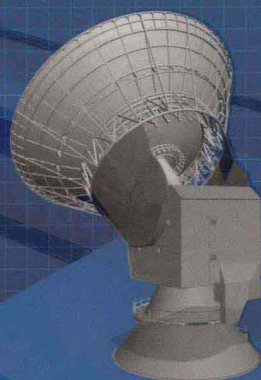


空间射频信息获取新技术丛书
“十二五”国家重点图书出版规划项目

空间目标 探测雷达技术

马 林 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

空间射频信息获取新技术丛书
“十二五”国家重点图书出版规划项目

空间目标探测雷达技术

马 林 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

自 20 世纪 50 年代以来,以美国、俄罗斯(前苏联)、欧洲等为代表的国家和地区开展了广泛的空间技术应用和试验,空间目标探测也成为应用和试验系统必不可少的部分之一。本书主要介绍了雷达用于空间目标探测的技术内容,包括空间目标探测概述,空间目标探测中的单脉冲测量雷达技术、相控阵雷达技术及多基地和天基雷达技术,空间目标探测雷达天线阵面技术、发射机技术及综合信息处理技术,空间目标逆合成孔径雷达成像和空间目标识别技术,并介绍了国外的一些空间目标探测雷达系统及空间目标探测雷达技术的发展趋势。

本书既可供从事空间目标探测雷达系统与技术研究和电子系统应用的科研技术人员、通信系统技术的研究人员使用,也可作为高等院校无线电通信、电子系统工程、无线电物理等相关专业的高年级本科生、研究生的参考教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

空间目标探测雷达技术 / 马林著. —北京: 电子工业出版社, 2013. 6

(空间射频信息获取新技术丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-121-19733-8

I. ①空… II. ①马… III. ①空间探测器—目标探测—雷达技术 IV. ①V476

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 040778 号

策划编辑: 刘宪兰

责任编辑: 韩玉宏

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 23 字数: 589 千字

印 次: 2013 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 59.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

“空间射频信息获取新技术丛书”编委会

主 任：左群声

副 主 任：周万幸 敖 然

委 员：（以下按姓氏音序排列）

保 铮 贵 德 陈 涛 范义晨 郭 庆 韩宗杰
胡明春 黄培康 金 林 李 斌 李大圣 刘炳奇
刘宏伟 刘华军 刘明昱 罗 敏 马 林 潘宇虎
孙 俊 汪文英 王建民 王小谟 吴鸣亚 夏琛海
余振坤 张光义 张金平 张荣涛 赵玉洁 周志鹏

编委会秘书长：刘宪兰 陈 玲

主 编：王小谟 张光义

总序 Foreword

我国的雷达事业,经过数十年几代人的努力,从无到有,从小到大,从弱到强,在许多领域已经进入了国际先进行列。为了总结这些经验,给今后的雷达发展打好基础,前些年,我们在众多雷达专家、学者的支持和参与下,在总结长期雷达科研、生产、教学、使用经验的基础上,聚集体智慧,组织了“雷达技术丛书”的编写工作。该套丛书一经电子工业出版社隆重推出,便受到业内同行的热烈欢迎,也成为我国雷达界的一项重要科研成果。

转眼,距“雷达技术丛书”的出版已近十年,在我国国防建设与经济建设需求的推动下,在电子信息技术高速发展的基础上,雷达及雷达相关技术又有了新的进步。近年来,我国在相控阵天线及其发射接收组件技术方面取得了很大进步,并推广应用于各种对空目标监视雷达及各类机载雷达;开展了高分辨率多维雷达信息获取前沿技术研究,实现了机载与星载高分辨率合成孔径雷达(SAR)成像和超宽带雷达成像,这些都在国防建设和各个民用领域发挥着重要作用。在天线、微波、信号处理、数据处理等雷达基础技术快速发展的同时,与通信、网络技术的快速发展相同步,我国在雷达组网、雷达数据融合等雷达系统技术方面也取得骄人的进步,使得雷达成为空间射频信息获取的重要工具。特别值得一提的是,为适应航空、航天和空间应用的需要,我国在用于空间目标探测、跟踪和精密测量的大型单脉冲雷达与相控阵雷达技术方面获得了新的进展,其中相当部分拥有发明专利与自主知识产权。与此同时,在推动我国雷达技术进步的队伍中也涌现出不少优秀的年轻专家。在总结近几年雷达及雷达系统技术快速发展的基础上,为满足雷达信息获取的新要求,包括地基雷达对高速、高机动飞行目标及机载与星载雷达对地面、海面乃至地下目标获取信息的要求,我们再次组织编写了“空间射频信息获取新技术丛书”(以下简称丛书)。该套丛书的正式出版和推广,将有利于正确把握雷达技术发展方向,促进我国雷达事业的创新发展。

为使丛书较系统地总结和反映我国在空间射频信息获取与应用方面所取得的创新技术与理论成果,同时吸纳国外在该领域的相关前沿基础科研成果,为该领域技术发展提供借鉴作用,本套丛书除包括本版内容之外,还充实了国外引进版内容。全套丛书的内容定位主要突出空间射频信息获取技术的工程设计性,反映空间射频信息获取的新技

术。在本版内容中,强调总结我国科技人员近年来在空间射频信息获取技术领域取得的重大科技成果和突破性进展,框架设想上体现新技术和创新发展;在国外引进版内容上,重点吸纳国外空间射频信息获取技术领域的前沿基础科学研究和对该领域技术发展具有借鉴作用的新技术。全套丛书尽可能提供有关研究图表、数据、曲线和计算公式,使设计举例更具有实用性。

丛书的编写创作主要由领域内几位院士和众多中青年专家担纲,他们既要完成繁重的科研和管理任务,又要抓紧时间撰写书稿,工作十分辛苦,在此,我们谨代表丛书编委会,向各册作者和审稿专家表示深深的敬意!我们希望本套丛书所展示的新技术、新成果和新理论等能对从事该技术领域科研、设计、教学、管理工作的人员,部队干部、战士,以及高等学校相关专业的学生、研究生有所帮助,从而促进我国空间射频信息获取技术的发展,为国家信息化建设和国民经济建设作出贡献。

本套丛书的出版,得到了中国电子科技集团公司、中国电子科学研究院、南京电子技术研究所、西安电子科技大学等各参与单位的大力支持,得到了电子工业出版社领导和刘宪兰首席策划编辑的积极推动,得到了参与丛书工作全体同志的热情帮助,在此一并表示衷心的感谢!

丛书主编、中国工程院院士

王小谟 张光义

2013年5月

前言 Preface

随着科学技术的进步和社会的发展,人类航天活动正蓬勃开展,卫星提供的各种服务深刻地影响了全世界所有人的生活,军事空间应用也在不断扩大。空间在国家的政治、经济、军事等领域的战略地位日益提高。

地球空间环境的战略地位一直在快速地演化。其中,空间碎片会对在轨航天器和载人航天造成非常大的威胁,是近年来国际上最为关注的空间安全问题之一。

随着中国航天活动的发展,空间安全问题尤其是碎片问题也受到国家的高度关注。为此,我国加强了国际交流与合作,国家航天局于1995年正式参加机构间空间碎片协调委员会(IADC)。在参与国际交流与合作的同时,我国着手建立空间环境监测预警体系,加强空间环境与空间碎片的监测能力。

空间目标探测可以采用光电探测和无线电探测等手段。其中,无线电手段尤其是主动探测手段,可以连续地、全天候地进行探测。雷达对低轨道人类空间活动最为密集区域的空间目标探测优势明显,已作为空间目标探测的主要手段之一。

本书内容编排如下:第1章是空间目标探测概述,第2章到第4章分别介绍空间目标探测中的单脉冲测量雷达技术、相控阵雷达技术、多基地和天基雷达技术,第5章和第6章分别介绍空间目标探测雷达天线阵面技术和发射机技术,第7章介绍空间目标探测雷达综合信息处理技术,第8章介绍空间目标逆合成孔径雷达成像及空间目标识别技术,第9章介绍国外空间目标探测雷达系统,第10章介绍空间目标探测雷达技术发展趋势。

本书作者为南京电子技术研究所参与空间目标探测雷达技术研究的工程技术人员。希望通过本书的编写和出版,总结相关的技术研究成果,推动空间目标探测雷达技术的进步,并对相关专业的研究人员、学生有所帮助,对感兴趣的读者有所裨益。

本书由马林著,参与本书编写工作的人员还有杨文军、袁伟明、肖文书、蔡晓睿、黄军、曹向东、王侃、刘明昱、刘刚、张荣涛、刘华军、句彦伟、邓振森。在本书的成稿过程中,得到了中国电子科技集团公司王小谟院士、张光义院士的指导,得到了电子工业出版社和南京电子技术研究所情报室陈玲主任的帮助,吴长福研究员参与了其中部分内容的编写工作,在此表示衷心的感谢!

马 林

目录 Contents

第 1 章 空间目标探测概述	1
1.1 引言	2
1.2 人类空间活动的开展	3
1.2.1 地球空间分布和轨道类型	4
1.2.2 空间技术发展概况	4
1.2.3 空间航天器的类别与作用	5
1.2.4 空间环境的现状	5
1.2.5 空间碎片问题	9
1.3 空间目标分类及特性	11
1.3.1 空间目标分类	11
1.3.2 空间目标共有的特性	14
1.3.3 各类空间目标的特性	15
1.4 空间目标探测的重要性和需求	20
1.4.1 空间目标探测的重要性	20
1.4.2 空间目标探测的需求	20
1.5 空间目标探测的任务和空间监视系统的基本需求	21
1.5.1 空间目标探测的任务	21
1.5.2 空间监视系统的基本需求	22
1.6 空间目标探测的手段	23
1.6.1 空间目标的光学探测	24
1.6.2 空间目标的雷达探测	26
1.7 国外空间目标探测系统的发展	30
1.7.1 地基雷达系统	32
1.7.2 天基系统	34
参考文献	34

第 2 章 空间目标探测中的单脉冲测量雷达技术	37
2.1 概述	38
2.1.1 单脉冲测量雷达的发展历程	38
2.1.2 单脉冲测量雷达用于空间目标探测的优点	38
2.2 单脉冲测量雷达的主要战术指标	39
2.3 单脉冲测量雷达系统组成	40
2.4 RCS 测量	40
2.4.1 雷达方程	41
2.4.2 RCS 测量方法	41
2.5 空间目标探测单脉冲测量雷达的工作方式	42
2.6 空间目标探测单脉冲测量雷达的作用距离	43
2.7 单脉冲测量雷达的轴线跟踪	44
2.8 空间目标探测单脉冲测量雷达技术的发展趋势	45
2.9 国外用于空间目标探测的单脉冲测量雷达	47
参考文献	48
第 3 章 空间目标探测中的相控阵雷达技术	49
3.1 引言	50
3.2 相控阵雷达在空间目标探测中的特点和功能	50
3.2.1 空间目标探测相控阵雷达的特点	50
3.2.2 相控阵雷达在空间目标探测中的功能	51
3.3 空间目标探测相控阵雷达系统设计需求	51
3.3.1 大型相控阵雷达的监视能力	51
3.3.2 空间目标与雷达测量参数的有关特性	52
3.4 雷达系统总体主要战术指标需求分析	59
3.4.1 工作频段的选择	59
3.4.2 相控阵雷达体制选择	61
3.4.3 作用距离	61
3.4.4 测角方法	62
3.4.5 测速方法	63
3.4.6 RCS 测量	68
3.5 空间目标探测相控阵雷达系统主要工作模式	69
3.5.1 空间目标探测相控阵雷达搜索工作模式	69
3.5.2 空间目标探测相控阵雷达跟踪工作模式	71
3.6 空间目标探测相控阵雷达宽带信号工作模式	75
3.6.1 宽窄交替工作模式	76
3.6.2 宽带系统失真校准	76

3.6.3	ISAR 图像距离向、方位向的定标	77
3.6.4	空间目标宽带信号工作模式可提取的目标特征	78
3.7	空间目标探测相控阵雷达自适应控制	78
3.7.1	自适应控制的约束条件	78
3.7.2	自适应控制	79
3.8	空间目标探测相控阵雷达电离层的校准	80
3.8.1	电波传播效应	81
3.8.2	探测和校准方法研究	82
3.9	空间目标探测相控阵雷达标校	84
3.9.1	空间目标探测相控阵雷达高测量精度的标校	84
3.9.2	空间目标探测相控阵雷达 RCS 测量、高分辨率的标校	84
3.9.3	基于同一空间目标源、多部设备协同工作的标校	84
	参考文献	85

第 4 章 多基地和天基雷达空间目标探测技术 87

4.1	多基地雷达用于空间目标探测	88
4.1.1	作为中高轨道、深空目标探测设备	88
4.1.2	作为空间目标普测设备	88
4.2	大型多基地中高轨道、深空目标探测雷达	90
4.2.1	探测能力	90
4.2.2	系统构成	91
4.3	多基地空间目标普测雷达	91
4.3.1	体制选择	92
4.3.2	总体设计	98
4.3.3	空域覆盖和定位精度分析	100
4.4	天基雷达技术	106
4.4.1	天基雷达技术概述	106
4.4.2	搭载专用雷达的方法	107
4.4.3	各种天基系统的介绍	108
	参考文献	111

第 5 章 空间目标探测雷达天线阵面技术 113

5.1	大型固态有源相控阵天线技术	114
5.1.1	P/L 波段大型固态有源相控阵天线	114
5.1.2	X 及以上波段大型固态有源相控阵天线	117
5.2	宽带相控阵天线技术	122
5.2.1	宽带相控阵天线的制约因素	122
5.2.2	子阵级延时相控阵天线的瞬时宽带特性	126

5.2.3 改善延时相控阵天线副瓣的措施	134
5.3 T/R 组件技术	137
5.3.1 T/R 组件的主要技术要求	137
5.3.2 组件实例	139
5.3.3 T/R 组件的发展趋势	140
5.4 大型相控阵天线校准、测试技术	142
5.4.1 大型相控阵天线的测试技术	142
5.4.2 大型相控阵天线的校准技术	145
参考文献	148
第 6 章 空间目标探测雷达发射机技术	149
6.1 概述	150
6.2 空间目标探测雷达对发射机的要求	151
6.3 空间目标探测雷达对真空管发射机的要求	152
6.4 真空管发射机的主要技术参数	153
6.5 真空管发射机的设计	155
6.5.1 系统方案考虑	155
6.5.2 真空管发射机的功率合成	156
6.5.3 真空管发射机的监控技术	157
6.6 空间目标探测雷达发射机设计举例	158
6.6.1 大功率集中式速调管发射机设计举例	158
6.6.2 空间功率合成式宽带行波管发射机设计举例	171
参考文献	184
第 7 章 空间目标探测雷达综合信息处理技术	187
7.1 概述	188
7.1.1 空间目标探测雷达系统的特点	188
7.1.2 空间目标探测雷达的综合信息处理	189
7.2 信号处理技术	189
7.2.1 信号处理技术概述	189
7.2.2 先进的信号处理技术	190
7.2.3 信号处理机	203
7.3 空间目标的跟踪处理	207
7.3.1 坐标系统	207
7.3.2 空间目标的运动	211
7.3.3 空间目标的测量及误差	212
7.3.4 空间目标跟踪原理	213

7.4 空间目标的定轨技术	215
7.4.1 空间目标运动学模型	215
7.4.2 定轨技术	216
7.5 空间目标探测相控阵雷达信息处理系统	221
7.5.1 空间目标探测相控阵雷达信息处理流程	221
7.5.2 空间目标探测相控阵雷达资源调度	222
7.5.3 空间目标探测相控阵雷达数据库设计	222
参考文献	225
第 8 章 空间目标逆合成孔径雷达成像和空间目标识别技术	227
8.1 空间目标逆合成孔径雷达成像	228
8.1.1 空间目标逆合成孔径雷达成像的发展	228
8.1.2 空间目标逆合成孔径雷达成像原理	229
8.1.3 空间目标逆合成孔径雷达成像补偿算法	230
8.1.4 空间目标逆合成孔径雷达成像算法	240
8.1.5 关于空间目标逆合成孔径雷达成像算法评价	249
8.1.6 总结	252
8.2 目标识别技术	252
8.2.1 引言	252
8.2.2 目标特征和特征提取	253
8.2.3 空间目标特征	255
8.2.4 分类器	259
8.2.5 空间目标识别方法	262
8.2.6 空间目标识别技术的发展趋势	274
参考文献	274
第 9 章 国外空间目标探测雷达系统	277
9.1 美国空间监视网	278
9.1.1 NAVSPASUR 系统	279
9.1.2 AN/FPS-85 相控阵雷达	283
9.1.3 AN/FPS-108“丹麦眼镜蛇”(Cobra Dane)相控阵雷达	284
9.1.4 其他雷达系统	286
9.2 俄罗斯空间监视系统	291
9.3 欧洲空间监视网	296
参考文献	301
第 10 章 空间目标探测雷达技术发展趋势	303
10.1 引言	304

10.2 相控阵雷达的主要技术突破	305
10.3 向毫米波、W 波段的发展	312
10.3.1 毫米波雷达的特点及应用	313
10.3.2 空间目标探测远程毫米波相控阵雷达	314
10.3.3 空间目标探测远程毫米波相控阵雷达的典型应用	326
10.4 多部宽带雷达相参处理	330
10.4.1 多部宽带雷达数据融合	331
10.4.2 分布式孔径相参处理	341
参考文献	348
索引	351

第1章 Chapter 1

空间目标探测概述

- ◆ 1.1 引言
- ◆ 1.2 人类空间活动的开展
- ◆ 1.3 空间目标分类及特性
- ◆ 1.4 空间目标探测的重要性和需求
- ◆ 1.5 空间目标探测的任务和空间监视系统的基本需求
- ◆ 1.6 空间目标探测的手段
- ◆ 1.7 国外空间目标探测系统的发展

本章首先介绍了地球空间分布、轨道类型、空间技术发展概况、航天器分类、空间环境现状及空间碎片等几个方面内容,阐述了人类空间活动对空间环境的影响,指明了空间目标探测的重要性;接下来介绍了空间目标分类及各类目标的特性,尤其是卫星、空间站和空间碎片;以上述内容为基础,又论述了空间目标探测的重要性、需求、任务和现有手段;本章最后总结了国外空间目标探测的发展现状。

1.1 引言

地球空间环境的战略地位一直在快速地演化。越来越多的国家开始进入和使用太空,商业空间应用的收益在不断增长,卫星提供的各种服务深刻地影响了全世界所有人的生活,军事空间应用也在不停地扩大。所有这些都表明,空间在国家的政治、军事、经济等领域的战略地位日益提高。

在以信息战为核心的未来高科技战争中,空间将发挥越来越重要的作用。不论是在和平时期还是在战争中,“制天权”将成为争夺军事优势的重要手段。空间目标探测和识别是达到这一目的的重要技术手段之一。发达国家非常重视该技术的发展,努力达到和平时期和战时能够实时对空间目标进行监视、跟踪和识别,掌握和实时提供空间目标态势,必要时对危险空间目标作出反应,以便在未来高科技战争中掌握主动权。

随着人类航天活动的发展,空间安全问题已经成为一个国际性的问题。其中,空间碎片会对在轨航天器和载人航天造成非常大的威胁,是近年来国际上最为关注的空间安全问题之一。空间碎片是全球性的问题:一方面,几乎所有的航天国家都不可避免地产生了空间碎片,要控制空间碎片的数量,减缓空间环境的污染,需要所有航天国家的共同努力;另一方面,空间碎片对所有航天器都构成威胁,大型空间碎片的陨落更是涉及全球所有国家的利益,自然为所有国家所关心。

无论是军事空间应用,还是商业空间应用及载人航天,都必须有空间目标探测系统提供支撑。空间目标探测系统是指利用地基或天基探测设备对航天器进入空间、在空间运行及离开空间的过程进行探测和跟踪,对轨道碎片和自然天体的运行情况进行观测,对观测数据进行综合处理、分析,在此基础上进行空间目标编目,以掌握空间态势,向民用和军用航天活动提供空间目标信息支援的国家战略信息获取系统。空间目标探测系统的基本任务是对在地球空间轨道上运行的物体进行探测与跟踪,并提供有关信息,包括每个物体的轨道参数、尺寸与形状,以及用于确定该物体用途的其他数据。空间目标探测系统要探测和跟踪的空间物体主要是卫星、空间站和弹道导弹,同时也要跟踪各种空间碎片,如进入空间轨道的助推火箭、保护罩和其他物体。空间目标探测系统提供的有关空间物体的信息具有重要的军事价值,不仅可以确定潜在对手的空间能力,还可以预测轨道,对可能发生的碰撞和对空间系统的攻击进行告警,以及预测空间物体的陨落等。空间目标探测系统所承担的主要任务如表 1.1 所示。

随着我国载人航天的发展,空间安全问题尤其是碎片问题也受到我国的高度关注。为此,我国加强了国际交流与合作,国家航天局于 1995 年正式参加机构间空间碎片协调委员会(IADC)。在参与国际交流与合作的同时,我国着手建立空间环境监测预警体系,

加强空间环境与空间碎片的监测能力。“十一五”计划提出,我国将建设完善的地基和天基空间碎片监测网,逐步具备精密跟踪 1cm 以上已知目标和发现新目标的能力,构建自主的动态数据库和碰撞预警系统,提供碰撞与陨落预警服务^[1]。

表 1.1 空间目标探测系统的任务

阶 段	平时时期	空间攻防
任 务	(1) 监视空间环境 (2) 探测每次发射及新出现的所有空间目标 (3) 研究所有空间目标的载荷、归属、任务、能力、大小、形状、轨道参数等特征,并进行编目 (4) 对各种大小的卫星进行整个轨道周期内的跟踪 (5) 监视它国空间攻防试验进行	(1) 探测对卫星系统的威胁(包括反卫星武器和弹道导弹),确定威胁特征,并向指挥中心传送威胁信息,支持防御性空间对抗 (2) 确定被攻击目标的轨道、位置、速度等特性,向指挥中心传送目标信息,支持空间攻击武器系统的主动攻击 (3) 对空间攻击和防御过程进行监视 (4) 作战评估,确定是否进行再次攻击

空间目标探测可以采用光电探测和无线电探测等手段。其中,光电手段是传统的探测手段,技术成熟,建设和运行成本低,对距离较远的高轨道空间目标、地球同步轨道目标有明显的优势;其缺点是发现和搜索能力较弱,受昼夜和无光等条件的影响很大,有不可见期。无线电手段可以连续地、全天候地进行探测,具有多目标探测能力和发现新碎片的能力,对距离较近的低轨道碎片探测优势明显;其缺点是建设和运营成本高,对周围环境有辐射污染。

低轨道区域是人类空间活动最为密集的区域,在这一区域集中着照相侦察卫星、电子侦察卫星、通信卫星、导航卫星、气象卫星和海洋监视卫星等航天器,此外宇宙飞船、载人空间站的飞行高度也一般在 250~400km 的高度上。在这个高度上,运用地基雷达是最佳的空间目标探测手段。在地基雷达中,相控阵雷达技术由于其独特的波束捷变能力,具有自适应、多功能、多目标截获、跟踪等优点;相控阵雷达与计算机控制相结合,可以自适应地改变雷达有关技术参数,适应变化的环境,根据需要选择工作方式和技术参数,改变发射频率,改变功率分配,按需要集中于特别重要的方向;可以实现边搜索边跟踪工作方式,搜索和跟踪数据率可以最佳化;天线波束形状、波束驻留时间、信号脉宽和带宽都可以控制和选择,使相控阵雷达满足空间目标探测要求,完成对空间目标探测、跟踪、测轨、编目、预报、识别等多种任务。

1.2 人类空间活动的开展

20 世纪,作为人类最伟大的成果之一,空间航天器技术把人类千百年来探索宇宙空间奥秘的梦想变成了现实。从 1957 年 10 月 4 日前苏联第一颗人造地球卫星 Sputnik-1 升空至今,空间航天技术已经过五十多年的发展。五十多年来随着航天运载器技术、航天器技术和航天测控技术的不断发展与进步,空间技术已广泛地应用于宇宙空间科学研究和各种军事与民用领域中。

1.2.1 地球空间分布和轨道类型

我们将地球大气层以外的宇宙空间的飞行称为空间航天飞行,相应的飞行器则称为空间飞行器。通常宇宙空间分为3个区域:近地空间、中空间和远空间。一般将距地球表面60~160km的范围称为近地空间。通常飞机在这个空间不能飞行,只有专用的飞行器如空天飞机、远程导弹等可以飞行,同时仍可用空气动力控制它们的机动。距地面160~500km的高度范围称为中空间。在此高度上采用速度为8~11km/s的载人和不载人空间飞行器,如宇宙飞船、中低轨卫星、载人空间站、航天飞机等空间飞行器。从中空间上限到大约两倍地球到月球距离的高度范围(500~900 000km)以外称为远空间。

与宇宙空间可以分为近地空间、中空间和远空间相对应,人造卫星的轨道也可以分为低轨道(LEO)、中轨道(MEO)和高轨道(GEO),如图1.1所示。此外,还有地球同步转移轨道(GTO)和大偏心轨道(HEO)。LEO上的主要航天器有照相侦察卫星、电子侦察卫星、通信卫星、导航卫星、气象卫星和海洋监视卫星,宇宙飞船和载人空间站也一般在这个高度活动。GEO上的航天器主要以气象卫星、通信卫星、早期预警卫星为主。

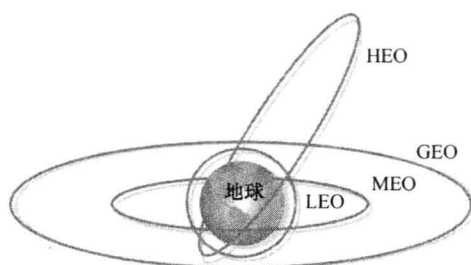


图 1.1 轨道类型^[5]

1.2.2 空间技术发展概况

空间技术是一门涉及多学科、多工业部门的复杂技术。五十多年来,美国和前苏联在发展空间航天技术方面取得了显著进步和多项成果。欧洲联盟、日本、印度和我国也根据各自的需求研究和发展了相应的空间系统和技术。以美国、前苏联为代表的航天技术的开发和利用可以体现空间技术的基本发展概况。

20世纪50年代末和60年代中期,美国、前苏联制订了广泛应用于军事目的的空间航天计划。在此期间对军用卫星、反卫星武器、空间站、航天飞机、反弹道导弹武器方面进行了开发和试验。经过20世纪50年代末到60年代中期运载火箭的研制、发射和航天器的研制、发射、运行,以及地面测控网和地面应用台站的研制与部署,掌握了不载人航天技术,发射了气象、导航、通信、侦察、测地、导弹预警及核爆炸等试验卫星。20世纪60年代中期以后,航天技术首先在军事上得到了广泛应用,大量发射了侦察、军事通信和导弹预警等军用卫星。

进入20世纪70年代,航天技术进一步提高和改进,发射在空间停留时间长的大型载