


工程物理

现代工程技术物理基础

王群善 曹秀吉 编著



辽宁科学技术出版社

前 言

随着科学技术的发展,从70年代末开始,一场新的科学技术革命浪潮迅速席卷全球,其核心是一批知识智力密集性的高新技术兴起,其中包括信息技术、空间技术、新材料技术、新能源技术、海洋技术和生物技术等。这些高新技术以其强大的突破力量带动了社会生产力的飞速发展,导致了社会经济结构和生活方式的重大变革,也引起了人们思想观念的深刻转变。世界各国,特别是发达国家间已不仅仅局限于军事竞争和经济竞争,而越来越明显地表现为以高技术为中心的科技竞争。因此,许多国家都把发展高技术列为国家战略的重要位置。1983年3月美国提出了“战略防御倡议”计划,即“星球大战”计划(SDI),随之出现了欧洲的“尤里卡(Eureka)”计划,日本的“今后十年科学技术振兴政策”等,都是旨在谋求未来发展的制高点,努力塑造各自在21世纪的形象。我国也积极地研究对策,调整战略部署,抓住机遇,及时地制订出中长期国家发展高技术计划纲要,即“863”计划,其主要目标是跟踪世界先进水平,缩小差距,并力争有所突破。

现在,高科技已经成为一个国家综合国力的象征,成为衡量各个国家或地区经济、政治和军事实力的重要标志。谁占有了高科技优势,谁就会处于主动地位。

目前出现的高科技大部分都直接或间接地同物理科学相关联。事实证明,物理学理论的任何一项重大的突破,都将引发一系列新技术的诞生;同样,新技术的兴起又将推动物理科学向更高更深层次进展。几十年来,物理学课程内容虽经多次变动,但基本模式未变。内容陈旧,缺乏新鲜感;重复过多,信息含量低;脱离实际,实用性差,已是公认的事实,也成为导致青年学生对物理学感到乏味的原因之一。面临新技术革命浪潮的冲击,物理学课程应该“面向现代化,面向世界,面向未来”,更新内容,积极引进前沿科学的新思想、新观点、新方法,努力反映高新技术的研究成果,不能再沉溺于“木块擦木块”、“斜面加滑轮”那种学究式的讨论,不能再囿于物理学自身逻辑体系完善性的束缚。

再过几年,新的世纪即将开始,人类社会将进入第三个千年纪元,21世纪必将是高科技蓬勃发展的时代。今天的青年人是跨世纪的一代,在这世纪相交,千年更替的光辉历史里程碑前,应当帮助他们做好迎接严峻挑战的思想和知识准备,引导他们主动地跟踪世界科技水平的进步,以便捕捉日后发展的机遇,正确地选择、设计和创造未来,成为21世纪的强者。

正是基于上述考虑,我们撰写了《工程物理》这部书。这里,我们选取了高科技中与物理学直接相关的一些内容,涉猎了现代工程技术最活跃的领域,重点介绍各门技术的物理基础、应用价值和发展前景。我们力求使此书内容具有科学性、先进性、预见性和实用性。在内容叙述上,尽力做到深入浅出、言简意赅,避免不必要的繁冗数学推导和理论论证。

书中五篇内容几乎覆盖了目前高技术群体中与物理科学相联系的各个领域,对每一种技术的形成过程、发展现状和趋向,也都做了较系统的阐述,目的在于使读者能全面地熟悉现代工程技术发展的前沿。同时在内容编排上,还顾及到与物理学传统结构相呼应,各篇可分别作为力学、热学、电磁学、光学、原子物理学等分支在现代工程技术中的延伸和应用。每篇内容都具有相对的独立性,读者亦可根据个人的需要和兴趣,选学其中部分内容。

总之,我们企望通过本书帮助读者开阔视野,拓宽知识面,改善知识结构,增强适应能力,

激发学习兴趣,破除对高技术的神秘感,树立攀登科学技术巅峰的信心。

本书是作者在多年讲授《工程物理》课程基础上写成的。该课程是《大学物理》,即《普通物理》的后续课,是为适应时代发展需要而开设的一门技术基础课。此课程得到了有关部门的充分肯定和高度评价,在实践中深受广大学生的欢迎。本书除用做大专院校、中等专科学校相关课程教材和教学参考书外,还可供关心高科技的各级管理干部、各类科技人员以及大中专院校教师和学生阅读参考。

本书由王群善、曹秀吉合作编著,其中第一、二、四篇由王群善执笔,第三、五篇由曹秀吉执笔,全书由王群善统编。书中部分插图由王文艳绘制,王旭、广丽华、段洪波、王文艳参与了书稿的校对,王雨时、吴玉斌等为该书的出版提供了诸多便利。特别应提及,翟绪进在成书的全过程中,始终给予热情关心和具体指导。值此,对来自各方的支持,一并表示由衷的谢意。

本书涉及面宽广,作者知识水平和掌握的资料有限,如有疏漏和纰缪之处,请不吝赐教。

作者

1993年10月

目 录

第一篇 空间技术

第一章 概述	1
§ 1—1 空间技术的组成与发展	1
一、空间技术的组成	1
二、空间技术的发展	2
三、我国航天事业发展概况	4
§ 1—2 空间技术应用	5
一、直接应用	5
二、间接应用	6
§ 1—3 空间资源	6
一、空间高远位置资源	6
二、空间环境资源	7
三、空间能量资源	8
四、空间物质资源	9
第二章 航天飞行原理	11
§ 2—1 多级火箭技术	11
一、火箭推进原理	11
二、单级火箭的理想速度	12
三、多级火箭的理想速度	13
四、运载火箭的飞行轨道	14
§ 2—2 人造卫星运行轨道	15
一、卫星轨道方程	15
二、卫星运行轨道	17
三、椭圆轨道参数	18
四、地球同步卫星	20
五、航天器空间交会与对接	21
§ 2—3 星际航行轨道	22
一、宇宙速度	22
二、月球航行轨道	24
三、行星际航行轨道	26
§ 2—4 航天器返回轨道	29
第三章 天地往返运输系统	30
§ 3—1 运输火箭	30

一、 多级火箭组合方式	30
二、 现代火箭的构成	31
§ 3-2 飞船、航天飞机和空天飞机	34
一、 飞船	34
二、 航天飞机	36
三、 空天飞机	39
§ 3-3 发射场与着陆区	40
一、 发射场	40
二、 返回着陆区	41
第四章 航天器	42
§ 4-1 航天器分类与结构	42
一、 航天器的分类	42
二、 航天器的结构	42
三、 载人航天器的结构特点	44
§ 4-2 人造卫星种类	46
§ 4-3 其它几种航天器	47
一、 空间探测器	47
二、 空间站和空间平台	48
三、 空间城	49
问 题	50
参考文献	50

第二篇 物态与新材料

第一章 物态	51
§ 1-1 基本粒子	51
一、 基本粒子概念	51
二、 基本粒子间相互作用	52
§ 1-2 物态的形成	54
一、 原子核结构与核力	54
二、 原子与分子的构成	55
三、 物态的形成与分子力	55
§ 1-3 物态种类	57
一、 固态	57
二、 液态	58
三、 气态	58
四、 “超”的物态	59
五、 反物质	61
第二章 新材料技术	62
§ 2-1 当代新材料特点及分类	62
一、 新材料的特点	62

二、新材料的分类	63
§ 2—2 新型结构材料	63
一、金属材料仍然具有很强的生命力	64
二、工程陶瓷在高温高比强度材料中最有发展前途	64
三、工程塑料在高分子材料中的地位将日趋重要	65
四、复合材料是结构材料发展的最重要方向	65
§ 2—3 新型功能材料	66
一、信息材料	66
二、特种性能合金材料	67
三、生物医学材料与智能材料	69
§ 2—4 材料科学研究方向	70
一、纳米材料科学将成为研究重点	71
二、 C_{60} 的发现将大大扩展新材料研究和发展领域	71
三、按指定性能设计新材料及其器件将成为现实	72
第三章 液晶	74
§ 3—1 液晶的发现与分类	74
一、液晶的发现和发现	74
二、液晶的结构与分类	75
§ 3—2 液晶的光学特性	77
一、液晶的双折射性	78
二、液晶的电光效应和磁光效应	78
三、向列相液晶的动态散射(DS)	79
四、胆甾相液晶的选择反射	79
五、液晶的其它特性	81
§ 3—3 液晶的应用	81
一、液晶显示	81
二、液晶光学器件	83
三、液晶检测	82
第四章 等离子体	84
§ 4—1 物质的第四态	84
一、等离子体的发现与发展	84
二、物质的第四态	85
三、等离子体的分类	86
§ 4—2 等离子体基本特性	86
一、等离子体准电中性	86
二、等离子体两种温度	88
三、等离子体振荡	89
四、等离子体中粒子间相互作用	89
§ 4—3 等离子体中电磁场	90
一、等离子体内磁场	90

二、 磁场对等离子体的作用	91
三、 等离子体中的波	92
§ 4—4 等离子体的应用	93
一、 等离子体热过程应用	94
二、 等离子体化学过程应用	94
三、 磁流体(MHD)力学过程应用	94
第五章 超导体	96
§ 5—1 超导电性的发现与发展	96
§ 5—2 超导体的物理特性	97
一、 超导体临界参数	97
二、 零电阻现象	98
三、 迈斯纳效应	98
四、 第二类超导体特性	100
§ 5—3 超导理论	102
一、 伦敦理论	102
二、 BCS 理论	103
§ 5—4 约瑟夫逊效应	105
§ 5—5 超导体在技术中应用	107
一、 超导强磁体	107
二、 超导输电和超导储能	108
三、 超导磁悬浮装置和电磁推进器	109
四、 超导电子器件	109
问 题	111
参考文献	111

第三篇 新能源技术

第一章 能源技术概论	112
§ 1—1 能源分类	112
一、 按形成条件划分	112
二、 按使用性质划分	113
三、 按利用状况划分	113
§ 1—2 能源的转化和评价	113
一、 能源的转化	113
二、 能源的评价	114
三、 能源的选用	115
§ 1—3 能源形势及其发展趋势	115
一、 世界能源动态	115
二、 我国能源形势	117
第二章 新能源的开发利用	119
§ 2—1 核能	119

一、核能资源	119
二、核裂变能发电	120
三、核聚变能发电	123
四、世界核电事业发展情况	124
§ 2-2 太阳能	125
一、取之不尽的清洁能源	125
二、太阳能的利用	128
§ 2-3 其它能源	133
一、风能	133
二、海洋能	134
三、地热能	136
四、氢能	137
第三章 新的能量转换技术	140
§ 3-1 煤的气化和液化	140
一、煤炭流体化的必要性	140
二、煤炭流体化的方法	140
三、煤气化联合循环发电	142
§ 3-2 磁流体发电	143
一、磁流体(MHD)发电的基本原理	143
二、磁流体发电的特点	144
三、磁流体发电系统的构成及类型	145
§ 3-3 燃料电池	146
一、燃料电池的基本构造	146
二、燃料电池的工作原理	147
三、燃料电池的性能与效率	147
问 题	148
参考文献	148

第四篇 光电子技术

第一章 激光产生的基本原理	151
§ 1-1 光和物质的相互作用	151
一、光子与原子三种作用过程	151
二、三个系数的关系	152
§ 1-2 粒子数反转	154
一、受激辐射与吸收	154
二、能实现粒子数反转的物质	154
§ 1-3 光振荡	157
一、受激辐射与自发辐射	157
二、光学谐振腔	157
三、稳定谐振腔结构	158

四、光振荡的阈值条件	158
第二章 激光器件与激光特性	160
§ 2-1 激光器的种类	160
一、按工作物质分类	160
二、按运转方式分类	161
三、按激励方式分类	161
四、按输出波长范围分类	162
§ 2-2 几种常见的激光器	162
一、固体激光器	162
二、气体激光器	165
三、可调谐染料激光器	168
四、半导体激光器	169
§ 2-3 激光器的模式和高斯光束	170
一、激光器的振荡模式	170
二、高斯光束	171
§ 2-4 激光的特性及其应用	173
一、激光光束的特性	173
二、激光技术的应用	175
第三章 光学纤维	177
§ 3-1 光纤结构	177
一、全内反射	177
二、两种结构光纤	178
三、光纤材料与制造	179
§ 3-2 光纤的基本工作原理	181
一、阶跃折射率光纤传光原理	181
二、梯度折射率光纤传光原理	183
三、实际光纤的损耗	186
§ 3-3 光纤的应用	187
一、传光束	187
二、光纤通信	188
三、光纤传感器(OFS)	189
第四章 全息技术	191
§ 4-1 概述	191
一、普通照相的缺陷	191
二、全息照相的基本过程	191
三、全息照相的特点	193
§ 4-2 全息照相的基本原理	194
一、记录过程	194
二、再现过程	195
§ 4-3 全息图的类型	196

一、平面全息图和体全息图	196
二、同轴全息图和离轴全息图	196
三、透射全息图和反射全息图	197
四、菲涅耳型全息图和夫琅和费型全息图	197
五、其它类型全息图	197
§ 4-4 全息照相的应用	197
一、制作全息光学元件	198
二、全息干涉计量	198
三、全息存贮	199
四、全息术其它方面应用	199
第五章 非线性光学	200
§ 5-1 线性光学与非线性光学	200
一、光与物质相互作用的微观机理	200
二、线性光学与非线性光学	200
§ 5-2 非线性光学现象	202
一、光学倍频	202
二、光学混频(和频与差频)	203
三、光学参量放大	203
四、自聚焦现象	205
五、受激喇曼散射	205
问 题	206
参考文献	207

第五篇 红外与遥感技术

第一章 红外技术	208
§ 1-1 红外辐射	208
一、红外辐射	208
二、热辐射规律	209
三、红外辐射在媒质中传输	210
§ 1-2 红外探测器	211
一、红外探测器的特性参数	212
二、红外探测器的种类	213
§ 1-3 红外成像原理	215
一、红外变像管	215
二、红外摄像管	216
三、光机扫描成像	216
四、电荷耦合器件	217
§ 1-4 红外技术应用	218
一、红外测温	218
二、红外检测	220

三、 军用红外技术·····	221
四、 红外加热干燥·····	222
第二章 遥感技术 ·····	224
§ 2—1 概述·····	224
§ 2—2 遥感工作的物理基础·····	225
一、 辐射源·····	225
二、 地物波谱特性·····	225
§ 2—3 遥感器·····	226
一、 遥感器的分类与选用·····	227
二、 常见的遥感器成像系统·····	228
三、 微波遥感器·····	229
§ 2—4 遥感信息处理与图像判读·····	230
问 题 ·····	231
参考文献 ·····	231

第一篇 空间技术

第一章 概述

1957年10月4日前苏联成功地发射了世界上第一颗人造地球卫星,从而开创了空间技术的新纪元。此后三十年,空间技术得以迅猛发展,形成了一门新兴的综合学科,成为现代高科技领域里一个重要的分支。它同信息技术、新材料技术、新能源技术、生物技术及海洋技术一起,被公认为现代科技的前沿,作为一个国家发展水平和综合国力的象征。

§ 1—1 空间技术的组成与发展

一、空间技术的组成

空间技术亦称航天技术。现代航天理论的基础人、前苏联物理学家齐奥尔科夫斯基(К. Э. ЦИОЛКОВСКИЙ)曾经预言:“地球是人类的摇篮,但是人类不能永远生活在摇篮里。”随着社会的发展和科技的进步,必然促使人类去探索、认识地球之外的宇宙空间,开发利用空间资源,进而逐步地脱离产生、养育人类千百万年的地球,向空间求生存、求发展。空间技术就是一门研究如何将航天器或人送入外层空间,并在那里进行活动的工程技术。

一般来说,把在地球大气层内的航行活动叫航空;而把大气层以外宇宙空间的航行活动称作航天,其分界线通常定在距地面100 km高处。此处大气已很稀薄,仅为地表面大气密度的百万分之一。当然,要把航天器或人送入空间,首先必须穿过大气层;欲要由空间返回地球,也必须再入大气层。所以,航天和航空没有严格的界限,既有区别,也有联系。

空间技术是一门综合性的工程技术,它把空间物理、空间化学、空间生态学、空间生物学以及空间医学等科学理论,应用于航天器的研究、设计、制造、试验,以及发射、在轨运行、返回、控制和管理,它涉及到空气动力学、航天动力学、航天热物理学、航天材料学、机械制造、无线电通信等多门科学技术。

空间技术一般由八大部分组成,即运载器和天地往返运输器、航天器本体、发射场、返回着陆场、测控、通信和指挥系统、航天员培训、监护和地面应用系统。概括起来,空间技术主要包括航天器技术、运载工具技术和地面测控技术。现简要分述如下:

1. 航天器技术

这是研究、制造和发展能在空间完成各种开发利用空间任务的航天器的技术,包括人造地球卫星、载人飞船、星际探测器、空间站及空间运输系统等。航天器由专用系统和通用系统组成,前者视飞行任务的不同而各异,如对地观察卫星要备有遥感器和数据传送系统;通信和广播卫星要有转发器和通信天线;科学卫星和星际探测器要安装探测仪器。通用系统包括结构系统、温度姿态控制系统、能源系统、跟踪系统、遥测遥控系统、无线通信系统等。返回的航天器还要配备回收系统,载人航天器要设置生命保障系统。显然,航天器的研究、设计、制造和试验是

一项综合性极强的工程技术。

2. 运载工具技术

研究、制造运载航天器到外层空间,并能在预定轨道上运行的技术。运载工具基本上都是大型多级火箭,故又称“多级火箭技术”。多级火箭通常由二、三级组成,重达数百吨,高达数十米。火箭发动机推力几百到几千吨,每秒钟就消耗成吨的推进剂。每一级火箭都包括结构、发动机和制导三部分。运载火箭技术在很大程度上决定了空间技术发展的规模和程度。目前能自行设计、制造、发射大型运载火箭的国家尚不多,我国是其中之一。

3. 地面测控技术

它是研究并实现对运行中航天器进行监视、测量控制和管理,如了解各系统的工作情况,航天器内环境状态和宇航员生理状况,飞行器轨道和姿态等。需要在地面上(或海上)建立一定数量的测控台站,经常保持与航天器之间的联络,执行任务所需设备,除某些光学观测仪器外,有精密跟踪雷达、多普勒测速仪、遥测解调器、遥控发射机、电子计算机、数据存储器、显示记录仪以及数据传输和通信设备等。

总之,空间技术是一门高度复杂、高度综合的工程技术。发展空间技术,必须以运载技术为基础,以航天器技术为主导,相应地发展地面测控技术。空间技术与天文、数学、物理等基础学科,同电子、自动化、精密光学、计算机、真空、低温等技术是紧密相联系着的。

二、空间技术的发展

航天技术的兴起始于1957年,这一年8月前苏联成功地发射了一枚洲际导弹,接着,于10月4日用一枚改装后的洲际导弹成功地发射了一颗人造地球卫星。尽管当时仅作为发展火箭、导弹技术的一种副产物,当作显示导弹威力的一种形式,但它确实标志着人类对自然认识水平和活动范围的一次巨大飞跃,对后来航天技术的飞速发展产生了巨大的影响。

此后的重大航天活动有:

1957年12月美国发射洲际导弹成功;一年后,1958年12月,美国发射了世界上第一颗通信卫星“斯特尔”号;1960年4月又先后发射了第一颗气象卫星“泰罗斯”1号和导航卫星“子午仪”1B号;

1961年前苏联Ю. А. 加加林乘坐“东方”1号飞船进入空间,绕地球飞行108分后安全返回地面。开创了载人航天的新时代;

1963~1964年,美国发射了世界上第一颗地球同步轨道卫星和第一颗静止轨道通信卫星;1965年又发射了第一颗商用通信卫星“国际通信卫星”1号,同时开展了通信服务业务,开始了卫星通信的实用阶段;

1969年美国“阿波罗”11号宇宙飞船登月成功,两名航天员在月球静海西南角着陆,安放了实验装置,拍摄了月面照片,采集了22 kg月球岩石和土壤样品。从而实现了奔向月球的千年夙愿,成为涉足地球以外天体的首批人员;

1970年12月前苏联“金星”7号探测器首次金星上实现了软着陆;1971年12月,前苏联“火星”3号探测器又首次在火星表面上软着陆;1972年3月美国发射了“先驱者”10号探测器,经历11年的飞行,于1983年6月越过了海王星轨道,成为飞离太阳系的第一个人造天体;1977年9月美国发射了“旅行者”2号探测器,对天王星、海王星进行探测;

1971年前苏联发射了世界上第一个载人空间站,进行了空间站与联盟号、进步号飞船的空中对接试验,开创了世界航天史上仓段对接和永久性空间站的先例;

1981年4月,世界上第一架垂直起飞,水平着陆,可多次重复使用的美国“哥伦比亚”号航天飞机试飞成功。这是航天、航空技术发展的综合产物,是航天史上又一个重要的里程碑;接着,1982年11月,美国航天飞机开始商业性飞行;1984年11月,美国航天飞机又成功地施放了两颗卫星,同时回收了两颗失效的通信卫星,第一次实现了双向运载;1989年10月美国航天飞机将“伽利略”号宇宙飞船送入轨道,使“伽利略”号飞船登上为时6年、航程38亿多公里的漫长旅途,预计1995年12月抵达木星;

自1957年发射第一颗人造地球卫星以来,截止到1990年底,世界各国发射成功的各类航天器总数达4127颗,其中前苏联2661颗,占总数的64.5%;美国1161颗,占28.1%;日本52颗,中国30颗。这些人造航天器基本上沿着三个分支方向发展,其一,进行科学探索和科学试验,除对地球进行总体宏观观测和近地环境研究外,逐步扩散到内行星和外行星的探测;其二,研究开发近地无人卫星在国防和国民经济中的各种应用;其三,发展载人航天事业,由于人类进入空间,开发利用空间资源,会创造出巨大的经济价值,因而,从80年代后半期开始,诱发了一股世界性的载人航天热潮,除前苏联、美国外,由欧洲各大国组成的欧洲空间局、日本和加拿大等,也都卷入这一竞争之中。

空间技术是当代高科技的重要前沿学科之一,现在正方兴未艾。据预测,今后的发展将主要在以下几个方面:

1. 降低空间活动的成本

航天飞机投入使用,无疑大大地降低发射航天器的费用,因为航天飞机的轨道器和固体助推器至少可重复使用20~100次。

就航天器技术本身来说,也要向多用途、长寿命、标准化和模块化方向发展。多用途即提高综合性,做到一星多用;标准化即卫星部件设计标准化,增强通用性;模块化是一个趋势,把通用系统(空控、电源、指令和数据处理部分)设计成模块。有时也包括推进系统模块。模块化和标准化设计,有利于技术发展的继承性,缩短研制周期,提高可靠性、适用性。

2. 建立空间往返运输体系

航天体系包括空间站、航天飞机和空间渡船,其中空间站是设置在轨道上能提供较长期空间活动的场所;也是向深空间进军的基地;航天飞机、空天飞机往返于地面和空间站之间,轮换人员和补充物质;空间渡船往返于低轨道和高轨道、行星和行星之间,运送和回收各种航天器以及组建空间结构等。这样一个运输体系将使航天活动范围大大扩大。

3. 加强空间军事力量

这里包括研制实用的侦察卫星,对地球进行连续的、全天候的实时侦察;军用通信和导航系统,可对舰艇(包括水下潜艇)、飞机和地面部队进行战术指挥、联络和导航;加速研究星载激光和粒子束反卫星武器系统。

4. 空间应用开发

预计本世纪末的空间技术将进入以空间应用与开发为主的新阶段。空间得天独厚的高远位置、高真空和微重力的特殊环境,以及丰富的能量资源,有待于人们去开发利用。月球本身不仅蕴藏着巨大的资源,也将成为人类开发更广大空间的第一个天体基地。在月球上就地取材建造太阳能发电站可能是第一项工程。随着空间生产和大规模航天活动的开展,会有越来越多的人到空间生活、工作,建造一个适于人类长期生活的场所——空间城也将提到议程上来。

5. 发展国际间的合作

航天技术不同于其它领域,它越来越多地超出单个国家的国界,迫切需要国际间的密切合

作。如气象观测,因为全球大气是一个互相关联的统一体,气象是一种全球性的自然现象,只有掌握全球各地的观测数据,才能准确地作出预报;而且,所得的预报结果也只有全球共享才能发挥出最大效益,任何单个国家或集团都不应占为己有。其它如卫星导航、卫星资源勘察、卫星通信、卫星天文观测、卫星海洋监测等,都属于全球性的,只有国际间的协调统一行动,才能达到预期效果;也只有提供世界性的服务,才能发挥出应有的价值。至于航天测控,更需要国际间的紧密配合。随着空间技术的发展,人们愈来愈领会到国际间合作的重要性,因此,相应的国际联合组织不断出现。如国际通信卫星组织,于1964年成立,已拥有120多个成员国;国际性学术组织CCSDS(空间数据系统协商委员会),已建立并制定出遥测、遥控、射频、调制解调、时间码格式等一系列标准,促成各国间联网合作。事实表明,空间技术越发展,国际间合作就越必要。加强国际间的全面合作,将成为今后空间技术发展的重要方向。

三、我国航天事业发展概况

我国航天事业创建于1956年,短短三十几年就取得举世瞩目的成就。

1956年,我国把喷气推进和火箭技术列为国家科学技术发展远景规划中重点发展项目。随之,1960年2月,我国自行研制的第一枚液体探空试验火箭发射成功;同年,第一枚空空导弹“霹雳”号发射成功,并定型投产;接着,第一枚地空导弹、第一枚中程地地导弹、第一枚海防导弹等相继试验成功;1970年1月,我国自行设计并制造的中远程战略地地导弹首次发射成功。

1970年4月,我国用“长征”1号运载火箭发射第一颗人造地球卫星“东方红”1号成功;1975年11月,用“长征”2号运载火箭发射返回式人造卫星成功,并按预定计划返回地面;1980年5月首次向南太平洋预定海域发射大型运载火箭成功;1981年9月,首次用一枚运载火箭“风暴”1号将3颗不同用途的科学实验卫星送入轨道,成为世界上第四个掌握“一箭多星”技术的国家;1982年10月,我国首次用潜艇从水下向预定海域发射运载火箭获得成功;1984年4月,我国用“长征”3号运载火箭发射第一颗地球静止轨道试验通信卫星“东方红”2号,成功地定点于东经125°赤道上空,卫星与地面通信网的通信、广播和电视传输试验,图像清晰、声音优良。

截止93年3月,我国采用先进的多系列运载火箭已把33颗各类卫星发射升空,其中包括遥感卫星、气象卫星、通信广播卫星等,有静止轨道卫星,也有可回收卫星,回收成功率为百分之百。这些卫星广泛应用于国土资源调查、测绘制图、天气预报、通信广播、数据传输等各个方面。现在,我国的多级火箭技术、一箭多星技术、卫星回收技术及同步卫星技术等,都处于国际领先地位。

我国已经建成了能发射近地卫星、对地静止轨道卫星的航天发射场,已掌握了光测、遥测和雷达等多种跟踪测量手段;并建成了可进行多型号、多射向的航天测控网;分布在全国20多个省、自治区的大型台站、活动测量站和远洋航天测量船队,可在地球上相距9000多公里航区内,对运载火箭、卫星进行跟踪观测、遥测遥控、运行管理、信息交换、数据处理,以及轨道、姿态控制等,测控时间的同步精度高达百万分之一秒。

改革开放以来,我国积极参与国际航天技术合作,先后加入了国际通讯卫星组织、国际海事卫星组织和国际宇航联合会。我国还积极开展航天技术国际间商业服务活动,为一些国家提供卫星搭载项目或代为发射航天器等。

§ 1—2 空间技术应用

空间技术的应用可分为直接应用和间接应用两个方面。

一、直接应用

直接利用飞行器在外层空间活动,为人类在地面上的政治、经济、军事和科学实验服务。目前和今后相当长时间内,人类仍以近地空间活动为主,以无人航天器为主要手段。在过去发射的数以千计的航天器中,人造地球卫星大约占 90%。飞船、星际探测器和空间站只有一小部分。因此,空间技术的直接应用主要是指人造卫星的应用价值。

首先,人造卫星是空间的观察台,它靠遥感技术能居高临下,连续观测。它看得远,看得深,不仅是地面上,还可发现地下和水中奥秘,还可在夜间观测。根据用途的不同,卫星可以分为:

侦察卫星 电子侦察卫星把获得的雷达等电磁波信号记录在磁带上,在飞往地面站时将信号发回;照相侦察卫星用专用长焦距相机和高分辨率胶卷在高空拍照,地面将胶卷回收,或接收转换后的图象信号。据报道,美国和前苏联的军事情报有近 70% 来源于卫星。

地球资源卫星 可以定期报告庄稼长势,森林分布,预告自然灾害,探明矿藏、水源和海洋生物分布;监测环境污染等等。

气象卫星 可拍摄大面积云图和测量全球气象资料,监视台风形成和发展,帮助人们快速准确地作出中、长期天气预报。

导弹预警卫星 利用高灵敏度的红外辐射探测器能在几万公里高空“感受”到导弹发动机喷出的尾焰,比雷达反应时间短(几十秒),可争取更充分的反击时间。

核爆炸探测卫星 在十万公里的高空,测量粒子辐射、监视核爆炸试验,确定地点和当量。

科学探测卫星 能测量到由外层空间进入地球的整个电磁波谱线,实现天文观测无法做到的“全波观测”,从而更全面研究太阳、行星和恒星本质。

其次,人造卫星也可作为天上的无线电“接力站”,即“中继站”,可传输地面上相隔很远两点间或卫星与地面间的电视、电话、传真电报和数据等讯号。这类卫星有:

通信卫星 地面上远距离微波通信需每隔 50 公里建一个中继站。若需要跨越海洋,则只能改用海底电缆。一个同步轨道上的静止卫星通信中继站,所覆盖的面积占整个地球表面的 40%。如果在赤道上空相隔 120° 放置三个同步卫星,就能实现除两极以外的全球 24 小时的全天候通讯。用卫星通讯具有传输量大、质量高、成本低,且能多点同时通信的优点。

跟踪和数据中继卫星 用它来跟踪、测控别的卫星,并可将遥测数据转发给地面站,因而它相当于一个天上测控站,为航天器跟踪、测控提供了新途径。也弥补了在国土之外无法设立地面站的缺陷。

直接广播卫星 它相当于设在轨道上的大功率电视台。地面上用一副直径不到一米的天线和转换器就可直接收看电视,传输层次少,图象清晰,设备简单。

人造卫星的第三个用途是作为舰船导航和大地测量用的基准点。这方面的应用有:

导航卫星 它是设在轨道上的无线电导航台,舰船、导弹和飞机靠接收它发射的一对稳定的电波信号来确定自己的位置。定位精度比寻常无线电导航高出几十倍。且设备简单,大气影响小。

测地卫星 常规大地测量方法,费力费时,且精度低,易受垂线偏差和大气折射影响,特别

是受地球曲率限制和大洋阻挡,无法精确测量海岛和大陆洲际间距离。而卫星测地便能弥补上述不足,并能把测量精度提高一个数量级。

二、间接应用

空间技术的间接应用主要表现在由于空间活动,极大地促进了喷气、电子、半导体、真空、低温、材料和遥感技术的发展,研制出许多新器件和新材料。同时,这些成果也可移植到国民经济各个领域,诸如温控、遥测、遥控、遥感、能源、生命保障等技术正向环境保护、医疗卫生、家庭生活、邮电通信、交通运输等各个部门推广使用。

从长远的观点来看,空间技术的发展将对人类的未来产生深刻的影响。它将使人类摆脱祖祖辈辈生息繁衍的地方——地球的束缚,而走向更广阔的空间,人类和伴随人类在地球上演化繁殖了千万年的各种动植物都将在空间中建立起自己的新绿洲。正因为如此,美国人和欧洲人把人进入空间看成同五百年前哥伦布发现美洲新大陆同等重要的伟大事件。

今日的人类社会正面临着许多棘手问题,诸如人口急剧增长,生存空间日益缩小,能源逐步枯竭,生存资源日渐短缺,环境污染日趋严重。尽管采取了不少补救措施,但最根本的出路还在于向空间求生存,求发展。广袤无垠的空间有极其丰富的资源,有比地球大许许多多倍的生存空间。让人类跳出摇篮,走向空间,是发展空间技术的最终目的。

§ 1-3 空间资源

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。在人类物质文明发展过程中,首先适应、认识并利用开发的是陆地表面上土地、山水、动植物的资源。进而开发利用的是地下资源。再后,人类利用和开发的资源扩大到海洋。随之扩大到大气层。现今,人类已扩大到大气层外空间资源的开发利用。

1981年在罗马召开的国际宇航联合会第三十二届年会上,把陆地称为人类的第一环境,海洋、大气层分别称为第二、三环境。而把空间称为第四环境。每一个环境中都有丰富资源供人类开发利用。人类每进入一个新的天然环境,都标志着人类科学技术一个新的突破,就会使人类拥有更丰富的资源。

人类开发陆地资源的历史和人类文明史一样久远,至今仍在发展之中。开发地下、海洋资源业已有数千年之久,大气层资源的开发、利用开端于本世纪初,现已形成很大的规模。然而对空间资源的探测、研究开发却仅三十几年,了解者也不太多。

一、空间高远位置资源

地球表面的曲率使得一个高2000米的高塔所覆盖面积(光波或电波直线传播所可达到的范围)的半径,即使没有任何阻挡物情况下,也不过159.7公里。有人估算过,用碳纤维复合材料可能建造高达40公里的高塔,此塔底部将宽达6公里。但这样一个庞然大物,最大的覆盖半径大致也只有711公里,然而其投资可能要高达数十亿到百亿美元。

以上例子旨在说明离地面的高远位置是“值钱”的。要获得相对于地面而言的高远位置是要付出代价的。从一定意义上说,越高则代价越大,当然覆盖面积也越大。

无论从科学研究,从国民经济,从地球环境的监测,从气象、自然灾害发现和援救,从通讯和广播,都要求站得高、看得远、传得广,都必须要求获得高远位置。在空间技术发展之前,作为