

配电技术与工艺培训教材

# ( 配 电 线 路 )

胡培生 丁 荣 编

PEIDIAN JISHU

YU GONGYI PEIXUN JIAOCAI

(PEIDIAN XIANLU)



中国电力出版社

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

配电技术与工艺培训教材

---

# ( 配 电 线 路 )

胡培生 丁 荣 编



中国电力出版社

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

## 内 容 提 要

为满足供电和农电人员职业技能鉴定、安全运行、操作工艺、现场作业及日常工作的需要,依据《国家职业技能鉴定规范·电力行业》(配电线路工和农网配电营业工)和相关规程标准的规定,并结合供电和农电生产实际情况,组织编写了《配电技术与工艺培训教材》。本教材以简明扼要的形式,对职业技能要求予以精炼,以便供电和农电人员培训和鉴定使用,增强安全操作和工艺水平,提高配电网整体素质。

本书是《配电技术与工艺培训教材》(配电线路)分册,共分13章和附录,具体内容为:电力系统与电力网,中低压杆塔及其附件、杆身质量估算、防腐和导线排列与杆型,导线性能和截面选择,绝缘导线分类、材料性能、结构架设、防雷接地,架空导线弧垂计算和电杆机械计算,拉线组合作用、戴值和直径计算、安装要求、拉线盘选择和埋深,配电线路运行巡视标准、测试检查、运行管理、故障分析、防止闪络、换位核相、电量波动,常用配电变压器极性和构造参数、接线组别和非重合点、地下、防雷、干式、有载调压等配电变压器,变压器选择安装、运行保护、停供电操作、分接头调整、小修、负荷控制以及变台和跌落式熔断器,无功补偿与降损方法,电容器补偿、参数接线、安装验收、保护运行。过电压保护和防雷保护接线,电流电压、绝缘电阻、接地电阻和万用表计以及电流、电压互感器,道路照明电光源、镇流器、灯具、开关控制和运行,最后附有配电线路常用杆型,电杆类、导线电绞类、拉线类、绝缘子类、金具类、变压器类、开关熔断器类、避雷器类等参数表,导线弧垂表以及常用配电线路设计、施工、运行及设备器材等标准。

本书可作为全国供电企业、农电企业中从事配电线路工人、农网配电营业工人以及具有初中以上文化程度的青年工人、编转主业人员、临时工、农民工和转业军人等生产人员的职业技能、岗位技能和操作工艺的培训教材,也可作为配电线路专业技术人员和管理干部等的参考教程。

### 图书在版编目(CIP)数据

配电线路/胡培生,丁荣编. —北京:中国电力出版社, 2006

配电技术与工艺培训教材  
ISBN 7-5083-4617-3

I. 配... II. ①胡... ②丁... III. 配电线路—技术培训—教材 IV. TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第089473号

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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

2006年10月第一版 2006年10月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 18印张 470千字

印数0001—4000册 定价38.00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)

# 前 言

为了配合全国供电企业、农电企业的职业技能鉴定工作和配电网线路工人、农网配电营业工人顺利通过职业技能鉴定，并满足供电企业、农电企业的中低压配电网线路工人、农网配电营业工人以及具有初中以上文化程度的青年工人、辅转主业人员、临时工、农民工和转业军人等生产人员熟练掌握安全运行、操作工艺、现场作业以及日常工作的需要，根据《国家职业技能鉴定规范·电力行业》（配电网线路工和农网配电营业工）和相关规程标准的规定，同时结合配电网线路和农网配电营业的生产运行经验，编写了《配电技术与工艺培训教材》（配电网线路）一书。这是一本供电企业、农电企业的配电网线路人员和农网配电营业人员在职业技能鉴定、岗位技能培训、日常工作、安全运行和现场作业时实用性很强的必备培训教材。

本书在编写过程中，考虑国内外中低压配电网线路的状况，参照北京等地区中低压配电网线路技术规范，照顾到设计、施工、运行和管理等多方面的情况，着重讲操作工艺、现场作业。其内容涵盖了配电网线路和农网配电营业初级工、中级工、高级工、技师以及高级技师的知识和技能要求。

本书主要内容是电力系统与电力网，中低压杆塔及其附件、杆身质量估算、防腐和导线排列与杆型，导线性能和截面选择，绝缘导线分类、材料性能、结构架设、防雷接地，架空导线弧垂计算和电杆机械计算，拉线组成作用、截面和直径计算、安装要求、拉线盘选择和埋深，配电网线路运行巡视标准、测试检查、运行管理、故障分析、防污闪、换位核相、电晕振动，常用配电变压器极性、构造参数、接线组别和非晶合金、地下、防雷、干式、有载调压等配电变压器，变压器选择安装、运行保护、停供

电操作、分接头调整、小修、负荷控制以及变台和跌落式熔断器，无功补偿与降损方法，电容器补偿、参数接线、安装验收、保护运行。过电压保护和防雷保护接线，电流电压、绝缘电阻、接地电阻和万用表计以及电流、电压互感器，道路照明电光源、镇流器、灯具、开关控制和运行，最后附有配电线路常用杆型，电杆类、导线电缆类、拉线类、绝缘子类、金具类、变压器类、开关熔断器类、避雷器类等参数表，导线弧垂表以及常用配电线路设计、施工、运行及设备器材等标准。

在编写过程中，本书由北京电力公司胡培生、丁荣共同编写，胡培生编写第一～三章、第五～十三章和附录一，丁荣编写第四章和附录二～附录十一，另外北京电力公司陈光华、张华仲提供了附录一的参考资料。

本书编写人员承诺为广大供电企业、农电企业配电线路人员、农网配电营业人员提供一本全面、实用的职业技能、岗位技能和操作工艺的培训教材，也可作为配电线路专业技术人员和管理人员等的参考教程。这一承诺能否兑现，有待于拿到本教材的读者来检验和评判。由于我们编写时间仓促，水平有限，搜集资料难免遗漏、错误，敬请广大读者朋友提出批评指导意见。

**编 者**

2006年7月

# 目 录

## 前 言

## 第一章 电力系统与电力网

第一节 概述	1
一、电力系统与电力网	1
二、电力网分类	2
三、电力生产特点	2
四、电力系统建设基本要求	2
五、电能质量	3
第二节 发电厂与变电所	4
一、发电厂	4
二、变电所	6
第三节 电力网	8
一、输电线路	8
二、配电线路	9
第四节 北京中压电网中性点接地方式	12
一、城市电网中性点接地方式选择的基本要求	12
二、城市电网中性点接地方式分类	13
三、北京中压电网中性点接地方式	13

## 第二章 杆 塔

第一节 选用电杆一般要求	17
一、长度	17
二、强度	17
第二节 钢筋混凝土电杆	19
第三节 常用混凝土电杆	20
一、常用混凝土电杆技术数据	20
二、钢筋混凝土电杆质量要求	21

三、环形混凝土锥形杆斜度要求 .....	21
四、混凝土电杆重心计算 .....	21
五、电杆基坑 .....	22
六、电杆埋深 .....	22
■ 第四节 钢筋混凝土电杆附件 .....	22
一、卡盘 .....	23
二、底盘 .....	25
■ 第五节 钢电杆 .....	25
一、钢杆特点 .....	25
二、钢杆外形与斜率 .....	26
三、钢杆安装 .....	26
四、钢杆防护 .....	26
五、钢杆技术参数 .....	26
六、钢杆质量要求 .....	26
七、钢杆施工方法 .....	30
八、钢杆接地 .....	30
■ 第六节 钢管杆杆身质量估算 .....	30
■ 第七节 钢杆防腐 .....	31
一、钢杆生锈主要因素 .....	31
二、防腐处理方法 .....	32
■ 第八节 导线排列与杆型 .....	33
一、低压配电线路导线排列 .....	33
二、10kV 配电线路导线排列 .....	33
三、合杆线路 .....	35
四、10kV 配电线路杆型 .....	37

### 第三章 导线截面选择

■ 第一节 导线性能要求 .....	42
一、常用裸导线 .....	42
二、裸铜绞线 .....	43
三、裸铝导线 .....	44
四、钢芯铝绞线 .....	45
五、绝缘导线 .....	46

六、铝合金绞线 .....	46
七、镀锌钢绞线 .....	47
<b>第二节 导线选择 .....</b>	<b>48</b>
一、导线种类选择 .....	48
二、选择导线条件 .....	48
三、选择导线截面应遵守规程规定 .....	49
四、按机械强度选择导线截面 .....	50
五、按发热条件选择导线截面 .....	50
六、按经济电流密度选择导线截面 .....	51
七、按电压损耗选择导线截面 .....	51
八、220V 单相供电制铝、铜导线负荷矩与电 压损失的计算 .....	59
九、380V 三相架空线路电压损失百分数计算 .....	61
十、实例说明 .....	62

## 第四章 绝缘导线

<b>第一节 绝缘导线分类 .....</b>	<b>68</b>
<b>第二节 绝缘材料 .....</b>	<b>68</b>
<b>第三节 绝缘导线结构和技术性能 .....</b>	<b>70</b>
一、单芯中、低压绝缘导线 .....	70
二、低压集束型绝缘导线 .....	74
三、中压集束绝缘导线 .....	74
四、绝缘导线检验 .....	74
<b>第四节 绝缘拉线 .....</b>	<b>76</b>
<b>第五节 绝缘导线架设 .....</b>	<b>77</b>
一、放线 .....	77
二、导线损伤处理 .....	77
三、导线承力连接 .....	78
四、导线非承力连接 .....	82
五、10kV 绝缘线绝缘层剥离和绝缘处理 .....	85
六、紧线 .....	85
七、导线固定 .....	85
八、交叉跨越和接近 .....	87



九、10kV 绝缘线路预留地线挂接口 .....	91
第六节 绝缘导线防雷与接地 .....	92
一、防雷 .....	92
二、接地 .....	94
第七节 接户线 .....	95

## 第五章 架空线路机械计算

第一节 导线弧垂计算 .....	98
一、弧垂定义 .....	98
二、导线弧垂与线路安全运行 .....	98
三、与计算导线弧垂有关的气象条件 .....	98
四、导线弧垂计算 .....	99
五、弧垂计算实例 .....	104
六、导线弧垂异常 .....	107
第二节 电杆机械计算 .....	108
一、作用在电杆上的风荷载 .....	108
二、作用在导线上的风荷载 .....	109
三、电杆埋深计算 .....	111
四、横担强度计算 .....	113
第三节 导线弧垂表 .....	114

## 第六章 拉 线

第一节 拉线作用和种类 .....	122
一、拉线作用 .....	122
二、拉线种类 .....	122
第二节 拉线截面计算 .....	126
一、拉线经济夹角 .....	126
二、拉线受力计算 .....	127
三、拉线截面简易计算 .....	128
第三节 拉线棒直径计算 .....	129
一、计算拉线棒直径 .....	129
二、计算条件 .....	130
三、拉线棒简易推算 .....	130
第四节 拉线盘选择和埋深计算 .....	133

■ 第五节 拉线组成与安装要求 .....	138
一、拉线组成 .....	138
二、拉线安装质量要求 .....	141
■ 第六节 临时拉线 .....	145
一、临时拉线用途 .....	145
二、临时拉线做法 .....	146
三、人身伤亡与拉线 .....	146

## 第七章 配电线路运行

■ 第一节 运行线路巡视 .....	148
一、巡线员应熟悉的规程 .....	148
二、巡视种类 .....	149
三、巡线员基本技能 .....	150
四、常规定期巡视方法 .....	150
五、巡视安全 .....	150
六、如何巡视 .....	151
七、巡视重点 .....	152
八、季节性工作 .....	152
九、运行导线弧垂变动 .....	152
十、保证线路安全运行的要点 .....	153
■ 第二节 运行线路标准 .....	153
■ 第三节 运行线路测试 .....	154
一、交叉跨越距离测量 .....	155
二、导线接点测温 .....	156
■ 第四节 运行线路检查 .....	159
■ 第五节 运行线路管理 .....	162
一、运行专责人管理 .....	162
二、缺陷管理 .....	162
■ 第六节 设备与计划管理 .....	163
一、设备管理 .....	163
二、运行生产计划管理 .....	164
三、年度大修改进和反事故措施计划 .....	164
四、施工验收 .....	165

■	第七节 故障类型与原因分析 .....	166
	一、线路故障类型 .....	166
	二、故障一般规律和处理原则 .....	167
■	第八节 反污、防污与绝缘子测试 .....	168
	一、反污防污 .....	168
	二、绝缘子测试 .....	169
	三、北京 10kV 线路绝缘子 .....	173
■	第九节 架空线路导线换位 .....	174
■	第十节 电晕 .....	175
■	第十一节 导线振动 .....	175
	一、导线振动原因 .....	175
	二、防振措施 .....	178
■	第十二节 核相 .....	180
	一、发电机并入电网或两台发电机并列运行 .....	180
	二、同网两座变电所联络 .....	180
	三、相位与相序 .....	180
	四、核相方法 .....	181
■	第十三节 运行管理可能出现的问题 .....	184
	一、管理分界不清 .....	184
	二、新技术与人员水平不接轨 .....	184
	三、电力部门原来有几句顺口溜 .....	185
	四、技术人员与大夫有相似之处 .....	185
■	第十四节 线路设计与大改申请 .....	185
	一、线路设计 .....	185
	二、大修改进申请 .....	188

## 第八章 配电变压器

■	第一节 变压器用途 .....	189
	一、变压器作用 .....	189
	二、分类 .....	190
	三、防灾型变压器 .....	191
■	第二节 变压器工作原理 .....	191
■	第三节 变压器构造 .....	192

	一、铁芯 .....	192
	二、绕组 .....	194
	三、绝缘 .....	195
	四、调压装置 .....	195
	五、油箱 .....	197
	六、储油柜 .....	198
	七、吸湿器 .....	198
	八、气体继电器 .....	198
	九、测温装置 .....	199
	十、油标 .....	199
	十一、套管 .....	199
	十二、变压器油 .....	200
	十三、散热器 .....	201
油	<b>第四节 变压器主要技术参数</b> .....	202
	一、变压器型号 .....	202
	二、额定容量 .....	202
	三、额定电压 .....	202
	四、额定频率 .....	203
	五、接线组别标号 .....	203
	六、额定电流 .....	203
	七、阻抗电压 .....	203
	八、负荷损耗 .....	203
	九、空载损耗和空载电流 .....	204
	十、相数 .....	204
油	<b>第五节 变压器极性</b> .....	204
油	<b>第六节 配电变压器容量与接线组别</b> .....	206
	一、变压器容量 .....	206
	二、变压器接线组别 .....	206
油	<b>第七节 常用配电变压器简介</b> .....	209
	一、配电变压器分类 .....	209
	二、变压器型号 .....	210
	三、常用配电变压器 .....	211
	四、非晶合金配电变压器 .....	225

五、地下变压器 .....	227
■ 第八节 防雷变压器 .....	227
■ 第九节 干式变压器 .....	230
一、分类 .....	231
二、冷却方式 .....	231
三、温度控制 .....	231
四、防护等级 .....	231
五、产品简介 .....	232
■ 第十节 有载调压变压器 .....	235
一、10kV 级 SZ7 系列有载调压变压器 .....	235
二、10kV 级 SCZ 系列环氧树脂绕注干式有调压变压器 .....	235

## 第九章 变压器安装与运行

■ 第一节 选择变压器的依据 .....	238
一、按变压器型号选择 .....	238
二、按变压器容量选择 .....	239
三、按变压器接线组别选择 .....	241
四、按安装位置选择 .....	242
五、按变压器安装杆型选择 .....	242
■ 第二节 10kV 跌落式熔断器 .....	242
一、跌落式熔断器优点和作用 .....	242
二、跌落式熔断器种类 .....	242
三、跌落式熔断器动作原理 .....	245
四、常用跌落式熔断器型号及技术参数 .....	245
■ 第三节 配电变压器安装 .....	246
一、母式变台 .....	246
二、假母式变台 .....	251
三、单杆式变台 .....	252
四、其他形式变台 .....	254
五、变压器安装前检查 .....	254
六、立皮线安装 .....	255
七、北京地区 10kV 线路氧化物避雷器选用 .....	255
八、避雷器安装要求 .....	255

■ 第四节	变压器保护 .....	255
一、	防雷保护 .....	255
二、	变压器一二次电流计算 .....	256
三、	熔丝保护 .....	257
■ 第五节	变压器停发电操作 .....	258
一、	新变压器投入运行操作 .....	258
二、	运行中变压器停送电操作 .....	258
三、	保护电容器组的跌落式熔断器操作 .....	260
■ 第六节	变压器运行 .....	261
一、	变压器低压侧中性点运行方式 .....	261
二、	中性线作用 .....	261
三、	中性线电流与二次不平衡的规定 .....	263
四、	测量负荷 .....	266
五、	测量首末端电压 .....	267
六、	变压器并列运行 .....	267
■ 第七节	变台运行 .....	269
一、	变压器及变台运行 .....	269
二、	电压管理 .....	270
■ 第八节	电压变化率与分接头调整 .....	270
■ 第九节	变台巡视 .....	272
■ 第十节	变压器小修 .....	273
一、	小修周期 .....	273
二、	安全措施 .....	273
三、	小修项目 .....	273
四、	变压器绝缘电阻测量 .....	274
■ 第十一节	变压器温升与寿命 .....	276

## 第十章 无功补偿与降损

■ 第一节	为什么要进行无功补偿 .....	278
■ 第二节	提高功率因数意义和方法 .....	279
一、	提高功率因数意义 .....	279
二、	无功补偿配制原则 .....	280
三、	功率因数标准 .....	281

四、提高功率因数方法 .....	281
三 第三节 电力电容器 .....	282
一、电容器原理 .....	282
二、电容器电容量 .....	283
三、电容器应用 .....	283
四、并联电容器电流计算 .....	283
五、补偿电容器容量计算 .....	284
六、电容器损耗 .....	287
二 第四节 并联补偿方式 .....	287
一、分散补偿 .....	288
二、集中补偿 .....	290
一 第五节 电容器参数和接线 .....	291
一、电容器型号 .....	291
二、并联补偿接线 .....	292
三、自愈式低压并联电容器 .....	293
一 第六节 电容器安装 .....	294
一、安装环境 .....	294
二、安装接线 .....	294
三、接地 .....	294
四、开关设备 .....	294
五、切合电阻 .....	295
六、绝缘电阻摇测 .....	295
第七节 电容器组操作 .....	295
第八节 电容器放电电阻 .....	296
第九节 电容器保护与运行 .....	297
一、电容器保护 .....	297
二、电容器运行 .....	298
三、电容器串联电抗器 .....	298
第十节 电容器验收 .....	298
一 第十一节 降损与节能 .....	299
一、降损 .....	299
二、节能 .....	300

## 第十一章 过电压保护

第一节 内部电压 .....	304
一、工频过电压 .....	304
二、操作过电压 .....	304
三、谐振过电压 .....	305
第二节 外部过电压 .....	305
一、直击雷过电压 .....	305
二、感应雷过电压 .....	305
第三节 直击雷防护 .....	307
一、避雷针 .....	307
二、架空地线(避雷线) .....	309
第四节 避雷器 .....	311
一、阀型避雷器 .....	311
二、氧化锌避雷器 .....	312
三、管型避雷器 .....	316
第五节 中压线路防雷措施 .....	316
一、电缆防雷措施 .....	317
二、线路上常用设备装设避雷器图 .....	318
三、10kV 绝缘导线线路防雷 .....	319
四、配电变压器保护 .....	320

## 第十二章 仪 表

第一节 钳形电流表与音叉式钳形电流表 .....	323
一、钳形电流表 .....	323
二、音叉式钳形电流表 .....	324
第二节 绝缘电阻表 .....	326
一、工作原理 .....	326
二、结构 .....	327
三、电压等级 .....	327
四、接线端子与保护环 .....	328
五、测量前准备工作 .....	329
六、接线 .....	329
七、摇测中应遵守事项 .....	329



八、常用电器设备绝缘电阻 .....	330
■ 第三节 接地电阻表 .....	331
一、接地电阻测量 .....	331
二、接地电阻测量原理 .....	332
三、测量接地电阻方法 .....	332
四、降低接地电阻常用措施 .....	339
五、接地装置要求 .....	340
六、接地装置处理 .....	340
七、降阻剂应用 .....	341
■ 第四节 万用表 .....	342
一、万用表结构 .....	342
二、万用表技术性能 .....	342
三、万用表使用 .....	342
■ 第五节 磁电系电流表与电压表 .....	343
一、电流表 .....	343
二、电压表 .....	345
■ 第六节 电流互感器 .....	346
一、电流互感器主要参数 .....	347
二、电流互感器正确使用 .....	348
三、升流电流互感器 .....	349
■ 第七节 电压互感器 .....	349
一、电压互感器主要参数 .....	349
二、电压互感器正确选择 .....	350
三、使用注意事项 .....	351
四、三相五柱式电压互感器 .....	351

## 第十三章 照 明

■ 第一节 照明概念 .....	353
一、光的概念 .....	353
二、照明常用度量单位 .....	354
三、光的功能 .....	354
四、配光曲线 .....	355
■ 第二节 电光源 .....	356