



全国供用电工人技能培训教材

光纤通信

中国电力企业家协会供电分会 编

中级工

中国电力出版社

全国供用电工人技能培训教材

光 纤 通 信

中级工

主编：付军美

主审：陈志杰

中国电力出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了目前正在迅速发展,且日趋成熟的技术——数字光纤通信的基本原理、特点及相关知识。主要内容有:数字通信原理、光纤通信设备的组成及原理、各种光器件的性能、电源系统的组成及蓄电池的维护等基础知识,并较为详细的介绍了光端机各项基本指标的测量(不包括光缆的知识及测量)。本书每章后均附有复习题,便于读者加深对教材内容的理解和掌握。

本书除作为光纤通信中级工培训教材外,还可供从事通信专业的技术人员参考,也可作为技术院校相关专业学生的教材和课外参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

光纤通信/中国电力企业家协会供电分会编.-北京:
中国电力出版社,1998.9

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-880-0

I. 光… II. 中… III. 光缆通信-技术培训-教材 IV. TN929

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第21315号

光纤通信(中级工)

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

三河市实验小学印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999年1月第一版 2002年3月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 8印张 174千字

印数6001-9000册 全二册定价26.00元(本册14.00元)

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

审 定 委 员 会

主 任 王宏超

副主任 李宝祺 王文喜 郝邦振 刘治国

张一士 丁 雁

成 员 线路组：刘天明 成仲良 杨书全 许精潜

变电组：何雨宸 王典伟 万 达 沈镜明

调度组：冯新发 张 庆 朱佩萍 葛剑飞

用电组：刘云龙 蒋贻吉 宋永伦 曾乃鸿

审定委员会办公室秘书 龙镇和 张兰慧

关于《全国供用电工人 技能培训教材》的审定意见

经中电联核准，由中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心共同组成的审定委员会于1998年9月下旬，对中国电力企业家协会供电分会组织编写的《全国供用电工人技能培训教材》进行了审定。其审定意见如下。

第一、本技能培训教材的指导思想正确、编写依据充实。这套教材以提高供用电工人职业技能为重点，以加强职业知识培训为指导思想，以原电力工业部、原劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·供用电部分》和原电力工业部颁布的运行、检修、安全规程、四项监督、五项制度为依据，在大纲的拟定、内容取舍和深度控制等方面，均符合中电联教培部《关于电力生产人员职业资格培训教材编审工作原则的意见》的原则和规定。

第二、编写形式符合工人技能培训特点。这套教材的结构设置借鉴了国际上电力行业编辑职业技能培训教材的先进做法，其结构框架、内容描述等，均力求与国际同行业惯例接轨。即以职业技能为中心，以岗位设篇，知识以够用为度，并将必备的知识融入技能描述之中。每一工种教材又分为初、中、高三分册，内容上依次递进，互不重复或不简单重复，更适合工人技能培训之用。

建议可将这套丛书作为全国供用电工人的技能培训教材。

中 国 电 力 企 业 家 协 会
中 电 联 教 培 部
电力行业职业技能鉴定指导中心

一九九八年九月二十八日

教材编辑委员会

名誉主编	陆延昌	张绍贤	刘宏	王宏超
主编	赵双驹			
常务副主编	钱家越	陆孟君	张克让	
副主编	宗健	朱良镭	丁德政	周英树
委员	韩英男			
	张一士	赵双驹	周永兴	李承的
	吴周春	刘美观	郭志贵	杨新培
	张昌润	钱家越	陆孟君	徐健
	韩英男	周英树	陈祥斌	王春波
	孙少平	骆应龙	史传卿	朱德林
	白巨耀	蔡百川	李祥宪	严尔衡
	赵广祥	杨光慈	何童芳	杨忠
	张文奎	郭宏山	钱忠伟	顾志鹏
	周道和	刘绍钧	娄殿强	朱永芄
	王之珮	万善良	刘云龙	何宗义
	赵彩明	何雨宸	阙炳良	

教材编辑办公室

主	任	陆孟君 (兼)				
副	主	任	丁德政	任军良	张 涛	
工	作	人	陈祥斌	胡维保	吕忠福	胡莉莉
			朱 品	谢 红		

前 言

为贯彻党的“十五大”精神，落实“科教兴国”战略，全国提高劳动者素质，中国电力企业家协会供电分会组织编写了《全国供用电工人技能培训教材》。本教材以电力工业发展的客观规律为依据，是服务于电力生产现代化，培养供电生产应用型人才的一部工种齐全配套、覆盖面广、实用性强、编写水平较高的系列通用技能培训教材。在中国电力企协、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心的重视和关心下，由中国电力企业家协会供电分会精心组织全国 49 个单位 146 名工程技术人员、专家和教授参加了编撰工作，并在中国电力出版社对编撰原则、框架结构、体例格式全过程的培训下，调查研究供电工人的技能需求和整体素质现状，撰写技能培训大纲，自 1995 年 11 月至 1998 年 4 月底，经历两年半时间，完成了书稿的写作、修改及初审工作。

这套丛书是遵照“电力工人技术等级标准”关于知识和技能的要求，结合供电生产发展情况进行编写的，全书分线路、变电、用电、调度通信四门专业，27 个工种，每个工种又分为初级、中级、高级工三个分册，共计 77 分册，1000 余万字。本教材以“做什么，怎样做，在什么条件下做，达到什么标准”为中心内容，详实得当，图文并茂，文字简练，由浅入深，便于对知识和操作工艺的掌握，收到以“知”为“做”服务的效果。这套教材的编写还力求把概念、原理、公式与技能有机地结合起来，避免重理论、轻技能的弊端。

本教材坚持先进性和实用性结合，突出技能，符合电力

工业科技发展方向，体现电力生产的新技术、新方法、新工艺，并力求向模块式教材靠拢，以适应技能考核鉴定和培养跨世纪供电用工人的需要，以电力生产目前实行的两个技术措施计划、三种规程、四项监督、五项制度的具体要求为依托，使教材达到规程、规范、制度的规定，能充分体现电力生产工艺特性。

按供电工人培训目标要求，结合技能培训特点，以“干什么”、“学什么”、“考核什么”为原则，每章后均附有选择、是非、计算、画图、问答等复习思考题，便于巩固所学的理论知识 and 操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材，为达到机构设置合理化，重在提高技能应用水平，避免基础理论知识的重复，凡属已出版的公用基础理论教材的内容，如职业道德、电力生产知识、绘图、电工、电子、热工、水工、机械、力学、钳工、计算机等基础理论均未重复编入本教材。

这套丛书业经中国电力企协、中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心组织专家审定，并建议作为全国供电工人技能培训教材。在编写过程中，得到很多单位的领导、专家和教育培训工作者的大力支持与热心帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者经验所限，在编写中难免有疏漏之处，诚恳地希望广大读者和教育培训部门的专家、教师提出修改意见，并在教学实践中进行调整和补充，使其更加完善，为提高供用电工人的素质和技能发挥积极作用。

《全国供用电工人技能培训教材》编辑委员会

一九九八年九月

编 者 的 话

为适应现代电力工业发展的需要,贯彻科教兴电战略,全面提高电力职工队伍的素质,服务于电力生产现代化,培养电力通信应用型人才,我们编写了《全国供用电工人技能培训教材·光纤通信·中级工》这本教材。

本教材是根据中电联教培部对职工教材编写的实施意见编写的。它打破了以往教材中存在的重理论分析,轻技能培养的学科体系式传统,突出“以技能为中心”,将必备的专业知识融入其中,强调“做”,“知”为“做”服务,使我国的职工职业技能培训能尽快地与国际惯例相接轨,适应我国电力工业跨世纪的发展需要。

本教材取材内容广泛,涉及到了光纤通信领域的很多方面,内容包括数字通信的基础知识、光纤通信的基本理论及应用技术,并着重介绍了实用技术和知识,如系统的设计、施工、测试、维护等。书中理论阐述力求严谨、准确、清晰,叙述深度基本适合读者对象要求,力图使读者通过学习,比较系统地掌握光纤通信知识,提高实际应用和实际操作水平,争取尽快成为光纤通信领域的专门人才。

本书是由付军美(第一章,第四章)、赵霞(第二章,第三章,第六章)、李俊全(第五章)执笔编写的。由于编写时间仓促和水平,经验所限,书中难免有不足之处甚至错误,恳请同行及读者批评指正。

本书在编写过程中得到了有关领导的关心和大力支持,

以及同仁们的友情帮助。在此，向所有关心、帮助和支持本书编写工作的同志表示衷心的感谢！

编 者

1997年12月



关于《全国供用电工人技能培训教材》的审定意见

前言

编者的话

第一章 概述	1
第一节 光纤通信的概念及其发展	1
第二节 光纤通信的分类	3
第三节 光纤通信系统组成	5
复习题	7
第二章 数字通信原理	8
第一节 模拟信号与数字信号	8
第二节 脉码调制通信基本原理	13
第三节 多路通信概念	23
第四节 传输码型	29
第五节 30/32 路 PCM 基群帧结构	36
第六节 30/32 路 PCM 指标	40
复习题	41
第三章 光纤通信设备	46
第一节 概述	46
第二节 电端机	47
第三节 光端机	48
第四节 监控系统	52
第五节 切换系统	58
第六节 电源系统	64
第七节 典型光纤通信设备	65

复习题	98
第四章 常用光器件及其维护	102
第一节 光纤活动连接器	102
第二节 光源及其工作原理	105
第三节 光检测器	118
第四节 其他光器件	130
复习题	134
第五章 电源系统	137
第一节 概述	137
第二节 交流电源部分	139
第三节 整流电源部分	140
第四节 蓄电池部分	168
复习题	181
第六章 光端机特性测试	184
第一节 常用仪表	184
第二节 光端机基本指标测量	195
第三节 PCM 及复接设备的测试	207
复习题	224
附录 A 测试记录表格	228
参考文献	240

第一章 概 述

第一节 光纤通信的概念及其发展

一、光纤通信

1. 光纤通信的定义

光纤通信就是以光波为载体,以光导纤维作为传输媒质,将信号从一处传输到另一处的一种通信手段。

光纤传输系统可以用在模拟通信系统中,也可以用在数字通信系统中,目前主要的和大量的的是用在数字通信方面。

2. 光纤通信的特点

(1) 在单位时间内能传输的信息量大。在 90 年代,光纤通信的实用水平信息率为 10Gbit/s, 并且还在继续发展。

(2) 传输距离远。与电缆通信或微波通信相比,有比较明显的优越性。

(3) 频带宽。现行电缆通信的频带为 $10^5 \sim 10^8$ Hz, 微波通信工作频率在 10^9 Hz 左右; 光纤通信现行工作频率在 10^{14} Hz 左右。

(4) 传输质量高。几乎无漏信号和串音, 误码率低, 一般在 10^{-10} 以下。

(5) 输入与输出之间采用光电隔离, 能抗电磁干扰, 防闪电雷击, 特别适合在电力系统中使用。

(6) 经济。光纤通信的建设费用随着使用量的增长而降低。

(7) 体积小、质量轻、施工维护方便。

(8) 使用金属少，抗干扰、抗辐射性强，可在电力电缆沟内敷设，也可与电力线同杆同塔架设。

(9) 制造光纤的资源丰富，可节省大量的有色金属。

二、光纤通信发展概况

1966年，英籍华人高锟 (CHARLES KAO) 等在当时光学玻璃衰耗为 100dB/km 的情况下，发表了一篇划时代的论文，提出利用带有包层材料的石英玻璃纤维可以使衰耗降低到 20dB/km。

1970年，美国康宁公司生产出衰耗为 20dB/km 的光导纤维 (简称光纤)。同年，美国贝尔实验室实现了 GaAlAs 半导体在常温下工作。这两项重要科研成果，揭开了光纤通信的序幕，并以前所未有的速度迅猛发展。

1977年，美国在芝加哥相距 7km 的两个电话局之间，首次成功地完成了用波长为 $0.85\mu\text{m}$ 的多模光纤传输信号码速为 44.736Mbit/s 的现场实验。短波长 ($0.85\mu\text{m}$ 波段) 多模光纤系统称为第一代光纤通信系统。

使用长波长 ($1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$) 的光纤可使光纤衰耗降低到 0.4dB/km，在光源上，作出了在室温下连续工作的长波长铟镓砷磷/铟磷化物激光器。长波长 ($1.3\mu\text{m}$) 多模和单模光纤通信系统构成第二代光纤通信系统。

1984年，实现了以长波长 ($1.3\mu\text{m}$) 单模光纤通信系统，称为第三代光纤通信系统。

20世纪80年代中后期又实现波长 $1.55\mu\text{m}$ 单模光纤通信系统，称为第四代光纤通信系统。

光纤通信发展速度极其迅速，在短短的 20 年中取得了突飞猛进的发展，各种新系统，新技术层出不穷。在不久的将来

来，将出现使用光波复用、光放大技术的全光光纤通信系统，称为第五代光纤通信系统。

第二节 光纤通信的分类

一、光纤通信的分类

光纤通信的分类方法很多，按波长分为短波长 ($\lambda=0.85\mu\text{m}$)、长波长 ($\lambda=1.3\mu\text{m}$ 、 $\lambda=1.55\mu\text{m}$)。按传输模式分为多模光纤通信系统和单模光纤通信系统。按信号方式分为模拟通信和数字通信。按同步方式分为准同步 (PDH) 方式和同步方式 (SDH)。

二、各种通信方式的比较

根据光纤通信的特点，与其他通信方式相比，主要有以下优点。

- (1) 传输容量大。
- (2) 调制方式采用直接调制光脉冲方式。
- (3) 传输质量高，误码率小。

(4) 由于光波的频率高，可供利用的频带很广，并且在很宽的频带内，光缆每公里衰耗几乎不变，不象同轴电缆那样每公里的衰减随着带宽的增加而加大。

光纤通信与微波、同轴电缆通信相比，如表 1-1 所示。

表 1-1 光纤通信与微波、同轴电缆通信的比较

通信类型	容量 (路)	中继距离 (km)	1000km 中继器 个数 (个)
微波	960	50	20
小同轴电缆	960	4	250