

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

开发太空—21世纪的航天技术



(京)新登字 130 号内容简介

本书是《21 世纪科普教育丛书》之一，将向人们展示 21 世纪人类在空间领域的惊人之举，包括全球环境监测、太空信息高速公路、近地载人空间基地、新的天地往返运输工具、重返月球及开发火星。本书将大大丰富青少年的知识库，启迪想象力。对青少年开阔眼界、选择人生道路必定是有益的。

本书适合初中以上文化程度的广大读者。

图书在版编目 (CIP) 数据

开发太空：21 世纪的航天技术 / 杨照德，高放编著．—北京：科学技术文献出版社，1995.7

(21 世纪科普教育丛书)

ISBN 7—5023—2514—X

.开... . 杨... 高... .航天? 技术? 21 世纪?
普及读物 .V4? 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 04722 号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)

北京燕山印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 32 开本 8 印张 157 千字

科技新书目：354—125 印数：1—8000 册

定价：9.50 元

《21 世纪科普教育丛书》

编辑委员会

主 编	卢嘉锡	李绪鄂	惠永正
副 主 编	刘昭东	杨牧之	邓 耘
	段瑞春	蒙建东	关家麟
	李裕镒		
编 委	(以下按姓氏笔划为序)		
	于秀贵	王京文	申茂向
	甘师俊	石定寰	齐 让
	孙学琛	余培侠	沈德富
	林 泉	杨子荣	柯千红
	殷 广		
执行编委	卢祥之		

1. 有头脑的房子
——21 世纪的建筑
2. 第二次绿色革命
——21 世纪的农业
3. 开发太空
——21 世纪的航天技术
4. 大森林的未来
——21 世纪的林业
5. 清洁新能源
——21 世纪的能源
6. 信息世界的挑战
——21 世纪的信息技术
7. 创造奇迹的光
——21 世纪的激光技术
8. 把生命留住
——21 世纪的医药卫生
9. 地球村
——21 世纪的邮电通信
10. 人，怎样跨入新世纪
——21 世纪的教育

序

朱丽兰

20 世纪行将结束，21 世纪即将来临。在这新旧交替的时代，人类社会都期待着一个崭新明天的到来。

世界范围内的新技术革命日新月异，促使全球经济、社会的发展乃至人们的生活方式都不断发生重大变革。科技竞争，特别是人才竞争，已经成为世界各国全面竞争的焦点。现在，许多国家都把提高国民的科学文化素质当成是 21 世纪竞争是否成功的关键。为适应世界潮流，迎接新世纪的挑战，普及科学文化知识，正受到社会各界的广泛重视。科技知识的传播，已经成为当前我国促进社会主义物质文明和精神文明建设、维护社会繁荣稳定的一项重要任务，也是今后依靠科技进步，提高全民素质，使我国经济 and 科技得以持续、快速、健康发展的重要保证。

党中央、国务院最近号召全党、全国人民加强科学技术的普及工作，科学技术的普及程度，是国民科学技术文化素质的重要标志，同时也是全体科技工作者，运用科学技术，在亿万群众中构筑精神文明思想长城的重要任务。

科学技术普及工作的重点之一，是青少年学生。今天的青少年，就是明天的主人。国家的兴旺，民族的振兴，靠他们这一代。由卢嘉锡副委员长和国家科委其他同志发起并编撰的《21 世纪科普教育丛书》，就是面向青少年，力求比较全面、比较系统地展示未来世纪的宏伟蓝图，展望未来，预测未来，勾画未来，瞄准未来，跟踪最新的高技术，重点阐述 21 世纪初叶各学科领域的面貌，全新地描绘下一世纪人类发展的新趋势，描绘未来生活的新特点和五彩缤纷的各项新技术，鼓励、提倡“学科学、爱科学、讲科学、用科学”的社会风尚。这套丛书的出版，有利于宣传、普及科技知识，有利于引导和鼓舞广大青少年发扬爱国主义精神，有利于使他们增强建设祖国、奔向未来的使命感，有利于扩大他们的知识面，启迪他们的智慧，开阔他们的视野，造就他们，培养他们，使他们成为下一世纪的合格主人。相信这套丛书会成为他们的良师益友，同时也寄望这套丛书，在科学技术普及工作的事业中发挥更大的作用。

1995 年 5 月

注：本文作者系国家科委常务副主任。

编者的话

在刚刚步入 20 世纪时，征服宇宙的先驱——思想家、理论家齐奥尔科夫斯基曾预言：人类首先小心翼翼地穿过大气层，然后再去征服太阳系空间。如今，任何一名中学生谈论起飞向太空来，都会比几十年前的任何一名学者懂得的多。不久前人们可能对某些事情还是陌生的、不解的，可是，现在却已成为司空见惯的，能够接受的。

自第一颗人造卫星问世以来，地球本身的信息，地球周围的空间信息，日夜不断地涌向地球，这些信息已在通信、导航、资源探测、气象观测、军事侦察等方面得到广泛应用。至今已有 300 多名航天员飞上了天，12 名航天员登上月球。人们还利用航天飞机、空间实验室和空间站，进行空间材料加工和药物制备的试验。从此人类把世代代习惯于在重力环境中的思维与活动，扩展到了微重力环境，又为未来的空间工业化、商业化展现出动人的前景。

太空资源得天独厚，将激励一代乃至数代天才的事业家去开发，寻找新机会，创建新企业。航天事业可代表一个国家的希望所在，也是明天的技术发祥地，在空间领域领先的国家，必然在技术上领先，而在技术上领先的国家将成为 21 世纪的强国。

21 世纪初期，大型国际空间站将建成。人类重返月球，建设月球基地，继而月面开发，建成火星基地。这一时期将产生飞向月球的班机，飞向火星的渡船。直接造福人类的人造卫星，将进一步发展，不久用户就可用室内天线直接收看卫星电视节目；飞机、车船上的通信终端只需要五号电池供电就能进行移动通信；太阳发电卫星源源不断地向地球供给洁净的电能。

21 世纪是开发太空的世纪，是人类频繁进入太空值得纪念的世纪。前人已为我们创造了飞机、火箭、卫星、飞船。时代赋予我们新的使命，可以确信，通过我们这几代人的辛勤劳动和聪明才智，一定能创造出无数的奇迹。生活中充满了新知识的探求，人一旦产生了新的念头，便会狂热地去追求，直至实现。

太空在召唤，群星在等待着年轻一代去开发。要么准备行动，要么无所作为，这就是我们面临的抉择。

编者

1995 年 5 月

目录

序	朱丽兰 ()
编者的话	()
人类雄伟的一步.....	(1)
闯过四道难关.....	(2)
运载火箭架起通天桥.....	(5)
人造卫星资源撒向人间.....	(12)
载人飞船轨道握手.....	(24)
探测器飞向太阳系.....	(31)
减灾防灾拯救地球.....	(42)
灾害袭击环境恶化.....	(43)
消灾降福找到金钥匙.....	(46)
八星凌空普照大地.....	(51)
漫长的距离在缩短.....	(59)
空间信息高速公路.....	(60)
机动灵活的卫星移动通信.....	(64)
大容量的激光卫星通信.....	(70)
天地往返一瞬间.....	(75)
航天飞机的功勋.....	(76)
大型火箭东山再起.....	(83)
三角快艇乘风破浪.....	(87)
航空航天共建通天路.....	(92)
空间资源开发利用.....	(98)
“天空”“礼炮”鸣锣开道.....	(99)
“和平”“自由”太空联姻.....	(103)
浪漫而富有诗意的失重生活.....	(110)
哺育空间新材料成长.....	(118)
太空天药走进人间.....	(125)
新兴的太空科技工业.....	(131)
空间太阳能发电站.....	(132)
前景广阔的空间建筑业.....	(138)
大显神威的空间机器人.....	(143)
妙手回春的空间医院.....	(149)
人类重返月球建基地.....	(155)
未开垦的处女地.....	(156)
开发月球的前奏曲.....	(161)
建立月球前哨站.....	(167)
月球资源的利用.....	(172)
开辟火星新天地.....	(182)
待破译的火星生命之谜.....	(183)
撩开火星的面纱.....	(190)
通向火星之路.....	(197)
共建载人火星基地.....	(203)

世外桃源空间城.....	(209)
空间城畅想曲.....	(210)
空间环境预报中心.....	(218)
空间天文观测站.....	(222)
冲出太阳系的桥梁.....	(225)
跨世纪的接力.....	(229)
传递航天的使命.....	(231)
空间技术与现代社会.....	(235)
肩负的历史责任.....	(238)
未来是你们的.....	(241)

人类雄伟的一步

自古以来人类就有遨游太空的愿望，为了实现飞向太空的理想，曾经历了一段艰难曲折的旅程。

16 世纪以来，科学技术的进步、现代工业的兴起使人类得以从幻想转向科学探索。19 世纪后期到 20 世纪初，涌现出许多富于探索精神的航天先驱者。

大约经过半个世纪努力，人类终于在 1957 年将人造卫星送入太空，从而开创了航天新纪元。1961 年加加林乘东方 1 号宇宙飞船进入太空，人类实现了遨游太空的伟大理想。1969 年阿姆斯特朗乘坐阿波罗 11 号宇宙飞船登月获得成功，创造了人类涉足地球以外另一天体的记录。

60 年代以来，通信卫星、气象卫星、资源卫星、导航卫星、测地卫星、天文卫星、空间物理观测卫星、军事应用卫星等，成为科学研究、国民经济部门必然的技术装备，并取得显著的经济效益与社会效益。

航天是 20 世纪最有影响的科学技术领域。

闯过四道难关

人类的活动范围，经历了从陆地到海洋，从海洋到大气层，再从大气层到外层空间的逐步扩展过程。其中的每一次飞跃，都大大增强了认识和改造自然的能力，促进了生产力的发展和社会进步。

众所周知，陆地为地球表面未被海水浸没的部分；海洋为地球表面广大的连续海水水体；大气层指地表以外包围地球的气体。科学家把距地表 100~120 公里以下称为稠密大气层，而把稠密大气层之外的空间区域，称为外层空间，简称太空或空间，亦有称为宇宙空间或外空，在中国还称为天。什么叫航天，活动范围有多大，航天道路有多长，按照大百科全书定义，航天就是载人或不载人的航天器在太空的航行活动，又称为空间飞行或宇宙航行。有人把太阳系内的航行活动称为航天，太阳系外的航行活动称为宇航。航天有时也泛指航天工程或航天技术。

人们常常把航天器与飞行器的概念相混淆。其实在大气层内或太空飞行的器械都叫飞行器。飞行器分为三类：航空器、航天器、火箭和导弹。在大气层内飞行的飞行器称为航空器，如气球、飞艇、飞机等。而在太空飞行的飞行器称为航天器，如人造地球卫星、载人飞船、空间探测器、航天飞机、空间站等。

航天不同于航空，比如，飞机是靠着它那一对又长又宽的机翼，在飞行中产生升力，才能被空气托住，而不会从空中掉下来。但是飞机飞行高度如果超过 30 千米，就会因为那上面的空气太稀薄而托不动飞机，使飞机有掉下来的危险。如何才能打开太空王国的神秘大门，曾有不少人为之奋斗终生。经过长期的知识积累和大量的科学实验，人类逐步认识到要进入太空王国，必须闯过下列四道难关：地球引力关。它就好像是如来佛的手掌，孙悟空都没有能跳出这个手掌。地球的引力在 160 千米高度可减小 1%，直至 2700 千米的高度才减小一半，最终要达到将近每秒 8 千米的速度才能跳出这个手掌。一般的民航飞机航行速度每秒不到 0.3 千米，而声音的传播速度每秒不足 0.4 千米，子弹刚出枪口的速度大约每秒 1 千米，因而它们都跳不出这个手掌。

由此看来，至少要比子弹的速度大 8 倍，才有可能克服地球引力而不落到地球上，也就是说，在地球表面附近运动的物体，只有达到第一宇宙速度，即 7.9 千米/秒的时候，才能成为地球的卫星。达到第二宇宙速度，即 11.2 千米/秒的时候，才能像地球、金星、火星等星体那样，成为太阳系的一颗新行星。当达到第三宇宙速度，即 16.7 千米/秒的时候，就可以飞出太阳系。不过，物体一旦进入太空后，还需要适应失重环境。

真空关。众所周知，地面上的大气压力是 760 毫米汞柱（1 毫米汞柱 = 133.32 帕），每立方厘米体积内约有 2 千亿个分子。大气密度和大气压力随地面高度的增加，按指数规律迅速减小。在 200 千米的高空，大气压力和密度只有海平面的 10^{-9} 量级。当前我国在地面上能抽得的最高真空度大约是 10^{-12} 毫米汞柱，这样的真空度，每立方厘米体积内约含有 32000 个分子，也就是说，大约相当于 1500 千米高空的真空度。而在行星际空间，每立方厘米含有的分子或原子数平均不到 100 个，恒星际空间平均只有 10 个。我们知道，人离不开氧气，而一般汽车、轮船或飞

机的发动机也需要“呼吸”空气里的氧气才能工作。而且，轮船和飞机还需要流体的浮力和反作用力才能运行。人们不能指望普通飞机飞上太空，只能靠火箭去完成这一任务。

急剧变化的温度环境关。地球上最热的地方大约 40℃，最冷的地方也不过零下 40℃。而在空间离地球不远处，向阳面的温度可高达 200℃，背阳面可冷到零下 100℃。在远离恒星的空间，环境温度接近于绝对零度；而在恒星附近，温度则高达几百至几千摄氏度。地面上的热量交换、传导、对流和辐射都起作用。可是在太空，主要依靠辐射进行热交换。

有害辐射关。人们不难理解，地球的大气层，不仅为人类提供了生存必不可少的氧气，而且还能调节气候，作为地球和人类的保护层。例如，对生物有害的紫外线辐射、X 射线辐射等就被大气层吸收而射不到地面上来。如果没有大气中的臭氧层对紫外线的强烈吸收，地球上的生物将无法生存。此外，地球磁场对射向地球的粒子辐射也起到屏蔽作用，如太阳射出的称为“太阳风”的带电粒子流，由于地球磁场的屏蔽而不能直入地面。但是，人类一旦进入大气层外的空间，就将暴露于这些有害辐射之下。从 X 射线到红外线的太阳电磁辐射对人体以及材料都有一定的不良影响。粒子辐射严重影响环境，其主要来源有三种，即地球辐射带、太阳宇宙线、银河宇宙线，因此，对它们必须采取相应的防护措施，才能确保太空活动的顺利进行。

人类进入太空之所以经历了漫长的岁月和艰苦的历程，正是由于太空有着特殊的环境。人类在闯过一道又一道难关之后，终于在近半个世纪才得以直上重霄九。20 世纪的航天成就，是人类文明史上的一次伟大飞跃，其意义之重大和影响之深远，怎么评价也不过分。

运载火箭架起通天桥

航天离不开火箭。在人类漫长的航天征途中，中国古代发明的火箭功不可没。19世纪后期到20世纪初，涌现出许多富于探索精神的航天先驱者。他们对航天事业的早期发展作出了重大贡献。

俄国的齐奥尔科夫斯基，在本世纪初曾被人们讥笑为古怪的梦想家。但恰恰就是这位火箭鼻祖，最早从理论上提出，用多级火箭或叫“火箭列车”可以克服地球引力而进入太空。1926年3月16日美国戈达德博士，成功地发射了世界上第一枚液体推进火箭。尽管这枚小巧的火箭，只飞行了短短的2.5秒钟，到达12米高，56米远处，但是人类终于找到了打开太空王国大门的金钥匙。虽说是找到了金钥匙，但要真正进入太空，没有现代先进的科学技术和工业基础，仍然是做不到的。

现在人们较为熟悉的是运载火箭。运载火箭是多级火箭组成的运输工具，能把人造地球卫星、载入飞船、空间探测器等有效载荷送入轨道。运载火箭一般由2~4级组成，每一级都包括箭体结构、推进系统和飞行控制系统。末级有仪器舱，内装制导与控制系统、遥测系统和发射场安全系统，这些系统有一些组件分置在各级适当的位置。级与级之间靠级间段连接。有效载荷装在仪器舱上面，外面套有整流罩。整流罩是一种硬壳式结构，其作用是在大气层飞行段保护有效载荷，飞出大气层后就可抛掉。整流罩往往沿纵向分成两半，由弹簧或无污染炸药索产生分离力而分开。整流罩直径一般等于火箭直径，在有效载荷尺寸较大时，也可大于火箭直径，形成灯泡形的头部外形。

运载火箭是20世纪航天重大成就之一。如果我们能够了解它发展的三个里程碑，就不难揭开航天飞速发展背后的秘密。运载火箭是在第二次世界大战后，在导弹的基础上发展起来的。1957年世界上第一颗人造卫星上天，揭开了空间时代的帷幕之后，许多人已认识到运载火箭是航天技术的重要组成部分。运载火箭是一种利用火箭发动机作动力的运输工具，通常把发射人造卫星的火箭称做运载火箭，把带有弹头的火箭称做导弹。因此，导弹与运载火箭的不同，主要是运载对象不一样。

运载火箭发展的第一个里程碑，是利用洲际导弹，或者是在中程导弹的基础上增加末级火箭。比如原苏联用来发射第一颗人造卫星的运载火箭，就是用SS-6洲际导弹改装成的，把弹头换成了卫星。火箭全长29.167米，最大外径为10.3米，起飞重量267吨，起飞推力为3900千牛，这是当时世界上最大的运载火箭。在这基础上又添加了第三级火箭，就形成了可用来发射东方号飞船和月球号卫星的运载火箭。之后，再将第三级换成威力更大的火箭后，又形成联盟号飞船的运载火箭。在此基础上，增加直径2米，长2米的第四级火箭，就可把金星探测器射向金星。

原苏联就是利用这种办法，从1957年开始接二连三地发射各种卫星、飞船，当时实在令人感到深奥莫测。现在通过对SS-6导弹演变地了解，完全可揭开早期它神速发展的全部奥秘。

运载火箭发展的第二个里程碑，是利用已有的中程或远程导弹，改装成组合型多级运载火箭，几乎任何一种火箭或导弹，都可以作为多级

运载火箭组合体的组成部分。美国就是以“雷神”中程导弹，“大力神”、“宇宙神”洲际导弹为基础，配置新研制的“德尔它”型固体推进剂、“阿金纳”型液体推进剂、“半人马座”型液氢液氧推进剂的三种通用性末级火箭，进行积木式组合，派生出许多种性能不同的运载火箭。用这些火箭发射了各种科学卫星、地球观测卫星、通信卫星、气象卫星以及金星、水星、火星、月球等的探测器和载人飞船。以美国“大力神”组合型运载火箭为例，“大力神”原是洲际导弹，卸下 3.7 吨的作战弹头之后，一、二级弹体与“阿金纳”组合后，火箭全长 38.3 米，起飞重量 170 吨，起飞推力 2313 千牛，可以把 3.6 吨重的卫星送入近地轨道；把 1.1 吨重的卫星送入同步转移轨道。如果换一种方式组合，在第二级火箭顶端增加“变轨级”，两侧捆绑两台助推火箭（所谓“变轨级”，是指可以多次变轨，使末级火箭与卫星结合起来，成为空间飞行器的组成部分。）利用它可以把 15 吨重的卫星送入近地轨道；把 1.5 吨重的卫星送入 36000 千米高的圆形轨道，使卫星绕地球的转速与地球自转率相同，把它称为同步轨道。如果将“变轨级”再换成“半人马座”火箭作末级火箭，就可分别把 17.2 吨重的卫星送入近地轨道；3.1 吨重的卫星送入同步轨道；3.6 吨重的卫星送入逃逸轨道，探测火星、木星、土星的探测器就是用这种火箭发射的。

运载火箭发展的第三个里程碑，是为航天研制大型火箭。人要飞向远离地球 38 万千米的月球，往返需要 8 天时间。美国设计的“阿波罗”飞船，总重量 46 吨，高 25 米，最大直径 6.6 米。在导弹基础上发展起来的运载火箭，远远不能满足要求、需要专门研制一种新型运载火箭。按照阿波罗工程计划，研制成功了土星 1 号、土星 1 号 B、土星 5 号三种专用巨型火箭。土星 5 号运载火箭，是三级型液体推进剂火箭，全长 85 米，直径 10 米，重 2983 吨，起飞推力 35711 千牛，总功率约 2 亿马力，相当于 200 万辆普通大轿车功率的总和。运载火箭与“阿波罗”登月飞船组装后，高度 110 米，约相当于 36 层楼房的高度，起飞重量 3353 吨。能把 127 吨重的卫星送入近地轨道，或者把 50 吨重的飞船以第二宇宙速度送入月球轨道，使运载火箭进入到第三个里程碑。

人们谈论起运载火箭发展的速度，总喜欢与火箭的第一次飞行相比较。戈达德 1926 年的历史性飞行高度还不到现代火箭箭体高度的一半。到 20 世纪 90 年代，俄罗斯、美国、法国、日本、中国、英国、印度、欧空局已研制成功几十种运载火箭，它们是具有大、中、小运载能力的火箭。最小的仅重 10.2 吨，推力约 124 千牛，只能将 1.47 千克重的人造卫星送入近地轨道，而最大的则重达 2900 多吨，能把 120 多吨重的载荷送入近地轨道。

我国发射卫星的运载火箭，也是导弹武器基础上发展起来的。1970 年 1 月 30 日，中远程火箭飞行试验取得了圆满成功，利用该火箭的第一、二级加以改装，再加上新研制的第三级固体燃料火箭，构成三级运载火箭——长征 1 号（代号 CZ-1，英文代号 LM-1）。1970 年 4 月 24 日，长征 1 号火箭把 173 千克重的我国第一颗卫星“东方红 1 号”送上太空。远程火箭的研制，始于 60 年代中期，为了研制出能接近当时世界先进水平的远程火箭，采用了种种新的技术，如制导技术、推进技术、新型结构材料以及发射试验等许多方面都有新的突破。1971 年 9 月，在我国西

北酒泉发射场，进行了第一次洲际火箭飞行试验，基本获得成功。以洲际液体火箭为基础，经过适应性修改后，构成了长征 2 号、长征 2 号丙运载火箭，能把 2800 千克重的卫星送入近地轨道，用它发射了一系列返回式卫星。

随着我国社会主义建设的发展，通信和电视广播事业部门迫切需要发射静止轨道通信卫星。于是，在长征 2 号火箭的基础上，增加了以液氢液氧为推进剂的第三级，命名为长征 3 号，它能把 1450 千克的载荷送入地球同步转移轨道。与此同时还研制成功长征 4 号，它与长征 3 号火箭的主要区别是第三级发动机不是氢氧发动机，而是与第一、二级相同的常温推进剂发动机，于 1988 年 9 月成功地发射了太阳同步轨道气象卫星。为了将成熟的运载火箭技术推向国际卫星发射市场，火箭专家又在发射成功率很高的长征 2 号火箭的基础上，加长箭体段作为芯级，再在第一级箭体周围捆绑上 4 枚液体火箭助推器。这种火箭被命名为长征 2 号 E，俗称长二捆，能将 9000 千克载荷送入近地轨道。长二捆的研制工作必须解决箭体捆绑稳定、捆绑连接、助推火箭分离等 20 多个关键技术。1992 年 8 月把目前世界上最重的“澳星”准确地送上预定轨道。这标志着中国航天技术又跨上了一个新台阶。目前我国正在研制长征 1 号丁、长征 3 号甲、长征 3 号乙、长征 4 号乙，这些火箭研制成功后，我国运载火箭将形成系列，可以满足国内外各种卫星发射的需要。

人造卫星资源撒向人间

人造地球卫星是环绕地球在空间轨道上运行的无人航天器，简称人造卫星或卫星。然而，在一百年前，世界上却只有一个人首先提到它的名字，这就是 1895 年俄国的齐奥尔科夫斯基，他在《地球与天空之梦》一书中曾这样写道：设想中的地球卫星是同月球相似，不过它离地球比较近，只在地球大气层外足够远。也就是说，离地球 300 俄里远（1 俄里 = 1067 米）。

尽管火箭冲出大气层，奏出人类向太空进军的序曲，但是人造卫星到底有哪些作用还很难预测。正如 1955 年原苏联科学院主席团向数百位科学家邮发的如下内容通知那样：“请对人造地球卫星的应用提出意见，您认为在宇宙空间可能做些什么事？”其回答各不相同，有的谈了对这件事的想法，有的则写道：“我对想入非非不感兴趣，我认为空间弹丸是 2000 年的事。”甚至有人写道：“我看不出人造地球卫星会有什么用处。”然而，两年之后，即 1957 年 10 月 4 日，原苏联第一颗人造卫星进入太空，震撼了全世界。不管是专家还是与航天技术无关的人们，当时都聚精会神地凝望着夜空，那颗闪烁的小行星在夜空中描绘出自己的旅程。从此，人造卫星这一名词，就进入了各国人民的语言词汇之中。

原苏联第一颗人造卫星，虽说重量只有 83.6 千克，直径为 58 厘米的铝制球体，它却携带科学仪器，在近地点 227 千米和远地点 941 千米的轨道上飞行，测量了大气密度和温度，还测出电离层浓度。3 个月（1958 年 1 月 31 日），美国成功发射了第一颗人造卫星——探险者 1 号，卫星重量为 4.8 千克，运行轨道参数是，近地点 360 千米，远地点 2531 千米。探险者 1 号带有盖革计数器、微流星撞击计数器、测温感应元件，进行了宇宙射线和微流星测量，首次发现地球辐射带，后来被人们称为范艾伦辐射带。同年 3 月 17 日美国先锋 1 号又进入太空，这颗微型卫星重量只有 1.47 千克，直径 16.3 厘米，是世界上第一个使用太阳能电池的卫星，测量了大气密度，还进行测地研究，发现地球形状呈梨形。

人造卫星的发展速度令人吃惊，1957 年只有 2 颗卫星上天，1958 年 8 颗，1959 年 14 颗，1960 年 35 颗，到了 1962 年后每年发射的卫星数超过 100 颗。截至 1994 年底，世界各国发射的航天器总数已达 4300 多个，其中 90% 是人造卫星，总数大约 3800 多颗。早期进入太空的人造卫星，大多数已经落入大气层而被烧毁，余下的即使仍留在轨道上，大都已停止工作。

人造地球卫星名目繁多，按运行轨道不同可分为低轨道卫星、中高轨道卫星、地球同步轨道卫星、地球静止轨道卫星、太阳同步轨道卫星、大椭圆轨道卫星和极轨卫星。人们更多地是按用途把人造卫星分为科学卫星、应用卫星和技术试验卫星。顾名思义，科学卫星就是用于科学探测研究的卫星，主要包括空间物理探测卫星和天文卫星。技术试验卫星，是进行新技术试验或为应用卫星进行先行试验的卫星。目前大家已比较熟悉的通信及广播卫星、气象卫星、测地卫星、地球资源卫星、导航卫星、侦察卫星等，通常总称为应用卫星。应用卫星是直接为国民经济、

军事和文化教育服务的人造卫星。

卫星技术与多种科学技术的交叉渗透，又产生了一些新技术，如卫星通信、卫星气象、卫星导航、卫星侦察等，这些技术统称为卫星应用技术。卫星应用技术在国民经济、国防建设、文化教育和科学研究等领域发挥越来越重要的作用，其综合效益十分显著。航天技术主要通过卫星应用转化为直接生产力和国家实力。卫星应用系统是航天工程系统的组成部分，同时也深深地渗透到众多的其它应用部门，因而发展成为应用部门的新技术系统。如今，世界上已有 58 个国家投资发展航天技术，有 170 多个国家和地区发展卫星应用。

卫星通信是航天技术与电子技术相结合的产物，利用通信卫星作为中继站，实现地球上各点之间的通信。实质上是把地面微波中继站，搬到了赤道上空的地球静止卫星轨道上，使地面微波视距一下扩展到 18000 千米，从而 1 颗卫星即可覆盖地球面积的 40%，用等间隔的 3 颗地球静止轨道卫星，就可实现全球通信。卫星通信一般只要经过 1 颗卫星，由卫星通信地球站向卫星传输的上行线路和由卫星向地球站传输的下行线路完成。但有时信号要经过多颗卫星和多条上、下行线路。

自从 1958 年美国发射第一颗实验通信卫星以来，卫星通信取得了极大的发展。由于卫星通信具有通信容量大、传输距离远、传输质量高、能全天候通信、构成通信网络等许多显著特点，因此，卫星通信一经出现就引起了世界各国的广泛重视，纷纷投入了大量的人力、物力进行开发活动。

1963 年地球静止轨道卫星发射和通信试验获得成功之后，卫星通信系统一直以同步定点或称为地球静止卫星为主。国际通信卫星系统已成为世界上最大的通信卫星网络。最初的国际通信卫星 I，有效载荷只有 2 台转发器，通信容量为 240 条双向话路或 1 路电视。现在的国际通信卫星（F4），星上有 48 台转发器，其中 38 台为 C 波段，10 台为 K 波段，总通信容量为 3.3 万条双向话路和 4 条电视信道。国际通信卫星组织现已是拥有 121 个成员国的组织，使用该组织卫星的国家或地区已达 167 个，遍布全球的地球站有 622 个，天线 834 座（不含小型站），开通全天时国际通信线路 1452 条，国际通信卫星用户继续以每年 10%~12% 的速度递增。

我国于 1984 年发射了一颗试验通信卫星，命名为东方红 2 号。卫星直径 2.1 米，包括天线在内总高约 3.1 米，在地球静止轨道上重量为 461 千克，星上有 2 台转发器，使用 C 波段开展电话、电视及广播业务。目前研制的东方红 3 号大容量通信广播卫星，有 24 台转发器，能够同时传送 6 路彩色电视和 8100 路电话，能在太空工作 8 年以上。

卫星通信在技术和业务上的飞速发展，使其产生了巨大的社会、经济效益。目前卫星通信已能提供 100 多种不同业务，除电报、电话、传真、数据传输、电视广播、远距离教育、无线电广播和海事移动通信等外，还能提供电视电话会议、应急救灾、遥远医疗、银行汇兑、电子文件分发、报刊印刷、电子邮政、资料检索与传送和计算机联网等业务。

对地观测是国际航天活动的主要应用目标之一，用于这方面的卫星有气象卫星、地球资源卫星、海洋卫星等，它们统称为对地观测卫星。在这些卫星上装有遥感仪器，收集来自陆地、海洋、大气的各种频段的电磁波，从中提取有用的信息，以便分析、判断和识别被测物的性质和所处的状态。

自从 1960 年美国发射第一颗气象卫星泰罗斯 1 号以来，经过 30 多年的发展，在世界上气象卫星已经成为一个庞大的空间信息系统。气象卫星资料在天气预报，特别是在灾害天气预报中发挥了重要作用。它还能在自然灾害和地面动态监测方面发挥作用。气象卫星有两类，一类是近地的极轨道气象卫星，另一类是地球静止轨道气象卫星。前者的轨道高度约 800~1500 千米，可利用可见光和红外辐射计拍摄云图，并测量大气中垂直水气分布。后者从 35800 千米的高度用遥感仪观测拍摄大面积云图，了解其时间变迁情况，从而得到风和大气沉积运动过程。例如美国的静止轨道环境卫星、日本的静止轨道气象卫星、欧洲的气象卫星和环境卫星等，它们组成全球性观测系统。由于两者相结合，对大小范围内的中、短期天气预报起着重要的作用。

1988 年 9 月 7 日，我国成功地发射了第一颗气象卫星“风云 1 号”，从而使我国成为继美国、前苏联之后，世界上第三个能发射极轨道气象卫星的国家。风云 1 号气象卫星是一颗 1.2 米高，长、宽各 1.4 米的立方体，在左右两块太阳能电池翼被打开以后，其跨度为 8.6 米。卫星重 852 千克，在 900 千米高的极地轨道上运行。

我国利用气象卫星进行天气预报、农作物估产以及对水灾、干旱、森林火灾进行监测等获益匪浅。

卫星陆地环境监视的目的，是为更好地掌握资源。因此，它要求能迅速而准确地获得大量信息，以便从中提取广大地区的地貌、地质、环境和植被的资料。这些资料包括能源、矿床和水资源的查找与发现，土壤、地质和农业的土地利用，城市和农村的环境改变，自然灾害的发生和发展等。最早的资源卫星是美国于 1972 年发射的地球资源技术卫星？1，现在工作的是陆地卫星？V，轨道高度约 800 千米，星上有多光谱扫描仪，用来记录地面景物信息。还有主题测绘仪，可以根据所获得的遥感图象得出许多信息，为作物估产、土壤调查、洪水灾害评估、资源考察、地下和地表水资源探寻以及环境监测等提供服务。此外，法国的斯波特卫星也有相同的作用。

我国也于 1985 年和 1986 年先后成功地发射了两颗国土普查卫星，获取大量有价值的资料。卫星所拍摄的照片，具有分辨率高、覆盖面积大、比例尺适中等优点。在国土环境、地质矿产调查、石油地质普查、城市水文地质、土地利用状况及考古等方面均得到广泛应用。我国与巴西正在联合研制资源卫星？1 号，这是一颗太阳同步轨道卫星，轨道平均高度 778 千米，轨道重复周期为 26 天，卫星寿命大约为 2 年。星上装有 CCD 相机、红外多光谱扫描仪。

卫星海洋环境监视的目的，是在不同时间尺度上，掌握海洋的状况并作出预测。随着海洋开发事业的不断发展，人类在海上的活动也日益

频繁。为了避免海难事故的发生，同时获得最大的经济效益，尽可能避免或减少海洋环境对海上作业的不利影响，因此，人们非常需要了解和掌握海洋环境的现状和可能的变化。1978年美国发射了第一颗海洋卫星，卫星在轨道上与运载火箭末级阿金纳号连在一起，重约2.3吨，星上装载了雷达高度计、微波散色计、扫描式多通道微波辐射计、可见光与红外辐射计。对海面风向、风速、波高、波长、波谱、内波、海洋表面温度、大气水含量、海冰覆盖与海冰移动参数进行测量，同时还提供了云层位置、晴空海面温度、云顶宽度等辅助数据。原苏联、日本等国也都发射了海洋卫星。

对于海上舰船、空中飞机、陆地车辆的行驶，甚至单人的远行，都需要及时知道自己的位置，并且在有必要时让有关部门知晓。过去各种定位导航系统应用范围小、定位精度低。导航卫星的出现，才解决了大范围、全球性以及高精度快速定位的问题。对于保证航行安全、增加运输效率、进行大地测量和资源勘探都是不可缺少的。

导航卫星，是为地面、海洋、空中和空间用户导航定位的人造卫星。自从1960年美国为海军发射子午仪导航卫星以来，至今已经过几代的改进，现已大量转入民用。1978年以来，美国发展了一种以卫星为基础的无线电导航系统，称为全球定位系统。空间段将由24颗卫星组成，分布于6个轨道平面上，卫星轨道高度约为20000千米，倾角63度。全球各地的用户任何时间任何地点都可见到4颗以上卫星，捕获星上发出的距离码，计算自己的方位。星上还携带准确的时钟，可同时用于定时和全球时间同步。原苏联的全球导航卫星系统，与美国的全球定位系统相似，其目的也是为世界范围内的舰船和飞机提供无线电导航，它由9~12颗卫星组成，卫星分布在3个轨道平面内，每个轨道有3~4颗卫星。现在国际上正准备将两者融合在一起，使接收机能够同时接收两种信号，互补不足之处。

军用卫星，是用于各种军事目的的人造卫星，发射数量最多，约占世界各国航天器发射数量的2/3以上。50年代末期，人造卫星开始试验用于军事目的。到60年代中期，各种军用卫星相继投入使用。70年代之后，军用卫星得到很大发展，已经成为一些国家现代作战指标系统和战略武器系统的重要组成部分。军事卫星最多的还是侦察卫星，它有照相侦察卫星、电子侦察卫星、海洋监视预警卫星、导弹预警卫星和核爆炸监视预警卫星。军用卫星中还有军事气象卫星、军事导航卫星、军事通信卫星、军事测地卫星等。军用卫星的主要发展趋势，是提高卫星的生存能力和抗干扰能力，实现全天候、全天时覆盖地球和实时传输信息，延长工作寿命，扩大军事用途。

海湾战争曾经是人们谈论的热门话题，是迄今规模最大的一场现代化战争，交战双方实力对比悬殊，战争死亡人数更为悬殊，伊拉克死亡11万人，而多国部队仅死亡数百人。交战双方尤其是多国部队大量使用了微电子技术、新材料技术、航天技术、激光技术、红外线技术、遗传工程技术等高新技术。在这次海湾战争中，人造卫星大显身手，有资料表

明：为海湾战争多国部队军事行动服务的军事卫星至少有 32 颗，涉及美国的军事卫星系统有：国防通信卫星、舰队通信卫星、导航卫星、电子侦察卫星、照相侦察卫星、海洋监视卫星、导弹预警卫星及气象卫星，此外还有民用通信卫星、陆地卫星等。英国提供了天网军事通信卫星，法国提供了斯波特资源卫星。这些卫星组成卫星群，可详细、连续、及时而又准确地掌握军事情报，便于指挥，为多国部队的胜利立下了不朽的功勋。

载人飞船轨道握手

科学幻想常常是科学的预言，能够启发人们作出重大的发明和创造。一百多年以前，法国就有一位科学幻想家——儒勒·凡尔纳，写了一部著名的科幻小说《从地球飞向月球》，生动地描写了勇敢的探险家如何乘坐炮弹飞船遨游太空，炮弹飞船的重量为 8 吨，里面有客舱，舱内坐着 3 名探险家，还带有 1 只鸡和 1 只狗，并带足了食品和饮水以及用于自卫的枪支和弹药。可惜后来由于遇到了流星，未能完成探险计划。俄国科学家齐奥尔科夫斯基绘制的第一艘宇宙飞船，外形象一滴泪珠，乘员舱设在头锥部位，燃料贮箱在后部，内装的是液氧和液氢组成的高能推进剂。在贮箱部位他画了一个长长的锥形喷管。喷管中燃烧的推进剂被想象成与喷气发动机中的一样能发生膨胀。

到 20 世纪中叶，火箭技术有了飞跃的发展，人类飞向宇宙的梦想已逐渐成了现实。人们为了顺利地进行太空飞行做了大量的研究工作，发射了一系列高空生物火箭，把狗、猩猩、兔和大白鼠等大小动物送到离地面 100~200 千米的高空，考察它们的适应情况，并按时返回地面。经过长期反复试验研究，发现狗的某些生理机能变化和人有相类似的反应。1957 年 11 月 3 日，原苏联成功发射了第一颗载有小狗莱伊卡的生物卫星，取得了许多第一手资料，然后经历了无人飞船到载有动物的飞船，再到载人飞船，经历了循序渐进、反复试验的过程。在无人飞船的发射过程中，都曾失败过，对飞船的系统、结构、部件做过不同程度的修改。原苏联发射过 5 艘无人飞船，其中 2 艘失败，2 艘载有小狗。美国发射过 6 艘无人飞船，3 艘失败，2 艘载有黑猩猩。

1961 年 4 月 12 日，原苏联航天员加加林乘坐东方 1 号飞船，绕地球飞行 108 分钟后，安全返回地面，开创了世界上载人航天的新时代。1963 年 6 月 16 日，世界上第一个女航天员尼古拉耶娃乘坐东方 6 号飞船进入太空。东方号飞船，是原苏联最早的载人飞船系列，用于单艘或者编队载人飞行。飞船由球形密封座舱和圆柱形仪器舱组成，重约 4.73 吨，在轨道上飞行时与圆柱形的末级火箭连在一起，总长 7.35 米。球形座舱直径 2.3 米，能乘坐 1 名航天员。飞船飞行轨道的近地点约为 180 千米，远地点为 222~327 千米，绕地球 1 周约 89 分钟。东方号飞船系列在空间进行了科学、医学和生物研究以及技术试验后，都安全地返回地面。这期间美国也发射了水星号飞船，飞船的总长约 2.9 米，最大直径 1.8 米，重约 1.3~1.8 吨，可乘坐 1 名航天员。第一、二艘水星号飞船，只进行了直上直下的亚轨道载人飞行，飞行高度 186 千米，飞行距离约 480 千米，飞行时间 15 分 22 秒钟。

在载人争夺战中，第一回合是东方号飞船单人飞行、编队飞行，原苏联赢得了主动权。第二回合是美国双子座飞船的双人飞行、阿波罗号飞船的登月飞行，美国取得了空间优势。双子座飞船，是为阿波罗号载人登月飞行做技术准备，飞船重约 3.2~3.8 吨，最大直径 3 米，由座舱和设备舱两个舱段组成。座舱分为密封和非密封两部分。密封舱内安装显示仪表、控制设备、废物处理装置和供 2 名航天员乘坐的 2 把弹

射座椅，并携带食物和水。无线电设备、生命保障系统和降落伞等安装好后放在非密封舱内。从1965年3月~1966年11月共进行了10次载人飞行。在载人飞行之前还先发射了2艘未载人的双子座飞船。双子座飞船计划的目的，在于取得长时间轨道飞行的经验，练习掌握轨道机动、会合和对接技术。1965年12月15日，在航天员参与下，双子座7号飞船与双子座6号飞船，在同一时间，以相同速度到达空间同一位置，在轨道上以同一速度飞行，有时相距仅10厘米左右，实现了世界上第一次交会。1966年3月16日发射的双子星座8号飞船，在太空实现了与阿金纳火箭顺利飞行中的对接，且十分平稳。此外，航天员还进行了多次太空行走试验，取得了舱外活动的经验。

阿波罗飞船登月，是世界航天史上具有划时代意义的一项成就。美国研制的阿波罗号飞船，由指挥座舱、服务舱和登月舱3大部分组成。指挥座舱为圆锥形，高3.2米，重约6吨。它又被分成3个舱段，前舱内放置着陆部件、回收设备和姿态控制发动机；航天员舱为密封舱，存有供航天员生活14天的必需品和救生设备；后舱内装有10台姿态控制发动机，各种仪器和贮箱，控制、制导导航系统和舱载计算机以及无线电系统等。服务舱，前端与指挥座舱对接，后端有推进系统主发动机喷管，舱体为圆形，高6.7米，直径4米，重约25吨。登月舱，由下降级和上升级组成，地面起飞时重量14.7吨，宽4.3米，最大高度约7米。上升级为登陆舱主体，内可容纳2名航天员，有导航、控制、通信、生命保障和电源等设备。航天员完成月面活动后，驾驶上升级返回绕月运行轨道与指挥座舱会合。

阿波罗号飞船登月，人们往往为第一个登上月球的航天员欢呼，殊不知在他的背后有多少人经历了艰难险阻的航程。比如，1966~1968年进行了6次不载人飞行试验，在近地轨道上鉴定飞船的指挥座舱、服务舱和登月舱，并考验登月舱的动力装置。1968~1969年发射了阿波罗7、8、9号飞船，进行载人飞行、环绕地球和月球的飞行试验，还进行了轨道机动飞行和模拟会合、模拟登月舱与指挥座舱的分离和对接以及检验飞船的飞行可靠性。1969年5月19日，阿波罗10号飞船进行了登月全过程的练习飞行，绕月飞行31圈，2名航天员乘登月舱下降距月面15.2千米的高度。阿波罗11号飞船于1969年7月20~21日，首次实现人类登上月球的伟大理想。此后，美国又相继6次发射阿波罗号飞船，其中5次成功，共有12名航天员登上月球。

联盟号飞船，是原苏联最初为登月飞行设计的，由于美国抢先登月，原苏联便转而改设计为地球轨道飞船，并考虑了与其它飞船，空间站等航天器对接问题。1960年开始研制，1965年完成，1967年实现第一次载人飞行，前后只用了7年时间。联盟号飞船的最大直径约2.7米，总长7.5米，重约6.8吨，由近似球形的轨道舱、钟形返回座舱和圆柱形服务舱组成。在轨道上飞行时，联盟号飞船象1只雄壮的大鸟翱翔在太空。

联盟号飞船是目前世界上发射次数最多、使用最为广泛、实际应用价值较好的航天器，但它的成功却是从悲剧开始的，1967年4月23日，科马罗夫航天员乘坐联盟1号飞船，由A?2运载火箭发射升空，飞船一

切均按照计划进行。飞船只在轨道上飞行一天就按指令返回，其实这次飞行并没有什么惊人之举。当飞船飞行到第 18 圈轨道时，科马罗夫完成了制动点火，飞船进入正常的返回区，到这时航天员一般不会再遇到什么危险。正当人们还沉浸在议论 3 个月前美国阿波罗 1 号飞船发射前几天，航天员正进行测试时，飞船在发射架上起火，造成阿波罗 1 号上的全体乘员遇难身亡的事故。万万想不到，这时联盟 1 号返回舱在降落到最后几千米时，降落伞却出了故障，降落伞没有展开并与伞绳缠绕在一起，致使飞船和航天员均被硬着陆而撞毁。

科马罗夫不幸死亡后，激起航天人更加奋进。20 多年来，联盟号飞船经历了三次重大改进。它不仅能进行地球观测和空间研究活动，而且具有日臻完善的轨道交会和对接能力。在 60 年代末期，成功地实现了 2 艘或 3 艘联盟号飞船在轨道上的交会与对接；70 年代，它成为航天员往返礼炮号空间站的重要交通工具，并成功地完成了阿波罗—联盟号的联合飞行试验，还曾在联盟号飞船上进行地球观测，天文研究和生物实验等空间研究活动；进入 80 年代之后，第二代联盟号飞船成为往返空间站必不可少的运输系统，并完成了从地面飞往和平号空间站，进而转到礼炮 7 号空间站，再飞回和平号空间站，最终返回地面的多站交会对接飞行任务。

由于载人飞船具有小巧、机动、灵活、技术简单、投资少和研制周期短等特点，因而其应用前景十分广阔。

探测器飞向太阳系

在很长的时间内，人类对自然界的认识全部来自于地球表面进行的生产活动和科学研究的结果。当 1957 年世界上第一颗人造卫星上天后，空间探测很自然地由近及远地进行，从地球自己的卫星——月球开始，进一步便是太阳系的各个行星及其卫星，最后再飞出太阳系，深入到遥远的恒星际空间进行探测。

在将近 1 / 4 世纪里，美国、原苏联的月球、火星探测计划，一直享有很高的声誉。从发射空间探测器到用自动航天器考察月球和火星，直至把第一名航天员送上月球，航天计划这一系列的惊人创举，十分令人欢欣鼓舞。显然，美国、原苏联在深空探测方面处于优先地位，正是由于这种优先地位，使得这两个国家感到自豪、赢得国际声誉、取得科学成就与技术进步。

深空探测主要包括月球探测、行星探测和行星际探测。对月球和月球以远的天体和空间进行探测的无人探测器，称为空间探测器，也称深空探测器。它对深空探测的主要方式有：从月球或行星近旁飞过，进行近距离观测；成为月球或行星的人造卫星，进行长期的反复观测；在月球或行星表面硬着陆，利用坠毁前的短暂时机进行探测；在月球或行星表面软着陆，进行实地考察，也可将取得的样品送回地球研究。

月球是地球的天然卫星，理应成为空间探测的第一个目标，迄今已发射 63 个探测器和登月载人飞船。

第一批月球探测器有个很朴实的目的：只需获得足够的飞行速度和有效的定向精度，保证它们在飞经月球时能离月球足够近，以便向地球发回重要的探测数据。在航天技术的早期发展阶段，要达到这个目的还是件不容易的事。美国首先试图向月球发射一系列先驱者号探测器，从 1958 年开始发射，前三个都因未达到脱离地球的速度而失败，第四个虽然发射成功，但在时间上已落后于原苏联，而且离月球很远处飞过，未能发回重要信息。1959 年原苏联以拍摄月球背面图象为目标，先后发射了 3 个月球探测器，第一个探测器从月球一侧约 5000 千米处飞过，未发回信息，进入了太阳轨道。第二个探测器命中月球表面，在即将撞击月球表面的瞬间，向地球发回关于月球附近不存在强磁场和辐射带的信息。第三个探测器，从月球以南 7900 千米进入绕月飞行轨道，经过月球背面时拍摄到月球背面 70% 过去从未被人类见到过的区域。地球站接收到约 30 张照片，拼接成一张月球背面图象，记录了人类对月球背面的第一次观察实况。

在原苏联 3 次成功的月球飞行中，都是把 1000 千克重的有效载荷送到月球及其附近，而美国只有一个 6 千克重的探测器是成功的。在这种形势下，美国于 60 年代制定了一项全新计划，目的是研制更大的标准化探测器，对月球和行星进行详细的研究。从 1961 年 8 月 ~ 1965 年 3 月共发射了 9 个徘徊者号探测器、重量为 300 ~ 370 千克，其上带有电视摄像机、发送和传输装置、射线分光计等设备。徘徊者 1 ~ 6 号的试验却因故障而失败。徘徊者系列中的 7 号才取得成功，它向地球传送了 4300 多帧电视图象，其中最后的一些图象是在距月面仅 300 米处拍摄的，显示出月球上一些直径小于 1 米的月坑和几块不到 25 厘米宽的岩石。

原苏联自 1963 年重新恢复研究月球探测器以后，首先准备在月面软着陆。由于月球上没有大气层，要降低探测器的飞行速度，唯一的方法是利用反推火箭，这就必需消耗不少推进剂。这些新的月球探测器比以前的更大，重达 1.6 吨。为了达到在月面软着陆的目的，原苏联先后 5 次尝试都未能成功。直至 1966 年 1 月 31 日，月球 9 号终于成为第一个月面软着陆的人造物体。与此同时，美国为阿波罗号飞船登月作软着陆试验准备，选择载人登月着陆点的勘测者号探测器，从 1966 年 5 月至 1968 年 1 月共发射 7 个，其中 2 个失败。勘测者号探测器重 1~1.5 吨，其上的仪器设备比月球 9 号更先进，有电视摄像机、月壤分析仪、微流星探测仪等。有趣的是勘测者 6 号在降至月面后的第 7 天，由地面发出遥控指令使微调发动机工作了 8 秒钟，将探测器从月面升起约 4 米，移动约 2.5 米，后又降落在月面上，对着陆点周围进行了精确的测量。

经过一系列登月考察，已具备了登月的条件，美国除了航天员登上月球外，还将月球车送上了月球。例如，阿波罗 15、16、17 号的航天员都曾驾驶月球车在月面活动采集矿石，利用月球车上的电视摄像机和传输设备，向地球实时发回航天员在月面上活动的前景。

原苏联却采取另一条途径，发射了一系列无人月球探测器，在月球 17 号和 21 号上，还分别携带一辆重约 1.8 吨的月球车在月面上着陆，由地面遥控使其在月面自动行走进行考察，两辆月球车分别行驶了 10.5 千米和 37 千米。至今还有人在想，等到重返月球时，将这些月球车取回送入博物馆收藏。

内行星探测始于 60 年代初。1961 年初原苏联金星 1 号成功地进入太阳轨道，但不幸的是，在按计划飞越金星之前无线电联系中断。美国于 1962 年发射水手 2 号金星探测器，探测器在距金星 35000 千米的地方掠过。它发现金星没有磁场或辐射带。它的一对热敏感辐射计探测表明，金星表面既干燥又焦热，整个金星的表面温度高达 425℃，表面大气压至少是地球海平面大气压的 20 倍。

70 年代开始原苏联和美国的太空探测进入第二阶段。1970 年 12 月 15 日，原苏联金星 7 号探测器首次在金星上软着陆。金星号探测器由轨道舱和着陆舱组成。由于金星的大气密度为地球大气密度的近百倍，这对于用降落伞实现在金星上软着陆十分有利。当探测器的轨道舱与着陆舱分离后，轨道舱修正航向绕金星轨道运行，而着陆舱则在 125 千米高度大约以 10.7 千米/秒的速度进入金星大气，稠密大气的气动加热使着陆舱外部的温度高达 12000℃。当速度下降到 250 米/秒时，弹射出着陆舱的防热罩。随后减速伞张开，约离金星表面 65 千米高度处，主伞被打开，降至 50 千米左右时再抛掉主伞，利用大气阻力减速下降。靠近金星表面时着陆舱速度大约为 6~8 米/秒，着陆舱瞬间依靠缓冲装置吸收冲击载荷，以便于安全着陆。

着陆舱在向金星降落过程中，探测金星大气压力、温度、密度、风

速、照度、云层结构和大气化学成分，着陆后直接测量金星表面各种参数，并考察了金星表面土壤，完成钻探金星岩层和岩样的化学分析。随后金星 11 号、12 号探测器除测量金星大气的稀有成分外，还研究了银河系的 射线爆发。1983 年金星 15 号、16 号探测器向地球发回了金星的图象。

1973 年 11 月 3 日美国发射的水手 10 号金星探测器，在距金星 5300 千米处飞过，除对金星探测外，还对水星进行了探测，成为第一个双星探测器。水手 10 号探测器带有粒子探测器、红外辐射计、紫外光度计和 2 架高性能照相机。它发现水星有一球形磁场。其磁场强度为地球的 1%，还探测出水星极稀薄的大气中含有微量的氦、氩、氖，测量出水星的表面温度为 510—210 。水手 10 号还发现了水星的环形山和类似地球内核的铁核，其直径约为 1600 千米。

人类对火星上可能存在生命一直抱有希望，自 1962 年以来，迄今美国和原苏联共发射了 15 个火星探测器。原苏联于 1962 年 11 月 1 日发射火星 1 号探测器，它首次实现了与地球的远距离通信。1971 年 5 月 19 日和 28 日，又分别发射火星 2 号和 3 号探测器，重量均为 4650 千克。火星 2 号在 11 月 27 日分离出着陆舱，落到火星表面，轨道舱则进入绕火星飞行的轨道，成为人造火星卫星。火星 3 号的着陆舱于 12 月 2 日完成了航天史上第一次在火星南半球表面的软着陆。火星 3 号轨道舱在绕火星轨道运行期间，把着陆舱发送的信息和图象转送到地球。

美国亦于 1975 年 8 月 20 日和 9 月 9 日分别发射了海盗 1 号、2 号火星探测器。它们的主要任务是探测火星上是否有生命存在，同时勘测火星地貌，研究火星大气和地震活动，借以研究地球与太阳系的演变。该探测器由 2.3 吨重的轨道舱和 1.1 吨重的着陆舱组成。着陆舱在火星上着陆后，探测结果表明火星上没有任何生物存在的迹象，也未测出火星上有任何有机分子。

外行星探测是从 70 年代初开始的，它比内行星探测的距离远得多，探测飞行时间长达数年，必须有大功率无线电发射机和大的发射天线，才能使发回的信号在到达地球表面时仍有一定的强度。由于在离太阳遥远的空间已不可能利用太阳电池，只能用核电源。1972 年 3 月美国发射了先驱者 10 号探测器，其上装有 2.7 米直径的抛物面天线，并对地面定向，用 8 瓦功率发射机向地面深空跟踪网传输信号。1973 年 12 月先驱者 10 号飞近木星，行程 10 亿千米，向地球发回 300 帧木星照片。随后利用木星引力场加速飞向土星，又借助土星引力场加速，越过冥王星，成为第一个飞出太阳系的航天器。

旅行者号探测器，是美国行星和行星际探测系统。旅行者 1 号、2 号分别于 1977 年 8 月和 9 月发射，它们的任务是详细观测木星、木星卫星、土星、土星卫星和土星环。探测器为环状十边形结构，装有直径 3.7 米的大型高增益天线，对地球定向。发射重量 2016 千克，到达木星时为 792 千克，能自旋稳定，有一根 13 米长的可伸缩杆，端部安装 2 台磁强

计。采用放射性同位素热电发生器做电源，探测器本身由计算机控制，还带有 2 台电视摄像机。旅行者号探测器于 1979 年在距离木星 278000 千米处越过木星，观测到厚约 30 千米的木星环和大红斑（木星大气中的旋涡或气流）。1981 年飞近土星，观测了土星、土星环，发现 6 颗新土星卫星。1986 年旅行者号探测器距天王星表面只有 107080 千米处掠过，发现天王星大气中氨的含量为 10%~15%，其余是氢。大气中有风暴云，但没有大气旋涡。高层大气温度很高，在南极上空达 1800 ，而北极则高达 2400 ，还发现了天王星的 10 颗卫星。旅行者号探测器经过 12 年的长途跋涉，终于到达它的最后一个探测目标，从距海王星 4800 千米的最近点飞过海王星，先后共发回 6000 多帧照片。这是人类第一次与地球相距大约 72 亿千米处，接收来自另一颗遥远行星的照片。由于与地球的距离太远，信号从海王星发回地球，即使以每秒 30 万千米的光速传输，也要花 4 小时 06 分钟时间。1989 年 8 月 25 日，当它抵达距海王星最近点之后 4 分钟，旅行者号探测器将所拍的图象发回地球，地面收到这些实拍图象时正好是晚上 9 点的黄金时间，千千万万名电视观众坐在家中欣赏到了海王星及其 8 颗卫星和 5 条光环的生动画面。如今，旅行者号探测器已携带着“地球之音”，离开太阳系，飞向茫茫宇宙。

人类最早产生太空飞行理想的年代已难以查证，但有效的航天活动只是 20 世纪近 40 年的事。在不到半个世纪的时间里，航天事业取得了巨大成就，它极大地丰富了人类的知识宝库，改变了过去基于地面所形成的许多传统观念，进而把人类视野伸展到宇宙新的深处。人类所要征服的对象——宇宙是无穷尽的，目前飞向太空仅仅是迈出雄伟的一步。航天技术的成就已为人类提供了新的契机，即将来临的 21 世纪，将使人类获得开发太空的自由。

减灾防灾拯救地球

在世界上第一颗人造卫星上天之前，研究自然现象几乎完全依靠在地球表面或者地球大气层内所做的测量。今天，航天器的踪迹已从近地轨道远至外太阳系星际，这就有可能使科学家通过空间技术这一手段对整个地球进行监测，监测地球上的陆地、海洋和大气层，使人类能够象观察另一颗行星那样对整个地球进行观测。也就是说，对地球作远距离全球性研究，这就需要建立起一系列全球性卫星观测系统，即卫星观测网。以多颗对地观测卫星，星上携带各种仪器进行长期的观察与测量。

灾害袭击环境恶化

自古以来，水灾、旱灾、风灾、火灾、地震、滑坡、泥石流、虫灾、疫病等各种自然灾害，常对人类的生存造成巨大的灾难和威胁。最近公布的世界自然灾害统计数字，更表明了灾害的严重性。从 1965 年至 1992 年的 28 年里，全世界至少发生 4653 件自然灾害，约有 30 亿人受灾，361 万人死亡，直接经济损失大约 3400 亿美元。各种自然灾害发生次数所占的比例是：台风、暴风占 34%，洪水占 30%，地质灾害占 15%，旱灾占 11%，其它约占 10%。造成的经济损失中，影响最大的是台风、暴风占 43%，而对人类生存威胁最大的却是旱灾，全世界约有 51% 的人遭受旱灾袭击。

当今，地球表面各个圈层，如岩石圈、水圈、大气圈、生物圈等都相应地进入一个新的活跃时期，各种自然灾害将频繁地出现，人类正面临着各种自然灾害的侵袭。灾害直接威胁人民生活与社会经济的发展，尤其是处于大规模经济建设、土地资源开发利用、世界人口激增并高度集中、生命线大工程迅速发展的地球上，比以往任何时候更容易毁灭于大的灾害之中。

“地球只有一个”。最近越来越多的人呼吁拯救地球，保护地球这个人类赖以生存的星球。对防治污染，改善生态环境的历史责任感和紧迫性开始有了共同的认识。90 年代乃至 21 世纪，人类正面临着资源与环境问题的严重挑战，这已成为当前的热门话题。

全球气候变暖将是一场新规模的环境灾难，其潜力足以猛烈破坏任何自然生态系统。当然气候的改变，迄今还很小。但是预料今后几十年内会大大加速。有人估计，在 2030~2050 年之间，全球平均温度可能比现在上升 1.5~4.5℃，变暖的速度是过去 100 年的 5~10 倍。这种趋势如果继续下去，到 90 年代末期，干旱、热浪袭击和其它异常气候可能迅速增多。到那时，北美和东亚的较高纬度以及内陆地区，气温很可能比全球平均气温上升高得多。如果中、高纬度地区的气温每年升高 1℃，植被就要北移 90~160 千米。气候迅速变暖，不可避免地要导致物种的加速灭绝。由于海水变暖和冰川帽的消融，海平面升高又成了另一大威胁。有些研究结果表明，到 2050 年如果平均气温上升 3℃，海平面可能要升高 1 米，到下世纪末海平面可能升高 2 米之多。一旦海平面上升，农业损失是难以估计的，养殖水产的大片湿地也会被海水吞没。

沙漠化迅速蔓延，还未引起人们足够重视。森林是陆地生态系统的主体，地球上曾经有过 76 亿公顷的森林，覆盖陆地面积的 2/3。而现在

只剩下 26.4 亿公顷，每年大约有 1339 万公顷的热带森林消失，而亚太地区砍伐森林的速度更为惊人，每年损失将近 500 万公顷的森林资源。由于土地过度使用，缺乏养护措施，许多耕地的生产能力都静悄悄地衰竭。据统计，世界上将近 37 亿公顷的牧场中，已明显贫瘠化的达 31 亿公顷（约占 84%），每年完全抛荒的有 1770 万公顷；在全球近 5.68 亿公顷的旱地中，已明显贫瘠化的达 3.35 亿公顷（约占 59%），每年完全抛荒的达 200 万公顷；在世界 1.3 亿公顷的水浇地中，已明显贫瘠化的达 4000 万公顷（占 31%），每年完全抛荒的达 60 万公顷。土地贫瘠化的三大原因是：过度放牧或耕种、淹没和盐碱化、毁林，这些都是人类不顾后果的行为以及人口压力过大造成的。

海洋生态危机也日趋严重。每年往海里倾倒的垃圾达 200 亿吨，其中包括生活垃圾、放射性废料、化学毒品等。每年有 1000 万吨石油、2000 万居里的放射线物质、30 多万吨铅、5000 万吨汞从四面八方汇入大海，使海域出现重金属和石油污染形成的黑潮，使海洋生物数量和种类显著减少，并影响旅游事业的发展 and 当地居民的生活。

大气污染使人类生存空间遭受空前的威胁。大量的二氧化碳、甲烷排入空气中，给气候带来不良影响。二氧化碳在大气圈中浓度的增高，犹如暖房上的玻璃，可以让太阳光线通过，却阻止地球上的能量向外传递，这样势必减缓地球表面的冷却速度，从而导致气温上升，这就是有名的温室效应。正如前面提及的全球气候变暖所造成的那种灾难性的后果。当然，这还仅仅是科学上的一种预测和推算，地球气温的变化还受许多因素制约。但是温室效应这一客观规律的存在是毋庸置疑的，二氧化碳含量的变化将对全球气候产生影响的论断，也决不是无稽之谈。

上述事例说明，我们人类的星球，正在随人口的增长发生急剧的环境变化，而这些环境的变化已不是一个国家、一个地区出现的孤立问题，因此全球性研究决不单纯是地球科学家所从事的研究，而是人类面临着严峻的时代挑战。各国政治家和国际社会组织都在密切关注社会前途，探索摆脱困境、创造良性循环的适应人类生存的文明世界和生态环境，已成为世界性运动。

消灾降福找到金钥匙

对于自然灾害，目前人们还没有能力和办法完全给予控制和消灭，但也并非束手无策。自然灾害与自然界的其它事物一样，也有其自身的发展规律，我们在与灾害斗争的过程中，逐步认识并掌握这一规律，从而采取相应的防御措施，尽量减轻损失。但由于自然灾害量大面宽、突发性强，涉及到金、木、水、火、土的各种灾害类型，因而需要周期性大面积快速监测。若依靠现有的常规监测手段，难以弄清灾害系统发生、发展和演变过程。

人造卫星的问世，启迪人们利用卫星的高远位置、全球性、连续性、直观形象、不受地理条件限制等优点，对地球进行环境监测，所提供的信息可以直接为防灾、抗灾、救灾服务。目前已用于灾害监测的卫星有：气象卫星、资源与海洋卫星、测地与导航卫星、通信与数据中继卫星等。此外，由于卫星探测器类型及其功能的增加，地面数据处理能力的增强，所获得的信息不断增多，使得卫星资料在暴风雨天气分析预报、洪水预报等方面的作用日益明显，对地质灾害、火灾、虫灾的研究与预防也提供了新的手段。然而，人们以往利用卫星对各种灾害的研究是孤立的、分散的、各自局限于某个灾害的单方面研究，形成了各个国家与专业门类各自纵向发展的局面，缺乏相互联系、横向协作及综合研究，因而得到的数据缺乏完整性，形不成整体概念，使防灾、抗灾、救灾及治理灾害不能采取有效措施，其片面性很大。

联合国环境与发展大会通过的《21世纪议程》中，列出了全球范围内许多环境问题，其中包括气候变化、海平面上升、臭氧层耗损、山崩、水与空气污染、海洋资源污染、水土退化、沙漠化、干旱、乱砍滥伐森林、生物多样性丧失，以及给生命和环境造成不利影响的各种自然灾害。通过实践，人们已认识到21世纪要解决这一系列问题，再也不能孤立地研究它，应该发展成为空间多层次、多学科和多种参数的综合性研究，形成一项复杂的系统工程。还因为研究自然灾害的现象及其成果，应为人类所共享，因此，它是一门需要全球性合作，国际性共同研究的科学。

全球变化是未来地球科学研究的焦点，而空间技术则是解决减灾、防灾、抗灾的一把金钥匙。全球研究的关键在于增强预测能力。目前看来，人类赖以生存的地球，作为宇宙中的一个特殊的行星，是研究宇宙中其它行星的一面镜子，也是生命的摇篮。地球上的大气圈、水圈、陆圈，共同支持着生物圈丰富多样的生命体发展。生命与非生命体，也是通过自然界相互联系、相互缠绕而构成的一个整体。全球变化正是地球各圈层，包括地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈、生物圈等相互作用和反馈的结果。岩石圈构成了地球形体的基本部分，水圈的运动受到岩石圈的制约，但同时又给岩石圈以反作用，大气圈为地球上空最活跃的部分，它与水圈之间发生着各种相互作用，从而控制着地球上的气候。生物圈则以岩石圈、水圈和大气圈为依存条件，并受着它们的制约，而地球上的各种运动的能量则来源于太阳。正是地球的这种整体性和各种运动的相关性，要求空间技术、地质学、生物学、气象学、海洋学、天文学、空间物理学等多种学科的专家，采用多种手段进行观测，做到观

测时间同步。

空间技术，尤其是卫星遥感对地观测技术，能以不同轨道平台、不同频率波段、不同时间周期以及定量的方式记录地球系统的变化，为我们对全球的了解、全球变化的认识提供基本数据。比如气象卫星，现在的气象工作者已离不开卫星云图来作天气预报。台风生成在广阔的热带海洋面上，目前对台风的定位、强度估计和预报主要依靠卫星云图。暴雨是影响我国和亚洲许多国家的灾害性天气。形成暴雨的天气系统及其生命周期只有几小时，其大小只有几百千米。对这种灾害性天气预报，目前也非常依赖于卫星云图。卫星所获得的全球性大气探测资料，输入大型计算机制作数字天气预报，提高了数值天气预报精度。目前人们进一步认识到，灾害性天气不仅与大气有关，而且地球大气系统的辐射平衡也是影响气候的基本因素。大气中云、微量气体和气溶胶的存在，以及陆地上冰雪覆盖、海面温度的变化都对气候变化有重要的影响，这些因素目前都要靠气象卫星进行监视。气象卫星的应用，还可以扩展到环境和自然灾害监测的许多方面。利用气象卫星的热红外通道，可以有效地监测地面上异常高温区，这些高温区往往是由于森林或草原大火造成的。1987年5~6月，气象卫星成功地监测到中国东北地区一场猛烈的森林大火，并为扑灭火灾提供了重要信息。利用气象卫星所感应到的太阳反射光在水体和陆上的差异，可以估计水灾灾情。1991年夏季我国江淮流域发生了严重的水灾，气象卫星做出了水灾淹没面积的估计，为救灾工作提供了依据。

航天器防灾应用，就是利用空间技术提供的条件，为人民防止风灾、水灾、旱灾、火灾、地震等自然灾害服务。航天器防灾应用系统是为实现上述任务中的一项或多项的综合技术系统，将对自然灾害进行预测、预报与控制。它包括综合利用对地观测卫星、遥感飞机、地面数据收集平台以及卫星定位系统，对灾区所收集到的信息通过卫星通信将它们集中到控制中心，经汇总、融合、显示后做出减灾方案，提供给领导作出决策。

航天器防灾应用系统，涉及到许多学科领域和技术环节，是一项规模庞大、内容复杂、环环紧扣的系统工程，需要有周密的计划、严密的组织分工与强有力的措施才能收到应有的效果。在对自然灾害的监测和分析研究中将采用：光学、红外、微波、激光等多种遥感技术；遥感、测地、定位、通信等多种手段；航空、航天、地面等多层次监测；自然、社会、经济等多种信息的综合。任何一项防灾应用任务的实施，均由信息获取、信息处理与分析、决策与应用三个基本环节组成。每个环节的实施都需要进行必要的基础研究及相应的技术手段做保证。

航天器的防灾应用系统涉及空间、大气、海洋、陆地四大疆域，实际应用则遍及空间、信息、地球物理、海洋、气象、地质、地理等许多学科知识。航天器在防灾中有其独特的优势，能进行大范围、长期而连续的同步观测，观测范围可达到全球。观测现象不仅包括大气层、海洋、陆地，还包括大气、水体及海洋交界处。航天器可研究全球事物的交换过程，这样能搞清楚自然灾害发生的各种现象与过程的来龙去脉，可提供一定时效的、可靠的数据。

为了满足未来防灾的需求，除继续使用防灾系统中的各种航天器外，还需要进一步发展多功能平台及一些专用卫星，以便适应不同层次用户的应用要求。

八星凌空普照大地

全球研究的关键在于增强预测能力，要更好地了解和管理全球环境问题，揭开异常现象的奥秘，只有利用航天器的高远位置，从空间进行观测才是唯一有现实意义的方法。美国、西欧、日本等国分别进行了对地球环境监测的调研，并各自提出了相应的报告，构思大同小异，内容极为相近。人们从地球系统、传统的科学及学科领域提出了 90 年代乃至 21 世纪初对地观测的主要目标是：全球性环境条件变化趋势，供中期社会经济规划决策用；气象、自然灾害和社会安全情况的实时监测与分析，以及局部环境问题的实时监测；可再生资源（水、农、林、渔等）的调查与发现；不可再生资源（土壤、矿藏等）的调查与发现；地球基础科学研究（地球动力学、地球流体力学、气候系统、生物圈演化、人类活动影响与制约等）。

各国对地观测计划及其应用任务的选择，均反映了各自的政治、经济、科学、技术的社会不同背景，有不同的目标与重点。美国公布并倡导的命名为“地球使命”计划，打算对地球环境进行大规模调查研究。该计划拟从空间调查臭氧层的破坏、地球温暖化、土地沙漠化、热带雨林的破坏、海洋污染等这些地球范围内的环境问题。国际空间活动历来强调“和平、利用”为目的，在各国原有空间计划的基础上，本着自愿参加的原则，围绕保护和改善全球生存环境为内容的“地球使命”计划，将推动国际空间合作。为了执行该计划，各国将在 90 年代中期至 21 世纪初，集中发射一系列的空间平台及各种专用卫星。届时太空大聚会，展示人类第一次对全球的生物进行全面监视，即人类、动物和植物是怎样与地球作用的，又是怎样影响地球的自然过程的。这些航天器也将第一次把地球作为一个复杂系统，对太阳能、陆地、海洋和大气在系统中相互作用进行协同测定。这是一次高科技且耗资巨大的全球系统工程，估计这一计划要持续 15~20 年，总经费投资约 150 亿美元。

空间平台是一种能提供定期服务、补给和载荷替换的组合式航天器，有时亦称为自由飞行平台。地球使命计划中的空间平台，均以地球系统科学作为主要任务，同时也担当业务卫星的任务。由于平台要适应长期、连续、多学科等综合观测任务的要求，必然具有较多的有效载荷、较大的电源功率。它与一般卫星设计的区别，是在平台结构综合考虑中，要充分注意它的可维修性、安装仪器及设备的可替代性、配置新仪器的灵活性。

现在让我们巡视一下未来太空飞行中用于防灾的主要航天器。

美国地球观测平台，重 13.5 吨，采用太阳同步轨道，轨道高度 824 千米。平台内安装了中分辨率成像光谱仪、高分辨率成像光谱仪、微波辐射计、激光雷达大气探测器和高度计、合成孔径雷达等 10 多种遥感仪器。平台电源系统是由单翼太阳电池阵和氢镍蓄电池组合供电，平台结构由复合材料制成，采用热管、百叶窗进行温度控制。平台信息数据可直接传送给地面，或者通过数据中继卫星进行传输。但由于平台的研制费用较大，技术复杂，美国的另一种方案是将平台任务分给几个地球观测卫星去执行。

日本地球观测平台实际上也是一颗大型对地观测卫星，重 3.2 吨，采用太阳同步轨道，轨道高度 800 千米。平台上搭载了 8 种遥感仪器，有以海洋为中心进行地表观测的海色海温扫描辐射计；能监测热带雨林被破坏、沙漠化、水质污染等主要环境问题的高性能可见光和红外辐射计；能测量风向、风速，提高天气预报精度的散色计；观测臭氧层用的分光计；测量地球大气效应的反射光观测仪；测量大气边缘的红外分光仪；测量温室效应的气体观测仪等。为了使观测仪器能准确地指向地球表面，采用陀螺、红外敏感器、太阳角计进行三轴稳定控制。电源也是采用太阳能电池阵供电。

俄罗斯大型遥感平台，将部署在太阳同步轨道上，平台重 9.7 吨，平台基本结构长 10 米多，宽约 3 米，由一块太阳能电池阵供电。平台可安装多种遥感仪器，如侧视雷达、多通道多谱段扫描仪等。它可用来进行地球环境监视，特别是能全天候监测冰情，所获得的数据经平台处理后，可将冰情这一信息通过通信卫星直接传输给海上船只。

热带降雨观测卫星，是一颗以热带地区为中心定量观测降雨的卫星。它由美国、日本联合研制及发射。因降雨现象随时间和空间而急剧变化，因此，卫星采用非太阳同步轨道，以减轻昼夜变化的影响，轨道倾角小于 35 度，轨道高度为 350 千米。往常对降雨的观测，大多是从假定雨滴在大气中产生的电磁辐射的观测数据为基础，间接地推算出雨量，但降雨的高度无法了解。热带降雨观测卫星最大的特点是，在卫星上除搭载以往气象卫星所需的遥感仪器外，还增加了可见光和红外自旋扫描辐射计、微波自旋扫描辐射计以及降雨雷达，从降雨中的雷达反射波，测定降雨量。无论是对陆地还是海洋，只要通过星上的降雨雷达，都可直接地观测大区域的降雨情况。

环境污染观测卫星，由德国自行设计与研制。卫星上装有双向（询问和收集）通信能力的仪器，工作寿命 3~5 年。通过卫星可收集地球环境污染、地震、石油开发等方面的资料，并可与污染区进行通信，即具有双向通信或者移动跟踪的能力。环境污染观测卫星还可用来观测臭氧层被破坏的程度，通过数据收集系统跟踪动物的行踪和观察因污染鸟类被迫迁移等现象。

环境监视卫星，由意大利研制。它是一颗携带有大型 X 波段合成孔径雷达和光学敏感器的平台型卫星。该卫星的任务是：监视环境；早期预报大面积的灾害；分析地球资源的分类和储量等。卫星在高度 600 千米、倾角 97 度的太阳同步极轨道上，可观测 4~5 年时间。合成孔径雷达和光学敏感器分别在纵摇和横摇上控制，可在宽 80~120 千米范围内对同一地区进行同步观测。

为了填平补齐，各国还将发射一系列执行专门任务的卫星，如法国的热带能量收支观测卫星、斯波特资源卫星、俄罗斯海洋卫星以及各种气象卫星等都参与这一活动，到那时，太空中群星荟萃，将组成一个大型地球观测卫星网络，时刻监视地球环境的动态变化，亦将成为国际合

作的典范，为人类赖以生存的地球环境的良性循环与净化做出巨大贡献。

漫长的距离在缩短

经由卫星实况转播这个短语是空间时代取得巨大成就的象征，随着卫星通信广播事业的广泛应用，这个短语已逐渐被人们省略，而成为日常生活中普遍公认的传播方式。卫星通信用电波把整个世界既快又准确地联系在一起，如果这种联系一旦中断，经济发展的速度将会大大放慢。

人类社会正进入信息社会，信息已成为世界上最重要的战略资源。在信息社会中，空间技术的作用将变得更巨大，进一步丰富其内涵，扩展其外延，最终将彻底改变地球上的面貌，改变人们的生产、生活和相互交往的方式，加速人类文明和文化的传播，增进相互理解和全球意识，达到今天的人们难以想象的程度。

空间信息高速公路

世上本没有路，路是人走出来的。随着人类对野兽的驯化而出现了畜力车。为了加快运输，便产生了筑路的思想。古代的埃及、波斯、印度、罗马，都修建过石砌道路。我国汉朝开辟了经西域通往西方的道路，沟通了我国同西方许多国家在经济和文化方面的联系，被后人称之为“丝绸之路”。1855年德国机械工程师卡尔·本茨发明了世界上第一辆实用的内燃机汽车，当他驾驶这辆木制的三轮汽车，在自己的院子里行走撞到墙上的时候，还没想到路。7年之后，福特发明了汽车，并于10年后形成产业的时候，人们开始把目光盯在汽车的跑道上，于是1913年柏林西南部出现了世界上第一条高速公路。在此后的数年中，高速公路这条具有魔力的通道，使世界发生了神奇的变化。

历史已发展到进入信息社会的时代，90年代初期，美国最有名望的13家信息企业的首脑们聚会在华盛顿，提出了“向21世纪迈进的美国，需要建立遍布全国的信息网络”。不久，统治美国电信业近一个世纪的贝尔公司宣布，在今后的7年中，将投资160亿美元，建设高速光纤传输系统。自此，信息高速公路作为数字革命的基础设施和通向21世纪的神奇通道，已成为世界各国争夺信息资源，确保竞争优势的筹码。为了建设信息高速公路，美国政府和企业合作计划共同投资4000多亿美元。信息高速公路将给美国带来巨大的商业利益，据预测，2010年信息高速公路产业所创造的市场价值，将高达3.5万亿美元。日本亦有“面向21世纪知识社会改革”的报告，提出了分三个阶段的构思。首先在2000年之前将各县府所在城市的住宅、企业及所有的学校、医院连接起来，覆盖全国人口的20%；以后逐步扩大范围，至2005年全国中等城市全部并网，覆盖全国60%的国土面积；第三阶段到2010年实现全国的家庭、企业与机关并网，使日本的每个家庭都成为文字、数据、音乐、图象等综合信息系统的一个细胞。据估算，完工之后将形成超过1.2万亿美元的信息市场规模，并增加240万人的就业机会。欧洲共同体实施欧洲信息高速公路建设计划，10年内将投资1500亿美元。亚太地区对全球信息网络计划的反映是积极的，同时也是慎重的。新加坡有可能成为首先将光缆铺设到家庭的国家，提出了“2000年图书馆”计划，借助电脑网络将全国各级图书馆与每一个家庭连接起来。韩国、泰国、马来西亚、印度等都提出了促进国际通信光缆的计划。

空间信息高速公路，这名词是借鉴信息高速公路概念，也是信息高速公路的拓宽与延伸。空间信息高速公路，我们可形象地将它理解为以卫星、光纤，再辅之以其它通信手段作为“公路”，而以集电脑、电话、电视、传真等为一体的多媒体作为“汽车”，使信息得以高速传递并能共享的通信网络，遍布全国乃至全球。在我国则将它称之为国家经济信息化基础设施，其内涵包括四项要素：网络与通信、计算机与信息化设备、信息资源与服务、人与信息化环境。

卫星通信和数字网络光缆就象高速公路一样，是促进社会经济发展的基础设施，不仅是地面光缆数字通信网络系统，同时还包括通信卫星、卫星定位系统和环境、灾害监测技术系统。此外，还要有不断更新的社会、经济统计数据库和自然资源数据库系列，以及为宏观调控、规划决

策和工程设计服务及知识库、逻辑推理机等人工专家系统，才能有效地实现以信息流代替人流、物流与能量流。

加速发展空间技术，多方面、高效率地利用空间技术，特别是充分利用空间信息资源，促进社会生产力的发展，正成为各国政治领袖和人民群众相当广泛的共识。通信卫星的通信容量大，可靠性高，传输距离远，不受地理环境的影响等，其优点很多，所以倍受各国的重视和欢迎。在空间信息高速公路中，卫星无线通信频带宽度很宽，极易实现双向高速率的数据和可视电话业务。适用于单向多路电视节目传输以及新闻报道，对大多数用户都很有实用价值。特别是因为卫星通信不受地面距离的限制，所以它非常适合大型跨国企业间的业务联系。而对发展中国家来说，空间信息高速公路的建设，可弥补通信基础设施差与区域性通信空缺的不足，因技术是现成的，可以花费很少的投资，在短期内普及，以便满足绝大多数用户要求的业务项目。印度的卫星远距离教育成就是令人鼓舞的，它适应本国经济发展阶段和地区差别悬殊的特点。在中国地广人稀的西部地区，加强卫星远距离教育和电视广播，对于提高西部地区的文化素质、普及科学技术知识、提高卫生和生产水平，增强防灾抗灾能力、消灭贫困与愚昧均有重要意义。也许，在南太平洋的众多岛屿国家、中亚荒漠中的绿洲城市、青藏高原上的游牧民族，用卫星通信解决这些地区的通信难题，可能更加切实可行。但是，空间信息高速公路在卫星激光通信技术没有达到实用之前，还是无法做到每秒数千兆比特高速率的双向传输，只能在一定程度上对以光纤为干线的地面信息高速公路作补充。当然在全球移动通信方面，空间信息高速公路都可以当主角。

显然建设空间信息高速公路和国家信息基础结构的计划，将成为发展各种技术的推动力。比如半导体与微电子技术、计算机、通信、高速网络、多媒体技术、光电子、高清晰度电视、应用软件等一系列高新技术，将得到突飞猛进的发展。微电子与半导体技术，是开发其它先进技术的基础，将成为支撑空间信息高速公路这一新生事物的中流砥柱。为了更好地适应空间信息高速公路系统对信息管理和信息处理的需求，计算机必定要向功能更全、性能更优、容量更大、体积更小的方向发展。通信设备也趋向更加微型化和便携化，也就是说通信系统进一步集成化。空间信息高速公路中的“汽车”，将使电脑、图象、语言、文字、数据和通信等融为一体。

伴随社会信息化和空间信息高速公路的建成，信息的充分利用将大大有助于提高物质生产率，提高原材料和能源的利用率，将使可视电话、可视会议、电视购物、电视教学、家庭影视室、家庭图书馆、家庭数据库、家中办公等这些人们一直梦寐以求的事情变成现实。总之，全球信息技术简便地被采用，将使家庭或个人拥有更大生存质量与能力，人们可以随时对计算机里的信息进行挑选并加以应用。它的诞生必将彻底改变人类的生产和生活方式，所形成的一股巨大的浪潮将冲击全球原有的政治、经济、军事乃至人们的工作、生活，人们将乐于接受这样的洗礼。此次冲击将比历史上任何一次浪潮都来得更为汹涌澎湃，更为波澜壮阔。

机动灵活的卫星移动通信

国际卫星通信，曾经一度被认为是新奇而激动人心的技术，但在当今信息时代里，这几乎是许多商业公司日常而又平凡的事情。据报道，在泰国丛林旅游的一位商业经理，利用一部手携包大小的卫星电话，办成了几十亿美元的买卖。新闻记者战火弥漫的沙漠里，通过卫星把编写的故事随时发给全世界亿万读者。在巴西雨林中，好莱坞演员，每天晚上通过国际海事卫星系统与家人通话。到如今，这些已不是什么新鲜事，人们急切的在期待未来汽车的方向盘上，能安装一种信息系统，驾驶人员只要打开视屏就可以预订旅馆房间，找到最近的餐馆，了解最新的股市行情。可以说，太空“大哥大”，手持式卫星电话的时代正在到来。

移动卫星通信，确切地说是移动体卫星通信，为行进中的个人、船只、车辆、飞机等移动体提供多种通信业务，可在很大的地理区域内服务于移动用户，满足移动体之间或移动体与固定体之间的无线电信息交换与传输。因而必需实现无线、卫星、便携式全球个人通信网，无论人走到何处，不管是飞机上、汽车里、地面行走，还是高山海洋中，都能极方便地与地球上的任何一点通信。用于移动通信业务的卫星，常称为移动通信卫星，包括：陆地移动通信卫星、战术军事移动通信卫星、航空移动通信卫星、海事卫星、搜索与救援卫星、通信导航与监视卫星等。移动通信卫星投入使用后，将使空间信息高速公路更宽广，效率更高。

陆地移动卫星通信将成为开辟个人移动通信的时代。移动通信卫星业务具有高度的移动性和灵活性，为陆地移动用户提供无线电话、无线电广播、电视、数字通信、数据传输、数据采集和处理、遥测、搜索和定位、数据库的查询和应答、边远地区和乡村的固定电话等业务。可为邮电、石油、冶金、地质、煤炭、林业、渔业、交通、公安、军事等部门服务。

航空移动通信卫星，可实现航空交通管理，飞机上安装了卫星通信系统，可以随时与地面控制中心联系，经过批准后，可采取比较灵活的飞行计划。乘客在飞机上也可通过卫星，随时与家人通话。

海事、搜索与救援、导航与监视等综合业务的移动通信卫星，具有跟踪、测距、搜索、定位和导航等能力，是快速处理移动用户航行遇险并救援的一种重要手段。人造卫星居高临下，一颗 1000 千米高的卫星，能够接收下方直径 7000 千米范围内的呼救信号，并把呼救信号立即转发给地球接收站，地球接收站利用卫星发来的信息，可以在半小时内推算出失事地点的精确位置，迅速通知救援部门派人营救，从而大大缩短了判明事故和定位的时间，大大提高了遇险人员的生还率。

海事卫星，是用于海上和陆地间无线电通信联络的卫星。海事卫星通信系统由两部分组成，卫星和地面的卫星测控站属空间部分，岸站和船站属地球部分。岸站是卫星通信和地球中转站，船站是海上用户站，设置在航行的油船、客轮、商船和海上浮动平台上。船站上的天线均装有稳定平台和跟踪机构，使船舶在起伏和倾斜时，天线也能始终指向卫星。海上船舶可随时将通信信号发送给静止轨道上的海事卫星，经卫星

转发给岸站，岸站再通过与之连接的地面通信网或国际卫星通信网，实现与世界各地陆地上用户的相互通信。现在海事卫星的应用范围，已由海上舰船扩展到车辆和飞机，实现海上、航空、陆地各种领域的综合移动通信业务。

随着卫星多点波束技术和大功率技术的应用，地面全向天线式轻便小型移动用户机的诞生，静止轨道上移动通信卫星将得到新的发展。未来的移动通信卫星，星上安装 15~55 米的网状展开式天线，有 12000 条信道，可容纳几十万用户。此外，还可利用两颗静止轨道通信卫星，组成双星移动通信卫星系统，具有将通信与导航结合在一起的能力，可满足区域性的通信导航定位网。这种系统的应用前景非常广阔，可用于各种交通管制系统、长途载重汽车、内河与近海海运及铁路系统。并可定期报告车辆、船舶的技术状态和货流情况，对它们实施调度，从而大大提高铁路、公路及水路的安全运行。利用相对定位可进行大地测量，提高测量精度。另外，该系统还在救援、应急通信、边远及农村地区通信和寻呼功能等方面发挥重大作用。比如，探险活动、水灾预报、森林防火测报、救火指挥、地震预报以及其它特殊用途。

21 世纪是个人通信高度发展的时代，这样说一点也不过分。因为近几年来，国际上提出了低轨道卫星群移动通信卫星系统，在通信方面可以利用位于不同轨道面的多颗卫星，来转发地面用户的信号。由于轨道高度低、卫星上和地面用的设备可大大简化，移动通信用户之间只要使用手持式电话机便可直接通信联系，这一系统不仅可用于国内，而且因多颗卫星的运行可覆盖全球，发展成为全球移动通信系统，便可与地球上的任何一点进行通信。

“铱”卫星全球移动通信系统就是一个典型的例子。它是一项跨世纪、跨国界的高科技的项目。“铱”卫星系统是美国摩托罗拉公司经过多年研究和试验论证后，于 1990 年正式提出的。“铱”卫星系统的原始总构思与金属元素铱的原子结构相仿，铱原子核外有 77 个电子围绕它运动，而“铱”卫星系统原设计也由 77 颗小型通信卫星绕地球旋转，酷似铱原子结构，因此取名“铱”卫星系统。它由空间段和地面段两个部分组成。空间段的目前方案已改成由 6 个极地、近地、近圆轨道面上运行的 66 颗小型通信卫星组成，每个轨道面均匀分布 11 颗卫星。卫星直径 1 米，总长 2 米，重量 315 千克。由于这一系统中的卫星距地球表面较低，只有 400~500 千米，比现有的地球同步轨道卫星低 60~70 倍，所以无线电信号很强，个人手持式无线电话机很容易获得清晰的信号和语音。“铱”卫星系统的地面段则由系统控制中心，以及分布在世界各用户国家和地区的有关站和终端设备等组成。

另一个全球移动通信系统的例子，便是呼叫全球通信系统。该系统采用 840 颗高性能小型通信卫星，它们被分布在 21 个轨道平面上，即每个轨道平面上均匀分布 40 颗小型卫星。卫星重量为 750 千克，轨道高度 700 千米，其特点是工作寿命长，星上功率大，频带宽，可双向传输包括电视图象在内的各种信号，以及个人话音通信，并具有传输数据、传真、

寻呼和定位功能。这一通信网络的主要特征是建成全球空间信息高速公路，利用通信卫星群和地面光纤进行通信，实现计算机网络化和信息双向交流，成为第二次信息革命的主要物质基础。

新一代手持卫星电话服务系统，在技术上将达到前所未有的成熟度。到 21 世纪，世界上的通信面貌将有重大改观，地球静止轨道移动通信卫星系统、中高度地球轨道移动卫星通信系统、卫星群组成的低轨道移动卫星通信系统，将架设起一座座太空桥，铺设起一条条太空路，使漫长的距离大大缩短。

大容量的激光卫星通信

空间信息高速公路的建成，将使无穷无尽的、观看不到的信息溪流，昼夜川流不息，聚集成奔腾澎湃的信息波涛，汇成无边无际、波澜壮阔的信息海洋，把本来相互离散着的人间个体，紧密连接成相关的整体。

人们在建造空间信息高速公路时，不断在思考如何才能保持公路的畅通无阻，不仅要满足当前的需要，而且更要给未来的发展留有足够的余地。通过实践，人们发现中、短波可以传递声音，微波除可传递声音外，还能传递图象。然而，它们的频率远远不能适应人类对负荷信息量的传输要求。人们还发现在利用地球静止轨道通信卫星进行全球、洲际或跨海洋长距离通信时，由于1颗卫星只能覆盖地球表面的40%，其余地区不能通过该卫星直接通信，因此需要采用双跳的传输方式。发送信号的一方先将信号发向一颗卫星，经卫星转发给地球上的一个中继站，再将此信号发送给另一颗卫星，由这颗星将信号发送给对方。来回一次信号传输距离大约8万千米，时间延迟0.27秒，使双方在通信对话时产生一些不自然的感觉，还由于两次转发的不协调问题，常常会使发话者听到多次相隔约0.53秒的回音。于是，人们把触角伸向了比短波、微波频率更高的光波波段。

普通的光波，因其光线呈全方位辐射，损耗大且作用距离太近，因此实用价值不大。在1960年，人们终于研制出第一台激光器——红宝石激光器，并发射出一束很强、很直、很纯的红光，从此，人类历史上便出现了第一束被驯服了的光——激光。用这种被驯服的光传输信息，成为人类目前最理想的通信方式，使人类从电通信跨入到光通信的阶段。

激光与普通光源相比，具有很多特殊的性质，几束光穿插传播时，彼此不发生干扰，也不受电磁场的影响，在介质中传播速度约为每秒30万千米。激光辐射在“时间”上高度集中，激光能量仅在纳秒（1纳秒=10⁻⁹秒）时间内释放出来，激光脉冲宽度窄到皮秒（1皮秒=10⁻¹²秒）~飞秒（1飞秒=10⁻¹⁵秒），被称为“超短脉冲”，很适用于快速保密通信。激光辐射在“空间”上高度集中，方向性很强，因而具有很高的增益，用于通信可以传递得很远。激光辐射在“波长”上高度集中，波长分布范围很窄。激光的相干性、单色性和方向性，使它成为通信的理想载体。在理论上，光频段宽达10¹³~10¹⁵赫，这样大的带宽，对每路4千赫的电话，可容纳100亿路；对带宽为10兆赫的彩色电视，可同时传送1000万套电视节目而互相不干扰。由此可见，一旦激光卫星通信投入实际使用后，由于其容量大和抗干扰性强等特点，不仅能扩大通信容量，缓和通信频段拥挤，而且避免洲际通信时延的现象发生，是实现星间通信和准确快速、保密性强的军事卫星通信的重要技术途径。

从轨道上向地面自由地发送、接收宽频带图象信号的光通信系统，已十分引人注目。而卫星间光通信将是人类在大气层外或在卫星轨道上支持多种活动的基础。卫星间光通信，是指利用激光技术进行卫星与卫星之间、卫星与地球站之间的通信。卫星间激光通信技术投入使用后，无论是在静止轨道上的卫星，或是在低轨道上的卫星、飞船、航天飞机、空间站，以及深空探测器，都可利用激光通信技术，将它们连接在一起，形成一条无形的光学链路，使信息畅通无阻，这时空间信息高速公路将

成为名副其实的高速公路。比如近地轨道上的“铱”卫星移动通信卫星系统，在每颗星上装有激光通信设备，使卫星之间形成光学链路，这样任何一户移动用户只要与飞经他上空的一颗卫星进行传输，就能与全球各地进行通信。

激光通信技术在国际卫星通信中将发挥越来越大的作用，获得更多的效益。目前国际通信卫星组织已在太平洋、大西洋以及印度洋上空的静止轨道上部署了4~7颗国际通信卫星，这些卫星利用微波和地球站进行通信。为了适应未来的通信需要，可考虑将这些卫星上安装光收发两用机，在轨道上进行数据交换，使多颗卫星串接在一起，形成卫星群体，各地的地球站则可通过卫星群进行信息传输。

激光通信技术在深空通信中，也有广泛的应用前景。深空通信主要是地球静止轨道卫星与月球轨道卫星之间，地球静止轨道卫星与月球和行星上的基地之间，地面与深空之间的通信。由于深空通信，数据往往要传输数十亿千米的距离，而能量衰减与距离有关，为了有效地抑制能量的发散，可采用波长短的发射波束。光的波长与微波相比约小千倍，因而在深空通信中，利用激光技术可以建立频带宽、能量集中、效率高的通信系统。

卫星间光通信所用的通信装置，主要是光收发两用机，由半导体激光器光源、光调制解调系统、光波束控制系统、光天线等系统组成。星上设备小、重量轻、抗干扰性强、通信容量大。但光通信技术在空间应用也有一定的难度，因而需要采取一些技术措施。在设计卫星光通信系统时，卫星与卫星间的作用距离就是要考虑的一个重要因素，比如静止卫星与低轨道卫星间距离约为4.3万千米，静止轨道卫星间距离约为8万千米。对于这样超远距离的通信，就需要研究输出功率大、灵敏度高的接收系统。卫星间光通信，是在高速运动的移动体间进行，因此，要采用先进的捕获、跟踪、指向技术，还要注意多普勒频移校正问题。更需要注意卫星间光通信的背景光噪声的影响，有来自太阳光、地球反射与照射光、月球的太阳反射与照射光；明亮的行星与恒星所射的光。当它们进入光学接收系统视野内时，使信噪比降低。为了减轻这一影响，可以采取使接收机视场角变窄、使用窄带滤波器、限制入射噪声能量，尽可能采用波长短的激光等技术措施来改善通信质量，并增大通信容量。

毫无疑问，今后激光通信技术将逐步在空间信息高速公路中得到广泛应用，为空间科学、空间应用以及人类进入太空从事生产、科研和生活做出贡献。人们已充分注意到要开发太空，势必要优先发展激光卫星通信系统。

天地往返一瞬间

太空的开发和利用还仅仅是开始，然而人们已经设想了许多宏伟计划。例如，建立大型空间站、太阳能发电站、人类重返月球、开发火星……，这些都会给人类带来巨大的利益，但是不可否认这也要花费巨额资金。要完成这一宏伟计划，就必须把极大量的建筑材料输送至轨道上，这是开发太空所遇到的难题之一。据估算，一个完善的太阳能发电计划，至少需要数十颗卫星来收集所需的太阳能，为完成这一量级的运输任务，就必需把几十万吨重的货物运送至轨道上。大型空间站建成后，每年也要补充近 100 吨的物资，还要运回几十吨货物。此外，每年还要发射几百颗人造卫星和行星探测器。这样庞大的运输任务，赋予天地往返运输系统以新的要求。

目前由一次性运载火箭和航天飞机所组成的机队，是能够发射一些航天器、运送一定的人员和物资。但是，这种往返太空的方式成本过高，系统的可靠性和操作性也远不能满足今后任务的需求。因此，人们都在寻找一条低成本、高可靠性的通向 21 世纪太空之路的重要途径。

航天飞机的功勋

如今，当听到人们谈论起航天飞机时，再也不会有人认为这是科学幻想了。航天飞机是一种可以多次重复使用的航天器。它的诞生揭示着人们将开始定期地进行空间飞行，是航天史上的一个重要里程碑。人们在电视上看到的航天飞机，是一架大小和民航飞机相仿的短粗的飞行器，垂直起飞似火箭，轨道航行象飞船，返航又如滑翔机。

从事航天事业的专家都喜欢用“系统”这一词汇，这个术语对航天飞机当然也完全适用。航天飞机系统由轨道器、两枚固体燃料助推火箭、推进剂贮箱三大部分组成。其中轨道器和助推火箭这两大部件，是流水线上的产品，按标准规格组装而成的，因此它们对于每次飞行任务都具有通用性。航天飞机竖立在发射台上时，固体助推火箭和推进剂贮箱好象三根粗大的立柱，贮箱位于中央，固体助推火箭在两侧，轨道器如同叮在柱子上的一只大飞蛾。推进剂贮箱，直径 8.4 米，高 47 米，里面装有 700 多吨的液氢和液氧，供轨道器上升时发动机燃烧用。固体助推火箭，直径 3.7 米，高 45 米，每个助推器能产生 12000 千牛推力。轨道器，为航天飞机的本体，身长 37 米，翼展 24 米，它的外形象飞机。但它和飞机有很大区别，飞机是靠空气喷气发动机推进，只能在大气层内飞行，而轨道器装的是火箭发动机，所以能在太空飞行。

航天飞机的起飞重量约 2000 吨，其飞行过程从 46 图便一目了然。航天飞机是垂直起飞的，这时的液体燃料火箭发动机与两台固体助推火箭同时点火燃烧，带着推进剂贮箱一齐上升。当固体助推火箭燃烧完毕后，在高空与轨道器分离，然后张开降落伞在海面上被回收，装填燃料后留作下次使用。轨道器则与燃料贮箱继续上升、飞行，在达到入轨高度时，轨道器上的发动机关机，抛掉巨大的推进剂贮箱。这时的轨道器象载人飞船那样，继续在太空中飞行，从事各种空间活动，在完成任务之后，便脱离轨道，最终返回至地面。

美国航天飞机研制计划于 1972 年 1 月批准，经过 10 年研制，耗资近 200 亿美元。1981 年 4 月 12 日美国哥伦比亚号航天飞机首次载人航天飞行试验获得成功，并于 1982 年 11 月正式投入使用，到 1994 年年底为止，已经成功地飞行了 66 次。

原苏联亦于 1988 年 11 月 15 日，首次成功地发射了暴风雪号航天飞机，这是一次不载人的飞行，在轨道上飞行了 3 小时之后，安全地水平着陆。

航天飞机冲破运载火箭的旧模式，是一种重复使用有翼式新一代的航天运载器，为降低航天运载成本迈出可喜的第一步。由于航天飞机货舱很大，直径 6 米，长 18 米，可同时装载好几颗卫星，因此它可以一次发射 2~3 颗卫星。这些人造卫星在部署到太空预定轨道前，穿着航天服的航天员还可以对卫星作最后一次测试，然后通过遥控机械手系统，将卫星从舱内转移到投放位置，再予以释放。目前已成功地将几十颗大小不等、用途不同的卫星送入轨道，包括跟踪与数据中继卫星、先进通信技术卫星等等。

随着航天飞机的实用飞行，新技术、新应用正在不断涌现。其中最引人注目的、正逐步发展起来的是太空维护和修理技术。航天飞机上载有一种载人机动装置，是送航天员在太空自由飞行的个体装置。人们常常把它称为“太空摩托车”，其最主要特点是航天员驾驶着它可离开航天飞机，不用系绳，到太空中自由飞行，去执行各种不同的空间飞行任务。例如，航天员驾驶太空摩托车，自由地飞到在太空中出现故障的卫星处，捕捉到这一卫星后将它拖回到航天飞机的载荷舱里，检查并排除故障，更换部件，等修理完毕后再将它重新放回到轨道上，使卫星恢复正常工作。也可把在太空中已完成工作使命的卫星，由航天飞机到太空中去回收，带回地面。

1990年4月24日，航天飞机将哈勃太空望远镜送入预定轨道。哈勃太空望远镜是座结构复杂、设备先进的空间天文台，全长12.8米，镜筒直径4.27米，总质量12吨。光学部分是整个望远镜的心脏，主镜口径2.4米，副镜0.3米，是目前最大的太空望远镜。在轨道上运行的哈勃太空望远镜没有大气的阻隔，也不受气候变化的影响和各种人为因素的干扰，加之先进的科学仪器，它具有地面上任何望远镜也不可能达到的高灵敏度和高分辨能力。它能观测到140亿光年距离的天体，比地面最好的望远镜远7倍；它探测到的宇宙空间中的物体要比地面探测到的大350倍；能观测到29等暗弱天体，相当于能见到500千米之外的一支烛光，比地面上最好的望远镜好160多倍。它的图象清晰度比地面观测清晰10倍。

遗憾的是哈勃太空望远镜在太空发生了故障，长期处于不能正常工作的状态，损失极大，严重影响探索宇宙起源之谜。为了使其恢复正常工作，1993年12月2日，美国发射了奋进号航天飞机，其主要任务就是在空间修复哈勃太空望远镜。第二天该航天飞机进行轨道机动，成功地与哈勃太空望远镜交会，并使用机械臂使望远镜装入货舱，固定在一个支架平台上。从第四天开始，4名航天员分为两批，每日轮流出舱执行一次在轨操作任务，航天员五次在太空行走的累计时间达到35小时28分，创造了航天史上太空行走的新记录。航天员在太空更换了两组陀螺仪，两个太阳电池帆板及驱动控制组件，并安装了新的广角行星相机、两台磁强仪，矫正了光学轴向补偿系统，圆满完成修复任务。12月10日，航天员将哈勃太空望远镜重新释放到轨道上，之后它向地面发回了许多帧清晰的照片。哈勃太空望远镜的修复成功，使航天飞机的功能得到充分的发挥，也为空间站的建设提供了丰富的经验。

航天飞机的另一项重要任务就是在太空飞行期间，完成了大量的微重力试验。空间实验室是欧洲对航天飞机计划作出的重大贡献，因为利用它可使科学家在航天飞机上从事各种试验。空间实验室被人们喻为在轨道上运行的“保温瓶”，它的外壳为圆筒形，内部保持恒温、恒压，因而操纵监视实验仪器的有效载荷专家，无需穿着特制的航天服就能自由地在里面工作。1993年4月哥伦比亚号航天飞机，又携带空间实验室进入轨道，在为期10天的飞行中，7名航天员分两班轮流工作，共进行88项试验，其中40%是有关医学和生命科学试验，并成功地生长了直径

超过 20 厘米的砷化镓晶体。

此外，航天飞机还完成了一系列对太阳和地球的观测活动。

现有的航天飞机到 21 世纪初将达到其设计使用寿命，美国准备研制第二代航天飞机。至于未来航天飞机的设计，考虑把载人和运货分开，以减少航天员的风险。专用运货的航天飞机，能把 68 吨重的货物送入太空，比现有的运输能力提高一倍之多。同时采用固体、液体混合型助推系统，其性能比固体发动机提高 15%，而成本却降低 40%。新一代的航天飞机，将在空间站的后勤保障运输、太阳能电站的建设等许多方面有着广泛的应用前景。

大型火箭东山再起

翻开航天史册，人们不会忘记美国阿波罗登月时代，“大力士”土星火箭获得举重冠军，运载能力之大震撼全球。但登月计划完成，并将剩余的土星火箭用于天空实验室任务后，土星火箭便退出历史舞台。随后，美国将航天战略重点转移至研制大运载能力的空间运输工具——航天飞机。

但美国一直过高地估计航天飞机的能力和作用，而忽视了一次性使用火箭的过渡作用，停止了一次性使用运载火箭的发展。挑战者号航天飞机失事后，美国航天活动被迫处于停顿状态，国际航天发射市场出现了供不应求的紧张局面。美国为摆脱困境，吸取过早依靠单一运输系统而陷入困境的教训，决定调整航天政策。一方面恢复德尔它等火箭的生产线，继续改进、发展、组建中型运载火箭，以便满足当前卫星发射的需求。另一方面着手研制新的重型运载火箭，与航天飞机组成混合的发射系统，互为补充。

也许有人会这样想，未来是开发太空的时代，对运载能力的需求不断提高，迫切需要的是低成本的、可重复使用的运载器，大型运载火箭还会有什么用处？只要我们冷静地思考一下，答案不难找到，因为现今虽已提出了许多新的运输系统方案，但遗憾的是，由于技术的难点和经费问题，一直未能全面展开研制。而空间飞行任务却在不断扩大，以致一次性运载火箭仍是主要的太空运输工具，估计到 21 世纪后若干年内，一次性运载火箭与航天飞机仍然是空间活动的主要运输工具。

众所周知，运载火箭的大小是由飞行任务的有效载荷和飞行轨道所决定的。飞行轨道相同，有效载荷愈大，起飞重量愈大；有效载荷不变，飞行轨道愈高，起飞重量愈大。所以，运载火箭都是一些身高体重的庞然大物。它们的重量少则几十吨，一般都在一百多吨乃至几百吨，重的可达到 2~3 千吨。高度一般在 30 米左右，高的可达四五十米，有的甚至一百多米。直径都在 1 米以上，一般为 3 米左右，最大的直径可达到 10 米。通常，有效载荷占运载火箭起飞重量的 1%~2%。也就是说，发射一颗 1 吨重的人造卫星，运载火箭就得 50~100 吨重。

据估计，未来空间飞行任务需要有近地轨道运载能力在 100~300 吨的重型运载火箭，一般的近地轨道任务，也需要运载能力在 20 吨左右的运载火箭。现有的运载火箭，大多数在近地轨道的运载能力为 10~20 吨。各国在研制大型运载火箭时，由于考虑到对运载能力的要求在大幅度地提高，因此，要重新研制大推力发动机，选用新的推进剂，加大火箭的直径，更换结构方式等一些全新的方案。

由于运载任务繁重及其要求有多种多样，不可能为每项任务设计新的运载火箭，因此基本上采取在原有的运载器上增加一级，或者捆绑上若干个助推器的办法，来满足不同用户的运载要求。捆绑助推器的优点除可降低发射费外，更主要的是它只在原有火箭结构的基础上作很小的变动，可根据不同的运载任务，捆绑不同数量的助推器，较为灵活。捆绑技术现已被越来越多的火箭采用，一级捆绑助推器已被公认是提供运载能力极好的途径。美国火箭公司设计的大型运载火箭，提出了二级捆绑方案，第一级上捆绑 12 个助推器，第二级上再捆绑 6 个助推器。

大型运载火箭既可用于发射地球同步轨道卫星，也可承担发射空间站，并支持载人月球计划和火星计划。目前世界上正在研制的大型运载火箭有日本的 H² 火箭、欧空局的阿里安 5、俄罗斯的巨型火箭以及美国的标准型运载火箭和先进型运载火箭。

俄罗斯的能源号火箭，是目前应用的大型火箭，火箭由氢氧芯级和 4 个捆绑液体助推器组成。全长约 60 米，起飞重量约 2000 吨，起飞推力 38500 千牛。可将 100 多吨重的有效载荷送入太空。火箭芯级长 60 米，直径 8 米，用液氧、液氢作燃料，助推器长 50 米左右，直径 4 米，用液氧煤油作为燃料。将要研制的巨型火箭，由 4 级液体火箭组成，起飞重量 8000 吨，能将 150 吨重的航天器送入地球低轨道。

欧空局的阿里安 5 火箭，氢氧芯级直径 5.4 米，长 30 米，在一级的两侧各捆绑一个直径 3.1 米，长 30 米的固体助推器。倘若加上高能推进剂上面级或加上低能推进剂上面级，就可分别将 8 吨重或 5 吨重的有效载荷送入地球同步轨道。如果不加推进剂上面级，可将 21 吨重的有效载荷送入地球低轨道。

美国目前已提出的大型运载方案较多，低地球轨道运载能力在 10~180 吨之间，标准运载火箭是由空军订购的大型运载工具，可把重达 112 吨的有效载荷送入地球低轨道，把重 4.5 吨的卫星送入地球同步轨道。先进型运载火箭能把 90 吨重的有效载荷送入地球低轨道。这些新研制的大型运载火箭的共同特点是，应能确保成本低、性能可靠、维修和保养简单、任务适应性强的要求。

三角快艇乘风破浪

航天史是一个不断进步、不断发展的历史，太空科学世界是无穷尽的领域，人们应勇敢地去探索。昨天的神话，今天就成了事实；如今的幻想，明天就可能成为现实。俄罗斯宇航先驱齐奥尔科夫斯基提出的火箭飞行理论，至今已 90 多年了。在他的《用火箭探索宇宙空间》论文中，证明了单级火箭不可能达到第一宇宙速度，提出采用多级火箭达到卫星入轨速度的解决办法。用单级火箭发射不了人造卫星，是因为单级型火箭要使卫星达到第一宇宙速度，必须把火箭的整个壳体也加速到同样的入轨速度，为此需额外消耗大量能量。多级火箭则不然，只有重量轻的末级火箭壳体与卫星一起达到入轨速度。而占绝大部分重量的一、二级壳体，则在速度较小的飞行途中被抛弃掉，所以耗费的总能量就要小得多。多级火箭的原理，只要几级火箭的速度累加起来达到宇宙速度，卫星即可入轨。也就是说，间接地减轻了火箭的结构重量，从而提高了火箭的质量比。多级火箭的缺点，一是结构复杂，二是抛掉的火箭白白地浪费了。

为了减轻日益增长的空间运输费用，许多科学家一直在研究单级火箭的入轨问题。也许有人会认为，只要把火箭做得大大的，推进剂装得大大的，或者加大推力，或者延长发动机工作时间，总能达到足够的速度。但是，齐奥尔科夫斯基的公式表明，火箭的速度等于它的发动机的喷气速度与其质量比的乘积，也就是，要提高单级火箭速度，一是提高喷气速度，二是减轻火箭干重，提高质量比。几十年来，科学家在提高喷气速度方面做了大量的研究试验工作，至今仍然只有用化学推进剂的火箭发动机最有发展前途。液氢液氧高能推进剂，喷气速度已达到 4.3~4.4 千米/秒，化学火箭发动机构造比较简单，在火箭干重中所占的比例较小。而以减轻推进剂贮箱、飞行器壳体和其它部件的结构重量对其改善性能的作用最大，因为这些重量也要千里迢迢送入轨道，多 1 千克结构重量就意味着要减少 1 千克有效载荷。人们已研制成功在高温下强度与重量之比非常高的新型材料，用它可大大减轻推进剂贮箱、主要结构和防热系统的重量。例如，可用复合材料和金属基材料取代铝制贮箱的结构材料。

此外，单级火箭使用成本的降低，主要取决于火箭和货物装运作业等的自动化程度，其中包括驾驶舱控制自动检测、电子设备的高可靠性和容错能力、再适应控制能力等。

1990 年美国提出单级入轨火箭技术计划，要求研制一种能全部重复使用的运载器。具体招标的要求是：能满足绝大部分有效载荷的发射要求；近地轨道的运载能力为 5~10 吨；当有一台发动机出现故障时能安全返回地面；地面周转期为 7 天；每千克有效载荷发射费为 220~2200 美元。

美国麦道公司和通用动力公司联合提出了垂直起飞、垂直降落的方案，洛克威尔公司提出垂直起飞、水平降落的方案，而波音公司则提出水平起飞、水平降落的方案。经过专家们的评审，认为水平起飞或降落都离不开机翼，而机翼无论在重量或是在体积上所占的比例都很大，因而麦道公司等的底部带有襟翼的垂直起降运载器方案中标。

麦道公司的运载器方案取名为“三角快艇”。它是由一种火箭发动机提供动力单级入轨、垂直起降、全部重复使用的运载器。可象民航飞机那样维护、操作和运转，但外形却为瓶状、无机翼的单级入轨且可人货兼运的航天运载器。三角快艇高约 39 米，前部呈圆锥形，向后逐渐过渡为宽约 12 米的方形基底，与一般火箭相比显得粗短些。起飞重量 590 吨，装有 530 吨液氢液氧推进剂。位于运载器的头锥部有一个 $4.6 \times 4.6 \times 6.7$ 立方米的有效载荷舱。它能将 9.1 吨重的有效载荷送入近地轨道。

三角快艇采用液氢液氧火箭发动机。它具有重量轻、地面辅助工作简单、燃烧产物无污染等优点。该发动机选用的是模块化塞式型，有 12 个独立燃烧室，可通过调节各燃烧室的推进剂流量，能较方便地控制推力的大小与方向。

三角快艇结构拟采用最新材料，壳体用石墨环氧树脂、铝合金蜂窝夹层结构，液氢箱用环氧树脂加强韧性的石墨织物，液氧箱用耐高温的铝铜铌合金，发动机用耐高温的镍铬铁合金，其余结构用碳-碳化硅复合材料。这些新型轻质材料的大量使用，保证了三角快艇的高质量比。

三角快艇采用自适应制导系统、全球定位导航系统和自动进行故障诊断、校正和报告的健康管理系统。空间飞行时通过发动机摆动或发动机调节流量进行姿态控制，由反作用控制系统进行入轨、在轨和出轨机动。在大气内飞行时采用空气舵、火箭发动机组合式姿态控制模式。

进入 21 世纪，三角快艇将投入正式运营。它首先在技术厂房经检修完毕后，以专用运输车辆将其运送到发射场，耸立在发射台上。然后对它加注燃料，安装有效载荷，当各部分检查合格，确认一切正常后方可点火发射。快艇点火后，垂直起飞，上升到预定高度后，发动机关机，靠惯性滑行到预定轨道。在轨道上运行时，按预定时间执行各项任务。事成之后，由反作用控制系统作出轨机动，重返大气层，靠气动阻力减速下降，快艇转动使之头朝上回复到垂直状态，继续下降，在接近地面时，发动机再次点火，反推减速。通过全球定位系统自主导航，快艇横向机动，调整到预定地点垂直着陆。

三角快艇单级入轨火箭与航天飞机一样，能执行多种航天使命。可把航天员定期送到太空站，把需要轮换的航天员接回地面。还能把在轨道上运行的卫星，通过中间运转器回收后再转送至地球。并可对空间站与卫星实施太空维护服务，以及为空间站运送航天员生活必需品、补充更换仪器等。

三角快艇的有效载荷舱采用标准化的设计，用户需搭载的有效载荷只要按其标准在几小时前送到现场，便可参加试验，非常方便、省时。由于运载器的可重复使用性和类似民航班机的运营方式，因而可大大降低发射费，大约为 100 ~ 1000 万美元，也就是说，每千克的有效载荷发射费为 100 ~ 1000 美元。

科学技术的进步与发展，必将推翻单级火箭不能入轨的论断，它的实现已为期不远。三角快艇将乘风破浪，穿梭在天地之间。

航空航天共建通天路

人类为了实现飞的理想，曾经历了一段艰难曲折的道路。1903年莱特兄弟发明的动力飞行器在空中飞翔，意味着人类能离开地球进入空间；1957年人造卫星发射成功后，人类开辟了宇宙航行的新纪元。因此，近一个世纪以来，飞机在地球大气层内航行，而航天器则在大气层外的宇宙空间航行，两者都取得了惊人的成就，迎来了标志着人类社会文明高度发展的航空航天时代。

随着世界技术革命的发展，新技术、新思想和新方法的应用，航空航天技术又将出现一个更大的飞跃。人们一直在思考能否将航空航天的优势互补，形成一种低成本进入太空的运输工具。它既能从机场跑道起飞，又能以高超音速穿越大气层进入宇宙空间，完成航天任务后再入大气层，在机场水平着陆，而经过简单的维修后，短期间又能重上蓝天，重复使用数十次乃至几百次。这类既具有高超音速运输机功能；又具有天地往返运输系统功能的重复使用有翼飞行器，被称之为航空航天飞机，简称为空天飞机。

空天飞机的设想早在本世纪30~40年代就已产生。50年代我国著名科学家钱学森教授曾提出航天技术和航空技术相结合的思想，发展空天飞机，并提出了双级和单级入轨运载飞机的发展方向。美国于60年代初提出过水平起飞、进入地球轨道并返回地球水平降落的新型飞机的计划。但是，由于受当时科学技术水平的限制，这种新型的既能航空又能航天的飞机，就此搁浅。进入80年代，由于在超音速燃烧冲压喷气发动机、耐高温热结构材料和巨型计算机等高新技术上有所突破与进展，加上航天飞机的发射成功，人们对于空天飞机的实现寄予了更大的希望。

空天飞机是一种新型运输工具，具有一般飞机和航天器所没有的优越性。当它在大气层内飞行时，就象一架高超音速飞机，能在1小时内由欧洲飞抵澳大利亚，在2小时内从美国华盛顿飞到日本东京，可见其速度之快。当它执行航天任务时，能把数吨重的有效载荷送至近地轨道，然后返回地面。据估计，每次发射费将低到只有目前运载火箭和航天飞机发射费的1/5~1/10。空天飞机与宇宙飞船和航天飞机相比，在重复使用性、机场水平起降能力、大气能源的利用效率以及灵活机动性、可维修性等方面均有大幅度的改造与提高。

为了寻求经济的、有效的往返于天地之间的运输系统，以取代昂贵的运载火箭和航天飞机。美国、英国、德国、日本、俄罗斯等国家都纷纷提出了各自研制空天飞机的计划。美国已基本确定继航天飞机之后的空间运输系统为空天飞机，这种飞机方案是一种单级入轨的空天飞机。设想的样机可乘2人，运载能力为1114千克，内装8~12台发动机，每台长3~4.57米，宽0.9米，推力为13.23千牛。模拟空天飞机在3万米高度，以5~10倍音速连续飞行，被试验的样机将在普通机场起飞和着陆，并确定每次飞行的快速检修周期。如果样机试验很成功，便有可能开始研制全尺寸空天飞机。

英国的霍托尔空天飞机，是一种水平起飞、水平着陆、单级入轨无人驾驶飞机，外形与超音速喷气客机相似，头部细长，呈锥形，头锥部上端置有垂直翼面。机身腹部为粗大的长筒形结构，机身長62米，最大

直径 5.7 米。货舱位于机身的中部，最大直径 4.6 米，水平机翼安装在机身后部，机翼宽度为 19.7 米，起飞重量 230 吨，能将 7~11 吨重的有效载荷送入太空。

德国的桑格尔空天飞机是一种两级式天地往返运输系统，可重复使用。第一级是一架大型高超音速飞机，使用的是吸气式发动机，起飞重量为 300 吨。第二级是一架小型航天飞机，其上使用的是火箭发动机。第一级驮着第二级从普通机场起飞，当到达 35 千米高度、速度达到 6 倍音速时，第二级氢氧发动机开始点火，并且与第一级分离，继续加速飞行，直至进入环绕地球运行的轨道。桑格尔空天飞机，无论是第一级或是第二级，在完成它们各自的使命之后都可以返回机场，经过维修后重复使用。

日本由于经济实力雄厚，对空间领域表现出极大的兴趣，虽说起步较晚，但奋起直追，亦制定了空天飞机的研究与发展计划。所设想的是—种单级入轨、水平起飞和着陆，能重复使用的空天飞机。

而俄罗斯则提出了国际重复使用的空天运输系统。它是一种灵活性很大、具有多种功能的两级入轨方案。可用于紧急救援、空间物资供应以及提供生态问题研究等。其运输范围极广，可搭载的有效载荷为 1~18 吨。这一方案的核心部分是使用安-225 重型机载，第一级的起飞重量为 620 吨，分离高度为 10 千米。第二级带外挂油箱为 275 吨，可负载 6.6 吨，倾角 90°，进入高度为 400 千米低地球轨道。

空天飞机不仅可作为天地间往返的运输工具，而且具有潜在的军用价值。也就是说，它有着广泛的军事用途，既有洲际弹道导弹快速反应能力，又有轰炸机的机动性和可靠性。不仅能在大气层内飞行，还能在太空轨道上变轨运行，因而对方很难对它瞄准和击落，所以它很适合作为战略侦察机、轰炸机和远程截击机。

空天飞机是人类一直向往的运输工具，但是，空天飞机在前进的道路上，存在着技术难度大、研制费用高的难点，各国普遍认为，空天飞机的研制必须加强国际合作与交流，避免重复研究，以便降低空天飞机研究开发的整体成本。由于美国、英国、德国、日本、俄罗斯在这方面已进行了大量的工作，使该领域变得异常活跃，成为当前科学技术的前沿，目前需要齐心协力克服的多种关键技术难题不外乎以下一些。

首先要研制推进系统。空天飞机的工作范围较宽，既可在大气层内、外飞行，又要从地面起飞，其速度从零开始经过音速、跨音速、超音速和高超音速，一直加速到 25 倍音速的入轨速度。因此，实现空天飞机的最大障碍，是研制能进行高速飞行的大功率吸气式发动机。为了利用空气中的氧，空天飞机必须使用航空用的吸气式发动机，吸取空气与燃料，经燃烧产生推力。但是，到了太空以后，立即采用可靠性高的火箭发动机，依靠自带燃料和氧化剂的火箭发动机来推进。为了减轻结构重量和提高性能，最好的方法是研制一种既有吸气式发动机、又有火箭发动机这样两种功能的复合式发动机，技术难度很大。目前提出的有液化空气循环发动机、超音速冲压发动机等多种方案。

其次是结构与材料问题。空天飞机的机体要能经受起飞、上升、空

间飞行、再入大气层、着陆等不同阶段的各种环境考验，同时要求机体重量尽可能地轻。因此，对空天飞机的结构、防热及热控系统、发动机、燃料贮箱以及进气道等进行一体化设计。与此同时，为使结构重量轻、强度高、耐高温、长寿命、能多次重复使用，必须研制新型结构材料。

第三是制导与空气动力学问题。为确保空天飞机在不同状态下的每一阶段都能顺利地飞行，需要有制导控制系统。它包括有人驾驶的制导控制和无人驾驶的自动控制系统。因此，需要研究高度自动化和人工智能化的飞行控制系统。此外，空天飞机的设计离不开计算流体力学和空气动力学的支持，需要用巨型计算机精确计算高超音速流场，进行气动数值模拟，还要有研制速度大于 7 倍音速的微波风洞、高速风洞等大型设施。目前气动数值模拟设施，其巨型计算机能力达每秒 10 亿次，能计算整机绕流和发动机内流。

空天飞机是天地往返运输系统发展的重要方向，预计经过二三十年人类的共同开发，一定能攻克一个又一个难关。21 世纪空天飞机的出现，将标志着人类航天事业发展又一个新的里程碑。

空间资源开发利用

人类为了社会的进步和生活的改善，总是不断扩大活动的领域，寻求并开发新的资源。空间技术开拓了太空，使太空丰富的资源造福人类。

过去 30 多年空间技术的发展，为解决人进入空间、在空间驻留一定时间和在空间从事适当作业等一系列问题打下了坚实的基础。世界各主要空间国家，无一例外地都把 21 世纪初期建立长期性载人空间站系统作为国家高技术发展的重要目标。尽管前面还有很长的一段路程要走，但人类已看到了美好的前景。

“天空”“礼炮”鸣锣开道

资源是人类生产资料和生活资料的天然来源，它来自人类所处的天然环境。人类文明发展的进程，首先适应、认识，进而利用和开发的是陆地上的，包括土地、山、水、动物和植物等资源。进一步利用和开发的是陆地的矿产资源。随后，对环境的认识和资源的开发扩大到了海洋。本世纪这个进程已发展到大气层，到 50 年代又向前迈了一大步，触角已伸向外层空间。

人类进入空间是人类文明史上的一次伟大飞跃，其意义之重大和影响之深远，怎么评价也不过分。在这个人类进入的空间环境中，蕴藏着极其丰富的空间资源。仅就地球引力和地球卫星作用范围这一最小的外空领域看，现已探明可供利用和开发的空间资源大致有：航天器相对于地表面的高远位置资源；高真空和高洁净资源；航天器微重力环境资源；太阳能资源；超低温热沉资源；月球及其它行星资源。这些空间资源都极其丰富和极有利用价值。不过，摆在人们面前的问题是，用什么办法和手段，花多大的代价才能立足于这一新的环境中。

30 多年来，空间科学技术为开发空间资源作出巨大努力。如开发航天器在空间的高远位置，以获取、传输和转发信息已取得明显成就，获得巨大利益。而载人飞船进入太空，为开发空间资源开辟了新的途径。但是，由于载人飞船的内部空间非常狭窄，只能乘坐 1~3 名航天员，他

他们在里面没有多大的活动余地，而且飞船里面的生活用品也不富裕，因此，在太空的飞行时间不宜太长。为了充分发挥人的因素，人们便设想建造一种更大的宇宙飞船，装上更多的生活用品和仪器设备，能在轨道上长期飞行。这样，航天员能在里面自由地行动，还可以象在地面上的试验室里那样做各种科学试验，象在地面上的车间一样加工生产。这种扩大了宇宙飞船，如同一个搬到空间去的试验站和空间研究室，所以人们通常把它叫做空间站。

美国在载人登月飞行高潮之后，将剩余的土星 5 号火箭改装成“天空实验室”，于 1973 年将它发射升空，在距地面 430 千米的轨道上运行。天空实验室象一架巨大的直升飞机，外部装有 4 块大型的太阳电池帆板，在发射阶段是折叠起来的，进入轨道后便迅速展开。天空实验室由轨道舱、气闸舱、多用途对接舱和太阳望远镜等四大部分组成，总重 80 吨，最大直径 6.7 米，总长 36 米。

轨道舱直径 6.7 米，长 14 米。舱内温度保持在 25 左右，其内部分为上、下两个隔舱，上舱主要是工作区，但水箱、食物和冷冻箱也安装在它里面，下舱是航天员的生活区，设置有卧室、餐厅、卫生间等。

气闸舱，长 5.36 米，供航天员在轨道上出舱时使用，也是电源和通信的控制中心。

多用途对接舱，直径 3.04 米，长 5.27 米，有两个对接口，可以同时停靠两艘阿波罗飞船。它亦是观测太阳和地球以及进行空间材料加工的实验中心。

天空实验室先后接纳了 3 批总计 9 名航天员。他们乘坐阿波罗飞船与天空实验室在太空中进行了对接，在天空实验室上分别驻留了 28 天，59 天和 84 天。航天员在太空利用天空实验室上的 58 种仪器进行了天文、地理和医学等 270 项科学研究，用太阳望远镜观测太阳，拍摄了 18 万张太阳活动的照片。用遥感仪器对地球进行观测，拍摄了 4 万多张照片。并研究了人在长期航天飞行中的适应能力，以及利用微重力环境进行了空间材料实验。证明了人在空间的作用，特别是在舱外进行空间活动，为空间大型工程建设提供了丰富的经验。

在世界第一艘载人飞船上天后的 10 年，原苏联向世界宣布发射成功第一个空间站，命名为礼炮 1 号。自 1971 年 4 月至 1983 年共发射了 7 个礼炮号空间站。它由对接舱、轨道舱和服务舱三大部分组成。总重约 18 吨，全长约 14 米。轨道舱由直径分别为 3 米和 4 米的两个圆筒组成，它是航天员工作、进餐、休息和睡眠的场所，场内的小气候保持与地面上的相同，为了使航天员在其内有一定的定向参考系，故将地板，天花板以及周围的墙壁漆成不同的颜色，便于区别。对接舱有供联盟号飞船对接舱口，航天员由此处进出空间站。礼炮 6 号空间站设计有 2 个对接口，因而可以同时与两艘飞船对接，在 1 个对接口与联盟号飞船对接的情况下，另 1 个对接口可停靠进步号飞船。进步号飞船为无人驾驶货船，可以运送 2.3 吨物资，包括燃料、食物、水和氧气等，卸货后自动脱离空间站，再入大气层烧毁。

礼炮号空间站的主要任务，是完成天体物理学、航天医学、生物学等方面的广泛的研究计划，考察地球自然资源和进行长期失重条件下的

技术试验。礼炮 6 号空间站在轨道上工作了约 5 年时间，先后轮换了 16 组共 33 名航天员进入舱内，有人居住的累计时间达 676 天。礼炮 7 号上创造了人在太空连续生活 237 天的记录。

天空、礼炮空间站的实践说明：在空间也应和地面上一样，有必要把住房、工作场所与交通运输工具分开，按各自的特点分别建造，这样才能摆脱相互间的干扰与制约，获得自身发展的新活力；人在空间适当的人造环境中，可以生活相当长的时间；利用空间运输系统与空间站交会对接，轮换航天员和补充物资，是延长空间站寿命和提高利用率的合理方式；把接送航天员和运送物资这两者的空间运输系统分开；使它们各按其需求和特点发展，从而提高载人航天器的安全可靠性和增加货运航天器的载荷量，降低货运成本，为发展永久性空间站找出一条行之有效的途径。

“和平”“自由”太空联姻

天空、礼炮空间站的探索，坚定了人们对永久性空间站能够建成的信念，明确了空间站概念上的特征。空间站又称航天站或轨道站，就其基本性质而言，是一种可供多名航天员长期居住和工作的载人航天器。空间站结构复杂，其规模比一般航天器大得多，通常有密封居住舱、实验舱、对接过渡舱和非密封资源舱等。它拥有很大的容积和面积，可以装载各种不同类型的有效载荷，进行科学实验、技术实验、微重力材料加工和军用武器试验等。空间站上的航天员可以充分发挥他们的触觉、主观观察、判断以及对意外情况处理等的能动性，在空间维修出现故障的航天器，组装大型空间结构和操纵有效载荷等。空间站在轨道上的运行时间比载人飞船、航天飞机长得多。载人飞船和航天飞机在太空中单独飞行的时间，通常只有数天或数十天，而空间站在地面后勤的支持下，能在轨道上运行数年乃至数十年。

和平号空间站，是世界上第一个长期性、可变换功能和扩大功能的载人空间站。1986年2月原苏联发射了和平号的核心舱，在距地面350~380千米高度的轨道上运行。它的大小和重量与礼炮号的差不多，是一个直径4.2米长约13米的圆筒形舱体，由对接过渡舱、工作舱和服务舱三个舱段组成。重量为21吨，只相当于美国天空实验室空间站的1/4。核心舱前后轴各有一个对接口，一般用于对接载人飞船和货运飞船。在对接过渡舱上，沿周向还有4个接口，可用来接纳从地面发射飞来的科学组合舱。这些组合舱和货运飞船一样，首先与过渡舱前端的轴向对接装置对接，然后用机械臂把科学舱转移到侧向对接口上。

和平号空间站核心舱自进入轨道以来，站上的人员几乎没有中断，一般都保持有3名航天员在站上值班，执行各项科学研究任务。先后对接的科学组合舱有：量子1号舱、量子2号舱、晶体舱、光谱舱和自然舱等。量子舱，是一个空间天文台，装有多种空间天文观测仪器，天文学家可在这一舱中，象进入地面天文台一样，长期从事空间天文学研究。由于充分利用了空间高真空和高洁净这一资源，使空间天文台的研究与发展跨上一个新的台阶。晶体舱，是一个空间微重力实验室，其上装有半导体材料制备设备、电阻加热炉、通用自动电泳仪等设备，可用于进行空间材料制备、生物品及药品的制备与试验，还可进行空间加工工艺的研究与试验等。自然舱，是一个大型综合对地观测站，装有各种波长的辐射计、海面高度计、双通道雷达等设备，主要用于对地球资源进行考察。和平号空间站建成后，若不包括对接的航天飞机，重量达到120吨左右，有效载荷可达到35吨左右，能接纳5~6名航天员在它上面长期生活和工作。航天员季托夫·马纳罗夫，曾在和平号空间站上生活和工作了366个日日夜夜，之后安全返回至地面，创造了人在太空整整飞行一年的新成绩。

80年代初，美国的航天飞机研制获得成功之后，大有“一鸣惊人”的气概，宣布要花10年时间发展一种永久性空间站。美国大型空间站取名为自由号，与原苏联空间站和平号的名字遥相呼应。自由号空间站，重200多吨，是天空实验室重量的2.5倍，原苏联和平号空间站的10倍。

第一期工程主结构是一根长 107 米的桁架，桁架的两端各装有 4 块太阳能电池帆板，桁架中间挂有美国提供的 1 个生活舱，1 个试验舱，2 个后勤舱，由欧空局提供 1 个哥伦布实验舱，日本提供 1 个日本实验舱，加拿大提供可移动的机械臂。第二期工程，在空间站原有基础上再增加 1 个方形构件，延长主体结构桁架的两端。增加长方形桁架构件使空间站挂靠的地位扩大了很多，这等于增加空间站的功能，延长主桁架构件是为了安装太阳能动力发电装置，增加能源的供应。自由号空间站每次可以容纳 8 名航天员，在里面舒适地生活和工作，每 3 个月轮换一次。还准备进一步发展，成为为太空中航天器服务的空间基地，人类飞往其它行星的中转站。

自由号空间站的建设，美国的 10 年计划未能如愿以偿，这可能是由于计划过于庞大，过全、经费估计不足和技术上的一些原因，遭到多次挫折，使计划一变再变，迟迟得不到实施。然而，俄罗斯和平号空间站在轨道运行已有丰富的经验，但进一步发展的和平 2 号空间站，也同样遇到资金不足的难题。未来的空间站出路何在？是取消、缩小规模？还是“自由”、“和平”两者合作？都面临着新的选择。1993 年 9 月 2 日美国与俄罗斯签署协议，两国将在发射和空间活动方面进行合作。美国方面认为与俄罗斯合作后，空间站经费投资可比原计划减少 70 亿美元，研制周期可缩短 2 年。

新空间站的叫法不一，有称“阿尔法和俄罗斯”的，也有称“国际”或“全球”的，比较常用的还是叫全球空间站。所谓全球空间站，是由美国的自由号空间站阿尔法方案，与俄罗斯的和平 2 号空间站结合而成。总重量 415 吨，主桁架长 88 米，太阳能电池阵宽 110 米，提供 110 千瓦电力，可居住 6 名航天员。其主要舱段和部件有：一根主桁架、和平 2 号核心舱、礼炮号拖船、联盟号救生飞船、美国的实验舱和居住舱。日本的实验舱、欧洲的实验舱、加拿大的空间移动服务中心、太阳热动力发电装置和空间热辐射器等。

在全球空间站上，美国研制的居住舱设有厨房、洗手间、洗澡间、卧室和医疗等设施。加拿大的移动服务中心，主要部件是一个长为 16.8 米的机械臂，可搬运 125 吨重的有效载荷。它沿着主桁架移动，进行空间站硬件的装配、维修和更换。欧空局提供的实验舱，主要用来进行空间材料科学和空间生命科学研究，其中包括空间冶金、晶体培养、无容器加工、生物制品加工、动物研究和细菌培养以及药物制备等。日本实验舱，是由一个压力舱、一个暴露平台和一个后勤舱三部分组成。其中压力舱最大直径 4 米，长约 10 米，主要用于空间材料科学和生命科学以及流体物理实验等。暴露平台长 3.3 米，高 2 米，宽 1.4 米，内装有 10 种仪器，用于天文观测、对地观测以及通信研究等。

全球空间站将首先在 350 千米高度的低轨道上装配，待装配完成以后，再爬升到 460 千米的轨道上。在此之前，美俄将互派航天员到对方的航天器上进行合练，例如，1994 年 2 月，俄罗斯航天员到美国航天飞机上进行实践，从而揭开了美俄联合飞行的序幕。1995 年 2 月 6 日，美国发现号航天飞机在太空经过三天半的追逐，终于赶上了俄罗斯和平号

空间站，在距地面 395 千米的太空轨道上，美俄两国的航天器相距的最小距离只有 11.3 米，实现了历史性会合。按照计划，今后美国的航天飞机还将进行 7~10 次向和平号空间站会合的飞机试验。与此同时，美国航天员将分批进入和平号空间站进行各项在轨操作和舱外活动练习，从事硬件装配、使用工具、维修和操作等工作的实践，以便取得在轨道上较长时间工作的经验，确保下一阶段全球空间站的装配工作顺利地展开。

全球空间站的建造时间顺序，初步设想如下：1997 年 5 月用俄罗斯的质子号火箭发射重量为 19.5 吨的礼炮号拖船。它首先是用于控制整个全球空间站的姿态和提升轨道，以后将为和平 2 号发动机系统贮存推进剂；在礼炮号拖船上天后，接着发射气密舱、美国舱、和平 2 号核心舱以及太阳能电池阵，并于 1997 年底达到可以接纳航天员在其上短期居住和工作的要求。然后安装大型桁架；1998 年 4 月安装加拿大的空间移动中心；1999 年 10 月发射日本的实验舱；2000 年 4 月发射欧空局的增压舱；最后发射美国的居住舱。整个工程预计需要发射俄罗斯质子号火箭 12 次，美国航天飞机飞行 19 次。全球空间站将于 2001 年全部建成，完成“和平”、“自由”的太空联姻。全球空间站将成为一座太空科学实验与研究的中心，它将为人类提供一个空间资源开发与利用的极佳场所。

浪漫而富有诗意的失重生活

大凡到空间站长期工作、旅游的人们，无一不是富有冒险、拼搏、顽强、奉献精神的人。人们进入太空必须做好经受空间恶劣环境考验的精神准备。妨碍人们在空间站长期生存的因素很多，但主要有三个，这就是被称之为空间站的三大敌人——失重、辐射及心理障碍。

刚刚登上全球空间站，开始生活在失重环境里，身体经历着很多微妙的变化，最为明显的是血液从下半身涌到上身和头部，使头脑发胀、脸浮肿，胃里老觉得翻腾，令人苦不堪言。但经过 24 小时后，就完全适应好转了。因此，安排计划时有意在最初几天给予较轻的工作量，直到习惯了失重环境为止。

在太空失重环境下，人们不能象在地面上那样躺在床上睡觉，因为在没有重力的情况下会使你的身体自动地漂浮起来，必须钻进睡袋里并将它固定在舱壁上才能安稳地睡觉。因为在太空中没有上下、左右、前后之分，到底是站着睡、躺着睡，还是倒立着睡，谁也说不清。

在空间站上，每位乘员都有一间私人的隔间，以便处理个人的事情。为了使乘员得到充分的睡眠和使情绪松弛下来，房间内设有消除噪音和灯光控制设备。床设计成两种，可根据自己的习惯与爱好加以选择。一种是睡袋式床铺，可以调节温暖程度和限制力的大小。另一种是睡眠限制床，由一个柔性的可以吸收能量的基座系统悬吊着，可根据个人的需要进行调节。在失重状态下，当人体完全放松时，身体会自然形成一种弓状姿势。大多数人认为，在太空中睡眠，身体稍为弯曲成弓状，比完全伸直或平躺着要舒服得多。漂浮在半空中睡眠是别有情趣的事，不妨用一根绳子将睡袋或床铺的一端吊挂在房间的壁上，任它在半空中漂来漂去，脑袋也随之晃来晃去。如果将睡袋床紧贴着墙壁睡觉，你就会感到象睡在地面床上一样。采用这种方法睡眠，后背可以伸直，有利于预防腰背疼痛。如若能到空间站上身临其境地体验一番，各种睡眠方式都去试试，定会感到妙趣横生。

空间站上房间内布局紧凑合理，充分而有效地利用空间，可以按照个人爱好加以调节。为了使乘员得到消遣和娱乐，每个隔间专为乘员设置了观察和拍照用的小窗口，窗口直径为 25 厘米，并设置有乘员个人使用的方便工作台，全套通信、电视、音响以及数据处理系统。还设置有个人存放物品的贮箱以及能消除肌肉疲劳的合适的身体限制装置。每个隔间有自动调节空气温度、湿度、流量和气流方向的调节器，航天员亦可根据个人要求自行调节。还有供修饰用的镜子及个人用具等。至于乘员的居住空间大小，是根据地面所做的大量试验结果进行的设计，因而人生活在里面感到非常舒适。

在地球上，淋浴对每个人来说，只不过是日常生活中一件极平凡的小事，然而到了空间站上就非同小可了，完全可以说是一种高贵的享受。如果用价值来计算，将一套淋浴设备送上太空，再使用比黄金还要贵的

水，那么一次淋浴的费用，恐怕比世界上最豪华的浴池还高得多。在空间站上，由于航天员在太空生活时间较长，不能不解决洗澡问题，但也不能每天洗淋浴，每月大概只能享受1~2次。空间站上的淋浴间，是由强力尼龙布围成的一个浴罩，上下由框架固定。淋浴前，首先将热水和冷水分别放入两个容器里，接着清理输送管道、抽水装置、过滤装置、空气净化装置等。为了洗上一次淋浴，花在准备工作的时间就需要好几个小时。要使它产生和地球上同样的淋浴效果，还需要有不少的附加设备。淋浴间顶上安装淋浴喷头，在太空中水不能自上而下的流出来，这是因为没有地心引力的缘故，必须给以压力，一般需0.8个大气压，在淋浴间的下部还安装了吸管，用抽气机将浴罩里的水和蒸汽往下抽。这样上面压水，下面抽水，就形成了自上而下的喷淋效果。淋浴前先飘到更衣室脱去衣服，用尼龙带系紧以免飘走，然后打开淋浴舱的门，飘浮进去，关上门，将双脚套在限动器上，不然的话，在往身上喷水时身体会来回转动，甚至撞到墙上。此外，在失重状态下水还会呛伤人，甚至被溺死。为了安全起见，淋浴时必须戴上防护面罩，其中包括呼吸罩和目镜。因此，航天员在淋浴的过程中，既紧张又舒服，真有一种说不出的情趣。

在宇宙空间大小便，也与地面上的不太一样。早期的载人航天器的废物处理系统比较简单，到空间站才有了较为完善的系统。它被布置在对接装置相连接的过道上，安装了一个带拉锁的橡皮帘子，这就是卫生间，内放有个人卫生的必需品，马桶是特制的，在马桶的前端还安置了收尿器。当航天员使用这种马桶时，臀部要系上一根座位固定带，以免飘浮时臀部与座圈相分离。利用离心力将排泄物沉积在容器里，然后进入塑料集装箱，等装满后弹射至宇宙空间。吃剩的食物、生活垃圾也照此办法处理。这些装满废弃物的塑料集装箱，进入大气层时便会自动烧毁。

对长期生活在空间站的人来说，食品调配尤为重要，这样才使人感到不单调、乏味，确保人的身心健康，才能胜任各种繁重的工作。由于航天员在空间站上的活动量增大，能量代谢水平相应提高，尤其是到舱外活动他们的代谢水平更高。由于空间站内狭小的环境对活动有所限制，加之微重力环境这些影响代谢的特殊因素的存在，其结果显著地减少了航天员全身骨骼肌的活动量。而能量代谢则是人们食品供应热量标准的依据之一，空间站上航天员的食品不仅要求营养丰富，而且要求美味可口。在空间失重条件下，流体流动的特性由表面张力、附着力和粘性等物理性质决定。通过大量实践表明，人们在太空中可以使用普通的餐具进食，只要食物具有适当的粘稠度就可以了，如汤汁食品、速溶汤粉及饮料，都是很好的太空食品。

在空间站的厨房内，放有冰箱、冷藏柜、储藏柜、器皿洗涤装置。冰箱内装有除异味控制器、水蒸气吸收系统，以便控制细微颗粒和水蒸气进入其内部，并用硅胶干燥剂控制室内结霜。餐具洗涤剂除洗涤外还可消毒，它由一个转动的清洗槽和一个静止的喷水臂组合而成。清洗过程中，洗涤剂自动注入清洗槽，洗毕通过离心力作用甩去多余的水分，再经热空气干燥餐具，完成整个洗涤过程。洗涤餐具后的废水需经过过滤器，除去食物残渣和部分油脂（可溶解的油还需经油水分离除去其中

的油)，清水供下次洗涤用。

在空间站的冷藏柜里，为航天员准备了 600 多种食品和饮料，从烤里脊肉、鱼片、龙虾段、水果、蔬菜到冰激凌、糕点、米饭、馅饼……，品种繁多，应有尽有。每天的菜谱，适合于每个乘员不同的口味，可称得上是一种国际性的空间菜谱了。饭菜质量极佳，发出香喷喷的诱人气味，即使头脑发胀时，也会使人胃口大开。厨房内配备餐桌也很特别，既可展开，也可折叠收藏。餐桌上放有食品托盘，每个托盘分成 8 个食品罐凹槽，其中 3 个凹槽下面带有加热器，可把需加热的食品加温到 66℃。托盘表面带有磁性，可以吸住筷、叉、勺、剪、刀等各式餐具。吃饭时千万记住将大腿、脚固定在限位器上，这样用餐时就比较灵活、方便。

在空间站上喝饮料时，应使用一种专门设计的麦秆状吸管，吸管上装有开关卡子以切断液流。如果还使用地面上的普通吸管将无法喝饮料，这是因为当你吸一口饮料把嘴移开吸管时，液体就会源源不断地流出来，直至瓶子空了为止，而且流出的液体会象雾一样弥散在整个空间，它将会损坏关键的微电子设备。

在空间站上生活，时时处于失重状态下，身体变得没有重量，出现的症状或不适应的感觉有：白血球活性降低、红血球的单位细胞体积减少，血流量亦减少 10% 以上，血液流体的静压力几乎等于零；肌肉负荷减轻，骨内的钙质、磷质减少。出现头晕、四肢无力、无空间感觉等症状。失重已成为最强烈的环境刺激，航天员必须适应空间站上的这种失重现象。实践证明，最好的办法是长期坚持锻炼，就能有效地克服失重带来的不适应感觉。运动还能使骨骼中的钙、磷等无机盐的减少得到缓解，增强骨骼的形成与生长。由此看来，“生命在于运动”的保健格言同样也适用于空间站。空间站上的运动器材有自行车记功器、下身负压装置、综合健身器等。综合健身器可帮助航天员跑步锻炼，其上装有滚轮活动跑道，在跑道两侧又装有弹性固定缚带，可将腿绑在上面，在踝骨上再缚一弹性缓冲器，这样跑起来即可产生拉力，和在地球上跑步时的感觉就一样了。假如想着重锻炼膝关节，最好还是到自行车记功器上练习蹬车子，它看上去很象一辆自行车，脚踏子转一圈大约需 3 分钟时间，空间站上的人，每天都要在负重下进行一刻钟以上的锻炼，以此来增强心血管系统的功能，消除疲劳，增强体质，以便提高工作效率。

长期生活在太空中，远离故土，与世隔绝，久别人群与亲友，使人常常产生一种抑制不住的孤独感与恐怖感，从而影响工作和休息。人们把这种自我感觉称之为空间飞行心理障碍。为了克服这种空间飞行心理障碍，空间站上的休息大厅里，经常播放磁带录音，时而有雨滴落地、风吹树叶的淅沥声，时而有鸟叫虫鸣声、姑娘小伙们的欢笑声；忽而好像听到了汽车从远驶近的马达声，忽而又好像听到球迷们为球星破门发出的狂欢声。这些声音，代表人类在地球上生活所特有的旋律，听到这些亲切的声音，会有助于克服疲劳和伤感。空间站上还采用双向电视、通信系统，通过电视不时地与家人、亲友、运动员、演员等会面，以此来驱散孤寂感。

倘若你有幸进入空间站经历这段奇特的生活片断，定会留下深刻的

印象，这将是您终身难以忘怀的美好诗篇。

哺育空间新材料成长

空间站所处的空间环境，是一种客观存在，它包括真空、冷黑背景、电子、质子、电离层、微流星、太阳风、宇宙射线、弱磁场以及失重等特定环境。由于航天技术的发展，人们正逐步认识到这些都是空间资源，可以加以开发和利用，使空间这一特殊环境，如高真空、高洁净、失重等环境变成社会财富，为人类所共享。

失重这一词，人们并不陌生，比如，在跳越障碍或从高处跌落下来，人们就在瞬间处于失重状态。然而，只是因为失重的时间极短，以致感觉不到失重而已。现如今，无论是空间站或是航天员本身，都处于失重状态。所谓失重，它是相对于重力而言的，重力是一个直接测量或直接感受到的物理概念。通常一个航天器沿着轨道运动时，由环绕地球旋转时产生的离心力和重力达到平衡而出现的状态称为失重状态。根据理论分析与空间飞行实践，空间站在空间并不能形成完全真正的零重力环境，实际上总有某种干扰因素存在，如太阳光的辐射压力、反作用力矩、稀薄气体阻力、地球磁场的作用力与重力梯度影响等而形成的所谓微小重力。更可能产生干扰的是空间站内的人员走动、机器运转时的振动、定向系统发动机工作、零部件更换、陨石的撞击等等。因此，确切地说，空间站是处在微重力的环境下。

多年来，在重力场中已经形成的许多物理概念，似乎是不可动摇的。例如，早已被透彻研究了液体现象、热交换、摩擦、混合物分层、电泳等物理过程，并推导出这些过程的一些公式，从而取得了定量性数据。但是，空间站却是处在微重力条件下，以往的科技知识就显得十分贫乏了，必须重新建立物理模型。在微重力情况下，出现了许多与地球上截然不同的物理现象，这就导致了許多新的概念与定律的产生。

大家都比较熟悉的阿基米德定律：浸在液体中的物体受到浮力的作用，浮力的大小等于排开液体的重量。作用于浸在液体中的物体上部和下部的压力是不同的。如果物体的密度小于液体的密度，则该物体上浮，反之则下沉。在通常条件下，在装有油、水和沙粒的试管中，当我们抖动试管时，沙粒、油就在整个试管中分散开来，如果让试管静止不动，则沙粒沉到底部、油滴漂浮在上面。而在微重力环境中却是另一回事，因表面张力而产生的微弱压缩力各处都是相同的，它是均衡地分布在所有的面上，放在液体中的物体既不上浮，也不下沉。试管中的沙粒、油滴始终悬浮在液体中，油水混合可保持乳浊状，水中的气泡不会自动上浮逸出，即使是铅球也不会自动下沉。又如燃烧问题，在重力场中，当我们用一只玻璃罩罩到点燃的蜡烛上时，火焰呈舌状，这时可以看到蜡烛逐渐熄灭的过程。随罩子体积的大小不同，熄灭时间就会不一样，是一个渐变的过程。而在微重力场中做同样的实验，则是另一番景象，火焰呈圆球状，并不与罩的体积大小相关，瞬时熄灭。这一小实验，足以说明在空间微重力状况下，火焰周围的空气中的氧消耗掉以后，由于无对流产生，不可能使罩中其它部分的残留的氧对流至火焰四周，以致火焰立即熄灭。而在地面上时，对流可以将残余的氧输送到火焰的周围，使火焰维持到全部氧被耗尽为止，才逐渐熄灭。微重力环境，是一个基

本上摆脱了重力约束和影响的环境，可以说是一个新的奇异的世界。

在微重力条件下，无浮力存在，液滴较之地面更易悬浮，因而冶炼金属时可以不使用容器，而是采用悬浮冶炼法，其优点是，冶金温度不受容器耐温能力的限制，因此，悬浮冶炼不仅能进行高熔点金属冶炼，而且可避免被冶炼物与器壁的污染和非均匀成核结晶的出现，除改善合金相组织外，还使金属纯度大为提高。

在微重力条件下，不同比重的物质之间的分层和沉淀消失了。如果用含有多种元素的熔融态金属制造合金，不论它们的密度相差多大，由于在凝固结晶过程中不存在热扰动，因此，可制造出成分极其均匀的合金，或金属基复合材料。

在微重力条件下，内聚力和表面张力仍然存在，不产生地面上常见的自重变形，能制造出椭圆度极小的球体，且可控制产品形状，如制造极薄的金属膜和极细的金属丝。

在微重力条件下，因没有浮力，液体内的气泡排不出去，在各种粘度的液体中均可保留气泡，利用这一特性可制造出质量轻、强度大、刚性好的泡沫金属。

在空间站，人们为了开发利用微重力资源而配置了各种各样的空间材料加工专用装置，比如材料的熔化与固化装置、分离装置、连续电泳装置、有机金属晶体生长装置、球晶生长装置、温度梯度型电炉、声悬浮炉等等。可以制备在地面上无法制造的难混合合金、偏晶合金和复合材料，生长掺杂分布更为均匀、化学配比更加精确以及晶体结构更加完善的单晶材料，制取地面无法生长的大尺寸蛋白质晶体和高效率地提纯高纯度生物制品等。

半导体材料是信息产业的基石之一，在计算机、光通信、非绕性光学器件以及能量转换方面获得广泛的应用。半导体器件对半导体材料的要求很高，并且是多方面的。目前地面已生产的半导体材料，由于微观缺陷、杂质及其不均匀分布、沉淀物以及杂质和缺陷络合物的存在，已成为半导体器件发展的主要障碍。而在空间微重力条件下，晶体生长的潜在效益显著提高。主要因为结晶物质的传递不受对流的影响，晶体生长时其晶格趋向理想状态的排列，晶体结构完善，位错密度大为降低，掺杂均一性提高，组分偏析减少等，这些得天独厚的优越性是地面无法与之相比的。

在空间站生长的硒化镉和碲化镉晶体比地面生长的大6~8倍，生长速度亦大大加快。在空间站，用镓、硼、锑掺入熔化的镉中，均匀度可提高4倍。磷化铟在空间生长的速率比地面快5倍，且无杂质条纹。半导体器件早已进入微米尺寸甚至量子尺寸阶段，这就对半导体材料提出了更高的要求。最近，人们普遍把注意力集中到具有广泛应用价值的砷化镓上。地面生长的砷化镓，存在着清晰的、高密度的杂质条纹，而在空间生长的没有杂质条纹。由于砷化镓中的镓比重为5.904，砷的比重为1.97，两者比重相差甚大，因而在地面熔体中生长砷化镓单晶时不可避免地存在着组分对流，由于固-液界面的热不稳定性，必将导致砷化镓中化学配比的偏离。这是化合物半导体区别于单质半导体所特有的、长期没有能够解决的严重问题。在空间站设置的砷化镓单晶生长炉中，采

用移动加热法进行单晶生长，因组分的重力驱动对流消失了，从而获得具有比较精确的化学配比的砷化镓单晶，所得产品的缺陷及其络合物大为减少，这对从根本上改进砷化镓材料质量具有十分重大的意义。其结果表明化合物半导体的空间产业前景十分诱人。它将使计算机实现集成化、高速化、多功能化，并有可能具备接近人脑功能的智能化。高智能化的微小电路快实现时，传统的电子机器、机械设备、医疗器械等的体积大为缩小与简化，给传统的机械产品的形状、性能、用途等带来了革命性的变化。

泡沫金属，是具有奇特性能的金属，这种材料轻如木材，坚如钢铁，能象木块那样漂浮在水中，又能有效地抵抗压缩力。泡沫金属在地面上是无法制造的，假如向钢水中充气，因气体不会停留更不会均匀分布在钢水中，绝大部分气体将冒到钢水的表面而逃逸掉。可是在微重力条件下，气泡既不上浮，也不下沉，而是均匀地分布在钢水中。至于如何将气泡注入到熔融物质中，在空间有几种可供选择的方法：一是将液态金属物质和气体同时送入真空室中；二是在强大的压力下，将气体送入熔炼室的熔体中，然后再将充满气体的熔体送入真空室，当液体压力急剧下降时，液体中出现大量气泡，再使之急速冷却，这些气泡就能均匀地分布和固定在金属中；三是在金属粉末中加入易熔物质颗粒，这些易熔物质在加热时释放出大量的气体，但在加热前，必须仔细搅拌混合物，因这将是决定气泡分布均匀性的关键所在。例如泡沫金属钢条，按它的体积计算，可充入 88% 的气体。根据同样的原理，还可生产更轻的泡沫铝、泡沫钛等。泡沫金属，除了具有一切多孔物质固有的一般机械性能外，还随着气泡在固体物质内部分散程度的不同，而具有特殊的电、磁、过滤等特性。除此之外，还可制造气孔体积大小相等，且具有一定几何形状的泡沫陶瓷。

在地球上，制造金属纤维和丝、薄膜、薄片都比较困难，常常由于重力的作用而断裂。在空间微重力条件下，其生产工艺十分简便，只要将金属熔体不断地送入喷管或喷丝头，喷出后经冷却、拉伸就可制成纤维、长丝、薄膜和薄片。至于金属球，在远古时代，人们的制造方法是从高塔上用筛子过滤熔融的铅，使铅滴在下落时处于失重状态下冷却成形，制成的铅球近似于理想的球体形状。现代工业需要使用大量的轴承，其内装的滚珠通常在地面经铸造、轧机、冲模、切削和研磨等加工工序，一般难以保证球体具有更高的质量，因而影响使用寿命。然而，在空间微重力环境下，可以生产出高质量的实心 and 空心滚珠，这是因为处于微重力状态下的熔化金属，表面张力很大，能自动地收缩成理想的球体。如果需要空心球，则在加压下把气体注入自由蒸发的液滴中，就象吹肥皂泡那样将其吹胀，等液体冷凝后就成了空心球体。空心球体比实心球体更坚固耐用，经测试，带空心球体的轴承比实心的寿命长 4~7 倍。如果在空心球上，再浇上一层、两层的同一金属熔体，或者其它金属熔体，由于润湿性能所起的作用，新浇的熔体能均匀地蒙在整个球体上，即可制得轴承上用的无缝多层的空心滚珠，从而综合体现了理想球体、内腔壳体、多层材料所具有的各种优良性能。

在空间微重力及高真空条件下生产的金属材料，在强度、刚度、抗

磨损、切削等机械性能、耐热性能、磁性能、超导性能均得到改善，如在空间生产的记忆合金性能优越，而在地面因钛镍比重相差一倍很难获得均匀样品。此外，空间生产的铅铋合金，具有更高的熔化温度。铋合金在地面生产只能获得一般超导性，而到空间生产的制品可获得超导性能。

近代科学技术的发展，需要一系列的新型玻璃材料。它们被应用于量子电子、计算机、通信、能源和空间等技术领域。这些材料不仅应具有一定的光、电、磁、机械特性，而且应具有高纯的化学组成和高的化学结构以及均匀度。地面环境在一定程度上限制了许多新型玻璃材料的制备，而在微重力条件下，可生产出均匀度高的玻璃、耐高温玻璃、金属玻璃、微晶玻璃、氟化物玻璃、无气泡玻璃、彩色照相玻璃、光学纤维等。如一条 $\varnothing 1\mu \times 1\text{km}$ 的光导纤维，容纳的信息是普通电话线的1000倍。

太空天药走进人间

《西游记》中，孙悟空大闹天宫，偷吃了无数个仙桃，又把太上老君炼好的金丹吞了个精光。其结果，造就了孙悟空的金刚之躯，刀砍斧劈、火烧雷击都损伤不了他的一根毫毛。使人长生不老的仙桃、仙丹，只不过是一种神话。它反映了古人祛病消灾、延年益寿的美好愿望。在科学技术还不发达的年代，人们只能把希望寄托在虚无缥缈的仙丹神药上。

空间微重力资源的开发利用尤以微重力生物学的成就最引人注目。这不仅因为微重力环境为人类认识生命起源、生物进化和生物遗传等重要的生物学问题开辟了一条新途径，更为重要的是空间制药对人类更有现实意义。在空间站上，航天员绝不是象太上老君那样去炼制金丹，而是利用太空失重这一有利条件，以科学方法制取药物。这种药不是什么仙药，不过也不妨将它叫做“天药”。

空间制药是空间材料加工最容易获得经济效益的产业之一。在地球上生产药物，难免不受微生物、有害气体及尘埃的污染，同时由于受到地心引力，也难以生产和提炼高纯度的药物。虽然有时可利用超高真空来制取少量的高纯度药物，但产量很低，价格十分昂贵，质量也不稳定。因此，这样的药物对于一般患者来说是可望而不可即的。而太空却是一个无菌、高真空、高净洁、微重力的世界，在这个得天独厚的环境里，可利用电泳法进行一些特效药物的提纯。所谓电泳法，其原理是让含有生物物质的溶液，在两片带电的极板之间的槽中流过，由于不同的生物物质在溶液中所带的电荷不同，分子量不同，受到电场的作用力亦不同，因此，它们沿着不同的路线流动。这样，就把细胞、血球、酶或干扰素等不同的生物物质分离开来。当然，在地面上也可使用电泳法提纯生物物质，但由于重力的作用，液体各部分的温度是不均匀的，一部分较热，热的液体上浮，冷的液体下沉，形成了对流。对流是破坏电泳法高效提纯药物的大敌，因此，地面总也制不出高纯度的药物来，产量也提不高，为了取得 1 克的生物物质，往往需要用几十千克的原始材料。可是，在空间站失重的情况下，与地面相比，制造同一种药物的纯度高 5 倍，提纯速度可提高 400 ~ 800 倍。由此看来，空间制药可大大提高药物的纯度与产量，这就意味着空间站里 1 个月的产量相当于地球上 30 ~ 60 年的产量。在空间制药不仅可使制出的药物的质量有显著的提高，而且也大幅度地降低了特种贵重药物的成本。

空间制药已成为一种商业活动，经济效益和市场前景是发展空间制药成败的关键。现已能生产多种有实用价值的特效药，提纯蛋白质、酶和多肽。例如，有溶解血栓的尿激酶，治疗贫血的红血球生长素，治疗海绵状病毒性脑炎的激素，治疗肺气肿的胰岛蛋白酶抑制素，治疗糖尿病的细胞，防治病毒传染的免疫血清以及征服癌症的抗体、干扰素及各种激素，抗血友病因子， α 1 抗胰蛋白酶，表皮生长因子，转移因子等。无疑，空间制药业将对人类战胜疾病、提高健康水平和生活质量作

出贡献。

激素是人体协调各个器官组织功能的信息分子，通常对于缺乏激素的疾病，是利用人和动物腺体的提取物加以治疗。由于多肽激素只能通过注射的方法进入人体，因此，纯度要求极高。依靠地面上的药厂加工是无能为力的，很多激素难以获得足够的数量以满足临床试验和治疗实践。虽然一些简单的多肽激素可以用化学方法合成，但对于多肽分子内氨基酸超过 55 的激素和糖肽激素，化学家依靠地面生产也是会落空的。基因工程是开发这类激素的一条途径，但远不如空间细胞生物合成更加接近实际。据报导，目前世界上有 6000 多万糖尿病患者，许多病人每天需要依赖注射胰岛素来降低血糖。按平均用量计算，若每人每天需要 2 毫克动物胰岛素，这样胰岛素的来源成了很大的问题。在空间利用连续电泳法，能很有效地将胰 细胞与其它细胞分离开来。临床试验充分表明，如果将这些细胞移植到人体内，就能持续地产生胰岛素，使糖尿病患者从根本上得到治疗。另一种生长激素是脑下垂体分泌的多肽激素之一，用来治疗垂体机能衰退的儿童或侏儒症患者，亦可用它治疗老年骨质疏松症、出血性溃疡、烧伤、创伤以及骨折等疾病。此外，用于治疗骨质功能紊乱的甲状旁腺激素，影响神经细胞发育的神经生长因子和治疗贫血症的促红血球生长素等，深感药源不足。值得庆幸的是，一旦空间站建成，空间制药厂就可将地面奇缺和难以生产的 48 种激素移到空间进行批量生产，以解燃眉之急。这些高质量的药品源源不断地运回大地送到医生手里，不仅为千千万万的患者解除了病痛，而且医生通过临床治疗与实践，将信息反馈给空间制药厂的有效载荷专家，以便于不断调整产品结构，使空间制药业更具有生命力。

空间生产蛋白质晶体，已在地面实际应用中显示广阔的前景。众所周知，如果根据人的意志来改造蛋白质，必然会要求测定和研究被改造对象的空间结构，以便进一步提出修正改造方案。许多药物是通过与特定蛋白质的相互作用来发挥药效的。蛋白质空间结构的关键在于蛋白质的晶体培养，而在空间这一特定环境下，对晶体的生长极为有利，其晶体的体积可长大 27 倍，这就使测定蛋白质晶体结构成为可能。干扰素是一种糖蛋白，可引起感受细胞的抗病毒性能。在空间生产的干扰素、淋巴细胞活素和细胞分裂素，已成为最有发展前途的一类药物，对治疗癌症有很大的潜力。

人体内每一生物学过程都离不开酶，这点早已被人们熟知。酶不能由化学合成，用基因工程生产人体酶也相当困难。目前医学上用的酶都是从人的血液、尿或器官中提取的，然而因人体酶的来源非常之少，分离又很困难，所以价格十分昂贵，这就影响了它的发展与应用。空间制药厂不仅为开拓临床研究用酶提供手段，而且可批量生产，大幅度降低成本。如尿激酶，是治疗中风和瘫痪及心肌梗塞一类血栓病的特效药，一般通过尿分离或肾细胞培养产生，在地面分离提纯或组织培养而得，价格昂贵。空间工厂的建立，批量生产价廉质高的尿激酶已指日可待了，在空间用电泳法很方便地将人尿中的尿激酶与其它成分有效地分离，使无数的病人获得新生。

空间制药厂，实际上是一个智能化的空间药物加工系统，主要由细

胞培养和产物分离两大系统组成。产品经分离、提纯、浓缩、干燥、冷藏后包装。这些新型特效药由航天飞机源源不断地运回地面，使人类更加健康。

新兴的太空科技工业

发展高科技，实现产业化，是当代人为之奋斗的伟大目标。当前，太空活动即将进入大规模开发和利用空间资源的新阶段，在金融界和企业界的眼里，空间资源开发也是一种风险投资的机会。对于任何航天产品或服务，人们必将提出一些类似的问题，即市场有多大？它是否稳定和可以预测？技术上和财政上的风险到底有多大？需要投入多少资金？远期回收能盈利多少？这都是一些难题，是企业家研究的学问。

我们已熟悉的航天科技产业，如卫星通信、卫星遥感、空间运输、空间材料加工等，其产品均可转化为商品，这些领域的开发是能够获得较大的利润，并已被人们认识。

随着航天计划从地球轨道扩展到月球，然后再伸展到其它行星，企业投资的机会将显著增加。到 21 世纪，太空企业将有更宽的范围，归纳起来大致有三类太空企业：地球上的保障工业、市场位于地球的太空工业和市场位于空间的太空工业。

空间太阳能发电站

近年来，由于人口激增、工业无节制的发展，人类对能源需求不断增长，使用煤炭、石油等一次性石化燃料，造成了严重的环境污染，为此，研究开发和应用可再生洁净能源已势在必行。经科学家研究分析，地球上可供开采的煤炭和石油等能源的储量非常有限，按照现今能源需求的增长速度，如无特别重大的发现，估计只能维持 200~300 年。还有人估计，地球上石油的蕴藏量为 2 兆桶，从 1900 年前后开始使用石油能源，如果不控制使用，预计到 2050 年石油将被用光，到那时必需有能替代石油的新能源。人们现已把注意力转向太阳，向太阳索取能源。

太阳是太阳系的中心天体，它是一颗稳定的恒星，一个处于动态平衡的炽热的气体球。来自其中心产能区的巨大能流主要是电磁辐射，其次以粒子流的方式从太阳表层稳定地向外发射。太阳辐射能，是大气圈、水圈、生物圈运动，以及岩石圈作用的主要能源。人类生存活动更离不开太阳能，太阳离子流以及太阳活动对地球也有重大的影响。通过实测，推算出太阳辐射总功率为 3.82×10^{23} 千瓦，而地球仅仅能得到太阳总辐射能的 22 亿分之一。太阳每秒钟供给地球的能量是 4.1×10^{13} 千卡，相当于每秒钟燃烧 500 万吨优质煤所发出的能量。太阳能的能量非常巨大，但绝大部分在茫茫太空中白白地散失掉了。

如何把太阳能收集和利用起来，为人类服务，已成为许多科学家研究的重大课题。20 世纪中叶，科学家已在利用太阳能方面，取得了一项重大的突破，就是能够把太阳能直接变为电能。太阳能发电是将太阳能转换成电能的过程。太阳能发电可分为太阳热发电和太阳光发电两大类。利用太阳辐射产生的热能生产蒸汽，来推动汽轮发电机组发电的过程，被称为太阳热发电。利用光电效应原理，将太阳光直接转换成电能的过程，被称为太阳光发电，亦称光电池发电。

太阳光发电的核心是太阳电池组件。它是由硅单晶或砷化镓半导体材料制成，每个太阳能电池的面积只有几平方厘米。这种太阳能电池的应用十分广泛，在现代日常生活中随时都可以见到，比如太阳能电池计算器、太阳能电池手表和太阳能电池钟，只要太阳光一照射，这些计算器、手表和钟就能工作。由于航天技术的突飞猛进，如今人造卫星、宇宙飞船、空间站等航天器上的能源，大部分是采用太阳能供电，有些是将太阳能电池贴在卫星的表面上，有些则是贴在专门供给贴太阳能电池的翼板上，这种翼板好像是卫星向左右伸出的两扇翅膀。在翼板表面上贴有数以万计的太阳能电池，将它们并联或串联起来，在太阳光的照射下，便能供给几百瓦乃至几千瓦的电力。翼板面积越大，贴的太阳能电池越多，产生的电力就越大。1968 年格拉塞博士提出了空间太阳能发电站方案，这一设想是建立在一个极其巨大的太阳能电池阵的基础上，由它来聚集大量的阳光，利用光电转换原理达到发电的目的。所产生的电能将以微波形式传输到地球上，然后通过天线接收经整流转变成电能，送入全国电网。

人们也许会想，目前在地面已经能够将太阳能电池安装在个人住宅的屋顶上，组成家用光电池发电系统，又何必到太空中去建设太阳能发

电站呢？经研究人员分析，要把丰富的太阳能转变成电能，在地球上建立大型太阳能—电能转换装置，会出现很多不利因素。这是因为一般在地球上的任何一个地方，一年中只有 1/2 左右的时间能获得日照，而且日照程度又随时间和天气而改变，比如云、雾、雨、雪等天气现象的出现，使工作效率大为降低，所以不能把它作为基本负载的电厂来使用。同时还因为在地面上有风和重力存在，使建筑超级大型太阳能电池阵或反射镜颇为困难。加之存在大气和地面的各种污染，还需要设计专用自动清洗设备对其进行定期清洗，不然就会影响它的转换效率。

在宇宙空间建立太阳能电站，能合理地充分利用空间资源。太阳能电站最好设置在赤道平面内的地球同步轨道上，位于西经 123 度和东经 57 度附近。使太阳能电池阵始终对太阳定向，并且发射天线的微波束必需指向地面的接收天线。由于处在赤道平面的同步轨道上，因此空间太阳能电站与地面任何地方的相对位置都保持不变。电站上需带有少量推进剂，以便克服由太阳和月球重力作用、太阳光压和地球偏心率等因素造成的轨道漂移。不过当空间太阳能电站绕地球运动时，总有一部分时间内被地球遮挡住阳光。但由于该站设置在静止轨道上，每年有 277 天是全日照，仅每年的春分、秋分前后各有 45 天时间，轨道上的发电设施才出现地球阴影（亦称星食期），最长的停电时间也只不过 75 分钟，而停电时间又是可以正确预测的，照此算来，空间太阳能电站平均每天有 99% 的时间，可向地上接收设备输电。在外层空间，太阳能的利用绝不会受到天气、尘埃和有害气体的影响，再加上日照时间长，因此空间太阳能电站与同一规模的地面太阳能电站相比，接收的太阳能要高出 6~15 倍。

美国波音公司设想的电站规模相当于一个空间小城市，如果建成，它的发电能力为美国最大水力发电站的 2 倍。据科学家估算，若建造 60 颗卫星式的空间太阳能发电站，其发电能力相当于美国目前所有发电站发电能力的总和。波音公司集中研究了两种电站的方案，一种是光电转换方案，另一种是热循环方案。每种方案能产生 10000 兆瓦的电能，可满足 100 万户家庭的需要。设想的卫星式空间太阳能电站，外形为长方形，长 24.8 千米，宽 5.2 千米，其面积为 129 平方千米，在这样大的卫星平台上，大约需贴 140 亿块太阳能电池。在太空建造这样的电站，总重量将达到 10 万吨。空间太阳能发电站所产生的电能是直流电，经转换成微波能，送至电站平台上的发射机，通过直径 1 千米的天线发送出去。天线波束指向地面接收天线阵，经过地面天线接收后，再把微波能转换成直流电。这项工程之浩大实在令人惊叹，它将给人们留下深刻的印象，仅地面接收天线就足以说明这一点，其面积高达 9.5 千米 × 13 千米，形状就象装在地面高处的一道篱笆，不过在它下面的空间完全可以充分利用，用它来种植各种农作物。

在外层空间轨道上，空间太阳能电站处于失重或微重力环境下，也就是说处于受很小外力作用的环境之中。这对于超级大型太阳电池阵和太阳能收集器的构筑十分有利。可采用轻型或展开式结构。此外，在太空高真空和高洁净环境下，也不必为太阳转换装置加设清洗、排水等机械设备，可大大简化装置。尽管如此，在太空建造空间太阳能电站，还需要解决一系列的技术问题，比如，要寻找制造成本低、性能好、重量

轻的太阳能电池，以及轻型耐久的结构材料。同时还要研究解决好飞行控制，因为这是一个重要的工程问题，在太空对一个巨大的活动系统来说，如何使 100 多平方千米的巨型太阳电池阵始终对准太阳，并控制微波波束的发射方向。此外，人们也十分关心微波能量的传输，微波对电离层的影响，微波辐射对通信的影响，以及微波对生物的影响等问题。

人们一旦下决心要在太空建设空间太阳能电站，必将要动用航天飞机、大型运载火箭这些运输系统，把为数众多的材料分期分批地运送到太空中去，将电站组装成型。如果一切能如愿以偿，待空间太阳能电站建成，地球上的能源危机就可得到缓解，环境污染问题亦会得到改善，人们期待的这一天不会太久了。

前景广阔的空间建筑业

现在国外一些大型科研中心的蓝图上，已描绘出永久型空间站、空间制药厂、空间冷冻厂、空间太阳能电站、空间旅馆、空间医院等的结构外形与施工方案。不久的将来，空间建筑师们就要奔赴太空，去那里开工建设了。科学家们确有把握预言，到 21 世纪初，空间建筑业定会有较大的发展。

处于特殊环境中的太空工地，具有许多不同于地面工作的特点。在广阔无垠的太空中，万籁俱寂，由于是一片茫茫的真空宇宙，尽管空间建筑工人在那里紧张地架设桁架、固定接头，但丝毫也听不到通常的叮响和砰啪声。失重条件又给建筑师们带来了许多方便，人们有可能建筑任意形状和大小的建筑物，不需要过多地考虑建筑材料的承压力和所配置的设备载荷。但是，由于空间温度的急剧变化，也会给建筑业造成严重的困难，这就是使材料和构件变形，因此，必须寻找象石墨一类的膨胀系数低的建筑材料，以满足空间建筑业的需求。

空间建筑业是一个新型行业，需要突破许多技术难关，比如空间装配技术就是其中之一。大型太空建筑结构，离不开横梁和桁架，空间用的桁架体积很大，从几百米到几千米不等，在地面很难制作，也无法运输。通常在地面把横梁卷绕成盘状，装在航天飞机的货舱内，送入太空工地后，由横梁制作机自动地把盘状材料切割成所需的长度，以供架设太空结构用。横梁制作、横梁装配、桁架展开以及成品结构总装，是建造大型太空构件的四个主要步骤，它们都必须在太空进行。通常，首先将第一批运送到太空的组件，拼接成立方形的空间建筑的中心体，或者利用折叠式的梁在空间展开，再竖成中心体。在中心体上装配新的装配件——起居室、设备舱、生命保证舱、库房等。然后，这些空间建筑工人仍到舱外活动，去装配第二个立方体，在第二个立方体基础上增加更多的装配件，扩大空间建筑物。

建筑工人在太空中作业，如同水中的微粒处于某种悬浮状态，除了使建筑工人产生一些不寻常的感觉外，还带来了许多特殊问题。特别是难以和操作面保持确切的相对位置，并迫使工人在操作时十分谨慎小心，因为稍有大意将扳手或螺栓掉落下去，虽然用不着担心会砸到自己的脚上，但要把它取回来就不那么容易了，它总是在你够不着的地方游荡。为此，空间建筑工人本身以及所使用的工具、部件等，都必须用绳系住。当然，失重对操作工来说也有有利的一面，如太空建筑工人只要用极小的力气就可以安装好地面上十分笨重的构件，这是长期生活在地面上的人们一时无法想象的。

建筑工人在失重情况下开始工作时，首先要做的事就是使自己的身体固定下来，或者从支架上找到一个支撑点，以免从工作地点漂走。为了使建筑工人定位，通常设计了一种带有磁铁或凸轮的专用鞋，鞋底的凸轮可以卡在工件的凹槽内，并采用特殊形状的定位专用工具，它有三种形式：第一种是在螺丝帽的孔内嵌入钢扣簧的弯曲头，建筑工人的手可握住扣簧而定位；第二种定位设备是固定在带拉杆的螺钉上，拉杆的

另一端则系在建筑工人的腰带上；第三种是在螺帽上套着带有手柄的定位撑杆，建筑工人用手握住支撑杆就能定位。所有这些设备，都会有助于建筑工人在太空失重下的定位。为了适应太空环境，人们在地面建筑中常用的工具不能立即拿到太空中去使用，必须加以改进与革新。比如太空用的锤子与地面的完全不一样，其结构非常简单，但构思却很独特，锤子的敲击部分采用空心的，内部装的是金属球，当敲击时，下面的球往上跑，而上面的球则往下行，通过它们之间的摩擦来消除反冲力。因此，这种锤子与通常的锤子不一样的地方，就是在敲击后不会出现反弹力，有利于操作。太空用的剪刀做得也很巧妙，剪刀与手柄是组装而成的，根据需要可把剪刀卸下，而把平口钳、克丝钳等不同的工具换到手柄上去，还由于采用了双臂传动系统，使建筑工人操作起来十分省劲。太空钻孔专用机做得更为别致，其形状为圆锥形，有趣的是钻孔钻进的材料越深，钻出的孔就越大，操作时无需用力去压它，它会自动地伸进所加工的材料中去。此外，还有一种空间用的消旋电气传动装置，其原理是在使转子旋转的同时，定子也在旋转，只是旋转的方向不同，结果是一种方向的旋转抵消了另一方向的旋转，因而也无反作用力产生。在这种消旋电气传动装置上，装上圆锯、螺丝刀、钳子、冲孔器等，在操作时，手既感觉不到振动，亦感觉不到有后坐力的存在，而且几乎听不到响声。

进入大型空间站、空间太阳能发电站等建设时期，为了减轻工人的劳动强度，最好的出路是全面实施机械化。一种是使用遥控机械手，它有7个自由度，能模仿人的肩、肘、腕、手的动作，可在太空架设桁架。另一种是自动遥控架梁机，它带有一个安装控制器的敞开式工作台，与地面建筑工程用的液压传动的特种起重机相类似。身着航天服的建筑工人被牢靠地固定在平台上，利用遥控机械手可进行50米外的空间作业。此外，还有一种经过精心设计的舱式机械手，也叫做自由飞行器或轨道机动飞行器，建筑工人在里面可不穿航天服进行操作，这种飞行器能在太空中自由飞行，为建筑工人任意漫游太空工地、运输物资器材、架设横梁桁架、救护失去工作能力和处于困境的工作人员提供方便。

在大规模空间建筑开始之后，需要在空间建立长期性的低轨道载人建筑基地。这种基地应能容纳若干个小型作业组在里面工作、生活三个月，基地内配备有自动桁架制造机、架梁机械、各种备件与工具、特种预制件以及供组员生活保障的物资。此外，为了把工人和物资及材料等从低轨道转移到高轨道上去，还需要配备载人变轨飞行器，亦称轨道转移飞行器。

21世纪，在令人神往的空间建筑事业中，将出现装有吊车的大型货舱，可以在导轨上移动，并设有固定的控制指挥中心。到那时，空间机器人也将成为空间建筑的主力军，空间建筑工人完全可以象地面现代化工厂那样从事工作，坐在信号灯闪烁的控制台前，远距离操纵各种各样的机械设备与仪表，创造出更加光辉灿烂的人类文明。当空间建筑业兴旺发达时，大兴土木建造空间城市的日子也就指日可待了。

大显神威的空间机器人

21 世纪太空科技工业的迅速发展，带动了空间机器人事业的发展，并逐步担任主角，人将退居二线。据科学家估计，建造一个 500 万千瓦的空间太阳能电站，需要 600 多人在空间工作半年时间，其中 100 多人在低轨道空间基地工作，其余的则到地球同步轨道空间基地上去工作。并且还需要建立一支空间基地及发电系统的维修保养队伍。可以想象，未来的太空开发活动，将需要大量的人去完成。

在以往的太空开发中，航天员已经创造了许许多多的奇迹，如登陆月球、舱外捕获失灵的卫星、太空修理哈勃望远镜。但是，这些活动究竟花了多少代价却鲜为人知。开发和利用空间的前景虽十分美好，但要使人类能在太空中停留，就必须有庞大而复杂的生命保障系统、环境控制系统、物资补给系统、救生系统等，而这些系统耗资惊人。据科学家预估，永久性载人空间站，其中生命保障系统、居住系统和航天员舱外活动系统三部分的体积约占核心舱总容积的 16%，功耗占空间站总功耗的 25~38%，研制费占总经费的 20%。另据估计，为了保证航天员在太空中活动，每个航天员每天约花费 50~100 万美元。

如此看来，开发太空决不能象在地面工厂那样，将成千上万的工程技术人员和工人送往太空，去从事各种空间材料加工、空间生产、空间装配、空间修理等作业。唯一解决的办法，就是招聘大量的机器人，把他们送上太空取代人类，使之成为劳动的主力军，成为航天员的得力助手。在太空中人和机器人的作用，可用人体来形象的加以比喻，机器人好比人的四肢和躯体，由他们完成各种各样的繁重工作，而人的作用则相当于大脑，指挥和监控着所有的机械活动。要使太空科技工业具有最高的生产率，最低的运行费用，一种最为有效的途径就是在人的监控下，将机器人和高度自动化系统结合起来，组成高可靠、高效益的人—机混合系统。

众所周知，机器人是一种通用机械系统，他象人一样，可以在事先未知的环境条件下完成各种各样的任务，具有对外界环境的感知、推理、判断和决策的功能。但是，人们也早已意识到并非所有的机器人都能到太空中去工作，因为空间环境与地面环境有着天壤之别。空间机器人工作在微重力、高真空、超低温、强辐射、照明差的环境里，因此，空间机器人与地面机器人有着很大的差别。在失重状态下，只要加速度不太大，纤纤细手也可挪动庞然大物。比如，航天飞机上的遥控机械手，是用复合材料制成的 6 自由度的机械臂，长达 15 米，自重 400 千克，在地面上软弱无力，连自身重量的物体都抬不起来，然而，一到太空却能举起几十吨重的载荷。在失重状态下，只要对物体稍加推动，它将立即飞走，这给操作带来诸多不便，特别是给视觉识别带来麻烦。例如，在地面上，放在工作台上的物体总是以固定面朝向视觉镜头，而在太空，漂浮的工件可以任何方位朝向镜头。这样空间机器人就必须具备三维视觉系统，还需配以特殊的标志码来识别物体及其方位。要求手指能灵活地选择所要抓取的方位上的物体，并带有接近觉、触觉、滑动觉、力觉等智能传感器，以便配合视觉系统来完成操作任务。在失重状态下，任何物体包括机器人本身都是处在漂浮状态，这样空间机器人必须是多臂

型。一只固定用手臂抓牢某个结构件而稳住自身，一只操作手臂稳住工件，另一只操作手臂用来完成操作任务。在高真空条件下，空间机器人的活动关节，与地面上的机器人活动关节也有本质上的差别，它需要采用固体润滑，并且要解决高真空条件下的金属冷焊问题。由于空间的微重力环境，操作手的动力方程与地面有较大差异，因此空间机器人是一种特殊形式的机器人。

被选聘到太空工作的空间机器人，除了要能适应空间环境，还必须具备体积小、重量轻、挠性大；智能高、功能全、多臂型；低功耗、长寿命、高可靠等特性。空间机器人在太空主要从事的工作是：空间建筑与装配；卫星和其它航天器的维护和修理；空间生产和科学实验。

空间建筑与装配是空间机器人的一大任务，尤其是在空间建设的初期阶段。一些大型结构件，如无线电天线和太阳能电池帆板的安装，大型桁架及各舱段的组装等舱外活动，都离不开空间机器人。空间机器人去舱外将承担大型构件的搬运，构件与构件之间的连结紧固，有毒或危险品的处理等一系列任务。据估计，空间建筑一半以上的任务，将落在能舱外活动的机器人身上。舱外活动机器人的特点是，在其末端操作器上带有高级遥现装置，可多臂协同工作，并配有工具夹和供货盘，由现场的计算机和专家系统给出工作指令，完成各种建造任务。

随着空间活动的不断深入，人类在太空中的财产越来越多，截至1994年底，世界各国已向太空发射了4500多个航天器，其中人造地球卫星约占90%。这些卫星一旦发生故障，丢弃它们再发射新的卫星，一是很不经济，二是增加了空间垃圾，因此必须设法加以修理。利用空间机器人将出现故障的卫星，从轨道上抓回来，带到空间站上去修理，然后再用辅助火箭或轨道机动飞行器，将修复的卫星放回太空轨道上。倘若有的航天器不能带回空间站修理，大多利用智能机器人乘坐自由飞行器去执行任务，对某些部件进行拆卸和再组装，或者对构件进行切割和焊接。有很多航天器，为了延长它的工作寿命，需要不断补给被消耗的物资，如照相胶片、氮气、燃料、冷却剂等，这些物资中，有的是有毒物质，有的则具有强腐蚀性，有的低温冷冻，在失重状态下很难处理。派舱外服务机器人去执行这些任务，既经济，又安全。舱外服务机器人携带全向天线，以便与空间站保持通信。还带有激光雷达和彩色立体视觉系统，用以导航和目标识别。手指上装有触觉传感器、滑觉传感器、接近觉传感器，腕臂上装有力觉传感器，用以增加操作的灵活性和精确程度。体内可携带工作所需的工具、元器件。需要时可乘坐喷气背包飞离空间站去执行各项任务。舱内机器人主要为科学有效载荷服务，因此，应按照实验的要求来选择机器人，可供选择的品种是很多的。他们不仅要执行应急和修理任务，而且要执行象添加反应物、产品收获、中间采样分析、搜集各种样品等一类的任务。

舱内机器人的存在大大减轻了航天员的劳动强度和紧张情绪，并可

在航天员离开现场时作为替补参与工作。有一种被命名为蜘蛛王的小型舱内机器人，通过 1 组 8 根凯夫拉绳与机器人的工作环境相连接。这些凯夫拉绳从蜘蛛王身躯的边角延伸到工作空间各个触点上。通过增大或减小特定绳的拉力，机器人便可在整个工作间内移动，其位置精确度和重复率高得令人吃惊。

不言而喻，空间机器人在太空科技工业生产活动中，无论是提高安全性方面，还是提高生产效率和经济效益方面，都起着难以估量的作用。随着航天活动的不断深入，空间机器人必将得到新的发展。在不久的将来，当人类重返月球、飞向火星，飞出太阳系之际，空间机器人将以崭新的面貌大显神威！

妙手回春的空间医院

开发太空的目的，一是到空间去获取资源，二是对人类是否能适应太空环境进行考验，三是向现代医学挑战。试验表明，航天员在长期失重条件下不仅能耐受空间真空和高低温环境，而且还能工作。尽管如此，目前仍存在一系列航天医学方面的难题，如在失重环境中，血液大量涌向头部，造成血液循环系统和平衡系统功能性紊乱，航天员在空间出现呕吐昏眩症状的所谓“空间运动病”；长期失重还造成人体骨骼疏松，脱钙与脱磷等无机盐代谢紊乱，使肌肉萎缩等；失重还对人体的免疫力和遗传有影响，而这些生理反常现象，仅凭遥测和航天员的感受来探索是很难深入研究的，必须依靠医生亲临现场做多方面的体验与考察，才能有效地解决这些问题。

早在 1964 年，原苏联就派叶戈罗夫医生随上升号宇宙飞船到轨道上，在那里停留了 24 小时，从事医学课题的研究工作。相隔 10 年之后，又派遣阿季科夫医生乘联盟号宇宙飞船到礼炮 7 号空间站上“出诊”。21 世纪太空科技工业的兴起，将来大型空间站、太阳能发电站、空间工厂等的建设，在太空工作的不是几个航天员，至少几十人乃至几百人。因此，在考虑开发太空规划的同时，必不可少的要考虑空间医院的建设，以便解决航天员的医疗问题，以及利用空间有利环境治疗地球上难以治疗的某些疾病。空间医院将是一个综合性的医疗系统，集研究、治疗、休养于一体。

空间运动病是航天员在失重飞行中碰到的共性问题。近 20 年的载人航天史上，空间运动病频繁发生，下面一组统计数字足以说明这一点，原苏联上升号宇宙飞船上的航天员发病率约是 60%，礼炮号空间站上的发病率为 40% 左右。而美国阿波罗宇宙飞船上航天员发病率为 37%，天空实验室上的为 55.5%，航天飞机上的为 53%，这充分说明空间运动病仍然是航天医学领域亟待解决的问题。空间运动病同属运动病范畴。运动病是指人乘坐飞机、车或船所引起的面色苍白、出冷汗、上腹部不适、恶心、呕吐等病症。空间运动病的症状反映在胃肠消化系统和中枢神经系统上，亦出现呕吐、厌食、头痛、心脏搏动次数减少、面色苍白、盗汗等严重症状，如同在地面上喝醉酒似的情形，空间运动病出现最早的时间可以在发射后 15 分钟就开始，最迟也在 48 小时内便发病，一般病症持续 4~7 天之后消失。空间运动病严重影响航天员的健康、工作能力和安全，尤其对于短期载人航天危害更大，在发射后短期内出舱活动或救生应急返回，是对航天员安全的一种威胁。对空间运动病治疗，主要方法有限制头部运动和服用抗运动病的药物。由于头部运动加重了空间运动病症状，和视动性眼震以及错觉感，所以空间大夫应教会航天员有意识地控制头部运动，必要时用颈圈来限制头部运动。服用西药会出现某种副作用，同时亦不能完全消除空间运动病的症状。未来的空间医院将开展中西医结合治疗，发挥气功、针灸、中药的优势，进行综合性医疗研究。例如，中国的“长生不老药——杜仲”，就可作为空间保健药供航天员服用，据说它有促进蛋白质代谢、增进合成能力的效果。根据杜仲的药理推测，它能在微重力环境下起到抗肌肉和骨骼老化的作用。人们坚信，通过中西医的共同研究与探索，定能找到有效防护和治疗空

间运动病的方法。

空间医院还需要特别注意研究在空间长期生活中会出现哪些特殊病，采取什么措施可以防止它们的发生。据长期载人航天试验资料的统计分析，多发病为人的血管功能改变、骨骼脱钙、疲劳、睡眠紊乱、辐射损伤，还有一种常见病称为“心”病。虽然在短期载人航天史上，还未出现过因乘员的感觉、认识和心理障碍而使飞行归于失败的先例，也未听说过不良的心理反应引起航天员的生理机能受到明显损害。但随着空间基地建设，面临转向长期居住空间这一新生事物的出现，人际关系、社会及心理状态等问题就会接踵而来，而且日益复杂，处理这些问题也会越来越困难，处理不好便会严重影响任务的完成。

太空科技工业基地将是一个“与世隔绝”的小型社会，什么样的人都会碰到。人长期生活在这种环境里，或多或少出现各种异常心理、心理社会和心理生理的反应。有害作用使人从厌烦和无精打采，直至发展到不利于身心健康的焦躁不安、睡眠紊乱、疲惫不堪和认知受损，最终导致敌意或抑郁过度使性格孤僻。曾有一位长期在太空生活过的航天员回忆起当时的情景，他认为在空间共同生活不会是宁静的，我们之间也会有意见分歧，有时甚至会对我的同事极为恼怒，但在失重状态下，站立不稳，就连想打人都很困难，有时即使感到灰心丧气也没办法，只觉得非常疲劳，常常不知道哪件事就会引起争吵。另一位航天员则回忆说：在空间出现控制不住的心里状态，也有周期性变化，有时会情绪紧张和难以入睡，有时却乐意把闲暇或娱乐时间用于工作，来打发时间，因为在工作中能感到时间过得快些，这样可消除因感觉时间过得慢而产生的孤独、寂寞、头痛、背痛及其它身体不适感。人们分析，无所事事会导致心里危机，在失重环境下尤为严重。

长期在空间生活还会出现一些难以预料的险情。一些人在空间停留时间越长，越想返回地面与家人团聚。一些人因心理因素和个人因素导致事故发生。据说有一次，一名航天员本来分工在空间站内，监测另一名出舱的航天员生保系统，因被太空美景所吸引，抑制不住想欣赏一下的强烈欲望，于是违犯操作规程，将头伸出舱口，因未将安全带系牢，身体在失重下来回旋转，并逐渐漂离空间站，幸好被出舱的航天员及时发现，抓住了他的脚，才使他侥幸脱险。

在空间活动的行为表明，在地球上许多看来是无关紧要的小事，而到达没有地方发泄强烈情感的空间环境里，相应变得十分重要。若对一些小事处理不当，造成人员的心理障碍，轻则影响工作效率，重则出现事故，后果不堪设想。建立空间医院后，航天员出现心理障碍后可到医院找心理医生咨询，有针对性的帮助消除障碍。亦可让航天员轮流到空间医院定期疗养，通过改变日常生活安排、休息、锻炼及检查治疗，增加娱乐活动，使空间生活变得有情趣，打破长期呆在太空令人厌烦、乏味、孤独和沉闷的气氛。与此同时，空间医院还可研究如何去调动人的积极因素，设法使人类通过自身的努力来维护和提高自己对空间环境的适应能力，训练并使他们掌握利用社会心理学知识，处理好人际关系。由此观之，空间医院的建立，将为人类征服宇宙排除各种干扰立下汗马功劳。

空间医院不仅负责心理治疗，更重要的是研究如何确保航天员的生

命安全，其中包括研究如何采取物理预防措施，如体育运动、电刺激、下身负压、防护服等。还要研究空间用的药物，进行临床治疗与预防。这些药物的功效在于：动员机体自身的代偿适应机制，以提高对极端因素的耐受性，预防感染、辐射损伤等；治疗疾病；消除疲劳和精神紧张。在失重状态下，机体出现体液向上移位，从而出现一系列血液循环变化以及站立耐力降低的现象。空间药理学的任务，是要寻找有效药物使血液重新分布正常化，消除小循环和大脑血液循环系统的郁血现象，预防心脏活动的紊乱，提高站立耐力等。其中特别重要的是研制预防和治疗心律不齐药、强心剂、影响心肌能量储备药、调节血管张力药等。空间医院建成后，所积累的许多医治太空病的经验与良方，将推广应用到地球上，使更多的人受益。

人们乐观的估计，空间医院还将是地球上病人的圣地。在那里，可以有效地利用无重力、无菌、真空这些特定环境治疗某些疾病。例如医治大面积烧伤病人，在空间医院里，病人不需要着床，可飘浮在空中进行悬浮治疗，这样绝不会生令人烦恼的褥疮，而且在无菌下不会受到感染，有利于伤口的愈合。对于心脏病患者来说，空间医院是疗养的好去处，因为它能促进身体的早日康复，在太空失重条件下，血液重量及粘度均减小，心脏只需花费地面 1/4 的力气就能推动血液循环。这对患有心律不齐和心肌梗塞的人来说，心脏负担会大大减轻，促进了心肌的自然恢复。在空间医院里，对治疗呼吸系统疾病也很有利，如治疗肺气肿和哮喘病，都具有地面上无可比拟的优点。对于骨折治疗，无重力环境下，上石膏就更加简便了。而腿脚不灵活、腰痛无力的人可以在太空中自由行走。空间医院建成后，航天员可随时到医院就诊，白衣天使亦可到各工地去巡诊，地面上的一些伤病员也可乘坐航天飞机到空间医院去治疗，这些都将成为生活中的现实。

人类重返月球建基地

回想 26 年前，美国航天员登上月球那一刹，全世界为之惊叹，为之振奋。但也有人持否定态度，有的说，花了近 300 亿美元，10 多年时间，耗费了这样大的人力与物力，结果只背回了一堆石头、泥土，真是得不偿失。也有人说，登上月球从科学探索角度看是有意义，但从经济效益上分析恐怕几乎等于零。

事情果真如此吗？只要纵观历史，对这些悲观论调是不难理解的。因为每当一项伟大的发明或科学发现问世时，往往只有少数人能理解，看出它的真实意义，大多数人则要经过长时间和更多的实践方能接受。阿波罗计划是一项大胆的行动计划，由于阿波罗任务的顺利完成和取得的各种第一手资料，使月球世界令人着迷。月球土壤样品，为科学家提供了许多有关月球起源和化学组成的真实材料及研究依据。证明了人类能在月球上工作与生活，并为下一步的探索制订科学和工程方案奠定了技术基础。

21 世纪，人们将把下一代的月球开发先驱者送至目的地，他们将在月球上架起“月球生物圈 1 号”这一密闭生态环境生命保障系统，并逐步建立起一个适合于长久居住的科学和技术研究及生产基地。

未开垦的处女地

月球是地球唯一的天然卫星。从地球上望月球，它看上去与太阳大小差不多，造成这种错觉是距离的奇怪安排。月球的直径是 3476 千米，而太阳的直径是 139.2 万千米，也就是说太阳的直径是月球的 400 倍。但地球到太阳的距离是 14960 万千米，地球到月球的距离却只有 38.44 万千米，令人难以置信的是，月球到地球的距离约是地球到太阳距离的 $1/400$ ，所以从地球上望去，月球和太阳大小差不多，当月球正好处在可以发生日食的位置上，月球能不大不小，准确无误地与太阳重合。天文学家把这一奇怪现象称之为：“天文学的事故”，因为这用天文学原理是无法解释的。

月球的形成与演化，一直是人类极其关注的一个问题。最近，有一本研究太空人的小册子，试图提出一种耸人听闻的设想，月球是万年之前太空人使用的一艘宇宙飞船，太空人在驾驶月球临近地球时，曾发生了与另外一些太空人的战争，这场意外的战争使地球蒙受了巨大的灾难，同时也给月球带来了创伤。因此，又论述月球是一艘带伤的飞船。关于月球的起源学说，可谓众说纷纭，一种叫做“捕获说”，认为月球原来是太空中的一个小天体，后来被地球引力捕获，变成了地球的卫星；另一种叫做“分裂说”，认为月球原来是地球的一部分，后来由于某种原因从地球上分裂出去一大块物质，而形成了绕地球飞行的卫星；还有一种叫做“同源说”，即在太阳系形成当初，地球和月球也同时形成，或许是构成地球的剩余物质聚集在一起而形成了月球。

自本世纪中叶以来，对月球和空间的探测，以及阿波罗登月，使人类渐渐看清了月球的形成与演化的漫长历史图像。事实证明，一切天体都有它的形成与发展过程。因此，月球起源与演化的研究，对研究太阳系初始物质的基本特征、原始太阳星云的化学成分与环境、太阳系早期的物理化学状况，太阳星云的凝聚过程，直至撞击形成太阳系等将提供丰富的、重大的科学论据。特别对研究类地行星的演化历史更具有重大的意义。阿波罗登月之后取回的样品经同位素分析表明，月尘是月球上最古老的物质，其年龄与地球相同，即 44~46 亿年。月海盆地是在 39 亿年前形成的，月海玄武岩的年龄大约为 31~39 亿年。雨海盆地中的月坑早在 39 亿年前就出现了，雨海南缘的哥白尼坑形成于 8.5 亿年前。从地球化学和星体构造上来看，月球和地球非常相似，看来它们有共同的祖先，从而基本否定了“捕获说”。另外，月球密度比地球小得多，轨道面与地球赤道面相倾斜，这些又使“分裂说”理论产生很多矛盾。因此，目前人们倾向于支持“同源说”。

尽管人们对月球已经做了大量的观测和月样分析，但许多基本问题仍模糊不清，一年一度的世界性月球科学讨论会还在争论不休。这些问题包括：月球的成因；月球的早期演化史；月球的内部构造、物理性质与化学组成；月球岩成因；月球与地球及其它行星形成、演化的共性与特性；月坑成因类型与辐射线的形成机制；矿产形成与分布特征。所有这些都是月球科学研究中亟待解决的一些问题。但是有些不可否认的事实，在月球上没有水和大气的风化，没有生物的影响，在那里存在的历史痕迹难以磨灭，几十亿年前形成的景象现在依然如故，因此说月球表

面保存有远古事件的记录一点也不过分，它是掌握解答太阳系历史的一把万能钥匙。只有通过大量的探索和重返月球的野外实地考察，才能获得较为满意的答案。这也正是人们为什么要重返月球的重要意义之一。

人类提出重返月球的另一个重要意义，是为解决人类面临的日益恶化的生存环境，矿产资源日趋枯竭及能源短缺，试图通过重返月球获得新能源和矿产，来摆脱人类未来的窘境。在已进行的探月活动中，总计从月面取回了 403 千克的岩石和土壤样品，各部门科学家采用不同方法和手段，对这些稀世珍宝进行了极其细微的观察、化验和分析，揭示了大量有关月球的奥秘。

月球的表面土壤，由岩石碎屑、粉末、角砾岩、玻璃珠组成，结构松散且相当软。月海区的土壤一般厚 4~5 米，高地的土壤较厚，但也不过 10 米左右。月球土壤的粒度变化范围很宽，大的几厘米，小的只有 1 毫米或数十微米，这些细尘土一般称为月尘。月球土壤中大部分是细小的角砾岩及玻璃珠，约占 70% 左右，小颗粒状玄武岩和辉长岩约占 13%。众所周知，地球上的土壤主要是由岩石风化而成的。而月球上没有大气及生物，因此不存在风化现象，那么月球土壤又是如何形成的呢？根据分析人们是这样解释的：月球土壤主要是由于岩石受到外来物体或小天体的冲击，粉碎沉积而成。其次，由于经过数十亿年时间，月球表面受到极大的温差（温差在 100 以上）和太阳风以及银河宇宙线的日积月累作用，促进了月球土壤的形成。太阳辐射使矿物强度降低，晶格发生形变，温差变化加速了岩石的碎裂。

月球具有丰富的物质资源，月岩中含有地壳里的全部元素和 60 种左右的矿物，其中有 6 种矿物是地球上所没有的。在月球土壤中，氧占 40%，它是推进剂和受控生态环境生命保障系统的供氧源；硅占 20%，是制作太阳能电池阵的原材料。其它元素的比例是，铝 6%~8%、镁 3%~7%、铁 5%~11.3%、钙 8%~10.3%、钛 5%~6%，钠、钾、锰含量占千分之几，锆、钡、钷、铈含量为万分之几。科学家们把月球土壤样品加热到 2000℃，发现有惰性气体从土壤中逸出，其中有氦、氩、氖、氙等放射性粒子。月球上还富含地球上没有的能源氦-3，它是核聚变反应堆的理想燃料。从月球岩石标本上还发现有一层很薄的无锈铁薄膜。起初科学家们推测，假如让这种铁处在地球条件下，定会立即氧化锈蚀，然而，经过试验的结果，这种铁不会被氧化，是通常所说的“纯铁”。纯铁对人类非常有用，据估计，在发达国家里，每年因金属腐蚀损失大约占国民经济收入的 1/10。如果能在月球上生产纯铁，运回供地球上使用，不仅填补了一项空白，而且获得很大的经济效益，无疑是对人类的一大贡献。开采月球的天然矿藏是十分有吸引力的，在月球基地上将材料加工成最终产品，供空间和地面使用，预计是一项高效益的产业，其前景非常诱人。

人们还把月球土壤研碎，加入各种培养基，在不同温度下进行培养，结果未发现有任何生命迹象。并把它放入 30 万倍的显微镜下进行检查，也没有发现任何有机物或化石的痕迹。但从阿波罗 12 号的航天员从月球上取回的勘探者 3 号探测器上的旧摄影机，发现摄影机里有活的细胞。看来它不是月球上诞生的生命，而是探测器发射前由地面带上月球的。不过，令人惊诧的是，经过两年半月球环境的严酷考验后，细菌竟然能

存活下来。

月球上的特殊环境，为推动科学技术重大进步提供了极好的机会。此外，由于月球上即使有月震发生，但仍处于较稳定的状态，又没有大气包围，加之不受地球无线电干扰，因而是进行天文物理学、重力波物理学和中微子物理学实验和观测极有吸引力的场所。还由于它的重力场小（只有地球的 $1/6$ ），所以又是材料科学和生命科学研究与生产的最佳场所。月球还可以成为行星际航行基地，人类的空间移民区。

开发月球的前奏曲

在纪念人类首次登月 20 周年之际，人们又在兴致勃勃地讨论重返月球这一伟大创举，不过它的内涵要深刻与丰富得多。近年来，许多研究报告表明，月球作为人类扩展空间的第一个目的地并在它上面建立基地，是不无道理的，真可谓是最佳选择方案了，这正如上面已经论述过的，因为月球具有很大的潜力。人类对月球资源的开发利用，已产生越来越浓厚的兴趣，月球将成为人类开发空间的第一大目标。

尽管早期的月球探测，为人类实现载人登月进行实地考察奠定了基础，进而改变过去基于地面观测所形成的许多传统观念，而把人类视野伸展到宇宙的深处。然而，在阿波罗登月期间，仅有 24 名航天员飞向月球，其中只有一半即 12 名航天员真正登上月球，而且都是小心翼翼地身穿航天服在月球表面上活动几个小时，绝大部分时间是呆在登月舱中，而且只不过维持一两天，就赶快返回地球。人类在月球表面上停留的时间，累积起来还不到两星期，严格地讲，他们只不过是接触了月面上的几个地点而已。

恢复月球探测有许许多多的理由，但促进科学发展、推动科技进步、开发空间资源、发展空间产业几大任务已成为人们的共识。航天经济学家针对人们所提出的问题，对阿波罗计划的经济效果重新进行了评估。整个阿波罗计划耗资近 300 亿美元，可称得上是一项耗资巨大的载人航天计划。参加阿波罗登月工程的有上百个科研机构，2 万多家企业，制造的元器件多达几百万个，解决了几十万人的就业机会，导致了美国 60~70 年代产生液体燃料火箭、微波雷达、无线电制导、合成材料、电子计算机、药物及生物工程等一大批高度发达的工业群体。后来，阿波罗登月计划中取得的技术成果又向民间应用转移，带动了整个科技发展与工业繁荣，其二次开发应用的效益，远远超过阿波罗计划本身所带来的直接经济效益与社会效益。尽管当时美国国内对阿波罗登月计划有着不同的认识和结论，但是关键科学和各种边缘交叉学科的兴起与进步，进而转化为国家未来经济实力并确保了国家安全，这个结论是无可非议的。

为了建立永久性基地，选择合适的场地就显得非常重要了。这里需要考虑的因素之一是，月球是绕着自身轴旋转的，月球虽然有一面始终朝向地球，但每个月绕地球运行一周时它本身也在自转。因此，一颗绕月球极轨道运行的卫星，同月球表面的相对位置却在不断地发生变化，也就是说每隔 14 天卫星才能在月面上同一地点的上空飞过一次。如果采用轨道交会方式给月面上的基地供应物资，那么只能每隔 14 天才能进行一次。如果把基地设在月球赤道上，情况就大有改观，可完全不受这种限制，因这时的交会轨道在赤道平面内，每隔 2 小时左右就可交会一次。

如果有个基地是选在月球的背面，那么要与地球保持通信联系就需要有中继卫星，否则难以解决这一问题。另外，还有一种代替月球赤道基地的选择方案，这就是将基地建立在月球的两极地区，它同样是每隔 2 小时就可同轨道上的卫星交会一次，同时，还有一个很大的优点，那就是因月球的轴向倾斜度很小，只有 1.5 度，而地球的轴向倾斜比它大得多，达 23.5 度。在地球或月球的极地上看太阳，它总是处在靠近地平线或月平线的位置上，但从极地的上空看太阳，太阳似乎永远不会落下去，因此，这里有的地方终年处在阳光的照射之下。然而，在月球的极地上又存在有陨石坑及阴影地区，在那里却永远见不到阳光，所以这里的温度极低。据科学家们预测与分析，这里有可能聚积着冰和一些气体以及某些重要的物质资源。

事实上，至今人类还没能完全掌握月球上可利用的资源到底有多少。阿波罗计划的圆满完成虽然极大地扩展了人类的视野，但阿波罗飞船还仅局限在从月面的 6 个地点收集到的一些标本，没有能够到月面的深处去探测，亦未能进入月球的两极地区及其它边缘地区勘察。因此，建造未来永久性月球基地的最佳位置尚不能确定下来。

现在人们把重返月球的第一步，仍放在发射绕月轨道飞行卫星进行详细的地质勘测上。美国和俄罗斯都对发射月球极轨卫星发生兴趣，美国已拟定建造一系列重为 1 吨左右的小型轨道器，其中的一个被称为月球资源测绘者，另一个则被叫做月球测地巡逻者，用它们来探测月球的矿产、测绘地形、绘制月球表现图，并进行地质化学研究以及在月球的两极寻找水源。根据观测结果，再向月球发送机器人登陆器和月面漫游车，以便获取更多的资料。利用测绘和遥感技术，可以确定月面的特点，作为选取适合建立月球前哨站地址的依据。欧洲的科学家建议先利用装有先进遥感器的月球轨道探测器、着陆器，对月球进行无人探测，并已考虑在下一个世纪初发射一个月面着陆器和一个月面巡游车。而日本则更热衷于对月球的探测，这体现在日本已集中了政府、商业、科研等机构的研究人员 2000 余人，成立了一个“月球基地和月球资源开发研究会”的专门机构，对月球探测提出如下的构思：无人登月的科学观测和探查；人类在月球上作短期逗留；实现常住目标；开始利用月球资源并定居；扩大资源利用和大量移民，达到生活和生命保障系统能自给自足等五个阶段的发展战略，最终实现利用月球资源向月球移民的目的。

日本为了不失去大好时机，尽可能地沿用较成熟的运载火箭技术、卫星技术，开展月球探测活动。1990 年 1 月 24 日 20 时 46 分，日本拉开了重返月球的帷幕，发射成功第 13 号科学卫星“飞天”，同年 3 月 19 日开始向月球接近，并从星上释放出一颗绕月球运行的小型月球轨道器，重 11 千克。经过多次变轨，该轨道器在距月球 7000~20000 千米的月球椭圆轨道上运行，利用月球重力变轨，以便掌握行星变轨技术。这次实验的效果是：首先利用自旋稳定控制方式，采用光学导航装置，通过拍摄目标天体及其背后的星体照片，了解探测自身方位与速度；从距月球 19000 千米处拍摄图象，已能判别月球表面的风暴与陨石坑。

日本还打算在 1997 年发射一颗月球？A 探测器，将通过测定月震和月球表面的热流率来获得研究月球起源及其进化的信息。月球？A 是由探测器本身和 3 个登月穿透器组成，重 520 千克，直径 2.2 米，高 2 米。

其上装有月震仪的穿透器，长约 70 厘米，直径为 15 厘米，重 13 千克，穿透器的电源使用高性能的超级锂电池，能持续观测 1 年左右，估计这期间能获得 1000 次以上的数据。

日本的月球 A 探测器拟用 M⁵ 火箭发射至远地点为 40~50 万千米的中间轨道，利用月球引力和推力变轨，于 1998 年 2 月进入 200 千米的月球轨道，然后用双组元推进器将近月点高度调整至 45 千米，在这一高度释放 3 个穿透器，以每秒 250~300 米的速度冲向月球，估计穿透器会冲入月球表面 1~3 米的深度。随后探测器调整轨道，最终运行在 200 千米的圆轨道上。在用摄像机进行月面拍照的同时，探测器还负责中转穿透器发来的月震数据。随后日本还打算发射月球极轨道探测器，其上装载的探测仪器有月球测绘成像器、合成孔径雷达、激光高度计、X 射线和 ν 射线光谱仪、辐射计和磁强计。通过一系列探测，人们将会对月球有新的认识。

美国在 1994 年 1 月 25 日，发射成功先进轻型克莱门汀 1 号月球探测器。探测器重 233 千克，直径 1.14 米，长 1.88 米。它对月球进行了迄今为止最为详尽的地貌测绘，并对其上的矿物构成和引力分布进行了分析，得到关于月球的最新探测数据。

科学家通过对克莱门汀 1 号探测器探测得到的数据及由成像敏感器拍摄的 150 多万张照片的分析，增加了对月球新的认识。与早先认为月球在 30 亿年间未有重大变化这一观点正好相反，根据数据与图片分析表明，在月球南极地区有一处盆地大约在 10 亿年前曾有过熔岩流动现象存在，这是月球上火山活动的特征。另外，还通过多光谱仪对月球进行探测，经多光谱分析表明了月球地壳的厚度及地表的硬度差别极大。还发现靠近月球南极有一处巨大的深陷凹地，与月球的自转轴成很小的角度，在凹地边缘的阴影下，长期能躲避阳光的照射。在此环境下，即使液态水在月球上无法存在，但以冰的形式存在还是有可能的。

假如在月球上可以找到水的存在，哪怕它是冰冻状态也好，这样人类在月球上建立基地就会容易得多。因为水除了可以供给航天员生活外，还可提供火箭燃料氢。到那时，从月球返回地球，就不必依靠地球携带大量的燃料上去。况且月球的引力只是地球的 1/6，是最理想的天然发射场。

随着各种月球探测器飞向太空，重返月球前奏的号角越吹越响。它将激发起人们向月球基地进军的豪情。

建立月球前哨站

预计 21 世纪，人类将要频繁地进行登月飞行，这就需要配备大推力的运载火箭，以及强大的航天飞机机队阵容，定期地向月球前哨站运送所需的器材、设备、生活补给品、飞行用的燃料，以及接送航天员往返于地球—月球之间。为了降低运输成本，需要寻找一些花费能源少、速度快的登月途径。

20 多年前，阿波罗登月采用了将服务舱留在月球轨道上，航天员只乘坐登月指令舱降落在月面上的做法。航天员完成任务返回时，再乘坐该指令舱上升，与服务舱对接、返航。采用这种轨道停留方案的特点是，能使运到月面上的载荷达到最大值，而且在轨道上可以选择有利的时机降落在月面上。

随着时间的推移，如今航天家族中又增添了空间站、航天飞机、大型运载火箭等这些新的生力军，科学家们在研究制定新的载人登月计划时，必然更上一层楼，提出了几种低成本的登月新方案。第一种方案，采用直接升降的途径，即用运载火箭从地面发射，将登月飞船直接降到月球上，完成任务之后，航天员再乘坐装在登月飞船里的返回航天器，直接返回地球。直接升降方案，可不受地理位置约束，随时可离升月面返回地球。设想的登月飞船的质量为 96 吨左右，不过需研制一种重型运载火箭，它的运载能力应是现有土星 5 号运载火箭的 5 倍。第二种方案，采用航天飞机和运载火箭联合运输的方案。先由航天飞机携带登月舱，进入低地球轨道，随后用运载火箭把上面级送入同一轨道，在此轨道上登月舱与上面级交会、对接后，再把它送至月球。第三种方案，由航天飞机或者载人飞船将物资和人员先送至空间站，然后利用空间站上的月运输飞行器推进舱送至绕月运行的轨道上，航天员与设备再随月运输飞行器分离出的登月舱登上月球。返回时，由返回轨道运输飞行器送回空间站。第四种方案是，建立在月—地太空运输线的基础上。先用航天飞机把登月飞船的一部分部件运往近地轨道，在那里通过太空作业把它组装成型，然后把航天员或有效载荷送到飞船上。再采用空间拖船把它拖往月球。空间拖船犹如太空机车，专门承担近地轨道、月球轨道之间的任务。在月球轨道上，还需设置一种专用的“月球着陆器”，它的任务是把进入月球轨道的飞船安全地送往月球表面进行软着陆。这样由航天飞机、空间拖船和月球着陆器三者共同组成一条月—地太空运输线，它们各自在自己的轨道上往返飞行。从而使飞行成本大幅度降低。倘若我们设想把上述的四种方案，组成一完整的天地往返运输系统，月—地之间的交往将大为方便。

重返月球计划与阿波罗计划首次载人登月任务大不相同。阿波罗载人登月计划，主要是局部考察、安装仪器和采集标本。而重返月球计划是把建立月球前哨站作为新的起点。初步决定分两步实施，第一步建立简易的前哨站，进行短期的载人活动；第二步，进一步扩展，建成前哨基地。

前哨站的建设，运输任务由航天飞机和运载火箭联合承担。头两次的登月任务均不载人。第一次飞行任务是由一个四脚“月球游览飞行器”，将重约 9.7 吨的科学仪器与支援设备送上月球表面。这些设备包

括一个密封舱及与乘员居住设施有关的设备，一个月球物理站，一台光学望远镜，遥控漫游车及太阳电池阵。第二次飞行任务是由“月球游览飞行器”将 9.7 吨重的乘员居住设施及支持系统送上月球，其中包括燃料电池的电源系统和环境控制设备。第三次飞行任务开始为载人登月飞行。将能容纳 2 名乘员的舱体和月球游览飞行器，并排放在航天飞机有效载荷舱内，随航天飞机进入低地球轨道，然后航天员把乘员舱组装到月球游览飞行器的上部，组成登月飞行器，并对各系统实施检查。随后，利用大力神或者阿里安火箭把半人马座上面级也发射到与航天飞机相同的轨道上，并进行自检。经检查确认一切正常后，两名登月航天员方可离开航天飞机座舱，进入乘员舱。这时载有航天员的登月飞行器在轨道上与半人马座上面级进行自动交会与对接，由半人马座上面级带动登月飞行器从低地球轨道送至绕月运行轨道上，一旦任务完成，半人马座上面级便与登月飞行器自动切离。尔后从绕月运行轨道飞至月面的任务就靠登月飞行器自身来完成了。在飞向月球前，航天员还要进行一次全面检查，以做到万无一失。

登月飞行器由乘员舱和月球游览飞行器组成。乘员舱的外形与阿波罗指令舱极相似，舱体采用了现代化建造技术和新型复合材料，因此，重量仅为 3260 千克。月球游览飞行器中间配备了一个液氧箱，两旁是液氢燃料箱，自身净重为 3400 千克，可携带 16100 千克的推进剂，采用 4 台低温燃料发动机作动力。

经过若干回合飞行，航天员在月球前哨站作短期逗留，在月面上安装必需的科学仪器、月球制氧试验装置等。从事实地科学考察，以便建立起对月球的感性认识。待条件成熟，在前哨站的基础上扩建成月球前哨基地。

对于月球前哨基地的建设要求，应具备能提供 5~10 名航天员居住的住宅，并能满足在月面上维持 1~2 个月的生活必需品的条件。为达到这一目的，人们又开始投入紧张的月球前哨基地建设。具体做法是，先用运载火箭向月球发送单程货运飞船，飞船上有直接登月、携带航天员住宅与生活用品的着陆器。该着陆器将是一种重 60 吨的四脚装置，它将降落在靠近月球赤道的土麦海附近的前哨站旁。当着陆器着陆平稳后，航天员住宅仍留在着陆器的顶部，而太阳能电池帆板和散热器则自行张开，开始工作，其它各个系统也自动进行检查，准备好迎接航天员的到来，就是可以省去航天员在月面上建造住宅的繁重劳动，使航天员从地面出发之前，就对他们未来的生活安排充满信心，做到兵马未动，粮草先行。

月球前哨基地建成功后，航天员将分批分期到基地上工作，每期派 5 名航天员在那里工作生活 45 天，在结束前一星期，下一批的航天员便到达基地，以便交接和熟悉这里的工作，因此基地在高峰时期航天员可达到 10 名。他们将在以基地为中心方圆 25 千米的范围内，就月球生命科学、地质地貌学、矿产资源、环境科学、物理学和化学等各个领域进行调查研究，采集各种标本。还可在基地内培植一些高等植物和藻类，以便部分解决航天员的粮食和气体转换问题，并进行制氧试验。为了月球

基地的建设，前哨基地负责部分对月球钻探取样任务，这些工作当然是由机器人来完成，航天员只负责对样品进行分类、整理、包装，并带回地球作详细的系统分析。

月球资源的利用

人类在月面上进行科学探测与研究活动，开发利用月球资源，建立永久性月球基地是十分必要的。至于月球基地建设和月面活动方案，已有很多建议，由于目的不同及建议者不同，因而各种提案有着很大的差别。但只要我们从总体的构思上对这些提案进行剖析，都离不开下列几个发展阶段。

基地建设准备阶段：对地形及资源的调查；

建设前哨基地：在月面临时居住，向下一阶段过渡的准备作业；

建立月球生产基地：月面上长住，生产活动开始；

发展中的月球基地：生产活动进入正常化阶段；

成熟的月球基地（即永久性月球基地）：建立各种产业，经济独立化。

月球前哨基地的建设，意味着人类已跨入月球基地建设的第二阶段。应该说，这时的人类开发月球活动，还仅仅是一个开端。年轻的科学家们将奔赴月球前哨基地，到第一线去参加实际考察，希望能够掌握更多的第一手资料，为开发月球、建设月球献出美好的青春。年富力强的实业家们，被月球上丰富的资源所吸引，他们将开辟新的战场，到月球上去开矿、建厂、创业，加快月球资源利用的步伐，在月球上大展宏图。

这里必须强调的是，当大批人马进入月球基地，转入月球生产基地建设阶段时，需要解决的问题比前哨基地建设复杂得多、困难得多。这是因为人员增多，需要就地建设住宅，再依靠着陆器上航天员住宅远远不能满足要求。而月面是真空的，表面温度从 -170 至 $+130$ 之间发生变化，温差极大。此外，还需经受宇宙射线和微小陨石骚扰等危险环境的考验。为了使航天员能长期生活在这样严峻的自然环境中，基地的各种建筑物的结构必需具有高度的气密性、绝热性、抗辐射性等。科学家们为此已勾画出月球生产基地的基本轮廓，提出了月球上工农业生产、科研的布局，供给设计师们作为建筑设计的依据。

根据月岩样品及大量有关资料的研究与分析，确定了月球优先生产的产品原则，主要是充分利用月球资源，为扩建月球基地而生产所必须的原材料，重点放在制氧、金属冶炼、建筑材料的制备等。为了实现这一目的，人们已对月球上的加工厂的生产工艺流程及制备方法进行了多方面的详细研究。

科学家很早就开展月球表土提取氧的方法研究，他们利用阿波罗飞船取回的月球沙土进行实验，在 1000 的高温下，将月沙中的钛铁矿和氢接触生成水，再将水通过电解提取氧。研究表明，提取 1 吨氧，约需 70 吨的月球表土。考虑到在月球上生产的特殊情况，建议在月球基地建设的同时，应考虑配备一套小型的化学处理设备，利用太阳能作动力，每天大约可制备出 100 千克的液氧。具体工艺流程是，利用月球岩石在高温下与甲烷发生反应，生成一氧化碳和氢。在温度较低的第二个反应器中，一氧化碳再与更多的氢发生反应，还原成甲烷和水。然后使水冷凝，再电解成氢和氧，把氧储存起来供使用，而氢则送入系统中再循环

使用。据预测，月球制氧设备，最初是为给月面上航天员提供氧气之用，但他们需要的氧气并不多，一个 12 人规模的基地，每月也只需要 350 千克氧气。而一套制氧设备连续工作后，可生产出相当数量的氧气，因此，在月球基地建设时，应同时建造一个永久性的液氧库，以便供给航天器作为低温推进剂燃料使用。

十分有意义的是，在制氧过程中经过化学处理后得到的“矿渣”，却成了上等的副产品。这是因为它含有丰富的游离态硅和可供冶炼的金属氧化物，只要采用适当的工业方法便可继续冶炼，炼制出工业上极有使用价值的金属钛。科学家们提出的制钛工艺流程是，将“矿渣”通过机械粉碎、磁选，提取出铁钛氧化物，在 1273 高温下加氢处理，生成氧化钛，再以硫酸置换出其中的铁，接着和碳混合，在 700 的温度下通入氯气，经过化学反应后生成四氯化钛，然后在 2000 高温下加热，投入镁以便脱出氯，最终得到熔融态的钛。

铝的精制方法更为新颖，月面上的铝是由称之为斜长石的复杂结构所组成，倘若用常规精炼方法制铝，在月面上很难获得成功。科学家们经过反复试验与研究，提出了一套炼铝的新的工艺。具体做法是，将月岩粉碎，在 1700 下加热熔化，然后在水中冷却至 100 制成多质的球，再经粉碎，在其中加入 100 的硫酸，即可浸出铝。用离心分离法和过滤法除去硅化物后，再将它在 900 的温度下进行热解反应，得到氧化铝和硫酸钠的混合物。随后洗去硫酸钠并进行干燥，再与碳混合加热的同时，加入氯气与之进行反应，生成了氯化铝，经电解，获得最终产品——纯铝。

建筑业离不开玻璃，因此在月面上生产玻璃显得尤为重要。通常的玻璃是由 71 ~ 73% 的氧化硅，12 ~ 14% 的碳酸钠，12 ~ 14% 的氧化钙组成。月球土壤中含有 40 ~ 50% 的氧化硅，在月面上制造玻璃是以硅玻璃为主。其精制方法较为简单，即在月球土壤中根据需要加入各种微量添加物，用硫酸溶解出一些无用的成分之后，在 1500 ~ 1700 下熔化，然后经压延冷却，即可制成月球玻璃。

随着月球资源开发取得相当惊人的成果，试生产阶段已告一段落，小型试生产的产品已远远不能满足需求，需要进一步扩大再生产，使月球生产活动逐步走向批量化生产。与此同时，由于进入月球参加开发的人员增多，所建月球基地已显得拥挤不堪，需要完成改建、扩建基地工程，这无疑需要大量的建筑材料，尤以对混凝土的用量为最大。值得庆幸的是，制造混凝土所需的沙土、石子、水泥，都可以就地取材。混凝土结构具有成本低、易于成型、抗辐照等优点，是建设月球基地最有希望的建筑材料。新型月球基地，可根据设计采用混凝土预制的舱体来建造。当然，被采用的月球混凝土构件的形式是很多的，这里介绍一种通用舱段为六棱柱形的，先用混凝土制成框架和壁板，然后装配成形。这种形式的舱体的最大优点是非常灵活，由于它是六角形体，通过各个面既可向平行方向辐射扩展，亦可向垂直方向（向上）扩展，墙壁、天花板、地板，随时都可拆卸，也可根据需要再组合拼接，扩建基地，调整空间。最后将套在它里面的圆筒式的增压舱体连接起来，便构成了一个组装式的月球基地。

人们到月球上建设基地，除了开发资源发展生产外，最终目标还是想把月球扩建成移民区，让更多的人到月球上观光、游览，或者带着全家老小移居到月球上，做一名月球人。这样一来，其建设规模更加庞大，需要的建筑材料更多，并要求寻找一种更为简便的施工方法。一些科学家提出，在南极洲应用的一种称为“挖掘—装填”的建造技术，也完全适用于月球。推土机将在月球表面的松软岩层或“浮土”中挖出一条壕沟，再把一节节的圆筒式增压舱装入沟中，连接紧固后，在它上面覆盖很厚的一层月球岩土，即可耐热、绝热、保温，又可防止辐照。科学家们已设计出一个月面研究实验基地，主要任务是进行月面上的天文观测、地貌地质调查、矿产资源勘查等。其设计规模可容纳 60 名航天员，能提供居住 6 个月以上的能源及生活必需品。

月面研究实验基地，以球形舱和圆筒形舱构成环状体，分为工作区和生活区两大部分。工作区由研究实验舱、工业生产舱、农作物种植舱、生态环境生命保障舱、管理舱、能源舱、物资供给舱、航天港等组成。其中农作物种植舱除生产农作物外，还饲养鸡、羊、兔、鱼等动物，培植藻类、蕨类植物，以及水果蔬菜等。生态环境生命保障舱内配备有气体净化处理、水处理、排泄物处理设施。而能源舱主要是太阳能发电设备，在舱外平地上安放了大面积的太阳能电池阵。航天港离研究实验基地稍远一些，它是用来接待和发射月球飞船的场所。进入生活区，则是另一番天地，这里环境优美，人生活在里面感到安逸、快乐，能洗去一天的工作疲劳。生活区内有公共场所、住宅以及生活配套设施。公共场所供航天员之间交流情感、谈天说地、互换信息、餐饮、聚会、娱乐等，航天员在柔美的乐曲声中翩翩起舞，或在影像画面中开怀畅饮，得到足够的休息。天花板和墙整体漆成白色，使人感到明快、舒适。个人住宅，为航天员个人睡眠、看书报和娱乐的空间，以蓝色和绿色这些冷色为基调，使内部装饰得较为柔和，照明布置使空间富有立体感，生活这样的环境里，感到很幽静，容易入睡。生活配套设施有健身房、医疗保健所等。

究竟要建成什么样的月球基地，这是众人关心的问题。一些能源科学家建议，月球上蕴藏着大量的硅、铁、铝、钛、钙、氧等元素，而这些元素地球上的已足够供人类使用，开采它们还算不上当务之急。只有氦在地球上绝无仅有的，尤其是氦³，它是地球上没有的能源，储量相当丰富，是未来核聚变反应堆的理想燃料，因此，应优先开发建立月球能源基地。另一些能源专家则指出，还应重点建设月球太阳能发电基地。其实二者并不矛盾，这足以说明解决地球未来能源短缺问题已迫在眉睫。

由于月球和地球有着类似的地质特征，都蕴藏着丰富的核资源和建设核电站所需的原材料，因此，很适合在月球上建造核电站。在地球进行核发电时要使用涡轮和水，而在月球上，通过采用热离子和温差发电机等高效复合能量转换系统，便可直接将核能转变为电能。设想中的月球核能源基地，将包括核燃料供应厂、核发电设施和输电设施。月球上的电力，通过高传输效率的短波长激光束，也就是紫外线区的激光，输送到静止轨道上的能量中继卫星，在中继卫星上，电能被转换成在空气中具有高传输效率波长的激光，然后再传送到位于地球上的接收站。由

接收站再将能量分配到各个区去供用户使用。

月球核能源基地，通常建造在月球的两极地区，因为极地向地球进行能源传输的最佳场地。月球核能源基地一旦建成，转入稳定运行后，将全部由机器人操作控制、维护与修理，绝对不会对人类造成污染威胁。为了建立月球核能源基地，有许多工程技术问题，有待人们尽快研究解决，例如超高效能量转换系统、空间用核反应堆、空间机器人、大功率输出的高效激光生成设备、接收设备、激光传输的安全技术等。

正如前面所述，月球上氦³不仅储量多，而且是一种洁净的核能源，这对于净化地球环境十分有利，对人类来说颇具吸引力。如果将它从月球上开采出来运至地球，供人类享用，无疑使人类获益匪浅。据预测，从月球的矿石中提取的氦³，足以满足整个地球 400 年能源的需要。经测算，建设一个 500 兆瓦的氦³核聚变电站，每年约需 50 千克的氦³，也就是说，每年只要在月面上挖一个面积 1.5 平方千米，深 3 米的坑。而且它不含放射性物质并能产生更多的能量，用氦³为原料，核反应堆成本将降低一半。仅开发氦³月球资源这一点，人们就足以理解重返月球的深远社会与经济意义了。

总之，月球基地将成为人类生存延伸到地球以外星球的开端，是人类空间的第一移民区，并且也是人类向太阳系其它行星进军的中转站。月球基地的建设是一场新的技术革命，必将对世界的文化、经济、社会、科技等各个领域产生重大和深远的影响。

开辟火星新天地

21 世纪是人类开始频繁地进出宇宙的世纪。月球基地的建成，同时也宣告了人类的下一个目标——飞向火星的时刻就要到来。载人火星探测，将成为人类进入外层空间的突破口，也将成为空间科学技术发展进程中又一个新的里程碑。

早期对火星的探索，向人们展示出一个令人神往的、具有大量山脉和深谷的世界，其表面在古代洪水的冲刷下受到了严重的侵蚀。火星上可能曾一度有生命存在。火星有着极其丰富的信息，为人类认识宇宙积累了宝贵的知识。

近年来，国外又掀起了探测火星、拟在火星上建立基地的新高潮。火星基地作为前沿阵地进行空间科学研究，必将会有新的突破，使人类对宇宙的认识再迈上一个新台阶。开发火星乃至建立火星基地，在科学发展史上，将使人类对地球、太阳系和宇宙的了解达到一个新的高度，对宇宙演化、生命起源、地球以外的生物体，这些长期困惑着人类的重大命题将会在火星探测过程中找到更加满意的答案。与此同时，物理学、化学、生物学、天文学和天体物理学等一大批科学技术都会有新的发现。

待破译的火星生命之谜

火星闪耀着红色的光芒，高悬于夜空之中。它反射出来的似火一样的红光，使人联想起战争中的流血，因而人们赋予它罗马神话中战争之神“玛尔斯”的名字。

火星是地球的近邻，在太阳系九大行星中，按照离太阳由近及远的顺序来排列，它排行老四，亦位于地球轨道以外的第一颗行星。火星比地球小一些，直径为 6700 千米，是地球直径的一半多一点，体积是地球的 15%，质量是地球的 11%。火星和其它行星一样，绕太阳运行的轨道是椭圆形，它有时候离太阳比较近，有时候离太阳又比较远。平均说来，火星离太阳 22800 万千米。火星绕太阳转一周的时间需 687 天，相当于地球的 1.88 年。火星自转一周的时间是 24 小时 37 分 23 秒，比地球上的一天稍长一点。

火星和地球虽然都同是绕着太阳旋转，但由于它们旋转的速度不相同，所以火星与地球之间的距离在不断地变化着。如果地球在太阳的一侧，而火星在另一侧，恰好隔着太阳遥遥相对，那时候的火星离地球最远，相距约 4 亿千米。如果火星和地球同在太阳的一侧，地球恰好在火星和太阳之间，那时候的火星离地球最近。这种情况，在天文学上叫做“冲”，火星和地球相冲，平均每隔 2 年零 49 天出现一次，而每次相冲，远近也不一样，大约每隔 15 年或 17 年出现一次“大冲”，那时候的火星跟地球靠得特别近，为 5600 万千米。火星有两颗天然卫星，火卫一和火卫二。火卫一的轨道高度约为 6600 千米，火卫二的轨道高度约为 19000 千米。这些数据，对制定飞往火星的计划，选择有利的发射窗口，安排飞行轨道，都极为有用。

火星有许多地方与地球相象，仿佛是一个小型地球。比如，火星也象地球一样侧着身子围绕太阳公转，它们的自转轴和轨道平面形成的倾角几乎相同。地球的倾角约是 23 度半，火星的倾角约是 24 度半，因此火星也象地球那样有春、夏、秋、冬四个季节的变化，表面也随气候变化而改变颜色，南、北极亦戴着白色的“冰帽”——称之为极冠。因此，一些富于幻想的人们想寻觅地球的朋友和人类的知音，想到的第一个落脚点就是地球的近邻——火星。科学家们老早就在猜想：火星上也可能存在生命吧？！

火星上是否有生命，或者火星上是否没有生命，人类对这一问题已争论了几个世纪。早在天文学还处于萌芽状态的远古时代，就产生了这样一些概念，认为智慧生命不仅存在于我们地球这颗行星上，而且还广泛地遍布于其它很多世界上。这些概念的根源看来是来自于原始的祭祀仪式，在宗教的传说中就有关居住世界多重性的一些模糊的想法。随着天文学的发展，关于可居住世界多重性的想法变得更加具体和科学。大部分希腊哲学家，不管是唯物主义者还是唯心主义者，都认为我们地球决不是智慧生命唯一的居住地。

罗马唯物主义哲学家卢克莱修·卡尔，在他著名的《关于物体的本性》一诗中写道：“这个整个可见的世界决不是自然中唯一的世界。我们应当相信，在其它空间区域还存在着另一些土地，住着另外一些人们

和另外一些动物。”伟大的俄国学者，星际航行的奠基人齐奥尔科夫斯基，曾是这个住有智慧生物的世界多重性思想的热烈拥护者。对于这一问题，他也曾提出一些看法：“难道欧洲可能有人居住，而世界其它部分却无人居住？难道有可能一个岛上有居民，而另外一些岛上却没有……？”“……可以在不同的行星上看到生物发展的所有各个阶段。在几千年以前人类曾经是什么样子的，在几百万年以后人类将是什么样子的，这一切全可在行星世界中找到……”。

生命本质是什么？这是自然科学长期探索的问题，也是哲学上的一大问题。关于生命起源虽然有各种科学研究成果，但至今仍存在形形色色的猜想。有人断言，在很久很久以前，彗星可能以“仙女散花”的方式将有机化合物洒落在地球上；还有人推测，“地球上生命的种子，是通过生活在其它星球上的智能动物，由太空船送到地球上的。”

火星一直是颗神秘的行星，在宗教传说中早就存在火星人的想法。在 19 世纪中叶以前，人们只能用肉眼在望远镜中对天体进行目视观测。在行星研究领域的漫长岁月中，目视观测甚至到 19 世纪末还在沿用。著名“火星运河”和“火星人”的争论，就是那个时期由对火星的目视观测而引起的。于 1877 年火星“大冲”之际，正好它处于离地球最近的位置上，火星彻夜高挂天际，是观测它的最好时机。意大利米兰天文台台长贾帕雷利，用一架口径 22 厘米的折射望远镜，进行了连续观测，他隐约看到火星表面上有一些条纹，纵横地分布着，其中较长者纵横数千千米，把这些线条定名为火星上的“水沟”，并根据长期观察结果绘制了火星图。然而，“水沟”在翻译成英语时，被误译为“运河”，于是，这一称呼便引起了种种有趣的猜测。

美国天文学家洛威尔听到有关“火星运河”的消息后，立即着手在美国亚利桑那州建造了一个私人天文台，先后用口径分别为 46 厘米和 61 厘米的折射望远镜对火星进行目视观测，孜孜不倦地研究火星十几年，拍摄到几千张照片，宣布看到了 500 多条火星运河，并且详细地绘制出火星河网图。其他一些天文学家，也根据自己的观测结果纷纷绘制成图册。尽管每个人绘制的火星河网图各不相同，但他们有一个共同的想法。都认为这些河渠是火星上高级智慧动物开凿的水道，为的是引极冠之水去灌溉沙漠里的农田。

1897 年，世界著名科幻小说家威尔士使“火星人”具体化、形象化，他写了一本《宇宙战争》的小说，书中将“火星人”描绘成长着章鱼一样触手的怪物，极端聪明而又十分残忍，他们在入侵地球时，用各种新式武器到处烧杀，引起一场星球大战。“火星人”的种种传说和故事，既让人可怕，又令人神往，但更多的是激起人们对火星探测的热情。

原苏联天文学家吉霍夫用了几十年时间专门研究火星气候条件下可能出现的低等植物。而另一位史克洛夫斯基甚至大胆设想火星所拥有的两颗微小的卫星，可能是智慧的“火星人”发射的人造卫星。直到人们具备了航天手段，火星生命还一直被列入重要的探测课题。1959 年 9 月，原苏联什克罗夫斯基曾发表过一种说法：“火星的月亮是古代繁荣的、

有智慧的生物们发射的人造卫星。火卫一的内部一定是中间空着的。”1965年美国水手4号探测火星，发回了大量的传真照片，1967年9月加利福尼亚工业大学的勒维特·雷东等人，十分仔细的分析了上述照片，发现火星表面有一条长达160~280千米较为直的线，或许就是人工运河。人工开凿的苏伊士运河长165千米，巴拿马运河81.5千米，如果在火星上有高等生物，这样长的运河是可以建成的。1967年9月前苏联科学家库普列皮奇对火星上是否有智慧的生物存在，也发表了自己的见解。他认为老早以前的火星是一个文明的世界，之后虽已衰退，但某种生物至今仍有可能保留下来。

1975年美国发射“海盗?1”和“海盗?2”两个火星探测器，它们的着陆舱于1976年到达火星，进行了生物探测实验，并向地球传送所拍摄的火星表面图象，表明火星上是不存在生命的，按照人类的一贯思维进行推测，火星上不具备存在生命的条件，从而使火星上不存在生命几乎成了定论。

然而，热衷于寻找外层空间生命的人，对此并未丧失斗志。近几年人们重新对海盗号照片做深入的研究分析时，发现火星上有人面石画像，从头发到下巴达1.6千米，经电脑分析，这幅巨型的人面石画像有非常对称的眼睛。在距大型石画像9千米远的地方，还有4座大型建筑物，看上去很象地球上的埃及金字塔。此外，还可从最近公布的原苏联拍摄到的火星表面照片得到证实，人们必需重新认识火星。这些照片清楚地表明，火星上的一个区域内，存在大规模的、呈倒塌状的规则结构。据有关专家推测，这是一个大型城市的遗迹，它表明至少若干年前火星上存在过高级智能生命。至于现在这些生命是否存在或者存在与否的原因等问题，还有待进一步分析研究。

迄今为止，火星上是否存在生命仍是一个待破译的谜。空间生物学家认为，假如发现的不是“火星”，哪怕是岩石上的任何细菌甚至是单细胞细菌，都将是一个巨大的成果。可是，火星上哪儿有它们的踪迹呢？俄罗斯科学院微生物学研究人员对它作了肯定的回答：“有”。他们认为，火星上唯一可能有的生命，是甲烷生成的厌氧细菌。地球上也有这样的厌氧细菌，它们在海底吞食海洋沉积物，吸收并呼出轻碳¹²，而在沉积物中却存在重碳¹³同位素。经研究火星陨石，发现陨石中碳酸盐同位素的成分，结果表明，其中明显地有重碳¹³，认为火星上确有过厌氧细菌的活动。如果在火星上能找到这样的碳酸盐，火星上存在单细胞这一问题将迎刃而解。

当然，要真正揭开火星生命的奥秘，还必须依靠人类的聪明才智所创造的现代化科学技术的力量。火星上到底有没有生命，必须通过实验来证实，而揭开这一谜底的最好办法，就是飞向火星，派人到火星上实地考察。

撩开火星的面纱

近两三个世纪以来，人们一直用望远镜对火星进行观测，获得许多有价值的资料。即使在半个世纪以前，倘若萌生拍摄火星表面照片的想法，不是被说成是远离现实，便是被认为非常荒谬。然而，曾几何时，我们的面前已摆放着成千上万张清晰的火星照片了。1976年美国的“海盗? 1”和“海盗? 2”火星探测器，先后到达火星，成为火星的卫星，并在火星表面着陆，因而把它叫做着陆舱；另一半留在绕火星运行的轨道上，向地球转发着陆舱所拍的照片，所以将它称之为轨道飞行器。

海盗号火星探测器长 5.08 米，重 3530 千克，其中轨道飞行器重 2330 千克。轨道飞行器上除装有 1430 千克燃料外，还有计算机和数据处理系统，用来处理经双通道通信系统发送到地面去的信号和指令；还带有一套接收装置，专门接收着陆舱从火星表面发来的信号。轨道飞行器主要携带有两台摄像机，从空间拍摄火星着陆区周围的空间环境及其表面探测的结果。微米波段的红外光谱仪，用于测量并分析火星的大气成分。着陆舱携带的主要仪器设备有，一个生物化学实验箱，供化学分析、生物生长试验、细胞新陈代谢试验以及光合作用试验等方面应用；一个小型气象站，它由测量压力、温度、风速、风向等仪器仪表组成；另外，还携带了磁强计、地震仪、两台电视摄像机和一个用来挖掘火星表面土壤样品的机械手。着陆舱上配有两个 35 瓦的核电源和 4 个蓄电池，以便满足它在火星表面长期工作的需要。

海盗号着陆舱，靠三条腿支承，平稳定立在火星表面上。形形色色的考察设备在计算机的控制下按照预先编制的程序开始工作：仪器进行测量和记录；机械手向外伸出，挖掘火星表面的土壤送进生物化学实验箱进行试验与分析，寻找有机物与微生物；摄像机开机，拍摄火星的地面和天空照片，海盗号火星探测器先后向地面送回 5 万多幅火星照片，至于数据信息就更难以计数。如此量大而逼真的近距离探测资料，向人们展示了距我们亿万千米以外的火星面貌，真可谓初见端倪。

和地球很相似，火星上也存在大气。根据海盗? 1 号的直接测定，火星表面的大气压为 7.5 毫巴，相当于距地球上空 30~40 千米处的大气压。火星大气成分主要是二氧化碳，占 95%，氮气占 2~3%，氩气占 1~2%，氧的含量很少，只占 0.1~0.4%，其它还有少量的水蒸气以及极少量的一氧化碳和氧化氮。海盗号火星探测器的一项重大成果，是在火星大气中发现了氮气。氮气对研究火星生命至关重要，因为没有氮便不能组成蛋白质，更谈不上生命的形成。火星上的氮与其同位素的比例比地球上的大得多，由此可推测火星早期大气密度比现在大 10~50 倍。在这样的条件下，火星上曾有过江河奔流是十分可能的。另外，探测结果发现火星的大气层中也存在有臭氧层，它可以吸收阳光中的紫外线，给火星表面造成有利生物生长发育的条件。

和地球上相似，火星大气中也漂浮着云。但和地球上不同的是，火星大气中的云主要成分为二氧化碳和水。从彩色照片上可以看到，火星上不仅有白色的云团，而且有黄色和天蓝色的云团。经过分析认为，白色的云是水蒸气凝结而成的“水冰云”，与地球上的凝聚云一样；天蓝

色的云是二氧化碳凝结成的“干冰云”，当温度降至—125 以下时，大气中的二氧化碳就象水蒸气一样凝聚成云；黄色的云是“尘埃云”，它由尘埃凝集微粒悬浮于大气中形成的。火星各地的云型不同，水冰云多出现在低纬度地区，而干冰云则多出现在高纬度地区。

尘暴是火星大气中独有的现象，其形状就象一种黄色的云，它是由火星低层大气中卷着尘粒的风构成的，大部分的尘粒直径大约为 10 微米。局部尘暴常常在火星上出现，而大的尘暴多半发生在南半球的夏末。尘暴的发源地处在太阳直射的低纬度上，最初几天中心尘云慢慢地扩展，尔后迅速蔓延开来，约经过几个星期便完全覆盖整个南半球，如果碰到特别大的尘暴，还可能扩展至北半球，进而掩盖整个行星。随着火星上的温差减小，风逐渐平息，尘粒慢慢地从大气里沉降下来。沉降过程少则几个星期，多则持续几个月之久。几乎每个火星年都会发生一次大规模的尘暴。因此，航天器飞向火星时，要特别注意避开这一时期，否则难以开展航天活动。比如，1971 年 11 月，美国水手 9 号探测器首先进入绕火星的运行轨道时，正巧碰到火星的全球性尘暴，只隐隐约约剩下几个最高的火山还露在外面。水手 9 号从近火点 128 千米、远火点 17200 千米的轨道上，看见火星一片昏黄，只露出几个黑点，其余什么也看不见，于是不得不退居到一条高轨道上去等待时机。

科学家们将大量的火星照片经加工处理后，制成火星图，便可从中了解火星的风光地貌。火星的天空是美丽的粉红色，地面呈现茶红色。在远景照片上，可以看到火星表面布满了大大小小的环形山，与月球表面相比，火星上环形山的数量要少得多，环形山边缘的坡度较为平缓，不象月面环形山能投射出尖尖的影子，这表明了环形山曾经受到过严重的侵蚀。火星上的火山口不计其数，小的直径几千米，大的几百千米。最大的火山是奥林匹斯山，直径为 600 千米，高出周围地面达 26 千米之多。最大的盆地是海勒斯盆地，宽达 1600 千米，深度至少有 4 千米。火星的南北两半球地貌各异，差别悬殊。南半球较为古老，表面崎岖，布满了环形山。北半球为火山区，遍地是大大小小的火山口和火山熔岩淤积而成的平原。火山表面上一些岩石的棱角几乎没有磨损，说明这里的地质比较年轻。

在海盗 1 号的着陆地点是否存在多种岩石类型 这一直是个有争议的问题。一些地质学家认为，只有一两种岩石类型，岩石大小形状的多样化，只不过是出于侵蚀造成的。另一些地质学家却认为，有十种或十种以上的完全不同的岩石类型，岩石的化学成分也各不相同，并且是在不同条件下形成的结晶性火成岩。从火星图片上可看到一些暗色砾石，具有金字塔般的形状，这种多面形石块，通常出现在地球的戈壁沙滩上。它们被命名为“风棱石”，顾名思义，就是由风形成的工艺品，风夹着沙石磨成一个面，然后再由于石块或风改变方向，磨出另一面。

海盗号着陆舱利用机械手挖掘火星表面的土壤和岩石样品，并对这些样品进行了化学分析和试验，得出了火星表面物质大部分是氧化物的结论，它们所占的比例是，氧化硅 44.7%、氧化铁 18.2%、氧化镁 8.3%、三氧化二铝 5.7%、氧化钙 5.6%、三氧化硫 7.7%、氧化钛 0.8%、氧化钾 0.1%，还有铷、锶、钇、锆等稀有元素，含量仅占万分之几。此外，火星上亦蕴藏着极其丰富的氦 3 核聚变反应堆燃料。

火星表面上还有一个极其引人注目的地方，那就是位于赤道地区的大峡谷。这一最大峡谷通常是指位于赤道以南的水手谷，实际上它是由一系列峡谷组成的，长达 5000 千米以上，比周围地面约低 6 千米。科学家们认为，一些较小的峡谷可能是地下冰融解和蒸发期间形成的，也可能是由风或水侵蚀造成的。不过，火星探测器的最新成果进一步证明，火星上确实不存在什么有规则的河渠水道，表面也没有液态水，然而却有許多干涸河床，其中最长的约有 1500 千米，宽达 60 千米。据推测，火星早期阶段表面上有许多冰层，由于火山活动和地热熔化地下冰，出现大量的水冲刷火星表面而形成的。人们可以想象，几亿年前的火星也与我们地球一样，到处是奔腾江河，潺潺流水。后来这些水跑到哪里去了？有没有可能把它们重新找回来？都是有待于进一步研究的课题。

海盗号着陆器和机械手在掘取火星土壤样品进行化学分析的同时，还进行了三种检验生物的生命科学实验：第一种是光合成试验，检验是否有二氧化碳、水和阳光下制造复杂的有机物的活性存在；第二种是代谢机能试验，检验是否有进行新陈代谢的细胞存在；第三种是气体交换试验，检测是否有进行呼吸活动的微生物存在。但试验结果都十分令人失望，没有发现任何生命的痕迹。海盗号着陆舱机械手采样范围只有 9 平方米，仅占火星面积的十亿分之一，因此，单凭海盗号探测器这样的取样分析，在火星上未能找到生命，就导出火星没有生命的结论为时尚早。究竟火星上有没有有机分子，有没有低级形式的生命，还需进一步的探测与研究。

通向火星之路

许多科学家从没放弃火星上能找到生命的信念。他们认为，火星的环境与地球极相似，在火星表面的其它地区，甚至在火星表面以下的深处，完全有可能存在某种形式的生命。因此，科学家们建议，不仅要发射无人飞船到达火星表面，选取所需的土壤和岩石标本，送回地球进行系统分析与化验。而且应发射载人飞船，派遣航天员亲自到火星上实地考察，以期最终揭开火星生命之谜。

载人火星探测，是人类生存的疆域从地球延伸到月球，再从月球延伸到火星的尝试与开端，是迄今为止航天史上最为宏伟的飞行计划。它的特点是飞行时间长，有效载荷重量大。据估计，完成火星往返一次任务长达 2~3 年之久，远远超过了现今在空间安全停留的航天最高纪录。科学家们预计，如果实现两名航天员在火星上着陆，飞行中所用的多种类型的飞船、给养和燃料的总重量将有 1600 多吨，大大超过了现今使用的任何一种运载工具的能力。显而易见，载人火星飞行的技术难度，比载人登月大得多。一些具有远见卓识的科学家预言，在航天时代的今天，如果能充分利用现有的航天技术，再开辟若干新的航天技术途径，在 21 世纪中期，实现火星载人飞行和着陆完全是可能的。

从地球到达月球比较近，大约只有 38 万千米，而从地球到达火星则非常遥远，远隔 4 亿千米的浩瀚太空，单单是这一距离上的飞跃就对寻找最佳飞行航线提出了极为苛刻的要求。科学家们制定了四种基本方案，但哪种方案都有其长处和不足之处。第一种方案是采用共轨飞行方式，当飞船把航天员送上火星时，地球正处在太阳的另一侧，飞向火星的时间大约为 9 个月，航天员在火星上逗留 1 年半，直到地球与火星又一次聚会时返回地球，飞回所需的时间约为 6~9 个月。第二种方案是会合型方式，这是利用地球与火星交会时登上并离开火星，飞行时间很短，只有 1 个月左右，但在火星上只能呆 20 天时间。第三种方案是金星借力型方式，飞船首先借助金星引力向太阳方向飞行，然后再转向火星。第四种方案是飞掠返回方式，第一艘飞船到达火星后放出着陆舱便直接返回，在第一艘飞船出发 1 个月后，第二艘飞船点火出发，飞掠火星时接回登陆舱和航天员，这种方式耗费的燃料最少。

为了降低运输费用，可以利用近地空间站、近月自由点基地和火卫一等作为中转站，这将是月球到达火星相当经济的一种办法。法国物理学家和数学家拉格朗日曾经计算证明，在地球-月球系中，有 5 个拉格朗日自由点，在这些点上，地球引力被月球引力抵消。如果在这些点上设太空港，保持太空港的位置就不需要消耗太多的能量。近月自由点基地可设在地球与月球之间，距月球约 56000 千米，为火星航行提供服务将特别有利。近月自由点基地可采用模块化方式建立而成，是一个设有旅馆、加油站、仓库、餐厅和机库等的综合性太空设施，并具备受控生态环境生命保障系统和人工重力环境。有了近月自由点基地，去火星基地就方便多了。等到进入火星运输高峰期，还要建成一个火星太空港。有人认为把它建设在火星的卫星火卫一上更加稳妥些，因为这里既便于对火星表面进行科学研究与考察，又可成为乘员往来和各种仪器设备等

的交通枢纽。其功能与近月自由点基地相仿，它也配备了人工重力设施。由此观之，在近月自由点基地的基础上又添加了火星太空港，人们往返于火星就更加方便了。

由于从地球或月球飞往火星技术上的复杂性，人们通过理论计算已获得多条低能量轨道。各种飞行器沿这些轨道飞行，所需的给养、燃料、各种设备以及飞行器本身重量很大，为考虑经济性和安全可靠起见，必需把整个运输任务分成两个独立的部分，即货运飞行器和载人飞行器，并且应谨慎地选择各种飞行器的发射日期。

航天科学家受帆船的启迪设计了一种太阳帆船作为火星货运飞行器。所不同的是，它并非凭借地面上的风力，而是太空中的太阳风。众所周知，地球上风，当风遇到物体时它会对物体产生压力，这使我们的祖先想到利用这一自然现象为人类服务，便发明了水上帆船。而太阳风并不是人们想象中的风，通俗地讲，太阳风就是太阳光辐射，就是光子流，就是电磁波。因为太阳风也是一种物质流动，一阵风似的向地球直“吹”过来，所以人们形象地叫它为太阳风。太阳帆船就是靠光子在帆的发光表面反弹产生的力推动的。在地球表面，这种推力作用很小，但在太空中，在一个巨型面积的帆上便能产生足够的前进推力。太阳帆船在恒定的光压下，不断地得到匀加速，日积月累下去，太阳帆船的速度，一定能够达到惊人的数字。太阳帆设计成正方形，每边长 2 千米左右，帆的桅杆选用最轻的合金制成，帆本身是由 2.5 微米厚的聚酯树脂材料制作，表面涂覆了一层镀铝薄膜。帆的正中央有一货舱，用来存放货物。起飞前太阳帆呈折叠状，收藏在航天飞机货舱内，在绕地球轨道运行的空间站上装满货物，由上面一级火箭将它送到 10000 千米高度的轨道上。然后展开帆，面向太阳，依靠太阳光的压力，逐渐加速到第二宇宙速度，自行携带货物飞往火星。途中通过调整帆面上太阳光压力的中心位置，就能达到调整飞行姿态和方向的目的，最终停泊在绕火星运行的轨道上。在航天员动身飞往火星之前的 4 年里，先在空间站上组建一个由 14 艘太阳帆船构成的强大阵容，把飞向火星所需的全部物资和火星轨道站、火星着陆舱陆陆续续送入 3000 千米的火星圆轨道中，以备后用。

科学家们设计一种载人火星巡天飞船作为飞往火星的载人飞行器，用它在地球轨道和火星轨道之间长期环行。象定期远洋客轮一样，载人火星巡天飞船也必须备足长期旅行用的各种必需品。飞船舱设计得宽敞而明亮，乘员居室也很舒适，在太空长期旅行犹如在地面生活一样。飞船上还配备了大量的研究设备，能进行作物生长和再循环，水和空气的再利用，还有人造生物圈一类的密闭生态环境生命保障系统，确保航天员在数年的巡天飞行中万无一失。

航天员进入火星轨道后，立即着手检查太阳帆船早先送来的各种物资，给停靠在火星轨道站旁边的火星着陆舱补充给养和加注燃料，然后勘察与选取对生命安全最有利的着陆点。待一切准备工作就绪后，两名航天员继续留在火星轨道站上执行轨道支援任务，另外两名航天员乘坐火星着陆舱，离开火星轨道站，点燃再入制动发动机，进入火星大气层。在火星大气阻力作用下，着陆舱急剧减速，到了适当高度之后，张开一

系列降落伞，在接近火星表面时，再启动制动发动机，着陆舱象直升飞机那样平稳地垂直降落在火星表面的预定着陆地点。

共建载人火星基地

人类探索火星并最终在火星上定居，这是目前世界上的一项大胆倡议。把人送上火星的最大困难在于火星离地球实在太远，人到达火星要经过很长时间，如何才能使人健康而又舒适地度过这漫长岁月的旅途生活呢？这是一个比较棘手的问题。

科学家仔细研究了 1994~2020 年地球与火星间的飞行机会，经过测算，向火星飞行单程需 220~270 天，在火星上驻留 460 天，返回地球需 240 天，全部旅行时间总计约需 1000 天，加之地球与火星的位置关系，出发的机会 26 个月才有一次，而地球至月球每半天就有一次出发机会，用一周时间就可往返一次。因此，空间待机时间长成为载人火星探测实施困难的最大原因。此外，通信时间滞后，地球与火星为 4~20 分钟，而地球与月球只有 1.3 秒钟，这是很大的不利因素。所以，载人火星探测技术研究的关键是：研究缩短向火星飞行的时间；研究解决大型运输系统与动力；研究航天员到达火星后的安全、健康、生活及活动能力；研究火星和周围大气以及土壤的利用；研究火星的低重力及辐射环境的对策。

科学家指出，载人火星飞行仍应采取循序渐进的发展战略。第一步利用机器人对火星进行全方位探索，这期间将以发射火星观测站为起点，随后再发射一个观测站，最后以火星漫游车收集各种样品完成任务返回地球而结束。这些任务的目的在于测定火星的地质化学特征，在全面勘测的基础上，帮助人类准确无误地选定在火星上的着陆点。第二步是制订一项空间生命科学计划，以验证长期航天飞行的可行性，增进对长期飞行的生理因素的了解。第三步是人着陆在火星表面上，并建立前哨站。第四步建立火星基地，研究向火星移民的重大举措。

火星是人类共同财富，远征火星是人类多年来梦寐以求的事。开发火星将是人类最为激动人心的伟大壮举，具有投入资金巨大、周期长、开拓性强、带动性广的诸多特点。但就载人火星探测计划而言，已由往常的单一航天活动计划向综合性探测方向发展，由短期活动计划向长远目标计划发展，由多个目标任务向综合性系统目标发展。该计划的执行，不仅有利于各项计划的衔接、互补，而且有利于技术继承性及节省投资，加速活动的进程。载人火星探测，无论从规模、技术，或是从经济等方面考虑，都不是一个国家能独立完成的。活动本身就需要广泛开展国际合作，制定统一政策。并且每个国家，也只能按照本国的力量与特定条件，尽量发挥自己的优势，只有这样才能积极参与国际合作，共同开发，共享成果。

最近几年，载人火星探测的双边合作、多边合作以及国际合作会议频繁召开。美国、俄罗斯、欧空局、日本等国公布了各自火星探测器的新构思。纷纷指出，成熟的美国航天飞机技术、俄罗斯的空间站长期载人技术，已初步具备将人送上火星的条件，倘若采取国际合作的方式进行载人火星探测，并使用俄罗斯能源号大型运载火箭，是有可能在今后 20 年内建成有人火星基地，估计合作计划所需经费为 600 亿美元。

国际合作后的载人火星探测，具体设想是：在 90 年代中期以后陆续发射几个“火星漫游者”机器人，它们将象伞兵一样降落到火星表面，

为人类登上火星鸣锣开道。这些机器人中的一部分将带着探测结果返回地球，为航天专家考虑载人火星飞船的着陆地点和方式提供依据。

俄罗斯研制的马尔斯霍德漫游者机器人，是一个备有 6 个直径为 36 厘米的圆锥形车轮的漫游车。车上携带有法国、美国研制的移动实验用电视系统，俄罗斯、法国研制的光谱仪等装置。并使用漫游车上的机械手和钻岩机采集火星表面以下 35 厘米深处的火星冻土，由能加热到 1000 的分析仪器详细分析分子结构。漫游者的通信将利用美国的火星观测者探测器作为中继站，由它将全部信息转发至地球接收站。

美国拟于 1996 ~ 1998 年发射以火星环境调查为目的，利用德尔它火箭以一箭四星方式把数十个探测器陆续送至火星表面，采用尽可能避免冲击的半软着陆的方法。在再入火星大气层时由降落伞减速后，分离防护用气罩，使气囊膨胀式定点探测器减速着陆。探测器内备有摄像机、地震仪、氧化氮敏感器等测试仪器及天线。打算通过国际合作，在火星表面上设置 25 ~ 30 个定点探测器，建立自动化的火星探测网。

根据当前航天的发展趋势来判断，到 21 世纪初，载人火星探测准备工作将会有重大性突破，预计 2020 年以后，即可开始进行载人火星飞行。按照计划，提前两年把带有火星车的“火星住宅”和返回用航天器事先送往火星。火星车是专供航天员对火星进行大面积考察的工具。同时送上火星的还有各种实验设备与摄影器材等。

人们热切地期望第一次载人火星飞行时刻的到来，并衷心祝愿能按照预定计划顺利到达目的地。按照目前的设想，第一次远征火星计划将进行两次载人飞行。在第一批航天员出征 3 ~ 4 个月后，第二批开始上路。每批为 6 名航天员，男女各半，预计将花费 9 个月的时间到达火星着陆，在火星上驻留生活、工作约 1 年，再用 9 个月时间返回地球。有人认为，女性航天员更适宜于长期太空生活，火星远征队伍中配备女航天员，在乘员中可起到调节情感稳定情绪的特殊作用。

人们不难想象，第一个踏上火星，跨出可喜的第一步，把红旗插上火星之巅的人，是何等的伟大，多么让人羡慕敬佩啊！因为他的成功标志着全人类能够征服火星，在火星上建立基地，向火星索取资源。

大约到 21 世纪中叶便可建立火星基地了。火星基地的场地选在赤道附近，这里的气候适合人类居住与植物栽培。所建基地向东西方扩展约 400 米，向南北方向扩展约 500 米，以后还可进一步向南扩展。居住地是一圆筒形的金属制单元住宅。其上全部用火星土壤覆盖，以防止穿透稀薄大气的宇宙射线的侵害。位于基地中央，是动植物饲养和栽培的场地，动物饲养场为圆形建筑物，中间很大的空间用薄膜覆盖，用作实验农场和公园。在其周围还配有温室，栽培供人享用的植物。温室的透明部分采用高分子的纤维材料塑料薄膜，一方面可提高植物所需的光的穿透性，另一方面又可抑制紫外线透过。在夜间，采用能绝热的屏蔽材料防止温室内的温度降低。可栽培的作物有小麦、稻、马铃薯、大豆、莴苣、西红柿等，选用水栽培和土壤栽培两者兼顾的办法。最终达到在火星上进行科学调查和植物栽培实验的目的。

至于火星基地上的能源，初期可选用小型核反应堆发电，还可采用太阳能发电和风力发电的互补供电方式。

世外桃源空间城

随着近地轨道空间站、天地往返运输系统、月球基地、火星基地的相继建立，会出现太空人类化的新局面，建设空间城市不会是虚无缥缈的事了。从长远观点看，人类为了真正地永存，将不可避免地向空间扩展。据预测，在今后几个世纪内，由于空间新世界的开发成功，反过来会推动地球上各种领域突飞猛进的发展。在近期，人类仍将有效利用空间和空间各种资源为地球上的各种需要服务。随着地球世界的进步，人类必将逐步地移入空间。

空间城畅想曲

提起空间城，可追溯到数千年前。我们的祖先早就梦想着开发浩瀚的宇宙，他们曾设想月宫的琼楼玉宇。清朝戏剧理论家李渔在其名著《闲情偶寄》中写道：“实者，就事敷陈，不假造作，有根有据之谓也；虚者，空中楼阁，随意构成，无影无形之谓也。”

19世纪初，随着人们对自然规律认识的逐步深化，陆续出现了一些想象力极其丰富的科学幻想小说。法国作家凡尔纳的《从地球到月球》、《环游月宫》，俄国著名科学家齐奥尔科夫斯基的《地球之外》，都描写了遨游太空，飞往其它星球的引人入胜的故事，而且文章具有很高的思想性和科学性。伟大诗人郭沫若在《天上街市》中写出这样动人的诗篇：“我想那缥缈的空中，定然有美丽的街市。街市上陈列的一切物品，竟然是世上没有的珍奇。”如此美丽的“天上的街市”也一定将由掌握现代高科技的科学家们在太空中一座又一座地建立起来。

人们习惯于把太空比作第八大洲。建造这种地球之外的居民区，将是人类历史发展进程中必不可少的一部分。无数的先辈，为了开拓空间城，曾耗尽了毕生精力，研究设计了许许多多的空间城方案，当然其中一些方案缺乏科学性，不过在当时的科学技术基础上能够大胆设想已是很了不起，对科学技术的进步起到了推动作用。况且还有很多构思与现今的空间城颇有相似之处。人们为了纪念他们在空间城市建设中所作的贡献，以他们的名字来命名，以便后来人沿着他们的足迹继续前进。

在前人提出的方案中，有许多值得我们借鉴的。1869年埃·哈尔在大西洋月刊上发表了题为《砖砌月球》，第一次提出了空间城设计概念。哈尔的空间城，是一座球形的城市，用砖砌成，直径60米，可供37名乘员居住。该城建筑在离地球6440千米的极轨道上，采用莫尔斯电码通信，可用于辅助船舶导航。设想用一个飞轮快速地自旋，从而使空间城逆向转入空间。

1903年俄国齐奥尔科夫斯基提出了空间城的构思，先分批把部件折叠起来送入空间，然后在空间展开并组装。1923年又进一步明确提出，该城停留在离地球2000~3000千米的高度上，作为地球的卫星。它好像是一个从地球上一点一点地运来补充物资、机器和构件的集散地。1926年齐奥尔科夫斯基设计了一个可以生长树木和植物的自旋式空间城，外形象哑铃，一端是植物生长区，安装着玻璃罩，能使阳光透过，在宇宙温室的内壁种植释放氧气的植物。另一端是密闭区，可与运输飞船对接，储运物资。在通向乘员的居住区内配有通信装置。

1923年法国赫尔曼·奥伯特设想的空間城，可以作为宇宙飞船飞往外层空间的通信枢纽和加油站，并且可用它来观测地球。它与地球之间的联系，是通过较小的火箭来实现的。在奥伯特空间城内，可建造大型火箭，以便满足使用者的需求。还设想在100千米高的轨道上，建造聚集太阳光的太阳反射镜。这种反射镜，可照亮被选定地点的地球表面，如果射束功率足够，还可用于虫灾地区的灭虫，为水量过剩的沼泽地排水，并且可融化一部分极地的冰川。

1928年勃可利设想在不同的轨道高度上，建造3个为1组的空间城。

第一个建立在 500 千米高的轨道上，用来观测地球；第二个建在 3000 千米高的轨道上，作为星际宇宙飞行器的发射场；第三个建在椭圆轨道上，作为沟通第一、第二空间城的桥梁。

1928 年雷丁设想了一个空间城。它是由一个乘员居住舱、一个电源舱和一个观测台组成。空间城的形状宛如汽车轮胎，可以围绕中心轮毂旋转，以便在它的周围产生人造重力。它是利用由聚光反射镜、锅炉管道和冷凝器构成的系统，通过太阳光加热而获得动力。该空间城设置在静止轨道上，是一个对地定向观测台，在它上面装有功率大小不等的探测器与计量仪。它的用途有绘制地图、预报天气、导航舰船、观测军事冲突等。

1949 年英国罗斯设计了一个旋转的大型空间城。它是一个可居住 24 名乘员的大型设施，乘员中除工程师、科学家及各类专家外，还配备了 2 名厨师和 4 名勤杂工。这个城可从事气象学和天文学研究，零重力和高真空条件的研究，宇宙中太阳辐射研究，并可进行通信。

1952 年冯·布劳恩在《跨越最后的世界》的论文中指出：“如果我们建造一座空间城，我们不但能维护和平，而且还能朝着联合人类的方向前进一大步”。空间城建立在距地球 900 千米高的极轨道上，该空间城为轮形，宽 250 米，共有三层舱，既是一个极好的观测台站，又是到月球上旅行的一个阶梯，还是探测太阳系的优良跳板。地球上每天总有一二艘飞船满载供应物品停泊到空间城附近。然后再用“空间汽车”或“渡船”把人员和物资从飞船转运至空间城。

1974 年美国普林斯顿大学教授奥尔尼设计了三座大型空间城，掀起了全球范围内研究空间城的新高潮。奥尔尼 1 号空间城，是一个轮状的圆筒结构，重量为 350 万吨左右，直径约 2 千米，可容纳 1 万人左右。它的外形很象一个叠加起来的自行车内胎。空间城每分钟旋转 1 周，整个居民区的外表面用月球熔渣屏蔽起来，为的是防止宇宙射线对人体的伤害。城内建有住宅、学校及剧场，并建有停靠的“码头”以及通信设备等。奥尔尼 2 号空间城，是一个直径约 1 千米的球体，每分钟旋转 2 周，城内亦建有住宅、疗养院。并栽了大面积的树木，形成森林。奥尔尼 3 号空间城，为圆筒形结构，直径为 6.4 千米，长 32 千米，每 2 分钟旋转 1 周。它是最大的空间城，采用密闭型，因而生活环境和地球上的大同小异，城内设有生活区、工厂、电站及农场等。它可容纳 1 百万人至数百万人。

1975 年美国斯坦福大学的 28 名科学家、工程师、社会学家以及经济学家，对空间城进行了系统研究，设计了一种轮胎形空间城。直径为 1890 米，可通过绕本身中央轴的旋转来获得人造重力。在圆环中，可容纳 1 万人，备有各种基本设施，其中包括商店、学校、轻工业和一套闭合回路的农业系统。在圆环的壳部位装有通信设备，并设有与航天飞机及拖船相对接的停靠站。在凸出的轴柄上，设有一个自动化程度极高的零重力工厂，能利用太阳能来加工月球矿石。空间城上飘浮着一面巨大的圆形反射镜，它使阳光透过窗户和天窗射入空间城，以便进行照明和农业生产。

1981年美国新泽西州的一所中学的学生们，在奥尔尼空间城方案的启发下，提出了一项用蚂蚁代替人类住进空间城进行实验的大胆设想。他们选择蚂蚁是有充分理由的，因为蚂蚁有坚硬的外壳，有助于它们在火箭飞行过载条件下仍可生存。它们只需要很小的生活空间，而且脚上长有鞭毛，可以抓住粗糙的表面，这使它们避免在空间舱中飘浮起来。蚂蚁还有很完善的群居功能。这项试验计划需要配备一个由三级舱体组成的空间城，里面可居住数千只蚂蚁。第一级舱是容积为0.14立方米的失重空间舱；第二级舱象飞轮一样的旋转，可以模拟成具有地球1/2重力的舱；第三级舱具有接近于失重，但又不完全失重的环境。蚂蚁空间城预定的7天飞行过程中，将用电视摄像机的照相机对蚂蚁的全部生活情况进行定时监视。

1984年笔者设想了一种较为现实的方案。它是在空间站技术的基础上做了进一步发展，在宇宙空间建设许多个大型空间站，象一个个小岛似的，然后将它们连成一片，组成“星岛城市”。每个星岛，都是六面环体，而环体本身是空心的，人便居住在里面生活和工作。环体的直径为100米，六面体绕着中心轴缓慢地旋转，每分钟转1周，使其产生离心力，人生活在里面会有重力感觉。星岛城本体结构用透明且抗辐照的材料制成，一方面阳光可直接照射进去，另一方面又能防止宇宙射线对人体的伤害，确保人能长期生活这样的环境里。星岛城市之间的往来，是靠每个岛城下面的一组发动机来移动，待两岛对接后，大批人就可相互交往。平时可利用空间渡船作为岛城与岛城之间的交通工具。空间城市是一个庞大的岛城系统，由中心岛向四周辐射，有农业城、工业城、动力城等等。

进入21世纪后，人们将在空间发展生产，大量生产高性能、高质量、高效益的急需产品，因而将在空间建立空间工业城。它是由若干个绕地球轨道运行的空间工厂组成：有空间材料加工厂、生物制品厂、制药厂……。设想的空间工厂是在一个长78米、宽48米的桁架上，配置了供生产用的工厂舱、居住舱、能源供给舱、生保系统舱等，可居住30人在其上从事生产。为了获得均质的微重力环境，将整个平面布置成前后左右对称的形式。此外，为了改善居住环境，居住舱放在远离工厂舱的地方。

21世纪，空间旅游事业将成为太空资源开发的热点之一，因为要把空间变成商业性质，最具有代表性的就数宇宙观光了。据美国探险旅游业的旅行社规划，初期用垂直起降并可重复使用的火箭绕地球轨道飞行，作为旅游观光的急先锋，等空天飞机等新的天地往返运输系统开发成功，就可并驾齐驱或取而代之。据调查，美国已有人报名到空间旅游观光，日本也在1993年做过这方面的征询意见调查，竟然有70%的人回答想到空间去旅游。

由此看来，建立空间旅馆势在必行，因为旅游观光必须有住宿设施。设想的空间旅馆将建设在低轨道上，它由供旅客住宿的客房区、餐饮娱乐区、能源供给区、停机场四部分组成。上下高度为240米，客房区由

直径 140 米的 64 个客房舱连成环状，舱内配有卫生间和淋浴等设施，通过旋转产生人造重力。旅客可到娱乐区的健身房进行体育锻炼，亦可参加文娱活动，真是一饱眼福，其乐无穷。

空间环境预报中心

环境对人类活动的影响，任何时候都不能掉以轻心，特别是在人们跨入空间城这一新领域时，为了确保安全而有效地生活和工作，空间环境必然成为重点研究对象。

未来在空间城工作的人们，会象在地球上关注天气预报那样重视空间环境的预报，因为这与他们的切身利益息息相关。现在不妨模拟一下现场空间环境预报的实况，比如：“在12月12日0~6时宇宙时间，有70%的可能性将要发生强度3级的太阳爆发。如果要去空间城外活动，请检查一下辐射防护设备的状况。在短波、超短波频率范围内，空间通信可能受到干扰。正在磁场H区飞行的宇宙飞船，可能因两天前太阳爆发的影响而带电。在以后几天太阳仍会继续活动，直至下周末才会降到最低点，磁层将重新平静下来……。”

空间环境一般是指距地面90~65000千米(约合10个地球半径)的“地球空间”。若从航天活动看，一般是指航天器环绕地球作轨道运动的空间范围。影响航天活动的环境因素有：太阳电磁辐射、地球大气、地球电离层、地球磁场以及空间粒子辐射等。实际上，空间环境因素是随时间和空间不断地变化，且这种变化主要与日面上的活动相关联。因此，预报空间环境时，首先要预报太阳的活动，可将它分为长、中期和短期预报。长期预报是指提前一年、数年、数十年乃至更长时间的预报，主要预报11年前后太阳黑子周围的情况。中期预报是提前数天到数月的预报，其重点是未来27天太阳活动的情况。短期预报是提前数天或更短时间的预报，其核心是预报太阳耀斑及空间物理效应。

在空间城建设中，空间环境预报中心是必不可少的组成部分，这是由空间城的特殊性决定的。空间城是载人的，航天员需经常到舱外活动，去完成特定使命。而人是比较“娇气”的，易遭受恶劣环境的伤害，因此，为了确保人在太空中正常地生活和工作，必须对造成威胁的各种因素加以监测和预报。比如，一次特大太阳质子事件，可能使舱内活动的航天员受到几百拉特的照射，足以导致死亡。过去的一些低剂量辐射，如银河宇宙线对于短寿命的航天器可以忽略不计，而对长期在轨道运行的空间城，它们产生的累积效果应引起足够的重视。同样的一些低概率事件，如微流星撞击，对空间城来说，亦可能构成致命的威胁。

空间环境预报中心监测和预报的空间环境参数有：高能粒子辐射环境、高能电磁辐射环境、等离子体环境、电磁波环境、微流星和空间垃圾环境、中性大气环境、磁场环境及电场环境等。有待研究的太阳及空间环境中的科学问题很多，如了解太阳和日光层的情况，研究地球、太阳系中的行星和其它天体的磁层、电离层和大气上层；研究各种太阳的产生及传至地球的基本过程；了解太阳内部对日冕的影响过程，能量、动量、等离子体和磁场借助于太阳风在行星际太空上的迁移；太阳上和日光层中高能粒子的加速；将地球大气上层作为一种流体，研究该流体的动力学、辐射特性和化学活泼性；太阳风和太阳系中除地球以外的其它天体的相互作用；磁层的一般特性等。

空间城内的空间环境预报中心，将建立一套完整的空间环境预报系统。采用X射线计、粒子探测器和磁强计，连续监测空间环境。采用光

学和射电观测设备，连续地监视太阳，提供太阳耀斑报告、日珥活动特性、活动区行为和其它太阳现象的信息。还设想在空间域外的空间里布置 3~4 个太阳极地轨道器，组成空间探测网。每个太阳极地轨道器离太阳的距离与地球离太阳的距离相等，彼此在绕太阳运行的轨道上相距 90 度，用于拍摄太阳外貌的立体图，监视整个太阳耀斑爆发。将所有这些信息，都实时传输给预报中心的计算机，经过数据处理后，能得出高能粒子的空间分布、能谱、能量强度、出现的次数和持续时间等参数。每天定期对未来的 72 小时的太阳和地磁活动发布日报，对大的太阳质子事件和相关的地球物理事件发布短期预报和警报，为空间城内的工作人员出城到空间活动提供准确的信息，确保人身安全。

空间城的建设，表明人类面临进入一个大规模开发、利用外层空间的时期。在利用空间的过程中，势必要有意识地改变空间环境。一方面，需要探索空间有哪些可供利用之处，怎样才能改变它使之更好地为人类服务。另一方面，更为重要的是人们必须研究并回答，宇宙到底能允许我们走多远？这种频繁的空间活动，对脆弱的空间环境将产生什么样的影响？空间等离子体状态大规模的改变，会不会导致明显的太阳风和太阳活动能量传输渠道的改变？空间气体成分的变化，会不会导致地面紫外线或 X 射线辐射剂量的增大？外层空间所能承受的限度到底有多大？所有这些全人类面临的重大问题，将有待于立志献身于航天事业的青年做出贡献，而不是满足于从别人那里寻求答案。

空间天文观测站

地球周围的大气是人类从事社会、生产活动不可缺少的保护层，但它对于天文学家来说，却是一种严重妨碍观测的屏障。天体在不断地发射着从 10^{-12} 厘米至 10^8 厘米范围内的电磁波，这些电磁波按其波长由短到长排列，大致可分为 射线、X 射线、紫外线、可见光、红外线、射电波等波段。

地球大气吸收从超长波到 射线的全部电磁辐射，仅在可见光区附近和无线电波区留下两个可怜的窗口，因此，包含丰富天体物理信息的绝大部分天体辐射，被地球大气阻挡和吸收。地球大气在地表面附近，由于温差形成气体的强烈对流和湍流，严重地引起光线无规则随机偏折，破坏了光线波阵面的平面性，从而歪曲了天体的星象，同时也严重削弱了天体的光度。

利用空间的低压、真空、微重力、高远位置等特点，在地球外层空间开展空间天文观测研究可克服上述的种种不利因素，将给天文学开辟无限广阔的新天地。因此，在空间域上设立空间天文观测站与地面相比，有以下一些优点：没有大气折射，可消除因折射带来的观测误差；不存在大气对某些波段的选择吸收，能用可见光和其它所有波段进行天体测量；没有大气漫射，天空总是黑的，在仪器工作期间可连续进行观测；没有大气闪烁，得到的星像质量较好；没有重力，望远镜筒不会弯曲。空间天文观测站将极大地提供扩展宇宙天体电磁辐射谱探测的可能性，获得清晰的天体图象，揭开天体的真实面貌，并能以极高的精度，测定天体的方位和运动状况。

空间天文观测站的科学工作者，首先感兴趣的问题，当然也是被关

在地球大气窗口外的各种电磁波段的探测，也就是对 射线、X 射线、远紫外线、远红外线以及短波至甚长波的射电电波的探测。众所周知，射电天文学是以无线电接收技术为观测手段，观测对象遍及所有天体，从近处的太阳系天体到银河系中的各种对象，乃至极其遥远的银河系以外的目标。20 世纪 60 年代的四大天文发现，即类星体、微波背景辐射、射电脉冲星以及星际有机分子，都是与射电天文学的发展密切相关。

通常使用得最多的空间天文观测器是天文卫星。根据观测对象和任务的不同，天文卫星可分为太阳观测卫星和非太阳探测天文卫星，有些卫星兼有太阳观测和非太阳探测的性能。在太阳物理方面，天文卫星已经揭示了太阳耀斑能量释放的非热和高能特征；揭示了耀斑爆发过程中的快速尖峰发射的存在。在揭示 X 射线双星、X 射线脉冲星、超新星遗迹以及球状星团 X 射线的性质、能谱、辐射流时变量的结构方面，都有许多新进展。

尽管天文卫星在空间探测中取得很大成就，但由于卫星的体积、重量、功率等方面的局限性，观测仪器不能做得很大，探测精度也不够高，因此，很多宇宙现象尚未发现。然而，空间城建设后，情况便大为改观。空间天文观测站配备了最现代化的天文观测设备，由于它们的尺寸很大，需由航天飞机分批将部件送至轨道。然后在站内组装而成。这些大型设备扩大了收集辐射能的面积，提高了观测仪器的灵敏度和角分辨率。比如，配备的一台远红外谱段观测望远镜，其上装有口径为 30 米的大型可展开反射镜，它的衍射极限波长低于 30 微米，可接近或超过地球上最大的光学望远镜的角分辨率。利用这样一种反射镜拍摄行星、恒星和星系的高分辨率红外图象，可与历来其它波段范围内摄得的图象相媲美。

空间天文观测站还将装备一台口径 100 米大小的硬 X 射线成像设备，用于研究能量从 10 千电子伏至 2 兆电子伏的 X 射线。其集波面积大约为地面的高级 X 射线天文物理设备的 100 倍。它可探测光线极微弱的天体，如遥远星系中的恒星爆发，也能对较亮的天体进行高频谱分辨率的观测，还能研究辐射出的气体成分、温度和运动的 X 射线特征。在站上，几个方向同时分别装有大型空间望远镜，组成了观测群，可在紫外、可见光、红外谱段范围使用，其灵敏度达到“哈勃”空间望远镜的 100 倍，其角分辨率和频谱分辨率都极佳，可详细研究遥远星系和行星。

此外，空间天文观测站运行的轨道上，依靠航天员安装的一组直径 30 米以上的射电望远镜，构成了甚长基线阵列，用来观测射电源，并把射电信号传输到空间天文观测站。这样就能对银河系中心靠近黑洞处的天文现象进行观测，并能拍摄尺寸非常大、质量相当好的黑洞图象。

空间天文观测站，由于观测设备接收的信息量非常大，就需要配备高速传输和贮存的设备。为此，安装了一台高速存取的大型数据存贮器，容量高达 1000 亿比特，并用超大型计算机对数据进行初步分析，再将分析结果传送至地球。

宇宙经过了几十亿年的演化才变成今天这个样子。难道世界上还有比人到太空去解开宇宙之谜更为伟大的吗？空间天文观测站的科学工作者，将在那里研究人们普遍关注的一些问题。比如，是什么样的自然规律在支配着宇宙的产生和演化？恒星与行星是如何形成的？太阳系中的

太阳、行星及其卫星和一些小天体是怎样形成的？又是怎样演变的？太阳的能量是怎样从内层穿透过外层流到行星际空间的等等。这些问题一旦求得解答，就会大大促进人类对宇宙的了解。不过，要解决这些问题，需要经过全人类世代代的共同努力，由于空间科学的迅猛发展，人们坚信这一进程会大大加快。

冲出太阳系的桥梁

人类在月球、火星及空间站上定居，这只不过是人类星际航行的一个良好的开端。铺向太空的道路还很长，很长。此后，人类将从空间城起步，脱离地球引力，登上火星，穿过木星、土星、天王星、海王星、冥王星，越出太阳系的疆界，扩展到银河系，进而跨出恒星边界。宇宙本身是无穷无尽的，因而人类对宇宙的认识也是无止境的。随着生产的发展，科学技术的进步，人类的视野必将不断扩大，对宇宙的认识，一定会沿着由浅入深，由简单到复杂，由片面到全面这一客观规律向前发展。

到新的天体去开拓，这是人类面临的又一次更大的挑战。这一大胆设想，将进一步深化我们对地球、太阳系和宇宙的了解；考察、勘探和定居太阳系；促进空间产业更快的发展，造福于全人类。也许会有人提出：既然已经建起了空间城，它可以观天测地，生产多种空间产品，并能移民定居，又何必再去规划考察、勘探和定居太阳系呢？这一问题并不难解答，因为人是高等动物，求知的欲望永远是无止境的。考察太阳系的动力首先来自于人类的好奇心，这是人类智慧的集中体现。出于好奇心，人类迫切地想了解它，想亲眼看到它，亲手摸到它。随后便产生实际的愿望，把所了解的东西加以利用。归根结蒂，进行宇宙探索既是为了寻求科学真理，又是为了寻找有价值的资源。

如果人类持之以恒地做下去，总有一天会成为太阳系的主宰，建立起一个一直扩展到冥王星和冥王星以外的王国，这种可能性是完全存在的。移民、开矿、贸易、通信和许多其它活动，都将同今天地球上的情形一样，以相应的规模在那里发生、发展。今后的若干个世纪内，在各主要太空港停靠期间，很可能出现定期的“星际飞船航线”，而且所有行星，都可以变成人类舒适的居住地。利用航天科学技术上的发明创造，所有这一切终将成为现实，人类可能会进入一个冲出太阳系的伟大时代。

星际空间处于高真空状态，飞行器一旦进入银河系太空，将长久地飞行下去，只要不遇到黑洞或其它不测事件，就不会受到损坏。因此，飞行器在太空中存在的时间，甚至可能超过太阳系的寿命。银河系中大约有 3000 亿个恒星，它们有大有小，有热有冷，形式各不相同。从恒星演化过程来看，只有处于主要星序阶段，即恒星的成年时期，便能稳定地向外辐射能量，这时才有孕育生命的条件。从恒星质量上看，只有在质量是太阳质量的 0.33~1.4 倍的恒星附近，才有出现生命的可能性。据天文学家推测，在银河系 3000 亿个恒星中，类似太阳这样适于孕育生命的恒星大约只有 1% 左右，即 30 亿个上下。而那些处于类日恒星的生物圈内，具有一定长短的昼夜、温度适宜的四季、面积适中的海洋，而且地质既不过分活跃也不过分死寂的行星，才可作为“可居住行星”。银河系中 30 亿个类日恒星中，拥有可能居住的行星约占 20%，即 6 亿个左右。可居住行星中，真正可能具有智慧生物和文明社会的大约接近 0.1%，即 50 多万个。

人类能够把自己的影响扩大到银河系中遥远的恒星那里吗？人类在恒星空间未来前景如何？将使用什么样的发动机和航天器？这些都有待

我们去开拓、证实。由于恒星离我们太遥远，因而探测恒星比探测行星困难千万倍。人们借用每秒 30 万千米光速，把光在一年里走过的路程 9.46×10^{12} 千米作为距离单位，称为 1“光年”，用这把尺子来度量宇宙空间。例如，太阳到半人马星座 α 星的距离为 4.3 光年；到牛郎星的距离为 16.5 光年；到银河系中心的距离为 3.3 万光年，银河系的直径为 10 万光年。目前人类所能观测到的最远天体的距离是 100 亿光年，如果按千米来计算，它大约相当于 1000 亿兆千米（1 兆 = 1 万亿）。

如此遥远的宇宙旅行，岂不成为无法实现的梦幻吗？然而，历史告诫我们，由于人类的进步，昨天的梦幻今天已成为事实，在人类智慧高度发展的今天，这些梦幻必将成为明天的现实。1973~1977 年期间，英国星际协会的一个技术小组，对飞往距地球 6 光年的巴纳德星进行了工程研究。结果表明，这是一项极其艰巨的任务，需要一艘特大的飞船，他们设想了一种名为“代达罗斯”的飞船，属于无人驾驶的自动飞船，重约 54000 吨，船上携带 500 吨左右的全自动有效载荷，飞船总高度 230 米，最宽处直径为 130 米。飞船采用核脉冲火箭发动机作动力，氦³ 为燃料。由于飞船和地球之间的无线电通信时延非常厉害，所以必须使用一台智能计算机来控制整个飞船，以便对其在探测期间的一切功能进行控制。在与巴纳德星相遇的前几年里，飞船将释放出 20 个或更多的探测器，每个探测器均以一颗行星或它的卫星，或者以恒星本身为探测目标。它们直接向飞船上的中央计算机发送探测结果。

人们还为此初步作过估算，星际飞船从设计、制造、检测和装燃料约需 15~20 年，飞船从发射到与巴纳德星相遇要 50 年，信息传递到地球需 6 年。这样从计划开始到第一次接收到数据，将花去一个人一生的时间。不过，只要有千千万万个立志攀登科学高峰的人搭接成云梯，让年轻的一代踩着前辈的臂膀爬上去，经过世代代的努力，人类必将到达宇宙深处，开拓天疆。

跨世纪的接力

近半个世纪以来，航天技术飞速发展并取得了一系列成就，这不仅能为经济建设、科学文化和社会生活等各个领域的现代化提供有力的手段，而且也是一个国家综合国力以及科学技术发展水平的重要特征与标志。

随着市场竞争日益加剧，今后空间资源的开发利用必然要走国际化的道路，成果共享。可以预见，21 世纪中期，首次载人火星飞行可望实现；永久性载人空间站将正常运行，各国空间平台、天地往返运输系统等成龙配套，使空间天文观测，对地监测步入新的境界；空间通信和导航的发展将使地球变得更加“狭小”；空间材料加工和生产以及生物制品将充斥市场；空间旅游事业兴旺发达；如果进展顺利，首批月球居住点将建成运营。

中国在航天技术领域取得的伟大成就举世瞩目。人们希望 21 世纪中国也有一个大胆而富有想象力的航天计划，带动国民经济腾飞，把我国建成一个繁荣富强的国家。

传递航天的使命

中华民族是火箭的故乡，是星的家族，是龙的传人，在人类发展的历史上，曾经创造过灿烂的古代文明。20世纪50年代，毛泽东号召：我们也要搞人造卫星；70年代，邓小平指出：要把力量集中到实用的应用卫星上来；90年代，江泽民题词：发展空间技术，开发空间资源。“中国航天”象接力棒从党和国家的三代领导人手中传递，这种传递虽然只跨越了40年，但却演绎了中国航天发展的全部历史，展示了未来开发太空的美好前程。

50年代，中华人民共和国刚建国不久，正处于经济恢复时期。当时我国经济还十分落后，工业基础和科学技术力量还很薄弱。世界上几个主要大国已经进入所谓“原子时代”和“喷气时代”，航天技术也进入了新的发展时期。1956年，以毛泽东主席为首的党中央，分析了国内外形势，提出了“我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济上和科学上的落后状态，迅速达到世界上的先进水平。”在制定12年科学规划中，国家把国防现代化建设摆在突出的地位，强调发展原子能、火箭和喷气技术、电子计算机、半导体、自动化、精密机械、仪器仪表等新技术。1956年10月8日，我国第一个导弹研究机构正式成立，钱学森任院长，这是我国导弹、航天事业奠基的历史性纪念日。

1958年5月17日，毛泽东主席在党的八大二次会议上，发出了“我们也要搞人造卫星”的号召。他认为卫星上天是件好事，苏联人造卫星上天，我们也要搞人造卫星，还强调要搞就搞大一点。“我们也要搞人造卫星”是党中央发出向空间进军的动员令，是代表人民向时代立下的誓言。

1964年，随着国民经济调整任务的胜利完成，国家优先安排的导弹、原子能等尖端技术取得重大突破，加速发展我国空间技术的问题，开始提到议事日程上来。1965年，发射人造卫星被列入国家重点项目，提出以我为主，走自己的路；大力协同，全国大协作；统一领导，集中管理；由易到难，由低到高，循序渐进，逐步发展的方针。

1967年，根据我国空间技术发展的需要，聂荣臻提出把分散在各部门的研究机构集中起来，形成拳头，组建空间技术研究院的建议。经中央批准，1968年2月20日，中国空间技术研究院宣告成立。钱学森任院长，负责各类航天器的研究、生产和试验。

1970年4月24日凌晨，毛泽东批准发射中国第一颗人造卫星，东方红一号卫星播送的《东方红》乐曲响遍全球，世界震动了。中国第一颗人造卫星发射成功，是继苏、美、法、日之后，成为世界上第五个有能力用自制的运载火箭，发射本国自行研制的人造卫星的国家。

1975年3月31日，毛泽东批准了关于发展我国通信卫星工程的报告，发出了向36000千米太空进军的号令。同年10月15日，毛泽东批准返回式遥感卫星进行发射试验。卫星发射成功后，毛泽东又兴致勃勃观看了卫星遥感照片，并在图片上留下了光辉的笔迹。返回式遥感卫星成功，使中国进入了巡天遥看一干河的行列，成为继美苏之后，世界上第三个掌握回收卫星技术的国家。

党的十一届三中全会以后，国家进入一个新的历史时期，从而为航天科技工业发展创造了良好的环境和极为有利的条件。在中国卫星进入研制阶段时，也就是1978年8月，邓小平指出，中国是发展中国家，在

空间技术方面，不参加太空竞赛，要把力量集中到急用、实用的卫星上来。这一指示，为我国航天技术如何解决经济建设中的实际问题指明了方向。1984年试验通信卫星发射成功，标志着中国成为世界上第五个能够发射地球静止轨道卫星的国家。中国的国土普查卫星、摄影定位卫星、通信广播卫星、气象卫星都得到迅速发展，并已投入应用。中国政府于1985年宣布长征系列运载火箭投放国际市场以来，先后成功地发射了亚洲一号通信卫星、巴基斯坦卫星、瑞典卫星、澳大利亚通信卫星。

世界航天技术的发展日新月异，空间资源开发市场竞争十分激烈，中国航天事业方兴未艾。1992年11月10日江泽民为中国运载火箭技术研究院题词：“神剑腾飞振兴中华”。1993年1月30日，江泽民为中国空间技术研究院建院25周年题词：“发展空间技术，开发空间资源”，表达了中国人民发展航天技术，进一步向宇宙空间进军的强烈愿望和决心。

空间技术与现代社会

本世纪的科技革命和高技术的迅猛发展，大大加快了世界经济生长的速度，促进了社会进步。人们高兴地看到，世界空间技术的推广应用，在短短几十年内硕果累累，取得了巨大的经济效益和社会效益，受到世界各国普遍关注。但是，世界经济、社会、政治和技术的发展也给自然资源和环境带来了沉重的负担和压力，危及我们可持续发展的目标。要实现经济、社会持续稳步的发展，单靠传统的办法不行，需要更富有活力的良策，这一良策就是空间技术。

中国星际航行创始人、著名科学家钱学森在《要在整体上考虑并解决问题》一文中指出：要研究如何把人造地球卫星技术用于建设 21 世纪的社会主义中国。他从战略高度分析了航天技术在国家现代社会中特殊的不可代替的作用。

历史证明，中国空间技术事业的发展，对提高我国的国际威望，形成当代世界战略格局产生了重大影响，正如邓小平指出：如果 60 年代中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国之一，就没有现在这样的国际地位。这些东西是反映一个民族的能力，也是一个民族、一个国家兴旺发达的标志。

现在世界各国竞相投入巨额资金发展空间技术，决不仅仅是出于战略的考虑。空间技术发展的根本动力，仍然在于经济发展的需求，在于空间技术能够产生巨大的社会效益，并具有诱人的经济前景。正如国务院经济发展中心、经济学家马宾教授指出：中国在发展生产力的道路上，应实现从盲目到科学的转变，即应朝着节约传统产业对资源的浪费，加强生态环境的建设，开发新的知识密集型产业和协调人与自然的的关系方面迈出快捷的步伐。空间技术等高技术产业，是知识密集型产业，它给予人类加快发展生产力以新的契机，对此我们应给予足够的重视。只有认识上的首先突破，才能有空间技术事业的突破。

据美国一位工业家分析，预计国际通信卫星组织从 1985 年至 2010 年的 25 年间，仅利用卫星进行信息服务一项，累计收益可达到 3400 亿美元；全世界空间能源的累计收益可达到 2000 ~ 6000 亿美元；空间材料加工的累计收益可达到 640 亿美元；空间旅游业的累计收益可达 15 亿美元。总的经济效益可以超过 1 万亿美元。美国微重力公司预测，在 20 年内单利用空间微重力条件进行晶体生长这一项，年产可达 1000 亿美元。

在前景如此诱人的巨大市场里，中国能有新的作为吗？21 世纪将是科学技术更加发展的时代，由于军事化角逐的不复存在，空间技术更接近于太空工业化，尤其是要使太空人类化变成现实。开发太空资源为人类服务，将成为世界各国争夺的目标。试想，如果我们这样一个占全世界人口 22%，可耕地面积只占世界的 7%，其它资源并不十分丰富的国家，不进行太空资源开发，不谋“天外之财”，要想跻身于世界先进行列是很困难的。

据亚洲及太平洋空间应用促进发展会议专家们分析，该地区某些国家所面临问题的主要原因是人口不断增长。人口的迅速增长给这些国家的资源造成了沉重的负担，尤其不堪负重的部门是教育、卫生保健、粮食、能源、住房。与人口增长同步发生的是日益严重的污染和给脆弱的

生态系统造成的破坏。为发展农业而进行的大规模森林砍伐，导致了严重的水土流失和江河洪灾频繁发生。不受保护的灌溉系统导致水涝和盐碱化。森林砍伐、沙漠化和干旱三者是相互联系在一起的现象。

大量事实证明，空间技术及其在资源调查、环境和灾害监测、城市和区域规划以及卫星通信、卫星教育等方面的应用，对促进解决资源、环境、灾害、人口等一系列重大问题，将起着重要作用，也是一种行之有效的有效的手段。

卫星遥感技术可应用于监测森林砍伐、森林再造、土地使用变化情况；可用于研究水涝和盐碱化、沙漠化、海岸线动态、干旱和农产品估算等；可用于评估和开发水资源，自然资源的勘探，污染监测和更新地图。

通信卫星除它的传统作用外，已成为信息传播的重要工具，对于持续发展的规划至关重要。人们利用通信卫星为提高全民的素质发挥作用，把电视教育课程送往边远地区，其内容涉及医疗保健、卫生、计划生育、专业知识及技能、农业耕作技术等等。此外，卫星还为受灾地区提供预报及开展救灾业务。

气象卫星在探测和跟踪台风和旋风、气象预报研究和监测地表以及海洋生物量方面的作用已确定无疑。空间技术还可通过全球定位系统为洪涝灾害预警、赈灾中的搜索与救援系统进行准确定位。

从空间技术转化为生产力，到取得明显的社会效益，有一条漫长的道路要走。它不是建立一个地面站，或买一些仪器设备就能解决问题，而是一项涉及面广、内容复杂的系统工程，必须认真加以对待。其中包括努力发展和形成适合自己国情的空间应用技术和业务运行体系，并且不断拓宽和提高利用这些技术解决各种实际问题的能力，在促进各国经济发展和人类社会进步的过程中，将具有特别重要的意义。

肩负的历史责任

近 40 年来，中国空间技术在老一辈革命家和科学家的组织领导下，从无到有，水平从低到高，取得了举世瞩目的成就，空间技术工作者们为中华民族，为伟大的祖国赢得了荣誉，这一功勋将永载中华民族的史册。

中国本着“开发空间，和平利用，服务经济”的宗旨，集中一定数量的资金，着力发展了运载火箭、应用卫星和卫星应用技术。中国已拥有卫星及运载火箭的研究、设计、试制、生产、试验等配套设计和一大批经验丰富、技术精湛的专门人才，拥有酒泉、太原、西昌三个卫星发射基地和西安卫星测控中心，可以发射近地轨道、太阳同步轨道、地球静止轨道卫星。中国已经掌握了运载火箭的高能低温燃料技术、火箭捆绑技术和一箭多星技术。长征系列运载火箭可靠性、技术稳定性倍受用户称赞，得到了世界同行的公认。中国的运载火箭昂首阔步地跨进了国际发射市场。中国已具备研制通信卫星、气象卫星、返回式遥感卫星、资源卫星以及其它各类对地观测卫星和科学试验卫星的能力，卫星回收技术以及遥感、遥测、遥控技术已日臻成熟。

中国利用返回式卫星进行搭载试验，中外科学家携手合作进行了 200 多项有关材料科学、流体力学和生命科学的微重力试验，以及空间环境探测，都取得了令人满意的结果。通过大型国际通信卫星地球站，中国已和 150 多个国家、地区建立了国际通信业务，形成了覆盖全国各省市的城市及沿海经济发达地区的干线公用卫星通信网，一些专用卫星网的发展也很快，成为公用网的有效补充。

中国卫星电视的人口覆盖率已达到 80%。已有 200 万名教师和校长经常收看优秀教师示范课程，有 300 多万人接受继续教育和岗位培训，有 1000 多万农民和乡镇企业职工收看农村技术培训节目。目前，中国卫星电视教育系统包括教育台、收转台 1200 多座，卫星电视地面接收站 7600 多个，放像点 66000 多个。这对提高全民族文化水平和素质发挥着巨大的作用。

中国利用气象卫星对台风、暴雨等灾害性天气预报已投入业务应用。利用卫星遥感技术方面，中国已完成了黄土高原、三北防护林等广大地区以及全国土壤侵蚀状况调查。对全国土地利用、植被覆盖、水域面积、沙漠及城市绿化等遥感系统的调查分析和地理信息系统的建设正在进行中。

尽管中国的空间活动在一些领域已达到世界先进水平，但是从整体上看，开发的广度和深度仍落后于世界先进国家。发射的应用卫星，不仅数量少，而且品种不齐全，难以满足各种用户的需要。在星际探测及载人航天方面，中国还是空白。在茫茫的宇宙里，既没有中国的飞船与航天飞机，也没有空间站及空间实验室。

中国空间技术产业的发展，正处在一个关键时期，已引起国家和全国人民的关注。从现在起加快发展速度，可以肯定，进入 21 世纪后，中国空间技术事业便可再度辉煌。据报载：2000 年前，中国将发射约 20 颗应用卫星。这 20 颗卫星包括气象卫星、通信广播卫星、导航定位卫星以及减灾卫星等 4 种系列，形成稳定的应用体系。

据 1994 年 12 月《中国航天》报道，中国国家航天局局长刘纪原教授，在第 45 届国际宇航联合会大会上发言指出：中国对开发空间资源，发展空间技术十分重视，已把空间技术作为国家总体发展战略的一部分，列入 2000 年至 2020 年《国家中长期科学技术发展纲领》中，明确提出要加强航天动力和推进技术、测控技术、载人航天技术的发展研究。同时，正在编制《中国空间应用促进可持续发展行动计划》，中国近期空间计划的重点是：到本世纪末，中国将致力于研制大容量通信广播卫星、多用途地球资源卫星、地球静止轨道气象卫星以及其它应用卫星和地面应用系统。这些应用卫星陆续发射与投入使用后，中国将建立自主的、长期稳定运行的、天地一体化的、与国际联通的卫星应用网络。届时，中国的农林渔牧业、工业、交通、商业、金融、财税等行业和证券、期货市场，将利用卫星应用网络，实现信息传递现代化。同时也推动了中国空间技术产业商业化的进程。

1995 年 1 月 30 日《中国航天》报道：国务委员宋健指出：蓬勃发展的中国现代化事业和社会主义市场经济体制的逐步建立，迫切要求空间技术转向商业应用，实现产业化，进一步体现经济效益和社会效益；要求发展载人航天；要求实现武器装备现代化，提高国防能力；空间科学事业发展还要求我们逐步开展深空探测，研究地球科学，研究太阳系，研究星际空间，一句话，要向深空探测发展。

正如邓小平同志指出：中国必须在世界高科技领域占有一席之地。他还说：我们在各个高科技领域都不能失掉时机，都要开始接触，这个线不能断，要不然我们很难赶上世界先进水平。

未来是你们的

人类之所以能创造今天的一切，都是由于世世代代接力的结果。正是这一切使得空间事业后继有人，从老一代手中接过这富有挑战性的事业。现在不妨设想一下，如果 100 年前要准确预测今天的发展情况恐怕是很难的，同样今天要确切预测未来 100 年、1000 年在开发太空方面的具体情况也是不容易的。但有一点是很清楚的，即随着人们的深入研究，取得的每一成就又会给人们带来新的契机，去猎取更大的成就。

现在处于中小学的青少年，已习惯于从电视中收看气象卫星云图，有些儿童还使用卫星接收天线收看电视节目。但是，当他们进入成年，人类又将进入一个科学技术更加发达的时代，很多空间应用技术可能正付诸实施，如空间太阳能电站、空间工业生产和资源利用，以及对地球气候环境变化的预测等。虽然在建立月球和火星基地，进行永久性移民方面要经过几代人的努力，但是探索性的研究工作能够为青少年提出大量的挑战性问题。正象我们这一代人一样，无论是从事农业、工业、商业或者教育、科研工作，都或多或少地接触到空间科学技术的应用问题，因此，下一代人无论从事什么样的职业，都不可避免的与太空开发与利用打交道。

你想成为未来的航天专家吗？只要翻开科学家们的传记、回忆录或是查找他们的有关资料，你就会发现，他们中的大多数人，是在童年时代接受了家庭的熏陶、老师的谆谆教导或某一事物的启迪，开始跨进知识的殿堂，揭开科学的奥秘，最终登上科学高峰的。

一百年前，德国的奥托·索林塔尔在 13 岁时用羽毛编了一大堆翅膀，绑在肩上跃跃欲飞，后来他终于制成了滑翔机。

航空先驱者莱特兄弟，幼年就喜爱飞螺玩具（类似我们的竹蜻蜓），他俩动手制作，用橡皮筋作动力使之飞向空中，虽然他们没有受过多少学校教育，但非常勤奋好学。看到鸟儿飞翔，联想到人类飞行，他俩终于在 1903 年制成世界上第一架飞机。

“火箭之父”齐奥尔科夫斯基，出身于一个农村护林员的家庭，由于家庭贫寒，从小没有过过舒坦的生活。他在 10 岁那年，得了猩红热，听力完全丧失，无法继续求学。从此，只好在家里由母亲教他读书，阅读向别人借来的数学、物理书籍。他对于飞向其它行星世界或漫游宇宙空间非常痴迷。就是通过这位科学家孜孜不倦的探求，人类终于揭开了世界航天史崭新的一页。

现代火箭专家冯·布劳恩，出生在一位银行家的家里，过生日时，按照当时的惯例，应该给小孩送贵重的金项链，可是他母亲选择的是送给他一具普通望远镜，从此，在他幼小的心灵里播下了一颗探索太空的种子，开始对宇宙产生浓厚的兴趣。冯·布劳恩是一个具有创造才能，敢于探索的孩子，曾经一度数学、物理考试都不及格。有一天，他读了《进入星标空间的火箭》这本书后，很感兴趣，但由于他的数学、物理基础差，书中的问题解答不了，他为此而十分苦恼，这激发了他的学习热情，从此下决心刻苦钻研数学，他很快成为班上名列前茅的高材生。

航天，成千上万的科学家为之奋斗，人们的汗水没有白流。再过 15 年、20 年乃至更长的时间，中国人将会在开发太空中干些什么呢？肯定

地回答，中国人是有作为的，进入 21 世纪后，中国的航天事业会再度辉煌。到那时，在外层空间不仅有中国制造的各类应用卫星，还会有中国的载人飞船和空间实验室。也许还会在太空出现中国开设的“太空旅馆”，使普通老百姓“一步登天”，欣赏宇宙的美景。

这一切，需要愈来愈多的航天专业人才，需要迅速培养一批新一代既懂技术又善于经营的外向型设计师、研究师、工程师、工艺师及技术指挥。需要造就一批跨世纪的高级工程师、研究员、工程院院士、国际宇航院士。青少年们，努力吧，未来是你们的！

