

21

世纪

信息与通信技术教程

通信光缆与电缆工程

■ 胡 庆 张德民 刘世春 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪信息与通信技术教程

通信光缆与电缆工程

胡 庆 张德民 刘世春 等编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

通信光缆与电缆工程 / 胡庆等编著. —北京:人民邮电出版社, 2005. 2

21 世纪信息与通信技术教程

ISBN 7-115-12964-9

I. 通... II. 胡... III. ①光缆通信—高等学校—教材②电力电缆—电缆敷设—高等学校—教材 IV. ①TN913.33②TM757

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 006168 号

内 容 提 要

本书主要讲述了现代通信光缆与电缆工程的基础与实践操作规程。本书从光缆和电缆的基本原理与结构讲起,详细介绍了光缆和电缆构成的异同,各自的传输原理和传输方式,以及工程实践中铺设线缆的选择、施工过程的步骤与注意事项。

本书既注重理论知识也强调工程实践,可用作相关院校通信专业的教学用书,也可供工程技术人员日常工作参考之用。

21 世纪信息与通信技术教程 通信光缆与电缆工程

◆ 编 著 胡 庆 张德民 刘世春 等
责任编辑 王晓明 李 健

◆ 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 010-67129258
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16
印张:15.5
字数:371 千字 2005 年 2 月第 1 版
印数:1-4 000 册 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12964-9/TN·2405

定价:25.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 现代通信发展状况	1
1.1.1 通信系统概念	1
1.1.2 通信网概念	3
1.2 光缆通信发展状况	4
1.2.1 光纤通信发展	4
1.2.2 光纤通信的特点	6
1.2.3 光缆传输系统构成及应用	7
1.3 通信电缆的状况	9
1.3.1 通信电缆的发展	9
1.3.2 通信电缆线路的传输方式	11
1.3.3 通信电缆的用途	12
复习题	14
第 2 章 光纤	15
2.1 光纤的结构、材料及制备方法	15
2.1.1 光纤结构	15
2.1.2 光纤的原材料选择	15
2.1.3 光纤制备方法	17
2.2 光纤结构参数	20
2.2.1 几何参数	20
2.2.2 折射率分布	21
2.2.3 数值孔径(NA)	21
2.2.4 模场直径	21
2.2.5 截止波长	22
2.3 光纤主要特性	23
2.3.1 损耗	23
2.3.2 色散	26
2.3.3 光纤非线性效应	28
2.3.4 光纤的机械特性	29
2.3.5 光纤的温度特性	30
2.4 光纤类型及应用	30
2.4.1 单模光纤的种类	31
2.4.2 G.651 多模光纤	35

2.5 光纤的选用原则和推荐方案	36
2.5.1 选用原则	36
2.5.2 推荐方案	37
复习题	37
第3章 光缆	39
3.1 光缆的结构、材料与光缆的制备方法	39
3.1.1 光缆结构	39
3.1.2 光缆材料	41
3.1.3 光缆制备方法	42
3.2 光缆的主要特性	45
3.2.1 传输特性	45
3.2.2 机械特性	46
3.2.3 环境性能	46
3.3 光缆分类	46
3.3.1 按光缆缆芯的结构划分	47
3.3.2 按光缆的敷设方式划分	48
3.3.3 按光缆特殊使用环境划分	49
3.4 光缆型号与规格	51
3.4.1 光缆的型号代码构成	51
3.4.2 光缆规格的代码构成	52
复习题	54
第4章 光缆线路工程设计	55
4.1 光缆线路工程设计程序	55
4.1.1 规划阶段	55
4.1.2 设计阶段	57
4.1.3 准备阶段	58
4.1.4 施工阶段	58
4.1.5 竣工投产阶段	59
4.2 光纤通信系统设计要点	59
4.2.1 系统设计原则	59
4.2.2 系统设计的基本参数	60
4.2.3 传输中继距离设计	64
4.3 光缆线路工程设计	66
4.3.1 光缆线路路由的选择	66
4.3.2 中继站站址的选择	66
4.3.3 敷设方式的确定	67
4.3.4 光缆接续与光缆余长的预留	67
4.3.5 光缆线路的保护	68
4.4 光缆工程概、预算的编制	69

4.4.1 设计文件的编制	69
4.4.2 概、预算的编制原则、作用及依据	70
4.4.3 概、预算工程项目总费用的组成	70
4.4.4 概、预算文件的组成	70
4.4.5 ××局市话光缆线路工程预算编制举例	72
复习题	82
第5章 光缆线路施工的准备阶段	83
5.1 光缆工程施工流程	83
5.1.1 光缆线路施工特点	83
5.1.2 光缆线路施工工序流程	83
5.2 光缆线路路由复测	84
5.2.1 路由复测的任务	84
5.2.2 路由复测方法	86
5.3 光缆单盘检测	87
5.3.1 单盘检测内容	87
5.3.2 光缆单盘检测方法	87
5.4 光缆线路的中继光缆配盘	89
5.4.1 光缆配盘的要求	89
5.4.2 光缆端别配置要求	89
5.4.3 光缆配盘方法	89
5.4.4 路由准备	91
复习题	91
第6章 光缆敷设	92
6.1 光缆敷设的一般规定	92
6.1.1 按中继段光缆配盘图进行敷设	92
6.1.2 光缆的弯曲半径和牵引张力	92
6.1.3 光缆布放的牵引速度与方式	92
6.1.4 光缆布放的质量要求	93
6.2 管道光缆的敷设	93
6.2.1 管道的结构	93
6.2.2 管道光缆敷设前的准备	94
6.2.3 管道光缆的敷设方法	96
6.2.4 塑料硅芯管管道光缆的敷设方法	99
6.3 直埋光缆的敷设	101
6.3.1 光缆沟的开挖及要求	101
6.3.2 直埋光缆的敷设方法	105
6.3.3 直埋光缆的机械保护	107
6.3.4 直埋光缆防雷设施的安装	108
6.3.5 光缆路由标石的设置	109

6.4	架空光缆的敷设	110
6.4.1	架空光缆线路的一般要求	111
6.4.2	架空光缆的敷设	113
6.5	水底光缆敷设	115
6.5.1	水底光缆线路的一般要求	115
6.5.2	水底光缆敷设方法	115
6.6	进局光缆的敷设	116
6.6.1	进局光缆线路的一般要求	116
6.6.2	进局光缆的敷设	117
	复习题	119
第7章	光缆接续	121
7.1	光纤接续	121
7.1.1	光纤接续的方式及要求	121
7.1.2	影响光纤接续损耗的主要因素	122
7.2	光纤熔接法	124
7.2.1	光纤熔接装置	124
7.2.2	光纤熔接方法	125
7.2.3	多芯汇总熔接法	130
7.3	光缆的接续	131
7.3.1	光缆接续基本要求	131
7.3.2	光缆接续方法与步骤	132
7.4	光缆成端	136
7.4.1	中继站或终端局内光缆的成端	136
7.4.2	局内光缆的成端	136
	复习题	137
第8章	光缆工程竣工测试	138
8.1	竣工测试的内容	138
8.1.1	光纤特性测量要求	138
8.1.2	电性能测试要求	139
8.2	光缆的光特性测量	140
8.2.1	中继段光缆损耗测量	140
8.2.2	中继段光缆后向散射曲线测试	141
8.2.3	中继段光缆长度测量	143
8.3	光缆电性能测试	143
8.3.1	铜导线直流电阻测量	143
8.3.2	铜导线绝缘电阻测量	144
8.3.3	铜导线绝缘强度测量	144
8.3.4	光缆护层的绝缘测试	145
8.3.5	中继站接地线电阻的测试	145

复习题	146
第9章 光缆工程竣工技术文件编制及工程验收	148
9.1 竣工文件编制要求和内容	148
9.1.1 编制要求	148
9.1.2 竣工技术文件编制内容和装订格式	148
9.2 竣工技术文件编制方法要点	150
9.2.1 总册部分的编制内容	150
9.2.2 竣工测试记录部分的编制内容	150
9.2.3 竣工路由图纸部分的编制内容	151
9.3 工程验收	152
9.3.1 工程验收的依据	153
9.3.2 工程验收的办法、内容及步骤	153
复习题	157
第10章 通信电缆	158
10.1 通信电缆的结构	158
10.1.1 市话全塑对称电缆的结构	158
10.1.2 同轴电缆的结构	161
10.2 通信电缆的电气特性参数	162
10.2.1 对称电缆的电气参数	162
10.2.2 市话对称电缆的几项电气参数	165
10.2.3 同轴电缆的电气参数	167
10.3 通信电缆分类	168
10.4 通信电缆的型号及表示方法	170
10.4.1 电缆型号及表示方法	170
10.4.2 芯线色谱、扎带色谱	173
10.4.3 基本单位和超单位色谱	175
10.4.4 市话全塑电缆的端别	176
复习题	177
第11章 对称电缆回路间的串音和防串音措施	178
11.1 串音的物理过程和干扰参数	178
11.1.1 串音的物理过程	178
11.1.2 近端和远端电磁耦合系数	181
11.1.3 电容耦合和电容不平衡	182
11.2 串音衰减和串音防卫度	183
11.2.1 近端串音衰减(A_0)	183
11.2.2 远端串音衰减(A_L)和远端串音防卫度(A_F)	183
11.3 近端和远端串音特性分析——耦合矢量和曲线	184
11.3.1 近端串音特性	184
11.3.2 远端串音特性	185

11.4 减少串音的措施	187
11.4.1 对称电缆回路扭绞	187
11.4.2 集总平衡和其他措施	189
复习题	193
第12章 同轴电缆回路间的串音和防串音措施	194
12.1 同轴回路间产生串音的物理过程	194
12.1.1 同轴回路间串音的物理过程	194
12.1.2 同轴回路间的耦合参数	195
12.2 同轴回路间的串音衰减和串音防卫度	196
12.2.1 两个同轴对之间的串音计算	196
12.2.2 同一外护套内多管同轴对间的串音计算	198
12.2.3 串音衰减与频率、线路长度的关系	199
12.3 同轴电缆线路的防串音措施	200
12.3.1 增加外导体的厚度	200
12.3.2 外导体接地法	201
复习题	202
第13章 本地电话网及电缆配线	203
13.1 本地电话网的基本概念	203
13.1.1 本地电话网	203
13.1.2 本地网的网络结构	203
13.1.3 市话线路各段落的名称	204
13.2 电话网的传输标准	205
13.2.1 话音回路的容许衰减值	205
13.2.2 话音的传输质量评价尺度	205
13.2.3 全程通话连接传输衰减分配	207
13.2.4 信号传输要求	208
13.2.5 根据衰减限制设计线路的实例	209
13.3 主干电缆配线	209
13.3.1 电缆配线的基本知识	209
13.3.2 主干电缆配线	211
13.4 配线电缆配线	217
复习题	222
第14章 电缆分线设备及交接箱的安装	224
14.1 分线设备的安装	224
14.1.1 分线设备的分类、结构	224
14.1.2 分线设备的技术要求	225
14.1.3 室外分线设备的安装	225
14.1.4 室内分线设备的安装	226
14.2 交接箱的安装	226

14.2.1	交接箱种类	226
14.2.2	交接箱的结构与规格	227
14.2.3	交接箱的技术要求	228
14.2.4	交接箱的安装	228
14.2.5	交接设备成端及把线安装	229
第 15 章	电缆测试	233
15.1	直流电阻测试	233
15.1.1	环路电阻测试	233
15.1.2	不平衡电阻测试	234
15.1.3	电缆屏蔽层连通电阻测试	234
15.2	绝缘电阻测量	235
15.2.1	芯线间绝缘电阻测试方法	235
15.2.2	芯线对地(电缆屏蔽层)之间的绝缘电阻测试	236
15.3	接地电阻测量	236

第1章 绪 论

1.1 现代通信发展状况

通信信号传输既可以采用无线方式，也可以采用有线方式。采用无线方式的叫无线通信，采用有线方式的叫有线通信。两种传输方式各有其优缺点：无线通信建设快，维护简单，在经济上较为有利，但易受干扰，稳定性差，传输效率较低；有线通信传输稳定、可靠、效率高，同时又可获得大容量的通信通道，但设备初建费用大，建设时间较长。有线通信是目前的通信网中的主要组成部分，其传输线路主要由对称电缆、同轴电缆和光缆等构成。随着通信的发展，有可能还会出现其他更大传输容量的有线传输介质。

1.1.1 通信系统概念

分处 A、B 两地的任意两用户（人与人，机器与机器，人与机器）间的信息传递是通过通信系统实现的，通信系统由发信终端设备、传输信道、交换设备、收信终端设备组成，如图 1-1 所示。

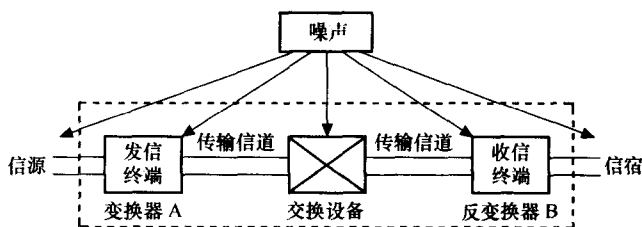


图 1-1 通信系统示意图

发信终端设备的功能是把消息变换成与传输信道相适配的电信号或光信号，并提供额定的信号功率让信号进入该信道。收信终端设备功能是把从信道传输来的信号进行衰减补偿，消除或减小畸变和噪声对有用信号的干扰，将接收下来的电信号或光信号进行反变换，重现消息原貌。

就终端设备而言，又可分为用户终端设备和传输终端设备两类。用户终端设备是以用户线（有线或无线）为传输信道的终端设备，从业务角度可分为电话终端设备、数据终端设备、图像终端设备等。传输终端设备是以有线、无线媒质为信道，为用户终端和业务网提供传输服务的电信终端，主要包括数字收发信机、微波收发信机、光收发信机等各种收发信设

备和 PDH 准同步数字系列中的 PCM 复接设备、SDH 同步数字系列中的终端复用器等各种复用设备。

传输信道是信号传输通道的简称,通常由自由空间、光缆、全塑市话电缆、同轴电缆等构成。其主要功能是把信号自 A 点(发信终端)迅速无误地输送到 B 点(收信终端)。

交换设备用于对用户群内各用户终端按需求提供相应的临时传输信道连接,并控制信号的流量、流向,以达到共用电信设备、提高设备利用率的目的。例如电话通信中的程控交换机、数据通信中的分组交换机、宽带通信中的 ATM 交换机及光通信中即将问世的光交换机等。

噪声会使有用信号发生畸变,使终端设备、传输信道、交换设备工作在非线性状态。当噪声叠加在有用信号上时,会降低有用信号的信噪比,进而降低了通信质量。

信源提供待传递的原形信号,如电话通信的语音;图像通信中的可视图文、传真等和数据通信中的数据等。信宿再现信源的原形信号。

下面通过如图 1-2 所示的实际通信系统例子,进一步看一下完整的通信系统的一般结构。

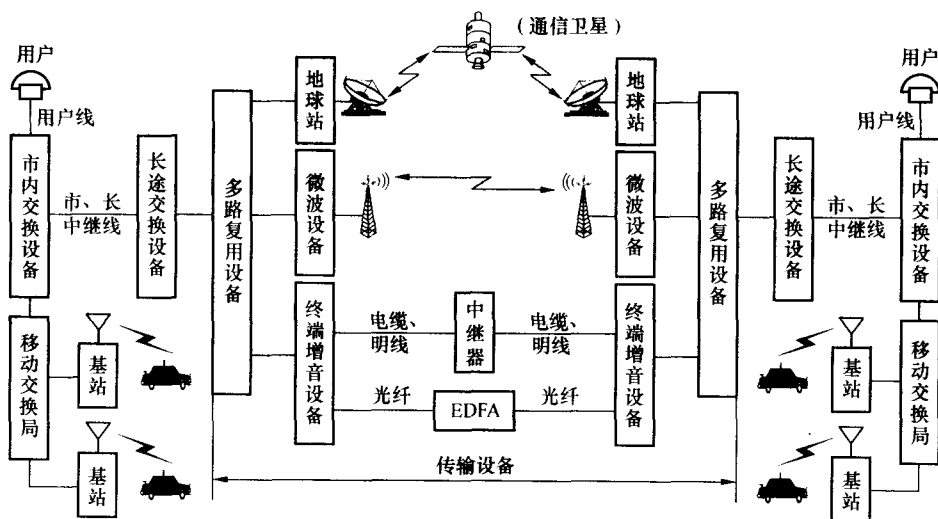


图 1-2 通信系统一般结构

图 1-2 中的话机、移动台等是用户终端设备。它的作用是将话音信号转换成电信号,或者进行反变换。交换设备的作用除了实现局内用户间的信号交换,还能同其他局的用户实现连接或转接。多路复用设备的作用是实现多路信号的汇接(复用)。可采用频分、时分、码分多址形式的复用,用以提高信道的传输容量。传输终端设备(如地球站、微波设备、终端增音设备等)的主要作用是将待传输的信号转换成适合信道传输的信号,或进行反变换等。电缆、光缆、微波、卫星是不同形式的传输媒质或信号载体。当通信系统采用电缆作传输媒质时,此时传输终端设备为电缆传输终端设备,相应的通信系统为电缆通信系统。若采用光缆作传输媒质时,此时的传输终端设备就为光端机,相应的通信系统就称为光纤通信系统,或称为光缆传输系统。若采用微波作载体,用微波中继站作信号转接,此时传输终端设备就是微波端站,相应的通信系统就称为微波通信系统。若仍采用微波作载体,用卫星作中继站,此时传输终端设备就是卫星地面站(或地球站),相应的通信系统就称为卫星通信系统。

由此可见,无论是电缆通信系统、光纤(缆)通信系统,还是微波通信系统、卫星通信系统,它们的基本结构形式都很类似。不同通信系统之间的差异仅在于电信号载体、传输媒质和传输终端设备不同。

1.1.2 通信网概念

如前所述,两用户间的通信是利用通信系统来完成的,也就是说,欲让 A、B 两地的用户互相通信,必须在他们之间建立一个通信系统。对于离散分布的 n 个用户,若要让他们任意两用户能互相通信,最简单方法是用传输线把各用户分别一一连接起来,如图 1-3 (a) 所示。这就需要建立 $n(n-1)/2$ 个通信系统。众多的传输设备与传输线路纵横交错地分布在大地上,犹如一张网,故称为“通信网”。

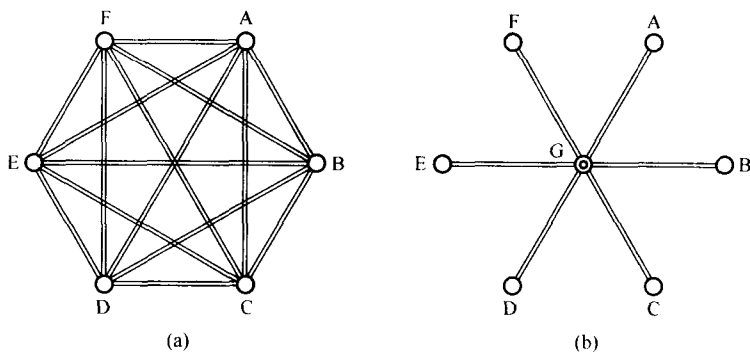


图 1-3 多用户通信网结构示意图

通信网可以从不同角度进行分类,若从通信的业务来分,可分成电话网(电信网)、电报网、数据网等。无论是国内还是国外,现在电话业务仍占整个通信业务的大部分,通信网还是以电话网为主体。因此,这里主要介绍电话网的基本结构。

由多个用户构成的通信系统体系就称为通信网。通信网实质上是由用户终端设备、传输设备、交换设备和相应的信令、协议、标准等软件构成。用户终端设备、传输设备、交换设备的功能已在前面简述了,这里只解释信令、协议、标准等功能。信令系统是通信网的神经系统,比如,电话要接通,必须传递和交换必要的信令,完成各种呼叫处理、接续、控制与维护管理等功能;信令系统可使网路作为一个整体而正常运行,有效完成任何用户之间的通信。协议是通信网中用户与用户、用户与网资源、用户与交换中心间完成通信或服务所必须遵循的规则和约定的共同“语言”,这种语言能使通信网合理运行,正确控制。标准是由权威机构建议的协议,是通信网应遵守的条款。

通常把图 1-3 (a) 的连接方式称为直达方式。显然这种通信网需要的通信系统较多。若有 n 个用户就须要有 $n(n-1)/2$ 个通信系统,当 n 较大时,所需系统非常之多。而且通常一个用户通话时不会同时与其他所有用户都通话,此时许多连接的线对都是闲置的,使通信线路的利用率很低,很不经济。

图 1-3 (b) 是在 6 个用户点地区内选择了一个中心地点 G 作为转接中心,由它来转接用户点之间的通信。这样只需要 6 套比较短的传输线路,就能完成用户点之间的连接。这种连接方式是由转接中心 G 向其他用户点作辐射式的连接,称为辐射方式。其线路的利用率较直达式得到了提高,缺点是:所有通路都必须经中心转接,没有其他路由可供迂回接续。

一旦转接中心发生故障，将会使整个通信系统陷于停顿。

将直达方式和辐射方式结合起来，网的结构就会合理得多。如图 1-4 所示，我国的电话网的网络等级结构就是此类结构。由图 1-4 中可以看出，我国的电话网分为 5 级，由一、二、三、四级长途交换中心和五级市话端局组成。目前也把一、二级合并为第一级，三、四级合并为第二级，这样长途电话网就分为 2 级。长途电话网又称为骨干网。

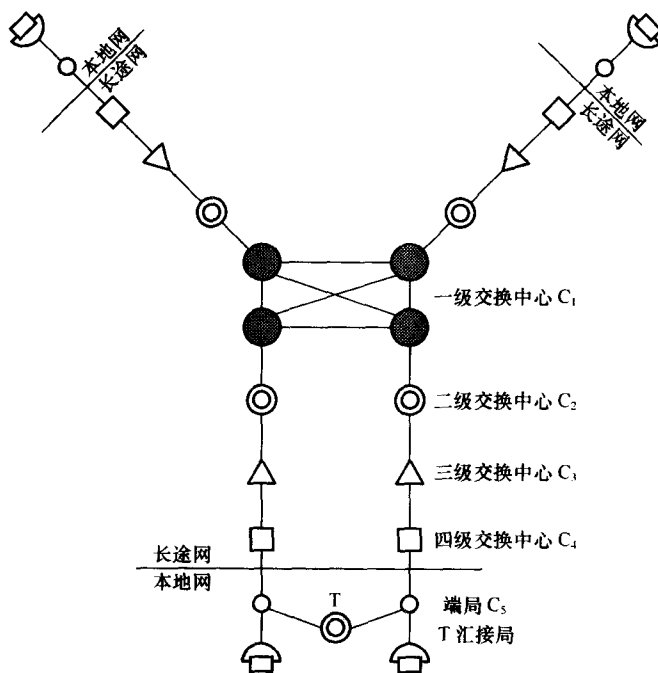


图 1-4 长途电话网层次结构

电话网可分为长途网和本地网，长途网可设置 4 级交换中心，分别用 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 表示。 C_1 （一级交换中心）是首都和省间中心局，例如北京、上海、南京、武汉、沈阳、西安、成都、广州。 C_2 （二级交换中心）是一般省会中心局， C_3 （三级交换中心）是各省的地区（市）级长话局。 C_4 （四级交换中心）一般是县级长话局。本地网是指同一长途编号区范围内的网络，可设置若干个端局 C_5 ，或由若干个端局 C_5 和汇接局 T、局间中继线、长市中继线、用户线、用户交换机及用户终端等组成。通常省间中心局采用直达方式的汇合转接（简称汇接），省间中心局以下多用辐射方式汇接。

1.2 光缆通信发展状况

1.2.1 光纤通信发展

光纤通信是以激光作为信息载体，以光纤作为传输媒介的通信方式。由于光纤的传光性能优异，传输带宽极大，因此，现在已形成了以光纤通信为主，微波、卫星、电缆通信为辅

的通信格局。

1. 光纤通信简史

光纤通信技术是近 30 年迅猛发展起来的高新技术。它的诞生和发展,给通信技术带来了划时代的革命。为了使读者基本了解光纤通信的发展历程,现将该技术的发展进程简要介绍如下。

1960 年,第一台相干振荡光源——红宝石激光器问世。激光器(Laser)是基于物质原子、分子内能的变化而构成的光波振荡器,它可产生频谱纯度很高的激光。但气体和固体激光器体积大、效率低,不适宜在通信中使用。

1962 年,半导体激光器出现,为光通信光源实用化带来了希望。1970 年,首次研制出在室温下连续工作的双异质结半导体激光器,为通信光源实用化奠定了基础。

1966 年,美籍华人高锟和 Georgo A. Hockham 根据介质波导理论共同提出了光纤通信的概念。

1970 年,美国康宁公司的 Maurer 等人首次研制出阶跃折射率多模光纤,其在波长为 630nm 处的衰减系数小于 20dB/km;同年美国贝尔实验室的 Hayashi 等人研制出室温下连续工作的 GaAlAs 双异质结注入式激光器。正是光纤和激光器这两个科研成果的同时问世,拉开了光纤通信的序幕。

1972 年,随着光纤制造工艺中的原材料提纯、制棒和拉丝技术水平的不断提高,进而将梯度折射率多模光纤的衰减系数降至 4dB/km。

1976 年,在进一步设法降低玻璃中的 OH^- 含量时发现光纤的衰减在长波长区有 1 310nm 和 1 550nm 两个窗口。同年,美国西屋电气公司在亚特兰大成功地进行了世界上第一个以 44.736Mbit/s 速率传输的 110km 光纤通信系统的现场试验,使光纤通信向实用化迈出了第一步。

1980 年,原料提纯和光纤制备工艺得到不断完善,加快了光纤的传输窗口由 850nm 移至 1 310nm、1 550nm 的进程。特别是制出了低衰减光纤,其在 1 550nm 的衰减系数为 0.20dB/km,已接近理论值。与此同时,为促进光纤通信系统的实用化,人们又及时地开发出适用于长波长的光源,即激光器、发光管、光检测器。应运而生的光纤成缆、光无源器件和性能测试及工程应用仪表等技术的日趋成熟,都为光纤光缆作为新的通信传输媒介奠定了良好的基础。

1981 年以后,世界各发达国家开始将光纤通信技术大规模地推入商用。经过近 20 年突飞猛进的发展,光纤通信传输速率已由 1978 年的 45Mbit/s 提高到目前的 400Gbit/s。

我国自 20 世纪 70 年代初就开始了光纤通信技术研究,1977 年武汉邮电科学研究院研制出了中国第一根阶跃折射率分布多模光纤,其在 850nm 的衰减系数为 3dB/km。

1987 年底,我国建成第一个国产的长途光通信系统,由武汉至荆州,全长约 250km,传输 34Mbit/s 信号,光缆采用架空方式。

1988 年起,国内光纤通信系统的应用已由多模光纤转为单模光纤。

1993 年,我国与日本、美国三方投资建设的第一条通向世界的大容量海底光缆正式开通。全长 1 250km,传输速率 560Mbit/s,可提供 7 560 条电路,相当于原有的中日海底同轴电缆的 15 倍。

1999 年我国完成了“八纵八横”通信光缆工程,全长约 80 000km。它作为整个国家南

北东西的主干通信网,使我国光纤通信水平迈上了新台阶。

2. 光纤通信发展趋势

光纤通信技术的问世与发展给整个通信业带来了革命性的变化。特别是通过近 30 年的研究和开发,光纤、光缆、器件及系统的品种不断更新,其性能逐渐完善,光纤通信已经成为信息高速公路的重要传输平台。当今光纤通信技术的主要发展趋势有如下几方面。

(1) 系统高速化、网络化

随着信息社会的不断发展,信息共享、有线电视、电视点播、电视会议、家庭办公、计算机互联网等相继出现的应用迫使光纤通信向高速化、大容量、网络化方向发展。实现高速化、大容量的主要手段是采用时分复用、波分复用和频分复用。网络化对光纤通信提出更高要求,光纤通信已由早期点到点的 PDH 系统,向 SDH 传送网和光纤接入网结合的网络化通信发展。

光纤接入网作为通信接入网的一部分,直接面向用户。通过将光纤引入到千家万户,保证亿万用户的多媒体信息畅通无阻地进入信息高速公路。

(2) 新一代光纤的开发

现在广泛应用的常规单模光纤 (ITU-TG. 652) 在 1310nm 为零色散,在 1550nm 为最低损耗,其工作波长为 1310nm。色散位移单模光纤 (ITU-TG. 653) 低损耗和零色散均在 1550nm,工作波长为 1550nm。非色散位移单模光纤 (ITU-TG. 655) 在 1550nm 损耗小,色散小,非线性效应小。

由于光纤传输系统向高速化和大容量方向发展,使光纤衰减、色散、非线性等现象不能被忽略,这些问题严重影响到光纤通信系统的质量。为降低衰减、色散和克服非线性现象,光纤的工作波长在由 850nm 和 1310nm 向 1550nm 和 2000nm 方向发展。

(3) 光缆纤芯的高密化 (空分复用)

随着通信的发展,用户对通信的要求已开始从窄带电话、传真、数据和图像业务转向可视电话、电视点播、图文检索和高速数据等宽带新业务。由此催生了光纤用户网,光纤用户网的主要传输媒介是光纤。用户光缆的特点是大芯数,可高达 2000~4000 芯,这种高密化的带状光缆可减少光缆的直径和重量,又可在工程施工中便于分支和提高接续速度。

(4) 器件的集成化

优异的光器件是构成先进的光纤通信系统的基础。当今器件的发展趋势是高速率、多用途、组件化和单片化。

1.2.2 光纤通信的特点

与电缆或微波等通信方式相比,光纤通信的主要优缺点如下所述。

1. 优点

- (1) 传输频带极宽,通信容量大。
- (2) 传输衰减小,距离远。
- (3) 信号串扰小,传输质量高。
- (4) 抗电磁干扰,保密性好。
- (5) 光纤尺寸小,重量轻,便于运输和敷设。
- (6) 耐化学侵蚀,适用于特殊环境。

(7) 原料资源丰富。

(8) 节约有色金属。

2. 缺点

(1) 光纤弯曲半径不宜过小，否则可能引起较大的损耗。

(2) 光纤的切断和连接操作技术要求高。

(3) 分路和耦合操作困难、繁琐。

应该指出，光纤通信的缺点都已在不同程度上得到克服，它们不影响光纤通信的实际应用。下面的表 1-1 和表 1-2 分别列出了光纤与几种电通信传输介质的特性比较及光纤通信应用场所。

表 1-1 光纤与其他几种电通信传输介质的特性比较

传输介质	带宽 (MHz)	衰减系数 (dB/km)	中继距离 (km)	敷设安装	接 续
对称电缆	6	20 (4MHz)	1~2	方便	方便
同轴电缆	400	19 (60MHz)	1.6	方便	较方便
微波波导	40~120	2	10	特殊	特殊
光纤光缆	$\geq 10\text{GHz} \cdot \text{km}$	0.2~3	>50	方便	特殊

表 1-2 光纤的特点及其应用场合

光 纤 特 点	应 用 场 合
低衰减、宽频带	公用通信，有线电视图像传输
尺寸小、重量轻	公用通信，计算机，飞机，导弹，舰内通信控制
抗电磁干扰	电力及铁道通信，交通控制信号，核电站通信
耐化学侵蚀	油田、炼油厂、矿井等区域的通信

1.2.3 光缆传输系统构成及应用

1. 光缆传输系统构成

光缆传输系统，主要用于骨干网（长途）光缆传输系统，本地网光缆传输系统以及光缆接入网。图 1-5 为骨干网和本地网光缆传输系统示意图。

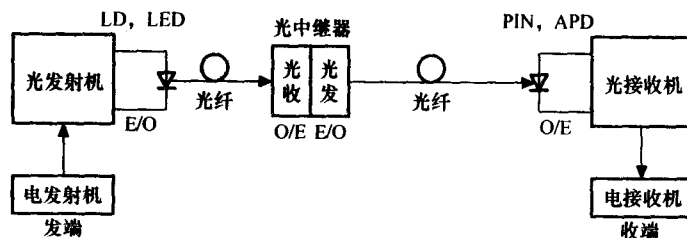


图 1-5 光缆传输系统示意图

光缆传输系统是由发送设备、传输线路、接收设备 3 大部分构成。

光缆传输系统中电发射端机的作用是来自信息源的信号进行模/数转换并做多路复用处理。光发射机（如激光器或发光二极管）的作用是实现电/光转换，即把电信号调制成光信号，送入光纤传输至远方。光接收机（如光电二极管）的作用是实现光/电转换，即把来