



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

**高级工**

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

高级工

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、中级工培训教材的基础上,更进一步地介绍了有关电力系统方面的常用知识和带电作业的技术理论、作业难度较大项目的作业方法以及质量管理与生产管理方面的知识。全书共分五章。第一章电力系统方面的常用知识;第二章带电作业的技术理论;第三章和第四章介绍了输、配、变电设备作业难度较大项目的作业方法;第五章介绍了质量管理方面的一些必备知识。

本书供从事输、配、变电设备带电作业的高级工培训使用,也可供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 IV. 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(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)

北京市梨园彩印厂印刷

各地新华书店经售

\*

2000年4月第一版 2000年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 8.25印张 178千字

印数0001—3000册 全三册定价47.00元(本册16.00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

《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</b> | <b>电力系统基本知识</b> .....   | 1   |
| 第一节        | 输配电线路杆塔结构、荷载及受力分析 ..... | 1   |
| 第二节        | 架空线的机械计算 .....          | 10  |
| 第三节        | 电工基本知识 .....            | 28  |
| 第四节        | 过电压与防雷保护 .....          | 43  |
| 第五节        | 输电线路防污和防振 .....         | 65  |
| 第六节        | 继电保护的基本知识 .....         | 77  |
| 复习题        | .....                   | 90  |
| <b>第二章</b> | <b>带电作业技术理论</b> .....   | 93  |
| 第一节        | 沿耐张绝缘子串进入强电场的方法 .....   | 93  |
| 第二节        | 组合间隙的确定 .....           | 95  |
| 第三节        | 静电感应对带电作业的影响 .....      | 98  |
| 第四节        | 泄漏电流对带电作业的危害 .....      | 100 |
| 第五节        | 强电场的危害及其防护 .....        | 103 |
| 复习题        | .....                   | 120 |
| <b>第三章</b> | <b>35~500kV 输电线路带电</b>  |     |
|            | <b>作业项目简介</b> .....     | 122 |
| 第一节        | 220~500kV 输电线路带电更换      |     |
|            | 绝缘子 .....               | 122 |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 第二节        | 其他带电作业项目 .....          | 146        |
| 复习题        | .....                   | 212        |
| <b>第四章</b> | <b>变电带电作业项目与操作.....</b> | <b>214</b> |
| 第一节        | 悬式绝缘子的更换 .....          | 214        |
| 第二节        | 母线上的作业 .....            | 224        |
| 复习题        | .....                   | 229        |
| <b>第五章</b> | <b>质量管理 .....</b>       | <b>230</b> |
| 第一节        | 质量管理小组 .....            | 230        |
| 第二节        | 现场质量管理 .....            | 236        |
| 第三节        | 质量控制点 .....             | 242        |
| 复习题        | .....                   | 247        |

# 第一章 电力系统基本知识

## 第一节 输配电线路杆塔结构、 荷载及受力分析

输配电线路的功能是传送电能，它由导线经绝缘子串（或绝缘子）悬挂（或支撑固定）在杆塔上而构成。按杆塔在线路中的用途，可分为直线杆塔、耐张杆塔、转角杆塔、终端杆塔、跨越杆塔和换位杆塔等。

进行各类杆塔强度计算，必须按规程规定的条件计算正常运行情况、断线情况、安装情况以及特殊情况下的杆塔荷载。

### 一、杆塔荷载分类

根据荷载在杆塔上的作用方向，可分为：垂直荷载、横向水平荷载和纵向水平荷载三种。

#### 1. 垂直荷载

垂直荷载  $G_1$  包括：

- (1) 导线和避雷线重量（包括绝缘子和金具重量）。
- (2) 杆塔自身的重量。
- (3) 安装、检修时的垂直荷载（包括作业人员、工具、附件等重量）。

#### 2. 横向水平荷载

横向水平荷载  $P$  包括：

- (1) 导线、避雷线的风压（包括绝缘子和金具上的风

压)。

(2) 杆塔风压。

(3) 转角杆塔上导线避雷线的角度力。

3. 纵向水平荷载

纵向水平荷载  $T$  即顺线张力, 它包括:

(1) 导线、避雷线的不平衡张力 (对耐张杆塔和直线杆塔不平衡张力为顺线路方向; 对转角杆塔的不平衡张力方向为线路内角的等分线方向)。

(2) 导线、避雷线的断线张力以及断导线的同时避雷线对杆塔产生的支持力。

(3) 安装时的紧线张力等。

## 二、杆塔荷载计算条件

规程规定的计算条件是根据运行和设计经验积累所得。各类杆塔荷载的计算条件如表 1-1 所示。

表 1-1 各类杆塔的荷载计算条件

| 杆塔型式  | 运行情况                                                                     | 断线情况                                                                                              |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直线型杆塔 | 1. 最大风速、无冰、未断线<br>2. 覆冰、有相应风速、未断线                                        | 1. 断一根导线、避雷线未断、无冰、无风<br>2. 一根避雷线有不平衡张力、导线未断、无风无冰<br>(断线后检修时, 工人工具等附加荷载; 35~110kV 线路可取 1500~2000N) |
| 耐张型杆塔 | 1. 最大风速、无冰、未断线<br>2. 覆冰、相应风速、未断线<br>3. 最低气温、无风、无冰、未断线<br>(只适用于终端杆塔和转角杆塔) | 1. 在同一档内断两相导线、避雷线未断、无风、无冰<br>2. 断一根避雷线、导线未断、无风、无冰<br>(断线后检修时的附加荷载同直线型杆塔, 但不考虑同时检修两相)              |



续表

| 杆塔型式  | 安 装 情 况                                                                                                                                                                                                                                | 特 殊 情 况                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直线型杆塔 | <p>各类杆塔应按安装方法、相应风速、无冰条件计算</p> <p>导线或避雷线及其附件的起吊安装荷载,应包括提升重量(一般按两倍计算)和安装工人、工具的重量</p> <p>导线及避雷线的紧线荷载应包括紧线张力和安装工人及工具的重量</p> <p>注:①验算杆塔组立的荷载,仅计及杆塔自重和安装工人及工具重量</p> <p>②验算水平材应同时计及1000N活动荷载</p> <p>③安装情况的计算,应计及临时补强措施(如采用临时拉线及个别部件临时补强等)</p> | <p>重冰区,各类杆塔按断线张力计算时有覆冰,无风,气温为<math>-5^{\circ}\text{C}</math>,断线情况覆冰荷载不应小于运行情况计算覆冰荷载的50%</p> <p>各类杆塔尚应按三相导线及避雷线不均匀脱冰(一般为一侧冰重100%,另一侧冰重不大于50%)所产生的不平衡张力进行验算,直线型杆塔,一般不考虑导线及避雷线同时产生不平衡张力;耐张杆塔应根据具体情况确定</p> <p>地震基本烈度为9度及以上地区的各类杆塔,均应进行抗震验算。验算条件:风速取最大设计风速的50%、无冰、未断线</p> |
| 耐张型杆塔 |                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                      |

### 三、各类杆塔结构

#### 1. 各电压等级直线杆塔结构

(1) 10、35kV 线路。10、35kV 架空线路直线杆一般采用钢筋混凝土电杆,有单回路、双回路等。10kV 架空线路一般无架空地线;35kV 线路分有架空地线及无架空地线两种。

(2) 66、110、220kV 输电线路。66、110、220kV 输电线路直线杆塔一般采用钢筋混凝土电杆、铁塔、钢杆。其中钢筋混凝土电杆分单杆、A型杆、门型杆等,如图1-1所示。

(3) 330、500kV 超高压输电线路。330、500kV 超高压输电线路直线杆塔一般采用铁塔、门型混凝土电杆,如图1-2所示。

#### 2. 各电压等级耐张型杆塔结构

(1) 10、35kV 耐张型电杆。10、35kV 耐张型电杆(包括终端杆)一般采用钢筋混凝土电杆,在无法设置拉线的地