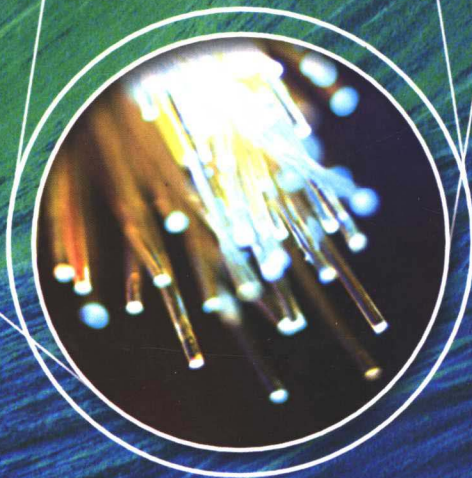


光通信系列丛书

胡庆 王敏琦 编著

光纤通信 系统与网络



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

光通信系列丛书

光纤通信系统与网络

胡 庆 王敏琦 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书较全面地介绍了现代光纤通信系统和网络的构成及其分析设计方法,包括光纤通信系统与网络的原理和组成、光纤传输原理及传输特性、基本光纤通信器件、光纤通信系统及设计、SDH 光同步数字传输网络、DWDM/WDM 光传输网络、光纤接入网、高速光纤计算机网及全光通信网等内容。

全书注重理论与实践、设计与工程的结合,精选了一些当前最新的应用实例进行分析,有助于读者学习。为了配合教学和学习,每章都精选一定数量的习题。可供科研、教学和工程技术人员参考,也可作为各高等院校工科通信与信息工程类专业课教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

光纤通信系统与网络 / 胡庆, 王敏琦编著. —北京: 电子工业出版社, 2006.9

(光通信系列丛书)

ISBN 7-121-03005-5

I. 光… II. ①胡…②王… III. ①光纤通信—通信系统②光纤通信—通信网 IV. ①TN929.11②TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 089852 号

责任编辑: 万子芬 (wzf@phei.com.cn)

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 15.5 字数: 347.2 千字

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书比较全面、系统地讲述了现代光纤通信系统的基本原理、基本技术、系统设计方法和光纤通信网络。全书共9章：第1章介绍光纤通信系统与网络的组成、特点、发展简史、现状和发展趋势；第2章介绍光纤传输原理及传输特性，包括光纤的结构、类型、导光原理、传输特性及非线性效应；第3章介绍光纤通信的基本器件，包括光有源器件和光无源器件原理、特性和参数；第4章介绍光纤通信系统及设计方法，内容包括光发射机、光接收机以及光中继器的组成，PDH和SDH系统指标分配和系统设计等；第5章介绍SDH光同步数字传输网络；第6章讨论DWDM/WDM光传输网络；第7,8章分别介绍光纤接入网和高速光纤计算机网；第9章介绍全光通信网，包括全光通信网的结构、光交换技术、自动交换光网络（ASON）等。

本书前8章由胡庆编写，第9章由王敏琦、胡庆编写。全书由胡庆统稿。在全书编写期间得到了张德民、刘世春、樊自浦、胡敏、何鑫、贺更祥、彭兴等同志的大力协助，在此一并表示感谢。

为适应当前高校课程门类多、课时压缩的教学特点，本书在概念和原理的讲述上力求严谨、准确、精练，理论适中，注重实用，主要面向工科院校，尽量少用繁杂的数学推导。

本书以基本概念、基本技术和具体系统为重点，力求体现教学的科学性、系统性、完整性和技术的先进性。写作方法深入浅出、循序渐进，便于读者阅读和自学。

本书可作为高等学校工科通信工程、信息工程、电子信息科学与技术以及其他电子信息类专业本科生教材，也可供研究生、科技工作者和工程技术人员参考。

由于编著者水平有限，书中难免存在疏漏和错误，恳请读者批评指正。

编著者

2006年4月

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 光纤通信的发展简况	(1)
1.1.1 光纤通信的特点	(1)
1.1.2 光纤通信的发展简史	(3)
1.2 光纤通信系统及发展	(4)
1.2.1 光纤通信系统模型	(4)
1.2.2 光纤通信系统的现状	(5)
1.3 光纤通信网络及现状	(7)
1.3.1 通信网概念	(7)
1.3.2 光纤通信网络模型	(7)
1.3.3 光纤通信网络现状	(8)
1.4 光纤通信发展趋势	(10)
习题	(12)
第 2 章 光纤传输原理及传输特性	(14)
2.1 光纤和光缆的结构及类型	(14)
2.1.1 光纤结构及类型	(14)
2.1.2 光缆结构及类型	(18)
2.2 光纤传输原理分析	(20)
2.2.1 用射线理论分析光纤的传输原理	(20)
2.2.2 用波动理论分析光纤的传输原理	(24)
2.3 光纤的结构参数	(32)
2.4 光纤的传输特性	(34)
2.4.1 损耗特性	(34)
2.4.2 色散特性和带宽	(37)
2.4.3 单模光纤双折射及偏振特性	(41)
2.5 光纤的非线性效应	(44)
2.5.1 非线性效应的产生	(44)
2.5.2 受激散射	(44)

习题	(46)
第3章 光纤通信基本器件	(48)
3.1 光源器件	(48)
3.1.1 发光机理	(48)
3.1.2 半导体激光器的结构及原理	(52)
3.1.3 分布反馈激光器	(56)
3.1.4 波长可调谐半导体激光器	(58)
3.1.5 半导体激光器的主要特性	(59)
3.1.6 发光二极管(LED)	(63)
3.2 光检测器件	(66)
3.2.1 半导体光电检测器的工作原理	(66)
3.2.2 PIN 光电二极管	(66)
3.2.3 APD 雪崩光电二极管	(67)
3.2.4 光电二极管的主要特性	(67)
3.3 光纤放大器(EDFA)	(71)
3.3.1 EDFA 的结构及原理	(72)
3.3.2 EDFA 的特性	(73)
3.4 连接器件	(77)
3.5 光耦合器和波分复用器	(80)
3.5.1 光耦合器	(80)
3.5.2 光复用器和光解复用器	(82)
3.6 光隔离器与光环行器	(87)
3.7 光衰减器和光开关	(89)
3.8 偏振控制器和光调制器	(91)
3.8.1 偏振控制器	(91)
3.8.2 光调制器	(92)
习题	(93)
第4章 光纤通信系统及设计	(95)
4.1 两种数字传输体制	(95)
4.1.1 准同步数字体系 PDH	(96)
4.1.2 同步数字体系 SDH	(96)
4.2 光发射机	(97)
4.2.1 光源直接强度调制	(97)

4.2.2	光发射机的基本组成及工作原理	(99)
4.2.3	光发射机的主要指标	(107)
4.3	光接收机	(107)
4.3.1	光接收机电路	(108)
4.3.2	光接收机的主要性能指标	(111)
4.3.3	光接收机的噪声分析	(112)
4.3.4	光接收机误码率与灵敏度计算	(115)
4.4	光中继器	(117)
4.5	系统的主要性能指标	(117)
4.5.1	系统的参考模型	(117)
4.5.2	系统的性能指标	(119)
4.6	系统总体设计考虑因素	(125)
4.6.1	系统的总体考虑	(125)
4.6.2	系统的部件选择	(126)
4.6.3	系统中继段长的估算	(126)
	习题	(128)
第 5 章	SDH 光同步数字传输网络	(130)
5.1	SDH 传输体制的基本概念	(130)
5.1.1	基本概念	(130)
5.1.2	SDH 的帧结构	(131)
5.1.3	STM-N 段开销字节安排	(132)
5.2	SDH 的复用映射	(133)
5.2.1	SDH 的复用映射结构	(133)
5.2.2	SDH 的复用映射过程	(134)
5.3	SDH 的基本网络单元设备	(136)
5.3.1	终端复用器 TM 和分插复用器 ADM	(136)
5.3.2	再生中继器 (REG)	(137)
5.3.3	数字交叉连接设备 (DXC)	(138)
5.4	SDH 网络结构与保护	(138)
5.4.1	传输网的分层与分割	(138)
5.4.2	SDH 网络结构	(140)
5.4.3	SDH 自愈环网原理	(144)
5.5	SDH 网同步的概念	(147)
5.5.1	网同步的有关概念	(148)

5.5.2	数字网同步的方式	(148)
5.6	SDH 网络管理	(150)
	习题	(151)
第 6 章	DWDM/WDM 光传输网络	(152)
6.1	DWDM 系统构成模型	(152)
6.1.1	波分复用基本概念	(152)
6.1.2	DWDM 系统构成模型	(154)
6.1.3	实用 DWDM 系统	(155)
6.1.4	DWDM 系统的主要器件	(157)
6.2	DWDM 基本网络单元设备	(159)
6.2.1	光终端复用设备 (OTM)	(160)
6.2.2	光线路放大设备 (OLA)	(166)
6.2.3	光分插复用设备 (OADM)	(166)
6.2.4	光交叉连接设备 (OXC)	(168)
6.3	DWDM 网络结构与保护	(169)
6.3.1	光传输网的分层	(169)
6.3.2	DWDM 网络结构	(170)
6.3.3	DWDM 自愈环网原理	(170)
6.3.4	DWDM 设计中要考虑的重要问题	(173)
6.4	DWDM 网络管理	(174)
6.4.1	网络管理的特点	(174)
6.4.2	管理信息传输方案	(175)
6.5	DWDM 光网络在长途干线的应用	(177)
	习题	(178)
第 7 章	光纤接入网	(180)
7.1	接入网的基本概念	(180)
7.1.1	接入网的界定	(180)
7.1.2	接入网的分层	(181)
7.1.3	接入网的主要功能	(182)
7.1.4	接入网的类型	(184)
7.1.5	接入网的主要特点	(184)
7.2	光纤接入网	(185)
7.2.1	光纤接入网功能模型	(186)

7.2.2	光纤接入网基本性能	(187)
7.2.3	光纤接入网基本网络单元设备	(188)
7.2.4	实用光纤接入网的基本构成	(190)
7.3	光纤接入网络结构	(192)
7.4	光纤接入网的应用	(194)
7.4.1	无源光接入网	(194)
7.4.2	TDD+TDM+TDMA 的 PON 的 OAN	(195)
7.4.3	FDD+TDM+FDMA 的 OAN	(196)
7.4.4	混合拓扑结构的 HONET 接入网	(196)
	习题	(199)
第 8 章	高速光纤计算机网	(200)
8.1	光纤局域网概述	(200)
8.1.1	光纤局域网特点	(201)
8.1.2	光纤局域网拓扑结构与协议体系结构	(201)
8.1.3	局域网的组成及基本设备功能	(203)
8.2	光纤分布式数据接口 (FDDI) 环网	(208)
8.3	高速光纤以太网	(211)
8.4	光互联网简介	(213)
8.4.1	光互联网的概念	(213)
8.4.2	光互联网的体系结构	(216)
	习题	(216)
第 9 章	全光通信网	(217)
9.1	全光通信网概述	(217)
9.1.1	全光通信网的基本概念	(217)
9.1.2	全光通信网的结构	(219)
9.1.3	全光通信网的特点	(219)
9.1.4	全光通信网的相关技术	(219)
9.2	光交换技术	(221)
9.2.1	光的电路交换技术	(222)
9.2.2	光的分组交换技术	(225)
9.2.3	光突发交换技术	(226)
9.2.4	光标记交换技术	(227)

9.3 自动交换光网络 (ASON)	(228)
9.3.1 ASON 的体系结构及主要功能	(228)
9.3.2 ASON 的主要特点	(231)
9.3.3 ASON 提供的 3 种连接	(231)
9.3.4 ASON 的网络结构模型	(232)
9.3.5 ASON 的标准化	(233)
9.3.6 ASON 的应用	(234)
习题	(236)
参考文献	(237)

第1章 概 论

从诞生光纤通信以来，一场持续的革命一直改变着世界的通信。人们所需的清晰、可靠、远距离、大容量通信能力，逐步变成了现实。这场革命的核心是用传输光信息的光缆来代替铜线电缆。今天的光纤通信已渗透到各种电信网络、数据网络、有线电视（CATV）网络和光互连网络等信息网络中，可以说，目前光纤通信已成为信息传输最重要的方式之一。

1.1 光纤通信的发展简况

1.1.1 光纤通信的特点

光纤通信是以相干性和方向性极好的激光束作为载体来携带信息，并利用光纤来进行传输的通信方式。由于光纤的传光性能优异，传输带宽极大，现在已形成了以光纤通信为主，微波、卫星和电缆通信为辅的通信网络格局。

通信发展始终在追求两大目标，一是远距离传输，二是大容量通信。人们知道无论是无线电通信，还是有线电通信都是以电磁波为载体进行的，而电磁波的频谱很宽，其情况如图 1-1 所示。由图可见，通常无线电通信所用波段是在波长为几厘米至几千米范围。由通信理论可知，通信容量与电磁波频率成正比例增大，所以人们一直在探索将更高频率的电磁波用于通信技术。光纤通信中所用的光载波是人们熟悉的与无线电波相似的电磁波，

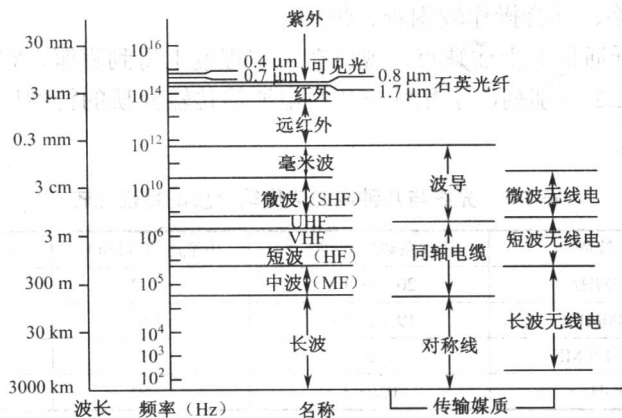


图 1-1 电磁波谱

其波长在 μm 级, 频率非常高, 约为 10^{14} Hz量级。其频率比传统的电通信容量最高的微波段高 $10^4 \sim 10^5$ 倍。光纤通信使用波长范围在 $0.85 \sim 2.00 \mu\text{m}$, 目前光纤通信采用的中心波长为 $0.85 \mu\text{m}$, $1.31 \mu\text{m}$, $1.55 \mu\text{m}$ 和 $1.625 \mu\text{m}$ 。

光纤通信与电缆或微波等通信方式相比, 主要区别有两点, 一是用很高频率的光波作载波; 二是用光纤作为传输介质。光纤具有传输容量大、传输损耗小、重量轻、不怕电磁干扰等一系列优点。基于以上两点, 光纤通信有其明显的优越性。

(1) 由于光波频率高, 可供利用的频带极宽, 尤其适合高速宽带信息的传输, 在高速通信干线宽带综合业务通信网络中, 发挥着越来越大的作用。

(2) 由于光纤的传输损耗很低, 现已做到 0.2 dB/km 以下, 因而可以大大增加通信无中继距离。这对于长途干线和海底传输十分有利, 在采用了先进的相干光通信, 光放大器和光孤子通信技术之后, 无中继通信距离可提高到几百千米甚至上千千米。

(3) 光纤传输是限制在光纤内的, 光能几乎不会向外辐射, 因此不存在光缆中各光纤之间信号串扰, 很难被窃听, 信号传输质量高, 保密性好。

(4) 光纤抗电磁干扰能力很强, 这对于电气铁路和高压电力线附近的通信极为有利, 也不怕雷击和其他工业设备的电磁干扰, 因此在一些要求防爆的场合使用光纤通信是十分安全的。

(5) 光纤几何尺寸小, 细如发丝, 可绕性好, 可多根成缆, 便于敷设。光纤重量轻, 特别适用于飞机、轮船、卫星和宇宙飞船。

(6) 光纤的化学性能稳定, 耐化学侵蚀、抗高温、不打火花, 适用于特殊环境。

(7) 光纤是石英玻璃拉制成形的, 原料资源丰富, 节约有色金属。

光纤通信同时存在以下一些缺点:

(1) 光纤弯曲半径不宜过小, 否则可能引起较大的衰减。

(2) 光纤的连接操作技术要求高, 需专用设备。

(3) 光纤的分路、耦合操作较困难、烦琐。

应该指出, 光纤通信的上述缺点, 现已在一定程度上得到克服, 它们不影响光纤通信的实用。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 光纤与几种电通信传输介质的特性比较

传输介质	带宽	衰减系数/(dB/km)	中继距离/(km)	敷设安装	接续
对称电缆	6MHz	20 (注 1)	1~2	方便	方便
同轴电缆	400MHz	19 (注 2)	1.6	方便	较方便
微波波导	40~120MHz	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

注 1: 当传输信号频率为 4 MHz 时的值。

注 2: 当传输信号频率为 60 MHz 时的值。



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、计算机通信、有线电视图像传输
尺寸小、重量轻	飞机、导弹、航空航天、舰艇内的通信控制
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

1.1.2 光纤通信的发展简史

由历史记载知,光早已用于远距离通信,如烽火台、信号灯等。但早期所用光通信方法往往是原始的、落后的和不太可靠的。现代光通信是从 1880 年开始的, A.G 贝尔研究出一个可以在可见光束上, 200 m 距离内传输话音的光电话机装置其原理是用振动的话音声波调制阳光, 将已调光波通过镜面反射入大气传输至终端, 终端接收机将连续话音光信号通过光电池还原, 这个想法是真正意义上的光通信。但遗憾的是此技术不能实。究其原因有二: 一是没有可靠的、高强度的光源; 二是没有稳定的、低损耗的传输媒质, 所以无法得到高质量的光通信。

光纤通信技术是在近几十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。

1960 年, 梅曼 (T.H.Maiman) 发明了第一台相干振荡光源——红宝石激光器。激光器 (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, 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, 为实用化通信光源奠定了基础。

1966 年, Hockham 和华裔科学家高锟根据介质波导理论共同提出光纤作为光通信传输媒质的概念。

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 630 nm 处的衰减系数小于 20 dB/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。到 70 年代末, 在 1310 nm 波长上, 光纤衰减系数已降至 4 dB/km; 在 1550 nm 波长上, 降至 0.20 dB/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 (激光器、发光管) 和光检测器。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, 都为光纤通信作为新的通信方式奠定了坚实的基础。

1976 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传输距离为 110 km

的 44.736 Mb/s 光纤通信系统的现场实验，使光纤通信向实用化迈出了第一步。

1977 年，武汉邮电研究院研制成功中国第一根阶跃折射率分布的、波长为 $0.85\ \mu\text{m}$ 的多模光纤。后来又研制成功单模光纤、特殊光纤以及光通信设备。

光纤通信技术的问世与发展给世界通信业带来了革命性的变化。特别是光纤通信的 40 年间其研究和开发非常迅速：技术上不断更新换代，通信能力（传输速率和中继距离）不断提高，应用范围不断扩大。到目前为止光纤通信的发展可以粗略地分为四个阶段：

第一阶段（1966—1976 年），这是从基础研究到商业应用的开发时期。在这个时期，实现了短波长（ $0.85\ \mu\text{m}$ ）低速率（34 Mb/s 或 45 Mb/s）多模光纤通信系统，无中继传输距离约 10 km。

第二阶段（1976—1986 年），这是以提高传输速率和增加传输距离为研究目标，大力推广应用的大发展时期。在这个时期，实现了工作波长为 $1.31\ \mu\text{m}$ 、传输速率为 140~565 Mb/s 的单模光纤通信系统，无中继传输距离为 50~100 km。

第三阶段（1986—1996 年），这是以超大容量和超长距离为目标、全面深入开展新技术研究的时期。在这个时期，实现了 $1.55\ \mu\text{m}$ 色散移位单模光纤通信系统。采用外调制技术，传输速率可达 2.5~10 Gb/s，无中继传输距离可达 100~150 km。

第四阶段（1996—2006 年），主要研究的光纤通信新技术，例如，超大容量的多波分复用（Wavelength Division Multiplexing, WDM）技术和超长距离的光孤子通信技术等。

1.2 光纤通信系统及发展

1.2.1 光纤通信系统模型

光纤通信系统可以传输数字信号也可以传输模拟信号，传输的信息有语音、图像、数据和多媒体业务。目前实用的光纤通信系统，采用的是强度调制直接检测的实现方式，由光发送设备、光纤传输线路、光接收设备和各种耦合器件等构成。光纤通信系统示意图如图 1-2 所示。

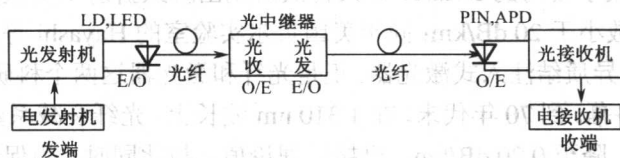


图 1-2 光纤通信系统示意图

图中所示的是一个方向的传输，反方向传输的结构是相同的。光纤通信系统中电发射机的作用是对来自信息源的信号进行模/数转换和多路复用处理。光发射机（如激光器 LD 或发光二极管 LED）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，即把来自光纤的光信号还原成电信号，经放大、整形、再生恢复原形后，送至电接收机，经与电发射机相对应的电接收机处理后送给信宿。

对于长距离的光纤传输系统，中途还需要中继器，其作用是将经过光纤长距离衰减和畸变后的微弱光信号放大、整形、再生成具有一定强度的光信号，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。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。这就说，采用光放大器的全光中继及全光网络将为期不远了。

1.2.2 光纤通信系统的现状

1. 模拟光纤通信系统的现状

模拟光纤通信系统较多应用于工业控制和 CATV 网络。如用于工业监控的单路电视系统和用于 CATV 的多路光纤传输系统。多路光纤传输系统常用频分复用技术实现，目前已先后开发了 16 路、32 路、48 路、64 路和 128 路的光纤 CATV 传输系统，推广应用在光纤彩色闭路电视和广播电视传输方面。光纤 CATV 传输系统一般由天线、前端、干线传输和用户分配网络几个部分组成，如图 1-3 所示。

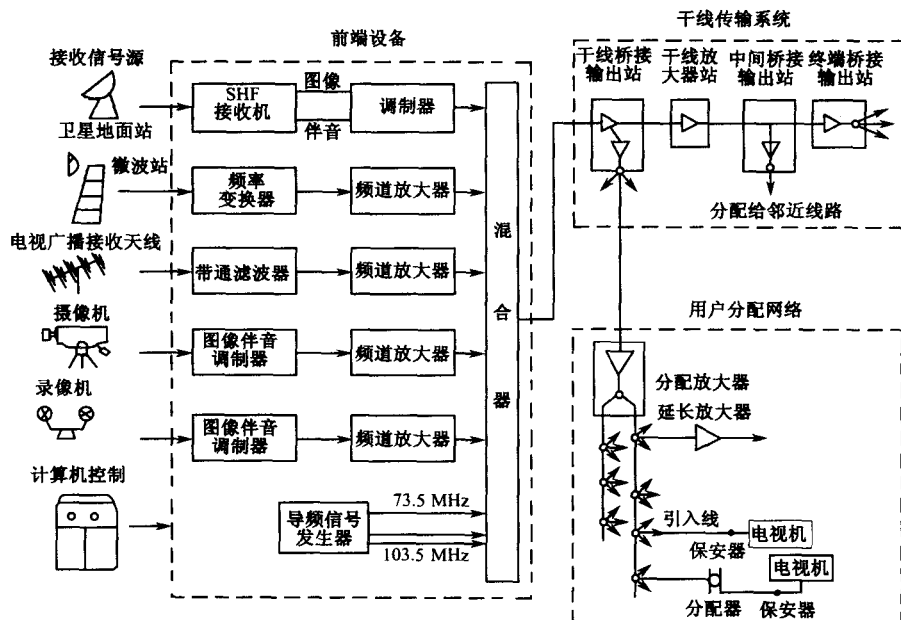


图 1-3 CATV 传输系统基本组成

由于线性度好、调制带宽很宽的半导体激光器和高频线性补偿电路的研制成功，使光纤 CATV 传输系统得到了广泛应用，目前模拟多路光纤 CATV 传输系统在国内有线电视传输网络中应用甚多。

2. 数字光纤通信系统现状

数字光纤通信系统有 PDH 和 SDH 两种传输体制。我国采用的 PDH 传输体制的速率分四级，即基群速率为 2.048 Mb/s，2 次群速率为 8.448 Mb/s，3 次群速率为 34.368 Mb/s，4 次群速率为 139.264 Mb/s。SDH 传输体制的速率，是按同步传输模块 STM-N 系列来分的，即 STM-N ($N=1,4,16$) 速率为 155.520 N Mb/s，亦即 STM-1 速率是 155.520 Mb/s，STM-4 速率是 622.080 Mb/s，STM-16 速率是 2 488.320 Mb/s。根据所需传输容量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 或 STM-4，也可选 PDH 传输体制的 2 次群或 3 次群；长途干线光纤通信系统常用掺铒光纤放大器 EDFA 为光中继器，单一光波长的数字光纤通信系统，如图 1-4 所示。采用多波长复用的数字光纤通信系统称为密集型波分复用（DWDM）系统。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 给出了一个 32 波分复用系统，即 32×STM-64 组成的光纤通信系统。

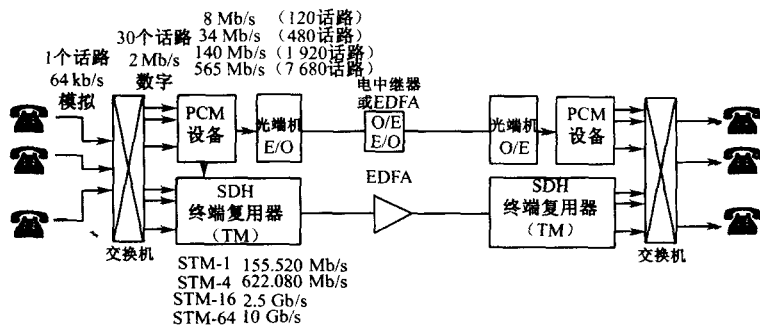


图 1-4 数字光纤通信系统

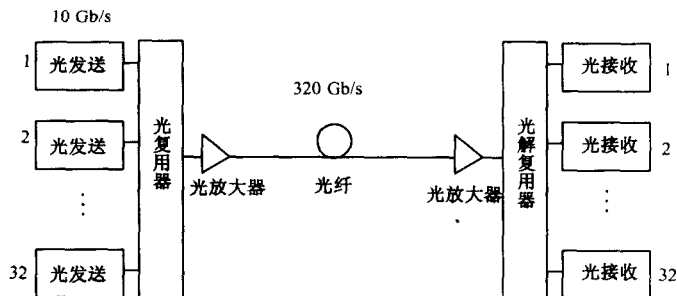


图 1-5 32×STM-64 DWDM 光纤通信系统

1.3 光纤通信网络及现状

1.3.1 通信网概念

两用户间需要通信时，利用通信系统来完成，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，若要让其中任意两用户能互相通信，最简单的方法是用传输线把各用户分别一一连接起来，如图 1-6 所示，这就需建立 $n(n-1)/2$ 个通信系统。此时，若自高空向地面俯视，可以看到有很多传输设备与传输线路纵横交错地分布在大地上，犹如罩着一个渔网，故称为“通信网”，如图 1-6 所示。图中圆点代表网络节点，节点既可以是终端节点，如电话机、传真机、电视机、计算机等，也可以是网络节点，如交换机、传输设备、路由器和中继器等。节点之间由传输线连接在一起。

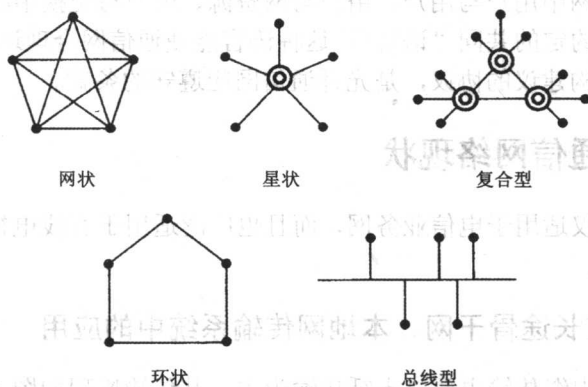


图 1-6 通信网的基本结构拓扑图

通信网的基本结构主要有网状、星状、复合型、环状和总线型等，如图 1-6 所示。网状网是完全互联网结构。需要传输系统多，利用率较低，但接续质量和网络稳定性好。具有 N 个节点的星状网共需 $(N-1)$ 条传输系统。显然， N 值较大时会节省大量的传输系统。但这种网络因需要设置转接中心而增加费用。复合型网兼备了网状网和星状网的优点。环状和总线型这两种网络在计算机通信中应用较多。它要求各节点和总线终端节点有较强的信息识别和处理能力。

1.3.2 光纤通信网络模型

光纤通信网从电信的业务来分，有电话网、电报网、传真通信网、计算机数据网、图