

王廷尧 等编著 董孝义 叶培大 审

光通信设备基础

天津科学技术出版社

光通信设备基础

王廷尧等 编著
董孝义 叶培大 审阅

天津科学技术出版社

津新登字(90)003号

光通信设备基础

王廷尧等 编著

董孝义 叶培大 审阅

责任编辑:宋淑萍

*

天津科学技术出版社出版

天津市张自忠路189号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本 787×1092毫米 1/16 印张 39.75 字数 961 000

1992年12月第1版

1992年12月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5308-1196-7/TN·15 定价:43.00元

内 容 简 介

本书内容广宽,包括了光纤通信基本原理,现代光纤通信各研究领域概况,光纤通信设备以及光纤通信系统工程的设计、施工、调试与验收。全书分三篇共二十一章,各章内容实际具体,列举了许多实例,解释通俗清楚,易于阅读。其显著特点是它的实用性、通俗性和先进性。

本书可用作培训教材,也可有关专业学校师生及科技人员参考,更适于各光纤通信设计、研究院所的工程设计人员以及施工公司中安装、施工人员使用。作为一本理论与实际密切结合的读物,也可作为自学书籍。

主要编写成员

冯治珂	张继安
肖春华	董孝义
王廷尧	宫靖
陈忠南	金玉儒
淳于祺	王万年
文雅贤	

序

近十多年来,我们的党和政府把通信列为发展战略重点之一,特别是对光纤通信等高技术,更为重视扶植。八五、九五期间,预期将在全国建立光缆干线网,并在不少发达地区建设光纤本地网,包括光纤到楼,光纤到马路边等等。光纤通信的科研开发工作,也进展迅速,近年来已取得大量成果,今后十年还将大力发展光纤通信高科技,努力实现产业化。为达到这些宏伟目标,必须培养大量优秀人才,除培养科技研究开发、教育人才外,还须培养一支庞大的管理、设计、工程、维护等人才队伍。

本书很好地适应了这种需要,本书的出版将为我国光通信事业的发展起到促进作用。本书内容广宽,包括了光纤通信的基本原理、光纤通信的设备和光纤通信系统工程的设计、施工、调试与验收,各章内容实际具体,收集了许多实例,这与一般理论书籍不同;解释通俗清楚,易于阅读;行文也流畅。本书不但可用作培训教材;又可为学校师生、科技人员等提供参考,作为一本与实际很好结合的读物,也可以作为自学书籍。

本书由许多专家在多年讲授的基础上辛劳编写而成,几位著名科学家作了精心审修,有关领导十分关心大力支持,使这本实用宏大的书籍,得以问世。

有鉴于上述情况,本人乐于推荐,不当之处,请批评指正。



1992年1月31日

叶培大:中国科学院学部委员、北京邮电学院名誉院长、教授

编者的话

光电子技术的发展将引起划时代的技术变革,它的一个重要应用——光纤通信独占鳌头,由于它的独特优点,发展异常迅猛,虽仅有二十几年的历史,已在世界范围内形成包围全球的通信网,亦将成为全球宽带综合数字网(B-ISDN)的骨干。

在我国,光纤通信 70 年代起步,80 年代已在科研开发、产业形成和工业应用方面奠定了初步基础。到 1990 年累计敷设光缆达 6000 公里,长度近千公里的光缆干线工程已经建成。

八五期间将兴建从首都到各大区之间和沿海地区以光缆为骨干的大容量数字通信网,市话局间光缆通信也将有更大发展,敷缆总长度预计 5 万公里以上。为适应这种发展需要,我公司继编著《英汉光电子技术缩略语词典》后,又组织编著《光通信设备基础》一书。本书为目前国内第一本以介绍光通信设备为主的专著,全书分三篇共二十一章。本书的显著特点是它的实用性、通俗性和先进性。

其实用性在于本书系统地介绍了光通信实际设备和实际工程系统。在第二篇中,介绍了系统设备组成、PCM 数字复用设备、光线路终端设备、光中继设备以及各种辅助设备;在第三篇中,介绍了光纤通信系统工程的设计施工、安装调试与运行验收;在附录中列入了各种工程设计所需资料。这些内容特别适于邮电通信工程、各军种兵种通信工程以及铁路交通、石油化工、水力电力等各部门通信系统工程的工程技术人员,以及各通信工程设计院、研究所作为工程设计、设备研制原始资料使用,也可以作为高等院校有关专业的教学参考书。

其通俗性在于本书详细地介绍了光通信的基本原理,作为研制设备、设计工程的技术准备知识。在第一篇中介绍了光纤通信系统概貌、光纤光缆及其光无源器件、光源、光发射机与光接收机、复接原理、线路码型等。介绍中尽量避免繁琐公式推导,主要从阐明物理概念出发讲述原理。这部分内容特别适于接触光纤通信的科技人员和使用人员,也适于中等、大专院校有关师生阅读。

其先进性在于介绍了光纤通信的前沿科技成就以及远景展望。例

如光纤通信设备的新进展,光波复用技术、相干光通信、光孤子通信、量子光通信、全光通信等当代世界光通信的前沿科学技术。

本书是在冯治珂、张继安同志主持下编写的,并审查确定了全书结构安排;在编写过程中得到叶培大、董孝义教授的热情关怀、指导,叶培大教授审阅了部分章节,并且在百忙中为本书写了序言;董孝义教授审阅了大部分内容,并撰写了部分章节;淳于祺高级工程师审阅了部分章节;于日方同志也参加了审阅工作。

在本书的编写过程中得到天津通信学会的大力支持,特别是金玉儒秘书长、王秉钧和陈忠同志为本书的出版做了大量工作;此外,李煜美、宋瑶英、任冬冬同志也为本书的出版做了不少工作,借此机会,谨致以衷心感谢。

本书是由张继安(第一章)、冯治珂(第三章)、肖春华(第四章)、王廷尧(第二、第五至十二、十六至十九章)、董孝义(第十三、十四章)、陈忠南(第十五章)、宫靖(第二十、二十一章)执笔编写的,文雅贤、王万年同志拟制了全书图表。由于时间仓促和作者水平所限,书中可能有不当甚至错误,望读者批评指正。

天津光电通信公司

1991年11月10日

目 录

第一篇 光纤通信基本原理

第一章 光纤通信概貌

1.1 光纤通信概述.....	(1)
1.2 光纤通信系统组成.....	(2)
1.2.1 主信道工作系统.....	(3)
1.2.2 备用信道系统.....	(3)
1.2.3 报警切换系统.....	(3)
1.2.4 远供系统.....	(3)
1.2.5 监控系统.....	(3)
1.2.6 勤务电话系统.....	(4)
1.3 光纤通信的优越性.....	(4)
1.4 光纤通信发展简史.....	(5)
1.5 光纤通信现状.....	(6)
1.6 光纤通信发展前景.....	(8)

第二章 光纤光缆及其光无源器件

2.1 绪言.....	(11)
2.2 光纤分类.....	(11)
2.3 光纤的波导机理.....	(12)
2.3.1 光纤的射线分析.....	(13)
2.3.2 多模阶跃型光纤.....	(13)
2.3.3 多模梯度型光纤.....	(14)
2.3.4 空间状态图.....	(15)
2.4 光纤传输的波动性分析.....	(16)
2.5 光纤的主要技术性能.....	(16)
2.5.1 光纤的传输损耗.....	(16)
2.5.2 光纤的传输带宽.....	(17)
2.6 光纤的制造技术.....	(21)
2.6.1 气相沉积法制备硅玻璃.....	(21)
2.6.2 光纤预制棒的制作过程.....	(22)
2.6.3 光纤的拉制.....	(26)
2.6.4 成品光纤的主要参数.....	(27)

2.7 光缆的结构.....	(28)
2.7.1 涂覆光纤.....	(28)
2.7.2 单元组成.....	(28)
2.7.3 缆芯.....	(29)
2.7.4 护套.....	(30)
2.8 光缆性能.....	(30)
2.8.1 传输损耗.....	(30)
2.8.2 脉冲延迟失真——传输带宽.....	(30)
2.8.3 环境特性.....	(30)
2.8.4 机械性能.....	(31)
2.9 光无源器件.....	(31)
2.9.1 光连接器.....	(32)
2.9.2 光衰减器.....	(38)
2.9.3 光定向耦合器(光分路/耦合器)	(40)
2.9.4 光开关.....	(42)
2.9.5 光隔离器.....	(44)
2.9.6 光波分复用器.....	(45)

第三章 光 源

3.1 光纤通信对光源的要求.....	(47)
3.2 半导体材料的发光机理.....	(47)
3.3 光源材料的选择.....	(48)
3.4 注入发光.....	(49)
3.5 发光二极管.....	(50)
3.5.1 发光二极管性能.....	(50)
3.5.2 异质结发光.....	(51)
3.5.3 发光二极管产品.....	(52)
3.6 激光二极管.....	(54)
3.6.1 激光二极管概况.....	(54)
3.6.2 激光二极管结构.....	(54)
3.6.3 激光二极管产品.....	(56)
3.7 激光二极管组件.....	(59)
3.7.1 组件功能.....	(59)
3.7.2 温度控制.....	(59)
3.7.3 光学匹配.....	(60)
3.7.4 密封.....	(60)
3.7.5 验收.....	(60)
3.8 激光二极管与发光二极管性能比较.....	(62)
3.8.1 发光机理.....	(62)

3.8.2	光/电流特性	(62)
3.8.3	发射光功率	(62)
3.8.4	光功率密度与光源辐射图	(62)
3.8.5	频谱宽度	(63)
3.8.6	调制频率	(63)
3.8.7	线性度与热特性	(63)
3.8.8	可靠性	(63)
3.8.9	适用范围	(63)

第四章 光发射机

4.1	光发射机组成	(64)
4.2	光发射机技术性能	(64)
4.3	调制方式	(65)
4.3.1	一般调制方式	(65)
4.3.2	光纤通信中采用的调制方式	(67)
4.4	光源驱动器	(70)
4.4.1	发光二极管的驱动电路	(70)
4.4.2	激光二极管的驱动电路	(72)
4.5	典型自动偏置控制方法	(76)
4.6	几个典型光发射机电路	(77)
4.6.1	亚特兰大光纤试验系统——镓铝砷激光发射机	(77)
4.6.2	注入式激光二极管的偏置和调制电流同时反馈控制的模拟电路	(81)
4.6.3	邮电部武汉邮电科学研究院四次群光发射机	(83)
4.6.4	德国 SEL 公司 SVR750A ₁ 型光发射机	(86)

第五章 光接收机

5.1	概述	(91)
5.1.1	光接收机组成	(91)
5.1.2	光接收机的噪声和灵敏度	(91)
5.2	光检测器	(93)
5.2.1	光检测器工作原理	(93)
5.2.2	几个名词解释	(94)
5.2.3	雪崩光电二极管的特性曲线	(95)
5.2.4	雪崩光电二极管的主要性能	(96)
5.3	前置放大器	(97)
5.3.1	直接前端放大器(输入放大器)	(98)
5.3.2	高阻抗放大器(积分前端放大器)	(98)
5.3.3	互导放大器(电压并联负反馈放大器)	(99)
5.4	主放大器	(99)

5.5	峰值检测及自动增益控制电路	(100)
5.6	雪崩光检测器的偏置电路	(102)
5.7	接收电路性能	(102)
5.8	判决器电路	(103)
5.8.1	判决电路	(103)
5.8.2	定时恢复	(104)
5.9	天津光电通信公司生产的德国 SEL 公司二次群光接收机	(106)
5.9.1	接收机组成	(106)
5.9.2	工作原理	(106)
5.9.3	主要技术性能	(110)
5.10	天津光电通信公司生产的 8705—I 型四次群光接收机	(110)
5.10.1	接收机组成	(110)
5.10.2	工作原理	(110)
5.10.3	主要技术数据	(112)

第六章 光中继系统

6.1	绪言	(113)
6.2	光缆中继系统的传输质量	(113)
6.2.1	中继系统的误码率	(113)
6.2.2	系统抖动特性	(114)
6.3	中继间隔的计算	(115)
6.3.1	影响中继间隔的因素	(115)
6.3.2	中继段长度的计算	(115)
6.4	光中继器方框图及系统布局	(116)
6.4.1	光中继器框图	(116)
6.4.2	中继系统远供、遥测、遥信业务	(116)
6.4.3	中继系统布局	(116)
6.5	中继器结构安排	(117)
6.5.1	德国 SEL 公司五次群中继器结构安排	(117)
6.5.2	日本 NTT 公司 FR—2 系统中继器结构安排	(118)
6.6	介绍几个中继系统	(119)
6.6.1	亚特兰大光纤试验系统中的 45Mb/s 光中继器	(119)
6.6.2	F—4000M 系统(日)的中继线路	(120)
6.6.3	海底光中继器	(121)

第七章 辅助工作系统

7.1	辅助信息的传输信道	(123)
7.2	调幅方法	(124)
7.2.1	我国设备	(124)

7.2.2 德国 SEL 公司设备	(125)
7.3 附加比特插入法	(125)
7.3.1 日本 NEC 公司四次群光纤传输系统的辅助信号的传输	(125)
7.3.2 nBCH 码型光纤传输系统辅助信息的传输	(127)
7.4 线路码型冗余度的利用	(128)
7.4.1 5B6B 线路码型辅助信息的插入方法	(129)
7.4.2 利用 5B6B 线路码型冗余度传输辅助信息的编译码器设计	(136)
7.4.3 辅助信道性能	(137)
7.4.4 结论	(138)
7.5 线路主备切换系统	(138)
7.5.1 切换系统的功能	(139)
7.5.2 线路切换过程	(139)
7.5.3 切换系统主要技术性能	(140)
7.6 勤务电话系统	(140)
7.6.1 对勤务电话系统的要求	(141)
7.6.2 勤务电话系统的主要技术指标	(141)

第八章 监控系统

8.1 绪言	(143)
8.2 系统的可靠性	(143)
8.3 监测系统	(143)
8.3.1 监测系统要求	(143)
8.3.2 监测段长度	(144)
8.3.3 监测与控制项目	(145)
8.3.4 其他功能要求	(146)
8.3.5 监测控制信道安排	(146)
8.3.6 通信控制规程	(146)
8.4 监控系统组成	(146)
8.4.1 站监控单元(RTU)	(147)
8.4.2 子主站(SM)	(148)
8.4.3 主站(M)	(148)
8.5 故障定位设备	(148)
8.5.1 应用	(148)
8.5.2 故障定位原理	(149)
8.5.3 报文	(149)
8.5.4 结构与工作方式	(151)
8.6 一种光缆通信系统的集中监控系统	(152)
8.6.1 监控系统概况	(152)
8.6.2 监控参数	(153)

8.6.3	架监控盘组成及其功能	(153)
8.6.4	监控信息汇总盘	(154)
8.6.5	监控系统技术性能	(155)
8.7	德国 SEL 公司 SCADA 监控系统	(156)
8.7.1	系统组成	(156)
8.7.2	站监控单元(RTU)	(156)
8.7.3	子主站(SM)	(160)
8.7.4	主站(M)	(162)
8.8	中小容量光缆通信监控系统(日本)	(162)
8.8.1	系统概要	(162)
8.8.2	监控设备布置	(163)
8.8.3	监控系统运行情况	(163)
8.8.4	监控系统的主要性能	(164)

第九章 线路码型

9.1	绪言	(166)
9.1.1	一般数字传输系统采用的线路码型	(166)
9.1.2	光纤数字传输系统的特殊性	(166)
9.1.3	光纤数字传输系统采用的线路码型	(167)
9.2	线路码型的主要性能	(167)
9.2.1	误码特性	(167)
9.2.2	数字和及数字和变差	(168)
9.2.3	码型冗余度与码率变换	(168)
9.2.4	最大连续相同码元(符号)数	(168)
9.2.5	转换概率	(168)
9.2.6	功率谱密度	(169)
9.2.7	传输辅助信息能力	(169)
9.2.8	编、译码器硬件实现	(169)
9.3	编、译码器功能框图	(169)
9.3.1	信息输入/输出电路	(170)
9.3.2	码型变换电路	(170)
9.3.3	时序控制电路	(170)
9.3.4	码组同步电路	(171)
9.3.5	误码监测电路	(172)
9.4	mBnB 线路码型	(172)
9.4.1	绪言	(172)
9.4.2	1B2B 码型及 2B3B 码型	(173)
9.4.3	3B4B 码型及 5B6B 码型	(173)
9.4.4	5B7B 码型及 6B7B 码型	(174)

9.5 5B6B 线路码型	(174)
9.5.1 编码规则及码表选择	(174)
9.5.2 5B6B 码型编码器	(177)
9.5.3 5B6B 码型译码器	(181)
9.5.4 中继器的误码检测	(186)
9.5.5 编、译码器联测	(187)
9.5.6 天津光电通信公司生产的一种 5B6B 线路码型编、译码器	(188)
9.6 mB1C 线路码型	(195)
9.6.1 mB1C 码型性能	(195)
9.6.2 mB1C 码型帧结构	(195)
9.6.3 mB1C 码型成帧变换框图	(195)
9.6.4 mB1C 码型编、译码过程	(195)
9.7 扰码	(197)
9.7.1 扰码目的	(197)
9.7.2 扰码原理	(198)
9.7.3 基本扰码器、解扰器框图	(200)
9.7.4 一种国产四次群光端机扰码器及解扰器安排	(200)
9.7.5 用随机存储器实现多级高速扰码器的设计	(201)
9.8 nBCH 线路码型	(205)
9.8.1 nBCH 码型结构	(205)
9.8.2 nBCH 码型编、译码器	(206)
9.9 AMI 编码	(207)
9.9.1 两电平传号交替反相码(AMI 编码)	(207)
9.9.2 CMI 编码电路的设计	(207)
9.9.3 MCMI 编码	(208)
9.10 高速编、译码器的设计	(210)
9.10.1 编、译码器的交错设计方法	(210)
9.10.2 使用折叠法实现 5B6B 线路码型码表的逻辑设计	(210)

第十章 远 供 系 统

10.1 绪言	(215)
10.2 供电系统设计	(215)
10.2.1 供电的安排	(215)
10.2.2 设计中应考虑的几个问题	(215)
10.2.3 实际中继器供电系统	(216)
10.3 供电设备	(217)
10.4 变换器的设计	(217)
10.4.1 交换电路的选择	(217)
10.4.2 交换器的开关频率	(218)

10.5	恒定直流变换器	(218)
10.6	供电设备的电气性能	(219)
10.7	供电系统实例	(219)
10.7.1	日本 NTT 公司 (FR-2) 系统的供电系统	(219)
10.7.2	FD-013A/B 型 140Mb/s 光中继系统的远供系统	(221)
10.7.3	SEL 公司 Z66A 型远供系统	(221)

第十一章 光纤数字网的复接体制

11.1	绪言	(225)
11.2	异步复接原理	(225)
11.3	正码速调整	(225)
11.4	NEC 公司 N5000S 系列 3M 二次群数字复接设备	(227)
11.4.1	概况	(227)
11.4.2	复接原理	(227)
11.4.3	帧结构	(227)
11.5	各国异步复接体制	(229)
11.6	HDB ₃ 线路码型	(230)
11.6.1	编码规则	(230)
11.6.2	HDB ₃ 码型编码器	(230)
11.6.3	HDB ₃ 码型译码器	(232)
11.6.4	误码检测电路	(232)
11.7	光纤同步网络	(232)
11.8	各国光纤同步网络设备	(235)
11.8.1	SONET 光纤同步网络	(235)
11.8.2	日本 NTT 公司新式同步接口设备	(235)
11.8.3	阿尔卡特 (Alcatel) S ₉ 系列同步数字体系设备	(237)

第十二章 光纤通信系统

12.1	绪言	(239)
12.2	光纤传输系统的要求	(239)
12.2.1	光接收机	(239)
12.2.2	光发射机	(240)
12.2.3	光中继器	(240)
12.2.4	光纤、光缆	(241)
12.2.5	中继距离的考虑	(241)
12.3	光纤传输系统实例	(241)
12.3.1	日本 NTT · FR-2 中、小容量光纤传输系统	(241)
12.3.2	武汉 120 路市话光纤通信实用系统	(245)
12.3.3	美国贝尔实验室亚特兰大光纤系统	(246)

12.3.4	日本五次群 F—400M 光纤传输系统	(249)
12.3.5	天津—塘沽 140Mb/s 局间光缆中继系统	(251)

第十三章 光纤通信复用技术

13.1	绪言	(256)
13.2	光波复用通信	(256)
13.2.1	波分复用通信	(256)
13.2.2	空分复用(SDM)通信	(259)
13.3	光波信号复用通信	(261)
13.3.1	时分复用(TDM)通信	(261)
13.3.2	频分复用(FDM)通信系统	(262)

第十四章 现代光通信新进展

14.1	绪言	(264)
14.2	光纤相干光通信	(264)
14.2.1	通信系统的相干调制	(265)
14.2.2	通信系统的光外差检测(解调)	(266)
14.2.3	相干光通信系统	(271)
14.3	光孤子通信	(272)
14.3.1	相干光脉冲的传播特性	(273)
14.3.2	光孤子工作方程	(275)
14.3.3	光孤子激光器及其光通信系统	(277)
14.4	量子光通信	(280)
14.4.1	量子光通信的基本概念	(280)
14.4.2	量子光通信的关键技术	(282)
14.4.3	光量子通信的实验系统	(285)
14.5	主动光纤、光纤放大器与全光通信	(286)
14.5.1	主动光纤及其在光通信中的应用	(287)
14.5.2	光纤放大器及其在光通信中的应用	(293)
14.5.3	全光通信	(301)

第二篇 光纤通信系统设备

第十五章 光纤通信系统设备组成

15.1	系统设备组成	(304)
15.2	PCM 复用设备	(304)
15.3	光端机、光中继器设备	(305)
15.4	辅助设备	(307)