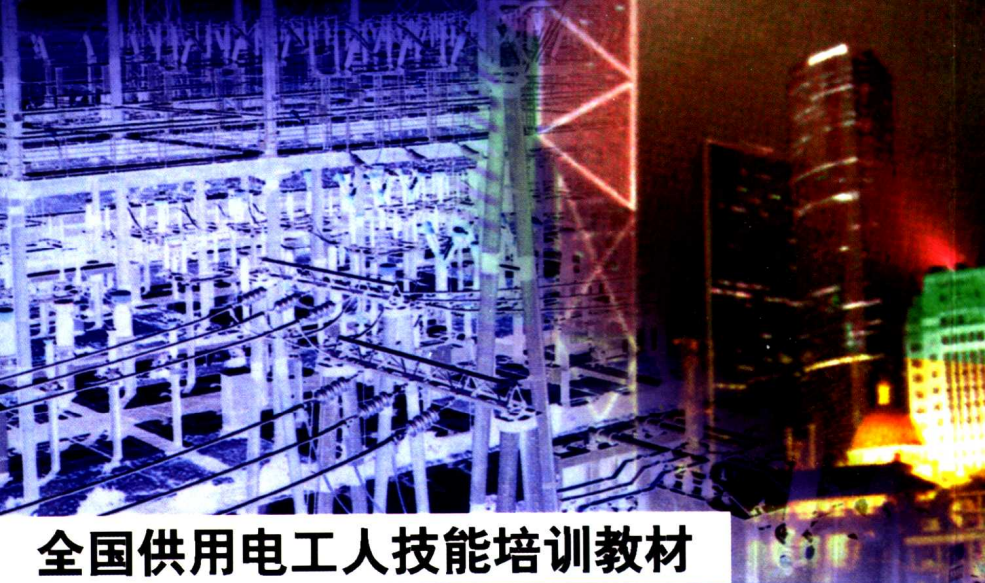




全国供用电工人技能培训教材

电力电缆

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 电 缆

中级工

主编：龚 尊

主审：杨书全

中国电力出版社

内 容 提 要

本书依据部颁《电力工人技术等级标准》中对电力电缆中级工的要求,介绍了电力电缆中级工应掌握的电缆线路的防雷保护、允许载流量的近似计算、电力系统常识等基础知识。突出技能培训,介绍了电缆线路的路径选择、电气试验、运行管理;超高压电缆的运输;隧道、水底及桥上电缆敷设;110~220kV 各类电缆附件的安装。突出介绍了超高压充油电缆的敷设、超高压电缆附件的制作工艺及电缆常见故障的测寻。每章内容后附有复习题,供读者更好地理解 and 掌握教材的内容。

本书可供供电企业及电力用户电力电缆工人及技术人员学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力电缆/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 7-80125-763-4

I. 电… II. 中… III. 电力电缆-技术培训-教材 IV. TM247

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 34316 号

电力电缆 (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>)

北京市京东印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999 年 5 月第一版 2003 年 4 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 7.75 印张 168 千字
印数 14001-17000 册 全三册定价 51.00 元 (本册 20.00 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

《全国供用电工人技能培训教材 电力电缆》是根据部颁《电力工人技术等级标准》中对电力电缆初级工、中级工和高级工的全部要求进行编写的。本套教材全面系统地阐述了电力电缆线路施工、检修、运行工作应掌握的必备知识和操作技能。根据设计图纸、工艺标准及验收规范的要求，对电力电缆进行敷设安装、运行维护、电气试验、故障测寻、资料管理和工程管理，培训各级技术工人。

本套教材从全面、有效地提高劳动者的素质出发，把一些基本概念、原理、公式与操作技能有机地结合起来。重点强调“做”和“如何做”，以“应知”为“应会”服务。教材还体现了当代电力科技的新技术、新方法、新工艺，符合电力工业科技发展的方向，是一套很有实用价值的技能培训教材。

本套教材分为高级工、中级工、初级工三个分册，三个分册的内容与部颁《电力工人技术等级标准》对电力电缆高、中、初级工的要求对应一致，三者有机结合成一个循序递进、互不重复的知识整体。

中级工分册的内容包含了与电力电缆安装与运行有关的相应知识，介绍了电缆线路的防雷保护、允许载流量的近似计算、电力系统的基本常识，重点介绍了超高压电缆的敷设及各类电缆附件的安装及电缆线路常见故障的测寻。每章内容后附适当复习题，供读者熟练掌握已学内容。本分册由上海电缆输配电公司吴杰主编。

本套教材由龚尊、孙义明、吴杰、何伟编著，由龚尊任主编，由北京供电局电缆管理处原主任工程师杨书全高级工程师任主审，广州电力局吴倩、郑州供电局高军为教材提供了很多有价值的参考资料。上海电缆输配电公司的沈磊、包伟民、陈丽娟为本书的文字、绘图和照片处理提供了帮助。在此，对给予本书编写工作以巨大支持、帮助的各位朋友表示衷心的感谢。

龚 尊

1998年9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 基础知识	1
第一节 电缆线路的防雷保护和接地装置	1
第二节 电缆线路的损耗	7
第三节 电缆长期允许载流量的近似计算	11
第四节 电力系统的一些基本常识	19
复习题	25
第二章 电缆线路的敷设	27
第一节 电缆线路的路径选择及怎样看设计书	27
第二节 超高压电缆的运输	31
第三节 电缆的牵引	33
第四节 隧道、水底及桥上的电缆敷设	46
第五节 常用敷设设备	53
第六节 充油电缆的敷设	59
第七节 电缆的防火	64
第八节 电缆线路竣工图的绘制	67
复习题	69
第三章 110kV 及以上电缆	
附件的安装工艺	71
第一节 概述	71

第二节	充油电缆附件的安装工艺	80
第三节	交联聚乙烯电缆附件的安装工艺	98
复习题		116
第四章	电力电缆线路的电气试验	117
第一节	绝缘电阻试验	118
第二节	泄漏电流试验和直流耐压试验	123
第三节	预防性试验	142
复习题		152
第五章	电缆线路的运行管理	154
第一节	电缆线路的竣工验收	154
第二节	电缆线路的技术资料	157
第三节	充油电缆线路油压示警系统	161
第四节	电缆的腐蚀	165
第五节	电缆线路常见故障	169
复习题		175
第六章	电缆线路故障的测寻	177
第一节	电缆线路故障的性质	177
第二节	故障测寻	180
第三节	电缆护层绝缘损坏点的测定方法	228
复习题		230
参考资料		232

第一章 基础知识

第一节 电缆线路的防雷保护 和接地装置

雷电是大自然的现象之一，它会直接或间接导致电力系统的部分设备或线路产生雷电过电压，会危及电力系统的安全运行，是电力系统发生故障和事故的主要因素之一。虽然大多数运行中的电缆由于所处位置具有隐蔽性（电缆大多数敷设于地底、水下，架空电缆只占极小部分），遭受直接雷击的可能性很小，但它们终究是与架空线或其他电气设备相连接的，还是会受到雷电流的侵入和影响，因此也必须对电缆采取防雷保护措施。本节将主要介绍电缆线路的防雷保护和与之相关的电缆接地装置。

一、电缆的防雷保护

电缆线路的防雷保护主要是针对电缆的主绝缘和金属护套两方面。

（一）电缆主绝缘的防雷保护

1. 保护措施

为了保护电缆的主绝缘，通常使用一些保护装置以防雷击。采用的保护装置有空气间隙和避雷器。保护装置通常安装在架空线侧和变电所侧，与被保护的电缆导体并联并且接地，只在少数情况下根据需要才在电缆两侧都安装。

2. 保护装置

(1) 使用保护间隙作为防雷保护装置。保护间隙是一种比较简单的避雷装置，也是最早期用来防雷的保护装置。它是由一对电极及其间的空气间隙组成的过电压限制器。虽然保护间隙结构简单、价格低，但它的放电特性易受气象条件的影响，并且在截断雷电流时会产生振荡特性的高频电压，进而会引起电缆的绝缘强度下降。因此目前已很少再采用保护间隙来作为电缆主绝缘的防雷保护装置。

(2) 使用避雷器作为防雷保护装置。避雷器是历来使用最多的防雷保护装置。它能释放过电压能量并限制过电压幅值。正常情况下避雷器不导通（最多只流过微安级的泄漏电流），而在雷电流侵入时，当作用于电缆和避雷器上的电压达到避雷器的动作电压时，避雷器导通，通过大电流，释放过电压能量，并将过电压限制在一定水平，以保护电缆的主绝缘。在释放完过电压能量后，避雷器会恢复到不导通的正常工作状态。

避雷器分为阀式避雷器和管式避雷器两大类，阀式避雷器又分为有间隙和无间隙两种。有间隙阀式避雷器的基本元件是火花间隙和以碳化硅或氧化锌为主要原料的非线性工作电阻片（简称阀片），这些元件串联叠装在密封的瓷套或其他绝缘材料的套筒内。无间隙阀式避雷器的基本元件则只有阀片，它的主要材料是氧化锌或其他金属氧化物，故通称金属氧化物避雷器或氧化锌避雷器。氧化锌避雷器由于其具有体积小、重量轻、保护性能好等优点，是目前最常用的保护电缆的避雷器。管式避雷器又称为排气式避雷器，目前在电缆防雷保护中使用不多，这里就不介绍了。

(3) 使用避雷针、避雷线作为防雷保护装置。使用避雷针、避雷线也是防雷的有效措施之一。避雷针是将雷电引向