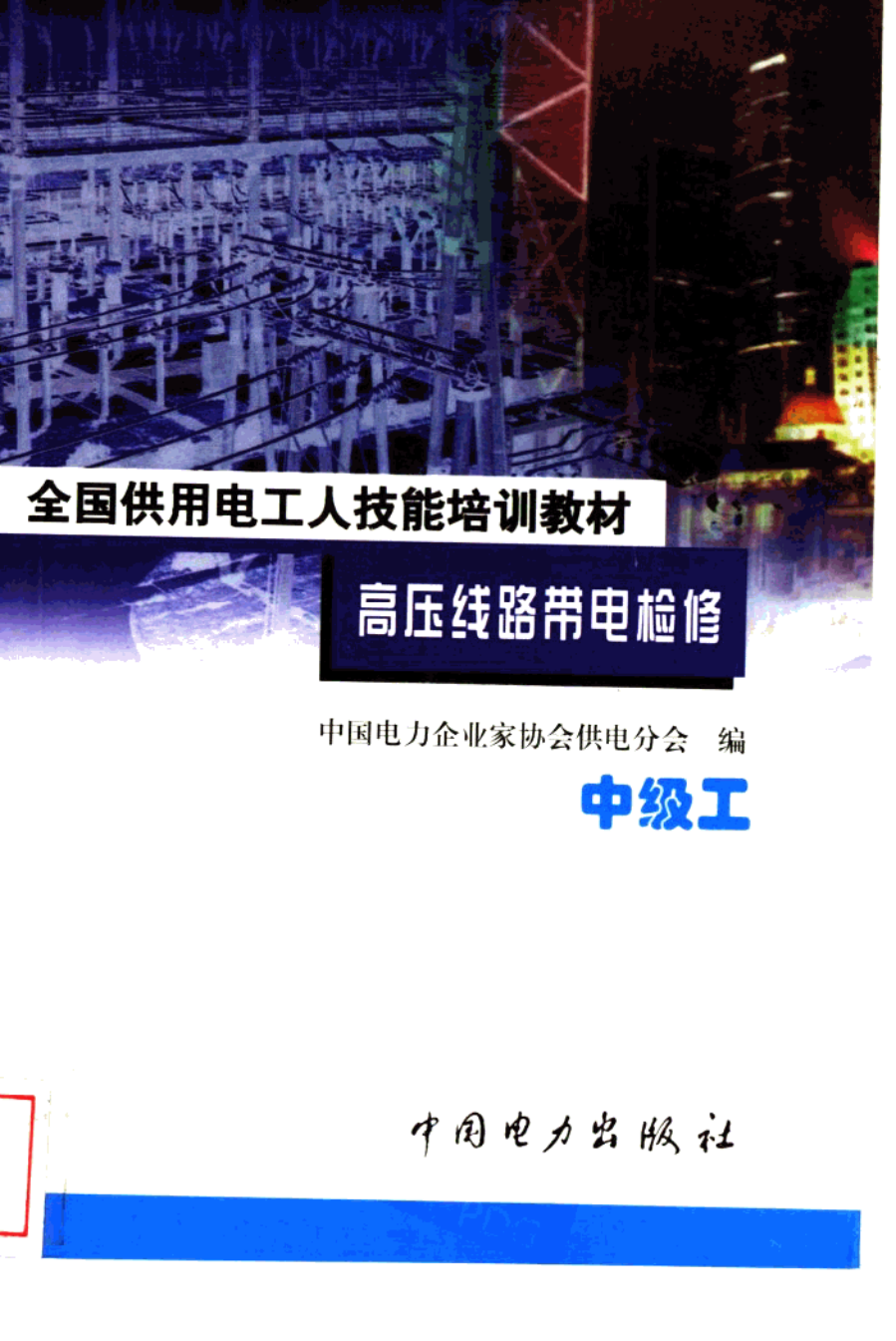




全国供用电工人技能培训教材

高压线路带电检修

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

---

# 高压线路带电检修

中级工

主编：王学功

主审：王之佩

中国电力出版社

## 内 容 提 要

本书在初级工培训教材的基础上,进一步介绍了输配电线路专业的一些常用知识和带电作业的基本原理、绝缘材料及工器具的性能、常见作业项目的作业方法以及质量管理方面的知识。全书共分八章。第一章为绪论;第二章和第三章为基础知识及基本原理;第四章介绍了带电作业常用材料和工具的性能;第五章至第七章分别叙述了输、配、变电设备常见带电作业项目的作业方法;第八章介绍了一些质量管理方面的必备知识。

本书供从事输、配、变电设备带电作业的中级工培训使用,也可作为从事带电作业的有关技术人员和管理干部参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

高压线路带电检修/中国电力企业家协会供电分会编.-北京:中国电力出版社,1999.12

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-760-X

I. 高… II. 中… III. 高电压-输配电线路-检修-带电作业-技术培训-教材 N. TM726.1

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第43826号

### 高压线路带电检修(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)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2000年4月第一版 2001年1月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 12.5印张 273千字

印数3001—6000册 全三册定价47.00元(本册19.00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  |
|       | 张广奎 | 郭宏山 | 钱忠伟 | 顾志鹏 |
|       | 周道和 | 刘绍钧 | 娄殿强 | 朱永芹 |
|       | 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

《高压线路带电检修》为全国供用电工人技能培训教材（共 27 套）中的一套书。本套书（含配电线路）分初、中、高级工三个分册，分层次地对电力系统基础知识、带电作业技术理论、常用项目的作业方法等进行了论述，适用于供电企业带电作业工种，既可作为培训教材，也可供有关技术人员参考使用。

该套书由张家口供电公司王学功工程师主编；原电力部崔江流教授级高级工程师，鞍山电业局阎明纯工程师，上海市区供电局王琮工程师，西安供电局张建华高级工程师，张家口供电公司王茂高级工程师、刘志刚高级工程师、黄玉栋工程师、李鹏、张亚军参加编写；由长沙电力局柏克寒教授级高级工程师初审，上海电力局王之佩教授级高级工程师主审。此外，在本书的编写过程中，上海超高压输变电公司孙鑫茂工程师、郑州供电局杨海松工程师、西安供电局张光生工程师给予了热情的帮助和支持，在此一并致谢。

由于编著者水平所限，书中错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

作 者

一九九九年十月

# 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

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>第一章 带电作业的发展及展望 .....</b> | <b>1</b>   |
| 复习题 .....                   | 8          |
| <b>第二章 输配电线路基本知识 .....</b>  | <b>9</b>   |
| 第一节 输配电线路结构 .....           | 9          |
| 第二节 过电压的基本知识 .....          | 70         |
| 第三节 防污与防振的基本知识 .....        | 82         |
| 第四节 导、地线连接与补修 .....         | 90         |
| 复习题 .....                   | 117        |
| <b>第三章 带电作业基本知识 .....</b>   | <b>119</b> |
| 第一节 带电作业基本方法分类 .....        | 119        |
| 第二节 组合间隙 .....              | 154        |
| 第三节 静电感应 .....              | 155        |
| 第四节 泄漏电流 .....              | 157        |
| 复习题 .....                   | 158        |
| <b>第四章 带电作业常用材料 .....</b>   | <b>160</b> |
| 第一节 带电作业常用绝缘材料及工器具 .....    | 160        |
| 第二节 带电作业常用金属材料 .....        | 193        |
| 复习题 .....                   | 200        |

## **第五章 10kV~500kV 输配电线路带电**

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>作业项目简介 .....</b>            | <b>202</b> |
| 第一节 10kV 配电线路带电作业 .....        | 202        |
| 第二节 35kV~66kV 输电线路带电作业 .....   | 220        |
| 第三节 110kV~220kV 输电线路带电作业 ..... | 243        |
| 第四节 330kV 输电线路带电作业 .....       | 271        |
| 第五节 特殊项目的带电作业 .....            | 282        |
| 第六节 500kV 输电线路带电作业 .....       | 311        |
| 复习题 .....                      | 333        |
| <b>第六章 带电测试 .....</b>          | <b>336</b> |
| 第一节 绝缘子检测 .....                | 336        |
| 第二节 导线接头测温 .....               | 339        |
| 复习题 .....                      | 340        |
| <b>第七章 变电带电作业项目与操作 .....</b>   | <b>342</b> |
| 第一节 变电站户外设备断、接引 .....          | 342        |
| 第二节 更换阻波器 .....                | 349        |
| 第三节 母线构架上绝缘子的更换 .....          | 351        |
| 复习题 .....                      | 355        |
| <b>第八章 质量管理和生产管理 .....</b>     | <b>356</b> |
| 第一节 全面质量管理的基础工作 .....          | 356        |
| 第二节 质量体系 .....                 | 365        |
| 第三节 排列图法和因果图法 .....            | 371        |
| 第四节 生产管理 .....                 | 376        |
| 复习题 .....                      | 381        |

# 第一章 带电作业的发展 及 展 望

## 一、回顾

中国的带电作业已经有 40 多年的历史了。1954 年,首先在鞍山兴起的带电作业技术,经过 40 多年的推广、普及、应用和提高,已在全国电力系统中得到了广泛的应用。带电作业技术对于保证电网安全、可靠运行,减少电能损失以及不间断向用户供电和提高电网经济效益等方面都发挥了极为重要的作用。

50 年代初期,新中国刚刚成立,工农业生产迅速恢复和发展,各行各业都需要电力。鞍山是我国主要重工业基地,鞍山钢铁公司供应着我国大部分建设工程需要的钢材,必须日以继夜地连续生产。当时的电力工业基础薄弱,电力的发展难以满足社会需求。供电网架单薄,设备陈旧,经常需要停电检修和处理缺陷。停电就要影响厂矿生产,对此,电业职工心情十分焦急。责任感促使他们想方设法做到既能确保安全供电而又不必停电的检修办法。鞍山电业局的一批工人和技术人员率先开始了探索研究,经过不懈的努力,终于创造出一套不停电检修设备的新技术。它的出现,立即在生产中显示了强大的生命力,随即在东北地区,并很快在全国推广应用。此后,全国各地涌现出许多热心于带电作业的有志之士,在各级领导的重视和支持下,深入探索和钻研,使这一技术不断发展、完善和提高,在生产中发挥了很好的作用。东

北地区曾用带电作业方法加高 1000 余基铁塔塔头,有效地解决了升压线路间隙不足难题,有的 220kV 线路由于应用了带电作业技术,从而保证了其长期的安全、健康运行,连续多年没有因检修而停过 1 次电。华北地区除经常进行常规带电作业项目外,还创造了综合带电检修新方法,有效地促进了带电作业发展。最近几年,已有多条 500kV 超高压输电线路的瓷绝缘子用带电方法更换为合成绝缘子。西北地区首先将铝合金作为带电作业工具材料,为工器具轻便化创造出一条新路子,与此同时,他们又勇于开拓,将电子、红外、光纤等技术应用于带电作业,把带电作业技术推向了一个新的高度。华中、华南地区用带电作业的方法成功地将多条 35kV 和 110kV 线路全线带电改造升压运行,还积极开展导线带电爆炸压接的试验研究,取得了相当成效。华东地区用带电作业方法更换了许多杆塔,解决了骨干线路导线对地距离不足,又不能停电处理的矛盾,此外,他们还在带电作业中研究和应用液压技术,以及变电设备的带电测试等。西南地区除坚持开展常规带电作业项目外,还用带电作业方法更换导线耐张压接管、变电站母线、水泥杆下节等难度较大的项目,有效地保证了电网运行安全,带来极大的经济效益。

40 多年来,我国带电作业的发展突飞猛进。现在,它已成为供电设备测试、检修、改造的重要手段。各地区供电局和部分电厂甚至厂矿企业的供电部门,均有不同规模的带电作业专业队伍,可以在我国现有各个电压等级的线路上进行所有项目的带电作业。由于带电作业不需要停送电联系和操作,减少了许多中间环节,从根本上杜绝了这些环节中失误造成的事故。由此可见,带电作业技术为电力生产提高安全性,提高可靠性,从而提高经济效益,发挥了十分巨大的作

用。

我国带电作业经历了从无到有、从小到大、自立更生、集中群众智慧不断发展壮大的历程，走的是一条从生产实际出发经过不断研究完善和提高而又应用于生产实际的具有中国特色的发展路子。我国带电作业发展速度之快、开展项目之多、推广范围之广、作业难度之大、方法之灵活、工具之多样，确实已跨进了世界的先进行列。这是我国电业职工几代人不懈努力的结果。

## 二、任务

40多年来，我国的带电作业工作取得了很大成绩，为电力工业和国民经济的发展做出了巨大贡献。但也应当看到，我国带电作业在管理、规范化、系列化、标准化、作业范围和安全等多方面还存在着一些急待解决的问题，各地区的开展也是不平衡的，特别是目前相当一些单位片面认为供电网络日趋健全，停一回路检修不一定影响用户的供电，带电作业所创造的经济效益在本单位又无直接的体现，因而对带电作业工作的关注和支持不够，致使本单位的带电作业工作停滞不前，甚至回落。这种倾向应当引起我们的高度重视。应当看到，随着我国电力事业的发展，特别是超高压电网的出现和发展，随着用户对供电质量要求的不断提高，带电作业正面临着一个新的发展时期，并还需要在更广泛的领域中推广应用，并向更高的水平和阶段推进。

为了适应我国国民经济的发展和人民生活水平不断提高的需要，到2000年，全国电力装机要达到3亿kW，以基本满足国民经济年增长8%~9%的需要。同时，三峡电站的兴建，以三峡为中心的全国电网即将出现。随着我国装机容量和电网规模的不断扩大，特别是500kV电网结构的加强，又