都标志着人类在研究宇宙方面迈向一个新台阶。射电望远镜的每一次长足的进步都会毫无例外地为射电天文学的发展树立一个里程碑。

下面我们要提到几个正在进行中的国际知名的射电望远镜项目，它们的研制成功会将人类的空间观测技术引领到一个新的高峰。

中国科学院上海天文台和乌鲁木齐天文站的两架 25 米

射电望远镜作为正式成员参加了美国的地球自转连续观测计划(CORE)和欧洲的甚长基线干涉网(EVN)。这两架射电望远镜分别用于地球自转研究、高精度天体测量研究(CORE)和天体物理研究(EVN)。

1993 年,在日本京都召开的国际无线电科学联合大会上,包括中国在内的 10 个国家的射电天文学家联合发起了一条倡议,建造接收面积为一平方公里的新一代大射电望远镜(LT),该项目投资预算约为 10 亿美元。LT 可预见的科学目标是多方向的,它将能够观察到 100 亿光年以外的氢元素是如何分布的,从而使天文学家分析出宇宙形成之初的情形,验证、完善已有的或建立新的宇宙构成理论。此外,在对邻近空间灾变事件的观测研究、深度空间通讯以及探索地外智慧生命等诸多方面,它都具有非常独特的作用。由于此项工程投资巨大、技术复杂,没有广泛的国际合作就难以实现。为此京都大会上还成立了 LT 工作组,每年召开两次国际会议,协调相关研究与发展情况。京都大会后,各国纷纷投入到各自的总体设计、工程预研究、选址、资金筹措等繁杂的工作中。显然,各国科学家都希望自己的技术方案能够被最终采纳,并将整个计划引入到自己的国家中。

中国的科学家们经过细致和广泛的勘察,决定利用贵州省南部熔岩洼地建造 500 米孔径球面射电望远镜,这就是著名的 FAST 计划,这也是中国在 SKA 计划中所选择的技术路线。FAST 的正式名称是:500 米口径球面射电望远镜(简称 FAST)。FAST 工程的示意图看上去简直像是一幅绘画作品:

蓝天白云下面，整个工程的形状似一朵盛开的花，花瓣是贵州喀斯特地貌重叠起伏的峰峦，花心是巨大深陷的洼地——FAST 将铺设在这片洼地中。

直径为 500 米的 FAST 射电望远镜，将由 2 000 块 15 米见方的反射板拼成，其外形与锅式卫星天线相似，面积则相当于 25 个足球场那么大，预算约 6 亿元人民币。与直径 305 米的世界现有最大固定式射电望远镜相比，它的可观测天空范围扩大了 4 倍，灵敏度提高了 2.3 倍。所以，它将当之无愧地成为世界上最大的天文望远镜。FAST 预计在 2013 年完成，与世界现有最大口径 100 米望远镜相比，其观测能力将提高 10 倍，并且将在未来 20~30 年里保持世界领先地位。一旦完成，精良装备的 FAST 将为新的科学发现和突破天体物理学前沿热点问题提供独一无二的信息。

1998 年，世界著名无线电工程专家、有德国 100 米口径射电望远镜之父之称的 Sebastian Von Horner 博士应邀来到中国 FAST 课题组工作了 15 天。这位在科学界德高望重的 79 岁的老科学家在对中国 FAST 总体设计、工程技术和预算进行了考察后，给予充分肯定，认为“在各国方案中它最具可实现性。”这个论断使 FAST 课题组的工作人员信心大增。如果有朝一日 FAST 建成，那它不仅是中国第一的，而且还是世界第一的。这也就是为什么它能够吸引着一大批人为之艰苦奋斗的原因吧！

之所以将 FAST 射电望远镜坐落于贵州，主要得益于贵

州得天独厚的喀斯特地貌。中国的设计方案的主要特点是：造价低；技术成熟；从望远镜的类型上看，它既非全可动的，也不是完全固定的，在一定程度上兼顾了两者之长。另外，更重要的是，在主要技术指标上它超过现有世界最大全可动望远镜 1 个数量级。但是，在 ISSC 的 18 个席位中，中国和印度分别占有一席，美国和欧洲分别占有 6 席，加拿大和澳大利亚分别占有 2 席。在国际大射电望远镜操作委员会(ISSC)做出最后选择时，中国是否处在不利地位？对此，ISSC 委员，国家天文观测中心大射电望远镜实验室研究员彭勃博士相信 ISSC 会选择中国。他略带神秘地微笑着说因为这是“天意”。这里确实有一个巧合，如果把对 SKA 建造目的的完整而精练的表述的五个英文单词列举出来就是：Kilometer-square Area Radio Synthesis Telescope。而仔细观察就会发现，这五个单词的第一个大写字母联起来，却组成了一个英文单词 KARST(喀斯特地貌)，如此看来，FAST 可谓占尽天时地利。

当然这只是一个巧合而已，但从计划启动的一开始中国就决定不过于依赖国际因素，而要在国家现有财力允许的条件下建立一套独立、完整的观测系统。如果作为 SKA 的先导单元，将这个庞大的项目引入中国当然最好。退一步说，即使不能，中国也将承担其中一部分工作。更重要的是，如果一切进展顺利，中国在不少于 30 年内将拥有世界最大的射电望远镜。

参与国际 SKA 计划对中国来说，现实利益也是多方面的。它

将极大地提高中国天文学甚至基础科学研究总体的显示度，同时将会提供更多机会去学习国际最新的无线电、天线制作、通讯、计算机、材料与工艺等技术。FAST 计划以及对 SKA 的参与，已经并将继续培养一大批科技人才。FAST 将形成望远镜一种新的发展模式，它投入使用后，可对深空飞行器进行地面遥测跟踪，实际上等同于使飞行器可以飞得更远、工作时间更长，对空间技术的发展有重要作用。

第七章 宇宙探测的领头羊——美国空间探测战略 50 年

本章科学人物

科学的根本目的就是探索真理，科学家以追求真理为他们的最终目的。”

——哈雷



哈雷

哈雷 (Edmund Halley, 1656~1742) 英国天文学家、数学家。1656 年 11 月 8 日生于伦敦附近的哈格斯顿。1676 年在牛津大学四年级时放弃获得学位的机会去南太平洋圣赫勒纳岛建立南半球第一座天文台，在那里测编了第一个南天恒星表 (341 颗)，并于 1678 年发表，当年被选为皇家学会会员。他还分析了 1337~1698 年观测到的 24 颗彗星轨道记录，指出 1531 年、1607 年、1682 年以近似轨道三次出现的彗星是同一颗，并预言 1758 年它会再度重

现，并在后来得到证实，后世称它为哈雷彗星。1705 年发表了《彗星天文学论说》。1720 年任格林尼治天文台第二任台长。1742 年 1 月 14 日在格林尼治去世。

从第二次世界大战结束至今，世界进入了平稳发展的时期。在政治平和、经济发展的基础之上，天文学和天体物理学在过去 50 年中所取得的巨大成就是有目共睹的，天文新技术和新设备层出不穷，探测新结论纷纷“出炉”。可以说在这个时期人类在探测宇宙所取得的成就远远超越了历史上所有时期的总合。

作为一门观测的学科，它的发展始终离不开观测设备和观测技术的不断创新。随着人类技术水平的不断提高，观测设备在观测精度、观测自动化程度等方面都取得了长足的发展。特别是随着雷达技术的发展，开辟了射电波段的观测。随着航空航天技术的发展，开始向太空发射空间望远镜、卫星等宇航设备以便在空间观测。如果把这些成就列成一份表，并且标明国籍，我们可以发现其中很大一部分都是美国所做的。美国作为二战后世界第一强国的同时也是世界科学领域的领军人。它为天文学和天体物理学的发展做出了重要贡献。在这个章节中，我们就主要回顾、解读一下美国在过去五十年里在天文学与天体物理学领域中的发展。

1960 年~1970 年。在这个十年科学规划中，美国主要建造了 4~5 米量级的光学望远镜，射电波段也有了初步的发展。在这十年里主要的科学发现有：类星体的发现、首次探测到了星际有机分子、发现了 3k 的宇宙微波背景辐射、发现了具有深远科学意义的脉冲星。这些成果对人类的发展具有极其深远的意义，其中有很多都获得了诺贝尔奖。

1970 年~1980 年。在这第二个十年规划中，提出了长基线干涉的设想。同时在光学波段的研究中也有了很大发展，并且通过推动自适应光学技术的发展，为后来更高分辨率望远镜的建造做技术上的储备。同时，也启动了建造空间光学望远镜的计划。在这个十年里所取得的科学成果有：类星体的吸收线、X-射线双星的发现、推行并发展了著名的吸积盘理论。除此之外，引力透镜效应也是在这个十年里发现的，还有脉冲双星的发现等。这些成果极大地丰富了对宇宙的认识，更加激发了我们探索宇宙的热情。

1980 年~1990 年。在前两个科学计划期间所取得成功的激励下，在第三个十年规划中，美国雄心勃勃地提出建立哈勃空间望远镜、AXAF、VLBA、NTT 等计划。科学家们先后发现了射电喷流、视超光速现象、高红移类星体、暗能量的证认、宇宙大尺度结构、超大质量黑洞的证据、超新星、毫秒脉冲星。除了全面展开的空间计划，在其他领域，比如光学、射电等领域，也有了很好的发展。可以说这个时期美国天文学成就达到了一个顶峰。

1990 年~2000 年。在这个十年计划中，由于红外技术的发展已经比较纯熟，建造大口径的红外望远镜的可行性也日趋成熟。由此美国先后计划建造了 8 米级的红外望远镜，以及计划建造空间红外望远镜—SPITZER。与此同时，还计划建造了毫米波天线阵列 MMA，以及亚毫米波望远镜，实现了天文学上的全波段观测。美国在这个十年的主要成就有：太阳系外行星的搜寻、太阳中微子非零质量问题、1995 年的

彗星撞击木星、CMB 探测等。

2000 年~2010 年。步入新世纪后，人类技术已经达到了一个很高的水平，所以美国在新世纪第一个十年科学规划里则显得更有信心。它开始计划建造第二代哈勃空间望远镜，同时提出建造空间星系天文台、GSMT、以及计划在南极建造望远镜、建设国家虚拟天文台等科学计划。另外还有用于探测太阳系外行星 SKA、LISA、TPF 空间阵列等重要项目。计划开展空前规模的巡天计划，向宇宙纵深发展。在这个十年计划中，主要体现在了空间望远镜的发展。人类空间技术发展到今天，越来越多的空间观测项目可以实现。这些空间计划的实现，使分辨率、精度得到了更好的提高。引力波探测、中微子、宇宙射线等问题有望得到更好的发展。虚拟天文台的建设，有利于普及研究，使的获取研究数据更加方便。TPF 计划，利用空间干涉技术，使我们的空间分辨率得到很大提高，离我们非常遥远的行星有望得到更好的观测研究。

值得称道的是这五个十年计划几乎都得到了很好的执行。在每个计划中都有为以后发展做技术储备的相关项目建设，极大地促进了规划的连贯性和技术发展的延续性。科学的发展带动技术的发展，回顾过去，每次技术革命之前总会有一次技术革命。技术的发展同时又极大地解放和发展了生产力，促进了社会进步。美国五十年天文学的发展告诉我们：科学的发展规划必须要有一个高瞻远瞩的视野；要有前瞻性才能更好地带动技术的发展，推进人类社会的进步。

回顾历史，是为了以史为鉴，而回顾过去五十年来美国的天文与天体物理发展历史，则是为了给今天的我们一点启发。我们说美国是世界科学领域的“领军人”，并不只是因为它每年财政中庞大的科技投入和令人眼花缭乱的先进设备。它的“先进”更表现在科学规划上的前瞻性以及在制定科学规划后规划执行力度的有效性。我们没有美国强大的经济财力，而且目前还处于经济发展的上升阶段，不可能像美国一样动辄对天文学的研究投入巨资。但我们应该充分认识到美国这种制度层面上对科学研究的严谨态度，也许才是我们最应该学习美国的地方吧。

第八章 太空探测的“透视眼”——红外 与亚毫米波

本章科学人物



赫茨普龙

丹麦天文学家。1873 年 10 月 8 日生于腓特烈斯贝，1967 年 10 月 21 日卒于罗斯基勒。1898 年毕业于哥本哈根综合工学院，起初热心于照相化学，1902 年转向天文学，并在丹麦一小天文台工作。1909 年任德国波茨坦天体物理台高级天文学家，1919 年任荷兰莱顿天文台副台长，1935 年任台长。1945 年退休后返回丹麦。1905~1907 年提出存在巨星和矮星两类光度截然不同的恒星，1911 年发表昴星团和毕星团的颜色—星等图，与两年后美国天文学家 H.N. 罗素独立绘制的光谱—光度图本质上一致。这种图后来被命名为赫茨普龙—罗素图，简称赫罗图或 HR 图。赫罗图的建立有力地推动了恒星演化理论的发展。1911 年确认北极星是一颗变星，并精确测出其光变幅度为 0.171 星等。在 1912 年美国女天文学家 H.S. 勒维特发现小麦哲伦云内变星的变光周期与视星等的关系后，他指出这些

变星是造父变星，并在 1913 年定出了周光关系的零点，从而导致了造父视差法的建立。1922 年他发现赫罗图中巨星序与主星序之间存在一个空区，称赫茨普龙空区。

在宇宙的研究中，由于技术的限制，人类很长一段时间都处于猜想阶段。只是靠肉眼的直观感觉或是简易望远镜就下结论自然是不科学的。随着科技的发展，自从哥白尼时代之后，人类的宇宙探索就迈进了“眼见为实”的阶段。这很大程度上要归功于那些观测新方法和新设备，是它们为肉眼凡胎的人们安上了“千里眼”，看到了更广阔的世界。

宇宙中存在着大量的尘埃，尘埃中诞生了恒星。著名的科普作品《星之尘埃》里面非常详细的谈了宇宙中尘埃的故事。某种意义上可以说尘埃是宇宙天体的摇篮，但是这些尘埃颗粒却遮蔽了天体发射的可见光部分，使得人的肉眼不可能观测到宇宙的全貌，这一度使人类对宇宙的观测处于停滞阶段。

事情在 1800 年后有了改变，英国物理学家赫胥尔在研究各种色热的热量时，有意地把暗室中唯一的窗户用木板堵住，并在板上开了一条矩形的孔，孔内装一个分光棱镜。当太阳光通过这个棱镜时，便被分解成彩色光带。在试验中，他突然发现一个奇怪的现象：放在光带红光外的温度计，比室内其他温度计的指示值都要高。经过多次试验，这个所谓含热量最多的高温区，总是位于光带最边缘处红光的外面。于是赫胥尔宣布，太阳发出的光线中除可见光外，还有一种人眼看不见的“热线”，这种看不见的“热线”位于红色光外侧，因而叫做红外线。红外辐射的波长 λ 在 $0.75-1\,000\mu\text{m}$ 。其中细分有：近红外 ($0.75-2.5\mu\text{m}$)、中红外 ($2.5-25\mu\text{m}$)、远红外 ($25-1\,000\mu\text{m}$)。而亚毫米波位于 $0.35-1\text{mm}$ 波段，

它也算是一种红外线。

红外线被发现后，人们更惊喜地发现尽管尘埃可以成功地“蒙蔽”住人们的眼睛，但对于红外波段辐射却是完全透明的。正因为恒星、行星等天体形成于分子云中，特别是早期，恒星被大量的分子云包裹着，对于这些恒星的研究借助红外观测就方便了许多，并可以看到很多更隐秘着的东西。因此人们利用红外观测不就可以探索到那些以前被尘埃“封锁”住的宇宙部分了吗？

红外观测对于宇宙学的发展来说可谓意义重大，它可用于探测冷天体环境状态。许多原子和离子在红外的谱特征，可用于诊断恒星大气层和星际气体。空间红外的观测还可以追溯宇宙早期的生命。根据宇宙大爆炸理论，宇宙在膨胀，由于膨胀会产生宇宙红移，这样观测高红移的物体就可以知道早期也就是宇宙年轻时期的情况。

宇宙中的低温物质（4 000K 以下）能量辐射的大部分在红外波段。红外辐射较可见光相比可较少受到星际物质的吸收和散射，因而较易为人们所探测。因此它们是空间红外天文观测的主要对象。红外观测的意义体现在以下几个方面：

1. 揭示冷状态的物质

宇宙中从微米大小的尘埃到巨大的行星，它们的温度范围是 3~1500K。在这个温度范围内，物体辐射的大多数能量位于红外区。因此，空间红外观测对研究低温环境，例如恒

星正在其中形成的多尘恒星云和行星的卫星及小行星冰覆盖的表面是非常重要的。

2. 探索隐藏的宇宙

由于宇宙尘埃粒子遮蔽了可见宇宙的一部分，而在红外波段尘埃是透明的，所以红外观测可见光波段不能看见区域，例如银河的中心、恒星以及行星正在其中形成的稠密星云。

3. 获得丰富的谱特征

因为所有分子以及固体的发射和吸收带都位于红外区域，所以红外可用于探测冷天体的环境状态。许多原子和离子在红外谱特征可用于诊断恒星大气层和星际气体，这些区域或是由于太冷，或是由于太多的尘埃掩盖而不适于用可见光观测。

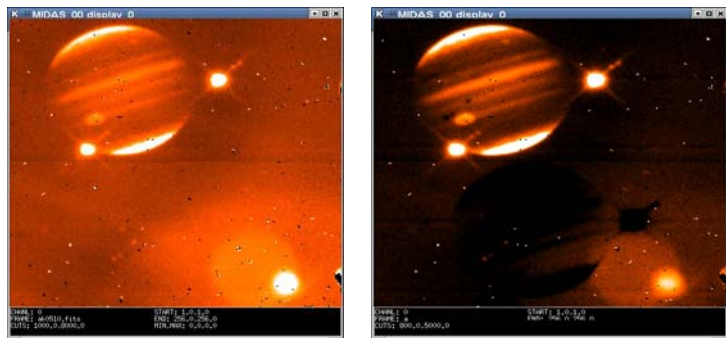
4. 追溯宇宙早期的生命

由于宇宙膨胀产生的宇宙红移，所以不可避免地使能量向长波长端移动，其移动量与物体的距离成正比。又由于光速有限，因此观测到的高红移的物体是它们处于宇宙很年轻时的状态。因为宇宙膨胀，恒星、星系和类星体开始发射的大多数可见光和紫外辐射现已位于红外，所以宇宙中的第 1 个物体是怎样和什么时候形成的，都可通过红外观测了解到。人类自从掌握了红外观测技术，便开始积极地运用到实际的观测中去。1983 年 1 月 25 日，由美国、英国及荷兰共同研制的第 1 颗“红外天文卫星”（IRAS）升空。该卫星含有 62 个探测器，整个望远镜用液氮冷却到绝对零度。IRAS 扫描

了 96%以上的天空，探测到大约 50 万个红外源，并第 1 次揭示了银河系核的特征。此后红外线观测技术成为人类探索外部世界的最得力的好帮手。

到目前为止，已经观测到的各种红外源包括：太阳系中的行星、卫星和彗星等；正在星际云中凝聚成恒星的“星胚”，它们还没有热到足以发光的程度；核燃料已经熄灭、温度已经降低的晚期恒星。因此，红外辐射可以提供关于恒星的出生和死亡，尤其是早期演化的宝贵知识。虽然红外探测卫星对太阳、行星和星际空间做出了一些探测，并取得了一些结果，但是由于星际电离氢的自由吸收，要越过太阳系探索遥远的宇宙，在技术上还有不少困难。

下面是红外望远镜观测到的木星图像



目前世界上大约有 40 架大中型红外望远镜，其中一部分是红外专用，还有一些是通过光学望远镜改造了的。典型的红外地面望远镜有：美国 1982 年建造的由 6 面 1.8 米镜合成，

综合孔径 4.5 米的 MMT; 美国 NASA 设在夏威夷的 3.1 米镜; 法国、加拿大、美国的 3.6 米镜; 英国的 3.8 米镜; 欧洲南方天文台的 3.6 米镜; 中国北京天文台 1.26 米红外望远镜和云南天文台 1 米红外望远镜。

除了地面上的红外观测, 高空和大气外的红外观测也很早就开始了。

最早的高空观测——气球载红外观测, 是在 1964 年进行的。当时观测气球的高度在 20~50 千米。这个高度上大气的透过率是 99%, 而且观测成本低。不过气球高空观测稳定性是很难保证的, 气球的负荷也是十分有限的。另一类高空观测就是机载红外观测了。最早的机载红外观测于 1969 年进行。高度位于 11~20 千米 (在这个高度上大气已经十分透明)。机载红外观测具有很好的指向和跟踪精度, 几乎不受载荷限制, 也就是说可以携带很大口径的红外望远镜, 同时可以长时间观测。不过机载红外观测也有缺点, 那就是它的费用是相当大的。



KAO 机载天文台 (Kipper Airborne Observatory), 美国 NASA 从 70 年代初开始使用。改装的 C-141 大型军用运输机, 主镜口径: 91cm, 飞行高度 13 km, 每年飞行 80 次, 每

次观测时间达到 8 小时，1995 年结束观测。

SOFIA 平流层红外天文台 (Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy)，口径：2.5m，美、德两国联合研制 2001 年开始观测。

火箭运载红外观测最早是在 1969 年，此次火箭运载红外观测也是历史上最重要的火箭运载观测，由美国空军地球物理实验室 (AFGL) 于在 1971~1974 年间进行。总共进行了 9 次飞行，每次平均 5 分钟。得到了包括 3000 多个天体的 CRL 和 AFGL 星表。



卫星红外望远镜。1983 年 1 月 25 日，由美国、英国及荷兰共同研制的第 1 颗“红外天文卫星”IRAS (Infrared Astronomical Satellite)成功发射。其望远镜口径 57cm，焦比 F/9.56，视场 30 角分。整体被 72kg 超流氦制冷到 2~5K 工作温度。1983 年 1 月~11 月在 900km 高空

的太阳同步轨道上运行 10 个月，对全天 96%天区进行了 12、25、60、100 μm 的红外巡天。此次观测得到了重要的红外源表：首先是 IRC 表，一个两微米巡天，波段在 0.84 μm ，2.2 μm ，观测到超过 5 600 个源。其次是 CRL 表，4.2 μm ，11 μm ，19.8 μm 巡天，有 3 198 个红外源。第三个是 AFGL，这个表是 CRL 的第二版，波段在 27.4 μm 。最后是 CIO 表，Catalog

下面要提到的是红外线波的一种——亚毫米波

亚毫米波波长位于 $0.35\sim 1\text{mm}$ 之间,是红外线波段。亚毫米波又被称为大赫兹。天体辐射到地球的大部分是亚毫米波,其在太空环境中吸收比较少可以传播很远的距离。同时亚毫米波还可以成为一种信息载体,可以把音频和视频信号加入到亚毫米波中传输。这样的信号传输容量大,而且也更为安全,在太空通信中有很大优势。亚毫米波将是太空成像和通信技术的重要研究方向。随着无线电波传输不断向高频段发展,现在已经达到亚毫米波波段,并且亚毫米波技术势必也会得到更好的发展。

目前,美国正在建设由大陆科学家参与和台湾省入股的 10 台直径为 10 米的亚毫米波望远镜。同时还有已经建成的位于夏威夷火山的毫米波望镜 SMA 等。它们的成功建造对于外层空间星体和星系揭秘,以及开创河外分子观测都将发挥着重要的作用。我利用亚毫米波技术对 Nb/AlOx/Nb 超导器件的分析;对亚毫米波 SIS 混频器电磁理论的分析研究;以及对 Gunn 锁相环和后端中频系统的研究都获得了巨大的成果。处于国际领先地位的 500GHz 超导 SDIS 接受机已经完成。为此,我国亚毫米波天文学的开发得到国际同行的重视。目前科学家正在全力打造着本世纪全球最大射电天文计划—ALMA 大毫米波亚毫米波干涉阵 (Atacama Large Millimeter/Sub millimeter Array)。

关于亚毫米波技术，值得一提的是耗资 100 亿欧元的国际核聚变反应堆计划（International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER）。这个计划最大的挑战就是整个系统的加热装置，要使其达到上亿度的高温状态。那么这个加热技术就是利用亚毫米波。从而建造更大功率的亚毫米波发生器。

红外与亚毫米波技术的发展，使科学家可以深入研究早期宇宙的状况，以及恒星形成的早期状况。早期的宇宙以及恒星形成的早期，辐射都非常微弱。来自宇宙早期的辐射距离我们太过遥远，而深埋在分子云中的早期恒星核辐射有被尘埃大量吸收。红外与亚毫米波可以帮助科学家解决这样的问题。使得我们对于宇宙的认识，也就更深一层。人类对于宇宙起源的认识越来越接近其本身。

第九章 民族夙愿的实现者——飞船“神舟号”

本章科学人物

你不应该抱怨上帝给你的这一切不够好，你所能做的是默默承受这一切，努力为取得明天的更好，并祈祷上帝没有给你更糟糕的。

——惠更斯



惠更斯

惠更斯（Christiaan Huygens, 1629 ~ 1695）荷兰物理学家、天文学家、数学家。他是介于伽利略与牛顿之间一位重要的物理学先驱。

他善于把科学实践与理论研究结合起来，透彻地解决某些重要问题，形成了理论与实验结合的工作方法与明确的物理思想。他留给人们的科学论文与著作 68 种，《全集》有 22 卷，在碰撞、钟摆、离心力和光的波动说、光学仪器等多方面做出了贡献。

他取得最早的成果是在数学方面，他研究过包络线、二次曲线、曲线求长法。发现悬链线《摆线》与抛物线的区别，并且还是概率论的创始人。他设计制造的光学和天文仪器精巧超群，如磨制了透镜，改进了望远镜与显微镜。惠更斯目镜至今仍然采用，还有几十米长的“空中望远镜”（无管、长焦距、可消色差）、展示星空的“行星机器”（即今天文馆雏型）等。

惠更斯在1678年给巴黎科学院的信和1690年发表的《光论》一书中都阐述了他的光波动原理，即惠更斯原理。他认为每个发光体的微粒把脉冲传给邻近一种弥漫媒质（“以太”）微粒，每个受激微粒都变成一个球形子波的中心。他从弹性碰撞理论出发，认为这样一群微粒虽然本身并不前进，但能同时传播向四面八方行进的脉冲，因而光束彼此交叉而不相互影响，并在此基础上用作图法解释了光的反射、折射等现象。

在这个世界上，总有一些人会给后世以重要的预言。1903年，双耳失聪的俄国科学家齐奥尔科夫斯基在论文中提出了著名的“火箭公式”，论证了用火箭发射航天器的可行性。他指出：最理想的推进剂不是火药，而是液体燃料；单级火箭在当时达不到宇宙速度，必须用多级火箭接力的办法才能进入宇宙空间。凭着这位“航天之父”的天才构想，一扇通往太空的科学之门打开了。人类科技的发展，除了正确的理论指导外，有时候还需要有一个外在的时机。

1957年10月，前苏联首先在太空竞争上发力：在哈萨克的大荒原里，前苏联用火箭把第一颗人造地球卫星“斯普特尼号”送上了天。就是这颗直径580毫米、在太空运行仅92天的小卫星，宣告着人类进入到一个空间探索的新时代。1961年4月，“东方1号”飞船载着27岁的前苏联空军少校加加林进行了为期108分钟的太空旅行。这是人类历史上第一次载人航天飞行，加加林也成为人类造访太空的第一人。随后，美国也在太空探索上展现了自己的科技实力。1969年7月21日，美国宇航员阿姆斯特朗就在月球上留下了人类的第一个足印。20世纪60年代美国实施了阿波罗载人登月计划。直到冷战已经结束几十年的今天，美国仍保持着最先进的航空技术。可以说两个强大的对手在相互竞争中也在相互促进，就在这竞争与促进并存在年代中，人类载人航空技术取得了迅速的发展。

在人类大步迈向太空的旅程中，中国人追梦的步伐一刻也没有停止过。正是由于载人航天前景十分广阔，所以越来越

越多的国家正意欲加入载人航天俱乐部。中国发展载人航天是有其技术基础的，首先中国是世界上第五个能独立发射人造卫星的国家，很早就拥有了大推力的运载火箭。20 世纪 60 年代中期，在俄、美实现载人航天四五年后，我国航天界的年轻人就曾经酝酿研制载人飞船。只是由于当时的条件不允许，使得载人飞船的系统研究实践不可能展开。

20 世纪 80 年代，改革开放带来了航天技术的春天。1986 年，中共中央、国务院批准了《高技术研究发展计划(“863”计划)纲要》，把航天技术列为我国高技术研究发展的重点之一。“863”高技术航天领域的专家们对我国航天技术未来的发展进行了深入细致的论证，描绘了我国航天技术发展前景的蓝图，一致认为载人航天是我国继人造卫星工程之后合乎逻辑的下一步发展目标。

1992 年 1 月，党中央批准研制载人飞船工程。自此，我国的载人航天工程正式启动。在 1992 年开始研制载人飞船之前，我国“863”高技术航天领域的专家们曾为研制哪种运输器这个问题进行了几年的研究，即对从研制飞船起步和越过载人飞船直接发展航天飞机的多种技术方案进行了充分的论证、比较和分析。

从航空飞机与载人飞船的比较上来看，航天飞机的技术含量和科学研究难度显然更高。它是一种兼有航天与运载双重功能的载人航天器，能够自行起飞和升空，在进入预定轨道之后可以自动调控正常运行，在任务结束后可以返回地球

并在机场上着陆。它在每次从太空返回后都可以经过整修再次发射上天执行任务。它的航天器和运载器具有可重复使用的能力，所以航空飞机具有多次使用的潜力。相比之下，载人飞船是一种乘载人员较少（3 人以下），在太空作短期（几天至十几天）运行然后返回地面的一次性使用航天器。这两种载人航天器的用途各有侧重，在技术难度上也有较大差别。航天飞机结构复杂，功能齐全，代表着当代航天技术的领先水平。载人飞船相对说来复杂程度低一些。对此，国内一部分专家认为，中国可以在借鉴外国成功经验的基础上采取跨越式发展，即越过载人飞船阶段而直接集中力量发展航天飞机。另一部分专家则认为，载人航天对安全性和可靠性要求极高，航天飞机技术虽然先进，但是难度也很大而且需要大量的投资。为了稳妥起见，还是应循序渐进从飞船起步研究。经过长期的讨论和决策，根据我国的国情和国力，专家们最终统一了意见，决定从载人飞船起步进行研究。同时考虑到我国在运载火箭和应用卫星方面已拥有相当坚实的技术基础和丰富的研制经验，以及有可能借鉴国外研制载人飞船的经验。载人飞船的研究将跨过单舱式飞船和双舱式飞船的阶段而直接研制三舱式载人飞船，这是世界上最先进的载人飞船形式。由于这个研究计划寄托了全中国人们的期望和期待，所以科学家们为飞船起了一个具有中国特色的大气名字——“神舟号”。

作为第一代载人飞船，我国的起点很高。首先是越过了单舱式和双舱式飞船，直接研制三舱式飞船，可乘坐 2~3 名航天员。其次，神舟号飞船返回时，其轨道舱则留轨工作

半年左右，留在轨道上的轨道舱由太阳能电池翼继续供电，舱内仪器设备能在无人值守的情况下，像卫星一样自主地工作，因此能充分发挥“余热”。这也是我国飞船与众不同之处。国外以前的做法是：航天员返回后，飞船的轨道舱就废弃在轨道上了。再有，为了对航天员生活工作环境进行更加逼真的考核，我国率先在神舟3号和4号试验飞船上配置了“模拟人”。它们能定量模拟人在太空中的重要生理参数，如脉搏、血压、呼吸和饮食等，通过地面监控对船内各系统进行全面考核。以“模拟人”取代动物，在船内检验飞船的载人功能，是神舟号飞船研制的又一项中国特色。

在结构上，神舟号飞船由返回舱、轨道舱、推进舱和附加段等13个分系统组成。就目前最新的神舟六号来看，神舟六号的返回舱是载人飞船唯一返回地球的舱段，神舟六号的返回舱形状像钟，其舱门与轨道舱相连，航天员通过这个舱门，可以进入轨道舱。返回舱是飞船的指挥控制中心，舱内安装了航天员的坐椅。神舟六号的轨道舱呈圆桶形状，是航天员工作、生活和休息的地方。轨道舱相对于神舟号飞船调整了舱内布局设计以便安装应用系统设备及航天员食品和饮用水装置。神舟六号飞船的轨道舱和返回舱都是密封的舱段，舱内与外界完全隔绝，内部安装的环境和生命保障系统，将为航天员提供一个与地球环境一样的舒适生活环境。

1999年11月20日，我国成功发射了自行研制的第一艘飞船“神舟1号”，成为世界上第三个发射宇宙飞船的国家。此后，我国又在短短六年间分别把神舟2到6号送上了九重

天。综观“神舟系列飞船”，我们可以看到前面4艘神舟号无人试验飞船的发射和飞行试验取得了一定的数据、验证了设计的合理性、锻炼了飞行人员、演练了整个飞行程序、从而为后面的载人飞船顺利升空奠定了基础。

神舟1号是神舟系列的第一次尝试，但是它的发射已经创下了多项的世界第一。它首次采用了“三垂”新模式（“三垂”模式是指在技术阵地实施船箭垂直吊装、垂直测试并垂直转运到发射阵地，使火箭在发射架上的准备时间由以往的15天缩短为3天。）。另外中国在原有航天测控网的基础上新建的符合国际标准体制的陆海基航天测控网，也在这次发射试验中首次投入使用。

与神舟1号相比，神舟2号的系统结构有了新的扩展。神舟2号首次在飞船上进行了空间天文、空间物理及微重力环境下的空间生命科学和空间材料加工等领域的实验。它的整体技术性能有了新的提高，其技术状态与载人飞船基本一致。飞船在轨运行期间，各种试验仪器设备性能稳定且工作正常，这次的飞行取得了大量宝贵的飞行试验数据。

神舟3号飞船的设计充分考虑到宇航员上天的现实需要，上面装有人体代谢模拟装置和拟人生理信号设备，它能定量模拟航天员在太空生活时的多种重要生理参数，如脉搏、心跳、呼吸和饮食等，并随时受到地面指挥中心的监控。与前两次飞行试验相比，神舟3号飞船还增加了逃逸与应急救援功能（逃逸功能是在飞船的待发和上升段，一旦出现危

及航天员生命的情况，可以发出一条指令，把装载航天员的舱体与火箭分离开来，让航天员得以逃生)。可以说，神舟 3 号飞船的各项技术指标是与载人飞船的需要完全一致的。

神舟 4 号是我国发射的最完善的无人试验飞船。它进行了无人状态下考核最全面的一次飞行试验。这艘飞船在充分继承前 3 艘无人试验飞船成熟技术的基础上，增加了人工控制和在轨自主应急返回等多项功能，以便进一步考核飞船系统的工作性能、可靠性和安全性，获取航天员在船上的生活环境和与航天员安全相关的数据。

话说“十年磨一剑”，在经过长期的探索与实践后，中国载人航天事业终于迎来了关键性的一天。2003 年 10 月 15 日 9 时，神舟五号载人飞船升空成功，浩瀚太空迎来了第一位来自亚洲这个古老国度的访客——中国航天员杨利伟。全世界都为这个时刻而震颤了！在随后的 2005 年 10 月 17 日 4 时 33 分，经过了 115 小时 32 分钟的太空航行，神舟六号载人飞船在内蒙古四子王旗主着陆场慢慢降落着陆，它顺利完成了多人多天飞行任务，这标志着中国终于成功实现了载人航空的夙愿！与神舟飞船的前四次飞行相比，载人飞行最重要的一点就是要确保航天员安全。总体来说，载人飞船的自动化程度非常高，其上配备有多种安全飞行模式。在正常情况下，飞船是完全自动飞行的；当万一出现故障时就可以自动切换到备份设备上工作，也能由地面通过遥控进行这种切换，或由航天员使用自动驾驶仪表上的手动控制功能做这些事。但即使是这样，在神舟 5 号当初的设计时就有一个原则：

飞船的每一个系统要做到“一次故障，正常飞行；二次故障，安全返回”，从而最大限度保证飞行员的安全。

“神舟”系列飞船的升空不仅仅使得中国人的千年飞天梦想变为现实，更重要的是它标志着在人类探索太空的队伍中，又加入了一支强大而富于创造性的力量。载人飞船在飞行试验过程中可以搭载各种仪器设备，进行对地观测、空间探测、天文观测、空间生命科学、空间材料和微重力等空间应用和科学实验。但是，飞船上地方狭窄，飞行时间短，因此尚不是执行空间应用和科学实验等任务的理想工具。未来，中国还将突破以太空行走、飞船交会对接、空间实验室和空间站等为代表的一批航天关键技术，为大规模开发太空资源做准备。在广阔的太空，还有更大的舞台等着我们一展身手！

第十章 天上街市的憧憬——太空移民计划

本章科学人物

智力决不会在已经认识的真理上停止不前，而始终会不断前进，走向尚未被认识的真理。

——布鲁诺



布鲁诺

布鲁诺（Giordano Bruno，1548～1600），意大利哲学家和思想家。

1583 年，布鲁诺到英国，批判经院哲学和神学，反对亚里士多德——托勒玫的地心说，宣传哥白尼的日心说。1585 年去德国，宣传进步的宇宙观，反对宗教哲学，进一步引起了罗马宗教裁判所的恐惧和仇恨。1592 年，布鲁诺在威尼斯被捕入狱，在被囚禁的八年中，布鲁诺始终坚持自己的学说，最后被宗教裁判所判为“异端”烧死在罗马鲜花广场。

布鲁诺的主要著作有《论无限宇宙和世界》，书中捍卫哥白尼的日心说，并明确指出：“宇宙是无限大的”，“宇宙

不仅是无限的，而且是物质的”。还著有《诺亚方舟》，抨击死抱《圣经》的学者。

古今中外，从古至今，人世间多少神话故事和科学幻想。期望有一天人类能“上九天揽月”，移居到那美妙的“天上人间”。很多年前，人们把居住在天上看作“神仙”般的生活，“天上一日，地上一年”，那时候人类自己没有能力“登天”，便运用丰富的想象力去幻想那里的生活。就这样人们以“居住天上”为素材创造出很多优美动人的故事，郭沫若有一首著名的诗歌《天上的街市》，便幻想了这样一种情景。

随着科技的发展，知识的增多，人们逐渐明白，“移民天上”原来并非天马行空的妄想。于是“太空移民”的字眼越来越多地被人们提及。20 世纪 30 年代 西方社会普遍出现经济大萧条。这使一些人从离开地球的角度考虑人类的前途和命运。英国科学家曾设想，为了摆脱危机，人类可以乘坐巨大的太空“诺亚方舟”离开地球，到宇宙空间去找出路。此后，又出现了许多建设太空城和进行星际大移民的设想。航天先驱齐科夫斯基和戈达德也都提出过太空移民的设想。自从 1957 年前苏联发射第一颗人造卫星以来，人类先后向太空成功发射了各种卫星、飞船探测器，并顺利地登上了月球。有乐观的科学家预计，实现“移民太空”的梦想已经为期不远了。

当前，人口增长、能源危机、环境污染等问题日趋严重，我们的蓝色家园日益不堪重负。“移民太空”已不单纯是梦想，而且一定程度上也是为人类的未来打算。1969 年，美国普林斯顿大学教授杰拉德奥尼尔就认为，要永久性地解决生态、资源、人口等问题，最好的办法是在太空中建造一个个

太空城，逐步把人类都移居到地球周围的太空城中，让地球长时间按自然力的作用进行重新改造，如果有必要人类还可以重返地球。

如今虽然还没有成功移民太空的先例，但是人们已经开始做“移民”的周边工作的构想和准备了。下面，我们来看一看目前科学界流传的几个有可能在近期内实现太空移民的实践：

首先是太空港和太空桥。科学家预计在 21 世纪初，人类将在近地轨道、围绕月球和火星轨道，以及在地一月系统中的自由点上陆续建成空间港，作为空间客运的转运站。其间将有巡天飞船常年巡回飞行，又有转运飞船像驳船一样在空间港与巡天飞船之间接货物和人员。另外，到那时候随着人类进一步发展空间技术，有可能会在宇宙开辟“通天路”，架设“星际桥”，从而真正沟通地球和太空。这样做的意义在于通过降低将有效载荷运输到轨道上的费用，把载人和载货的任务分开。比如，运货可以仍采用大型运载火箭；载人则采用有翼天地往返运输系统，这样就大大节省了宇宙交通的成本。

从前面章节的介绍中，我们了解到宇宙中蕴涵着无穷的能源，这对于日渐短缺的地球资源状况来说是一个巨大的诱惑。如果能有效利用宇宙能源，呢将是人类的一个巨大进步。所以科学家们还幻想了宇宙能发电厂。比如，太阳本身就是个巨大的能源库，它通过辐射发出巨大的能量。当然在正常

情况下由于地球与太阳间隔着众多气体层，所以射向地球的能量大部分都在穿透这些气体层的时候被吸收了。但是如果把发电卫星发射到空气稀薄的地球外层空间轨道上去，在理论上就应该能充分地吸收太阳射出的所有能量。而这些能量可以转化成电能，供地球上的人们使用。目前，一些发达国家正在酝酿这项解决地球能源危机的太空发电计划。

如果人类真的实现太空移民，那么那里也要有如地球上的生活和生产，因此，建造“太空工厂”成为了必须的一环。宇宙环境与地球上很不同，由于脱离了重力约束，建筑材料和建筑方式的选择和地球上都会很不一样。但是，太空工厂也有地球上工厂所不能企及的优势，因为在高度真空的特殊条件下，太空将成为制造某些地球上不能制造的稀有产品的理想场所。这尤其表现在化学工业上，由于太空不存在冷热对流、浓淡、沉淀等现象，所以太空工厂制造的药品比在地面上制造的纯度至少高 5 倍，制药的速度则快 400 倍。如果实现太空沟通的话，一些在地球上费力的化学工作将有可能转移到太空进行。

“太空移民”固然动人，但是也许有人对神秘的太空产生恐惧，如果生存环境产生了巨大变化，人类自身会发生变异吗？科学家们早已经考虑到了这个问题，为了寻找答案，人们首先用植物进行太空生存实验：

从 1957 年前苏联发射第一颗人造卫星到 1998 年，全世界共发射空间生命科学卫星 118 个，其中搭载植物材料 42

次。在 20 世纪 70 年代，前苏联在自己的空间站上设置了小型温室，进行植物栽培试验，在和平号空间站上就专门辟有一间面积 900 平方厘米的温室，先后培植了 100 多种植物，完成了从播种、发芽、生长、开花和结果的全过程，并收获了墨西哥矮小型杂交小麦以及油菜子等。令人欣喜的是，这些实验都没有产生任何变异。1984 年，美国太空总署将 1250 万粒西红柿种子送到太空，历经 6 年后返回地球，然后交给美国各州以及 34 个国家的约 6 万名教师、300 万名学生种植，在生长过程中进行比较试验。最终得到的报告显示，在前三、四个星期里，太空种子生长略快，并含有更多的叶绿素。但是，生长后期这些优势就消失了，而太空种子结得的果实也并无异样。此后，许多国家又多次将植物种子和试管苗送入太空，这些经历了“太空修炼”的种子似乎和地球上土生土长的兄弟姐妹们并无不同，太空旅行似乎并不会令植物产生变异。美国宇航局为了配合星际探险计划，就与波音公司合作研制一种名为“太空花园”的实验性太空舱。这实际上是一个控制生态的“生命维持系统”。在这个系统中，将种植诸如橙、棉花和粮食等植物，为太空人提供食物、饮用水，回收他们排出的二氧化碳及粪便。如遇紧急情况，空气和水可以自成系统，分开使用。由于环境完全模拟太空，所以对植物在太空的生长状况可以进行详细地观察。

在多次证实植物在太空环境下的正常生存后，人类又把实验对象转移到了与人类更相似的动物身上：

动物的太空之旅开始于 1957 年 11 月 3 日，前苏联的第

二颗人造卫星“旅行者2号”，载着体重为5公斤的小狗“莱伊卡”发射升空，6天之后，“莱伊卡”在卫星舱里死去。

美国的水星飞船于1961年2月21日进入太空，飞船上搭载了有200多小时训练经验的黑猩猩哈姆，这次它不仅安全地返回了地球，而且一直活到了1983年1月。

1984年4月，美国“挑战者号”航天飞机将3000多只蜜蜂带入太空。起初这些蜜蜂很不适应，有的在原地拍打翅膀，有的在玻璃箱内到处飞动。但后来就进入了正常的生活状态，并筑起了一个和地面上一样大的蜂巢。在7天的飞行时间里，只有100多只蜜蜂死去。

1999年2月，37只小鹌鹑在和平号上破壳而出，最终只有三只返回地面。

2002年4月，9枚经过受精、搭乘“神舟三号”飞船在太空遨游了7天的乌鸡蛋，顺利孵化出3只太空乌鸡。

除此之外，还有蜗牛、蟋蟀、果蝇、青蛙、鱼、老鼠、猴子等先后进入太空。这些生命在太空延续实验的先行者，其巨大贡献是基本上证明了人类可以在太空生存。同时，大多数实验还表明对于生命在太空延续的过程中不会产生变异。

2000年11月2日9点24分，太空终于迎来了第一批“移

民”！载有两名俄罗斯宇航员和一名美国宇航员的联盟号宇宙飞船与国际空间站成功对接，随后将第一批“居民”送入了这个人类探索太空的基地。这三名字航员将在国际空间站上居住四个月之久。他们的到来宣告了一个新时代的开始——人类将会长期地在太空工作和生活。

国际空间站是人类走向太阳系的跳板，而向其他星球的移民在很大程度上还要取决于人类在太空环境下是否还具有正常的繁殖能力。为了解开这个谜题，人们还是先从动物入手研究：

1970 年，美国太空实验室的一对鱼在无重力状态下变得异常疯狂，不停地转圈。处于失重状态的老鼠，则紧紧地把自己贴在墙上。让它们交配显然是不可能的。

1983 年，前苏联发射了“宇宙—1514”生物卫星，在该卫星上搭载有怀孕的白鼠。经历了 5 天半的太空飞行，这些白鼠返回地面后顺利生产，只不过它们的怀孕期仅为 22 天。

1994 年，一对来自日本的淡水鱼，成功地在失重条件下完成了交配，最终有 8 条小鱼在太空降生。

根据多年来在太空中所进行的白鼠、蝶螈、青蛙和鱼等多种动物的怀孕实验，妇女在太空中怀孕和分娩似乎是完全可能的。

讲到这里，我想到了发生在太空中一个有趣的故事。美国太空总署宇航员麦克·福尔在执行一次环绕和平号空间站的任务时，邂逅了俄罗斯女宇航员依莲娜·达柯瓦。他们在各自窗口相望，依莲娜·达柯瓦朝他挥手而且说：“我们想请你进来喝茶。”麦克·福尔当时非常乐意，但他只会一点俄语。而且不幸的是，他们正在执行任务，必须马上离开而不能停下来喝茶。于是他只回答她：“改天吧。”我们设想，如果假如麦克·福尔可以停下来的话，我们也许能够看到一个在太空相识、相恋，在太空结婚、孕育“太空超人”的“完美”版本了吧？哈哈，这也许只是漫长单调的太空航行中的一个小小的插曲。

不过由此人们也不由得开始思考：“太空恋情”能成真吗？一些现实给这个浪漫的幻想以沉重的打击。曾在“和平号”空间站上工作长达 438 天、创下吉尼斯世界纪录的俄罗斯宇航员瓦列利·波利亚科夫向世人宣布，长时间暴露在太空环境中，宇航员可能会完全丧失生育能力，因为他自己就已遭遇了这种不幸。尽管波利亚科夫本人的情况不足以证明太空环境会影响宇航员的生育，但他还是坚持认为，长时间的宇宙射线、重力的改变以及机体组织钙含量的减少、肌肉的萎缩，都会造成宇航员性能力的降低甚至不育。

但是也有相反的例子，1963 年 6 月 16 日，前苏联女宇航员莲京娜·捷列什科娃，乘“东方”6 号宇宙飞船成功进入太空，成为世界上第一个进入太空的女性。之后她与驾驶“东方 3 号”的宇航员尼古拉耶夫结婚，组成了世界上第一

个“航天家庭”。1964年6月8日，捷列什科娃生下一个女孩儿，取名为仪琳娜。仪琳娜也被称为“第一个太空婴儿”。如今，仪琳娜已经长大成人，而且跟其他人没有任何区别。

如果说“太空移民”是人类对太空的最终幻想，那么目前关于这个问题的探索正标志着人们与这个最终幻想的逐渐接近。虽然真正的“移民”还不知何期，但是我们有理由去憧憬。大胆想象一下，也许有一天，我们的后代在另一个星球上读到这篇文章，他们也许会想象他们的祖先的样子。这该会是多么神奇的一件事啊！



责任编辑 王 张 伟
封面设计 李 寅 强

SDPH-04-P1-20070005

定价：9.00元