



中国
电力企业
联合会
CHINA
ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

通信工程

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站 编
电力建设技术经济咨询中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国电力企业联合会
CHINA ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

通信工程

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站 编
电力建设技术经济咨询中心

常州大学图书馆
藏书章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力工程造价执业教育丛书》是根据电力工程造价职业岗位技能知识结构编写而成。

本丛书以工程造价知识、电力专业知识为基础,结合电力建设工程费用计算标准、定额及工程量清单计价规范的要求,力求系统完整,通俗易懂,使电力工程造价人员能识图、懂工艺、会预算、知管理。

本册为《通信工程》,全书共分为五章。第一章介绍了电力系统各种通信技术的发展历程和主要设备的基本原理;第二章介绍了电力系统通信的辅助设备、辅助系统的概念,通信线缆的类型、规格型号及在通信工程中的应用;第三章介绍了在工程建设中通信工程设计的基本程序和各设计阶段的主要设计内容、深度和常用图例;第四章介绍了通信工程设备、通信线路的安装、施工工艺和调试,以及所需工机具和施工保障需求、施工组织与措施;第五章介绍了通信主要设备的检修内容和检修的分类以及故障处理和维护方法,技术改造的基本原则和基本流程。

本丛书作为电力工程造价专业资格认证考试指定用书,同时作为电力工程建设、设计、施工、监理、咨询等单位的技术经济人员岗位技能学习、继续教育用书,还可作为高等院校工程与经济类专业师生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

通信工程/中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站,中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心编. —北京:中国电力出版社,2012.3

(电力工程造价执业教育丛书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2782 - 5

I. ①通… II. ①中… ②中… III. ①通信工程 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 036860 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 5 月第一版 2012 年 5 月北京第一次印刷

889 毫米×1194 毫米 16 开本 12.25 印张 349 千字

印数 0001—1000 册 定价 60.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

电力工程造价执业教育丛书

编 委 会

主任委员 魏昭峰

副主任委员 沈维春

编	委	郭 玮	黄成刚	张天文	许子智	陈 洁
		李国胜	李国华	奚 萍	雷雪琴	安建强
		顾 游	易建山	傅剑鸣	汤定超	张海庭
		肖 红	温卫宁	叶大革	黄 昆	牛东晓
		张慧翔	马黎任	李大鹏	赵文建	朱林生

专 家 组

(按姓氏笔画排序)

文上勇	王振鑫	王道静	卢金平	申 安	刘 毅	刘 薇
吕世森	何永秀	张伟中	张轶斐	陈开如	周 霞	易 涛
罗 涛	金莺环	金耀谦	柳瑞禹	赵建勇	赵喜贵	郭 兵
钱 丽	陶鹏成	黄文杰	董士波	褚得成	赖启杰	廖毅强

编 写 组

组 长	张慧翔				
副 组 长	解改香	李希光			
成 员	叶锦树	王维军	叶子菀	廖世园	陈水广
	王 卉	陈 伟	张盛勇	周宝明	焦艳燕
	徐 辉	邹 扬	马卫坚	王 培	徐慧超
	张 波	刘 强	陈海涵	孟大博	李春蔚
	朱大光	姚 毅			

本 册 编 审 人 员

主 编	马卫坚				
副 主 编	郑爱华				
编写人员	王 焱	成 菲	叶纪伟	王国君	倪彦峥
	陈海涵				
主 审	张慧翔	叶锦树	汤亿则	卢金平	王道静
	夏华丽	方国盛	胡映梅		

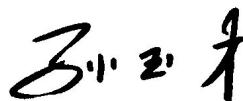
序

近年来,我国电力工业保持了持续快速发展的良好态势,“十一五”期间,每年新增发电装机容量近1亿kW,风电装机容量连续五年实现翻倍增长,水电装机容量和核电在建装机容量均居世界第一位,电网建设不断增速,电压等级不断提升,1000kV特高压交流试验示范工程和 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流示范工程相继建成投运,电力工业正从大机组、超高压、西电东送、全国联网的发展阶段,向绿色发电、特高压、智能电网的发展新阶段加快迈进。电力工程造价管理以更好地服务电力工业发展为宗旨,与时俱进,锐意创新,计价标准体系日趋健全,从业人员业务能力逐步提升,执业操守日渐规范,为强化电力工程建设投资管理作出了重要贡献。

“十二五”时期是我国全面建设小康社会的关键时期,也是深化改革开放、加快发展方式转变的攻坚时期。电力工业面临着严峻的改革和发展任务,必须加快转变电力工业发展方式,依托科技创新和体制机制创新,全面提高电力生产与利用效率,逐步实现从大到强转变。面对新形势下的新挑战,电力工程造价管理工作必须立足自身能力建设,不断完善技术、经济 and 法律法规等知识体系,及时跟踪技术、工艺和管理等发展的新趋势,以执业技能和工作水平提升带动电力行业工程造价管理工作不断升级。

“抓住机遇,迎接挑战,走人才强国之路,是增强综合国力和国际竞争力,实现中华民族伟大复兴的战略选择”。《国务院关于加强职业培训促进就业的意见》指出大力加强职业培训工作是“贯彻落实人才强国战略,加快技能人才队伍建设,建设人力资源强国的重要任务”。电力工程造价人员作为咨询业专才,承担着电力行业工程造价的计定、管理和控制等多重任务,对保证电力建设市场和谐、有序、健康发展,提高建设项目投资效益和企业经济效益发挥了重要作用。为提升电力行业工程造价人员业务素质和执业水平,中国电力企业联合会组织编写的这套《电力工程造价执业教育丛书》,可作为电力工程造价从业人员执业技能教育的培训教材,同时也作为继续教育学习和日常工作查阅的电力技术经济工具用书。

本丛书重新规划构架了电力行业工程造价人员知识结构体系,将基本建设全过程造价管理延伸至建设项目全寿命周期造价管理。本丛书采用模块化结构编写方式,使知识要点更加清晰,便于工程造价人员全面系统掌握工程造价基础理论和专业技能等方面的知识。本丛书凝聚了电力行业建设管理、设计、施工和咨询等领域和高等院校数十位专家的智慧与汗水,希望本丛书的出版能为推进电力工程造价管理工作的系统化、规范化、专业化和全面化作出新的贡献!



前 言

为贯彻实施国家人才强国战略，培养电力工程造价管理领域高技能专业人才，规范电力工程造价从业人员专业资格认证工作，提高培训教材编制的实效性和系统性，促进职业培训工作的健康有序发展，中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心组织编写了《电力工程造价执业教育丛书》（简称本丛书）。

本丛书涵盖了电力工程概论、电力工程造价基础知识、火力发电工程、核电工程、新能源工程、电网工程、通信工程七大领域，其中，火力发电工程包括建筑、机务与电气三册，电网工程包括建筑、变电站安装、换流站安装、架空输电线路、电缆输电线路和配电网六册。各专业册教材采用模块化设计，包含了专业基础知识、设备与材料、设计、施工、检修与技术改造等内容。

本丛书编制工作于2011年1月启动，组建了编委会、专家组和编写组，来自电力建设、设计、施工、咨询、高校等领域和单位的数十名专家参与了教材的研究策划和撰稿工作，经过各方密切配合，多方征求意见，反复修改完善，前后历时一年多，终定其稿。本丛书在充分汲取以往教材优点的基础上，密切结合电力工程造价管理工作的特点和发展趋势，系统介绍了工程造价基础理论和专业技能。本丛书不仅是电力工程造价从业人员上岗资格认证的考试教材，也可为电力行业从事工程造价工作的管理和技术人员以及高等院校师生提供工作和学习参考。

本丛书在编写过程中得到了国家电网公司、中国南方电网有限责任公司、中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国广东核电集团有限公司和华北电力大学等单位领导的大力支持，在此表示衷心感谢！同时，对为教材编制提供素材和参与审查的所有人员表示诚挚谢意！

本丛书在编写过程中尽管各方面给予了大力支持和关注，编写组亦十分认真努力，但由于编制人员在理论与实践结合、各专业领域沟通协作等方面仍存在认识不足之处，且电力工程造价从业人员所需专业知识深度需要经过反复摸索才能确切把握，因此，疏漏和不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站
中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心

2012年3月

目 录

序 前言

第一章	电力系统通信基础知识	1	第三章	通信工程设计	97
第一节	光纤通信	1	第一节	设计概述	97
第二节	电力线载波通信	17	第二节	初步设计	100
第三节	微波通信	22	第三节	施工图设计	107
第四节	同步网	27	第四章	通信工程施工	111
第五节	程控交换	32	第一节	施工机具	111
第六节	电话会议、电视会议	39	第二节	施工组织	117
第七节	电力数据网	45	第三节	施工安装及调试	119
第八节	卫星通信	53	第四节	施工措施	164
第九节	电力通信业务	56	第五章	通信检修及技术改造	168
第二章	通信辅助系统及材料	60	第一节	检修	168
第一节	通信电源	60	第二节	技术改造	180
第二节	监控系统及安全防护设备	63	附录	专业术语缩写	182
第三节	输变电设备状态在线监测系统	69	参考文献		185
第四节	其他辅助设备	75			
第五节	通信常用材料	78			

电力系统通信基础知识

知识目标

1. 了解电力系统通信的主要方式和主要设备；
2. 了解各种通信技术的发展历程和主要通信设备的基本原理；
3. 熟悉电力系统各类通信网络的总体架构以及主设备、通信业务分类；
4. 掌握通信主设备在实际工程中的应用，其中光纤通信、程控交换、电力数据网需熟练掌握。

教学重难点

1. 重点：光纤通信、程控交换、电力数据网、通信业务。

教学内容与学时建议

1. 电力系统各类通信网络的总体介绍和通信业务的分类，1 学时；
2. 电力系统通信中的光纤通信、电力线载波通信、微波通信、数字同步网，4 学时；
3. 电力系统通信中的程控交换、电话会议与电视会议、电力数据网、卫星通信及应急通信，3 学时。

本章主要介绍了电力系统通信的主要组网方式和主要设备，通过对本章的学习，了解各种通信技术的发展历程和主要设备的基本原理，熟悉电力系统通信各类网络的总体架构以及主设备分类，熟悉电力系统通信主要业务分类，掌握通信主设备在实际工程中的应用。

第一节 光 纤 通 信

一、概述

光纤通信是一种以光波为信号载体、以光纤为传输媒质的通信方式。光波和无线电波同属电磁波，但光波的频率比无线电波的频率高，波长比无线电波的波长短，因此，它具有传输频带宽、通信容量大和抗电磁干扰能力强等优点。

光波按其波长长短，依次可分为红外线光、可见光和紫外线光。红外线光和紫外线光属不可见光，它们同可见光一样都可用来传输信息。光纤通信按光源特性可分为激光通信和非激光通信。按传输媒介的不同，可分为有线光通信和无线光通信（也叫大气光通信）。通常把应用石英光纤的有线光通信简称为光纤通信。

光纤是光传输的基本媒质，光纤通信系统按波长和光纤类型可分为短波长（850nm）多模光纤通信系统、长波长（1310nm）多模光纤通信系统、长波长（1310nm 或 1550nm）单模光纤通信系统，典型



的数字光纤通信系统示意图见图 1-1。

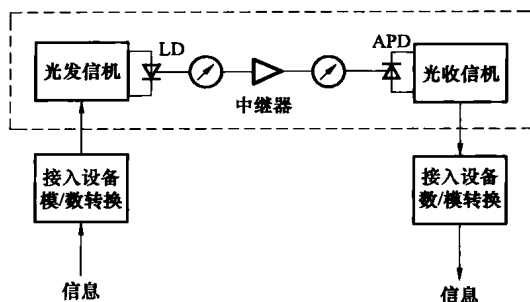


图 1-1 典型的数字光纤通信系统示意图

从图 1-1 可以看出，数字光纤通信系统基本上由光发信机、中继器与光收信机组成。在发射端，接入设备把模拟信息（如话音）进行模/数转换；在接收端，接入设备再进行数/模转换，恢复成原来的模拟信息。

光发信机是实现电/光转换的光端机，它由光源、驱动器和调制器组成，其功能是将来自于接入设备的电信号对光源发出的光波进行调制，成为已

调光波，然后再将已调的光信号耦合到光纤中进行传输。

光收信机是实现光/电转换的光端机，它由光检测器和放大器组成，其功能是将光纤传输来的光信号，经光检测器转变为电信号，再将这微弱的电信号经放大器放大到足够的电平，送到接收端的接入设备。

对于长距离的光纤通信系统还需中继器，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。

二、常用光纤通信技术及设备

（一）准同步数字体系（PDH）光传输设备

同一等级的群路比特率不统一，这就导致了在复用方法上，信号采用准同步复用，即靠塞入一些额外比特使各路信号与复用设备同步并复用成高速信号，这种复用系统即称为准同步数字体系（Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH）。

采用准同步数字体系的系统在数字通信网的每个节点上都设置了高精度的时钟，这些时钟的信号都具有统一的标准速率，尽管每个时钟的精度都很高，但总还是有一些微小的差别，为了保证通信的质量，要求这些时钟的差别不能超过规定的范围，因此这种同步方式严格来说不是真正的同步，所以叫做“准同步”。

PDH 的数字复接体制见图 1-2。

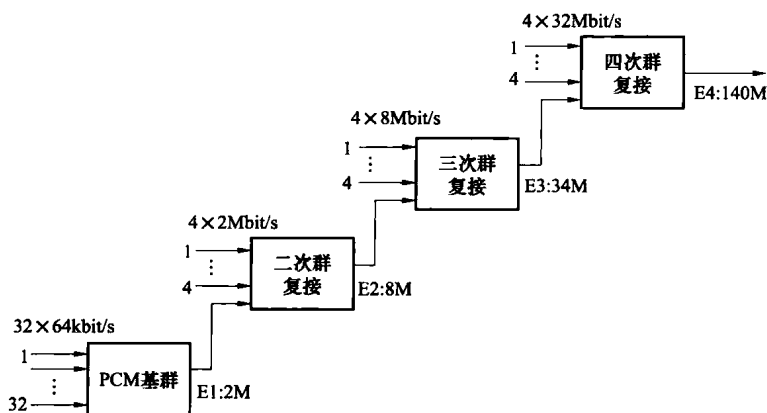


图 1-2 PDH 的数字复接体制

首先将 32 个 64kbit/s 的数字信号复接成一个 E1（2.048Mbit/s）信号，简称为 2M 基群或一次群信号，这是第一次复接；然后用 4 个 2M 信号复接成一个 8M 的二次群信号，其标称速率为 8.448 Mbit/s，这是第二次复接；以此类推，用 4 个 8M 信号复接成一个 34M 的三次群信号……。



PDH 系统组成见图 1-3, PDH 光端机参考图见图 1-4。

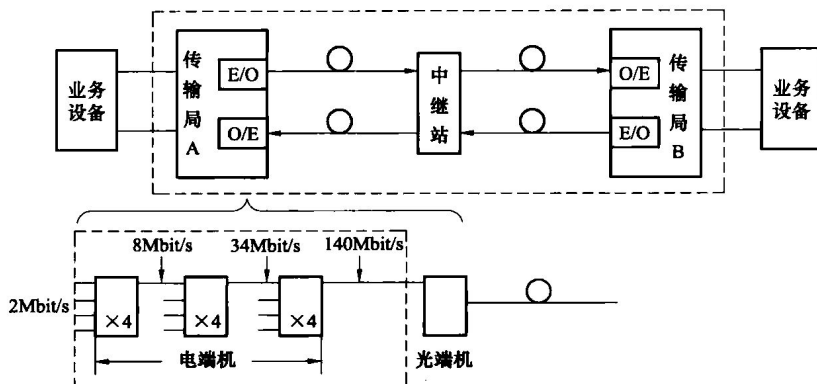


图 1-3 PDH 系统组成图

(二) 光纤同步数字体系 (SDH) 光传输设备

光纤同步数字体系 (Synchronous Digital Hierarchy, SDH), 是为实现在物理传输网络中传送适当配置的信息而标准化的数字传输结构体系。它由一些网络单元组成, 可在光纤上进行同步信息传输、复用和交叉连接。

美国贝尔通信研究所最早提出 SDH 的概念, 称之为光同步网络 (SONET)。它是高速、大容量光纤传输技术和高度灵活又便于管理控制的智能网技术的有机结合。最初的目的是在光路上实现标准化, 便于不同厂家的产品能在光路上互通, 从而提高网络的灵活性。

国际电报电话咨询委员会 (CCITT, 1993 年 3 月 1 日起改组为国际电信联盟电信标准化部门, 即 ITU-T) 于 1988 年接受了 SONET 概念并重新将它命名为 SDH, 使其成为不仅适用于光纤也适用于微波和卫星传输的通用技术体制, 它可实现网络有效管理、实时业务监控、动态网络维护、不同厂商设备间的互通等多项功能, 能大大提高网络资源利用率、降低管理及维护费用、实现灵活可靠和高效的网络运行与维护。

SDH 在光纤传输链路上承载数字同步 STM-N ($N=1, 4, 16, \dots$) 信号, 这些同步信号是以从 STM-1 (155.520Mbit/s) 到 STM-64 (9953.28Mbit/s) 或更高的标准速率范围内的某一种速率等级传输的, 其速率等级见表 1-1。

表 1-1

SDH 速率等级

SONET OC 等级	ITU-T SDH 等级	线路速率 (Mbit/s)	简称
OC-1	—	51.84	—
OC-3	STM-1	155.520	155M
OC-12	STM-4	622.08	622M
OC-24	—	1244.16	—
OC-48	STM-16	2488.32	2.5G
OC-192	STM-64	9953.28	10G

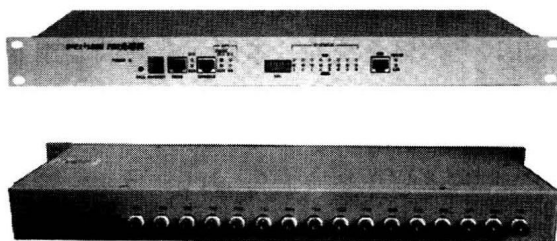


图 1-4 PDH 光端机



1. SDH 光传输系统的组成

在 SDH 光传输系统中经常提到的一个概念就是网元（网络单元的简称），一般把能独立完成一种或几种功能的设备都称之为网元。一个设备就可以称为一个网元，但也有多个设备组成一个网元的情况。

网络是由网元构成的，即网元之间互相联系就构成了网络。

SDH 网络管理系统主要由以下部分组成：

(1) 网元管理级系统（EMS），是指 SDH 传送网网元管理系统，即为了管理一个或多个 SDH 网元所使用的软硬件系统。网元管理级系统管理由单一设备供应商提供的 SDH 网元或 SDH 子网。

(2) 网络管理级系统（NMS），指传输网网络管理系统，即为了管理 SDH 传输网网络所使用的软硬件系统。网络管理系统提供全网的端到端网络视图，能够管理网络内由不同设备供应商提供的 SDH 网元或 SDH 子网。

(3) 子网管理级系统（SMS），是 NMS 的子层，完成大部分网络管理级功能。

(4) 本地维护终端（LCT），主要用于 SDH 系统设备安装初始化，但作为辅助管理设备，也可对 SDH 设备进行日常维护管理。

SDH 光传输系统组成见图 1-5。

SDH 光传输系统的基本网元有终端复用器（TM）、分/插复用器（ADM）、再生中继器（REG）和数字交叉连接设备（DXC），通过这些不同的网元完成 SDH 光传输系统上/下业务、交叉连接业务、网络故障自愈等功能。

(1) 终端复用器（TM）。TM 用在网络的终端站点上，例如一条链路的两个端点上，它是一个双端口器件。它的作用是将支路端口的低速信号复用到线路端口的高速信号 STM-N 中，同时将 STM-N 中的信号分接成低速支路信号。线路端口仅输入/输出一路 STM-N 信号，而支路端口却可以输出/输入多路低速支路信号。在将低速支路信号复用进 STM-N 帧（线路）上时，有一个交叉的功能。TM 示意图见图 1-6。

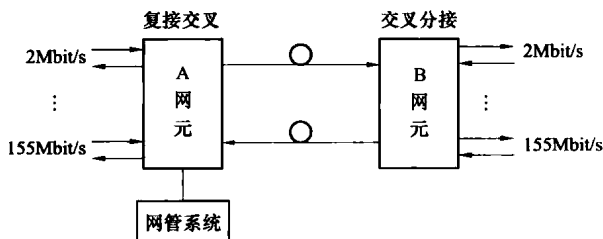


图 1-5 SDH 光传输系统组成图

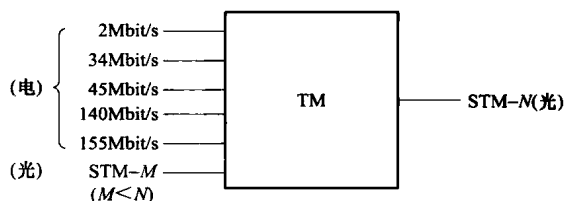


图 1-6 TM 示意图

(2) 分/插复用器（ADM）。ADM 用于 SDH 光传输系统网络的转接站点处，例如链路的中间节点或环上节点，是 SDH 网络使用最多、最重要的一种网元，它是一个三端口的器件。

ADM 有两个线路端口和一个支路端口，ADM 的作用是将低速支路信号交叉复用到线路上去，同时将线路信号分接成低速支路信号，另外还可将两个线路侧的 STM-N 信号进行交叉连接。

ADM 也可等效成其他网元，即完成其他网元的功能，例如：一个 ADM 可等效成两个 TM。ADM 示意图见图 1-7。

(3) 再生中继器（REG）。SDH 光传输系统的 REG 通常是指用于脉冲再生整形的 REG，主要是通过光/电转换、抽样、判决、再生整形、电/光转换，保证线路上传送信号波形的完好性。它是双端口器件，只有两个线路端口，没有支路端口。REG 示意图见图 1-8。

(4) 数字交叉连接设备（DXC）。DXC 主要是完成 STM-N 信号的交叉连接功能，它是一个多端口器件，实际上相当于一个交叉矩阵，完成各个信号间的交叉连接。DXC 示意图见图 1-9。

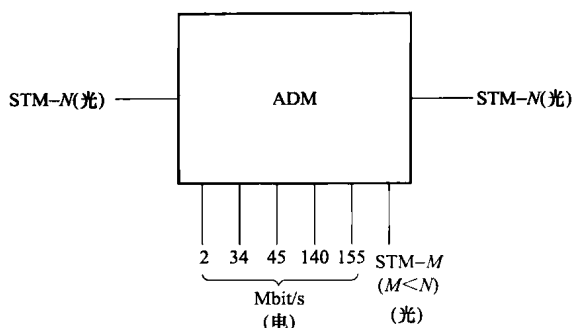


图 1-7 ADM 示意图

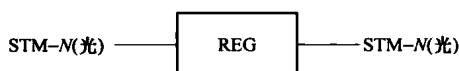


图 1-8 REG 示意图

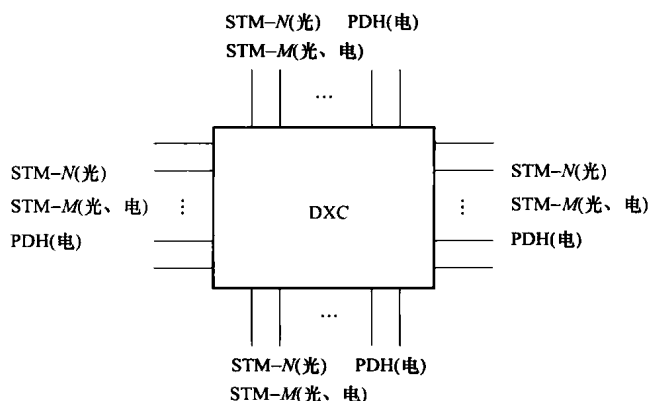


图 1-9 DXC 示意图

2. SDH 光传输设备的逻辑功能块

SDH 设备的逻辑功能块可以分为信号处理模块、开销功能模块、网络管理模块和时钟同步模块四个大的模块。

(1) 信号处理模块。信号处理模块的主要作用是将各种低速业务 (2M、34M、140Mbit/s) 复用到光纤线路, 同时从光纤线路上解复用出各种低速业务。其中, 信号处理模块可具体分为传送终端功能块 (TTF)、高阶接口功能块 (HOI)、低阶接口功能块 (LOI)、高阶组装器 (HOA)、高阶通道连接功能块 (HPC)、低阶通道连接功能块 (LPC)。

1) 传送终端功能模块 (TTF)。它的作用是在接收方向对 STM-N 光线路进行光/电转换 (SPI)、处理 RSOH (RST)、处理 MSOH (MST)、对复用段信号进行保护 (MSP), 最后输出 N 个 VC4 信号; 发送方向与此过程相反, 进入 TTF 的是 VC4 信号, 从 TTF 输出的是 STM-N 的光信号。

2) 高阶接口功能模块 (HOI)。此复合功能模块的作用是将 140Mbit/s 的 PDH 信号适配进 C 或 VC4, 以及从 C 或 VC4 中提取 140Mbit/s 的 PDH 信号。

3) 低阶接口功能模块 (LOI)。此复合功能模块的作用是将 2Mbit/s 和 34Mbit/s 的 PDH 信号适配进 VC12/VC3, 以及从中提取 2Mbit/s 和 34Mbit/s 的 PDH 信号。

4) 高阶组装器 (HOA)。此复合功能模块的作用是将 2Mbit/s 和 34Mbit/s 的 PDH 信号通过映射、定位、复用装入 C4 帧中, 或从 C4 帧中拆分出 2Mbit/s 和 34Mbit/s 的信号。

5) 高阶通道连接功能模块 (HPC)。HPC 实际上相当于一个高阶交叉矩阵, 它完成对高阶通道 VC4 进行交叉连接的功能, 除了信号的交叉连接外, 还可实现低阶 VC 之间灵活的分配和连接。

6) 低阶通道连接功能块 (LPC)。与 HPC 类似, LPC 也是一个交叉连接矩阵, 不过它是完成对低阶 VC (VC12/VC3) 进行交叉连接的功能, 并可实现低阶 VC 之间灵活的分配和连接。

(2) 开销功能模块。开销功能模块比较简单, 只含一个逻辑功能块——OHA, 它的作用是从 RST 和 MST 中提取或写入相应 E1、E2、F1 公务联络字节, 进行相应的处理。

(3) 网络管理模块。网络管理模块主要完成网元和网关终端间、网元和网元间的 OAM 信息的传递和互通, 它由下列功能块组成:

1) 同步设备管理功能块 (SEMF)。它的作用是收集其他功能块的状态信息, 进行相应的管理操作。这就包括了向各个功能块下发命令, 收集各功能块的告警、性能事件, 通过数据通信通路 (DCC) 向其他网元传送 OAM 信息, 向网络管理终端上报设备告警、性能数据以及响应网管终端下发的命令。

2) 消息通信功能块 (MCF)。MCF 功能块实际上是 SEMF 和其他功能块与网管终端的一个通信接



口，通过 MCF、SEMF 可以和网管进行消息通信。另外，MCF 通过 N 接口和 P 接口分别与 RST 和 MST 上的 DCC 通道交换 OAM 信息，实现网元和网元间的 OAM 信息的互通。

(4) 时钟同步模块。时钟同步模块主要完成 SDH 网元的时钟同步作用，它由下列功能块组成：

1) 同步设备定时源功能模块 (SETS)。SETS 功能块的作用就是提供 SDH 网元乃至 SDH 系统的定时时钟信号。

2) 同步设备定时物理接口 (SETPI)。SETPI 作为 SETS 与外部时钟源的物理接口，SETS 通过它接收外部时钟信号或提供外部时钟信号。

3. MSTP 光传输设备

基于 SDH 的多业务传送平台 (Multi-Service Transfer Platform, MSTP)，是指基于 SDH 平台同时实现 TDM、ATM、以太网等业务的接入、处理和传送，提供统一网管的多业务节点。

MSTP 将传统的 SDH 复用器、数字交叉连接器 (DXC)、网络交换机和 IP 边缘路由器等多个独立的设备集成为一个网络设备，进行统一控制和管理，适合作为网络边缘的融合节点，支持混合型业务，可以更有效地支持分组数据业务，有助于实现从电路交换网向分组网的过渡。

MSTP 的实现基础是充分利用 SDH 技术对传输业务数据流提供保护恢复能力和较小的延时性能，并对网络业务支撑层加以改造，以适应多业务应用，实现对两层、三层的数据智能支持，即将传送节点与各种业务节点融合在一起，构成业务层和传送层一体化的 SDH 业务节点，称为融合的网络节点或多业务节点，主要定位于网络边缘。

4. SDH、MSTP 设备介绍

SDH、MSTP 设备组成基本相同，主要由子架和功能单元组成，功能单元由相应的板件组成，主要包含主控板、交叉板、线路板、支路板等，不同设备的板件设计不同，有些低端设备采用一体化设计，将几个功能单元设计在一起。下面介绍典型的子架及板件类型。

(1) 子架。子架一般采用双层子架结构，其结构及设备参考图如图 1-10 所示，分为出线板区、处理板区和风扇区。出线板区可以插各种出线板，如 2M 出线板、以太网出线板等。处理板区可以插各种功能处理板。风扇区安装风扇，对设备进行风冷散热。

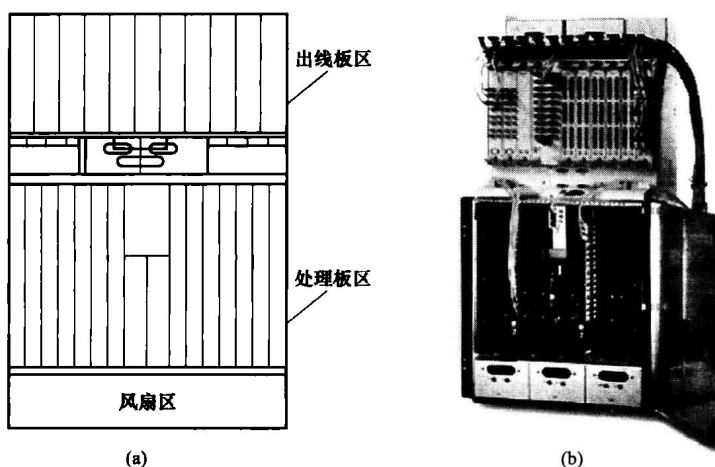


图 1-10 子架
(a) 结构图；(b) 设备

(2) 公共单元板件：

1) 交叉连接单元板件。交叉连接单元由交叉板组成，作用是对线路板和支路板送过来的 VC 信号



进行高低阶交叉连接,从而实现业务的连通与调度功能。

交叉板是 SDH 设备的关键板件之一,一般情况下设备均支持交叉板的“1+1”热保护,就是一台设备上同时插两块交叉板,一主一备。当主用交叉板故障后,备用交叉板立即启动代替主用交叉板工作,从而达到不间断运行的目的。

交叉板的最主要技术指标是交叉能力,一般用 G 或 VC 表示,比如“高阶 200G,低阶 20G”和“高阶 $1280 \times 1280VC4$,低阶 $8064 \times 8064VC12$ ”的描述是一个意思。交叉板参考图见图 1-11。

2) 同步定时单元板件。同步定时单元由时钟板组成,其作用是从外接时钟提取时钟信息,自身晶体时钟提供时钟同步信息,提供给其他设备时钟同步信息,以及这些时钟同步信息的处理。时钟板是 SDH 设备的关键板件之一,一般设备均支持时钟板的“1+1”热保护。

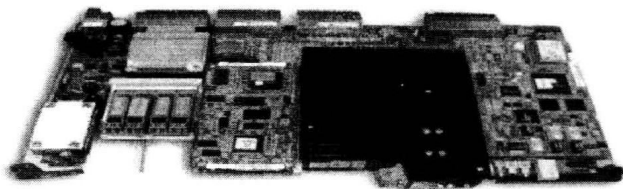


图 1-11 交叉板

3) 系统控制与通信单元板件。系统控制与通信单元由主控板组成,作用是提供系统控制和通信功能,同时提供网管接口功能。

主控板对于 SDH 设备来说,不属于关键板卡,只有在网管需要下发配置和读取网元相关信息时,主控板才起作用。如果主控板故障,不会影响 SDH 网络业务的运行,所以一般无需配置“1+1”热保护。

4) 辅助功能单元板件。辅助功能单元主要由电源板、开销板、辅助接口板、风扇等板件组成。

电源板实现电源的引入和防止设备受异常电源干扰的功能,它属于关键板件,一般设备均支持“1+1”热保护。

开销板的作用是利用闲置开销字节实现一些辅助功能,不属于关键板件,一般无需配置“1+1”热保护。

辅助接口板的作用是为设备提供辅助接口,不属于关键板件,一般无需配置“1+1”热保护。

风扇的作用是对 SDH 设备进行风冷降温。

(3) 线路接口单元板件。线路接口单元由各种 SDH 光接口板、光放板和色散补偿板等板件组成。

1) SDH 光接口板。SDH 光接口板在接收方向进行光/电转换,将 STM-N 的 SDH 光信号解复用成 VC4 级别,送入交叉连接单元,进行内部处理;在发送方向进行电/光转换,将 VC4 信号复用成 STM-N 级别的 SDH 光信号,送入光缆线路。同时,SDH 光接口板还有上报光路故障、告警等功能。

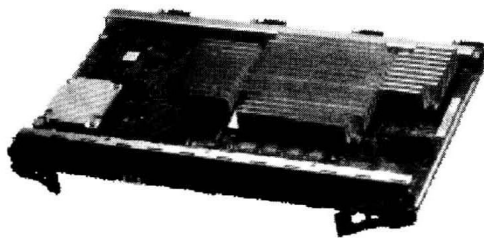


图 1-12 STM-64 光接口板

SDH 光接口板一般为单模,工作波长一般为 1310nm 或 1550nm。SDH 光接口板根据传输速率可以分为 STM-1、STM-4、STM-16 和 STM-64 四种;根据光口的数量可以分为单光口光板和多光口光板;根据传输距离可分为局内(I口)光板、短距(S口)光板、长距(L口)光板。STM-64 光接口板参考图见图 1-12,STM-16/4/1 混插光接口板参考图见图 1-13。

2) 光放板。光放板用于提升发光的光功率和接受灵敏度,配合 SDH 光板进行长距离传输。光放板根据安装在光板的发端、收端和中间的不同,分别称为功放(BA)、预放/前放(PA)和线放(LA)。

3) 色散补偿板。色散补偿板用于抵消色散效应,配合 SDH 光板进行长距离传输时使用。色散补偿板分为不可调色散补偿板和可调色散补偿板,常见的是使用色散补偿光纤技术实现的不可调色散补偿板。

(4) 支路接口单元板件。支路接口单元由各种 PDH 业务板、SDH 业务板、以太网业务板、ATM 业

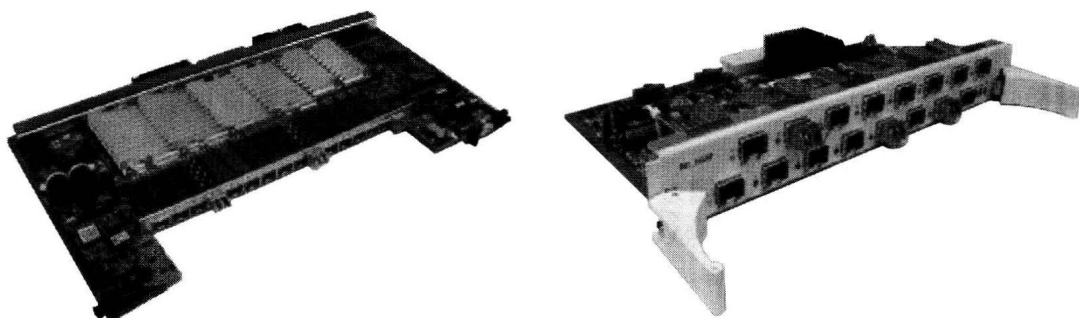


图 1-13 STM-16/4/1 混插光接口板

务板等组成。

1) PDH 业务板。PDH 业务板对 PDH 的信号 (E1/T1、E3/T3、...) 进行映射、定位和复用 VC12、VC3、VC4 级别, 送入交叉连接单元进行交叉处理, 以及对逆过程进行处理。PDH 业务板具有对 PDH 业务信号的 TPS 保护功能, 以及上报 PDH 支路故障告警等功能。

PDH 业务板的保护一般采用 1:N 业务保护倒换 (TPS) 来实现。其工作原理是用保护槽位上的一块业务板来保护工作槽位上的 N 块业务板, 当某个工作槽位上的业务板故障, 保护槽位上的业务板立即介入进行替代工作, 达到保护支路板的作用。

PDH 业务板一般由 PDH 处理板、PDH 接线板、PDH 保护倒换板组成, 也可能将这三块板件集成为一块板件。处理板进行业务处理 (如映射、定位和复用等)。接线板不进行信号的处理, 仅对信号进行传递和转接。保护倒换板配合处理板和接线板, 进行 TPS 保护。

PDH 业务板中, 2M 业务板的阻抗分为 75Ω 非平衡式和 120Ω 平衡式两种。2M 业务板 (控制卡 + 出线卡) 参考图见图 1-14。

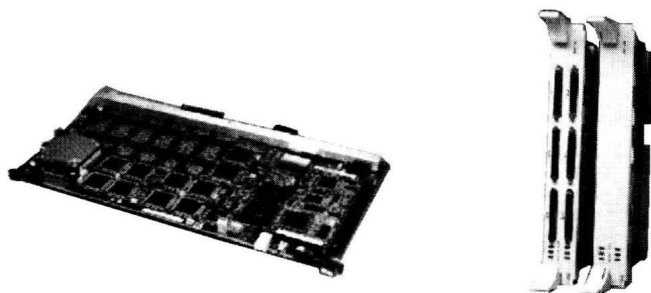


图 1-14 2M 业务板 (控制卡 + 出线卡)

2) SDH 业务板。SDH 业务板一般特指处理 STM-1 电信号的 SDH 业务板。SDH 业务板对 STM-1 电信号的 SDH 业务进行映射、定位和复用成 VC4 级别, 送入交叉连接单元进行交叉处理, 以及逆过程的处理。SDH 业务板具有对 SDH 业务信号的 TPS 保护功能, 以及上报 SDH 支路故障告警等功能。

SDH 业务板一般由 SDH 处理板、SDH 接线板、SDH 保护倒换板组成, 也可以将这三块板件集成为一块板件。处理板进行业务处理 (如映射、定位和复用等)。接线板不进行信号的处理, 仅仅对信号进行传递和转接。保护倒换板配合处理板和接线板, 进行 TPS 保护。

3) 以太网业务板。以太网业务板对以太网的信号 (10Base_T/100Base_T/1000Base_T, 电口/光口等) 进行处理, 并映射、定位和复用成一个或多个 VC12/VC3/VC4 级别, 送入交叉连接单元进行交叉处理, 以及对逆过程进行处理。以太网业务板具有对以太网业务信号的 TPS 保护功能, 以及上报 SDH 支路故障告警等功能。

以太网业务板一般由以太网处理板、以太网接线板、以太网保护倒换板组成, 也可以将这三块板件集成为一块板件。处理板进行业务处理 (如映射、定位和复用等)。接线板不进行信号的处理, 仅对信号进行传递和转接。保护倒换板配合处理板和接线板, 进行 TPS 保护。

以太网单板根据支持的功能和协议, 可以分为透传以太网板、二层交换以太网板和以太环网板等;



根据速率可以分为百兆以太网板、千兆以太网板等；根据接口类型可以分为电口以太网板、多模光口以太网板、单模光口以太网板等。以太网板参考图见图 1-15。

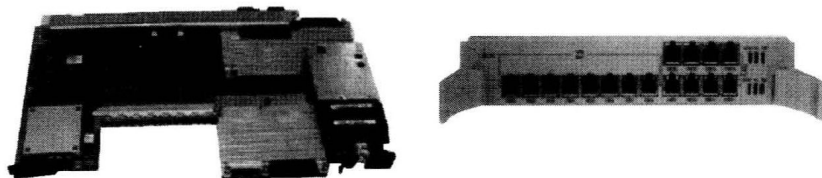


图 1-15 以太网板

4) ATM 业务板。ATM 业务板使用得较少，目前 SDH 设备主要支持 155Mbit/s 和 622Mbit/s 两种 ATM 光板。

5. SDH (MSTP) 组网方式

SDH (MSTP) 网络是由 SDH (MSTP) 光传输设备通过光缆相连组成的，每台网元设备和相连光缆组合就构成了网络的拓扑结构。网络的有效性、可靠性和经济性在很大程度上与其拓扑结构有关。

基本的网络拓扑分为链形、星形、树形、环形和网孔形。基本网络拓扑图详见图 1-16。

(1) 链形网。链形网是将网络中的所有节点一一串联，而首尾两端开放。这种拓扑的特点是较经济，在 SDH 网的早期用得较多。

(2) 星形网。星形网是将网络中的某个网元作为特殊节点与其他节点相联，其他各网元节点互不相联，网元节点的业务都要经过这个特殊节点转发。这种网络拓扑的特点是可通过这个特殊节点来统一管理其他节点，利于分配带宽，节约成本，但存在特殊节点失效导致整个网络瘫痪的隐患以及处理能力的瓶颈问题。

(3) 树形网。树形网可看成是链形拓扑和星形拓扑的结合，也存在特殊节点的安全保障和处理能力的潜在瓶颈问题。

(4) 环形网。环形网实际上是指将链形首尾相连的网络拓扑方式，是 SDH 网络中最常用的网络拓扑形式，主要是因为它具有很强的生存能力，即自愈功能较强。

(5) 网孔形网。将网络中的所有网元两两相连，就形成了网孔形网。网孔形网为两网元之间提供多个传输路由，增强了网络的可靠性，解决了瓶颈问题和失效问题，但是这种拓扑结构对传输协议的性能要求很高，传统 SDH 协议无法支持，可以采用下一代的智能光网络协议支持网孔形网络。

电力系统传输网可分为五层，即国家级干线传输网、大区干线传输网、省（市）级干线传输网、地区网和接入网。国家级干线传输网、大区干线传输网宜采用网孔形、环形和星形结构多种类型相结合的复合网结构；省（市）级干线传输网宜采用网孔形网和环形网；地区网宜采用环形网。各厂站接入传输网时应采用两点接入。国家级干线传输网、大区干线传输网与省（市）级干线传输网同路由、同

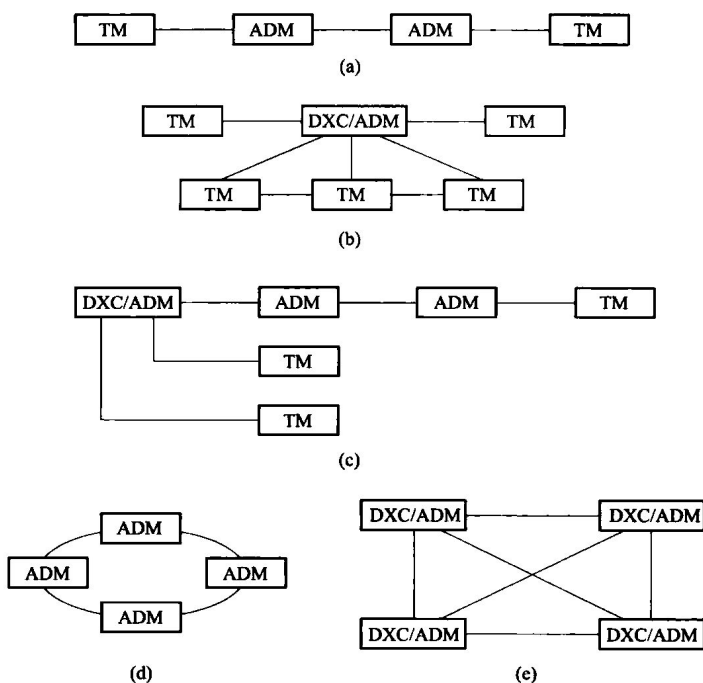


图 1-16 基本网络拓扑图

(a) 链形；(b) 星形；(c) 树形；(d) 环形；(e) 网孔形