



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



世纪高职高专通信规划教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN GUIHUA JIAOCAI

光纤通信

(第2版)



乔桂红 主编
李丽勇 吴凤修 陈一品 编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TELECOMMUNICATIONS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



世纪高职高专通信规划教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN GUIHUA JIAOCAI

光纤通信

(第2版)

乔桂红 主编

李丽勇 吴凤修 陈一品 编



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

光纤通信 / 乔桂红主编; 李丽勇, 吴凤修, 陈一品编.
2版. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21世纪高
职高专通信规划教材
ISBN 978-7-115-20752-4

I. 光… II. ①乔…②李…③吴…④陈… III. 光纤通信—
高等学校: 技术学校—教材 IV. TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第090660号

内 容 提 要

本书对光纤通信做了全面、系统的介绍。内容包括光纤通信系统的组成、光纤和光缆、有源光器件和无源光器件、光端机、SDH 传送网、WDM 技术、光纤通信系统设计及光纤通信涉及的新技术 (MSTP 技术、ASON 技术, 光接入技术、全光网等), 最后介绍了光纤通信实训方面的知识。

本书紧扣行业标准和规范, 具有较强的实用性, 既可作为高职高专院校通信、电子信息类相关专业的教材, 也可作为光纤通信技术人员的培训用书, 并可作为技能鉴定的参考用书。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪高职高专通信规划教材

光纤通信 (第 2 版)

-
- ◆ 主 编 乔桂红
编 李丽勇 吴凤修 陈一品
责任编辑 滑 玉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.5
字数: 496 千字
印数: 28 001—31 000 册

2009 年 8 月第 2 版

2009 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20752-4/TN

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前言

随着近年来对光纤光缆、光器件、光系统的大力研究和开发,光纤性能更加完善,品种更加多元化,光纤通信已成为信息高速公路的传输平台,通信网络也在向全光网络发展。为适应这一形势的发展,本书在原教材的基础上进行了修订。

本书修订的特点是根据高职高专教育的特点和光纤通信的新发展,除了介绍相关的理论外,更加注重实训操作,以突出技能、重在应用为主,同时适当增加新技术的内容。通过学习本书,读者能够全面系统地了解现代光纤通信系统的组成、基本原理、应用技术等,掌握光纤通信的实际操作技能。本书力求基本概念简明扼要,基本原理描述准确清晰,轻理论推导,重实训技能操作,并且特别注意以形象直观的图表形式来配合文字的叙述,以帮助读者全面理解本书内容。

本书内容共分 9 章,安排如下:

第 1 章介绍光纤通信的发展现状和发展趋势、光纤通信的基本概念及系统基本组成。

第 2 章介绍光纤、光缆结构与分类、光纤导光原理和光纤的特性以及光纤的熔接。

第 3 章介绍光源、光电检测器和光放大器的工作原理、基本结构及其工作特性以及无源光器件的主要性能。

第 4 章介绍光发送机和光接收机的电路组成及各部分功能、工作原理以及光通信常用线路码型。

第 5 章介绍 SDH 的基本概念,SDH 的映射、定位、复用和开销,SDH 网元和网络保护,SDH 网同步,SDH 网络传输性能和网络管理。

第 6 章介绍 WDM 系统的基本概念、系统结构与设备、关键技术和 WDM 系统规范。

第 7 章介绍光纤通信系统的设计以及应用举例。

第 8 章介绍光纤通信的新技术,包括 MSTP 技术、ASON 技术、OAN 技术、相干光通信技术、光孤子技术以及全光通信网。

第 9 章介绍光纤通信实训,包括光纤的损耗与长度的测试、光端机电性能及光性能参数的测试、光纤通信系统误码与抖动的测试以及光纤通信系统的维护和故障处理,并介绍了 OTDR 和数字传输分析仪等常用测试仪器的使用。

本书由石家庄邮电职业技术学院乔桂红负责第 3~6 章及第 8 章的修订,由李丽勇负责第 1 章、第 2 章、第 7 章和第 9 章的修订,本书的修订得到了安徽邮电职业技术学院吴凤修和陈一品老师的全力指导与帮助,提供了许多建设性建议;同时本书还得到了石家庄邮电职业技术学院教务处领导的大力支持和帮助,在此表示最诚挚的谢意!

由于通信技术发展迅猛,作者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2009年3月

目 录

第 1 章 光纤通信概述	1
1.1 光纤通信的发展史	1
1.2 我国光纤通信现状	3
1.3 光纤通信的光波波谱	4
1.4 光纤通信系统的组成	5
1.5 光纤通信系统的特点及应用	6
1.5.1 光纤通信的特点	6
1.5.2 光纤通信的应用	7
1.6 光纤通信的发展趋势	7
小结	10
思考题与练习题	10
第 2 章 光纤和光缆	11
2.1 光纤的结构和分类	12
2.1.1 光纤的结构	12
2.1.2 光纤的分类	12
2.2 光纤的导光原理	18
2.3 光纤特性	24
2.3.1 光纤的几何特性	25
2.3.2 光纤的传输特性	27
2.3.3 光纤的机械特性	32
2.3.4 光纤的温度特性	33
2.4 光缆的结构和种类	33
2.4.1 光缆的结构	33
2.4.2 光缆的种类	39
2.4.3 光缆的型号和规格	41
2.4.4 光缆端别与纤序的识别	44
2.5 光纤的熔接	44
2.5.1 光纤熔接机的分类	44
2.5.2 光纤熔接机的工作原理	45
2.5.3 光纤熔接的工作步骤	46
2.5.4 熔接质量评判	47
2.5.5 光纤接续时常见故障的处理	48
2.5.6 熔接机的保养及注意事项	49

小结	50
思考题与练习题	51
第3章 通信用光器件	52
3.1 光源	53
3.1.1 激光器的工作原理	53
3.1.2 半导体激光器	57
3.1.3 分布反馈半导体激光器	60
3.1.4 量子阱半导体激光器	61
3.1.5 发光二极管	61
3.1.6 半导体光源的应用	63
3.2 光电检测器	64
3.2.1 光电检测器的工作原理	64
3.2.2 PIN 光电二极管	65
3.2.3 雪崩光电二极管	66
3.2.4 光电检测器的特性	67
3.3 无源光器件	68
3.3.1 光纤连接器	69
3.3.2 光衰减器	71
3.3.3 光耦合器	72
3.3.4 光隔离器与光环行器	73
3.3.5 光开关	74
3.3.6 光波长转换器	75
3.3.7 光波分复用器	75
3.3.8 光滤波器	78
3.3.9 光纤光栅	78
3.4 光放大器	79
3.4.1 光放大器概念与分类	79
3.4.2 EDFA 的基本结构与工作原理	80
3.4.3 EDFA 的工作特性	82
3.4.4 EDFA 的应用	83
小结	84
思考题与练习题	85
第4章 光端机	86
4.1 光发送机	87
4.1.1 光发送机的基本组成	87
4.1.2 光源的调制	89
4.1.3 自动功率控制和温度控制	91
4.1.4 光发送机的主要指标	93

4.2 光接收机	93
4.2.1 光接收机的基本组成	94
4.2.2 光接收机的噪声特性	96
4.2.3 光接收机的主要指标	97
4.3 光中继器	97
4.4 光线路编码	98
小结	101
思考题与练习题	102
第5章 SDH 技术	103
5.1 SDH 的产生和基本概念	103
5.2 SDH 的速率与帧结构	106
5.3 映射原理与同步复用	109
5.3.1 基本复用映射结构	109
5.3.2 基本复用映射步骤	112
5.3.3 映射方法	112
5.3.4 复用方法	119
5.3.5 指针	124
5.4 SDH 开销	131
5.4.1 段开销	131
5.4.2 通道开销	134
5.5 SDH 网元	140
5.6 SDH 传送网	143
5.6.1 SDH 传送网的分层与分割	143
5.6.2 SDH 传送网的物理拓扑	145
5.6.3 我国 SDH 网络结构	146
5.7 SDH 自愈网	147
5.7.1 自愈网的概念	147
5.7.2 线路保护倒换	148
5.7.3 ADM 自愈环保护	149
5.7.4 DXC 网形网保护	152
5.7.5 各种自愈保护比较	153
5.8 SDH 网同步	154
5.8.1 网同步的工作方式	154
5.8.2 SDH 网同步结构和同步方式	157
5.8.3 SDH 网元的定时	160
5.9 SDH 网络传输性能	163
5.9.1 误码性能	163
5.9.2 抖动性能	166

5.9.3 漂移性能	167
5.10 SDH 网络管理	167
5.10.1 SDH 网管的基本概念	167
5.10.2 SDH 网管接口	170
5.10.3 SDH 网管功能	170
小结	171
思考题与练习题	172
第6章 WDM 系统	173
6.1 WDM 技术概述	173
6.1.1 WDM 概述	173
6.1.2 WDM 工作方式	176
6.1.3 WDM 系统类型	177
6.1.4 WDM 系统应用类型	178
6.2 WDM 系统结构与设备	179
6.2.1 WDM 系统的基本结构	179
6.2.2 WDM 系统设备	180
6.2.3 WDM 组网与网络保护	183
6.2.4 WDM 系统的监控	186
6.2.5 WDM 系统的网络管理	187
6.2.6 WDM 系统的性能	188
6.3 WDM 系统的关键技术	188
6.3.1 光源	188
6.3.2 光电检测器	190
6.3.3 光波长转换器	191
6.3.4 光放大器	191
6.3.5 光复用器和光解复用器	193
6.3.6 光纤传输技术	193
6.4 WDM 系统规范	197
6.4.1 WDM 波长分配	197
6.4.2 WDM 系统光接口技术规范	199
6.4.3 光纤和光缆性能要求	205
小结	205
思考题与练习题	206
第7章 光纤通信系统设计	207
7.1 损耗受限系统设计	208
7.2 色散受限系统设计	210
7.3 波分复用系统的设计	212
7.4 应用举例	213

小结	215
思考题与练习题	216
第 8 章 光纤通信新技术	217
8.1 MSTP 技术	218
8.1.1 MSTP 概述	218
8.1.2 MSTP 的关键技术	219
8.1.3 内嵌 RPR 的 MSTP	228
8.2 ASON 技术	229
8.2.1 ASON 概述	229
8.2.2 ASON 连接类型	231
8.2.3 ASON 的模型	232
8.2.4 ASON 设备现状及技术应用	233
8.3 光接入技术	234
8.3.1 光接入网的基本概念	234
8.3.2 无源光网络	236
8.3.3 数字环路载波	239
8.3.4 混合光纤同轴网	240
8.4 全光通信网	244
8.4.1 全光网的概述	244
8.4.2 全光网的光复用	245
8.4.3 全光网的光交换	247
8.5 相干光通信技术	251
8.5.1 相干光通信基本原理	251
8.5.2 相干光通信的特点及发展	253
8.6 光孤子通信技术	254
8.6.1 光孤子通信技术概述	254
8.6.2 光孤子通信技术的发展	256
小结	257
思考题与练习题	258
第 9 章 光纤通信实训	259
9.1 2M 塞绳的制作	260
9.1.1 学习目的	260
9.1.2 工具与器材准备	260
9.1.3 具体操作步骤	260
9.2 用背向散射法测量光纤的衰减和光纤的长度	261
9.2.1 学习目的	261
9.2.2 光时域反射仪的原理与使用	262
9.2.3 仪表、工具与器材准备	268

9.2.4 具体操作步骤	268
9.3 光纤通信设备的参观与认识	269
9.3.1 学习目的	269
9.3.2 系统准备	269
9.3.3 具体过程	269
9.4 光端机电性能参数测试	270
9.4.1 学习目的	270
9.4.2 仪表原理与使用	270
9.4.3 测量原理	270
9.4.4 仪表、工具准备	275
9.4.5 具体操作步骤	275
9.5 光端机平均发送光功率和消光比的测试	276
9.5.1 学习目的	276
9.5.2 仪表原理与使用	276
9.5.3 测量原理	278
9.5.4 仪表、工具准备	278
9.5.5 具体操作步骤	278
9.6 光端机接收灵敏度和动态范围的测试	279
9.6.1 学习目的	279
9.6.2 仪表原理与使用	279
9.6.3 测量原理	281
9.6.4 仪表、工具准备	281
9.6.5 具体操作步骤	281
9.7 光纤通信系统误码性能的测试	282
9.7.1 学习目的	282
9.7.2 仪表原理与使用	282
9.7.3 仪表、工具准备	299
9.7.4 测量系统图及具体操作步骤	299
9.8 光纤通信系统抖动性能的测试	299
9.8.1 学习目的	300
9.8.2 测量原理	300
9.8.3 仪表、工具准备	304
9.8.4 具体操作步骤	304
9.9 电路的开放与调度	306
9.9.1 学习目的	306
9.9.2 材料准备	306
9.9.3 具体操作步骤	306
9.10 系统告警与故障处理	307
9.10.1 学习目的	307

9.10.2 常见的告警及故障现象与故障处理.....	307
小结	314
思考题与练习题	315
参考文献	316

本章内容

- 光纤通信的发展过程。
- 光纤通信系统的组成。
- 光纤通信的特点与应用。
- 光纤通信的发展趋势。

本章重点

- 光纤通信系统的组成。
- 光纤通信的特点。

本章难点

- 光纤通信系统的组成。

学习本章的目的和要求

- 掌握光纤通信的概念。
- 了解光纤通信的发展史和我国光纤通信现状。
- 掌握光纤通信的组成及特点。

1.1 光纤通信的发展史

1. 光通信的雏形

光通信的历史可以追溯到古代的烽火通信，以及现在还在使用的交通信号和水上交通用的“旗语”等，在这些通信方式中，光信号本身即是信息，包含的信息非常少，不能称为严格意义上的光通信。

2. 光通信的早期

18 世纪 60 年代，英国发明第一架光电报机，利用日光作为光源，利用反光板的不同组合，通过空气作为传输介质，传递相应的信息。

19 世纪 80 年代，美国的贝尔发明了光学电话，他以日光作为光源，采用话筒的薄膜随着声音的振动而振动来实现声光调制。做法是将日光发出的恒定光束投射到受声音控制的薄

膜上,这样从薄膜上反射回来的光束强弱变化就携带了声音信息,然后,将这束被调制的光信号经大气传送到接收端。接收端采用一个大型抛物面反射镜和一个硅光电池组成光电检测器,将接收到的携带有信息的光信号转换成光电流,再把光电流送到听筒发声,从而完成了光电话通信。

从此之后,直到1960年以前,光通信的发展几乎停滞不前,主要原因是碰到光源、光传输介质和光电检测器等技术障碍。光源:主要采用日光作为光源,而日光为非相干光,它的方向性不好,不易调制和传输。传输介质:以空气作为传输介质,损耗很大,无法实现远距离传输,而且通信也极不稳定可靠。光电检测器:硅光电池作为光电检测器,内部噪声很大,通信质量很差。

3. 光纤通信发展的里程碑

尽管光通信有很多技术障碍,然而人们从来没停止过对它的研究。随着社会的不断进步,通信向大容量、长距离方向发展是必然的趋势。无论是有线通信还是无线通信,都是将低频信息调制转移到高频载波上去。载波频率越高,其所在频段频带越宽,通信容量就越大。

1966年7月,英籍华裔学者高锟博士和霍克哈姆在Proc. IEE杂志上发表了一篇十分著名的论文《用于光频的光纤表面波导》,该文从理论上分析证明了用光纤作为传输介质以实现光通信的可能性,设计了通信用光纤的波导结构(即阶跃光纤),更重要的是科学地预言了制造通信用低损耗光纤的可能性,即通过加强原材料提纯、加入适当的掺杂剂,可把光纤的衰减系数降低到20dB/km以下。而当时世界上只能制造用于工业、医学方面的光纤,其衰减系数在1000dB/km以上。在当时,对于制造衰减系数在20dB/km以下的光纤,被认为是可望而不可及的。以后的事实发展雄辩地证明了高锟博士论文的理论性和大胆预言的正确性,因而该论文被誉为光纤通信的里程碑。

4. 光纤通信发展的实质性突破

光源:1960年,美国梅曼(Maiman)发明了红宝石激光器,它发出的是一种谱线很窄、方向性很好、频率和相位一致的相干光,易于调制和传输;其缺点是耦合率极低,无法在室温下运行,寿命很短,但是它的发明解决了光源方面的障碍,加速了光通信的研究和发展。

传输介质:1970年美国康宁公司根据高锟论文的设想,用改进型化学汽相沉积法(MCVD法)制造出当时世界上第一根超低损耗光纤,成为光纤通信爆炸性发展的导火线。虽然当时康宁公司制造出的光纤只有几米长,衰减系数约20dB/km,但它毕竟证明了用当时的科学技术与工艺方法制造通信用超低损耗光纤的可能性,也就是说找到了实现低损耗传输光波的理想媒体,这是光纤通信的重大实质性突破。

5. 光纤通信爆炸性的发展

自1970年以后,世界各发达国家对光纤通信的研究倾注了大量的人力与物力,其来势之凶、规模之大、速度之快远远超出人们的意料,从而使光纤通信技术取得了惊人的进展。

(1) 光器件

1970年,美国贝尔实验室研制出世界上第一只在室温下连续工作、工作波长为0.85 μm 的双异质结注入式砷化镓铝半导体激光器,由于它体积小,易于与光纤耦合,为光纤通信找到了合适的光源器件;与此同时砷化镓铝发光二极管也制造成功,发光二极管寿命长,但是速率较低,功率小,谱线宽,属于非相干光源。为了配合光纤的长波长窗口,研制成功了铟镓砷磷半导体材料的长波长激光器和发光二极管。

随着技术的发展,性能更好、寿命达几万小时的异质结条形激光器和现在寿命达几十万小时的分布反馈式激光器(DFB-LD)以及多量子阱(MQW)激光器也相继研制成功。

光接收器件从硅光电二极管发展到量子效率达90%以上的III-V族雪崩光电二极管。

(2) 传输介质

自1970年以后,光纤损耗逐年降低。1970年:20dB/km;1972年:4dB/km;1974年:1.1dB/km;1976年:0.5dB/km;1979年:0.2dB/km;1990年:0.14dB/km,已经接近石英光纤的理论损耗极限值0.1dB/km。

(3) 光纤通信系统

正是光纤制造技术和光电器件制造技术的飞速发展,以及大规模、超大规模集成电路技术和微处理器技术的发展,带动了光纤通信系统从小容量到大容量、从短距离到长距离、从旧体制(PDH)到新体制(SDH)的迅猛发展。1976年,美国在亚特兰大开通了世界上第一个实用化光纤通信系统,码速率仅为45Mbit/s,中继距离为10km。1985年,140Mbit/s多模光纤通信系统商用化,并着手单模光纤通信系统的现场试验工作。1990年,565Mbit/s单模光纤通信系统进入商用化阶段,同时着手进行零色散位移光纤、波分复用及相干光通信的现场试验,而且已经陆续制定了同步数字体系(SDH)的技术标准。1993年,622Mbit/s的SDH产品进入商用化。1995年,2.5Gbit/s的SDH产品进入商用化。1998年,10Gbit/s的SDH产品进入商用化。同年,以2.5Gbit/s为基群、总容量为20Gbit/s和40Gbit/s的密集波分复用(DWDM)系统进入商用化。2000年,以10Gbit/s为基群、总容量为320Gbit/s的DWDM系统进入商用化。此外,在智能光网络(ION)、光分插复用器(OADM)、光交叉连接设备(OXC)等方面也正在取得巨大进展。

总之,从1970年到现在虽然只有短短30多年的时间,但光纤通信技术却取得了极其惊人的进展。然而就目前的光纤通信而言,其实际应用仅是其潜在能力的2%左右,尚有巨大的潜力等待人们去开发利用。因此,光纤通信技术将向更高水平、更高阶段发展。

1.2 我国光纤通信现状

我国在20世纪70年代中期成立专业研究队伍开展光纤通信的研究开发,在国家攻关计划部门的重点项目支持下,有源光器件、无源光器件、光纤光缆、光纤通信系统的研究同步进行。在光器件方面,20世纪70年代后期,研制出1310nm的激光器,随后又研制生产了光纤活动连接器。在光纤方面,20世纪80年代初,先后研制成功多模光纤和常规的单模光纤,并生产出从4芯到12芯的层绞式光缆。在光纤通信系统方面,从20世纪70年代后期到80年代中期,先后完成了34Mbit/s和140Mbit/s复用设备(电端机)和光端机及传输系统的开发。先后开通了武汉—荆州多模光缆34Mbit/s省内干线工程,扬州—高邮、成都—灌县单模光缆34Mbit/s省内干线工程以及合肥—芜湖140Mbit/s单模光缆一级干线工程。上述开发成果特别是光器件、光纤传输系统都已形成产业。20世纪90年代初期,我国就开始了光纤通信系统的大规模建设,市话中继、省内干线、国家干线,包括农村通信都用光缆逐渐取代电缆,完成了“八纵八横”国家干线,实现了我国现代化的电信网。

20世纪80年代后期,我国开展了5次群565Mbit/s光纤传输系统的研制,这一系统的研

制工作充分暴露了准同步数字体系 (PDH) 的缺点。而当时国际电信联盟 (ITU) 正酝酿同步数字体系 (SDH) 标准, 随后我国也转为研制 SDH 的 STM-1、STM-4 系统, 在 20 世纪 90 年代初, 研制出 STM-1、STM-4 复用设备, 随后完成了 155Mbit/s 和 622Mbit/s 全套网元及管理系统的开发。1995 年开通了成都—攀枝花国产 SDH 设备 155Mbit/s 和 622Mbit/s 光纤通信示范工程。1997 年开通了海口—三亚的 2.5Gbit/s SDH 试验电路, 随后 2.5Gbit/s 自愈环系统先后在湖北、湖南、贵州等地开通。1998 年完成了 10Gbit/s SDH 传输实验系统的开发。在开发 SDH 系统的同时, 光器件的开发工作也有新进展, 量子阱激光器、铌酸锂调制器相继开发成功; 色散位移光纤、色散补偿光纤、中心加强光纤与大容量用户光缆也都有产品投入市场。

波分复用系统的开发可以说是我国光纤通信系统开发的第三个阶段。1993 年进行 $4 \times 622\text{Mbit/s}$ WDM 系统的研制, 成果用于广州—深圳 WDM 工程上, 构成一个 $4 \times 2.5\text{Gbit/s}$ 系统。1998 年完成了 $8 \times 2.5\text{Gbit/s}$ WDM 系统的开发, 并先后应用在济南—青岛和广州—汕头干线工程中, 随后开发了 $16 \times 10\text{Gbit/s}$ WDM 系统。与 WDM 系统一道开发的还有合波器、分波器、色散补偿用光纤光栅、符合 WDM 波长标准的激光器、掺铒光纤放大器、非零色散位移光纤等。与此同时光分插复用器 (OADM) 和光交叉连接设备 (OXC) 也在研发。目前, IP over WDM 帧结构和试验平台的研究工作也已经开始, $8 \times 2.5\text{Gbit/s}$ 光时分复用 (OTDM) 实验模型的研究工作也同时进行, 下一代光纤通信网络的研究已全面展开。

预计到 2010 年超过 10Gbit/s 的线路约占 43%, 容量要求超过 20Gbit/s 的约占 13%。2000~2010 年期间光缆建设 9 万~10 万 km, 并有 11 个大城市部署 10Gbit/s 以上大容量的直达通信网络。而对于小于 12 芯光缆将采用包括 DWDM+EDFA 等新技术进行扩容, 以满足人民日益增长的通信需求。

除了向高速大容量系统发展之外, 在光接入网的研究方面也投入了很大力量。xPON 凭借组网、业务和管理等优势, 作为“光进铜退”网络转型的最佳技术已在业内达成共识, 其典型应用主要有 FTTB/C (光纤到大楼/分线盒)、FTTH (光纤到户)、FTTO (光纤到公司或办公室) 等几种模式, FTTH 将是网络发展的目标。光纤通信技术还应用于 CATV、移动通信的光纤直放站、计算机网络的光纤联网和光纤图像监控系统等。

1.3 光纤通信的光波波谱

光波是电磁波, 具有极高的频率 (大约 10^{14}Hz), 其频率比无线电波中的微波频率高 $10^4 \sim 10^5$ 倍, 光波范围包括红外线、可见光、紫外线, 其波长范围为: $300 \sim 6 \times 10^{-3}\mu\text{m}$, 光波中除可见光外, 红外线、紫外线等均为人眼看不见的光。可见光由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫 7 种颜色的连续光波组成, 其波长范围为: $760 \sim 390\text{nm}$, 其中红光的波长最长, 紫光的波长最短。波长大于 760nm 电磁波属于红外线, 它又可以划分为近红外、中红外、远红外。波长小于 390nm 的电磁波属于紫外线。波长再短就是 X 射线、 γ 射线。电磁波波谱图如图 1-1 所示。

光纤通信的波谱在 $1.67 \times 10^{14} \sim 3.75 \times 10^{14}\text{Hz}$ 之间, 即波长在 $0.8 \sim 1.8\mu\text{m}$ 之间, 属于红外波段, 将 $0.8 \sim 0.9\mu\text{m}$ 称为短波长, $1.0 \sim 1.8\mu\text{m}$ 称为长波长, $2.0\mu\text{m}$ 以上称为超长波长。应用于光纤通信的波长是 $0.85\mu\text{m}$ (短波长窗口)、 $1.31\mu\text{m}$ 和 $1.55\mu\text{m}$ (长波长窗口)。

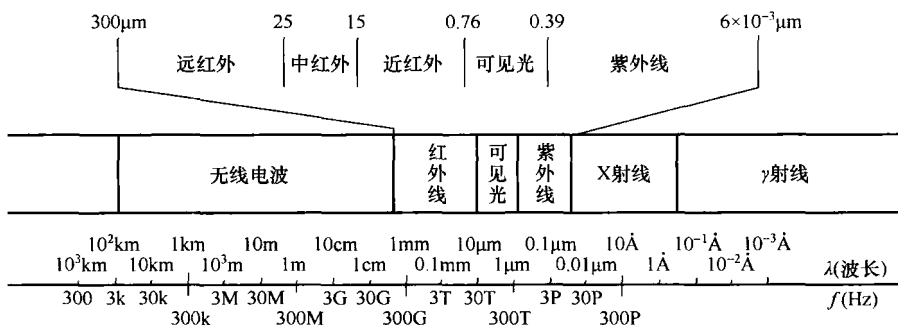


图 1-1 电磁波波谱图

各种单位的换算公式如表 1-1 所示。

表 1-1 各种单位的换算公式

$c=3 \times 10^8 \text{m/s}$	$1 \text{MHz (兆赫)} = 10^6 \text{Hz}$
$\lambda=c/f$	$1 \text{GHz (吉赫)} = 10^9 \text{Hz}$
$1 \mu\text{m (微米)} = 10^{-6} \text{m}$	$1 \text{THz (太赫)} = 10^{12} \text{Hz}$
$1 \text{nm (纳米)} = 10^{-9} \text{m}$	$1 \text{PHz (拍赫)} = 10^{15} \text{Hz}$
$1 \text{\AA (埃)} = 10^{-10} \text{m}$	

1.4 光纤通信系统的组成

光纤通信是以光波作为信息载体，以光纤作为传输介质的一种通信方式。要使光波成为携带信息的载体，必须在发射端对其进行调制，而在接收端把信息从光波中检测出来（解调）。依目前技术水平，大部分采用强度调制—直接检测（IM-DD）方式。数字光纤通信系统一般由光发射机、光中继器、光纤和光接收机组成，其组成框图如图 1-2 所示。

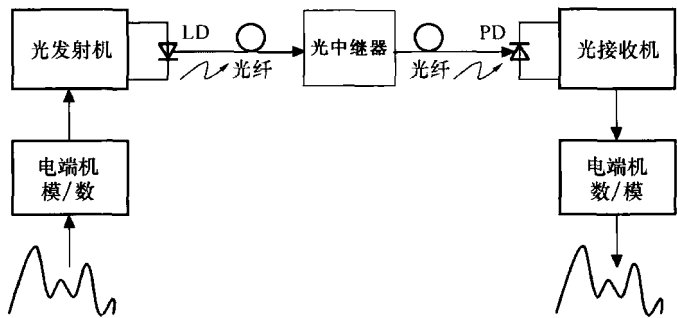


图 1-2 数字光纤通信系统方框图

(1) 光发射机

光发射机的作用是进行电/光转换，即把数字化的电脉冲信号码流转换成光脉冲信号码流并输入到光纤中进行传输。光发射机由光源、驱动器和调制器组成，光源是光发射机的核心。