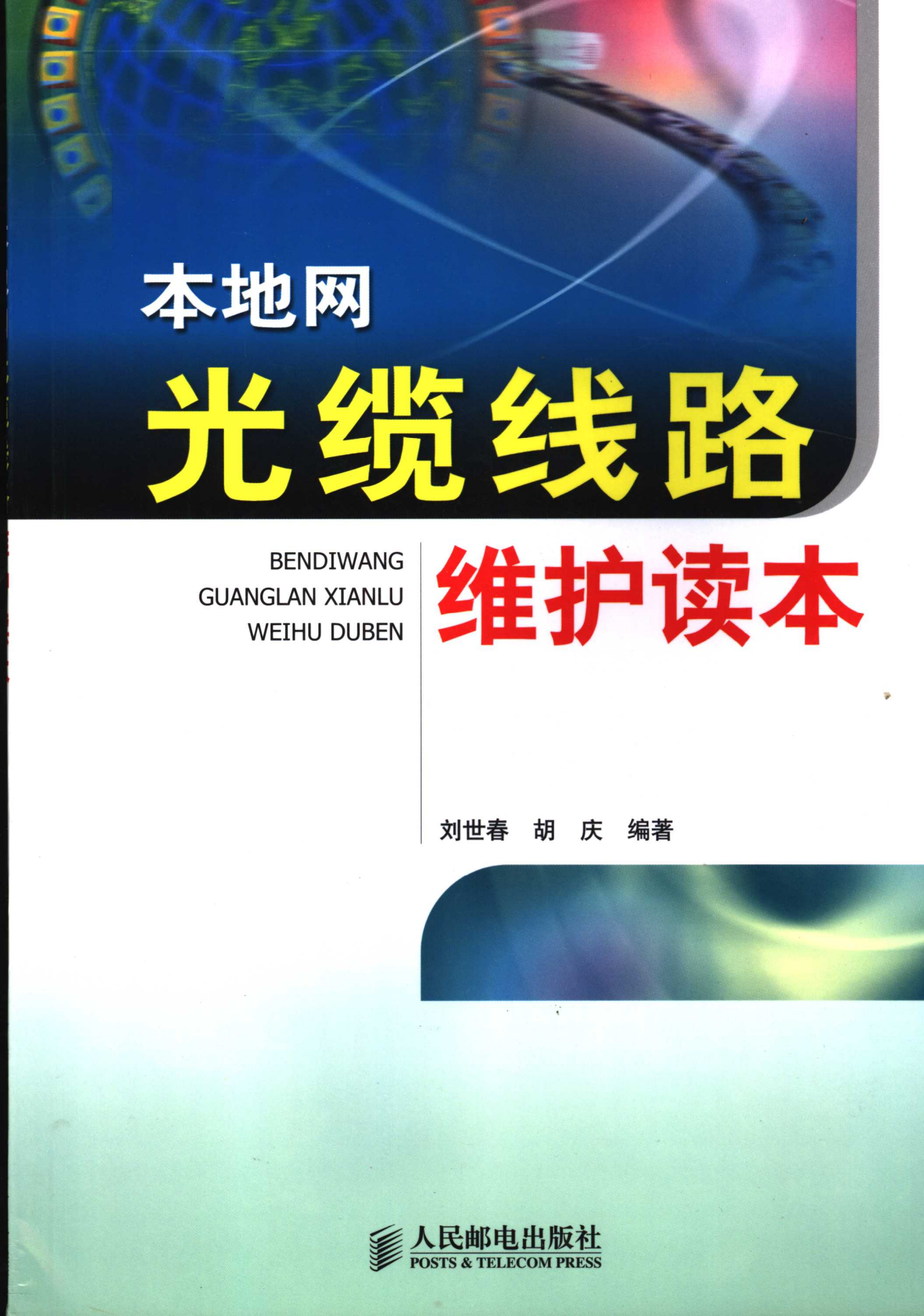




本地网

光缆线路

BENDIWANG
GUANGLAN XIANLU
WEIHU DUBEN

维护读本

刘世春 胡 庆 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

本地网光缆线路维护读本

刘世春 胡 庆 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

本地网光缆线路维护读本/刘世春, 胡庆编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006. 10
ISBN 7-115-14901-1

I. 本... II. ①刘... ②胡... III. 光缆通信—通信线路—维护 IV. TN913.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066313 号

内 容 提 要

本书是一专门介绍本地网光缆线路维护知识的技术书籍, 书中重点介绍 ITU-T 标准光纤及适合于本地网应用的光缆结构, 并详细介绍本地网光缆线路维护工作的基本任务、管理技术、光纤接续和测试方面的经验、光缆线路障碍查找和修理方法、OTDR 测试光纤链路的技能等。除了介绍光缆的维护技术知识外, 还对维护中的光纤弯曲损耗与波长及弯曲半径的关系、菲涅尔反射及幻峰等问题进行分析。

本书深入浅出, 在实际应用中具有可操作性, 可供从事通信线路工程和维护的技术管理人员及技术操作人员在日常工作中参考。同时, 本书也适合通信院校相关专业的师生阅读。

本地网光缆线路维护读本

- ◆ 编 著 刘世春 胡 庆
责任编辑 王晓明
- ◆ 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>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 9.25
字数: 224 千字
印数: 1-3500 册
- 2006 年 10 月第 1 版
2006 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14901-1/TN · 2793

定价: 21.00 元

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

在我国,各省本地网光缆结构和线路组网模式是有差别的,本地网光缆线路的维护模式也不完全一样,有的地区可能采取的是专业化维护模式,而有的地区可能采取的是本地网通信线路的综合维护模式。因此,其技术维护的管理模式和管理水平也是不一样的。但总体来看,本地网光缆线路维护工作的基本任务和主要内容以及技术维护管理的要求应当是基本相同的。本书主要阐述本地网光缆线路的技术维护和管理,而不涉及维护体制问题,其技术维护和管理操作,一定要参照执行各本地网线路运行维护质量管理和指标考核办法。

目前,几乎所有的通信传输网都要用到光缆线路,保障光缆线路完好畅通是保障各种通信传输畅通的关键。光缆线路维护工作的基本任务就是要维护好、管理好并充分利用现有光缆线路资源,为确保通信全程全网的优质、高效、安全的运行提供强有力的技术保障。对光缆线路维护人员而言,除了掌握光纤光缆的基本理论和应用技术外,掌握光缆线路维护规程、操作流程、技术指标和手段等是做好光缆线路维护工作的基本要求。本书采用理论结合实际的方法介绍了本地网光缆线路技术维护和管理中的常见问题的解决办法。

光缆线路维护和光缆线路工程是密切相关的,从事光缆线路维护工作的人员应该掌握有关光缆线路工程方面的知识,像光纤光缆选型、各种形式光缆的敷设方式、子管敷设方式、管道和杆路的基本知识、光缆成端方式、光纤的各种测试方法、光纤接续技术及操作流程、光缆护套接续技术及操作流程、接续测试的仪器仪表工器具的性能标准及使用方法等知识内容,对光缆线路维护工作来说都是必须掌握的。对于这些知识,有关的光缆线路工程和光纤通信工程类书籍中都有比较详细的介绍,例如:人民邮电出版社出版的《通信光缆和电缆工程》(胡庆等编著,2005年2月)、《光纤通信工程》(赵梓森等编著,1994年5月第2版)和《光缆线路工程》(张锡斌编著,1992年12月),所以本书只重点介绍在实际操作上需要注意的相关问题。

本书介绍了一些技术维护管理方式和各种管理图表,不一定能适合于所有的本地网光缆线路的技术维护管理之用,仅供参考。

本书内容共分9章。第1章是对本地网光缆线路的概述,简要地介绍本地网光缆线路的基本结构、特点以及本地网光缆线路的发展趋势。第2章和第3章是关于光纤光缆的基本知识,除了论述光纤光缆的基本知识外,还介绍了一些对实际维护工作有指导意义的独到内容。例如,对ITU-T标准光纤的综述,光缆束管色谱和光纤色谱的识别与编号等。考虑到室内光缆正在越来越多地得到应用以及用户接入光缆的发展趋势,第3章的后半部分对室内光缆做了较多的介绍。第4~8章是有关本地网光缆线路技术维护和管理方面的基本内容。第9章是对如何实现光缆传输互保以提高本地网光缆线路运行安全性问题的一些探讨,可供技术维护人员进一步研究或试用。

本书除了注重实际应用外,对在维护工作中遇到的有些问题亦进行了分析。例如:光纤弯曲损耗与波长及弯曲半径的关系、菲涅尔反射及幻峰问题等,这对维护人员在解决所遇到的问题时会有较大的帮助。

在校学生主要是学习理论,即使有实习课程,其要求也与实际线路维护工作有一定的差

距。他们在毕业后若从事线路维护方面的技术工作，首先要适应环境，了解相关的技术指标和有关的操作规程，要想熟练掌握线路维护工作技能，一般需要有很长的磨合期。对于通信线路专业的学生，通过阅读本书，可以缩短磨合期，尽快了解线路维护工作的实际要求和必要的工作技能。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2006 年 3 月于天津

目 录

第 1 章 通信网光缆线路基本结构	1
1.1 通信传输系统的一般结构	1
1.2 光缆传输系统的一般结构	2
1.3 光纤通信系统应用	3
1.4 本地网光缆线路	4
1.5 骨干网光缆	5
1.6 本地网光缆线路的发展趋势	5
1.6.1 数字式光纤通信系统的现状	5
1.6.2 光纤通信发展趋势	6
1.6.3 本地网光缆线路维护将直接面向用户	8
第 2 章 通信光纤	10
2.1 光纤结构及类型	10
2.2 光纤的结构参数	12
2.2.1 几何参数	12
2.2.2 折射率分布	12
2.2.3 数值孔径(NA)	13
2.2.4 模场直径	13
2.2.5 截止波长	13
2.3 光纤的传输特性	14
2.3.1 损耗特性	15
2.3.2 色散特性和带宽	17
2.4 ITU-T 建议的标准光纤	21
2.4.1 G.652 光纤	21
2.4.2 G.653 光纤	22
2.4.3 G.654 光纤	23
2.4.4 G.655 光纤	23
2.4.5 G.656 光纤	24
2.4.6 单模光纤的波段划分	25
2.4.7 G.651 多模光纤	25
2.4.8 光纤的适用范围和单模光纤的传输性能	26
第 3 章 光缆	27
3.1 光缆的结构、材料与光缆的制备方法	27

3.1.1	光缆的结构	27
3.1.2	光缆的材料	29
3.1.3	光缆的制备方法	30
3.2	光缆的主要特性	32
3.2.1	传输特性	32
3.2.2	机械特性	33
3.2.3	环境特性	33
3.3	光缆分类	33
3.3.1	按光缆缆芯的结构划分	34
3.3.2	按光缆的敷设方式划分	36
3.3.3	按光缆特殊使用环境划分	37
3.4	光缆型号与规格	38
3.4.1	光缆的型式代号构成	39
3.4.2	光纤规格代号构成	40
3.5	光缆端别与芯线色谱	42
3.5.1	光缆端别	42
3.5.2	光纤芯线色谱	42
3.6	室内光缆	43
3.6.1	室内光缆分类	43
3.6.2	室内光缆结构	43
第4章 本地网光缆线路维护工作的基本内容		47
4.1	维护界面和基本任务	47
4.2	光缆线路维护的技术管理	47
4.2.1	基本技术档案和资料的(程序化)管理	47
4.2.2	光缆及其光纤的技术管理	48
4.2.3	用户光缆接入及管理	50
4.2.4	关于光缆编号问题	54
4.2.5	本地网光缆线路资源计算机地理信息系统管理	54
4.3	日常巡护	58
4.4	备用光纤的定期、不定期测试	59
4.4.1	备用光纤测试的重要性	59
4.4.2	光纤损耗维护指标	60
4.4.3	备用光纤测试方式	60
4.5	应急抢修	61
4.5.1	应急抢修的一般流程和要求	61
4.5.2	应急抢修原则及时限要求	61
4.5.3	与应急抢修有关的其他问题	62
4.6	竣工验收	62
4.6.1	竣工文件审查	62

4.6.2 验收测试	62
4.6.3 线路查看	64
4.6.4 光缆交接箱检查	65
4.6.5 其他方面	66
4.6.6 验收汇总	66
4.7 本地网光缆线路的维修整治和大修	68
4.7.1 维修整治	68
4.7.2 本地网光缆线路的换段大修	71
第5章 光纤接续与测试	73
5.1 带状光缆的接续	73
5.1.1 光纤带的接续方法	73
5.1.2 光纤带的几何尺寸不一致对接续的影响	74
5.1.3 光纤带边缘光纤受挤压对接续的影响	74
5.1.4 单芯光缆成带接续	74
5.1.5 光纤带对单芯的接续	75
5.1.6 不同芯数的光纤带之间的接续	75
5.2 光纤冷接子接续	75
5.3 接头盒里余长光纤的盘放	76
5.4 对光缆接头盒的性能要求	77
5.5 光纤的活动连接	77
5.5.1 光纤活动连接器	77
5.5.2 光纤活动连接对传输的影响	78
5.6 光纤接续监测	80
5.6.1 一般情况下的光纤接续监测	80
5.6.2 成端尾纤接续监测	81
5.7 利用光纤的弯曲来识别光纤的测试	81
5.7.1 OTDR 利用光纤弯曲损耗识别光纤的测试	81
5.7.2 红光发生器识别光纤的测试	83
5.8 光纤线路的全程测试	83
5.8.1 全程光纤背向散射信号曲线测试	83
5.8.2 光源光功率计光纤全程传输损耗测试	83
5.9 OTDR 测试光纤长度及误差分析	84
5.9.1 折射率偏差引起的长度误差	84
5.9.2 OTDR 测量长度时的固有误差	84
5.9.3 OTDR 测试长度对障碍定位参考的分析	85
5.10 单模光纤弯曲损耗理论分析和测试实验	86
5.10.1 单模光纤弯曲损耗与波长及弯曲半径的关系	86
5.10.2 在 1310nm 和 1550nm 光纤弯曲损耗的测试实验	90

第 6 章 光缆线路障碍查修方法	93
6.1 光缆线路障碍特点及定位方法	93
6.2 全阻障碍查修	94
6.3 系统障碍查修	95
6.3.1 外施工造成的系统障碍的查修	96
6.3.2 自然断纤造成的系统障碍的查修	97
6.3.3 局内和接头内断纤造成的系统障碍的查修	97
6.4 隐含的断纤障碍查修	97
6.5 架空光缆线路纤芯障碍查修	98
6.6 光纤接续损耗控制	98
6.7 光缆线路维护与机务传输维护的关系	99
6.8 光缆线路障碍查找处理流程图和时间记录	101
第 7 章 OTDR 原理及测试中的问题	103
7.1 OTDR 测试光纤线路的一般工作原理	103
7.2 OTDR 测试光纤线路的光学原理	104
7.3 OTDR 几个测试参数的设置	105
7.4 OTDR 的动态范围和有效动态范围	106
7.4.1 动态范围	106
7.4.2 有效动态范围(可用动态范围)	106
7.5 OTDR 的盲区	107
7.6 OTDR 的衰减死区	108
7.7 光纤线路中的菲涅尔反射	108
7.8 幻峰或鬼影(Ghost)问题	111
7.8.1 幻峰的产生	111
7.8.2 幻峰产生的理论分析	113
7.8.3 OTDR 采用 LSA 模式测量光纤接头损耗时幻峰的影响	114
7.9 OTDR 测试光缆成端接头损耗	116
7.10 OTDR 测试光纤接头损耗出现正增益问题	116
7.11 查处系统障碍时 OTDR 测试光纤链路与光端机的相互影响	117
7.12 OTDR 测试基本步骤	120
第 8 章 本地网光缆线路割接	122
8.1 光缆线路割接的重要性	122
8.2 光缆割接操作流程	122
8.3 本地网光缆线路割接中需要注意的问题	123
第 9 章 本地网光缆物理双路由保护问题	125
9.1 本地网光缆线路传输互保问题概述	125

9.2 到设备间和重要大客户的引入光缆物理双路由保护问题	126
9.3 通信交换端局间中继光缆物理双路由互保问题	127
9.4 WDM 传输互保方式	128
9.5 适合于本地网光缆传输的 CWDM 技术简介	129
附录.....	131
参考文献.....	138

第 1 章 通信网光缆线路基本结构

1.1 通信传输系统的一般结构

光缆网包括骨干网和本地网，下面通过通信传输系统一般结构来介绍光缆骨干网和本地网的概念。图 1-1 所示为完整的通信传输系统的一般结构，一个完整的通信传输系统除了必须具备传输信道部分外，还需有用户终端设备、交换机、多路复用设备和传输终端设备（收发信机）等。

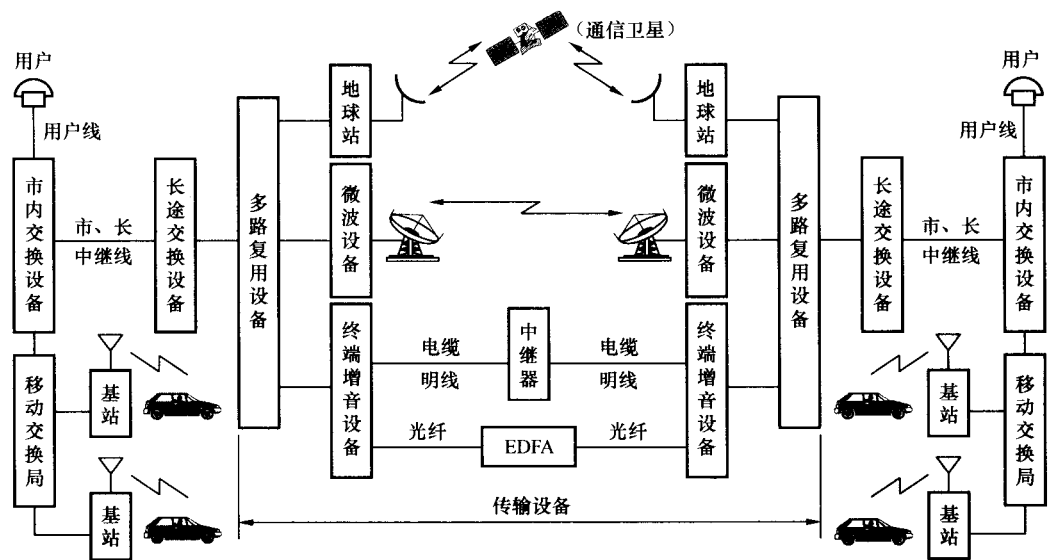


图 1-1 通信传输系统一般结构

图 1-1 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）。复用方式可采用频分、时分、码分多址等不同形式，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于在信道上传输的信号，或进行反变换等。电缆、光缆、微波、卫星等是不同形式的传输媒质或信号载

体。当通信传输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，相应的传输系统为电缆传输系统或称为电缆通信系统。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，相应的传输系统就称为光缆传输系统或称为光纤通信系统。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，相应的传输系统就称为微波传输系统或称微波通信系统。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），相应的传输系统就称为卫星传输系统或称为卫星通信系统。

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。

1.2 光缆传输系统的一般结构

光缆传输系统主要分为骨干网（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 1-2 所示为骨干网和本地网光缆传输系统示意图。

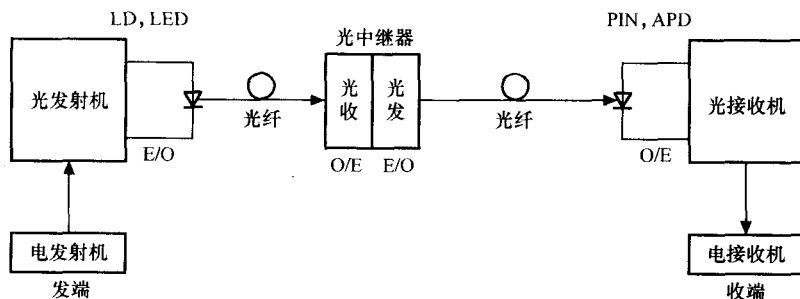


图 1-2 光缆传输系统示意图

光缆传输系统是由发送设备、传输线路和接收设备三大部分构成。

光纤通信系统中电发射端机的作用是对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，以传输至远方。光接收机（如光电二极管）的作用是实现光/电转换，即把来自光纤的光信号还原成电信号，并经放大、整形、再生恢复原形后，送至电接收机，完成数字信号的分接以及数/模转换。

对于长距离的光纤通信系统，还需要中继器，其作用是将经过长距离光纤衰减和畸变后的微弱光信号放大、整形、再生成一定强度的光信号，继续送向前方，以保证良好的通信质量。目前的中继器都采用光—电—光形式，即将接收到的光信号，用光电检测器变换为电信号，经放大、整形、再生后再调制光源，将电信号变换成光信号重新发出，而不是直接放大光信号。近年来，适合作光中继器的光放大器（如：掺铒光纤放大器）

已研制成功,进入商用。这就是说,采用光纤放大器的全光中继及全光网络的实现将为期不远。

1.3 光纤通信系统应用

光纤通信不仅应用于电信骨干网(长途)、本地网以及接入网传输系统,而且有线电视、数据通信等也广泛采用光纤传输。

1. 光纤通信在电信骨干网(长途)、本地网传输系统中的应用

现在,电信骨干网(长途)、本地网传输是以光纤传输为主,其传输原理如图1-2所示。

2. 光纤通信在用户接入网中的应用

光纤接入网是指在接入网中采用光纤作为主要传输媒质来实现用户信息传送的应用形式,它与铜线接入相比有着许多无可比拟的优点和广阔的应用前景。

光纤接入网的主要优点是可以传输宽带业务,且传输质量好,可靠性高。其网径一般较小,可不需要中继器等。图1-3所示为一种光纤接入网结构示意图。

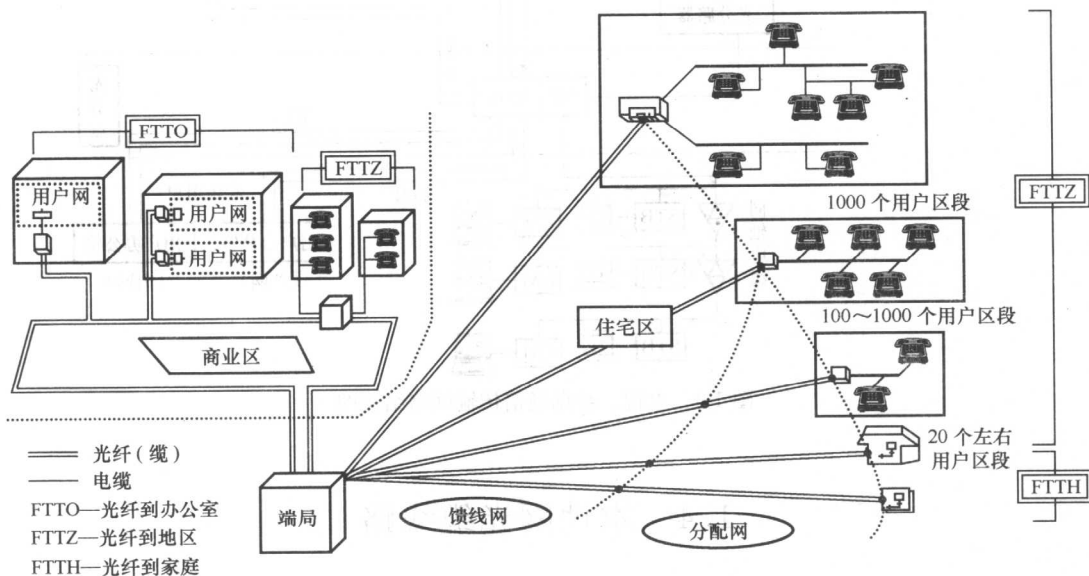


图 1-3 光纤接入网示意图

3. 光纤在电视、数据通信传输中的应用

利用光纤作为有线电视(CATV)的干线传输媒质,可大大提高信号传输质量,为多功能、大容量的信息传送提供了基础。然而,做到光纤到户成本很高,难以大规模实现。因此,目前CATV网的最佳选择是光纤、同轴电缆混合(HFC)传输方式。由于光纤网络的建立,计算机的局域网也可以连在分前端,如图1-4所示。

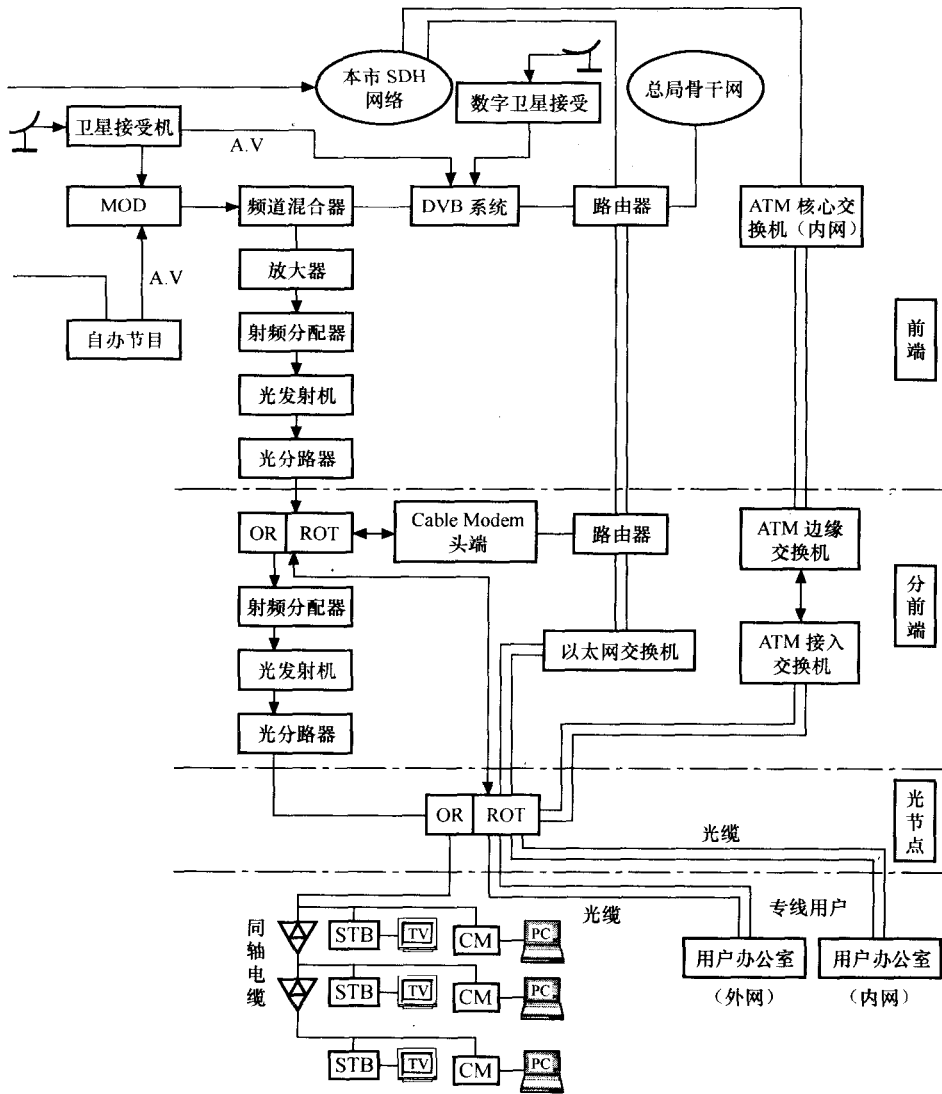


图 1-4 电视、数据通信传输网络结构图

1.4 本地网光缆线路

我国已经制定的国内通信网的技术体制中，将通信网划分为干线（长途）网和本地网。本地通信网的覆盖范围包括城镇和乡村，在我国是依据行政或经济区域，按照大城市、省会城市、省辖市（地专区级）及其分别包括的市区、郊区、乡镇以及所管辖的县的范围来划定的。本地通信网（简称本地网）是指同一国内长途编号区范围内的网络，是由若干个汇接局、端局、设备间（远端模块）、局间中继线、用户线和用户终端等所组成的通信交换传输网。本地网的服务范围是同一国内长途编号区内的所有用户。本地网的网络组织打破了原市话、郊话和农话网的界限而统一长途编号，统一组网。所谓本地网光缆就是指本地网线路中

的所有光缆线路。本地网光缆线路有以下特点。

(1) 本地网光缆主要由局间中继光缆、用户主干光缆（环）和用户接入光缆 3 个部分组成。

(2) 光缆的敷设形式主要有管道、架空和直埋 3 种方式。

(3) 本地网通信光缆都是单模光缆，目前基本上都是 G. 652 光纤。

(4) 光缆成端主要有 FC 型、SC 型和 D4 型等。SC 型为插拔式，使用方便，大芯数光缆多为 SC 型成端。FC 型为通用型，一般光缆以及光交接箱多为 FC 型成端。早期的光缆多为 D4 型成端，由日本引进，目前已处淘汰状态。

(5) 光缆芯数有 4、8、12、24、48、72、96、114、192、216、288 芯等多种，其中 4、8、12、24、48、72 芯光缆一般都是单芯光缆，96、114、192、216、288 芯光缆一般都是带状光缆，光纤带分为 4 芯带、6 芯带、8 芯带、12 芯带等。

(6) 本地网光缆线路大部分都比较短，路由走向复杂，中继光缆、用户主干光缆和用户接入光缆纵横交错，一般同一路由可能有数条光缆，而同一局向又可能有几条光缆传输路由。中继光缆有直通形、T 形、Y 形等网络结构，用户主干光缆主要有树状和环状结构。在系统传输方面纤芯占用变动性大，局内跳接多。

1.5 骨干网光缆

本地网与本地网之间的连接交换传输光缆线路就是所谓的“一级干线”（长途）光缆网，也就是所谓的骨干网光缆（一个本地网内部的市—市—县之间的中继线被习惯地称作“二级干线”，相应的交换传输网也就被称作“二级干线”网，这部分应归为本地网）。

1.6 本地网光缆线路的发展趋势

1.6.1 数字式光纤通信系统的现状

数字式光纤通信系统有两种传输制式，即 PDH 和 SDH。PDH 传输体制的速率按群次来分，例如，基群速率是 2.048Mbit/s；2 次群速率是 8.448Mbit/s；3 次群速率是 34.368Mbit/s；4 次群速率是 139.264Mbit/s。SDH 传输体制的速率，根据 ITU-T 建议按 SDH 同步传输模块 STM-N 系列来分，例如，STM-1 速率是 155.520Mbit/s；STM-4 速率是 622.080Mbit/s；STM-16 速率是 2 488.320Mbit/s（即 2.5Gbit/s）；STM-64 速率是 9 953.280Mbit/s（即 10Gbit/s）；STM-N 速率是 $155.520 \times N$ Mbit/s。根据所需容量来选择同步数字传输系列等级，一般大、中城市市内中继光纤通信系统选用 STM-16；小城市（镇）和乡村中继光纤通信系统既可选用 STM-1 和/或 STM-4，也可选 PDH 传输体制的 2 次群和/或 3 次群。长途干线光纤通信系统选用掺铒光纤放大器为光中继器的 32 波分复用系统，即 $32 \times$ STM-64 所组成的光纤通信系统，如图 1-5 所示。光波分复用是在一根光纤上传输多个光信道的光纤通信方式，充分利用了光纤带宽，有效扩展了通信容量。

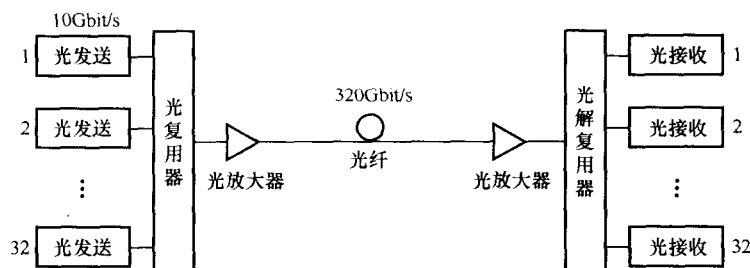


图 1-5 32×STM-64 光纤通信系统

1.6.2 光纤通信发展趋势

光纤通信技术的问世与发展给世界电信业带来了革命性的变化。特别是经历近 30 年的研究开发, 光纤、光缆、器件和系统的品种不断更新, 其性能更加完善, 已使光纤通信成为信息高速公路的传输平台。当今, 光纤通信技术的发展趋势主要有以下几点:

1. 光纤、光缆发展趋势

由于光纤传输速率的逐步高速化、大容量化, 光纤衰减、色散和非线性效应等现象严重影响光纤系统的传输质量。因而, 人们已将光纤的工作波长由 850nm 向 1 310nm~1 550nm 的长波长移, 进而向 2 000nm 方向发展。为降低衰减、色散和非线性效应, 现已研制出了常规单模光纤 (ITU-T G. 652)。G. 652 光纤成为最广泛应用的光纤, 它在 1 310nm 为零色散, 1 550nm 为最低损耗, 其工作波长为 1 310nm。色散位移单模光纤 (ITU-T G. 653) 低损耗和零色散性能均出现在 1 550nm, 工作波长为 1 550nm。非色散位移单模光纤 (ITU-T G. 655) 在 1 550nm 处损耗小, 色散小, 非线性效应小。

随着光纤通信容量不断增大、中继距离不断增长的需求, 保偏光纤是重要研究方向。采用相干光纤通信系统, 可实现越洋无中继通信, 但要求保持光的偏振方向不变, 以保证相干探测效率, 因此常规单模光纤要向着保偏光纤方向发展。

随着通信的发展, 用户对通信的要求, 即从窄带电话、传真、数据和图像业务逐渐转向可视电话、电视点播、图文检索和高速数据等宽带新业务。由此而诞生了光纤用户网。光纤用户网的主要传输媒介是光纤。但用户光缆的特点是含纤数量要高, 可高达 2 000~4 000 芯, 这种高密度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。

2. 光纤通信系统向高速化发展

随着信息社会的到来, 信息共享、有线电视、电视点播、电视会议、家庭办公和计算机互联网等应运而生, 迫使光纤通信向高速化、大容量方向发展。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。

现代电信网的发展对光纤通信提出了更高的要求, 光纤通信已由以往单信道的光纤通信系统向多信道的波分复用系统发展。采用波分复用技术充分利用了光纤的宽低损耗区, 在不改变现有光纤通信线路的基础上, 可以很容易地成倍提高光纤通信系统的容量。目前, 在骨干网传输上, 密集波分复用 (DWDM) 加掺铒光纤放大器 (EDFA) 的高速光纤通信系统发展成为主流。实用的 DWDM 系统工作在 8~32 个波长上, 每个波长的工作速率为 2.5Gbit/s 或 10Gbit/s。为了充分利用现有光缆线路, 本地网的局间中继光纤通信系统可选

择粗波分复用 (CWDM) 传输方式。

光纤通信系统向相干光纤通信系统方向发展, 成为另一个趋势。目前大多数光纤通信系统采用的是强度调制——直接检测, 在相干光纤通信系统中采用相干检测方式, 最大的好处是可提高光接收机的检测灵敏度, 从而提高了光纤通信的传输距离。

3. 光纤通信网络发展趋势

光纤通信从一开始就是为了传送基于电路交换的信息的, 客户信号一般是 TDM 的连续码流, 如 PDH、SDH 等。随着计算机网络, 特别是互联网的发展, 数据信息的传送量越来越大, 客户信号中基于分组交换的具有随机性、突发性的分组信号比例逐步增加。

由于 SDH 系统的良好特性及大量资源, 起初只是用 ATM 承载传送数据信号。后来, 通过 SDH 网络承载的数据信号的类型越来越多, 如 FR、ATM、IP、10M-BaseT、DDN、FDDI、光纤通路、FICON、ESCON 等。如将 IP 信号送进 ATM, 然后再映射进 SDH 虚容器 VC 进行传送, 即成为 IP over ATM, 再通过 SDH 进行传送; 如果直接将 IP 信号送到 SDH, 即成为 IP over SDH。

IP over SDH 是将 IP 数据包通过点到点协议 (PPP) 直接映射到 SDH 帧, 省掉了中间复杂的 ATM 层, 保留了 IP 网的无连接特征, 形成统一的平面网, 简化了网络体系结构, 提高了传输效率, 降低了成本, 且易于 IP 组插和兼容的不同技术体系实现网间互联。省掉 ATM 方式所不可缺少的信头开销和 IP over ATM 封装和分段组装功能, 将使通透量增加 25%~30%。当 IP 业务量逐渐增加, 需要高于 2.4Gbit/s 的链路容量时, 则最终将会省掉中间的 SDH 层, 形成 IP over Optical 网络结构。

由上可见, 随着网络化时代的到来, 网络的不断演进和巨大的信息传输需求, 对光纤通信提出了更高的要求, 同时也促进了光纤通信高技术的发展。就光纤通信网络技术而言, 其发展方向有以下几点。

(1) 信道容量不断增加 (增加业务传输容量, 提供各种新业务: 宽带和多媒体)

目前, 实用化的单通道速率已由 155Mbit/s 提高到 $32 \times 10\text{Gbit/s}$, $160 \times 10\text{Gbit/s}$ 系统也已投入商用。在实验室, NEC 实现了 $274 \times 40\text{Gbit/s}$ 系统; 阿尔卡特实现了 $256 \times 40\text{Gbit/s}$ 系统; 西门子实现了 $176 \times 40\text{Gbit/s}$ 系统。

(2) 超长距离传输

目前, 实用化的传输距离已由 40km 提高到 160km。拉曼光纤放大器的出现, 为进一步增大无再生中继距离创造了条件。在实验室, 已实现从 600km 增加到 3 000km、4 000km 的无电再生中继的超长距离传输。

(3) 光传输与交换技术融合

实用化的点到点通信的 WDM 系统具有巨大的传输容量, 但其灵活性和可靠性不够理想。采用光分插复用器 (OADM) 和光交叉连接设备 (OXC) 实现光联网, 即由 MSTP over SDH/WDM 发展到自动交换光网络 (ASON)。预计在未来 10 年内的超高速网络中, 采用原来网络的 DXC 设备会走向光传送网。其关键技术是 DWDM 传输、光放大、光节点处理及多信道管理等。据报道, 256×256 全光交叉连接设备已研制出来。

(4) 光纤接入网 (解决全网瓶颈的技术)

随着对光通信的需求由骨干网逐步向城域网 (本地网中的城区部分, 特别是大城市) 转移, 光纤传输在逐渐靠近业务节点。对于数据业务的用户, 希望光通信既能提供传输功能, 又能提供多种业务接入功能, 这就是目前已广泛使用的基于 SDH 的多业务传送平台