



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

高级工

中国电力出版社

全国供用电工人技能培训教材

光 纤 通 信

高级工

主编：付军美

主审：陈志杰

中国电力出版社

内 容 提 要

本书为《全国供用电工人技能培训教材》之《光纤通信》高级工培训教材。书中系统的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:光端机及收发信机的作用、原理,光纤通信线路码型,光缆通信系统工程、设计、安装、验收及维护,并介绍了有关SDH的技术及网管系统,光纤通信的发展与展望。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。

本教材可供从事通信专业的技术人员参考,还可作为相关专业师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

1. 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(高级工)

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)

北京通大印刷厂印刷 各地新华书店经售

x

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 6.25印张 136千字
印数6001-9900册 全二册定价26.00(本册12.00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 蒋貽吉 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、高三个分册，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。

第三、本教材的先进性、实用性结合得当。这套教材注重实用性和先进性的有机结合，在编写过程中，编者做了大量的调研工作，认真了解供用电工人的实际需求和整体素质状况，使编写内容符合供电企业培训、考核、技能鉴定的需要，有较强的实用性。同时，注重吸收电力生产的新工艺、新方法、新技术，使教材内容具有先进性，符合电力工业科技发展方向。书中的名词术语、计量单位等，均符合国家标准和行业标准，能适应电力工业培养跨世纪劳动者的要求。

第四、编写、出版阵容较强。这套教材是由中国电力企业家协会供电分会与中国电力出版社共同推出的。通过联手合作方式，使本套教材既具有显著的供电行业的特色，又具有较强的权威性。本套教材主要是为供电企业职工职业技能培训服务，而中国电力企业家协会供电分会的成员遍布全国，作者既具有深厚的理论基础，又直接从事生产实际工作，较好地体现出实践经验的总结和概括。中国电力出版社是中宣部和新闻出版署在全国首批认定的15家优秀出版单位之一，是我国唯一专门为电力行业服务的大型专业出版社，其出书质量是一流的。因此，供电企业与出版社两者的合作可谓珠联璧和，是值得提倡的。这套丛书的成功面世也为今后电力图书的出版提供了一个可借鉴的模式。

综上所述，我们认为：本套教材在编写结构、体例格式、内容描述的先进性、实用性方面适当；在字数控制、知识的渐进性和启发性，以及复习题的安排方面较好；语言文字的运用得当，所述内容基本正确，同时还具有图文并茂，通俗易懂，循序渐进的特点。因此，它不仅适用于培训、考核技术工人的需要，而且对现场的工程技术人员，也有参考价值。

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
	韩英男			
委员	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	朱永芑
	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
			朱 品	谢 红	胡莉莉

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，能充分体现出电力生产工艺特性。

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和操作技能。

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技能要求的描述之中，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。

本教材为《全国供用电工人技能培训教材·光纤通信·高级工》分册，取材内容广泛，涉及到了光纤通信领域的很多方面，内容包括数字通信及光纤通信的基本理论及应用技术；并着重介绍了较多的实用技术和知识，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。

本册教材是由付军美（第三章，第四章，第五章，第六章1~4节、第七章）、赵霞（第一章，第二章，第八章）、陈晓静（第六章第5节）执笔编写的。由于编写时间仓促和作者水平有限，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

目 录

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 光发送机	1
第一节 概述	1
第二节 光发送机	3
复习题	26
第二章 光接收机	29
第一节 概述	29
第二节 光接收机各部分功能及原理	30
第三节 光接收机噪声	51
第四节 光接收机灵敏度计算	52
复习题	57
第三章 线路码型	61
第一节 线路码型的主要性能	61
第二节 常用线路码型介绍	63
复习题	76
第四章 光缆通信系统工程总体设计	77
第一节 光缆通信系统工程总体设计步骤	77
第二节 系统工程设计要求	80
第三节 对机房的技术要求	83
复习题	86

第五章 光端机的工程安装验收及

维护 87

第一节 光端机安装与调试 87

第二节 光纤通信系统工程验收及运行 105

复习题 111

第六章 SDH 光纤通信技术 113

第一节 SDH 系统 114

第二节 SDH 复接过程 127

第三节 SDH 线路保护 130

第四节 数字交叉技术及应用 137

第五节 NEC 公司 SDH 设备 (SMS-150A) 介绍 143

复习题 159

第七章 网络管理系统 161

第一节 电信管理网络 161

第二节 NEC 网管系统简介 169

复习题 171

第八章 光纤通信发展展望 173

第一节 概述 173

第二节 光纤通信新技术 175

复习题 185

第一章 光 发 送 机

在光纤通信系统中，光发送机是光端机、光中继器的重要组成部分，它的主要功能就是将要传输的电信号转变为光信号，并将调制好的光信号注入到光纤线路中去。

第一节 概 述

光发送机作为光端机、光中继器的重要组成部分，其关键器件是光源。

一、光纤通信对光源的要求

光纤通信对光源的要求很高，可概括如下。

1. 发送的光波波长与光谱宽度

光源发送的峰值波长、谱宽必须集中在三个光纤的低损耗窗口（ $0.85\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ 和 $1.55\mu\text{m}$ ）之内。即保证光源发射的光波波长、谱宽与系统中其他光器件（如光纤、光检测器）的工作波长、谱宽相一致。

在单模光纤中，带宽限定了光源发送光波的谱宽。对于长途大容量通信系统，采用激光二极管光源，光谱宽度为 $2\sim 3\text{nm}$ 左右。激光光源的时间相干性愈好，则光谱宽度愈窄。对于短距离中小容量的光纤通信系统，采用发光二极管作为光源。发光二极管具有可靠性高、使用寿命长、控制电路简单、经济等优点。

2. 入纤光功率

为保证光源发送的光波入纤光功率，一方面要求发送的光功率必须足够高，另一方面要求光源发光面的尺寸与光纤尺寸相匹配，以便达到高耦合效率。目前激光二极管与光纤的耦合效率可达70%~90%。对于激光光源来说，空间相干性愈好，则光束宽度愈窄，与光纤的耦合效率也愈高。

3. 电、光转换效率

光源的电光转换效率要求必须大于10%，以便得到较高的光功率输出，同时可防止光源自身过热和过多的能量消失。

4. 高速率调制

便于将要传输的信息直接调制在光波上，并且响应速度快，以利于高速率、大容量数字信号的传输。其信息调制速率应满足通信系统要求。目前，信息调制速率可达6Gbit/s以上。

5. 温度稳定性

光源的性能（包括输出光功率、光波波长、光谱宽度、电光转换效率、功耗等）在温度变化时，必须在规定的允许范围内，以保证通信系统工作的稳定性。

6. 光源的寿命

光源的寿命必须与通信系统中其他光器件相匹配，即光源的使用寿命应当与光纤、光检测器等其他光器件相适应。目前，发光二极管的寿命可达 3×10^6 h以上，激光二极管的寿命可达 10^6 h以上。

7. 经济性

光源制作的成品率高，易于批量生产，价格合理，可被用户接受。

二、光纤通信使用的光源

光纤通信中经常使用的光源是半导体激光器（LD）和发