

《国防科研试验工程技术系列教材》

试验通信系统

卫星通信技术

中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

《国防科研试验工程技术系列教材》

试验通信系统

卫星通信技术

中国人民解放军总装备部
军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

卫星通信技术/中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会编. —北京:国防工业出版社, 2000. 12

国防科研试验工程技术系列教材·试验通信系统
ISBN 7-118-02407-4

I. 卫… II. 中… III. 卫星通信-通信技术-教材
IV. TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 51164 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 14½ 370 千字
2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月北京第 1 次印刷
印数:1—5000 册 定价:35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

《国防科研试验工程技术系列教材》 总编审委员会

名誉主任委员 程开甲 李元正

主任委员 胡世祥

副主任委员 段双泉 尚学琨 褚恭信 马国惠

委 员 (以下按姓氏笔划排列)

王国玉 刘 强 刘晶儒 张忠华

李济生 邵发声 周铁民 姚炳洪

姜世忠 徐克俊 钱卫平 常显奇

萧泰顺 穆 山

办公室主任 任万德

办公室成员 王文宝 冯许平 左振平 朱承进

余德泉 李 钢 李长海 杨德洲

邱学臣 郑时运 聂 皞 陶有勤

钱玉民

《国防科研试验工程技术系列教材· 试验通信系统》编审委员会

主任委员 尚学琨

副主任委员 左振平 赵 军 聂 峰

委 员 郭詮水 钱玉民 边居廉

于志坚 沈自成 于胜果

高文清 汪建平 唐朝京

王保顺 王擎天 薛 亮

贾天林 邹仁毅 王 华

主 编 边居廉

副 主 编 赵宗印 高文清 王擎天 唐朝京

秘 书 李国强

卫星通信技术

主 编 刘旭东

主 审 耿国轩

编著者 (按姓氏笔划为序)

王 罡 马杏池 刘士博 刘旭东

李学军 张道贤 周江俊

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济迅速兴起,国力竞争越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量与数量,因此,作为人才培养的基础工作——教材建设,就显得格外重要和紧迫。为总结、巩固国防科研试验的经验和成果,促进国防科研试验事业的发展,加快人才培养,我们组织了近千名专家、学者编著了这套系列教材。

建国以来,我国国防科研试验战线上的广大科技人员,发扬“自力更生、艰苦奋斗、科学求实、大力协同、无私奉献”的精神,经过几十年的努力,建立起了具有相当规模和水平的科研试验体系,创立了一系列科研试验理论,造就了一支既有较高科学理论知识、又有实践经验,勇于攻关、能打硬仗的优秀科技队伍,取得了举世瞩目的成就。这些成就对增强国防实力,带动国家经济发展,促进科技进步,提高国家和民族威望,都发挥了重要作用。

编著这套系列教材是国防科研试验事业继往开来的大事,它是国防科研试验工程技术建设的一个重要方面,是国防科技成果的一个重要组成部分,也是体现国防科研试验技术水平的一个重要标志。它承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,是众多科技工作者用心血和汗水凝成的科技成果。编著该套系列教材,旨在从总体的系统性、完整性、实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的国防科研试验理论与实践相结合的知识体系。一是总结整理国防科研试验事业创业 40 年来重要成果及宝贵经验;二是优化专业技术教材体系,为国防科研试验专业技术人员提供一套系统、全面的教科

书,满足人才培养对教材的急需;三是为国防科研试验提供有力的技术保障;四是将许多老专家、老教授、老学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来。

这套系列教材按国防科研试验主要工程技术范畴分为:导弹航天测试发射系统、导弹航天测量控制系统、试验通信系统、试验气象系统、常规兵器试验系统、核试验系统、空气动力系统、航天医学工程系统、国防科技情报系统、电子对抗试验系统等。各系统分别重点论述各自的系统总体、设备总体知识,各专业及相关学科的基础理论与专业知识,主要设备的基本组成、原理与应用,主要试验方法与工作程序,本学科专业的主要科技成果,国内外的最新研究动态及未来发展方向等。

这套系列教材的使用对象主要是:具有大专以上学历的科技与管理干部,从事试验技术总体、技术管理工作的人员及院校有关专业的师生。

期望这套系列教材能够有益于高技术领域里人才的培养,有益于国防科研试验事业的发展,有益于科学技术的进步。

《国防科研试验工程技术系列教材》

总编审委员会

1999年10月

序

试验通信系统是国防科研试验工程中的重要组成部分。

40年来,试验通信系统的技术人员,坚持自力更生、严谨求实、团结奋战的精神,坚持“实用、可靠、先进、经济”的原则,逐步建成了布局合理、手段多样、业务齐全、覆盖面较广、机动性较强的试验通信系统,有效地保障了历次国防科研试验中的指挥通信、数据图文传递和时间同步任务,为国防科研试验工程技术的发展做出了重要贡献。

在试验通信网的建设过程中,几代通信科研、试验人员投入了毕生的精力和智慧,积累了丰富的实践经验,取得了丰硕的成果,形成了具有特色的试验通信系统建设程序和试验通信系统装备体系。为适应国防科研试验鉴定对象、标准、模式的深刻变化,紧跟通信技术迅速发展步伐,培养新一代试验通信技术人才,将40年试验通信系统建设经验总结整理并结合试验的新特点,编写一套既适合通信技术人才培养需要,又对试验通信工作具有一定指导作用的系列教材,具有重要的现实意义和深远的历史意义。

本套教材,以大专以上学历的通信工程技术人员和通信指挥管理人员为主要对象,以通信系统的组成、原理、体制、技术标准和规范、系统设计方法与测试、通信技术的发展动态和方向为主要内容,以系统设计和技术应用为重点。整套教材具有较强的理论性、实用性、系统性和技术前瞻性,既可用于试验通信专业技术人员的培训,亦可作为院校相关专业师生的参考书。

本套教材共分16卷。包括:《试验通信概论》、《卫星通信技术》、《光纤通信技术》、《天地通信技术》、《数字微波通信技术》、《集群移动通信技术》、《指挥通信技术》、《数据通信技术》、《时间统一

系统》、《图像通信技术》、《数字程控交换技术》、《短波通信技术》、《通信保密技术》、《通信网管理技术》、《通信电源》和《通信线路》。

本套教材的编写工作得到了国防科技大学、总装备部装备指挥技术学院、特种工程设计所、测量通信总体研究所等单位的支持和帮助。对于在编写过程中给予支持的领导和专家、参考文献作者、各卷编审和撰稿人员,我们谨表示衷心的感谢。由于本套教材涉及专业技术面广、涵盖内容多、技术层次新,加之编者水平有限,书中难免有错误或疏漏之处,诚请读者予以指正。

《国防科研试验技术系列教材·
试验通信系统》编审委员会
2000年10月

前 言

卫星通信是当今通信领域中的一个重要组成部分,由于它具有多址能力、网络灵活、能适应业务量和网络结构的变化、覆盖面积大、不受距离和地理条件限制等特点,近年来在我国得到迅猛发展,成为改善国际、国内通信面貌的一个重要手段。我部自 1987 年开通第一条卫星通信线路以来,装备技术几经换代,逐步建成了具有国防科研试验通信任务特色的卫星通信专用网。本书旨在系统阐明该专用卫星通信网络所涉及的基本概念、卫星通信技术及有关国际标准,并注意到内容的先进性、普遍性和实用性。

本书共分 12 章,第 1 章介绍卫星通信系统的组成、分类、网络结构、卫星通信线路组成和卫星通信基本技术参数。第 2 章通信卫星,介绍了通信卫星的轨道、系统组成和国内外通信卫星发展概况,介绍了几种通信卫星的基本参数。第 3 章卫星通信体制和关键技术,阐述了卫星通信中应用的多址联接,多址分配技术和数字信号的压缩编码、调制解调、差错控制技术。第 4、5、6 章结合我国卫星通信现状,讲述了地球站微波设备、TES 系统及地球站终端、IBS 系统。第 7 章卫通网监控管理与站内监控,讲述 VSAT 系统的网络管理与网络协议、卫星通信地球站站内监控系统。第 8 章海事卫星通信,讲述了海事卫星通信的 8 种移动站型,重点讲述了 Inmarsat C 系统的原理。第 9 章卫星通信网络总体技术设计,讲述了专用网设计的基本要求、地球站的总体技术指标要求、卫星链路计算和卫星通信系统的可靠性分析。第 10 章地球站工程设计,讲述了地球站工程勘察、地球站接地、供电与防雷、地球站的微波辐射防护、地球站工程设计的基本程序。第 11 章地球站入网验证,讲解地球站入网验证准备、入网验证测试项目及方法、入网验

证技术规范。第 12 章卫星通信发展与展望,简述了低轨道卫星通信系统、中高轨道卫星通信系统、卫星 ATM 网和卫星通信全球发展战略。本书是在试验通信系列教材编委会具体指导下完成的,参与本书编写的有:马杏池、周江俊、刘士博、王罡、张道贤、李学军等同志。

本书在编写过程中得到总装备部司令部通信局、总装备部航天指挥控制中心、装备指挥技术学院电子工程系、总装备部特种工程设计所通信室、信息产业部第五十四研究所、石家庄卫星通信有限公司等单位的大力支持。在此,谨致以衷心谢意。

由于编者水平有限,书中疏误在所难免,恳望读者予以指正。

编 者

2000 年 8 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 卫星通信系统简介	1
1.2 卫星通信系统	9
1.2.1 卫星通信系统的组成	9
1.2.2 卫星通信地球站分类	10
1.2.3 卫星通信地球站的组成	11
1.2.4 卫星通信的网络结构	15
1.2.5 卫星通信线路	17
1.3 卫星通信的基本技术参数	18
1.3.1 有效全向辐射功率 EIRP	18
1.3.2 噪声系数和噪声温度	19
1.3.3 噪声功率和等效噪声温度	20
1.3.4 地球站的品质因数	22
1.3.5 卫星转发器饱和通量密度	23
1.3.6 载波噪声功率比	24
1.3.7 天线增益和波束宽度	26
1.3.8 互调噪声和输入输出补偿	26
1.3.9 门限载噪比	27
1.3.10 传输损耗	28
第 2 章 通信卫星	32
2.1 卫星的轨道	32
2.1.1 卫星轨道的分类	32
2.1.2 静止卫星的覆盖区	34
2.1.3 地球站天线对卫星的方位角和俯仰角	35
2.2 通信卫星的组成	36

2.2.1	卫星天线分类系统	37
2.2.2	卫星转发器与其他分系统	37
2.3	国外通信卫星	40
2.3.1	国际通信卫星 IS 系列简介	40
2.3.2	国防通信卫星和战略战术中继卫星简介	43
2.3.3	同步轨道移动卫星	47
2.4	国内东方红系列通信卫星	48
2.5	亚洲卫星、亚太卫星简介	50
2.6	中卫一号、鑫诺一号、中星八号	54
第 3 章	卫星通信体制及关键技术	60
3.1	卫星通信体制的基本内容	60
3.2	多址联接方式	62
3.2.1	概述	62
3.2.2	频分多址方式(FDMA)	62
3.2.3	时分多址方式(TDMA)	64
3.2.4	空分多址方式(SDMA)	65
3.2.5	码分多址方式(CDMA)	66
3.2.6	几种多址方式的比较	68
3.3	多址分配制度	69
3.3.1	概述	69
3.3.2	几种常用的多址分配制度	70
3.4	关键技术	80
3.4.1	数字基带信号语音压缩编码技术	80
3.4.2	数字电路倍增技术	86
3.4.3	数字信号的调制与解调	88
3.4.4	差错控制及扰码	94
第 4 章	地球站微波设备	103
4.1	微波功率放大器	103
4.1.1	速调管放大器	104
4.1.2	行波管放大器	109
4.1.3	固态微波功率放大器	117
4.2	低噪声放大器	122

4.2.1	低噪声放大器	123
4.2.2	低噪声放大器系统实例	123
4.3	变频器	126
4.3.1	概述	126
4.3.2	变频器的组成	127
4.3.3	变频器的分类	128
4.4	频率源	130
4.4.1	概述	130
4.4.2	微波频率合成器的种类	131
4.5	天线	134
4.5.1	天线的主要技术参数	134
4.5.2	地球站天线主要种类	140
4.5.3	地球站天线的技术指标	142
4.6	天线跟踪伺服系统	143
4.6.1	跟踪控制系统	143
4.6.2	跟踪接收机	146
4.6.3	天线伺服系统	146
4.6.4	地球站伺服系统的指标	151
4.7	VSAT 站微波室外单元	151
4.7.1	射频单元	152
4.7.2	VSAT 站天线	153
4.7.3	VSAT 站射频单元——CST-5000	153
第 5 章	TES 系统及地球站终端	163
5.1	概述	163
5.1.1	系统功能	163
5.1.2	系统结构与管理方式	163
5.1.3	系统组成和各部分作用	164
5.1.4	卫星通信体制及主要传输技术特点	172
5.1.5	系统实现业务传输的基本过程	175
5.2	系统启动	177
5.2.1	远端站 CU 启动	178
5.2.2	CCU 启动	180

5.3	卫星信道和卫星电路的建立与拆除	181
5.3.1	卫星信道	181
5.3.2	卫星语音电路及电话会议电路的建立与拆除	185
5.3.3	网络寻址	191
5.4	信道单元	192
5.4.1	设备构造	193
5.4.2	工作原理	195
5.4.3	主要技术指标	199
5.5	语音接口单元	200
5.5.1	组成与各部分功能	201
5.5.2	工作原理	201
第6章	IBS 系统	205
6.1	概述	205
6.1.1	IBS 简介	205
6.1.2	IBS 的特点	205
6.1.3	IBS 的组成及工作原理	207
6.2	SDM-T 数字复用设备	208
6.2.1	概述	208
6.2.2	SDM-T 硬件的组成	210
6.2.3	PROPAK 模块(规程卡)	212
6.2.4	SDM-T 复合链路	212
6.2.5	SDM-T 数据信道	213
6.2.6	语音传真模块	214
6.3	SM2900 调制解调器	218
6.3.1	SM2900 调制解调器的组成	218
6.3.2	SM2900 调制解调器的工作原理	219
6.3.3	操作	222
6.3.4	监控接口	222
6.3.5	内部定帧单元(IFU)和工程勤务通道(ESC)	223
6.4	MS298 信道倒换开关	226
6.4.1	工作原理	227

6.4.2	MS298 的组成	229
6.5	9100 通用调制解调器	232
6.5.1	发送链路	233
6.5.2	接收链路	238
6.5.3	系统功能	240
6.5.4	监视和控制	240
6.5.5	环路测试和比特误码测试功能	242
6.5.6	UMOD 定时设置	243
6.5.7	工作状态	244
6.6	M4000 调制解调器	245
6.6.1	调制解调器的应用	246
6.6.2	调制解调器功能组件	246
6.6.3	M4000 调制解调器的操作	251
第 7 章	卫星通信网监控管理与站内监控	255
7.1	卫星通信网的监控管理	255
7.1.1	卫星通信监测管理中心简介	255
7.1.2	VSAT 系统的网络管理与网络协议	258
7.2	卫星通信地球站站内监控系统	267
7.2.1	概述	267
7.2.2	站内监控系统的监控体制	268
7.2.3	集中控制体制的可靠性分析	269
7.2.4	操作系统	270
7.2.5	站内监控系统的功能	271
7.2.6	监视部分的要求	272
7.2.7	控制部分的要求	272
7.2.8	人机界面	273
7.2.9	安全体制	276
7.2.10	扩展性的研究	277
7.2.11	操作维护要求	277
7.3	系统举例	278
7.3.1	卫星专业网管分系统举例	278
7.3.2	站内监控系统举例	289