



全国供用电工人技能培训教材

换流站

中国电力企业家协会供电分会 编

中国电力出版社

**全国供用电工人技能培训教材**

---

---

# **换 流 站**

中国电力出版社

## 内 容 提 要

本书是全国供用电工人技能培训教材中的换流站部分。全书共分三篇。第一篇为换流站值班员初级工应掌握的直流输电的接线方式、换流站主设备、直流输电系统保护、运行操作等基础知识和基本技能。第二、三篇分别根据换流站值班员中级工、高级工应掌握的相应知识和技能，进行了深入的研究和阐述，使换流站值班员循序渐进地加深对直流输电系统的认识，提高基本运行操作水平。

本书除供换流站值班员上岗培训外，还可供从事高压直流输电的工程技术人员、大中专院校师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

换流站/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 7-80125-769-3

I 换… II. 中… III. 换流站-技术培训-教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 14722 号

## 换 流 站

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](http://www.cepp.com.cn))

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1999 年 2 月第一版 1999 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 14 印张 306 千字 4 插页

印数 0001—2000 册 定价 24.00 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

1982.00/10

## 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

根据电力工业发展的需要,为贯彻“科教兴国”的战略,全局提高劳动者的素质,培养电力生产应用型人才和加大电力生产人员培训教材的建设,在中国电力企业家协会和中国电力出版社的组织领导下编写《全国供用电工人技能培训教材 换流站》一书。

本教材以电力工人等级标准为依据,分初级工、中级工和高级工三篇,以适应电力职业技能考核鉴定的需要。

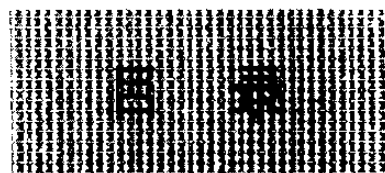
换流站是直流输电系统的主要组成部分。自葛南直流输电和舟山直流输电工程投运以后,我国的高压直流输电技术发展很快,21世纪初,天广直流输电工程、三峡——常州和三峡——上海直流输电工程都将相继投产,高压直流输电技术已成为输变电技术的重要分支和不可缺少的组成部分。在我国尽管直流输电与交流输电相比,还很年轻,不够成熟,但是提高直流输电系统运行的安全和可靠性是运行人员和专业人员的重要职责。为此,本教材除了讲解直流输电的概况、特点、基本原理、接线方式、主要设备、控制调节、保护和监控装置外,还以葛南线为典型例子对系统运行方式和设备的运行操作作了具体的介绍。

葛洲坝换流站袁青云同志对本教材进行了审阅,并提出了许多宝贵的意见,许多有关同志对本书的出版给予大力的支持,特在此表示衷心的感谢。

由于本人水平有限,书中难免存在错误和缺点,恳望读者批评指正。

作者

1998.10



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

## 第一篇 初 级 工

<b>第一章</b>	<b>绪言</b> .....	1
第一节	直流输电的历史、现状与展望 .....	1
第二节	直流输电系统概况 .....	3
第三节	直流输电的优缺点 .....	6
	复习题 .....	9
<b>第二章</b>	<b>直流输电的基本原理</b> .....	11
第一节	直流输电的基本概念 .....	11
第二节	换流器的工作原理 .....	13
	复习题 .....	25
<b>第三章</b>	<b>直流输电系统接线方式</b> .....	27
第一节	换流站主接线 .....	27
第二节	直流输电系统主接线 .....	30
第三节	各区域划分和元件缩写的含义 .....	36
	复习题 .....	58
<b>第四章</b>	<b>换流站主要设备</b> .....	60
第一节	换流器 .....	60
第二节	换流变压器 .....	72

复习题 .....	78
<b>第五章 直流输电系统的保护配置 .....</b>	<b>81</b>
第一节 保护原则 .....	81
第二节 保护配制 .....	81
第三节 保护动作后采取的处理措施 .....	83
复习题 .....	85
<b>第六章 运行操作 .....</b>	<b>87</b>
第一节 葛南直流输电系统的运行方式 .....	87
第二节 操作、命令术语 .....	88
复习题 .....	92

## 第二篇 中 级 工

<b>第一章 直流输电主要用途 .....</b>	<b>95</b>
复习题 .....	97
<b>第二章 直流输电系统的基本运行</b>	
<b>参数及条件 .....</b>	<b>98</b>
复习题 .....	103
<b>第三章 换流站主要设备 .....</b>	<b>105</b>
第一节 换流器 .....	105
第二节 直流平波电抗器 .....	125
第三节 交流和直流滤波器 .....	126
复习题 .....	133
<b>第四章 接地极 .....</b>	<b>136</b>
第一节 接地极种类 .....	136
第二节 接地极材料 .....	139

第三节	接地极布置形状 .....	139
第四节	葛南直流输电系统接地极 .....	140
复习题	.....	143
<b>第五章</b>	<b>葛南直流输电系统的保护</b> .....	145
第一节	保护配置 .....	145
第二节	直流输电的元件保护 .....	146
复习题	.....	155
<b>第六章</b>	<b>监控设备</b> .....	158
第一节	可控硅在线监控装置 (TM) .....	158
第二节	事件顺序记录仪 (SER) .....	161
第三节	暂态故障录波器 (TFR) .....	164
第四节	中央告警系统 .....	168
复习题	.....	172
<b>第七章</b>	<b>辅助设备</b> .....	174
第一节	阀冷却系统 .....	174
第二节	空调系统 .....	185
复习题	.....	189
<b>第八章</b>	<b>运行操作</b> .....	191
第一节	操作管理 .....	191
第二节	操作 .....	196
第三节	典型操作票 .....	260
第四节	故障处理 .....	267
复习题	.....	270

### 第三篇 高级工

## 第一章 直流输电与交流输电的技术

	<b>经济比较</b> .....	280
	复习题 .....	285
<b>第二章</b>	<b>直流输电系统构成方式</b> .....	287
	复习题 .....	295
<b>第三章</b>	<b>换流站主要设备</b> .....	297
	第一节 可控硅电子触发板 (TE 板) .....	297
	第二节 阀基电子设备 (VBE) .....	300
	第三节 无功功率补偿 .....	310
	第四节 直流电流互感器和直流分压器 .....	317
	复习题 .....	322
<b>第四章</b>	<b>大地回路与接地极</b> .....	324
	第一节 大地回路 .....	324
	第二节 大地回路电流对环境的影响及防范措施 .....	325
	第三节 接地极 .....	333
	复习题 .....	343
<b>第五章</b>	<b>直流输电的控制和调节</b> .....	345
	第一节 基本控制方式及特性 .....	345
	第二节 基本调节原理和特性 .....	349
	第三节 葛南直流输电系统的控制 .....	355
	复习题 .....	383
<b>第六章</b>	<b>直流输电的保护</b> .....	386
	第一节 故障分类 .....	386
	第二节 直流微机保护 .....	388
	复习题 .....	406
<b>第七章</b>	<b>监控设备</b> .....	410



第一节	可控硅在线监测装置 (TM)	410
第二节	事件顺序记录仪 (SER)	419
复习题		428