

《国防科研试验工程技术系列教材》

试验通信系统

数据通信技术

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

数据通信技术

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

数据通信技术/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, 2001.1
国防科研试验工程技术系列教材·试验通信系统
ISBN 7-118-02444-9

I. 数... II. 中... III. 数据通信-通信技术-教材
IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 73932 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 13¼ 338 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:34.00 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 峰 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 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

数据通信技术

主 编 赵宗印

副主编 贾 波 吕文彪

主 审 周舜卿

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,主要试验方法与工程程序,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,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

《数据通信技术》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数据通信技术。全书共 16 章,约 35 万字,包括数据通信体系结构、数据传输信道、基带传输、频带传输、数据复用、物理接口、数据差错控制、数据链路控制规程、数字数据网、分组交换网、帧中继网,局域网与因特网、定时与同步、数据编码以及国防科研试验任务中数据传输系统的设计与组织方法等技术内容。鉴于数据保密技术和综合业务数字网技术已在试验通信系统的其它卷中论述,本书不涉及这些内容。

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数据通信技术的发展状况,全面阐述了数据通信的各种技术,并力求反映出国防科研试验数据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、3、4、5、6、7、8、9、14、15、16 章由赵宗印同志编写,第 2、13 章由贾波同志编写,第 10、11、12 章由吕文彪同志编写。全书的统稿工作由赵宗印同志完成。

本书的编写工作是在总装备部测量通信总体研究所领导下进行的,得到了总装备部司令部通信局和军训局的大力支持,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2000 年 11 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 数据通信的基本概念	1
1.2 数据通信系统的组成	3
1.3 数据通信系统的主要性能指标	5
1.3.1 传输速率	6
1.3.2 差错率	7
1.3.3 时间延迟	8
1.3.4 可靠性	9
1.3.5 功率利用率和频带利用率	9
1.4 数据通信的主要技术问题	10
1.5 数据通信在试验通信中的应用	13
第2章 数据通信体系结构	15
2.1 概述	15
2.2 开放系统互连基本参考模型	16
2.2.1 基本概念	16
2.2.2 开放系统的分层原理	19
2.2.3 对等实体间的通信	23
2.2.4 标识符	25
2.2.5 数据单元	28
2.2.6 层操作元素	29
2.2.7 路由选择	34
2.2.8 开放系统的管理	34
2.2.9 开放系统的数据传送方式	35
2.3 开放系统低层	36
2.3.1 物理层	36

2.3.2 数据链路层	37
2.3.3 网络层	39
2.3.4 传送层	40
2.4 开放系统高层	41
2.4.1 会话层	41
2.4.2 表示层	45
2.4.3 应用层	47
第3章 数据传输信道	50
3.1 概述	50
3.2 实线电缆信道	52
3.2.1 实线电缆的基本特性	52
3.2.2 对称电缆	53
3.2.3 同轴电缆	54
3.2.4 电缆的型号和规格	56
3.3 话音信道	57
3.3.1 载波话音信道	57
3.3.2 PCM 话音信道	58
3.3.3 载波话音信道与 PCM 话音信道的比较	58
3.3.4 话音信道传输特性及其对数据传输的影响	59
3.4 数字信道	62
3.4.1 数字光纤信道	63
3.4.2 数字微波中继信道	67
3.4.3 数字卫星传输信道	70
第4章 基带传输技术	74
4.1 概述	74
4.2 基带信号的波形与码型	74
4.2.1 基带信号的波形	75
4.2.2 码型	78
4.3 基带传输系统	83
4.3.1 基带传输系统模型	83
4.3.2 理想信道下的最佳基带传输系统	85
4.3.3 非理想信道下的最佳基带传输系统	86

4.4 均衡	87
4.4.1 均衡的概念与作用	87
4.4.2 均衡的基本原理	87
4.4.3 均衡器的分类	89
4.5 扰乱	90
4.5.1 扰乱的基本概念和作用	90
4.5.2 反馈式移位寄存器与伪随机序列	90
4.5.3 扰乱器和解扰器的组成	92
4.6 基带调制解调器	92
4.6.1 基带调制解调器的组成	92
4.6.2 基带调制解调器的主要技术要求	95
4.7 数字用户线技术	96
4.7.1 HDSL 技术	96
4.7.2 ADSL 技术	98
4.7.3 VDSL 技术	99
第5章 话带数据传输技术	100
5.1 概述	100
5.2 数据信号的频带调制	101
5.2.1 振幅调制(AM)	102
5.2.2 频率调制(FM)	104
5.2.3 相位调制(PM)	105
5.2.4 幅度相位混合调制(AM/PM)	107
5.2.5 格状编码调制(TCM)	109
5.3 V.27 调制解调器	110
5.3.1 调制方式	110
5.3.2 数据接口	111
5.3.3 调制解调器的同步	111
5.3.4 定时	111
5.3.5 扰乱与均衡	111
5.3.6 主要工作参数和性能指标	111
5.3.7 V.27bis 与 V.27ter 调制解调器	112
5.4 ITU-T V.29 调制解调器	112

5.4.1 调制方式	113
5.4.2 数据接口	114
5.4.3 调制解调器的同步	114
5.4.4 定时	115
5.4.5 扰乱与均衡	115
5.4.6 主要工作参数	115
5.5 测控通信系统中应用的 9600 型调制解调器	116
5.5.1 主要技术性能	116
5.5.2 基本组成与工作原理	118
5.6 话带数据电路的测试	120
第 6 章 数据复用技术	122
6.1 概述	122
6.2 时分复用的基本原理	123
6.2.1 同步复用原理	123
6.2.2 准同步复用原理	125
6.2.3 帧结构	129
6.2.4 帧同步	129
6.3 复用方式	132
6.3.1 ITU-T X.50 复用方式	132
6.3.2 ITU-T X.51 复用方式	133
6.3.3 ITU-T X.58 复用方式	134
6.3.4 ITU-T G.704 2048kbit/s 复用方式	135
6.3.5 非标准帧结构的复用方式	138
6.4 数据复用器	138
6.4.1 数据复用器的主要性能指标与工作参数	138
6.4.2 ITU-T G.736 数据复用器的特性	139
6.4.3 实际数据复用器举例	141
第 7 章 物理接口	144
7.1 概述	144
7.2 V.24/V.28 接口(RS-232-D 接口)	145
7.2.1 机械特性	145
7.2.2 电气特性	146

7.2.3 功能特性	148
7.2.4 规程特性	150
7.2.5 V.24/V.28 接口的其它特性	153
7.3 V.11(V.10)/V.24 接口	153
7.3.1 机械特性	153
7.3.2 电气特性	154
7.4 RS-530 接口	156
7.5 V.35 接口	157
7.5.1 机械特性	157
7.5.2 电气特性	158
7.6 X.21 接口	159
7.6.1 机械特性与接口电路定义	159
7.6.2 电气特性	160
7.6.3 功能特性和规程特性	161
7.7 G.703 64kbit/s 接口	161
7.7.1 功能要求	161
7.7.2 接口类型	161
7.7.3 同向接口	162
7.8 G.703 2048kbit/s 接口	163
7.8.1 功能要求	163
7.8.2 接口类型	163
7.8.3 接口特性	163
7.9 话音信道接口	164
7.9.1 二线话音信道接口	164
7.9.2 四线话音信道接口	165
7.10 高比特率数字用户线设备的信道接口	166
7.10.1 2B1Q HDSL 设备的信道接口	166
7.10.2 CAP HDSL 设备的信道接口	166
7.11 不同接口的互通	167
7.11.1 机械特性的适配	167
7.11.2 电气特性之间的适配	168
7.11.3 功能特性与规程特性的适配	168

第 8 章 差错控制技术	170
8.1 概述	170
8.2 差错控制方式	171
8.2.1 前向纠错方式	171
8.2.2 检错重传方式	171
8.2.3 混合差错控制方式	172
8.2.4 信息反馈方式	172
8.3 差错控制编码	173
8.3.1 差错控制编码的基本原理	173
8.3.2 差错控制编码的分类	174
8.3.3 常用检错码	175
8.3.4 线性分组码	177
8.3.5 常用的线性分组码	180
8.3.6 卷积码	185
8.3.7 级连码	194
第 9 章 数据链路控制规程	195
9.1 概述	195
9.1.1 数据链路的概念	195
9.1.2 数据链路控制规程及其功能	196
9.1.3 数据链路控制规程的分类	196
9.2 数据通信基本型控制规程	197
9.2.1 字符编码与结构	197
9.2.2 传输控制字符与传输控制字符序列	197
9.2.3 信息文电与监控序列格式	199
9.2.4 数据通信阶段	200
9.2.5 差错控制	204
9.2.6 恢复规程	205
9.2.7 扩充的基本型控制规程	206
9.3 高级数据链路控制(HDLC)规程	207
9.3.1 HDLC 帧结构	207
9.3.2 HDLC 规程要素	208
9.3.3 规程类别	213