

《国防科研试验工程技术系列教材》

试验通信系统

试 验 通 信 概 论

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

试验通信概论/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, 2002. 1

国防科研试验工程技术系列教材. 试验通信系统
ISBN 7-118-02742-1

I . 试 ... II . 中 ... III . 通信技术 — 教材
IV . TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第085407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 16 408 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 37.00 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 杨德洲 邱学臣

郑时运 聂 皞 陶有勤 郭詮水

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 皞

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

试验通信概论

主 编 何平江

副主编 吴小章 赵宗印

主 审 聂 皞

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 年来的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、电子装备试验系统等。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,发扬自力更生、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作出了重要贡献。

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、技术标准与规范、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、装备指挥技术学院、总装备部工程设计研究所、总装备部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。

《国防科研试验工程技术系列教材·

试验通信系统》编审委员会

2000年10月

前 言

《试验通信概论》是《国防科研试验工程技术系列教材·试验通信系统》中的一卷,主要论述国防科研试验任务中的主要通信技术和通信系统。全书共 15 章,包括概述、指挥调度通信、数据通信、图像通信、电话通信与交换、时间与频率系统、短波通信、超短波通信、微波通信、卫星通信、移动通信、光纤通信、保密通信与信息安全、通信网管理、通信网的规划和设计。

本书根据《国防科研试验工程技术系列教材》的性质、阅读对象和编写要求,紧密结合国防科研试验任务的实际和当今通信的发展状况,较全面地阐述了各种通信技术,并力求反映出国防科研试验通信技术的应用特点,做到针对性、系统性和实用性强。本书第 1、2、4、7、8、9、10、11、13、15 章由何平江同志编写,第 5、6、12 章由吴小章同志编写,第 3、14 章由赵宗印同志编写。全书的统稿工作由何平江同志完成。

由于我们的水平有限,错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2001 年 6 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 通信与通信系统	1
1.1.1 通信的基本概念	1
1.1.2 通信系统基本模型	2
1.1.3 通信系统的分类	3
1.2 通信传输信道	5
1.2.1 无线电信道	5
1.2.2 有线电信道	7
1.2.3 光信道	7
1.3 通信网及其结构	7
1.3.1 通信网的概念	7
1.3.2 通信网的基本结构形式	9
1.4 通信技术	10
1.5 衡量通信系统的主要性能指标	13
1.6 国防科研试验通信网	14
1.6.1 国防科研试验通信网的组成	14
1.6.2 导弹、航天器试验通信网任务和作用	14
1.6.3 导弹、航天器试验通信网的构成	16
1.6.4 导弹、航天器试验通信网的特点	17
1.6.5 导弹、航天器试验通信网的发展简史	18
1.6.6 导弹、航天器试验通信网的发展趋势	19
第 2 章 指挥调度通信	21
2.1 概述	21
2.1.1 指挥调度通信系统的任务和作用	21
2.1.2 国防科研试验任务的指挥调度关系	21

2.1.3 对指挥调度通信的基本要求	23
2.2 指挥调度通信系统的拓扑结构和组成	23
2.2.1 指挥调度通信系统的拓扑结构	23
2.2.2 指挥调度通信系统组成	23
2.3 指挥调度设备	25
2.3.1 指挥调度设备的基本功能	25
2.3.2 调度主机	26
2.3.3 调度控制台	28
2.3.4 调度分机	29
2.4 指挥调度通信系统的传输与接口	30
2.4.1 指挥调度通信系统的传输手段	30
2.4.2 指挥调度通信系统的接口	31
2.5 指挥调度通信技术的发展	33
第3章 数据通信	34
3.1 概述	34
3.1.1 数据通信的基本概念	34
3.1.2 数据通信系统的组成	35
3.1.3 数据通信系统的主要性能指标	36
3.1.4 国防科研试验数据通信系统的特点	38
3.2 数据通信的基本技术	39
3.2.1 数据传输方式	39
3.2.2 基带信号的形式	41
3.2.3 均衡	41
3.2.4 扰乱	42
3.2.5 调制	42
3.2.6 复用	43
3.2.7 定时与同步	43
3.2.8 差错控制	46
3.3 数据传输	47
3.3.1 基带传输	47
3.3.2 话音频带传输	49
3.3.3 数据复用传输	50

3.3.4 数字数据网	50
3.4 接口技术	53
3.4.1 V.24/V.28 接口(RS-232-D 接口)	53
3.4.2 V.11/V.24 接口	54
3.4.3 RS-530 接口	55
3.5 数据链路控制规程	56
3.5.1 数据链路控制规程的功能及其分类	56
3.5.2 基本型控制规程	57
3.5.3 高级数据链路控制(HDLC)规程	58
3.5.4 简化 HDLC 规程	59
3.6 帧中继	61
3.7 试验任务数据传输系统的设计	63
3.7.1 试验任务对数据传输的需求	63
3.7.2 现有通信能力的分析及其利用	64
3.7.3 技术体制的选择	64
3.7.4 系统组成与信息流程设计	65
3.7.5 接口设计	66
3.7.6 同步设计	67
3.7.7 设备技术要求和设备配置	68
第 4 章 图像通信	69
4.1 概述	69
4.1.1 图像通信系统的基本组成	69
4.1.2 图像通信在国防科研试验领域中的应用	70
4.2 模拟制图像通信	71
4.2.1 监视电视系统	71
4.2.2 电视实况转播系统	74
4.3 数字制图像通信	74
4.3.1 压缩编码技术	75
4.3.2 压缩编码的国际标准	80
4.3.3 数字制图像通信系统	87
4.3.4 多媒体通信	95
4.3.5 信道质量对数字图像传输的影响	100

4.4 图像信号的主要质量指标	101
4.4.1 模拟图像信号的主要质量指标	101
4.4.2 数字图像信号的客观评价	102
4.4.3 图像质量的主观评价	103
4.4.4 声音质量的主观评价	104
4.5 图像通信的发展趋势	105
第5章 电话通信与交换	109
5.1 概述	109
5.1.1 电话通信和电话交换的基本概念	109
5.1.2 电话网的基本概念	111
5.1.3 话务理论基本概念	116
5.2 程控交换机	118
5.2.1 程控交换机的硬件系统	118
5.2.2 程控交换机的软件系统	119
5.2.3 程控交换机接口	122
5.2.4 程控交换机的信令系统	124
5.2.5 数字程控交换机之间的同步方式	130
5.3 综合业务数字网	132
5.3.1 综合业务数字网的概念	132
5.3.2 ISDN 网络的主要功能	133
5.3.3 ISDN 业务	134
5.3.4 ISDN 用户—网络接口	135
5.4 异步传送方式	137
5.4.1 ATM 的引入	137
5.4.2 电路传送方式、分组传送方式与 ATM	138
5.4.3 ATM 信元	139
5.4.4 ATM 的异步时分复用	140
5.4.5 ATM 交换基本原理	140
5.4.6 ATM 交换机的基本组成	142
5.4.7 ATM(B-ISDN)协议参考模型	143
5.4.8 ATM 的特点	144
5.5 智能网	146

5.5.1 智能网的基本概念	146
5.5.2 智能网的体系结构	147
5.5.3 智能网的国际标准	147
第 6 章 时间与频率系统	149
6.1 时间及其用途	149
6.1.1 时间的基本概念	149
6.1.2 时间的用途	151
6.2 时间尺度	151
6.2.1 时间尺度	151
6.2.2 世界时 UT	152
6.2.3 历书时 ET	153
6.2.4 原子时 AT	154
6.2.5 协调世界时 UTC	154
6.3 频率标准及其主要技术指标	155
6.3.1 晶体振荡器	155
6.3.2 原子频率标准	156
6.3.3 频率标准主要技术指标	158
6.4 时间与频率的测量	161
6.4.1 时间间隔测量	161
6.4.2 频率准确度测量	161
6.5 时间与频率信号的传递	162
6.5.1 短波时号	163
6.5.2 长波时号	165
6.5.3 广播电视插入标准时间频率信号	166
6.5.4 卫星定时	167
6.5.5 定时方法的比较	168
6.6 时间统一系统	169
6.6.1 标准化时统设备	169
6.6.2 B 码终端	172
6.6.3 时统设备的配置选择	172
6.6.4 时统系统的发展	173
第 7 章 短波通信	176

7.1 短波信道的传播特性和频率预测	176
7.1.1 短波传播的基本形式	176
7.1.2 短波电离层传播特性	178
7.1.3 频率预测和选择	182
7.2 短波单边带通信技术	185
7.2.1 单边带传输消息的机理	185
7.2.2 单边带通信系统的组成及其基本原理	186
7.3 短波信道数据传输技术	188
7.3.1 分集接收技术	188
7.3.2 差错控制技术	192
7.3.3 传输数据信号的调制解调技术	193
7.4 短波自适应通信技术	198
7.4.1 频率长期预报存在的缺陷	198
7.4.2 自适应通信的概念和实现方法	199
7.4.3 频率自适应系统的组成及其工作原理	200
7.4.4 其它自适应技术	203
7.5 短波通信线路的设计概要	207
7.5.1 短波通信线路设计的任务	207
7.5.2 基本传播损耗的估算	208
7.5.3 无线电干扰	210
7.5.4 接收机输入端最小信号电平估算	211
7.5.5 天线增益和馈线系统损耗	212
7.5.6 最小发射功率的确定	213
7.5.7 接收端场强的估计	213
7.6 短波通信的发展	214
第8章 超短波通信	217
8.1 天地超短波信道的传播特性	217
8.1.1 多径衰落	217
8.1.2 电离层闪烁	220
8.1.3 大气吸收	222
8.1.4 天线指向误差	223
8.1.5 极化误差	223

8.2 超短波通信中的关键技术	224
8.2.1 扩频通信技术	224
8.2.2 多普勒频移抵消技术	227
8.2.3 窄带调制解调技术	228
8.3 天地超短波通信系统	230
8.3.1 超短波通信地面站	230
8.3.2 通信监控中心	236
8.4 天地超短波通信线路的计算	237
8.4.1 天地超短波通信线路计算模型	237
8.4.2 线路计算的基本参数和公式	237
第9章 微波通信	240
9.1 概述	240
9.2 微波传播特性	241
9.2.1 微波在自由空间的传播	241
9.2.2 自由空间传播的大气效应	242
9.2.3 自由空间传播的地面效应	244
9.2.4 衰落及抗衰落技术	247
9.3 数字微波中继通信系统	248
9.3.1 系统构成及其工作原理	248
9.3.2 微波站设备	249
9.3.3 微波中继通信的发展趋势	251
9.4 微波一点多址通信系统	252
9.4.1 微波一点多址通信系统的基本组成	252
9.4.2 微波一点多址通信站	253
9.4.3 多址联接和分配技术	256
9.4.4 国防科研试验微波一点多址通信系统	261
9.4.5 发展趋势	262
9.5 系统总体设计中的几个问题	263
9.5.1 无线信道容量的选择和确定	263
9.5.2 频率配置	264
9.5.3 进网方式和传输性能	265
9.5.4 传播中断率与衰落储备量	266