

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

光缆与 光设备维护

赖敏 主编

张超 陈俊秀 编著

*Electronic
Information*



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

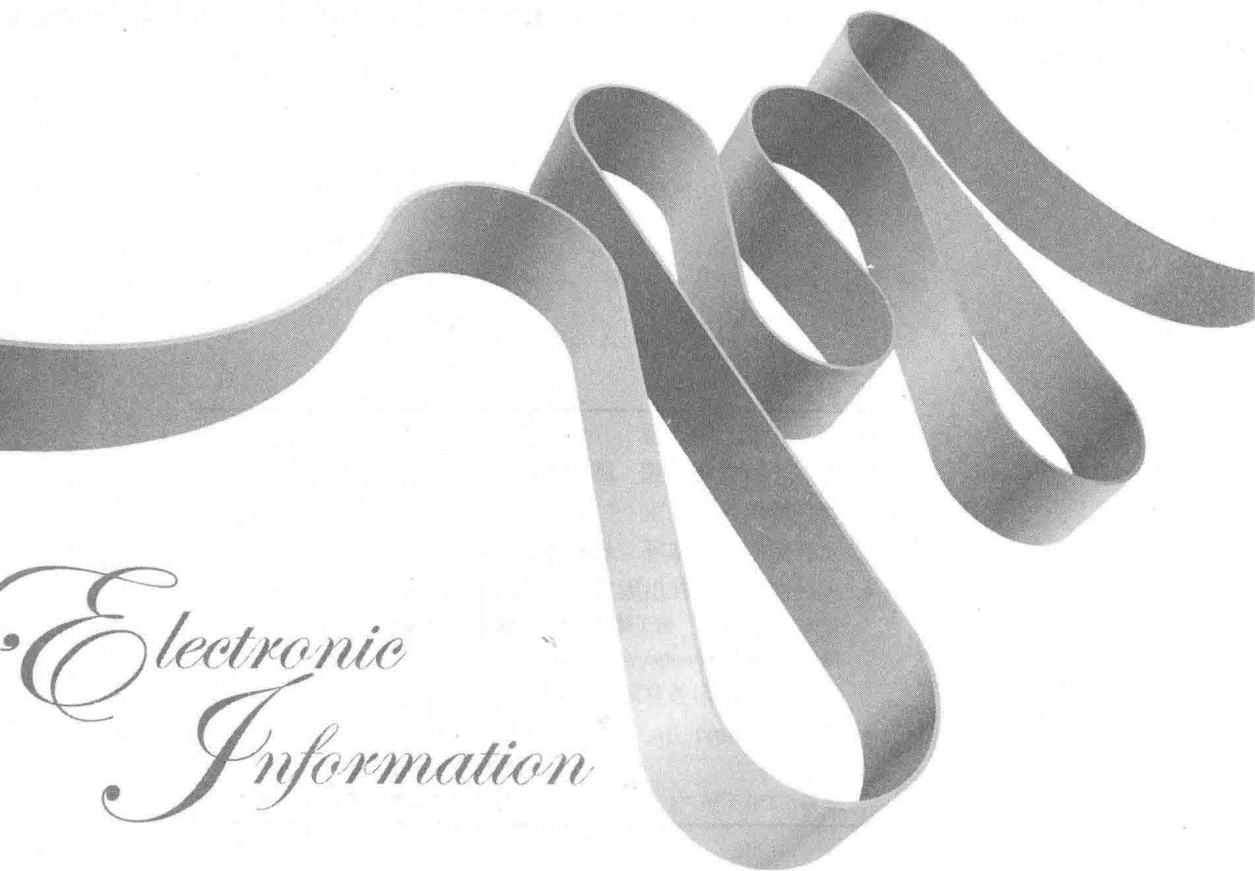


21世纪高职高专电子信息类规划教材
21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

光缆与 光设备维护

赖敏 主编

张超 陈俊秀 编著



*Electronic
Information*

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

光缆与光设备维护 / 赖敏主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 8
21世纪高职高专电子信息类规划教材 中国通信学会
普及与教育工作委员会推荐教材
ISBN 978-7-115-35113-5

I. ①光… II. ①赖… III. ①光缆通信—高等职业教育—教材 IV. ①TN913.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第146030号

内 容 提 要

本书按照最新的职业教育理念,基于学习领域的课程开发方法进行编写,全书根据光纤传输系统涉及的主要工作岗位共设5个项目,包括认识光传输系统、光缆线路基本维护、光缆线路故障处理与维护、光传输设备基础维护与光传输设备故障处理与维护。每个项目下设几个学习任务,按照项目要求、知识储备、案例分析、项目实践的内容进行编排。每个项目都是理论与实践一体化的综合性学习任务。在内容选取上,减少了光学器件原理的介绍,增加了大量与工作岗位实践相关的技能知识。

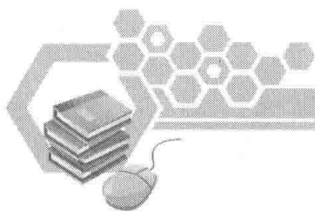
本书可作为高等职业院校通信技术、计算机网络技术等专业的教学用书,也可作为光传输系统工程领域的技术参考用书。

-
- ◆ 主 编 赖 敏
编 著 张 超 陈俊秀
责任编辑 滑 玉
责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14 2014年8月第1版
字数: 350千字 2014年8月河北第1次印刷
-

定价: 38.00元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

前言



光纤传输系统是现代通信网的重要基础，是国家工业化和信息化融合的重要纽带，也是三大电信运营商的各种业务承载的平台。发展光纤传输系统，构建“百兆进户，千兆进楼，T级出口”的智能宽带网络，需要很多技术过硬，素质较高的基层管理维护人员。

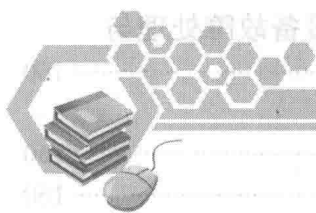
本书针对目前电信运营商对传输维护人员的要求，面向工作岗位，构建与工作过程一致的任务体系，以项目为依托，以完成各个任务为目的，使读者在逐步学习中掌握基础知识，熟悉工作岗位任务。相对于以前的光纤通信技术类教材，本书减少了基本器件原理的介绍，增加了工作过程的内容，使读者了解光纤传输系统组成、工作原理；掌握光缆线路的日常维护和故障处理方法；掌握光传输设备的硬件结构、软件调测、业务开通、日常维护和故障处理等基本技能，以满足通信企业传输设备综合维护、光纤传输专业维护、通信工程设计、通信工程安装及通信工程监理等岗位工作能力需求。培养读者具备读取、分析并提炼光纤传输系统运行数据的能力；具备光纤传输设备规范操作能力；具备光纤传输设备日常巡检维护能力；具备光缆线路日常巡检维护能力；具备光纤传输系统故障处理能力。

本书由赖敏任主编，张超、陈俊秀、刁碧参与编写。其中项目1、项目2由赖敏编写，项目3由陈俊秀编写，项目4由赖敏、刁碧共同编写，项目5由张超编写。

本书邀请了企业专家共同参与编写。在编写过程中，企业专家根据企业对人才岗位技能的要求，对编写大纲提出了很多宝贵的意见。在编写本书的过程中，我们充分利用了学院的通信实验室，拍摄了大量照片用于本书的插图，使得内容更加生动。同时，本书的编写还参考了四川电信的传输维护机务员工作手册，以及华为公司的光传输案例手册。在此表示衷心的感谢。同时感谢学院及通信工程系领导对本课程提出的宝贵意见。

由于编者能力有限，书中难免出现谬误，欢迎读者批评指正。

编者



项目 1 认识光传输系统 1	项目 3 光缆线路故障处理与维护 ... 52
1.1 项目要求 1	3.1 项目要求 52
1.2 知识储备 1	3.2 知识储备 52
1.2.1 光纤通信概述 1	3.2.1 光缆线路故障的分类 52
1.2.2 光纤传输系统组成及 分类 3	3.2.2 光缆线路故障处理的常用 方法 53
1.2.3 光纤传输系统的应用 5	3.2.3 光缆线路故障处理的 原则 56
1.3 案例分析 7	3.2.4 光缆线路故障处理流程 56
1.4 项目实践 8	3.2.5 光缆故障处理注意事项 58
小结 10	3.2.6 光纤连接的分类及特性 59
习题 10	3.2.7 光纤熔接机介绍 62
项目 2 光缆线路基本维护 11	3.2.8 光纤接续与安装 63
2.1 项目要求 11	3.2.9 光缆接头盒 66
2.2 知识储备 11	3.2.10 光纤接续常见故障 68
2.2.1 光纤的基本知识 11	3.2.11 接续熔接故障分析 69
2.2.2 光纤的传输特性 14	3.3 案例分析 70
2.2.3 单模光纤的选用 22	3.3.1 光缆故障定位 70
2.2.4 光缆的结构及分类 25	3.3.2 光纤接续操作 71
2.2.5 光缆型号 28	3.4 项目实践 74
2.2.6 光缆的端别及纤序 33	3.4.1 任务 1 光缆故障定位 74
2.2.7 光缆线路日常维护 34	3.4.2 任务 2 光纤断点熔接 75
2.3 测试仪器: OTDR 原理与 使用 41	3.4.3 任务 3 光缆接头盒的 密封固定 76
2.4 项目实践 47	小结 77
2.4.1 任务 1 光纤光缆认知 47	习题 77
2.4.2 任务 2 光纤特性参数 测量 48	项目 4 光传输设备基础维护 79
2.4.3 任务 3 光缆日常维护 50	4.1 项目要求 79
小结 50	4.2 知识储备 79
习题 51	4.2.1 传输设备维护基础 79
	4.2.2 SDH 原理 87



目
录

4.2.3	MSTP 原理	107
4.2.4	WDM 原理	113
4.2.5	典型传输设备	120
4.3	案例分析	132
4.3.1	链状组网案例	132
4.3.2	环状组网案例	135
4.3.3	环带链组网案例	141
4.4	项目实践	148
4.4.1	任务 1 电路的开放与调度	148
4.4.2	任务 2 光传输设备光电接口参数测试分析	149
4.4.3	任务 3 光传输设备混合组网	151
	小结	159
	习题	159

项目 5 光传输设备故障处理与维护

5.1	项目要求	160
5.2	知识储备	160
5.2.1	光设备告警	160
5.2.2	光设备故障处理	179
5.3	典型案例分析	183
5.4	项目实践	215
	任务 传输系统故障处理	215
	小结	216
	习题	216

参考文献

参考文献	218
------	-----

项目 1

认识光传输系统

【项目目标】

1. 具备识别光传输线路各部分的能力;
2. 具备绘制整个传输线路结构图的能力;
3. 具备洞察传输技术发展方向的能力。

【项目背景】

1. 网络机房;
2. 传输设备。

1.1 项目要求

绘出一次固话通信过程中依次要经过哪些线路与设备,并标出各设备的信号类型和速率,指出各设备与系统框图的对应关系。

在学习收集相关资料基础上了解传输线路结构,熟悉传输系统各部分功能,说明光传输系统的应用及发展。

1.2 知识储备

1.2.1 光纤通信概述

光纤通信作为现代通信的三大主要传输手段之一,在现代通信网中具有重要的作用。光纤通信就在我们的身边,当我们打开电视,拿起电话,去银行 ATM 机取款或上网冲浪,光纤把我们需要得到的图像、语音和数据等信息以几十上百吉比特的速率传送到目的地。光纤通信以其频带宽、通信容量大、损耗低、传输距离远、抗电磁干扰强、传输质量佳等优点,必将成为有线传输的首选方式。

一、光通信起源

古代的光通信只是利用光进行简单的信息传递,这与现代复杂的光通信系统有很大的区别,但是,它们本质上都是使用光信号来交换信息,所以将这些通信方式都统称为光通信。最早出现的光通信包括 3000 年前的烽火台、17 世纪中叶发明的望远镜、1791 年法国人发明的信号灯以及 1880 年贝尔发明的光电话。这些光通信方式都是利用可见光作为光源,大气

作为光通道，光波传播易受气候的影响，在大雾天气，它的可见度距离很短，遇到下雨下雪天也有影响。由于光在空气中沿直线传播，遇到障碍物不会拐弯，我们平常的通信都在房子里，可见光照不进去就不能进行通信。后来人们将研究的重点转到地下波通信的实验，先后出现过反射波导和透镜波导等地下通信实验，虽然利用光反射与投射的光学玻璃通道来传送光信号实现了光拐弯，但是光通道的建设成本太高，光传输损耗太大，没有办法进行大规模使用。到 20 世纪 60 年代中期，优质光学玻璃的损耗仍高达 1000dB/km。

1966 年，英籍华人高锟 (K.C.Kao, 当时工作于英国标准电信研究所) 博士深入研究了光在石英玻璃纤维中的严重损耗问题，发现这种玻璃纤维引起光损耗的主要原因是其中含过量的铜、铁与锰等金属离子和其他杂质，其次是拉制光纤的工艺技术造成了芯、包层分界面不均匀及其所引起的折射率不均匀，他还发现一些玻璃纤维在红外光区的损耗较小。高锟博士因在“有关光在纤维中的传输以用于光学通信方面”做出的突破性成就，被称为“光纤之父”，并获得 2009 年诺贝尔物理学奖。

1970 年，美国的康宁公司拉出了第一根损耗为 20dB/km 的光纤，因此，1970 年也被称为“光纤通信元年”。低损耗光纤发明之后，光纤通信的发展进入一个蓬勃发展的阶段。1977 年美国在芝加哥进行了 44.376Mbit/s 的现场实验；1978 年，日本开始了 32.064Mbit/s 和 97.728Mbit/s 的光通信实验；1979 年，美国 AT&T 和日本 NTT 均研制出了波长为 1.35μm 的半导体激光器。

二、光纤通信的定义

光纤通信是指利用光波作为载波，以光纤作为传输介质的通信方式。这里所说的光波是电磁波，其波长在微米级，频率为 $10^{13} \sim 10^{14}$ Hz 数量级。我们知道电磁波的波谱图，如图 1-1 所示。光波在电磁波谱中的位置，可见光的光波长在 0.39~0.76μm，包括红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫，混合成白色。可见光中红色的波长最长。比红光波长更长的光，即波长大于 0.76μm 的光是不可见的红外光，在 0.76~15μm 的光波长称为近红外波，在 15~25μm 的光波称为中红外波，在 25~300μm 的光波称为远红外波。比紫外波长更短的波为不可见的紫外光，紫外光的范围为 0.39~0.006μm。紫外光、可见光和红外光统称光波。



图 1-1 电磁波波谱图

目前，光纤使用的波长范围是在近红外区内。光纤通信初期，根据光纤的损耗特性，光纤通信波长使用 0.85μm、1.31μm 和 1.55μm 3 个窗口。0.85μm 窗口在早期的模拟光通信中使用，由于在常规单模光纤中 1.31μm 处具有零色散的特性，故被称为零色散窗口；1.55μm 处具有较低的损耗，故被称为低损耗窗口。随着光纤技术的飞速发展，新一代的光纤已经突破了 3 个低损耗窗口的瓶颈，实现了全波段的使用 (1260~1625nm)。光纤通信新材料和新技术的应用，提高了光波的可利用率，使光纤通信的容量大幅度提高。



1.2.2 光纤传输系统组成及分类

一、光纤通信系统的组成

光纤通信系统的种类很多，我们以数字光纤通信系统为例介绍一般的光纤通信系统的结构。如图 1-2 所示，光纤通信系统由光发射机、光纤线路和光接收机构成。

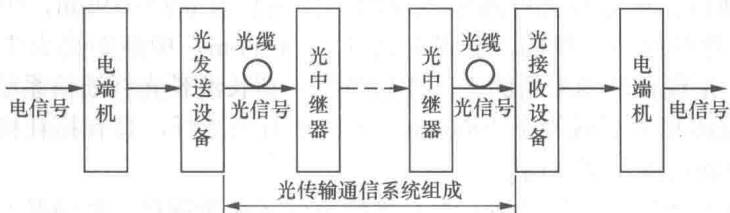


图 1-2 光纤通信系统构成

目前实用的光纤通信系统都采用直接检波系统。直接检波就是在发送端直接把信号调制到光波上，而在接收端用光电检测器直接把被调制的光波检波为原信号的系统。

电终端机就是一般电信号设备，如交换机或电视图像发送与接收设备。

光发送机和光接收机统称为光端机。光发送机的作用是将电终端机送来的数字电信号进行电/光转换，并把转成的光脉冲信号流输入到光纤中进行传输。光发送机的核心器件是光源，光源器件一般是光电二极管（LED）和激光器（LD），在长距离、大容量的系统中常选用激光器。光接收机的作用就是进行光/电转换，其核心器件是光电检测器，常用的光电检测器有光电二极管（PIN）和雪崩光电二极管（APD），在长距离、大容量的通信系统中接收端常选用雪崩光电二极管。

光纤线路部分包括光纤连接器、光缆和光中继器等。光纤连接器包括活动连接器和固定连接接头。活动连接器主要是连接光纤和传输设备，要求活动连接器的损耗为不大于 0.5dB/个；固定连接接头是光缆盘间的熔接接头，一般光缆的盘长为 2km，超过 2km 就要进行接续，利用光纤熔接机进行的熔接固定接头损耗要求不大于 0.05dB/个。光缆根据类型的不同，可以适用不同的波长系统和敷设方式。光中继器的作用是对长距离传输的光信号的衰减和畸变进行补偿和整形，保证光信号的传输质量。传统的光中继器是将光信号转换为电信号，再对电信号进行放大后转换成光信号，即光/电/光的中继方式。随着全光网建设的推进，光/电/光的中继方式逐渐被直接光放大的中继器取代，在光线路中常用掺铒光纤放大器（EDFA）作为光/光中继器。

二、光纤通信系统的分类

常用的光通信有大气激光通信、光纤通信、蓝绿光通信、红外线通信和紫外线通信，现在使用最多的光通信方式是光纤通信。

从相对论的观点出发，物质具有双重性，即波动性与微粒性。物质的波动理论认为光是一种电磁波，因此电磁场理论也适用于光波。从微粒论观点出发，光是由一种具有一定能量的光子组成的。根据光波的双重性，可将光纤通信系统分为经典光纤通信和量子光纤通信两大类。经典光纤通信涉及的方式包括强度调制/直接检波（IM/DD）方式、相干光纤通信、光孤子通信、全光通信、光波长复用通信等。所谓量子光通信，是以光子作为信息载

体、以光纤作为传输介质的通信手段。光量子通信论的优点在于其通信容量可超过经典光通信几个数量级。

从原理上看,构成光纤通信的基本物质要素有光纤、光源和光电检测器。光纤通信系统可根据使用的光波长、传输信号形式、传输光纤类型和光接收方式不同,分成各种类型。

1. 按传输光波长划分

根据传输的波长,可以将光纤通信系统分为短波长光纤通信系统、长波长光纤通信系统及超长波长光纤通信。短波长光纤通信系统的工作波长为 $0.7\sim 0.9\mu\text{m}$, 中继距离小于或等于 10km ; 长波长光纤通信系统的工作波长为 $1.1\sim 1.6\mu\text{m}$, 中继距离大于 100km , 其损耗小, 中继距离长, 是现在普遍采用的光纤通信系统; 超长波长光纤通信系统的工作波长大于或等于 $2\mu\text{m}$, 中继距离大于或等于 1000km , 采用非石英光纤, 具有损耗极低、中继距离极长的优点, 是光纤通信的发展方向。

目前短波长光纤通信系统早已被长波长光纤通信系统所取代, 长波长光纤通信系统是日前光纤通信系统应用的主流。超长波长光纤通信系统具有传输衰减极小等特点, 是目前一个重要的研究方向。

2. 按光纤传导模式数量划分

根据光纤的传导模式数量, 可以将光纤通信系统分为多模光纤通信系统和单模光纤通信系统。多模光纤通信系统是早期采用的光纤通信系统, 目前主要用于计算机局域网当中。单模光纤通信系统是日前广泛应用的光纤通信系统, 具有传输衰减小、传输带宽大等特点。

3. 按调制信号形式划分

根据调制信号的类型, 可以将光纤通信系统分为模拟光纤通信系统和数字光纤通信系统。模拟光纤通信系统使用的调制信号为模拟信号, 具有设备简单的特点, 一般多用于视频信号的传输。光纤数字通信系统使用的调制信号为数字信号, 具有传输质量高、通信距离长等特点, 几乎适用于各种信号的传输, 目前已得到了广泛的应用。

4. 按传输信号的调制方式划分

根据光源的调制方式, 可以将光纤通信系统分为直接调制光纤通信系统和间接调制光纤通信系统。由于直接调制光纤通信系统具有设备简单的特点, 因此在目前的光纤通信中得到了广泛的应用。间接调制光纤通信系统具有调制速率高等特点, 所以是一种有发展前途的光纤通信系统, 在实际中已得到了部分应用。

5. 其他划分

其他类型的光纤通信系统如表 1-1 所示。

表 1-1 其他类型的光纤通信系统

类别	特点
相干光纤通信系统	光接收灵敏度高, 光频率选择性好, 设备复杂
光波分复用通信系统	一根光纤中传输多个波长, 超大容量, 经济效益好
光频分复用通信系统	可大大增加复用光通信, 各信道间干扰小, 技术复杂
光时分复用通信系统	可实现超高速传输, 技术先进
全光通信系统	传输过程无光电变换, 具有光交换功能, 通信质量高
副载波复用光纤通信系统	数/模混传, 频带宽, 成本低, 对光源线性度要求高
光孤子通信系统	传输速率高, 中继距离长, 设计复杂
量子光通信系统	量子信息论在光通信中的应用



1.2.3 光纤传输系统的应用

光纤传输系统的应用场合已逐步从长途干线、市话局间中继扩大到用户接入网。不仅用于传送语音信息，还用于传送数据信息、图像等多媒体信息。下面给出传输系统在各种业务网中的应用。

一、电话通信网

在固定电话通信网中，传输的业务主要是语音业务，为实现网内任意用户之间的通信，需要在本地电话局至国际长途局之间建立光纤传输线路，如图 1-3 所示。

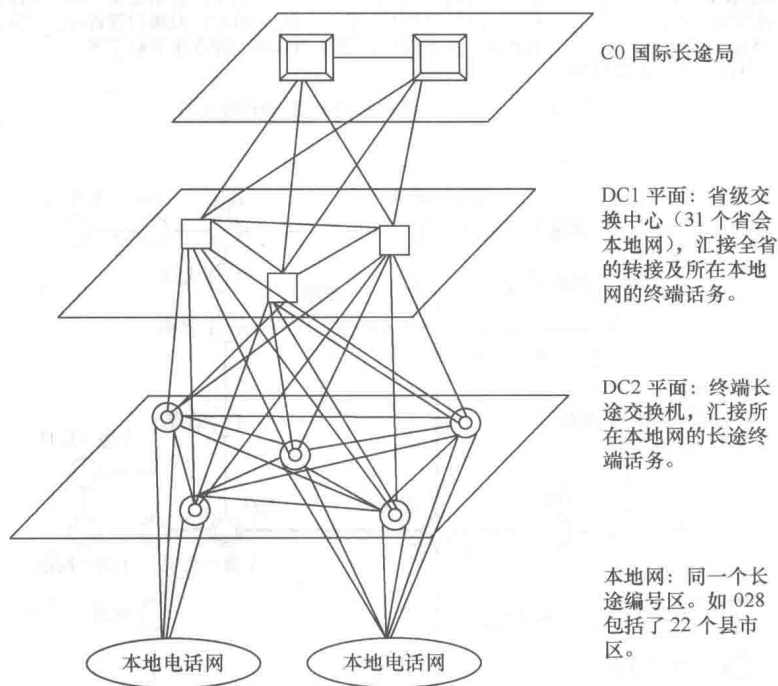


图 1-3 光纤传输系统在电话业务中的应用

二、移动通信网

移动通信网是目前发展较为迅速的业务网，图 1-4 是传输系统在移动通信网中的应用示意图。图中粗实线表示需要传输线路进行连接，其中基站收发信机（BTS）至基站控制器（BSC）、基站控制器（BSC）至移动交换中心（MSC）之间设置 STM-N 的传输通道；MSC 与 MSC 之间、MSC 至固定电话网（PSTN）及其他通信网间，根据话务量的大小及数据传输带宽需求也要设置 STM-N 光传输通道。

三、互联网

在信息技术高速发展的今天，数据传输是极为重要的，国内先后建立了 CHINANET、CNCNET、CRNET、CERNET、CSTNET 等高速光纤主干网。图 1-5 是光纤传输系统在中国教育和科研计算机网 CERNET 中的应用示意图。

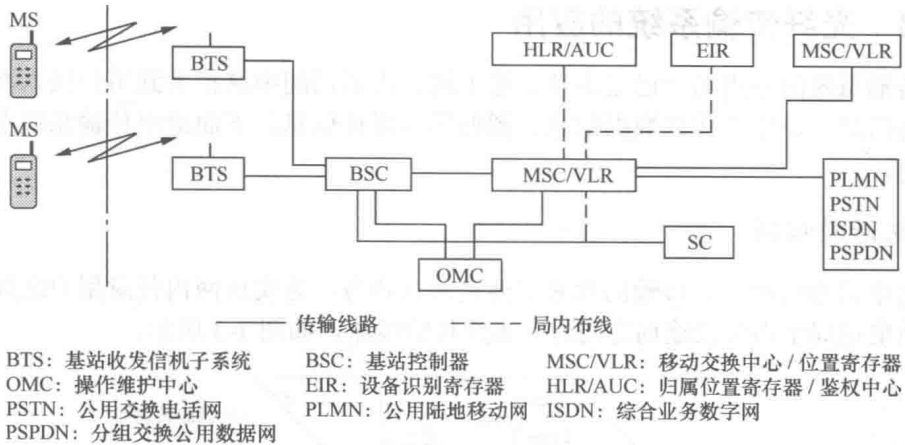


图 1-4 光纤传输系统在移动业务网中的应用

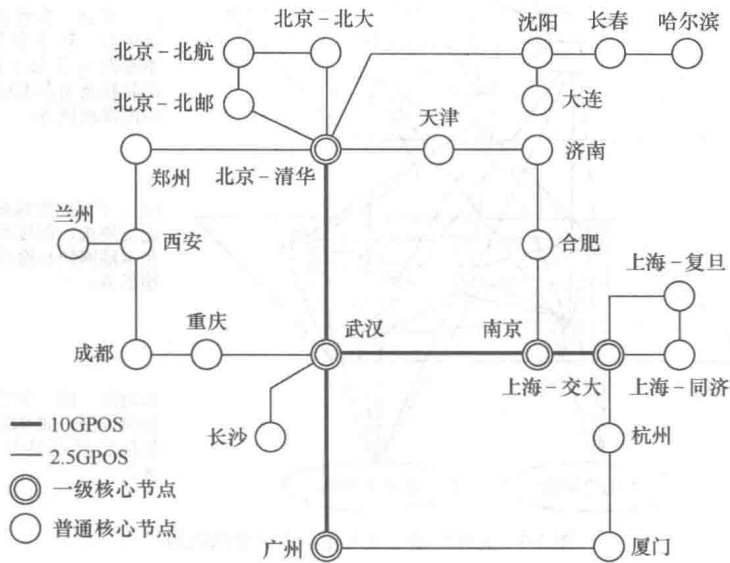


图 1-5 光纤传输系统在互联网中的应用

建成的 CNGI-CERNET2 主干网连接了我国 20 个城市，25 个核心节点，传输速率为 2.5~10Gbit/s。节点间均采用光纤传输线路，一级核心节点间采用 10GPOS 的速率，普通节点间采用 2.5GPOS 的速率。

四、接入网

在过去的 20 年中，光纤传输系统在长途网和本地网中的应用大大降低了成本和提高了传输质量，但用户接入网仍以铜线为主要传输媒介，成为现代电信网的“瓶颈”。随着人们对综合宽带业务需求的不断增加及各种新技术的涌现，光纤传输在接入网中也得到了广泛的应用。

采用光纤传输的接入网为光纤接入网。光纤接入网根据光纤到用户的距离，可以分为光纤到路边 (Fiber To The Curb, FTTC)、光纤到大楼 (Fiber To The Building, FTTB)、光纤

到户 (Fiber To The Home, FTTH) 等, 统称为 FTTx。FTTB 与 FTTC 的结构很相似, 区别在于 FTTC 的光网络单元 (ONU) 放置在路边, 而 FTTB 的 ONU 放置在大楼内。FTTH 可以实现从端局到用户家中 ONU 全程光纤连接, 其特点是传输容量大, 可以及时引入新业务, 但建设成本较高。图 1-6 为几种常用的应用场景。

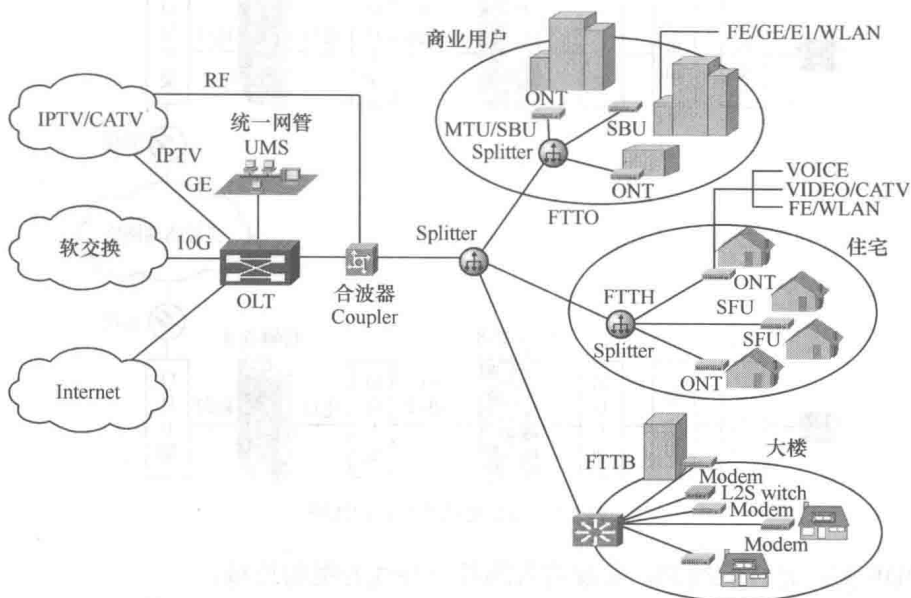


图 1-6 FTTx 光纤接入网

1.3 案例分析

一、固定电话光纤传输线路的构成

图 1-7 是两部固定电话通过光纤传输系统通话的线路图, 该线路由以下几部分构成。

(1) 分线盒: 是配线电缆或光缆的终端, 连接配线电缆或光缆和用户线路部分, 对主线进行分支。分线盒可安装在桥架、箱体、管道、电缆沟等狭小的空间内, 不占用建筑的有效使用面积, 安装方便, 不需要截断主电缆。

(2) 交接箱: 实现主干电缆或光缆与配线电缆或光缆的连接。

(3) MDF 架: MDF 总配线架 (音频配线), 用于局内交换设备与局外线路的接口, 借助于配线可以方便进行用户线路与交换设备之间的连接, 具有连接内、外线跳线, 对用户线路过压过流防护、故障告警, 用户线路测试等功能。

(4) DDF 架: 数字配线架, 连接程控交换机与传输设备, 分为传输侧与交换侧。

(5) 传输设备: 进行光/电、电/光转换和信号处理。传输设备通过光纤的跳线连到 ODF 架, 根据光接口类型的不同, 选择合适的跳纤。常用的光纤接口有 FC、SC、LC、ST 等。FC 是圆型带螺纹的连接, 主要用在光纤配线架 (ODF 架) 上。SC 的连接是卡接式的方形, 主要用在光设备的光口上。为了增加设备面板上光口的数量, LC 类型采用 1.2mm 的小尺寸的卡接式连接, 在相同面积上相对 SC 的接口可以增加一倍的光口数量。ST 的连接是

卡挂式的圆形，主要用在光纤电视网络中。根据光纤端面的研磨类型，还可以把连接器的接口类型分为 UPC 与 APC 耦合方式，UPC 耦合为球面，APC 耦合为斜面，不同类型不同端面的连接器不能混用。

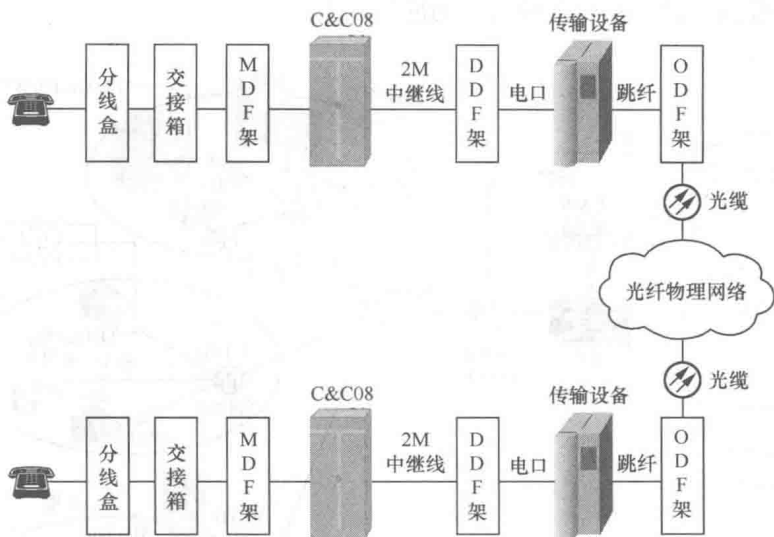


图 1-7 固定电话光纤传输线路

(6) ODF 架：光纤配线架，实现设备跳纤与外线光缆的连接。

(7) 光纤物理网络：由光缆与光设备构成的传输网络，可以分为接入层、汇聚层、核心层和骨干层。

二、固定电话光纤传输过程

从交换机出来的 2M 信号或其他速率的信号（如 34/45M、140M 等）通过传输设备转化成 STM-1（155M）、STM-4（622M）、STM-16（2500M）等信号帧结构发送到光路上，通过光纤传送到对端，再由对端的传输设备将其转化为原来的 2M 信号或其他相应速率的信号，引入交换机或接入网。

1.4 项目实践

任务 认识光传输系统

一、教学目标

终极目标：掌握机房传输网络的连接及结构。

促成教学目标：熟悉机房传输网络的连接并画出逻辑拓扑图。

二、实训环境

传输机房。



三、操作步骤

第一步 参观电话机通过双绞线连接到交换机、交换机通过 DDF 架连接到传输设备，认识并记录双绞线、分线盒、交接箱、MDF 架、交换机与 DDF 架。填写表 1-2~表 1-6。

表 1-2 分线盒特性表

所处位置	容量	进线名称	出线名称	作用

表 1-3 交接箱特性表

类型	容量	进线名称	出线名称	作用

表 1-4 MDF 架特性表

名称	容量	进线单元	出线单元	作用

表 1-5 交换机特性表

名称	作用

表 1-6 DDF 架特性表

名称	进线单元	出线单元	作用

第二步 观看并记录传输设备经过 ODF 架与外线光缆连接，认识并记录传输设备、ODF 架、外线光缆。观察并记录 ODF 架、光传输设备的光接口类型在表 1-7 中。

表 1-7 ODF 架特性表

名称	容量	进线单元	出线单元	光口类型	作用

第三步 查看传输设备与传输设备的连接。将看到的传输设备记录在表 1-8 中。

表 1-8 传输设备特性表

名称	支持速率	接口类型

第四步 按照机房的实际情况，在图 1-8 中画出两部电话间的通信线路图，并标出传输部分。

第五步 提交传输线路的逻辑拓扑图。



图 1-8 机房传输线路图

小结

本项目首先分析了项目的目标要求，其次，介绍了光通信的起源、光纤通信的定义、光纤传输系统的组成及分类、光纤传输系统的应用；对固定电话光纤传输线路做了简单的介绍；最后为了更好地熟悉和理解传输系统的结构，还安排了参观传输机房网络与设备，为今后的学习打下基础。

习题

一、填空题

1. 光纤通信是以_____为载波，以_____为传输媒介的通信方式，光纤通信的3个工作窗口分别是_____、_____、_____。
2. 光纤通信系统由_____、_____和_____组成。
3. 电缆交接箱通过_____与交换机相连，交换机通过_____与传输设备相连，传输设备通过_____与外线光缆相连。

二、简答题

针对光通信技术领域，就光传输技术、光器件、光缆的发展动向撰写一篇论文。

项目 2

光缆线路基本维护

【项目目标】

1. 具备按照不同应用场景合理选择光纤与光缆的能力；
2. 具备 OTDR 测试仪表的调测能力；
3. 具备光纤的长度及损耗系数测量的能力；
4. 具备光缆日常维护的能力。

【项目背景】

1. 光纤实验室；
2. 光纤实训基地。

2.1 项目要求

工程部承接成都市城区光缆线路工程改造项目，现打算选购一批光缆，请列出相关光缆名称及技术参数供采购部门采购参考，并对购买回来的光缆进行损耗系数与长度的盘测。最后对敷设好的光缆线路进行日常维护。

在学习收集相关资料基础上了解光纤、光缆的结构与分类，熟悉光纤传输特性与原理，掌握光缆损耗系数与长度的测量方法及日常维护技能。

2.2 知识储备

2.2.1 光纤的基本知识

一、光纤的结构

光纤，全称为光导纤维（Optical Fiber）是一种导光性极好、直径很细的圆柱形玻璃纤维。剥开光纤，从里到外依次是纤芯、包层和涂覆层。光纤的基本结构如图 2-1 所示。

纤芯位于光纤中心，直径 $2a$ 通常为 $5\sim 50\mu\text{m}$ ，作用是传输光波。包层，位于纤芯外层，直径 $2b$ 为 $100\sim 150\mu\text{m}$ ，作用是将光波限制在纤芯中。纤芯和包层即组成裸光纤，两者采用高纯度二氧化硅（ SiO_2 ）制成，但为了使光波在纤芯中传送，应对材料进行不同掺杂，纤芯掺杂微量的掺杂剂，如二氧化锗（ GeO_2 ），用以提高纤芯的折射率（ n_1 ），使包层材料折射率 n_2 比纤芯材料折射率 n_1 小，即光纤导光的条件是 $n_1 > n_2$ 。一次涂敷层是为了保护裸纤而在其表面涂上的聚氨基甲酸乙酯或硅酮树脂层，厚度一般为 $30\sim 150\mu\text{m}$ 。套层又