



世纪高职高专通信教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN JIAOCAI

光纤通信

乔桂红 主编

吴凤修 陈一品 牛建国 张桂芬 编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专通信教材

光 纤 通 信

乔桂红 主编

吴凤修 陈一品 牛建国 张桂芬 编

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

光纤通信 / 乔桂红主编. —北京: 人民邮电出版社, 2005.5

21 世纪高职高专通信教材

ISBN 7-115-13352-2

I. 光... II. 乔... 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 (2005) 第 028222 号

内 容 提 要

本书系统介绍光纤通信的基础知识, 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、光纤通信系统的设计、SDH 传输网、光纤通信的新技术和光纤通信实训, 详细讲述了光纤通信系统的组成及基本原理以及 SDH 传输网和光纤通信实训。本书紧扣行业标准和规范, 具有较强的实用性, 既可作高职高专院校通信、电子信息类相关专业的教材, 也可作为光纤通信技术培训用书, 并可作为技能鉴定的参考用书。

21 世纪高职高专通信教材

光纤通信

-
- ◆ 主 编 乔桂红
 - 编 吴凤修 陈一品 牛建国 张桂芬
 - 责任编辑 滑 玉
 - 执行编辑 王亚娜
 - ◆ 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>
 - 读者热线 010-67170985
 - 北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - 新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 16.75
 - 字数: 395 千字
 - 印数: 1~5 000 册
 - 2005 年 5 月第 1 版
 - 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13352-2/TN · 2461

定价: 22.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

丛书前言

随着通信技术的飞速发展，通信业务的不断拓展和通信市场的日益开放，如何提高从业人员的素质，增强产业竞争力，已成为通信运营商高层决策者们所考虑的重要问题之一。通信类的高等职业教育以适应通信技术发展，培养通信生产和服务一线的技能型人才为目的。

国务委员陈至立同志在全国职业教育工作会议上指出：“职业教育的目标是培养数以千万计的技能型人才和数以亿计的高素质劳动者，必须坚持以服务为宗旨，以就业为导向，面向社会、面向市场办学。”为了适应高等职业教育的需要，结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标，我们组织了全国通信类高职院校部分老师和部分通信企业的资深专家编写了这套《21 世纪高职高专通信教材》。该丛书技术新，实用性强，案例典型，既可满足通信类高职高专的教学使用，又可作为从事通信行业一线的专业技术人员培训和自学读物。

由于作者编写高职高专教材经验不足，征求意见的范围还不够广泛，书中难免存在疏漏之处，望广大读者多提宝贵意见，以便进一步提高完善。

21 世纪高职高专通信教材编辑委员会

光纤通信作为现代通信的主要通信方式,在现代通信网中起着举足轻重的作用。随着近年来对光纤光缆、光器件、光系统的大力研究和开发,其性能更加完善,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。适应这一形势的发展,需要大批的光纤通信专业技术人员。目前,光纤通信方面本科教材很多,但真正适合高职高专学生学习特点的教材十分短缺。为此,编写一本以突出技能、重在应用为主的光纤通信教材,是当今高职高专教学上的一个迫切要求。

为了适应这一要求,人民邮电出版社组织了河北通信职业技术学院和安徽邮电职业技术学院部分骨干教师,编写了本书。本书的编写按国家教育部对高职高专学生的要求,除了介绍相关的理论外,更加注重实训操作。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特点、基本原理、应用技术,以及实际操作技能等。本书力求通俗易懂、深入浅出、循序渐进,基本概念和基本原理讲解准确清晰,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。

本书内容安排如下。

第1章介绍光纤通信的发展现状、光纤通信系统的基本组成、特点及发展趋势。

第2章介绍光纤结构与分类、光纤导光原理和光纤的特性以及光缆的结构与分类。

第3章介绍光源和光电检测器工作原理、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功能、电路组成和工作原理以及光通信常用线路码型。

第5章介绍光纤通信系统的设计以及应用举例。

第6章介绍SDH的基本概念、速率和帧结构,SDH的映射原理、同步复用和开销,SDH网元、自愈网、网同步、网络传输性能和网络管理。

第7章系统介绍光纤通信的新技术,包括DWDM技术、光接入网技术、相干光通信技术、光孤子技术以及全光通信网的概念。

第8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。

本书由河北通信职业技术学院乔桂红任主编,并编写第6章;安徽邮电职业技术学院吴凤修编写第1章、第2章和第7章;安徽邮电职业技术学院陈一品编写第8章;河北通信职业技术学院牛建国编写第3章和第4章;河北通信职业技术学院张桂芬编写第5章。本书的编写得到了张桂芬老师的全力指导,提供了许多建设性建议并审阅了全稿,同时本书

得到了河北通信职业技术学院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

2005 年 1 月

目 录

第1章 光纤通信概述	1
1.1 光纤通信的发展现状	1
1.2 光纤通信的光波波谱	3
1.3 光纤通信系统的基本组成与分类	4
1.3.1 光纤通信系统的基本组成	4
1.3.2 光纤通信系统的分类	4
1.4 光纤通信的特点与应用	6
1.4.1 光纤通信的特点	6
1.4.2 光纤通信的应用	7
1.5 光纤通信的发展趋势	8
小结	11
思考题与练习题	11
第2章 光纤和光缆	12
2.1 光纤的结构和类型	12
2.1.1 光纤的结构	12
2.1.2 光纤的分类	14
2.2 光纤的导光原理	18
2.3 光纤特性	19
2.3.1 光纤的几何特性	20
2.3.2 光纤的光学特性	21
2.3.3 光纤的传输特性	22
2.4 光缆的结构和种类	27
2.4.1 光缆的结构	27
2.4.2 光缆的种类	33
2.4.3 光缆的型号和规格	34
小结	36
思考题与练习题	36
第3章 通信用光器件	37
3.1 光源	37
3.1.1 激光器的工作原理	38
3.1.2 半导体激光器 (LD)	41

3.1.3 发光二极管 (LED)	46
3.1.4 半导体光源的应用	48
3.2 光电检测器	48
3.2.1 光电检测器的工作原理	48
3.2.2 PIN 光电二极管	49
3.2.3 雪崩光电二极管 (APD)	50
3.2.4 光电检测器的特性	51
3.3 无源光器件	52
3.3.1 光纤连接器	52
3.3.2 光衰减器	54
3.3.3 光分路耦合器	54
3.3.4 光隔离器与光环行器	56
3.3.5 波长转换器	57
3.3.6 光开关	58
3.3.7 光滤波器	58
3.3.8 光纤光栅	58
小结	59
思考题与练习题	59
第 4 章 光端机	60
4.1 光发送机	61
4.1.1 光发送机的基本组成	61
4.1.2 光源的调制	63
4.1.3 调制电路及自动功率控制	65
4.1.4 温度特性及自动温度控制	67
4.2 数字光接收机	69
4.2.1 光接收机的基本组成	69
4.2.2 数字光接收机的噪声特性	71
4.2.3 光接收机的主要指标	71
4.3 光中继器	73
4.3.1 光电中继器	73
4.3.2 全光中继器	73
4.4 光线路编码	74
小结	78
思考题与练习题	79
第 5 章 光纤通信系统设计	80
5.1 损耗受限系统设计	81
5.2 色散受限系统设计	82

5.3 应用举例	83
小结	84
思考题与练习题	84
第6章 SDH 技术	86
6.1 SDH 的产生和基本概念	86
6.2 SDH 的速率与帧结构	89
6.3 映射原理与同步复用	92
6.3.1 基本复用映射结构	92
6.3.2 基本复用映射步骤	95
6.3.3 映射方法	96
6.3.4 复用方法	102
6.3.5 指针	106
6.4 SDH 开销	114
6.4.1 段开销 (SOH)	114
6.4.2 通道开销 (POH)	117
6.5 SDH 网元	123
6.6 SDH 传送网	126
6.6.1 SDH 传送网的分层与分割	126
6.6.2 SDH 传送网的物理拓扑	128
6.7 SDH 自愈网	129
6.7.1 自愈网的概念	129
6.7.2 线路保护倒换	130
6.7.3 ADM 自愈环保护	131
6.7.4 DXC 网形网保护	135
6.7.5 各种自愈保护比较	135
6.8 SDH 网同步	136
6.8.1 网同步的工作方式	136
6.8.2 SDH 网同步结构和同步方式	139
6.8.3 SDH 网元的定时	140
6.9 SDH 网络传输性能	143
6.9.1 误码性能	143
6.9.2 抖动性能	146
6.9.3 漂移性能	147
6.10 SDH 网络管理	147
6.10.1 SDH 网管的基本概念	148
6.10.2 SDH 网管接口	150
6.10.3 SDH 网管功能	151
小结	151

思考题与练习题	152
第7章 光纤通信新技术	154
7.1 DWDM 技术	154
7.1.1 DWDM 概述	155
7.1.2 DWDM 系统结构	158
7.2 光接入技术	162
7.2.1 光接入网的基本概念	162
7.2.2 无源光网络 (PON)	164
7.2.3 数字环路载波 (DLC)	167
7.2.4 混合光纤同轴网 (HFC)	169
7.2.5 固定无线接入 (FWA)	172
7.3 相干光通信技术	177
7.4 光孤子通信技术	180
7.5 全光通信网	182
小结	185
思考题与练习题	186
第8章 光纤通信实训	187
8.1 2M 塞绳的制作	188
8.1.1 学习目的	188
8.1.2 工具与器材准备	188
8.1.3 具体操作步骤	188
8.2 用背向散射法测量光纤的衰减和光纤的长度	189
8.2.1 学习目的	189
8.2.2 光时域反射仪 (OTDR) 的原理与使用	190
8.2.3 仪表、工具与器材准备	196
8.2.4 具体操作步骤	196
8.3 光纤通信设备的参观与认识	197
8.3.1 学习目的	197
8.3.2 系统准备	197
8.3.3 具体过程	197
8.4 光端机电性能参数测试	198
8.4.1 学习目的	198
8.4.2 仪表原理与使用	198
8.4.3 测量原理	198
8.4.4 仪表、工具准备	203
8.4.5 具体操作步骤	203
8.5 光端机平均发送光功率和消光比的测试	204

8.5.1 学习目的	204
8.5.2 仪表原理与使用	204
8.5.3 测量原理	206
8.5.4 仪表、工具准备	206
8.5.5 具体操作步骤	206
8.6 光端机接收灵敏度和动态范围的测试	207
8.6.1 学习目的	207
8.6.2 仪表原理与使用	207
8.6.3 测量原理	209
8.6.4 仪表、工具准备	209
8.6.5 具体操作步骤	209
8.7 光纤通信系统误码性能的测试	210
8.7.1 学习目的	210
8.7.2 仪表原理与使用	210
8.7.3 仪表、工具准备	227
8.7.4 测量系统图及具体操作步骤	227
8.8 光纤通信系统抖动性能的测试	227
8.8.1 学习目的	227
8.8.2 测量原理	228
8.8.3 仪表、工具准备	231
8.8.4 具体操作步骤	231
8.9 电路的开放与调度	233
8.9.1 学习目的	234
8.9.2 材料准备	234
8.9.3 具体操作步骤	234
8.10 系统告警与故障处理	235
8.10.1 学习目的	235
8.10.2 常见的告警及故障现象与故障处理	235
小结	242
思考题与练习题	242
附录 中英文缩略语	244
参考文献	250

本章内容

- 光纤通信的发展现状。
- 光纤通信的光波波谱。
- 光纤通信系统的基本组成与分类。
- 光纤通信的特点与应用。
- 光纤通信的发展趋势。

本章重点

- 光纤通信系统的基本组成。
- 光纤通信的特点。

本章难点

- 光纤通信的光波波谱。

本章学时数

- 2 课时。

学习本章目的和要求

- 掌握光纤通信的概念。
- 了解光纤通信的产生及发展。
- 掌握光纤通信的组成及特点。

1.1 光纤通信的发展现状

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。由于光波具有极高的频率(大约 10^{14}Hz),也就是说具有极高的带宽,从而可以承载巨大容量的信息,所以用光波作为载体来进行通信一直是人们几百年来追求的目标。

1. 光纤通信发展的里程碑

1966年7月,英籍华裔学者高锟博士在 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媒体以实现光通信的可能

性,设计了通信用光纤的波导结构,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 1 000dB/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,因而该文被誉为光纤通信的里程碑。

2. 光纤通信发展的实质性突破

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。

3. 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、速度之快远远超出了人们的意料,从而使光纤通信技术取得了极其惊人的进展。

(1) 光纤损耗

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。

(2) 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的砷化镓铝半导体激光器,为光纤通信找到了合适的光源器件。后来逐渐发展到性能更好、寿命达几万小时的异质结条形激光器和现在的寿命达几十万小时分布反馈式激光器(DFB-LD)以及多量子阱(MQW)激光器。光接收器件也从简单的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。

(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,并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。光纤通信不同于有线电通信,后者是利用金属媒体传输信号,光纤通信则是利用透明的光纤传输光波。虽然光 and 电都是电磁波,但频率范围相差很大。一般通信电缆

最高使用频率约 $9\text{MHz}\sim 24\text{MHz}$ (10^6Hz)，光纤工作频率在 $10^{16}\text{Hz}\sim 10^{15}\text{Hz}$ 之间。

总之，从 1970 年到现在虽然只有短短三十多年的时间，但光纤通信技术却取得了极其惊人的进展。用带宽极宽的光波作为传送信息的载体以实现通信，这一几百年来人们梦寐以求的幻想在今天已成为活生生的现实。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，光纤通信技术并未停滞不前，而是向更高水平、更高阶段发展。

1.2 光纤通信的光波波谱

光波是电磁波，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： $300\mu\text{m}\sim 6\times 10^{-3}\mu\text{m}$ ，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、紫七种颜色的连续光波组成，其波长范围为： $0.76\mu\text{m}\sim 0.39\mu\text{m}$ ，其中红光的波长最长，紫光的波长最短。波长为 $0.76\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ 的电磁波属于红外线，它又可以划分为近红外、中红外、远红外。波长为 $0.39\mu\text{m}\sim 6\times 10^{-3}\mu\text{m}$ 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。

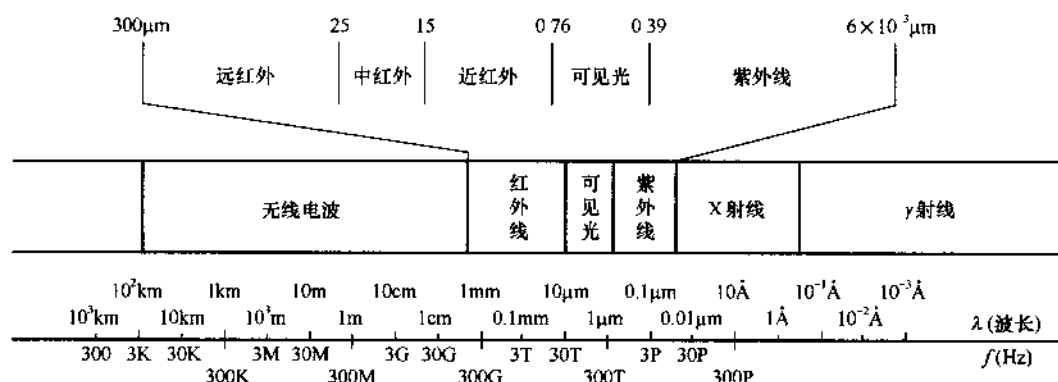


图 1-1 电磁波波谱图

光纤通信的波谱在 $1.67\times 10^{14}\text{Hz}\sim 3.75\times 10^{14}\text{Hz}$ 之间，即波长在 $0.8\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$ 之间，属于红外波段，将 $0.8\mu\text{m}\sim 0.9\mu\text{m}$ 称为短波长， $1.0\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$ 称为长波长， $2.0\mu\text{m}$ 以上称为超长波长。

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

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

1.3 光纤通信系统的基本组成与分类

本节将介绍光纤通信系统的3个组成部分以及每一部分的作用，同时讲解光纤通信系统按不同应用形式的分类。

1.3.1 光纤通信系统的基本组成

所谓光纤通信，就是利用光纤来传输携带信息的光波以达到通信的目的。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—直接检测方式（IM-DD）。光纤通信的3个传输窗口是： $0.85\mu\text{m}$ （短波长窗口）、 $1.31\mu\text{m}$ 和 $1.55\mu\text{m}$ （长波长窗口）。数字光纤通信系统方框图如图1-2所示。

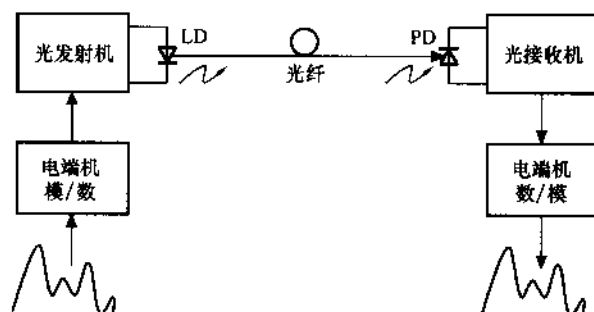


图 1-2 数字光纤通信系统方框图

从图1-2可以看出，数字光纤通信系统基本上由光发射机、光纤和光接收机组成。

在发射端，电端机把模拟信息（如语音）进行模/数转换，转换后的数字信号复用后再去调制发射机中的光源器件，一般是半导体激光器（LD），则光源器件就会发出携带信息的光波。如当数字信号为“1”时，光源器件发射一个“传号”光脉冲；当数字信号为“0”时，光源器件发射一个“空号”（不发光）。光发射机的作用就是进行电/光转换把数字化的电脉冲信号码流（如PCM语音信号）转换成光脉冲信号码流并输入到光纤中进行传输。

光波经光纤传输后到达接收端。

在接收端，光接收机把数字信号从光波中检测出来送给电端机，而电端机解复用后再进行数/模转换，恢复成原来的模拟信息。光接收机的作用就是进行光/电转换，把数字电信号（通信信息）经过放大、均衡后再生出波形整齐的电脉冲信号。就这样完成了一次通信的全过程。

1.3.2 光纤通信系统的分类

光纤通信系统可以根据系统所使用的传输信号形式、传输光的波长和光纤的类型进行不同的分类。

1. 按传输信号分类

按传输信号的不同，光纤通信系统可以分为模拟光纤通信系统和数字光纤通信系统两类。

(1) 数字光纤通信系统

数字光纤通信系统是光纤通信的主要通信方式。数字通信的优点是抗干扰能力强,使用再生技术时噪声积累少,易于集成以减少设备的体积和功耗,转接交换方便,利于与计算机结合等。数字通信的缺点是所占的频率宽,而光纤的带宽比金属传输线要宽许多,弥补了数字通信所占频带宽的缺点。光纤通信在接收和发送时,在光电转换过程中所产生的散粒效应噪声和非线性失真较大。但若采用数字通信,中继器采用判决再生技术,噪声积累少。因此,光纤通信采用数字传输成了最有利的技术。目前在人类社会进入信息社会的时代,各国在公用通信网中的长途干线和市内局间中继线路均纷纷采用数字光纤通信系统作为主要传输方式,以便实现传输网的数字化。

(2) 模拟光纤通信系统

在光纤通信系统中,输入电信号不采用脉冲编码信号的通信系统即为模拟光纤通信系统,这种系统的缺点是光电变换时噪声较大。在长距离传输时,采用中间增音站将使噪声积累,故只能应用在短距离传输线路上。在公用通信网中的用户部分,可用这种方式传输宽带视频信号。

模拟光纤通信最主要的优点是不需要数字通信系统中的模/数转换和数/模转换,故比较经济。而且一个电视信号如采用数字通信方式,可不用频带压缩,140Mbit/s的系统只能通一路电视。在目前的技术情况下,为了在用户网传送多路宽带业务(如CATV),采用频率调制的频分多路复用的模拟光纤通信方式。

如果只传输一个基带信号,则将此信号直接送到光发送机进行光强度调制即可,但传输距离可能只几公里。如果在希望较长距离上传输,则要先采用脉冲频率调制(PFM),然后再送到光发送机进行光强调制。由于采用PFM后,改善了传输信噪比,故中继距离可达20km以上,而且可以加装中间再生中继器,其传输总长度可达50km~100km。

2. 按波长和光纤类型分类

按波长和光纤类型分类,光纤通信系统可分为四类。

(1) 短波长(0.85 μm 左右)多模光纤通信系统

该系统通信容量一般为480路以下(速率在34Mbit/s以下),中继段长度为10km以内,发送机的光源为镓铝砷(GaAlAs)半导体激光器或发光二极管,接收机的光电探测器为硅光电二极管(Si-PIN)或硅雪崩光电二极管(Si-APD)。

(2) 长波长(1.31 μm)多模光纤通信系统

该系统通信速率一般为34Mbit/s~140Mbit/s,中继距离为25km或20km以内,所用光源为铟镓砷磷(InGaAsP)半导体多纵模激光器或发光二极管,光电检测器为锗雪崩光电二极管(Ge-APD)或镓铝砷光电二极管(GaAlAs-PIN)和镓铝砷雪崩光电二极管(GaAlAs-APD)。

(3) 长波长(1.31 μm)单模光纤通信系统

该系统通信速率一般为140Mbit/s~565Mbit/s,中继距离可达30km~50km(140Mbit/s),光源为铟镓砷磷(InGaAsP)单纵模激光器,这种激光器在直流工作时为单纵模,但在高速调制时为多纵模。

(4) 长波长(1.55 μm)单模光纤通信系统

该系统通信速率一般为565Mbit/s以上,由于调制速率高会产生模分配噪声限制了大容

量长中继距离的传输，因此要采用零色散位移光纤和动态单纵模激光器。

1.4 光纤通信的特点与应用

在目前的通信领域，光纤通信得以广泛的应用和发展，是由其自身的特点所决定的。下面着重讨论光纤通信的特点和应用。

1.4.1 光纤通信的特点

光纤通信之所以受到人们的极大重视，是因为和其他通信手段相比，具有无与伦比的优越性。

(1) 通信容量大

从理论上讲，一根仅有头发丝粗细的光纤可以同时传输 100 亿个话路。虽然目前远未达到如此高的传输容量，但用一根光纤同时传输 50 万个话路（40Gbit/s）的试验已经取得成功，它比传统的同轴电缆、微波等要高出几千乃至几十万倍以上。一根光纤的传输容量如此巨大，而一根光缆中可以包括几十根直至上千根光纤，如果再加上波分复用技术把一根光纤当作几十根、几百根光纤使用，其通信容量之大就更加惊人了。

(2) 中继距离长

由于光纤具有极低的衰减系数（目前已达 0.25dB/km 以下），若配以适当的光发射、光接收设备以及光放大器，可使其中继距离达数百公里以上甚至数千公里。这是传统的电缆（1.5km）、微波（50km）等根本无法与之相比拟的。

(3) 保密性能好

光波在光纤中传输时只在其芯区进行，基本上没有光“泄漏”，因此其保密性能极好。

(4) 适应能力强

适应能力强是指它不怕外界强电磁场的干扰、耐腐蚀、可挠性强（弯曲半径大于 250mm 时其性能不受影响）等。

(5) 体积小、重量轻、便于施工和维护

光缆的敷设方式方便灵活，既可以直埋、管道敷设，又可以水底或架空敷设。

(6) 原材料来源丰富，潜在价格低廉

制造石英光纤的最基本原材料是二氧化硅，而二氧化硅在大自然界中几乎是取之不尽、用之不竭的，因此其潜在价格是十分低廉的。

(7) 光纤通信同样也存在着如下缺点：

- ① 需要光/电和电/光变换部分；
- ② 光直接放大难；
- ③ 电力传输困难；
- ④ 弯曲半径不宜太小；
- ⑤ 需要高级的切断接续技术；
- ⑥ 分路耦合不方便。

光纤元件价格昂贵，且光纤质地脆、弯曲半径大、易因屈曲而损毁、机械强度低、布线