



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

通信光缆工程



李立高 主编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



教育部审订教材

“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

通信光缆工程

李立高 主编



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

通信光缆工程 / 李立高 主编. — 2版. — 北京 : 人民邮电出版社, 2009. 12 (2012.1 重印)

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 978-7-115-21589-5

I. ①通… II. ①李… III. ①光缆通信—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN913.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第203059号

内 容 提 要

本书采用丰富的图纸资料,系统地介绍了光缆的结构、型号、性能与参数;详细讲述光缆通信工程的设计步骤、设计方法及图纸绘制,并结合实例作了详尽的分析;介绍了光缆线路的各种普通及最新的施工方法、工程中常用的仪表和工程测试方法;最后介绍了光缆线路的维护与管理等内容,特别是书中有关EPON、GPON、气吹法、理实一体化等内容是企业目前采用的最新技术或最新成果。

本书紧扣行业标准和规范,以工程实例分析为重点,具有较强的实用性和系统性,每个章节后均附有大量的应知知识测试题和应会技能训练项目,是大专院校光纤通信工程专业、通信技术或通信工程专业、移动通信专业及行业技能鉴定较为理想的教材,同时也可作为从事通信光缆工程、网络工程的设计、施工、维护人员的参考书或培训教材。

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

通信光缆工程

◆ 主 编 李立高

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 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京天宇星印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21.5

2009年12月第2版

字数: 518千字

2012年1月北京第4次印刷

ISBN 978-7-115-21589-5

定价: 38.00元

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

反盗版热线: (010)67171154

21 世纪高职高专通信规划教材

编 委 会

主 任 肖传统

副 主 任 张新瑛 向 伟

委 员 王新义 孙青华 朱 立 江 丽 李元忠

李转年 李树岭 李 婵 刘翠霞 陈兴东

苏开荣 吴瑞萍 张干生 张孝强 张献居

周训斌 杨 荣 杨 源 胡 鹏 赵兰畔

黄柏江 曹晓川 滑 玉 傅德月 惠亚爱

秘 书 李立高

执行编委 滑 玉

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组织编写了这套《21 世纪高职高专通信规划教材》。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,同时可作为从事通信行业一线的专业技术人员培训和自学的丛书。

由于高职高专的教材编写经验不足,征求意见的范围还不够广泛,难免存在不能满足该层面人员学习要求的情况,望广大读者多提宝贵意见,以便进一步提高完善。

21 世纪高职高专通信规划教材编辑委员会

前言

我国高等技术教育的发展非常迅猛,近年来,不断有新的高等职业技术学院成立,而与之相适应的高职高专类教材却十分缺乏,通信类高职高专专业教材更是如此。同时,通信类的培训教材也较少。为此我院在总结十几年的教学和职业技能鉴定经验的基础上,组织了部分骨干教师和多位通信企业的在职专家,编写了《通信光缆工程》这本教学用书,以满足教学与培训之需。

光缆在我国发达的通信网中早已成为主流传输介质,光缆线路工程的投资占整个通信网投资的比重越来越大,每年各种大大小小的光缆线路工程无以数计,这就需要大批的光缆线路工程设计、施工、维护和监理人员。通过本书的学习和实践(含图纸绘制、工程概预算编制、工程生产实习等),可使学员具有这方面的良好技能,从而为各级各类通信建设工程公司、代维公司、通信服务公司、通信监理公司等输送更多的合格人才。

本书是在编者2004年8月编写的《光缆通信工程》的基础上进行大幅修订(修订比例约为30%~35%)后完成的,其与《光缆通信工程》的主要不同表现在以下方面。

(1) 每章后增加了“本章小结”、“应知测试”和“应会技能训练”等内容,其中“应知测试”中包括填空题、判断题、选择题、简答题、综合题等5种类型的习题,更加便于学员掌握重点内容。而“应会技能训练”的设计紧紧依靠目前企业的生产实际,为教师(培训师)设计技能考核项目,进行理实一体化教学提供了良好参考。

(2) 每章章序中增加了“本章学习要求”,更便于学员学习。

(3) 各章节新增的主要内容如下:

序 号	章 节	新 增 内 容
1	第1章	光纤通信最新发展趋势
2	第2章	光缆交接箱、光缆性能参数
3	第3章	EPON(GPON)的网络组成、原理及厂家设备介绍
4	第4章	通信管道施工、气吹法施工、理实一体化教学范例
5	第5章	光纤耦合器、连接器、适配器、光万用表、光话机、智能寻障仪、多波长计、频谱仪
6	第6章	WDM系统测试、光缆线路对地绝缘测试
7	第7章	水线、长途塑管、站内光缆、管道光缆、自动监测系统的维护,突发事件处理流程、光缆割接流程、障碍抢修流程

全书共分7章。第1章简要介绍了光纤光缆通信的概念和特点;第2章详细介绍了通信光缆的结构、种类、型号表示、端别判别和性能参数;第3章是本书的重点章节之一,详细介绍了光缆工程设计的方法、程序等,具体包括:中继段长度的确定、光缆通信工程的建设

程序、光缆线路工程的查勘、测量方法、光缆在 EPON (GPON) 中的应用、工程图纸绘制方法和工程实例分析;第 4 章是本书的重点章节之二,详细介绍光缆线路的各种施工方法、光纤光缆的接续、光缆线路的防护及竣工验收等;第 5 章介绍光缆线路工程测试中的各种常用仪表的用途、分类、工作原理和使用方法;第 6 章是本书的重点章节之三,介绍光纤光缆的测试方法,重点是工程竣工测试方法;第 7 章介绍光缆线路的维护与管理。

全书以实用、系统为原则,以岗位职业能力为主线,以已公布的标准规范为依据,力求达到“学了就能用”的目标。

全书由李立高担任主编,并负责第 4 章的编写和全书的统稿。其中第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 5 章、第 6 章分别由沈迎飞、胡庆旦、何坚、李利平、殷文珊编写,第 7 章由王志农和邓春云编写。此外,在本书的编写过程中得到了湖南邮电规划设计院、南方邮电规划设计院、湖南邮电建设工程局、湖南通信监理有限公司、深圳中通信息培训中心、安徽邮电规划设计院、长沙电信规划设计院、苏州职业大学、深圳职业技术学院、广东邮电职业技术学院、浙江邮电职业技术学院、四川邮电职业技术学院以及其他兄弟职业技术学院的老师、长沙通信职业技术学院的领导、教务处处长蒋青泉、通信工程系主任周训斌的大力支持与帮助,在此表示最诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2009 年 8 月

章 节 名 称	编 写 人	审 核 人
第 1 章 绪论	李立高	何坚
第 2 章 光缆线路工程的基本概念	李立高	何坚
第 3 章 光缆线路工程的基本术语	李立高	何坚
第 4 章 光缆线路工程的施工方法	李立高	何坚
第 5 章 光缆线路工程的测试方法	李立高	何坚
第 6 章 光缆线路工程的维护与管理	李立高	何坚
第 7 章 光缆线路工程的安全与环保	李立高	何坚

目 录

第1章 概述	1
1.1 光纤光缆通信及其特点	1
1.1.1 光纤通信的概念、特点	1
1.1.2 光缆线路工程的特点	3
1.2 光缆工程的现状及光纤通信发展趋势	3
1.2.1 光纤光缆通信现状	3
1.2.2 光纤光缆通信发展趋势	6
本章小结	8
应知测试	8
应会技能训练	9
第2章 通信光缆和光缆交接箱	10
2.1 常用光缆的分类	10
2.2 常用光缆的结构	12
2.2.1 通信光缆分类	12
2.2.2 光缆中所用材料及其性能	15
2.2.3 光缆的端别及纤序	18
2.3 特种光缆的结构	20
2.4 光缆的型号	23
2.5 通信光缆的性能参数	26
2.6 工程中的光缆选型	28
2.7 光缆交接箱	30
2.7.1 光缆交接箱的基本结构与性能指标	30
2.7.2 光缆交接箱在线路网中的位置与作用	31
2.7.3 光缆交接箱安装维护技术要领	31
本章小结	32
应知测试	33
应会技能训练	35
第3章 通信光缆工程设计	37
3.1 通信光缆工程的建设程序	37
3.1.1 规划阶段	38
3.1.2 设计阶段	40
3.1.3 准备阶段	40

3.1.4 施工阶段	40
3.1.5 竣工投产阶段	41
3.2 中继段长度的确定	42
3.2.1 设计方案——损耗、色散考虑	42
3.2.2 系统预算	47
3.2.3 密集波分复用系统的设计	49
3.3 光缆线路工程的查勘	52
3.3.1 查勘的基本要求	52
3.3.2 光缆工程方案查勘	56
3.3.3 初步设计查勘	58
3.3.4 施工图的测绘	59
3.4 光缆工程的图纸绘制与实例分析	68
3.4.1 绘图软件介绍	69
3.4.2 施工图实例分析	71
3.5 光缆在本地网中的应用	77
3.5.1 光城域网	77
3.5.2 OAN	79
3.5.3 光缆在 LAN 中的应用	85
本章小结	88
应知测试	89
应会技能训练	91
第 4 章 光缆线路的施工	92
4.1 概述	92
4.1.1 光缆线路施工特点	92
4.1.2 光缆线路的施工范围	93
4.1.3 光缆线路的施工程序	94
4.2 光缆的单盘检验	95
4.2.1 概念及目的	95
4.2.2 内容及方法	95
4.3 通信光缆工程的路由复测	105
4.3.1 路由复测的原则和主要任务	105
4.3.2 路由复测的方法	107
4.4 光缆的配盘	109
4.4.1 光缆配盘的目的	109
4.4.2 光缆配盘的要求	109
4.4.3 光缆配盘的方法	110
4.5 光缆的敷设	115
4.5.1 架空光缆的敷设	117

4.5.2	管道及管道光缆的敷设	122
4.5.3	直埋光缆的敷设	146
4.5.4	水线光缆的敷设	150
4.5.5	局内光缆的敷设	154
4.5.6	电力通信光缆的敷设	156
4.6	光缆的接续与安装	160
4.6.1	任务及要求	160
4.6.2	接续的步骤及方法	161
4.6.3	“单芯光纤熔接”模块理实一体化教学法范例	178
4.7	光缆通信线路的防护	181
4.7.1	国家维护规程中的相关内容介绍	181
4.7.2	直埋光缆的防护	183
4.7.3	光缆线路的“三防”保护	184
4.8	光缆线路的竣工验收	186
4.8.1	随工验收	186
4.8.2	初步验收	187
4.8.3	竣工验收	188
4.8.4	竣工资料的管理	190
	本章小结	195
	应知测试	196
	应会技能训练	202
第5章	光缆通信工程中常用仪表介绍	203
5.1	光纤通信中的无源光器件	203
5.1.1	光纤耦合器	203
5.1.2	光纤连接器	205
5.1.3	光纤适配器	207
5.1.4	可调数显光衰减器	207
5.2	常用光源	209
5.2.1	用途与分类	209
5.2.2	原理	209
5.2.3	使用方法	210
5.3	光功率计	211
5.3.1	用途与分类	211
5.3.2	原理	212
5.3.3	使用方法	212
5.4	手持式光万用表	214
5.4.1	分类及用途	214
5.4.2	原理	215

5.4.3 特性和使用方法	215
5.5 光话机	217
5.5.1 主要用途	217
5.5.2 产品特性	217
5.5.3 主要技术指标	217
5.6 智能光纤寻障仪	218
5.6.1 概述	218
5.6.2 JW3304N 智能光纤寻障仪	218
5.7 光时域反射仪	219
5.7.1 用途	219
5.7.2 原理及相关术语	220
5.7.3 性能参数、常见问题及使用方法	222
5.8 光纤熔接机	236
5.8.1 分类及用途	236
5.8.2 工作原理	236
5.8.3 使用方法	237
5.9 WDM 中的光仪表与光器件	245
5.9.1 WDM 中的无源器件	245
5.9.2 WDM 中的光仪表	250
本章小结	254
应知测试	255
应会技能训练	259
第6章 光纤光缆工程测试	260
6.1 光缆线路测试类型及测试项目	260
6.1.1 测试类型	260
6.1.2 测试项目	261
6.2 光纤衰减的测量	262
6.2.1 光纤衰减的概念	262
6.2.2 光纤衰减的测量方法	262
6.3 光纤长度的测量	270
6.3.1 传输脉冲时延法	270
6.3.2 反射脉冲时延法	270
6.4 光缆线路工程测试	271
6.4.1 中继段测试(竣工测试)	271
6.4.2 系统光性能参数测试	274
6.4.3 WDM 系统测试	281
6.4.4 光缆线路对地绝缘测试	283
本章小结	285

应知测试	286
应会技能训练	288
第 7 章 光缆线路的维护与管理	289
7.1 光缆线路的设备管理与维护职责	289
7.1.1 设备管理	289
7.1.2 维护职责	291
7.2 光缆线路维护工作内容	296
7.2.1 架空线路和水线维护	299
7.2.2 直埋管道光缆线路和长途塑料管道维护	299
7.2.3 局站内和管道光缆线路维护	301
7.2.4 光缆线路自动监测系统维护	301
7.3 光缆线路的故障及其检修	301
7.3.1 障碍定位	301
7.3.2 障碍的处理	311
7.4 长途光缆线路的维护管理	319
7.4.1 质量管理	319
7.4.2 技术管理	321
本章小结	322
应知测试	323
应会技能训练	325
附录：英文缩略语	327
参考文献	330

第1章

概述

光纤光缆是构成通信网络的主流传输媒介,这是由光纤本身的良好特性所决定的。本章将主要讲述光纤光缆通信的基本概念及主要特点,并简要介绍光纤光缆通信的现状及其发展趋势,为学好后续内容作准备。

本章学习要求

1. 识记: 光纤的结构, 光纤通信的概念、特点, 光缆线路工程特点, 光纤光缆的应用现状及发展趋势。
2. 领会: 光纤的导光原理。
3. 应用: 考察实际的光缆工程, 了解其组成。

1.1 光纤光缆通信及其特点

1.1.1 光纤通信的概念、特点

1. 什么是光纤通信

光纤通信就是以光波为载波, 光导纤维为传输介质的通信方式, 这里所讲的“光波为载波”就是表示将需要传送的信息经调制后变成光波的形式, 再送到光纤中去传输, 光波在此成了运载信息的工具。

2. 光纤的基本结构及导光原理

任何一根光纤都是由纤芯和包层两部分构成的, 如图 1-1 所示的是光纤的剖面情况, 纤芯的折射率通常用 n_1 表示、直径用 $2a$ 表示, 包层的折射率用 n_2 表示、直径用 $2b$ 表示。进入光纤中的光线在突变型光纤中以折线形式向前传播, 在渐变型光纤中以曲线形式向前传播。

从图中可以看出, 入射到光纤端面的光线只有当它的入射角小于角 A 时才会在光纤中因发生全发射而向前传播, 否则光线会进入包层而很快衰减掉。

3. 光纤通信的特点

光纤通信与传统的各种电缆(铜线、同轴)通信或无线通信方式相比, 具有许多独特的优点。

(1) 巨大的传输容量

传输容量大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, 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今天, 这一点是很重要的。渐变多模光纤带宽可达

数吉赫兹，单模光纤带宽可达数百太赫兹。

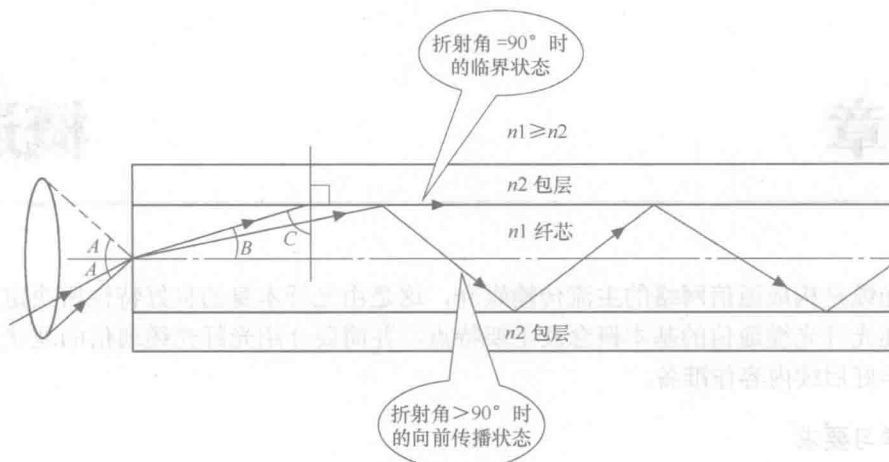


图 1-1 光在突变型光纤中的传播

(2) 极低的传输损耗

目录单模光纤在 $1.310\mu\text{m}$ 窗口的损耗约 0.35dB/km ，在 $1.550\mu\text{m}$ 窗口的损耗低至 0.2dB/km ，与此相比，同轴电缆对 60MHz 信号的损耗为 19dB/km ，市话全塑电缆对 4MHz 信号的损耗为 20dB/km ，因此光纤传输比电缆传输的中继距离长得多。

(3) 抗电磁干扰

光纤是由石英玻璃纤维制成，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

光纤的结构保证光在传输中很少向外泄漏，因而在光纤中传输的信息之间不会产生串扰，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

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 $24\sim 28$ 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 $1/3\sim 1/10$ 。经过表面涂覆的光纤其可挠性大为改观。这些特点使它不仅适用于公用通信，而且适应军事通信，如用于导弹、舰船、飞机、潜艇通信控制系统等。

(6) 制造光纤的材料资源丰富，价格低廉

制造光纤的材料是极为普通的硅酸盐，如 Na_2SiO_3 ， CaSiO_3 ， SiO_2 等，与电缆通信方式相比，可节省大量铜、铝等金属材料，有利于降低通信系统的成本，并节约资源。

(7) 适应恶劣环境下运行

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等多种恶劣环境。

表 1-1 列出了光缆和其他几种传输介质特性的比较情况。

表 1-1

光缆和其他几种传输介质特性比较

特 性 \ 介 质	对称电缆或 四芯对绞电缆	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
每段缆的制造长度(m)	100~500	100~500	3~10	>2 000
传输的损耗(dB/km)	20 (4MHz 时)	19 (60MHz 时)	2	0.2~3
带宽(MHz)	6	400	4~120(GHz) (指微波频带)	>10GHz·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
中继距离(km)	1~2	1.5	10	>50(可按需调整)

1.1.2 光缆线路工程的特点

光缆作为一种主要的传输介质,因其性能、铺设方法与全塑电缆、同轴电缆、双绞线等不同,光缆线路工程有其自己的特点。

(1) 光缆线路的中继距离长,所需中继器数量比电缆线路少得多,在本地网布线及综合布线中一般无需设中继器。随着掺铒光纤放大器(Erbium-doped Optical Fiber Amplifier, EDFA)的运用,中继距离几乎可达到“按需设定”的地步。

(2) 光缆线路一般无需进行充气维护,因为绝大部分光缆均为充油光缆,即缆芯中均充满了油膏。当然油膏的填入给光纤光缆的接续带来了一些不便,这是它的缺点。

(3) 由于光缆重量轻,体积小,管道及楼宇布放时可采用高压气流输送法,大大提高了敷设速度。

(4) 光缆接头装置及剩余光缆的放置必须按规定方法进行,以保证光纤应有的曲率半径,尽可能地减少光信号衰减。

(5) 在水泥管孔中布放多条光缆时均需加套塑料子管保护。这主要是为了减少摩擦力对光缆护层的损伤,同时能防止光缆被扭绞而使光纤受到损伤。

(6) 光缆线路架空铺设时要采取比电缆线路更为严格的保护措施。

(7) 光缆线路工程的概预算与电缆线路工程的概预算有所不同,某些项目应套用其相应的定额子目。

1.2 光缆工程的现状及光纤通信发展趋势

1.2.1 光纤光缆通信现状

光纤光缆用于通信在我国已有 20 多年的历史,这段历史也就是光通信技术的发展史和光纤光缆的发展史。目前,光纤光缆已经进入了有线通信的各个领域,包括邮电通信、广播通信、电力通信和军用通信等各个领域。

1. 光纤

我国在通信网络建设中应用光纤是从第六个五年计划(“六五”)期间开始的。此后,中国信息产业高速发展,光纤市场平均年增长率高达30%~40%。到2006年7月,我国光缆总长约为432.2万公里。据有关部门的不完全统计,目前国内已有光缆厂150多家,总生产能力超过3000万公里。

符合ITU-T G.652A规定的普通单模光纤是最常用的一种光纤。随着光通信系统的发展,光中继距离和单一波长信道容量增大,而G.652A光纤在1550nm区的低衰减系数没有得到充分的利用和光纤的最低衰减系数和零色散点不在同一区域。符合ITU-T G.654规定的截止波长位移单模光纤和符合G.653规定的色散位移单模光纤实现了这样的改进。G.653光纤虽然可以使光纤容量有所增加,但是,原本期望得到的零色散因为不能抑制四波混频,反而变成了采用波分复用技术的障碍。

为了取得更大的中继距离和通信容量,采用了增大传输光功率和波分复用、密集波分复用技术,此时,传输容量已经相当大的G.652普通单模光纤显得有些性能不足,表现在偏振模色散(PMD)和非线性效应对这些技术应用的限制。在10Gbit/s及更高速率的系统中,偏振模色散可能成为限制系统性能的因素之一。光纤的PMD通过改善光纤的圆整度或采用“旋转”光纤的方法得到了改善,符合ITU-T G.652.b规定的普通单模光纤的PMDQ通常能低于 $0.5\text{ps}/[\text{km}]^{1/2}$,这意味着STM-64系统的传输距离可以达到大约400km。G.652.b光纤的工作波长还可延伸到1600nm区。G.652.A和G.652.B光纤习惯统称为G.652光纤。

光纤的非线性效应包括受激布里渊散射、受激拉曼散射、自相位调制、互相位调制、四波混频、光孤子传输等。为了增大系统的中继距离而提高发送光功率,当光纤中传输的光强密度超过光纤的阈值时则会表现出非线性效应,从而限制系统容量和中继距离的进一步增大。通过色散和光纤有效芯面积对非线性效应影响的研究,国际上开发出满足ITU-T G.655规定的非零色散位移单模光纤。利用低色散对四波混频的抑制作用,使波分复用和密集波分复用技术得以应用,并且使光纤有可能在第四传输窗口1600nm区(1565~1620nm)工作。目前,G.655光纤还在发展完善,已有truewave、leaf、大保实、teralight、pureguide、metrocor等品牌问世,它们都力图通过对光纤结构和性能的细微调整,达到与传输设备的最佳组合,取得最好的经济效益。

2. 光缆

目前,国内各大通信运营商都已建设成全新的骨干光传输网络。中国电信已完成在原“八纵八横”基础骨干网之外的多个10Gbit/s DWDM(密集波分复用)环状网为主体的全国高速大容量骨干网;中国联通也已建成以5个10Gbit/s DWDM环状网为主的国家级高速骨干网;中国移动也已规划建设成国家干线网和省内二级干线网。

据统计,1999年我国总敷设光缆约660万芯公里,2000年总敷设光缆约720万芯公里,2001年为1000万芯公里,2002年4月达到1150万芯公里,2005年可能达到1600万芯公里,2007年已达到6000多万芯公里。

与此同时,一级干线光缆线路的主要施工方式是密闭的硅芯管、塑料管和直埋,省内二级干线是直埋、管道与架空等多种形式的结合,沿高速公路铺设塑料管道光缆现已开始采用气送光缆的敷设方法。

在本地网的光缆线路中,城市光缆线路的主要施工方法是管道,在农村及少数县城仍以

架空或直埋方式为主。

(1) 核心网光缆

我国已在干线(包括国家干线、省内干线和区内干线)上全面采用光缆,其中多模光纤已被淘汰,全部采用单模光纤,包括 G.652 光纤和 G.655 光纤。G.653 光纤虽然在我国曾经采用过,但今后不会再发展。G.654 光纤因其不能大幅度地增加光纤系统容量,它在我国的陆地光缆中没有使用过。

干线光缆中采用分立的光纤,不采用光纤带。

干线光缆主要用于室外,在这些光缆中,曾经使用过的紧套层绞式和骨架式结构,目前已停止使用。当前我国广泛使用的干线光缆有松套层绞式和中心管式两种结构,并且优先采用前者。松套层绞式光缆采用 SZ 绞合结构时的生产效率高,便于中间分线,同时也能使光缆取得良好的拉伸性能和衰减温度特性,目前它已获得广泛采用。

骨架式光缆的设计原理虽然和松套层绞式光缆相似,但是目前的实际工艺技术难以实现这一设计目标,使光缆拉伸性能难于达到规定的要求。这一点已为国内有关的光缆产品检测所证实,为此,目前我国的干线网已不再使用骨架式光缆。

在长途线路中,由于距离长、分支少,光缆在系统中所占费用比例相对较高。因此,干线光缆将通过采用 G.655 光纤和波分复用、密集波分复用技术来扩大容量。光缆本身的基础结构已相对成熟,不会有大的改变。但是,光缆的某些防护结构和性能仍有待开发完善。例如,全介质光缆具有众所周知的优良防雷和防强电的性能,但它的直埋结构和防鼠性能始终不尽人意,是值得开发的课题。

(2) 接入网光缆

接入网中的光缆距离短,分支多,分插频繁,为了增加网络的容量,通常是增加光纤芯数。特别是在市内管道中,由于管道内径有限,在增加光纤芯数的同时增加光缆的光纤集装密度、减小光缆直径和重量是很重要的。

接入网使用 G.652 普通单模光纤和 G.652.C 低水峰单模光纤。低水峰单模光纤适合于密集波分复用,目前我国已有少量的使用。

接入网用光缆中广泛采用光纤带形式,它可使光缆适应芯数大和光纤集装密度高的要求,而且可以通过光纤带整带接续的方式提高光缆接续效率。但是,在小芯数光缆情况下,也直接采用分立的光纤。

值得注意的是,实践证明光纤带光缆的维护不太方便,比如纤带中只断了 1 芯或 2 芯时必须更换整根光纤带或只能将故障光纤甩去不用,无法单独对故障纤进行维护。

(3) 室内光缆

室内光缆往往需要同时用于话音、数据和视频信号的传输。并且还可能用于遥测与传感器。

多模光纤虽然不再用于核心网和接入网,但芯径/包层直径为 $62.5/125\mu\text{m}$ 的渐变型多模光纤在室内综合布线中仍有较多的应用,今后也可能应用 $50/125\mu\text{m}$ 渐变型多模光纤。这种情况与综合布线系统的现有技术状况有关,随着单模光纤系统的发送模块、接收模块和相关设备成本的降低,本身价廉的单模光纤仍然有可能取代综合布线用的多模光纤。

随着我国 FTTH、FTTC 系统的采用和各种要求的智能大厦的建设,要求越来越多的室内光缆产品投入应用。目前所用的综合布线光缆芯数较小、缆芯不填充油脂、防火性能要求只限于阻燃或不延燃,这些光缆在品种、结构和性能等方面还急需进一步开发、完善和提高。