

光纤通信工程

GUANGQIAN TONGXIN GONGCHENG

王加强 岳新全 李 勇 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

光纤通信工程

王加强 岳新全 李 勇 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书在较系统地介绍光纤通信基础知识的基础上,重点讲述了光通信工程建设中光缆线路敷设、接续及线路维护、指标测试等施工过程,与施工规范及相关工艺。

全书共分为 12 章,内容丰富、结构合理,突出介绍了方法的使用性和工程的实践性,并归纳总结了相关的光缆工程建设经验。

本书对工程技术人员具有较大的参考价值,也可作为大专院校学生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

光纤通信工程/王加强,岳新全,李勇编著. —北京:北京邮电大学出版社,2002

ISBN 7-5635-0609-8

I.光… II.①王…②岳…③李… III.光纤通信—通信工程 IV.TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 101353 号

书 名: 光纤通信工程

编 著: 王加强 岳新全 李 勇

责任编辑: 常丽萍

出 版 者: 北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号)

邮编: 100876 电话: 62282185(发行部) 62283578(传真)

网址: <http://www.buptpress.com>

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京源海印刷厂印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 18

字 数: 447 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5635-0609-8/TN·280

定 价: 35.00 元

如有印装质量问题请与北京邮电大学出版社发行部联系

前 言

光纤通信以其独特的优越性成为当今信息传输的主要手段。过去数十年间,我国在光纤通信技术研究、光通信产品开发、各通信运营商的系统与光纤网络建设等诸方面都有了突飞猛进的发展:从光纤市话局间中继到长途光缆干线;从骨干光网络到光纤城域网、用户接入网;从传统电信运营商到各行业、各部门专用传输网,我国大规模地开展了光纤通信网络建设。光缆在干线上已取代传统电缆,与卫星通信、数字微波通信共同支撑着全球通信网。目前,80%以上的信息在光纤中传送。光纤网络将延伸到我们身边(FITTO、FTTH),为我们个人通信提供足够的信息通道。光波分复用技术已极大地提高了网络的传输容量,而全光传送网将是光纤通信技术的发展方向。

随着我国国民经济建设的持续、快速发展,通信业务的种类越来越多,信息传送的需求量越来越大。我国光通信的产业规模亦不断壮大,产品结构覆盖了光传输设备、光纤与光缆、光器件以及各类施工、测试仪表与专用工具。可以展望:光纤通信作为一门高新技术产业,将以更快的速度发展,光纤通信技术将逐步普及,光纤通信的应用领域将更加广阔。

光纤网络的建设规模与水平体现了国家的综合实力。光缆工程的施工、光缆线路与设备的测试与维护,须严格管理、精细组织,并应符合相关工程规范,方能保证通信工程的建设质量与通信网络的稳定安全。随着各行业、部门光纤网络规模的发展与应用的普及,掌握光纤网络的施工、测试与维护技术,培养高素质的施工、维护、管理人员队伍将成为一项重要任务。本书试图对我国多年来光缆工程建设经验与相关技术在一定范围与深度内进行归纳,供工程技术人员参考,亦可作为高等院校通信工程专业用教材。全书共分12章:前五章由信息产业部武汉邮电科学研究院高级工程师王加强、李勇编写,主要讲述光纤通信的基本原理、光传输系统构成及性能指标、光纤与光缆以及光器件。后五章由王加强与汉中电信岳新全编写,介绍光缆通信工程设计、光缆线路敷设、接续与设备安装的施工、测试、开通及验收。最后两章介绍光缆线路的维护与应急抢修。

本书在较系统地介绍光纤传输技术与系统的同时,重点讲述了光通信工程建设中光缆线路敷设、接续及线路维护、指标测试等施工过程与施工规范,突出了使用性与工程实践性。并对长途管道气送光缆敷设、电力通信线路架空复合地线光缆(OPGW)的敷设安装等施工工艺作了介绍。

光纤通信技术的相关标准与施工规范已由ITU-T、IEC等国际组织及国家相关部门制定,本书内容注重与这些规范与标准的一致性。

由于作者水平与经验所限,本书疏漏、错误之处在所难免,恳请专家与读者指正。

作者于武汉

2001/5/10

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 光纤通信发展简史	1
1.2 光纤通信的特点	3
1.3 光纤通信应用类型	5
1.4 光通信技术涉及的产品	7
第 2 章 光纤数字通信系统	9
2.1 光纤数字通信系统的基本构成	9
2.2 传输辅助系统	10
2.3 光纤数字系统的主要性能指标	13
2.4 光收发接口指标	19
2.5 光传输线路指标	23
第 3 章 光发送接收与放大	25
3.1 光源	25
3.2 光电探测器	38
3.3 光收发组件与模块	43
3.4 光再生器与光放大器	47
第 4 章 光无源器件	54
4.1 光纤活动连接器	54
4.2 光耦合器	59
4.3 光衰减器	59
4.4 光隔离器	60
4.5 光波分复用器	60
4.6 光环行器	63
4.7 光器件应用前景展望	64
第 5 章 光纤与光缆	66
5.1 光纤制备工艺	66

5.2	光纤分类及其导光原理	68
5.3	光纤的基本参数与测量	76
5.4	光纤传输特性	78
5.5	光缆类型、结构与材料	89
5.6	光缆型号与命名方式(YD/T908—2000)	99
第6章	光纤通信工程设计	103
6.1	工程设计概述	103
6.2	初步设计的内容与要求	104
6.3	施工图设计的内容与要求	105
6.4	光缆线路设计	106
6.5	光传输设备配置设计	117
6.6	光缆通信工程概、预算	121
第7章	光缆线路敷设	128
7.1	路由复测	129
7.2	光缆检验、配盘与搬运	130
7.3	直埋光缆的敷设	133
7.4	管道光缆的敷设	137
7.5	架空光缆的敷设	140
7.6	水底光缆的敷设	146
7.7	局内光缆的敷设	150
7.8	长途管道气送光缆的敷设	152
7.9	架空复合地线光缆(OPGW)的敷设安装	154
第8章	光缆接续与线路成端	160
8.1	光纤接续损耗	160
8.2	光纤熔接机	163
8.3	光缆接续工艺	171
8.4	多芯带状光纤熔接	178
8.5	光缆线路成端	181
第9章	光缆线路工程检测	184
9.1	常用光电检测仪表	184
9.2	光时域反射仪(OTDR)	189
9.3	光缆单盘检测	198
9.4	光缆接续现场监测	200
9.5	再生段全程竣工测试	202

第 10 章 系统调试开通与验收	209
10.1 系统开通的前提	209
10.2 系统调试的一般程序	210
10.3 系统测试项目	213
10.4 设备开通的故障处理	218
10.5 工程验收	220
第 11 章 光缆线路维护	227
11.1 光缆线路维护的基本原则	227
11.2 维护管理组织	228
11.3 光缆线路常规维护	231
11.4 光缆线路障碍	237
11.5 光传输系统障碍分析	241
第 12 章 光缆线路应急抢修	247
12.1 光缆线路障碍的测查	247
12.2 OTDR 测查定位误差分析	249
12.3 光缆线路自动监测系统	252
12.4 线路障碍应急抢修程序	257
附录 1 光纤通信工程常用图形符号	263
附录 2 光功率单位换算表	265
附录 3 光纤标准对照与光工作波段	266
附录 4 各类单横光纤的性能、参数及应用	267
附录 5 各类 EDFA 主要性能指标	269
附录 6 常用光缆的型号、名称与应用场合	271
附录 7 架空复合地线光缆(OPGW)的安装金具	273
附录 8 光缆线路施工维护常用仪器与工具	275
附录 9 光纤通信工程常用英文缩写	277
主要参考文献	280

第1章 概 论

经济发展、社会进步使人类进入了信息化时代。通信业务的迅猛增长。极大地促进了光纤通信技术的发展。信息产业已成为国民经济的基础产业和先导产业。信息产业基础的通信网建设,尤其是光纤通信网的建设规模与水平,已成为衡量国家综合实力的重要方面。

经过几十年努力,我国在光纤通信产业的发展上取得了巨大进步,光纤通信技术成为我国与发达国家差距最小的领域。社会的需求与技术的进步又为光纤通信产业带来广阔的市场前景。大容量、高传输速率光传输系统正在不断建设。未来,我国的高速宽带骨干网络、特别是城域网、光纤用户接入网以及有线电视分配网的建设规模将进一步发展,光纤网络将覆盖全国城乡,并最终进入办公室与家庭,届时,在我们的周围,光纤网络将无处不在。

本章首先介绍光纤通信发展简史、光通信产业的发展概况,使读者对光纤通信的发展脉络与趋势有基本了解;而后讨论光纤通信的特点、类型及应用。

1.1 光纤通信发展简史

在任何一個通信系统中,传输的信息量与已调载频的带宽(频率范围)有关。一般地说,带宽是被限制于载波频率本身的一个固定部分。因此,在理论上载频频率的提高就增加了有效传输带宽和系统的容量。这样,通信的发展就是要进一步地使用更高频率的波段,以便得到更大的带宽来提高信息容量。

图 1-1 列出了通信所用电磁波谱。在此波谱中所用的传输媒质有毫米及微波波导、金属导线及传送无线电波的大气。使用这些媒质作为传播体的大量通信系统,是人们熟悉的电话、电报、调幅和调频的无线电广播、电视、雷达及卫星通信系统。可以看出,通信技术的进展,从音频的数百赫兹逐渐扩展到毫米波带中的 90GHz。对于更高的频率,用波长表示则更为方便。波长 $1\mu\text{m}$ 相当于频率 70THz,即 3×10^{14} Hz。

光是人们很熟悉的一种电磁波,通常将红外线、可见光、紫外线都归入光波范围内,除可见光(约 $0.39\mu\text{m} \sim 0.77\mu\text{m}$ 波段外),所有电磁波都是人眼看不见的。由于通信容量与电磁波频率成正比例增大,所以人们一直探索如何将更高频率的电磁波用于通信技术。

利用光作为信息传送手段,可以追溯到古代的烽火台,也可联系到自 17 世纪以来沿用的灯光传送信号及手旗通信。但从近代通信的角度来看,这些都不能算是真正的光通信。甚至 A·G·贝尔在 1880 年做的光电话实验,也与现今的光通信有很大的区别。“光电话”由于没有合适的光源及传输媒质,不能得到发展和实用。

直到 1960 年发明了新光源——激光器后,才极大地促进了光波通信的研究。激光器可以发出频率稳定、相位稳定、并具有高亮度的光,它可用作载波源,从而揭开了光通信的序幕。激光器的开发最初(1960 年)是使用固体的红宝石,然后(1961 年)是氦—氖气体激光器,1970 年美国贝尔实验室研制成功室温下连续振荡的半导体激光器,与气体激光器比较,它体积小、耗电少、又能直接用电流高速调制,使用方便,这就使激光技术进一步向前发展。目前在通信方面是以采用镓铝砷(GaAlAs)和铟镓砷磷(InGaAsP)材料的半导体激光器为主流,先进的分布反馈式(DFB)半导体激光器及量子阱(QW)激光器也已经得到实用。

光导纤维的出现,极大地推动了光通信的发展。从历史上看,集中研究过三种光的传输媒质。它们是:①大气传播;②光学透镜波导管传输;③玻璃纤维传输。光的大气传输易受气候影响,极不可靠;光波导传输又难以实用化;而玻璃纤维的衰减在 20 世纪 60 年代中期达 1000 dB/km,当时用它作光通信的传输媒质几乎是不可想象的。

1966 年,英籍华人高锟博士等人经严格论证,提出从石英玻璃材料中去除杂质可以制成衰减为 20 dB/km 左右的通信光导纤维,1970 年美国康宁玻璃公司首先制出衰减为 20 dB/km 的光纤,使光导纤维的发展得到突破。经过对光纤制造方法的研究和对光纤低损耗区的不断扩展,先后开发使用了 850 nm、1310 nm 和 1550 nm 三个波长段,其中以 850 nm 段的损耗为最大,1310 nm 段居中,1550 nm 段衰减最低,可低到 0.2 dB/km 以下。

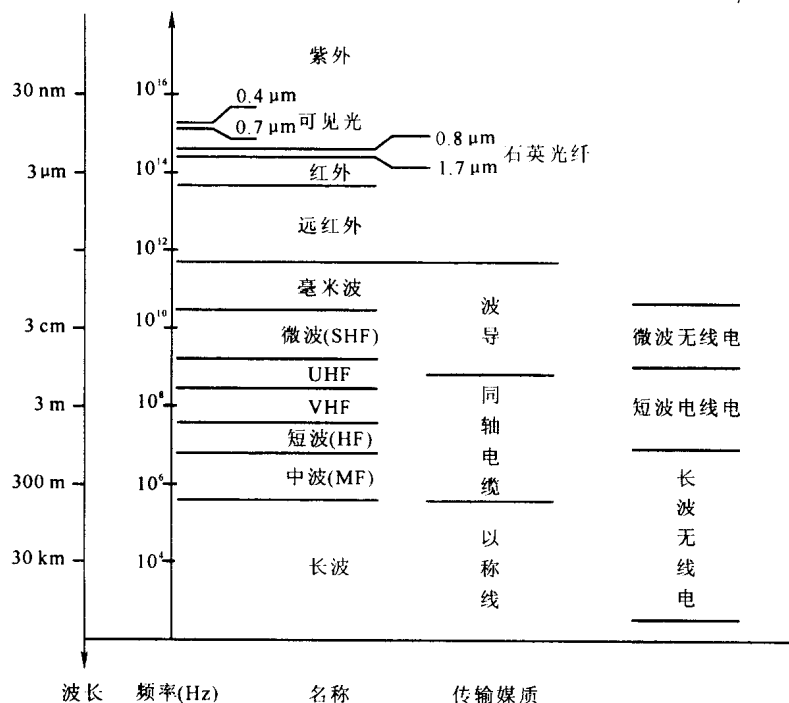


图 1-1 通信用电磁波谱

表 1-1 表示出了光通信的探索至发展为光纤通信的情况,预示了未来空间光通信的发展。

表 1-1 光通信的探索与发展

类 型	年 代	趋 势
大气光通信	1960 迄今	个别使用
光波导通信	1964 年	放弃
光纤通信	1970 年迄今、将来	日益发展
宇宙星际光通信	将来	很可能实用

光纤通信技术的发展,大致可以分为三个阶段:

第一阶段(1970~1979年):光导纤维与半导体激光器的研制成功,使光纤通信进入实用化。1977年美国亚特兰大的光纤市话局间中继系统为世界上第一个光纤通信系统。

第二阶段(1979~1989年):光纤技术取得进一步突破,光纤衰耗降至 0.5 dB/km 以下。由多模光纤转向单模光纤,由短波长向长波长转移。数字系统的速率不断提高,光纤连接技术与器件寿命问题都得到解决,光传输系统与光缆线路建设逐渐进入高潮。

第三阶段(1989年至今):光纤数字系统由 PDH 向 SDH 过渡,传输速率进一步提高。1989年掺铒光纤放大器(EDFA)的问世给光纤通信技术带来巨大变革。EDFA 的应用不仅解决了长途光纤传输衰耗的放大问题,而且为光源的外调制、波分复用器件、色散补偿元件等提供能量补偿,这些网络元件的应用,又使得光传输系统的调制速率迅速提高,并促成了光波分复用技术的实用化。

光纤传输性能的改进,光放大技术、传输色散补偿技术的应用,使光纤通信的优越性进一步显现,系统传输速率与总容量大幅度提高。可以展望:随着各种新技术、新器件、新工艺的深入研究,光纤传输将进入光放大、光集成、光分插复用、光交叉连接和光交换的全光网时代。

1.2 光纤通信的特点

由于光纤通信是利用光导纤维作为传输媒质的通信方式,这就使它与别的通信方式相比有许多独特的优点。可归纳为

1. 巨大的传输容量

这是光纤通信优于其他通信的最显著特点。现在光纤通信使用的频率为 $10^{14} \sim 10^{15}$ Hz 数量级(见图 1-1)。比常用的微波频率高 $10^4 \sim 10^5$ 倍,因而信息容量理论上比微波高出 $10^4 \sim 10^5$ 倍。在信息需求量迅速增长的当今,这是很重要的。梯度多模光纤每公里带宽可达数吉赫兹公里,单模光纤带宽可达数百太赫兹量级。

2. 极低的传输衰耗

目前单模光纤在 $1310\mu\text{m}$ 窗口的衰耗约 0.35 dB/km,在 $1550\mu\text{m}$ 窗口的衰耗低达 0.2 dB/km,与其相比,同轴电缆对 60 MHz 信号的衰耗为 19 dB/km,市话电缆对 4 MHz 信号的衰耗为 20

dB/km,因此光纤传输比电缆传输中继距离长得多。

3. 抗电磁干扰

光纤是由介电材料制成,它不怕电磁干扰,也不受外界光的影响。在核辐射的环境中,光纤通信也能正常进行,这是电通信不能相比的。因此光纤通信可广泛用于电力输配、电气化铁路、雷击多发地区、核试验等特殊环境中。

4. 信道串扰小、保密性好

光纤的结构保证了光在传输中很少向外汇漏,因而光纤中传输的信号之间不会产生串扰。更不易被窃听,保密性优于传统的电通信方式。

5. 光缆尺寸小、重量轻、可挠性好

光纤的外径仅 $125\mu\text{m}$,其套塑后的尺寸也小于 1mm ,用它制成的 $24\sim 48$ 芯光缆外径约为 18mm ,光缆比同样传输能力的电缆要轻得多,约为电缆重量的 $1/3\sim 1/10$ 。经过表面涂敷的光纤可挠性好,弯曲成直径数毫米的小圈也不至于折断。因此光缆比较容易敷设。这些特点使它不但适用于公用通信,在军事通信中也极为适用,如用于导弹、舰船、飞机、潜艇通信控制系统等。

光纤材料资源丰富,价格低廉。与传统通信方式相比,可节省大量铜、铝等金属材料,有利于降低通信系统的成本。

此外,光纤不会锈蚀、不怕高温、光纤接头不会产生电火花放电,可用于易燃易爆及有锈蚀危险的环境中。这些优点恰是金属导线不足之处,所以光纤通信还适宜于化工厂、矿井及水下通信控制系统。

在光纤通信刚进入实用化时,由于光纤接续比较困难,光器件寿命较短、光通信的设备及光缆价格较贵等等原因,人们担心光通信的推广应用会受到限制。随着技术的发展进步,这些问题逐渐得到了解决。目前的光器件寿命已达数十万小时甚至百万小时以上,完全可以满足实际应用的要求。光缆的价格也在逐步下降,设备的价格下降更快。光纤通信的优越性也渐露锋芒。因此从 20 世纪 80 年代中期开始,许多国家已经停止同轴电缆的生产,大力发展光纤通信系统。

表 1-2 列出了光缆和其他几种传输媒介特性的比较。

表 1-2 光缆和其他几种传输媒介特性比较

特 性 \ 媒 介	对称电缆或 四芯对电缆	同轴电缆	微波波导	光纤(缆)
传输体直径 (mm)	1~4	10	50	0.1~0.2
缆的重量比 (同等传输容量)	1	1	1	0.1
每段缆的长度 (m)	100~500	100~500	3~10	>2000
传输损耗 (dB/km)	20 (4MHz 时)	19 (60MHz 时)	2	0.2~3

续表

特 性 \ 媒 介	对称电缆或 四芯对电缆	同轴电缆	微波波导	光纤(缆)
带宽 (MHz)	6	400	40 ~ 120(GHz) (指微波频带)	> 10 GHz·km (指所传送信号)
敷设安装	方便	方便	特殊	方便
接头和连接	方便	较方便	特殊	特殊
中继间距 (km)	1 ~ 2	1.5	10	> 50

注：此表仅为一般性比较，中继间距还与系统速率、波长、器件等诸多因素有关。

1.3 光纤通信应用类型

任何一个通信系统的基本组成都可用图 1-2 表示。

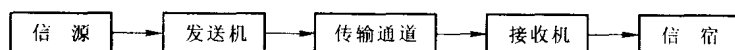


图 1-2 通信系统的基本构成

这些组成单元包括：在某一端的信息源，把信息送入发送机；发送机把信息以信号的形式连接到传输通道，“信号”是和传送通道相匹配的；传输通道则是连接两地间的发送机和接收机的桥梁，它又是传送信号的媒质，可能是铜线对、电缆线、波导管或非波导的大气空间通道以及光导纤维。信号在通道中传输时，随着通信距离的增大，信号受到衰耗和畸变也进一步加大。例如，电信号流过导线时由于高频辐射和导线的电阻损耗而减小，大气中传送的光功率经过大气分子的散射和吸收而减弱。接收机的功能则是从通道中提取已减弱和畸变了信号，将其放大并还原成传输以前的信息的形式，把它送到信宿。经过上述过程，信息便从信号源到达了信宿，完成了通信。

光纤通信系统则是以光波为载波，以光纤为传输介质的通信系统（见图 1-3），它主要由光发送、光传输和光接收三大部分组成，加上适当的接口设备，就可以作为一个单独的通信单元插入现有的数字或模拟、有线或无线通信系统中。



图 1-3 光纤传输方式

光纤通信系统可根据其所使用的传输信号形式、传输光的波长、光纤类型、信号调制方式以及应用范围等进行不同方式的分类。

1. 按传输信号的类型划分

(1) 光纤模拟通信系统

它传送的是模拟信号,常用于广播节目、彩色电视节目、工业监视信号、交通监控信号等的传输。

(2) 光纤数字通信系统

它用来传输电的 PCM 数字信号。它的设备较为复杂,但传输质量高,通信距离长,是广泛采用的系统。

2. 按光调制的方式划分

(1) 强度调制直接检测系统

它用电信号对光源进行强度调制,在接收端用光检测器直接检测,称为 IM-DD 系统。目前应用的光纤模拟通信系统和光纤数字通信系统均属此类型。其优点是简单、经济,但通信容量受到限制。

(2) 外差光纤通信系统

在发送端用电信号对光源发出的单频光载波进行调制。用单模光纤传输到接收端,收到信号与接收机内部产生的本振光源混频,再用光检测器检出为光载波和本振光之差频的中频电信号,然后再解调出电信号。它类似于无线通信的外差接收技术。

3. 按光纤的传输特性划分

(1) 多模光纤通信系统

这种系统用石英多模梯度光纤作为传输媒质。传输带宽受到限制,一般应用于 140 Mbit/s 以下的系统。20 世纪在 80 年代中期以前的系统大多为多模光纤通信系统。目前,多模光纤系统主要应用于数据网络以及某些专用网络。

(2) 单模光纤通信系统

它采用石英单模光纤作为传输媒质。传输容量大,无中继传输距离长。目前建设的长途干线网以及本地网光纤通信系统基本上都是这一类型的系统。

4. 按光波长划分

(1) 短波长光纤通信系统

光纤通信早期多采用多模光纤系统,工作在 800 ~ 900 nm 波长范围,其中继间距较短。目前主要用于计算机局域网、用户接入网等传输速率较低、传输距离较短的系统。

(2) 长波长光纤通信系统

工作波长为 1000 ~ 1600 nm 范围。通常用 1310 nm 和 1550 nm 两种波长。采用 1310 nm 波长时,可以用石英多模光纤,也可选用石英单模光纤,目前多数选用单模光纤。在 1550 nm 波长上只用单模光纤,由于此波段上石英光纤有最低的损耗,这类系统的中继距离较长。

(3) 超长波长光纤通信系统

当采用非石英系光纤,如卤化物光纤,工作波长大于 2000 nm 时,损耗值可低至 $10^{-2} \sim$

10^{-5} dB/km, 可望实现 1000 km 无中继传输。这种光纤尚在研制阶段。

5. 按应用的范围划分

(1) 公用光纤通信系统

通常把电信、广电部门应用的光纤通信系统称为公用光纤通信系统。其中又可分为光纤市话中继通信系统、光纤长途传输系统、光纤用户环路系统以及有线电视系统等等。

(2) 专用光纤通信系统

通常把各部门、各行业, 例如电力、铁道、石油、公路交通、大型厂矿企业、军事等部门应用的光纤通信系统称为专用光纤通信系统。

但是目前电信运营的格局已有所变化, 国家政策已允许某些具备条件的专用网络进入公用电信服务。

6. 按传输信道数目划分

(1) 单信道(波长)系统

在一根光纤中只传送一个光波长, 而采用时分复用的方式(TDM)提高系统传输容量。

(2) 粗波分复用系统(CWDM)

在一根光纤中同时传送少量不同光波长(信道间隔大于 20 nm)。粗波分复用系统在业务类型繁杂、传输容量多变的城域网中广泛采用。

(3) 密集波分复用系统(DWDM)

在一根光纤中同时传送多个不同波长的光信号(信道间隔小于 8 nm), 同时采用时分复用提高每一波长的传输速率, 使系统容量得到数百倍提高。

DWDM 技术将是光传输系统扩容的发展方向。高速 DWDM 系统对光纤器件的性能有特殊要求, 又推动了光纤、器件及光放大技术的快速发展。

1.4 光纤通信技术涉及的产品

光纤通信技术涉及的产品主要有四大类:

1. 光传输设备

在光传输系统中完成光电信号的转换与调制, 光信号的发送与接收, 多波长系统的分波与合波, 及其他辅助功能, 如光端机、光中继机、波分复用终端等。

在我国的光纤传输系统中, 除早年投入运营的本地网 PDH 设备外, 在骨干网中, 高速率系统如 2.5 Gbit/s SDH 设备、16 × 2.5 Gbit/s 波分复用设备也已在网络中运用多年, 10 Gbit/s SDH 设备、32 × 10 Gbit/s 波分复用设备已进入实用。目前, 国家十五计划的重大科研项目“40 Gbit/s 速率传输技术”的研究已开始实施。

2. 光纤光缆及附件

光纤光缆及附件组成光传输线路。光纤在工程上都采用多纤集合,并加上各种保护元件构成光缆使用。光缆线路的附件主要有:接头盒、终端盒、光配线架、热缩护套等。

光纤光缆及附件的制造形成了一条很长的产业链,包括金属、非金属与化工原材料、光纤预制棒、拉丝、成缆等。

除常规单模光纤仍广泛应用在光缆线路外,随着光传输技术的发展以及大容量、高速率系统的要求,许多新型光纤相继问世,如支持 DWDM 传输的非零色散位移光纤(NZ-DSF)、用于宽带城域网多波长复用的低水峰全波光纤、用于高速率传输色散调节的色散补偿光纤(DCF)以及用于光纤放大器的掺铒光纤(EDF)等。

3. 光器件

光器件习惯上分为光有源器件与光无源器件两大类。

(1) 光有源器件

光有源器件一般需电源工作,并具有光电转换功能。如各类光源(激光器、发光管等)和探测器(光电管、雪崩管等)、光信号放大器等。

为适应高速率光传输的要求,各种类型与结构的光有源器件应运而生,如先进的分布反馈式激光器、多量子阱激光器、用于宽带多模光纤系统的垂直腔面发射激光器等。

为了提高器件集成度,光源与探测器可集成为光收发模块。

(2) 光无源器件

光无源器件种类繁多,其作用有:光路活动连接、光信号分路、光的衰减与隔离、光信号的分波与合波等。

除常用无源器件外,具有各种新功能的无源器件不断出现,如光路由选择器、光纤光栅、阵列波导光栅等。

4. 测试仪器与专用工具

(1) 用于设备测试的有:误码分析仪、光谱分析仪、光功率计、光多用表等。

(2) 用于线路工程施工的有:光时域反射仪(OTDR)、光纤熔接机、剥缆刀具、米勒钳、光纤切割器等。

为适应大规模线路施工,提高工程建设效率与线路检测质量,具有更多功能、操作更为简便、施工质量更高的新型施工工具与测试仪器亦不断涌现。

第2章 光纤数字通信系统

本章将简要介绍光纤数字通信系统的基本构成,系统的辅助功能以及主要技术性能参数,并介绍系统中光传输设备与光纤线路之间的光接口指标。光纤通信系统中光发送、接收与放大部分留待后续章节专门讨论。

2.1 光纤数字通信系统的基本构成

光纤通信是以光波为信号载频,光纤为传输介质的通信方式。光纤通信系统采用由多根光纤构成光缆作为传输线路。为了在光纤中以光的形式来传送信号,分别在发送端装有将电信号变换为光信号的光发送机,在接收端装有将线路送来的光信号还原成电信号的光接收机。在传输过程中,光信号的中继放大也要先变换为电信号,经放大整形后再变换为光信号,然后在线路中继续传输。

由于光纤传输带宽极大,特别适用于数字化通信网,图 2-1 为一光纤数字传输系统图。

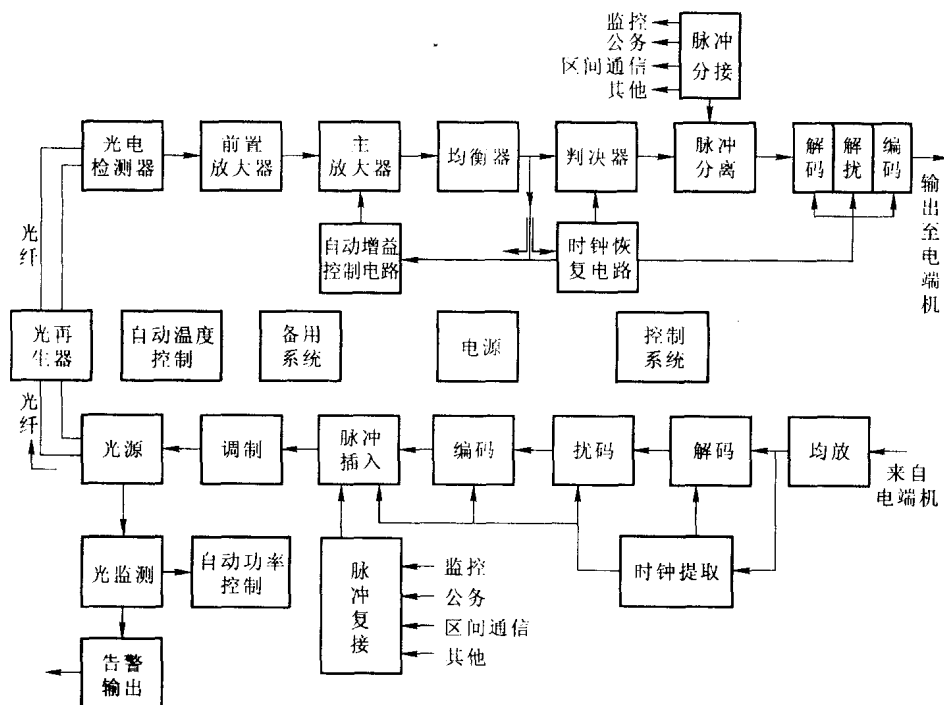


图 2-1 强度调制—直接检波光纤通信系统原理方框图

2.2 传输辅助系统

1. 监控告警系统

首先,通信设备的每块机盘上都有机盘工作状态的监测电路,监测结果一方面用本机盘上的指示灯显示,同时又向外提供监测部位和接受本身和外来控制信号的控制。安装在同一机架上的所有机盘的监测结果又予以汇总,并通过安装在机架上的信号灯和铃响显示出本机架的工作状态。各个机架的汇总监测结果再一次汇总后外送至通信网的网络管理中心。机务值守人员通过机盘、机架和列架上的显示来了解本局设备的运转状况。

光纤通信的网络管理采取集中监控方式。所谓“集中监控”,就是只由少数值守人员驻守在某一端局,实现网络监控系统对被控站和辅控局进行集中管理。有监控人员值守的端局称为主控局,另一端局为辅控局,主控局和辅控局之间的中继站称为被控站。由主控局通过监控线路发出各种询问指令,各被控站的监控设备不断地把本站光通信设备和供电设备的运行性能编成适合于传输的信号形式,通过监控线路送往主控局,主控局的监控设备对这些部位进行判断处理后通过电子屏幕和打印装置显示给值守人员,并自动地或人工地发出所需的监控指令。由监控线路送往被控站(包括主控和副控局)的监控设备,监控设备译出指令,由执行机械完成所需的控制。系统监控内容如表 2-1 所示。

表 2-1 监控信号的基本内容

内 容	情 况	性 质	信 号 形 式
误码率	$> 10^{-3}$ 告警 $> 10^{-6}$ 告警	监控通信	开关量
中继器	故障告警		
电源	故障告警 故障告警		
环境 温度	$> 40^{\circ}\text{C}$ 告警 $> 90\%$ 告警		
接收光功率 激光器寿命	测 AGC 电压 测 LD 偏置电流	遥测	模拟量(编码)
倒换信号		遥控	开关量(编码)
自环信号			
公务电话呼叫选址			
起动油机发电			

一条长途干线有若干个这样的监控区段,大的终端局还可能有几条干线通向几个方向,纵横交叉成网,相应地也就形成了一个复杂的监控网。监控网络分为三级:一条干线的监控为一级监控;几条干线集中的全局监控为二级监控;大区的全网集中监控为第三级监控。低级的监