



全国供用电工人技能培训教材

电力载波通信

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

电力载波通信

中级工

主编：张同良

主审：朱佩萍

参编：周增永 桑柱生

钱 江

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是供电企业载波通信中级工培训教材。主要内容包括电力载波通信的基本原理、载波通信的部分质量指标、高频通道和载波机的测试方法及载波通信电源的工作原理。全书共七章。

本书还可供供电企业其他专业通信人员参考使用,也可供发电企业通信人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电力载波通信/中国电力企业家协会供电分会编.
-北京:中国电力出版社,1998
全国供用电工人技能培训教材
ISBN 7-80125-774-X

I. 电… II. 中… III. 电力系统-载波通信-技术培训-教材 IV. TM73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 30371 号

电力载波通信(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)

保定列电印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999年6月第一版 1999年6月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 32开本 7.25印张 158千字
印数 0001—5260册 全三册定价 45.00元 (本册 15.00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工人职业技能培训服务，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	陆廷昌	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	朱永范
	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
作	人	员	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 and 操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材，为达到结构设置合理化，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

本教材是根据电力部颁发的《工人技术等级标准》编写的，作为供电企业电力载波通信人员的上岗定级标准，供各单位选用，发电厂电力载波通信人员也可参考使用。

本教材共分初、中、高三册，分别供初级工、中级工、高级工人员使用。为防止内容重复，中级工应在掌握初级工教材的基础上学习，高级工应在掌握初级工、中级工教材的基础上学习。中级工教材共分七章。第一章为通信相关知识介绍，主要介绍了数字通信、微波通信和光纤通信的一般知识。第二章为电力载波通信设备主要系统单元，主要介绍了差接系统、呼叫系统等主要单元的原理。第三章为高频通道及其测试，在初级工知识的基础上进一步介绍了高频通道设备和工作衰耗的测试方法。第四章为电力载波通信的主要质量指标，主要介绍了常用的净衰耗、衰耗频率特性和振幅特性的测试方法。第五章为载波双端机的测试与调整，主要介绍了ZDD—5A、ZDD—12、ZJ—5、CZ—I系列双端机的测试与调整方法。第六章为电力载波通信电源的性能及工作原理，主要对配电、充电装置的原理和维护安装方法进行了介绍。第七章为电力载波设备简介，主要对ZDD—12、ZJ—5系列载波机进行了介绍。

本书第一章、第六章由保定电业局张同良编写；第二章、第四章、第五章由保定电业局周增永编写；第三章由齐齐哈尔电业局的桑柱生编写；第七章由广州电业局钱江编写；全

书由张国良任主编。本书由上海电业局的朱佩萍审阅，编写前曾得到华北电管局卢之堃及上海电力局田漳华的指导，在此特致衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，请读者批评指正。

作者

1997.12

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 通信相关知识简介..... 1

第一节 通信系统的类型及应用..... 1

第二节 数字通信的一般知识..... 3

第三节 光纤通信的一般知识..... 9

第四节 微波通信的一般知识..... 18

复习题..... 24

第二章 电力载波通信设备主要

系统单元..... 27

第一节 差接系统..... 27

第二节 呼叫系统..... 36

第三节 导频系统..... 43

第四节 载波系统..... 53

第五节 调制解调器..... 60

第六节 压缩扩张器..... 72

第七节 限幅器..... 83

复习题..... 88

第三章 高频通道及其测试..... 91

第一节 高频通道的组成方式..... 91

第二节 线路阻波器的测试..... 93

第三节 结合滤波器的测试..... 100

第四节	高频电缆的测试.....	105
第五节	高频通道工作衰耗的测试.....	107
复习题		109
第四章	电力载波通信的主要质量指标.....	115
第一节	通路净衰耗.....	115
第二节	通路净衰耗频率特性.....	118
第三节	通路振幅特性.....	124
复习题		128
第五章	载波双端机的测试与调整.....	131
第一节	ZDD—5A 型双端机的测试与调整	131
第二节	ZDD—12 系列双端机的测试与调整	136
第三节	ZJ—5 系列双端机的测试与调整	142
第四节	CZ—Ⅱ 型双端机的测试与调整	147
复习题		151
第六章	电力载波通信电源的性能	
	及工作原理.....	154
第一节	概述.....	154
第二节	电力载波设备的交直流配电.....	158
第三节	充电装置.....	172
第四节	电源设备的维护与安装.....	193
复习题		196
第七章	电力载波设备简介.....	198
第一节	ZDD—12 系列电力载波机性能	198
第二节	ZJ—5 系列电力载波机性能	204
复习题		214
参考文献		217

第一章 通信相关知识简介

第一节 通信系统的类型及应用

通信是当今人类社会用来传递信息、交流思想、发展经济、传播文化的不可缺少的一种手段。近几十年,特别是 80 年代中期以后,作为社会基础设施的通信系统和通信网有了飞速的发展,电力系统通信也正在向数学化、智能化、综合化、宽带化和个人化等方向发展。进入 80 年代以来,在电力系统中,除电力载波通信仍被广泛采用外,其他通信方式也逐渐被采用。例如,电力系统自 80 年代初建成了第一条 480 路京汉数字微波系统后,数字微波通信有了迅猛发展,部一局一省局一地局间大都实现了数字微波通信联网,1996 年,河北省电力局还建成了上安电厂—房山的第一条 155MHzSDH 微波系统。进入 90 年代以后,光纤通信在电力系统中也有了快速发展,但目前主要用于短距离信息传输,近期正在建设的长距离光纤传输系统有北京供电局的环城光纤系统。京广长距离大容量光纤通信系统也正在规划当中。另外,卫星通信、移动通信、扩频通信等近几年来在电力系统中的应用也有了快速发展。

微波通信是当今电力系统骨干网络的主要通信方式。世界上许多国家早已把微波通信作为主要传输手段。70 年代以来,一些较发达的国家研究并使用了各种频段的 34Mb/s (480 路)、 $2 \times 34\text{Mb/s}$ (960 路)以及 140Mb/s (1920 路)容量

的数字微波通信系统。数字微波的关键技术之一是高频带利用率的调制解调技术,目前主要提高调制的状态数,如16QAM(16状态的正交幅度调制)、64QAM的系统已成熟并商用化。在电力系统中,微波除作为部、网、省、地之间的通信联络和数据传输通道外,还是省、地至各变电站、发电厂间的连接通道,目前地至县之间也在建设微波通信。另外,微波通信的发展为移动通信、图像通信等的发展提供了有利条件。

光纤通信是一门新技术,它具有频带宽,容量大、中继距离长、抗干扰性能好等许多优点。在十几年内已由 $0.85\mu\text{m}$ 的短波长多模光纤发展到 $1.3\sim 1.55\mu\text{m}$ 的长波长单模光纤,并开发出许多新型的光电器件。如上所述,近几年光纤通信有了很大的发展。随着电力系统的发展和信息量的增大,光纤通信在电力系统中的应用将发展得越来越快。

卫星通信具有覆盖面积大、通信距离长、不受地理环境限制及投资少、见效快等优点,在未来社会中将是一种重要的信息传输手段。至今全世界发射的同步轨道通信卫星已超过200颗,全世界建成的卫星地球站到80年代末已超过10000个。在电力系统中,卫星通信主要作为电力部至西藏、新疆等边疆区的通信手段。由于其突出的优点,今后在山区还将会大力发展。

移动通信是以移动体为对象的通信,包括汽车、火车、飞机、船舶、行人等移动体对固定体之间的通信或移动体之间的通信,这在近几年有了长足的发展。移动通信主要有三种情况:蜂窝状移动电话、无线寻呼和无绳电话。在电力系统中,在80年代中期就发展了150MHz手持机和车载台。当时主要采用人工呼叫方式。80年代末又发展了400MHz的手持机和车载台,并采用自动转换接口实现了自动呼叫,使用较以前方