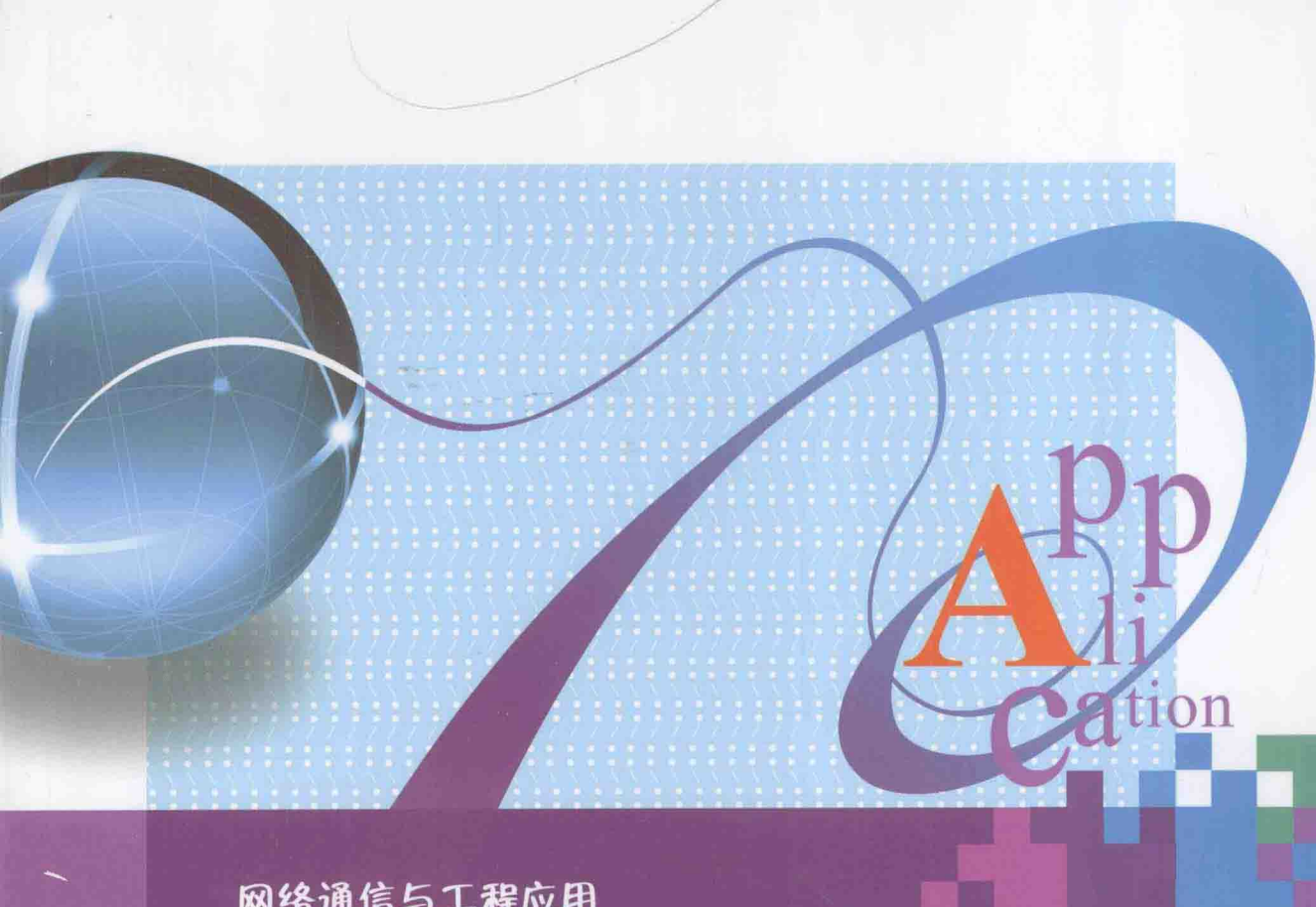




网络通信与工程应用

卫星通信系统 工程设计与应用



中国工信出版集团



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

网络通信与工程应用

卫星通信系统工程设计与应用

闵士权 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了卫星通信系统的基础理论、设备组成、工程设计、现有的和研发中的各种业务的应用系统。全书分基础、工程设计和应用三部分。第一部分包含基础理论和组成实体两部分。第二部分包含系统工程概论,卫星通信系统总体设计,通信卫星发射、测控、定点和验收,卫星通信系统运营与管理。第三部分包含现有固定通信、移动通信、广播电视、移动广播电视和跟踪与数据中继等各种系统功能和应用案例;还包含发展中的美国转型卫星通信系统、全球个人通信系统、欧洲全球天基综合通信网;最后探讨了中国天基综合信息网的发展思路。

本书适合通信与信息工程领域研究、设计、试验、使用的各种技术人员、高校师生阅读和参考。

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

卫星通信系统工程设计与应用/闵士权编著. —北京:电子工业出版社, 2015.5
(网络通信与工程应用)

ISBN 978-7-121-25221-1

I. ①卫… II. ①闵… III. ①卫星通信系统—系统工程 IV. ①TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 302694 号

策划编辑:曲 昕

责任编辑:夏平飞 文字编辑:张岩雨

印 刷:北京京师印务有限公司

装 订:北京京师印务有限公司

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:35.5 字数:907 千字

版 次:2015 年 5 月第 1 版

印 次:2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价:99.00 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。

前 言

本书系统地介绍了卫星通信系统的发展概况、基础理论、系统技术、工程设计、卫星发射和运营管理以及现有的和研发中的各种业务的有代表性卫星通信系统。全书共 19 章, 除第 1 章为卫星通信概述外, 其余 18 章共分如下三篇:

第一篇为卫星通信系统基础理论和技术篇。它从第 2 章到第 7 章, 包含卫星轨道与星座; 卫星通信线路频率; 卫星通信体制和网络; 卫星通信安全性(保密、抗干扰)与可靠性(含可用度); 通信卫星; 地球站。此部分是卫星通信工程设计的理论和技术基础。

第二篇为卫星通信系统工程设计程序和方法篇。它从第 8 章到第 11 章, 包含卫星通信和测控链路计算; 卫星通信系统工程; 卫星通信系统工程设计; 通信卫星发射和管理。

其中卫星通信和测控链路计算是分析和确定卫星通信系统工程设计中总体参数和星地接口参数的主要手段, 其计算又与第一部分各章有关轨道和星座选择、通信线路频率选择、通信体制与网络选择、安全性与可靠性要求、通信卫星和地球站性能参数要求等密切相关。

其中卫星通信系统工程阐述了系统工程的定义、特点和在工程管理中的作用, 并利用系统工程的思想和方法, 对通信卫星提出了评价准则——经济效能因子概念, 对自旋稳定卫星和三轴稳定卫星提出了采用多目标函数综合性能评比法对其评价, 还提出了通信卫星最优设计准则和设计方法。

其中卫星通信系统工程设计中包含卫星通信工程建设组织模式(包括商用卫星通信工程、专用卫星通信工程、试验卫星通信工程三种组织模式); 总体设计程序(包括卫星通信工程全系统、卫星通信工程空间段、卫星通信工程 VSAT 系统三种总体设计程序); 总体方案设计(包括卫星通信工程全系统、卫星通信工程空间段、卫星通信工程 VSAT 系统三种总体方案设计); 卫星通信工程产品研制程序(包括通信卫星、运载火箭、测控地球站、通信地球站诸产品研制程序)等。最后较详细地介绍了我国自行研制、发射、测试、验收和管理的某通信卫星系统工程建设概况。

其中通信卫星发射和管理介绍了运载火箭、发射场和测控网等通信卫星发射设施, 介绍了通信卫星发射轨道、发射程序、发射测控和在轨测试, 最后介绍了卫星发射和运行过程中故障对策。

第三篇为卫星通信业务应用篇。它从第 12 章到第 19 章, 包含现有固定通信业务、移动通信业务、广播电视业务、移动广播电视业务、跟踪与数据中继通信业务和军用卫星通信业务应用中有代表性的各种商用和军用卫星通信系统; 还包含研究开发中的全球个人通信系统和天基综合信息网。

其中用于卫星固定通信业务的包含 Intelsat 卫星通信系统及各有特色的 IPSTAR、AmerHis、WINDS 和 Spaceway-3 等宽带多媒体卫星通信系统; 用于卫星移动通信业务的包含静止轨道的 Inmarsat、ACeS、Thuraya、ICO-G1、TerreStar 和 SkyTerra-1 卫星通信系统, 低轨道的 Iridium、Globalstar、ORBCOMM 和 Gonets 卫星通信系统; 用于卫星广播电视业务的包含美国、加拿大、欧洲地区和日本的卫星广播电视系统; 用于卫星移动广播电视业务的包含世广卫星音频广播系统、美国天狼星和 XM 卫星音频广播系统、日本和韩国的 MBSAT 卫星音视频广播系统; 用于跟踪与

数据中继卫星业务的包含美国的跟踪与数据中继卫星系统 (TDRSS)、欧空局的数据中继卫星系统 (EDRSS)、日本的数据中继与跟踪卫星系统 (DRTSS) 和俄罗斯的卫星数据中继网 (SDRN)。

其中军事卫星通信系统以美国军事卫星通信体系为代表,它包含窄带卫星(UFO、MUOS)通信系列、宽带卫星(DSCS-3、GBS、WGS)通信系列、防护卫星(Milstar、AEHF)通信系列和新型的以激光互联星座的转型通信卫星(TSAT)系统。

其中全球个人通信系统是人类通信的最高目标,它用各种可能的网络技术,实现任何人在任何时间、任何地点与任何人进行任何种类的信息交换。

其中天基综合信息网是通过星间链路、星地链路、地面线路连接在一起的不同轨道、种类、性能的航天器(通信卫星、导航卫星、遥感卫星、载人飞船等)和临近空间飞行器(飞艇、无人机、高超音速飞行器等)及相应地面设施和应用系统按照空间信息资源的最大有效利用原则所组成的空间信息网。它是空间信息系统的发展方向。文中阐述了该网络的特点、体系架构、网络协议、关键技术等相关内容。文中介绍了欧洲正在规划建立的面向全球通信的综合空间基础设施(Integrated Space Infrastructure for Global Communications),它是一个空间综合信息网络。它不仅要与未来的全球通信网络完全融合,而且还要通过对全球环境与安全监测系统(GMES)和伽利略(Galileo)导航系统形成补充来提供增值服务。最后提出了我国天基综合信息网的构想。

本书在编写过程中,作者参考了大量国内外著作和文献,在此对这些参考文献的作者表示感谢!

本书在编写过程中,得到了编辑曲昕老师的精心校阅与帮助,在此深表谢意!

由于书中内容涉及的知识新而广,作者水平有限,书中难免存在疏漏和错误,恳请广大读者和专家批评指正。

作者

2015年4月于北京

前 言

本书系统地介绍了卫星通信系统的发展概况、基础理论、系统技术、工程设计、卫星发射和运营管理以及现有的和研发中的各种业务的有代表性卫星通信系统。全书共 19 章,除第 1 章为卫星通信概述外,其余 18 章共分如下三篇:

第一篇为卫星通信系统基础理论和技术篇。它从第 2 章到第 7 章,包含卫星轨道与星座;卫星通信线路频率;卫星通信体制和网络;卫星通信安全性(保密、抗干扰)与可靠性(含可用度);通信卫星;地球站。此部分是卫星通信工程设计的理论和技术基础。

第二篇为卫星通信系统工程设计程序和方法篇。它从第 8 章到第 11 章,包含卫星通信和测控链路计算;卫星通信系统工程;卫星通信系统工程设计;通信卫星发射和管理。

其中卫星通信和测控链路计算是分析和确定卫星通信系统工程设计中总体参数和星地接口参数的主要手段,其计算又与第一部分各章有关轨道和星座选择、通信线路频率选择、通信体制与网络选择、安全性与可靠性要求、通信卫星和地球站性能参数要求等密切相关。

其中卫星通信系统工程阐述了系统工程的定义、特点和在工程管理中的作用,并利用系统工程思想和方法,对通信卫星提出了评价准则——经济效能因子概念,对自旋稳定卫星和三轴稳定卫星提出了采用多目标函数综合性能评比法对其评价,还提出了通信卫星最优设计准则和设计方法。

其中卫星通信系统工程设计中包含卫星通信工程建设组织模式(包括商用卫星通信工程、专用卫星通信工程、试验卫星通信工程三种组织模式);总体设计程序(包括卫星通信工程全系统、卫星通信工程空间段、卫星通信工程 VSAT 系统三种总体设计程序);总体方案设计(包括卫星通信工程全系统、卫星通信工程空间段、卫星通信工程 VSAT 系统三种总体方案设计);卫星通信工程产品研制程序(包括通信卫星、运载火箭、测控地球站、通信地球站诸产品研制程序)等。最后较详细地介绍了我国自行研制、发射、测试、验收和管理的某通信卫星系统工程建设概况。

其中通信卫星发射和管理介绍了运载火箭、发射场和测控网等通信卫星发射设施,介绍了通信卫星发射轨道、发射程序、发射测控和在轨测试,最后介绍了卫星发射和运行过程中故障对策。

第三篇为卫星通信业务应用篇。它从第 12 章到第 19 章,包含现有固定通信业务、移动通信业务、广播电视业务、移动广播电视业务、跟踪与数据中继通信业务和军用卫星通信业务应用中有代表性的各种商用和军用卫星通信系统;还包含研究开发中的全球个人通信系统和天基综合信息网。

其中用于卫星固定通信业务的包含 Intelsat 卫星通信系统及各有特色的 IPSTAR、AmerHis、WINDS 和 Spaceway-3 等宽带多媒体卫星通信系统;用于卫星移动通信业务的包含静止轨道的 Inmarsat、ACeS、Thuraya、ICO-G1、TerreStar 和 SkyTerra-1 卫星通信系统,低轨道的 Iridium、Globalstar、ORBCOMM 和 Gonets 卫星通信系统;用于卫星广播电视业务的包含美国、加拿大、欧洲地区和日本的卫星广播电视系统;用于卫星移动广播电视业务的包含世广卫星音频广播系统、美国天狼星和 XM 卫星音频广播系统、日本和韩国的 MBSAT 卫星音视频广播系统;用于跟踪与

数据中继卫星业务的包含美国的跟踪与数据中继卫星系统（TDRSS）、欧空局的数据中继卫星系统（EDRSS）、日本的数据中继与跟踪卫星系统（DRTSS）和俄罗斯的卫星数据中继网（SDRN）。

其中军事卫星通信系统以美国军事卫星通信体系为代表，它包含窄带卫星（UFO、MUOS）通信系列、宽带卫星（DSCS-3、GBS、WGS）通信系列、防护卫星（Milstar、AEHF）通信系列和新型的以激光互联星座的转型通信卫星（TSAT）系统。

其中全球个人通信系统是人类通信的最高目标，它用各种可能的网络技术，实现任何人在任何时间、任何地点与任何人进行任何种类的信息交换。

其中天基综合信息网是通过星间链路、星地链路、地面线路连接在一起的不同轨道、种类、性能的航天器（通信卫星、导航卫星、遥感卫星、载人飞船等）和临近空间飞行器（飞艇、无人机、高超音速飞行器等）及相应地面设施和应用系统按照空间信息资源的最大有效利用原则所组成的空间信息网。它是空间信息系统的发展方向。文中阐述了该网络的特点、体系架构、网络协议、关键技术等相关内容。文中介绍了欧洲正在规划建立的面向全球通信的综合空间基础设施（Integrated Space Infrastructure for Global Communications），它是一个空间综合信息网络。它不仅要与未来的全球通信网络完全融合，而且还要通过对全球环境与安全监测系统（GMES）和伽利略（Galileo）导航系统形成补充来提供增值服务。最后提出了我国天基综合信息网的构想。

本书在编写过程中，作者参考了大量国内外著作和文献，在此对这些参考文献的作者表示感谢！

本书在编写过程中，得到了编辑曲昕老师的精心校阅与帮助，在此深表谢意！

由于书中内容涉及的知识新而广，作者水平有限，书中难免存在疏漏和错误，恳请广大读者和专家批评指正。

作者

2015年4月于北京

目 录

第 1 章 卫星通信概述	1
1.1 卫星通信基本概念	1
1.1.1 卫星通信定义	1
1.1.2 卫星通信组成	2
1.1.3 卫星通信特点	2
1.1.4 卫星通信分类	3
1.2 卫星通信发展历史	4
1.2.1 卫星通信试验阶段	4
1.2.2 卫星通信实用阶段	4
1.3 卫星通信发展现状	8
1.3.1 卫星固定业务	8
1.3.2 卫星移动业务	9
1.3.3 卫星广播业务	10
1.3.4 卫星移动广播业务	12
1.3.5 卫星跟踪与数据中继业务	12
1.4 卫星通信发展趋势	13
1.4.1 各种业务发展趋势	13
1.4.2 卫星通信发展总趋势	14
参考文献	15

第一篇 卫星通信系统基础理论和技术篇

第 2 章 卫星轨道与星座	16
2.1 卫星轨道	16
2.1.1 人造卫星轨道运动方程	16
2.1.2 轨道根数与各种参数关系求算	19
2.1.3 人造卫星轨道摄动	24
2.1.4 典型卫星轨道	26
2.2 卫星星座	30
2.2.1 卫星星座的基本概念和参数	30
2.2.2 圆极/圆近极轨道星座	30
2.2.3 圆赤道轨道星座和地球静止轨道星座	36
2.2.4 正交圆轨道星座	37
2.2.5 倾斜圆轨道星座	38
2.2.6 椭圆轨道星座	41
2.3 卫星星座组网	41
2.3.1 单层卫星星座组网	41
2.3.2 多层卫星星座组网	44

参考文献	46
第3章 卫星通信线路频率	47
3.1 卫星通信频率划分	47
3.1.1 无线电频段划分	47
3.1.2 通信业务无线电频率分配	48
3.2 卫星通信频率选择	54
3.2.1 应用条件	55
3.2.2 电波传播和噪声	56
3.2.3 星体及星内设备	61
3.2.4 地面接收设备	62
3.2.5 系统费用	63
3.2.6 卫星广播三种频段优劣性比较	63
参考文献	64
第4章 卫星通信体制和网络	65
4.1 卫星通信体制	65
4.1.1 卫星通信体制概述	65
4.1.2 信道编码	65
4.1.3 载波调制	69
4.1.4 信道编码与调制方式典型性能	70
4.1.5 多址技术	71
4.1.6 信道分配	72
4.1.7 宽带通信体制	74
4.2 卫星通信网络	75
4.2.1 卫星通信网络概述	75
4.2.2 接入网组网方式	76
4.2.3 单星组网方式	78
4.2.4 星座组网方式	78
参考文献	80
第5章 卫星通信安全性与可靠性	81
5.1 卫星通信保密技术	81
5.1.1 信息与信道保密技术	81
5.1.2 密码保密技术	83
5.1.3 数据加密模型	83
5.1.4 序列密码和分组密码	84
5.1.5 双密钥密码	85
5.1.6 数字签名	86
5.1.7 保密系统评价准则	86
5.1.8 链路加密和端到端加密	87
5.1.9 卫星通信加密方案示例	88
5.1.10 计算机网络的安全体系结构	89

5.2 卫星通信抗干扰技术	91
5.2.1 卫星通信干扰源	91
5.2.2 上行链路对卫星转发器干扰	92
5.2.3 下行链路对地球站接收干扰	92
5.2.4 干扰方式和干扰信号样式	92
5.2.5 星上透明转发器抗干扰技术	93
5.2.6 星上处理转发器抗干扰技术	95
5.2.7 卫星广播电视系统抗干扰技术	97
5.2.8 卫星广播电视系统上行站抗干扰技术	101
5.3 卫星通信可靠性	103
5.3.1 可靠性基本知识	103
5.3.2 组合系统可靠性	106
5.3.3 线路可用度	109
参考文献	113
第 6 章 通信卫星	114
6.1 通信卫星概述	114
6.1.1 定义和分类	114
6.1.2 组成和功能	114
6.1.3 通信卫星技术性能	115
6.2 通信转发器系统	118
6.2.1 转发器分类	118
6.2.2 透明转发器	119
6.2.3 处理转发器	121
6.2.4 转发器技术参数	125
6.3 通信天线系统	132
6.3.1 天线分类	132
6.3.2 单波束天线	133
6.3.3 赋形波束天线	133
6.3.4 多波束天线	134
6.3.5 自适应调零天线	134
6.3.6 天线技术参数	135
6.4 有效载荷和卫星轨道位置技术参数	137
6.5 星载无线电测控系统	140
6.5.1 星载无线电测控系统简介	140
6.5.2 星载无线电测控系统技术参数	142
6.6 通信卫星平台	143
6.6.1 静止轨道卫星平台简介	143
6.6.2 东方红卫星系列平台	145
参考文献	146
第 7 章 地球站	148
7.1 任务与分类	148

7.2 卫星通信业务地球站	149
7.2.1 固定业务地球站	149
7.2.2 固定业务 VSAT 站	153
7.2.3 移动业务关口站	157
7.2.4 移动业务用户站	158
7.2.5 广播业务上行站	161
7.2.6 广播业务接收站	167
7.2.7 军事通信地球站	168
7.3 卫星测控管理地球站	170
7.3.1 航天器测控站	170
7.3.2 通信卫星测控管理站	172
7.3.3 通信卫星业务测控站	176
7.4 地球站设备技术性能	177
7.4.1 地球站设备组成	177
7.4.2 天馈及伺服分系统	179
7.4.3 射频设备分系统	180
7.4.4 中频基带分系统	182
7.4.5 网络监控管理分系统	183
7.4.6 用户接口	185
参考文献	186

第二篇 卫星通信系统工程设计程序和方法篇

第 8 章 卫星通信与测控链路计算	187
8.1 设备和信道参数	187
8.1.1 天线增益	187
8.1.2 接收系统热噪声	188
8.1.3 接收系统优值	188
8.1.4 等效全向辐射功率	188
8.1.5 输出和输入回退	189
8.1.6 天线指向误差损耗	189
8.1.7 载波带宽	190
8.2 地球站与卫星几何参数	191
8.2.1 非静止卫星相对地球站的仰角方位角和距离	191
8.2.2 静止卫星相对地球站的仰角方位角和距离	192
8.2.3 双静止卫星与地球站间夹角	192
8.3 空间传输损耗参数	193
8.3.1 自由空间传输损耗	193
8.3.2 降雨损耗	193
8.3.3 极化失配损耗	203
8.4 卫星通信链路方程	204
8.4.1 无线电通信链路方程	204

8.4.2	卫星通信上下行链路方程	205
8.4.3	卫星通信全链路方程	206
8.4.4	门限值和备余量	211
8.4.5	再生式转发器链路方程	211
8.5	卫星通信链路算例	212
8.5.1	卫星广播地球站节目传输系统链路计算	212
8.5.2	DIRECTV-12 卫星 Ka 频段广播链路计算	215
8.6	卫星测控链路方程	216
8.6.1	卫星测控系统体制	216
8.6.2	卫星测控上下链路方程	217
8.6.3	上/下行信道门限电平	218
8.6.4	上/下行信道功率分配	221
8.7	卫星测控链路算例	223
8.7.1	卫星发射轨道测量船测控链路计算	223
8.7.2	DIRECTV-14 卫星测控链路计算	227
	参考文献	228
第 9 章	卫星通信系统工程	229
9.1	工程系统与系统工程	229
9.1.1	工程系统与系统工程	229
9.1.2	工程系统的基本特性	229
9.1.3	系统工程的基本特点	230
9.1.4	系统工程的管理项目	231
9.2	通信卫星经济效能因子	232
9.2.1	通信卫星经济效能因子基本概念	232
9.2.2	经济效能因子与分系统关系	233
9.2.3	经济效能因子与卫星通信工程关系	238
9.2.4	经济效能因子与通信卫星发展趋向关系	240
9.3	通信卫星综合性能评比法	241
9.3.1	目标函数	241
9.3.2	约束条件	242
9.3.3	方案特征	242
9.3.4	原始数据	242
9.3.5	数学模型	244
9.3.6	计算结果	244
9.3.7	方案决策	245
9.3.8	数据来源说明	245
9.4	通信卫星最优设计	246
9.4.1	最优设计准则	246
9.4.2	最优设计用参数说明	248
9.4.3	最优设计示例	250
	参考文献	252

第 10 章 卫星通信系统工程设计	254
10.1 卫星通信工程建设组织模式	254
10.1.1 卫星通信工程建设组织模式分类	254
10.1.2 商用卫星通信工程建设组织模式	254
10.1.3 专用卫星通信工程建设组织模式	255
10.1.4 试验卫星通信工程建设组织模式	256
10.2 卫星通信工程总体设计程序	257
10.2.1 卫星通信工程总体设计分类	257
10.2.2 卫星通信工程全系统总体设计程序	257
10.2.3 卫星通信工程空间段总体设计程序	258
10.2.4 卫星通信工程 VSAT 系统总体设计程序	258
10.3 卫星通信工程总体方案设计	260
10.3.1 卫星通信工程全系统总体方案设计	260
10.3.2 卫星通信工程空间段总体方案设计	260
10.3.3 卫星通信工程 VSAT 系统总体方案设计	262
10.4 卫星通信工程产品研制程序	264
10.4.1 通信卫星研制程序	264
10.4.2 运载火箭研制程序	265
10.4.3 测控地球站研制程序	265
10.4.4 通信地球站研制程序	266
10.5 卫星通信工程空间段建设实例	267
10.5.1 通信卫星需求分析	267
10.5.2 通信卫星技术要求	267
10.5.3 通信卫星技术方案	271
10.5.4 通信卫星在轨测试验收	273
10.5.5 测控管理站技术要求	277
10.5.6 测控管理站技术方案	280
10.5.7 测控管理站测试验收	285
参考文献	285
第 11 章 通信卫星发射和管理	287
11.1 通信卫星发射设施	287
11.1.1 运载火箭	287
11.1.2 发射场	288
11.1.3 测控网	288
11.2 通信卫星发射	290
11.2.1 发射轨道	290
11.2.2 发射程序	291
11.2.3 发射测控	292
11.2.4 在轨测试	292
11.3 通信卫星管理	294
11.4 通信卫星故障对策	295

11.4.1 在轨故障分类	295
11.4.2 在轨故障识别	296
11.4.3 在轨故障处理对策	296
参考文献	297

第三篇 卫星通信业务应用篇

第 12 章 卫星固定通信系统	298
12.1 Intelsat 卫星通信系统	298
12.1.1 系统简介	298
12.1.2 卫星通信网络	298
12.1.3 卫星序列	298
12.1.4 地球站类型	304
12.1.5 空间因特网路由技术试验	305
12.2 IPSTAR 卫星通信系统	305
12.2.1 系统简介	305
12.2.2 IPSTAR 通信体制	307
12.2.3 IPSTAR 卫星	308
12.2.4 IPSTAR 应用系统	309
12.3 AmerHis 卫星通信系统	310
12.3.1 系统简介	310
12.3.2 空间段	311
12.3.3 地面段	312
12.3.4 组播技术	314
12.4 WINDS 卫星通信系统	315
12.4.1 系统简介	315
12.4.2 空间段	316
12.4.3 地面段	318
12.5 Spaceway-3 卫星通信系统	318
12.5.1 系统简介	318
12.5.2 空间段	319
12.5.3 地面段	321
参考文献	321
第 13 章 卫星移动通信系统	323
13.1 Inmarsat 通信系统	323
13.1.1 系统简介	323
13.1.2 空间段	323
13.1.3 地面段	325
13.1.4 用户段	326
13.1.5 下一代卫星通信系统	330
13.2 ACeS 卫星通信系统	330
13.2.1 系统简介	330

13.2.2	空间段	332
13.2.3	地面段	333
13.2.4	用户段	334
13.3	Thuraya 卫星通信系统	336
13.3.1	系统简介	336
13.3.2	空间段	337
13.3.3	地面段	338
13.3.4	用户段	338
13.4	ICO-G1 卫星通信系统	339
13.4.1	系统简介	339
13.4.2	空间段	340
13.4.3	地面段	340
13.4.4	用户段	342
13.4.5	关键技术	343
13.5	TerreStar 卫星通信系统	345
13.5.1	系统简介	345
13.5.2	空间段	347
13.5.3	地面段	348
13.5.4	用户段	348
13.6	Skyterra-1 卫星通信系统	348
13.6.1	系统简介	348
13.6.2	空间段	349
13.6.3	地面段	351
13.6.4	用户段	351
13.7	Iridium 卫星通信系统	352
13.7.1	系统简介	352
13.7.2	空间段	354
13.7.3	地面段	358
13.7.4	用户段	360
13.8	Globalstar 卫星通信系统	361
13.8.1	系统简介	361
13.8.2	空间段	363
13.8.3	地面段	365
13.8.4	用户段	366
13.9	ORBCOMM 卫星通信系统	367
13.9.1	系统简介	367
13.9.2	空间段	369
13.9.3	地面段	370
13.9.4	用户终端	371
13.9.5	应用案例	372
13.10	Gonets 卫星通信系统	372
13.10.1	系统简介	372

13.10.2 空间段	373
13.10.3 地面段	375
13.10.4 用户段	375
13.10.5 使用特性	376
参考文献	376
第 14 章 卫星广播电视系统	378
14.1 卫星广播电视概述	378
14.1.1 发展历程	378
14.1.2 卫星电视直播业务分类	379
14.1.3 国际电联 Ku 频段卫星广播业务规划	380
14.2 卫星广播电视传输体制	381
14.2.1 模拟卫星广播和数字卫星广播	381
14.2.2 DVB-S 标准	383
14.2.3 DVB-S2 标准	384
14.2.4 DVB-RCS 标准	385
14.2.5 Digicipher-II 标准	386
14.2.6 ABS-S 标准	386
14.2.7 SCPC 与 MCPC	387
14.2.8 SKYPLEX	387
14.3 美国和加拿大卫星广播电视系统	388
14.3.1 系统简介	388
14.3.2 卫星	389
14.3.3 地面段	395
14.3.4 用户接收终端	395
14.3.5 美国、加拿大 DBS 卫星电视直播业务发展特点	397
14.4 欧洲地区卫星广播电视系统	398
14.4.1 系统简介	398
14.4.2 ASTRA 卫星	399
14.4.3 Eutelsat 卫星	404
14.4.4 SKYPLEX 广播服务	409
14.4.5 用户接收终端	409
14.4.6 欧洲地区卫星电视直播业务发展特点	410
14.5 日本卫星广播电视系统	410
14.5.1 系统简介	410
14.5.2 卫星	410
14.5.3 地面段	411
14.5.4 用户接收终端	412
14.5.5 日本卫星电视直播业务发展特点	412
参考文献	412
第 15 章 卫星移动广播电视系统	414
15.1 世广卫星音频广播系统	414

15.1.1	系统简介	414
15.1.2	卫星	415
15.1.3	地面控制网络	417
15.1.4	上行站	418
15.1.5	用户接收机	420
15.2	美国天狼星和 XM 卫星音频广播系统	421
15.2.1	天狼星卫星音频广播系统	421
15.2.2	XM 卫星音频广播系统	422
15.2.3	天狼星、XM 卫星音频广播系统性能比较	426
15.3	MBSAT 音视频广播系统	427
15.3.1	系统简介	427
15.3.2	卫星	428
15.3.3	地面中继站	430
15.3.4	接收机	430
	参考文献	431
第 16 章	跟踪与数据中继卫星系统	432
16.1	概述	432
16.1.1	跟踪与数据中继卫星系统功用	432
16.1.2	跟踪与数据中继卫星系统组成	433
16.1.3	跟踪与数据中继卫星系统特点	436
16.1.4	跟踪与数据中继卫星系统覆盖特性	437
16.1.5	跟踪与数据中继卫星系统链路形式	438
16.1.6	跟踪与数据中继卫星系统信号形式	440
16.2	美国的跟踪与数据中继卫星系统 (TDRSS)	442
16.2.1	系统概述	442
16.2.2	空间段	444
16.2.3	地面段	451
16.2.4	用户段	452
16.3	欧空局的数据中继卫星系统 (EDRSS)	452
16.3.1	系统概述	452
16.3.2	系统体系结构	454
16.3.3	空间段	455
16.3.4	地面段	458
16.3.5	用户段	458
16.3.6	星间链路激光通信试验	459
16.4	日本的数据中继与跟踪卫星系统 (DRTSS)	460
16.4.1	系统概述	460
16.4.2	空间段	461
16.4.3	地面段	463
16.4.4	用户段	464
16.5	俄罗斯的卫星数据中继网 (SDRN)	465