



现代高技术丛书



空间技术

中国科学技术协会主编
上海科学技术出版社



中国科学技术协会主编



现代高技术丛书

王希季 李大耀 编著

空间技术

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书从航天器技术、运载器和发射场技术、地面测量跟踪技术和空间活动成果应用技术四个方面,论述空间技术的发展和空间资源的利用开发。

全书内容包括:空间技术的兴起和发展;空间高真空与超洁净资源、航天器内部微重力资源、空间太阳能资源和月球资源的利用开发;运载火箭的空间飞行与航天基地技术;航天器的组成与空间飞行轨道;通信卫星与军用航天器的技术及应用;最后对载人空间飞行、载人空间站系统及航天飞机作着重阐述。

本书深入浅出、通俗易懂,可供具有高中以上文化程度的读者阅读,是各级领导干部和广大航天事业爱好者的理想读物。

现代高技术丛书

空 间 技 术

中国科学技术协会主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷三厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 9.125 插页 4 字数 238,000

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-3455-4/V·2

定价: 13.20元

(沪)新登字108号

现代高技术丛书编审委员会

主 任： 朱光亚

副主任： 高 潮 闵桂荣

编 委(以姓氏笔画为序)：

王守觉	王希季	王国文	邓寿鹏	刘化樵
刘成彦	刘胜俊	江东亮	孙延军	孙毓彦
朱光亚	闵桂荣	李 士	杨沛霆	何国祥
张 晶	陈伯镛	陈树楷	陈章良	武明珠
赵文彦	胡成春	胡 英	钟义信	高 潮
郭景坤	顾孝诚	戴绪愚		

序 言

1992年10月召开的党的十四大，以邓小平同志建设有中国特色社会主义的理论为指导，确立了建立社会主义市场经济体制的目标。会议指出社会主义的根本任务是发展生产力，现阶段必须以经济建设为中心，加快改革开放和现代化建设步伐，才能推动社会全面进步。科学技术是第一生产力，经济建设必须依靠科技进步和劳动者素质的提高。现代科技突飞猛进，社会主义市场经济不断发展，我们不懂得、不熟悉的东西很多。因此全党同志不仅要抓紧学习政治、经济和先进经营管理，还要学习现代科学文化。

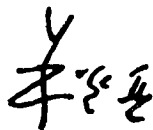
由中国科学技术协会组织编辑、上海科学技术出版社负责出版的《现代高技术丛书》，就是在1992年初小平同志视察南方发表重要谈话，举国上下学习讲话精神、加快改革开放和建设步伐的情况下开始筹划的。经过一年多的努力，现在开始与读者见面了。这套丛书是以高技术的若干领域为主要内容，请国内在这些领域中卓有成就的专家学者撰写汇编而成的，面向广大干部和非专业领域的科技工作者，是一套深入浅出的高级科普读物，重点是为各级领导干部学习高技术知识服务。

什么是高技术呢？需要指出的是，早在60年代这一名词就已在国外出现，但直到现在，对它的含义和范围，大家的认识仍有差异。一般认为，高技术是指以最新的科学发现创造为基础、具有重要应用价值的技术群。正是由于近半个世纪来科学技术日新月异的发展，高技术的内涵和范围也在不断发展和深化。50年代我国制定的《1956—1967年科学技术发展远景规划纲要》，被列在12项重点任务前列的原子能技术、喷气与火箭技术、半导体技术、电子计算机技术和自动控制技术这5项技术群，就属于这种范畴，当时在我国称之为尖端技术。80年代我国开始引入高技术这一名词，到1986年初制定《高技术研究发展计划纲要》，被评选列入的7个技

术群是生物技术、航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、新能源技术和新材料技术。这一事例不仅说明我们应动态地理解高技术这一概念，而且要认识到，高技术代表着科学技术发展的前沿，代表科学技术在社会进步和经济发展中的巨大力量，对增强一个国家的综合国力起着重要作用。

既然高技术是以最新的科学发现与创造为基础的，需要指出的另一点是，发展高技术、尤其是要实现其产业化，还应十分注意其必须具备的条件，包括掌握有关科学技术知识的人才、研究开发工作所必需的先进仪器装备与大量资金的投入、具有良好素质的工人队伍、大批生产必须具有的经济规模、工艺装备的不断更新需求以及相关高技术的配套发展等等。因此，既要积极进取，又要有敏锐的市场意识，把握机遇，善于经营。

前不久，江泽民总书记在会见全国科技工作会议代表时指出，要进一步确立和贯彻邓小平同志关于科学技术是第一生产力的伟大战略思想，加速科技进步，为90年代乃至下个世纪经济、社会发展提供强大动力。并再一次强调，要在干部特别是领导干部中普及现代科学技术知识。《现代高技术丛书》的及时出版，让更多的人能从中了解高技术的内涵、现状和发展趋势，将是十分有益的。展望世纪之交科学技术的发展，当然还应包括自然科学、技术科学的基础性研究以及全球生态环境变化与影响等方面的深入浅出评述和预测。更全面地介绍与普及现代科学技术知识，为增强全社会的科技意识，各级领导加强对科技工作的领导，把科学技术切实放在优先发展的战略地位，还需要科技界同志们继续努力。



1993年6月3日

前 言

《空间技术》是《现代高技术丛书》中的一部著作。

自 20 世纪 50 年代以来,空间技术发展迅速,已成为现代的一门重要的高技术。空间技术的兴起和发展为人类开辟了通向宇宙空间和开发利用空间资源的道路,使人类的活动领域从陆地、海洋、大气层扩大到广阔无垠的外层空间,这是人类改造客观世界能力的巨大飞跃。在这个人类新进入的环境中拥有可资利用开发的丰富资源,这正是空间技术得以发展的动力。反过来,由于空间技术开发利用空间资源的事业的发展又推动了人类文明的进程,引发了国民经济、社会生活、国防建设等领域的深刻变化。空间活动,尤其是载人空间飞行,成为举世注目、普遍关心的话题。空间技术的发展程度和水平成为衡量一个国家综合国力的显著标志之一。

空间技术发展到现在,已从探测太空和技术试验为主进入到以各类应用卫星利用航天器在空间高远位置资源开发信息流产品为主的应用阶段,促使现代社会进入到信息社会。目前,空间技术正在向建立永久性空间站、进而建立空间开发基地,以利用其他空间资源开发物质流产品或能量流产品,实现太空工业化和商业化的方向前进。

本书从利用开发空间资源造福人类的角度论述空间技术的发展。空间技术是一门综合性的系统工程技术,从大的方面可分为航天器技术、运载器和发射场技术、地面测量跟踪技术和空间活动成果应用技术。上列每个方面的技术又涉及和包含多方面的技术。为了能在较短的篇幅中给读者对空间技术有一个完整的了解,本书对各大领域都有一定程度的介绍,侧重点放在利用开发空间的主体即航天器及其应用,特别对载人航天这个当代最热门的课题

作了较详细的论述。

本书共十章,第一、第二两章为空间技术和空间资源的简要概述,第三、第四两章为航天运载和测控技术,第五章到第十章为航天器及其应用技术,其中最后三章专门讲载人航天技术。

本书可供具有高中以上文化程度的读者阅读,有助于各级领导干部和关心航天、热心航天、支持航天事业发展的人员了解空间技术的概貌。

目 录

第一章 概论	1
一、空间技术——一项现代重要的高技术	1
二、空间技术的兴起和发展	5
三、中国的空间事业.....	12
第二章 空间资源及其利用开发	25
一、空间和空间资源.....	25
二、空间相对地表高远位置资源的利用开发.....	27
三、空间高真空和超洁净环境资源的利用开发.....	30
四、航天器内部微重力环境资源的利用开发.....	33
五、空间太阳能资源的利用开发.....	38
六、月球资源.....	41
第三章 空间飞行的实现	45
一、宇宙能量(宇宙速度).....	45
二、火箭推进原理.....	51
三、多级火箭	55
四、火箭发动机.....	59
第四章 航天运载系统	66
一、运载火箭的任务和组成.....	66
二、运载火箭的飞行弹道.....	75
三、航天基地.....	80
第五章 航天器及其轨道	90

一、航天器的分类	90
二、航天器的运行轨道	95
三、航天器的轨道机动	107
四、航天器内部各系统简介	113
第六章 人造卫星和空间探测器的应用	130
一、空间科学研究	130
二、卫星对地观测	142
三、卫星通信广播	154
四、卫星导航定位	162
五、航天器的军事应用	166
第七章 空间活动成果的获取	170
一、空间遥感技术	170
二、空间信息传输技术	181
三、空间返回技术	186
第八章 载人空间技术	199
一、发展载人空间技术的重要意义	199
二、载人空间技术的兴起	201
三、美国与前苏联的激烈竞争	205
四、阿波罗登月计划	213
第九章 载人空间站	229
一、载人空间站概念	229
二、载人空间站大系统	231
三、前苏联礼炮号载人空间站	236
四、长期性载人空间站	240
五、联盟号系列飞船	245
第十章 航天飞机	254
一、航天飞机的发展	254

二、航天飞机类别.....	259
三、美国空间运输系统的航天飞机.....	267
参考文献	275

第一章 概 论

一、空间技术——一项现代重要的高技术

1. 现代高技术

当前世界正处于新技术革命的高潮中。新技术革命一词是我国学者于 20 世纪 80 年代初期提出的,在西方国家则称为人类社会的“第三次浪潮”或“第四次工业(或产业)革命”,在前苏联称为“新的科学技术革命”,在日本称为“新产业革命”。

新技术革命以 20 世纪 40 年代开始出现的一系列现代高技术的迅速发展和广泛应用为特征,是人类改造客观世界能力的新的巨大飞跃。这种飞跃将对人类社会产生深远的影响,可从根本上改变现有的生产方式和生活方式,使人类社会进入一个崭新的时代。

现代高技术或简称高技术(High Technology)的概念产生于美国,作为正式名词出现于 80 年代初期。虽然目前对高技术尚无统一的定义,但一般公认,高技术与高级技术和先进技术并不等同,它是指基本原理主要建立在最新科学成就基础上、一般具有高度知识密集和高投资额特征、并能产生高效益或重大影响的技术领域。它包括生物技术、信息技术、新材料技术、新能源技术、空间技术和海洋技术等。

生物技术就总体而言仍处于开创阶段,但它与人类生活紧密相关,对解决当今人类社会面临的许多重大问题如粮食、能源、环境和健康等具有巨大的潜力。有人认为,生物技术对 21 世纪的影响,就等于物理和化学对 20 世纪的影响一样大,21 世纪是生物技术蓬勃发展的时代。信息技术在世界新技术革命中处于核心和先导地位,对实现“从工业社会到信息社会的转变”有决定意义。信

息属性的劳动资料已成为当代生产力发展中最活跃和最具有变革作用的因素。新材料技术在很大程度上左右了高技术产业的发展速度。材料作为现代工业的基石,它与信息、能源一起被誉为现代文明的三大支柱,成为高技术的物质基础和重要依托。新能源技术将从根本上改变现今社会以天然矿物燃料为主、以水能和核裂变能为辅的初级能源的组成结构,为人类社会的发展寻求并提供新的廉价和清洁的原动力,形成多种能源互相补充、初级能源和二次能源(指电力)共同使用、世界环境得以改善和新能源所占比例逐渐增大的新格局。空间技术使人类的活动领域跃进到广阔无垠的宇宙空间。宇宙空间又称外层空间,它是指大气层以外的空间,一般简称为空间,也可称为太空,在中国还称为天。空间技术为利用开发空间存在的各种资源造福全人类创造了条件,它对人类文明进步的影响和使国民经济、社会生活、国防建设发生的深刻变化是其他科学技术无法比拟的。它已成为当前高技术的一个“制高点”和衡量一个国家综合科技实力的重要标志。海洋乃是地球上“最后的开辟疆域”,被海洋学家称为世界“第六大洲”。海洋技术为利用开发海洋所蕴藏的巨大资源和能源展示了广阔的前景,它正在进入方兴未艾的成长期。

2. 空间技术

空间技术又称航天技术。它是研究和解决如何使空间飞行器(又称航天器)进入外层空间并在那里有效工作,探索、开发和利用外层空间以及地球以外天体的综合性工程技术。空间技术是20世纪后半期发展迅速,影响科技进步和经济增长乃至国际间实力平衡的带头的高技术之一。

空间位于地球大气层之外。任何对空间的直接科学研究和利用开发资源的活动,都必须以人造航天器到达并运行于空间轨道为前提。因此,空间技术又可理解为发展和建造空间航天器工程系统的技术。

空间航天器工程系统以航天器为核心,包含两个主要二级系统(图1-1)。一个是将航天器送入它运行轨道的系统,也就是产生

并赋予航天器所需的能量，使航天器获得能够达到其轨道高度和足以征服地球引力束缚的系统。这个系统又称为运载系统。另一个系统是航天器任务系统，也就是航天器运行、进行活动和完成任务的系统。

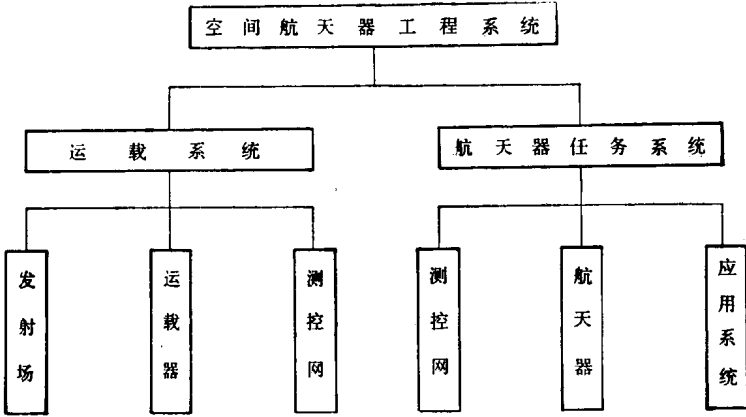


图 1-1 空间航天器工程系统

(1) 运载系统 运载系统包括运载器和为其服务的发射场系统和运载器飞行测量控制系统。运载器又称运载工具，是将动能和势能传递给航天器，使航天器进入预定轨道的系统。现有两类运载器，一类是多级运载火箭，另一类是空间运输系统。空间运输系统中的航天飞机既是一种能将其他航天器运送入轨道的运载器，它本身又是一个航天器。

运载器携带航天器发射升空，只能在专门为它配套设计建设的发射场进行。发射场又称发射基地或发射中心，一般有航天器和运载器装配和测试厂房、推进剂存储和加注设施、发射塔架、服务塔架、转运设备以及发射监测和控制设备等。发射场是一个拥有多种建筑和设施的工程系统。

运载器从它发射起飞、上升到把航天器送入预定的轨道，要经历一个相当复杂和航程达数千公里以上的过程。运载器飞行的全过程和过程中的特征点，都必须监视、测量和控制。因此，对运载器的飞行进行测量控制的网站必然构成运载系统的有机组成部

分。这个测控网站一般是航天测控网站的一部分。

(2) 航天器任务系统 航天器任务系统包括航天器本身以及为完成航天器任务配套的和为航天器运行服务的各分系统。航天器是在空间各种轨道上运行工作的各人造天体的总称,为运载器运送的有效载荷。各类科学卫星、应用卫星、空间探测器、载人飞船、航天飞机和空间站都是航天器。航天器因其任务不同,而有不同的轨道和不同的功能,因而有不同的构形、不同的尺寸和不同的组成。航天器是空间航天器工程系统的核心,构成这个工程系统的所有分系统,都应以航天器任务的要求为依据在工程系统中恰如其份地到位和发挥其作用。

为完成航天器任务配套的分系统,因航天器的任务不同而有很大的差异。以获取信息为主要任务的航天器,例如科学卫星、空间探测器和应用卫星中的对地观测卫星,它们的任务配套分系统主要是地面的信息接收和处理系统。又如以转发信息为任务的通信卫星,配套系统主要是各地球站。与导航卫星配套的系统比较简单,是一个导航定位信息终端设备。一般把与应用卫星的任务相配套的分系统称为应用系统。航天器任务配套分系统,对某些航天器而言,规模是相当大的。载人航天器的配套分系统,还包括航天员的医监,医保等系统。

航天器在空间轨道上运行工作,即使是载人的大型航天器,也不可能做到完全的自控、自主、自检和自修。有的航天器,例如返回式卫星、载人飞船和航天飞机在运行之后,还要返回地面。因此,在航天器任务系统内必须有一个适应其任务的监视、测量和控制分系统——航天测控网站,在任务期间(有的达十几年)对航天器进行规定的测量、监视和控制,以保证任务顺利地执行和完成。

航天发射场和航天测控网又共同组成为航天基地。

空间技术,由于它是一项人类进入新环境和开拓人类新疆域的新技术。因此,这项技术客观上必然要以一个完整的新的技术体系而出现和发展。图 1-2 给出了与空间航天器工程体系相对应的这个技术体系的大致情况。这个体系所包含的各项分支或专业技

术，实际上也都是综合性的新技术。它们中的每一项也都涉及多项新技术。空间技术的这种特性，使它成为现今所有高技术中内容最为广泛、最为复杂和对人类社会影响最大的一项技术，也是知识密集度最大和投资额最大的一项高技术。

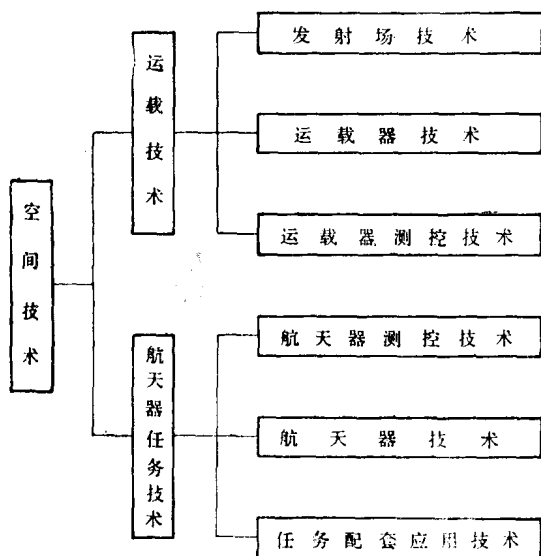


图 1-2 空间技术专业分类

二、空间技术的兴起和发展

1. 开拓通天之路

脱离地球、飞向宇宙是人类长远以来追求的理想，近代科学技术为实现这个理想打开了通道。齐奥尔科夫斯基(К·Э·Чюлковский)、戈达德(R·H·Goddard)、奥伯特(Hermann Oberth)等空间技术的前驱者于 20 世纪初期在该领域中为空间技术做出的杰出贡献为空间技术奠定了基础。

齐奥尔科夫斯基是俄国和前苏联的科学家，毕生从事航天领域的研究。他在 1903 年发表的《利用喷气工具研究宇宙空间》的论文中，就论证了火箭这种喷气工具用于星际航行的可能性，推导

出火箭在无引力场和真空中飞行速度的计算公式(后人称为齐奥尔科夫斯基公式)。齐奥尔科夫斯基还提出了多级火箭的概念,指出了液体火箭是航天器最合适的运载工具。他对未来的憧憬:“地球是人类的摇篮。人类决不会永远躺在这个摇篮里,而会不断探索新的天体和空间。人类将首先小心翼翼地穿过大气层,然后再去征服太阳系。”反映出他作为航天先驱的光辉思想。

戈达德是世界上首先实现液体火箭成功发射的美国科学家。在1919年发表出版的《到达极大高度的方法》这部著作中,他阐述了火箭运动的基本数学原理,讨论了用火箭把有效载荷送往月球的可能方法。他还把理论研究和实验结合起来,从1920年开始研究液体火箭,历经7年的努力,于1926年3月16日成功地发射了世界上第一枚液体火箭。虽然这枚火箭是一枚用液氧和汽油作为推进剂的无控制火箭,长度仅3.04米,只飞行了2.5秒,达到12米高和56米远,但它作为近代火箭第一个工程研制成果而垂青航天史册。

奥伯特是出生于罗马尼亚、后来加入德国籍的科学家。他对航天学理论也做出了重要贡献。在1929年发表出版的《通向航天之路》一书中,他论述了火箭飞行的数学理论,并提出了许多关于火箭结构和飞行的新观点。

上述几位科学家的理论研究和工程实践的成果,对近代火箭技术的发展具有重大的影响,为人类指明了通向太空的道路。

1942年10月3日,现代大型火箭的初型——德国的V-2火箭(原名A-4火箭,1944年6月改称V-2)飞行试验首获成功。它是一种有控制的弹道式液体火箭,推进剂为液氧和酒精,全长14米,起飞质量13吨,箭体直径1.65米,最大射程320公里。研制V-2火箭虽然出自德国法西斯发动侵略战争的需要,但它的问世标志着近代火箭技术步入了工程和实用的阶段。

第二次世界大战结束后,前苏联和美国在V-2火箭技术(包括两国俘获的德国火箭专家、技术资料和设备)的基础上,迅速发展了各自的火箭技术。1957年8月和12月,前苏联和美国先后进行