

供用电工人技能手册

配电线路

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
北京电力公司 关 城 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

供用电工人技能手册

配 电 线 路

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编

北京电力公司 关 城 主编

北京电力公司 陈北明 副主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社共同组织编写了一套《供用电工人技能手册》。本套手册以简明扼要的形式,对职业技能鉴定所必备的知识和技能要求予以精炼,以便供用电人员在工作中查用,以增强操作技能,提高技术素质。

本书是《供用电工人技能手册》之一,共十九章,主要介绍基础知识、电力系统概述、配电网概述、常用仪器仪表、电工材料、钳工技术与焊接技术、常用工机具、配电线路器材、配电线路设备、配电变压器技术、配电线路设计、配电线路施工、配电线路检修、配电线路运行、配电变压器运行、安全知识、道路照明技术、班组管理、消防知识和配电网技术的新发展等。

本分册是配电线路工应对职业技能鉴定和日常工作的必备工具书,也可作为配电线路专业技术人员和管理人员等的参考工具书。

图书在版编目(CIP)数据

配电线路/北京电力公司关城主编. —北京:中国电力出版社, 2004

(供用电工人技能手册/中国电机工程学会城市供电专业委员会组编)

ISBN 7-5083-2230-4

I. 配... II. 关... III. 配电线路-技术手册
IV. TM726-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044881 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)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 11 月第一版 2004 年 11 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 22 印张 747 千字

印数 0001—4000 册 定价 49.00 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)

《供用电工人技能手册》

编 委 会

主任委员：宗 健

副主任委员：朱良镭（常务） 刘铭刚 陈效杰

孙秉正 杨元峰

编委委员：蒋晓华 尹庆福 程亚平 陈延宁

姜 芸 陈海波 王宏毅 郭宏山

关 城 肖 兰 张 涛



为了配合全国供电企业的职业技能鉴定工作,满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,组织编写了一套《供用电工人技能手册》。这是一套全国供用电企业生产人员在日常工作和现场作业时必备的工具书。

本套手册是经供用电专家的充分酝酿和集体推荐,确定了由一批业内有影响的企业单位推举的约 20 多位有扎实理论基础、有丰富实践经验的专家担任各分册的主编。同时,在各有关单位的支持下,经过编写和审查人员的共同努力,认真完成了本套手册的编写和审查工作。

本套手册包括了职业技能鉴定规范中线路运行与检修、变电运行与检修、营业用电三个专业十余个主要工种,具体有:送电线路工、配电线路工、电力电缆工、内线安装工、变电带电检修工、变电检修工、变压器检修工、直流设备检修工、变电站值班员、继电保护工、电气试验工、电测仪表工、用电检查员、装表接电员、电能表修理工、电能表校验工等。

本套手册的内容,大部分是与相应工种的《职业技能鉴定规范》内容要求直接相对应,是以《职业技能鉴定规范》中的中级工鉴定内容为切入点,延伸到初级工、高级工、技师的鉴定内容,而且也充分注意到《职业技能鉴定规范》以外的、现场人员经常查用的重要知识,以及新设备、新技术、新工艺的推广应用。因此本套手册的内容定位,体现了符合现场量大面广的工作实际需要。

本套手册突出了“手册”的特点,对技能鉴定规范的知识要求内容进行了浓缩、精炼,对技能要求内容注意提炼出要点和关键内容,一方面力求易查、易懂,便于现场使用,另一方面力求在日常工作中能够夯实职业技能鉴定的基础,提高生产人员技术素质。

本套手册的编写工作得到了河北省电力公司、北京电力公司、上海久隆电力科技有限公司、太原供电局、郑州电业局、上海电缆输配电公司、

上海超高压输电变电公司、上海电力公司表计厂、上海电力变压器修造厂有限公司等单位的大力支持，在此表示衷心的感谢！

《供用电工人技能手册》编委会

2004 年 1 月

为了帮助全国供电企业的配电线路工顺利通过职业技能鉴定,并满足配电线路人员熟练掌握操作技能和日常工作的需要,在中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社统一组织下,北京电力公司组织 10 多位专家和技术人员,根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》(其中线路运行与检修专业·配电线路工种)和相关规程规定的规定,同时结合配电线路的生产运行经验,编写了《供用电工人技能手册·配电线路》一书。这是一本供配电线路人员在日常工作和作业时使用的实用性很强的现场必备工具书。

本手册内容是以配电线路的设计、施工、运行、检修知识和技能为主,同时又编入了数学、力学、电工等基础知识和电力系统、配电网络、电力营销以及人身安全、消防、班组管理等相关知识。可以说,本手册内容涵盖了配电线路初级工、中级工、高级工、技师乃至高级技师的知识和技能要求。

考虑到本手册在实际工作中的需要,本手册还编入了各种配电线路设备、器材的产品性能参数以及相关验收、保管知识等方面的内容。因此,本手册对从事配电线路工作的工程技术人员和管理干部也有帮助和借鉴。

本手册由关城主编、陈光华副主编,负责全书的统稿、定稿和协调工作;第一章第一、二、四节和第十九章由邓佳翔编写,第一章第三节和第十二、十三章由李洪涛编写,第二、三、十七章由关瑞利编写,第四、九、十四章由孙树泉编写,第五、六、十一章由吴钢编写,第七、八章由陈光华编写,第十章由林万晟编写,第十五章由王军编写,第十六章由彭勇编写,第十八章由何建琪编写。

本手册编写人员承诺为广大供电企业配电线路人员提供一本全面、实用的工具书,这一承诺能否兑现,有待于拿到本手册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

2004 年 2 月

前言

编者的话

第一章 基础知识 1

第一节 数学基础知识 1

一、常用几何图形面积、周长及体积计算方法(1) 二、三角函数(2) 三、常用数学定理及计算公式(6)

第二节 电工学基础知识 7

一、电工常用计算公式(7) 二、电路基本定律(10) 三、交流电路基本知识(12)

第三节 力学基础知识 13

一、静力学基础知识(13) 二、材料力学知识(17) 三、土壤力学知识(20)

第四节 常用物理量符号及其单位 21

第二章 电力系统概述 25

第一节 电力系统构成与电能质量 25

一、电力系统构成(25) 二、电力生产特点(25) 三、电能质量(26) 四、中国和世界电力系统概况(26)

第二节 电网结构与电力系统中性点接地方式 29

一、电网结构(29) 二、电力系统中性点接地方式(31)

第三节 发电厂与变电所 31

一、发电厂(31) 二、变电所(34)

第四节 电力系统继电保护与安全自动装置 39

一、电力系统继电保护(39) 二、电力系统安全自动装置(40)

第五节 电网调度管理 40

一、电网调度管理任务(41) 二、电力系统运行方式(41) 三、调度规程(42) 四、调度命令(42) 五、电力系统调度自动化(42)

第三章 配电网概述..... 43

第一节 配电网结构..... 43

一、架空配电网(43) 二、电缆配电网(43) 三、配电网中性点接地方式(45)

第二节 配电网无功补偿与线损..... 46

一、无功补偿(46) 二、线损(48)

第三节 配电网供电可靠性..... 51

一、供电可靠率(51) 二、影响供电可靠性因素(53) 三、供电安全 N-1 准则(55)

第四节 配电网规划..... 55

一、配电网规划内容与编制(56) 二、电力负荷(57) 三、配电网负荷预测(58) 四、规划内容确定(58)

第五节 用电管理基本知识..... 59

一、用电管理业务(59) 二、电力营销与需求侧管理(63) 三、用电管理法规(63)

第四章 常用仪器仪表..... 66

第一节 测量..... 66

一、测量专业术语(66) 二、测量方式(66) 三、测量方法(66) 四、仪表误差(67) 五、测量误差(67) 六、仪表准确度(68) 七、仪表灵敏度与仪表常数(69)

第二节 电测仪表..... 69

一、电测仪表分类(69) 二、直读式电表(70) 三、常用电测仪表(73)

第三节 经纬仪..... 95

第五章 电工材料、钳工技术与焊接技术..... 97

第一节 常用电工材料..... 97

一、导电材料(97) 二、绝缘材料(98) 三、其他金属与非金属材料(98)

第二节 钳工技术基础..... 118

一、凿削(118) 二、锉削(118) 三、锯割(119) 四、钻孔(120) 五、攻丝与套扣(121) 六、矫正与弯曲(121) 七、装

配基本知识(121) 八、修理基本知识(124)	
第三节 焊接技术基础	124
一、电焊(124) 二、气焊(125) 三、焊接质量要求(126)	
第六章 常用工机具	129
第一节 登高与随身工具	129
第二节 运行维护用工具	135
第三节 施工机具	136
第四节 绳索与滑轮	143
一、绳索(143) 二、滑轮与滑轮组(154)	
第七章 配电线路器材	157
第一节 电杆	157
一、电杆作用与分类(157) 二、电杆选用(157) 三、钢筋混凝土电杆(158) 四、钢管电杆(164) 五、电杆基础(165)	
第二节 导线与拉线	168
一、裸导线(168) 二、绝缘导线(177) 三、绝缘拉线(184)	
第三节 横担	185
一、铁横担(185) 二、木横担(193) 三、瓷横担(193)	
第四节 金具	193
一、耐张金具(194) 二、悬吊金具(201) 三、接续金具(202)	
四、设备线夹(接触金具)(212) 五、连接金具(216) 六、防护金具(221) 七、金具检验(224)	
第五节 绝缘子	226
一、绝缘子类型(226) 二、绝缘子选用要求(236) 三、绝缘子检验(237)	
第六节 接地装置	238
一、接地装置构成与最小规格(238) 二、接地装置常用尺寸(238)	
第七节 绝缘罩与保护管	239
一、绝缘罩(239) 二、保护管(241)	
第八章 配电线路设备	243
第一节 中压柱上开关	243

一、柱上负荷开关(243)	二、柱上断路器(256)	三、柱上重合器(260)	四、柱上分段器(262)	五、中压柱上隔离开关(266)
第二节	10kV跌落式熔断器	269		
一、用途(269)	二、结构(269)	三、动作原理(271)	四、熔丝规格与时间—电流特性(271)	五、使用要求(273)
六、验收检验(273)				
第三节	低压熔断器、刀开关与低压断路器	274		
一、低压熔断器与刀开关(274)	二、低压塑料外壳式断路器(276)	三、低压剩余电流动作保护器(281)		
第四节	避雷器	284		
一、金属氧化物避雷器(285)	二、阀型避雷器(288)			
第五节	低压无功补偿装置与低压电力电容器	290		
一、低压电容器(291)	二、投切低压电容器方式(293)	三、测控仪与无功自动补偿仪(298)		
第六节	10kV箱变、多回路开关箱与用户供电箱	300		
一、10kV小型化箱变(301)	二、多回路开关箱、用户供电箱与电缆分支箱(310)			
第九章 配电变压器 312				
第一节	配电变压器工作原理	312		
一、定义(312)	二、工作原理(312)			
第二节	配电变压器基本结构	313		
一、铁芯(313)	二、绕组(314)	三、套管(315)	四、调压装置(316)	
第三节	配电变压器主要技术数据	322		
第四节	配电变压器接线组别	324		
一、绕组接线图(324)	二、绕组接线方式(324)	三、绕组接线组别(327)		
第五节	配电变压器产品简介	329		
一、种类(329)	二、型号(329)	三、常用配电变压器产品(331)		
第十章 配电线路设计 353				
第一节	现场勘察与方案确定	353		
一、线路路径与杆位选择(353)	二、配电线路供电半径(354)			

三、杆型及其用途(354)	四、导线截面选择(356)	五、导线排列(357)	六、导线对地距离与交叉跨越的最小距离(358)	七、配电变压器熔丝选择(358)	八、拉线(358)	九、电杆(361)	十、防雷与接地(361)	十一、气象条件(362)	十二、弧垂(363)			
第二节 设计图绘制									371			
一、配电线路设计图纸(371)									二、配电线路图例(373)			
第三节 架空配电线路电气计算									375			
一、电压损失计算(375)									二、线路功率损耗计算(376)	三、配电变压器实用计算(377)	四、配电线路短路电流计算(378)	
第四节 弧重与电杆受力计算									381			
一、导线受力计算(381)									二、弧垂(383)	三、电杆强度计算(385)	四、拉线计算(386)	五、横担受力(387)
第五节 常用杆型组装图									388			
一、中压(389)									二、低压(391)	三、变台材料(393)		

第十一章 配电线路施工 397

第一节 基坑挖掘 397	
一、电杆位置选择(397)	二、杆坑定位(397)
三、挖坑工作(397)	四、挖坑施工注意事项(402)
第二节 立杆工作 402	
一、立杆(402)	二、杆身调整(407)
三、杆坑回填(407)	
第三节 拉线及其安装 418	
一、拉线种类(418)	二、拉线结构(420)
三、拉线坑挖掘与回填(420)	四、拉线装设(423)
第四节 导线架设 429	
一、放线(429)	二、导线连接(431)
三、紧线(433)	四、导线在绝缘子上固定(439)
第五节 柱上配电变压器安装 449	
一、变压器安装前检查(449)	二、配电变压器接线方式(449)
三、配电变压器接地(450)	四、配电变压器安装步骤(451)
第六节 接户线 454	
一、10kV 接户线(454)	二、低压接户线(454)
第七节 配电线路施工组织 455	

第十二章 配电线路检修 457

第一节 概述 457

一、配电线路检修分类(457) 二、配电线路检修周期(457)

第二节 线路大修与改进 458

一、更换与调整电杆(458) 二、导线更换、修补与接续(463)
三、调整导线弧垂(463)

第三节 线路小修 464

一、清扫与登杆检查(464) 二、更换绝缘子(466) 三、更换金具(467) 四、去树(467)

第四节 停电检修组织措施与技术措施 468

一、保证停电检修安全的组织措施(468) 二、保证停电检修安全的技术措施(474) 三、线路及设备停送电操作(478)

第五节 带电作业 481

一、10kV 配电线路带电作业分类与原理(481) 二、带电作业安全规定(482) 三、工器具种类、保管与试验(483) 四、10kV 配电线路带电作业项目(486) 五、低压带电作业(497)

第十三章 配电线路运行 499

第一节 配电线路巡视 499

一、配电线路巡视种类(499) 二、巡视安全措施与注意事项(499) 三、巡视检查重点(500) 四、季节性工作(502)

第二节 配电线路运行资料管理 503

一、配备规程、标准与制度(503) 二、线路及设备缺陷管理(504) 三、设备资产管理(505) 四、线路及设备定级管理(506)
五、技术资料管理(507)

第三节 配电线路运行组织管理 515

一、线路编号及标志管理(515) 二、生产计划管理(517) 三、施工验收管理(518) 四、备品备件管理(518)

第四节 配电线路故障分析与处理 519

一、故障处理任务与程序(519) 二、10kV 架空线路故障分析与查找(519) 三、其他常见故障查找与处理(522) 四、线路及配电变压器故障危害与防护措施(523)

第五节 配电线路防护 527

- 一、线路过负荷防护(527) 二、防雷(527) 三、线路防污秽(530) 四、线路防风(532) 五、线路防振(533) 六、线路防洪(534) 七、线路防鸟害(535) 八、线路防外力破坏(536)

第十四章 配电变压器运行 537

第一节 配电变压器日常维护 537

- 一、巡视检查(537) 二、小修(538) 三、负荷测量(539)
四、负荷管理(540) 五、预防性试验(541)

第二节 配电变压器并列运行 541

- 一、并列运行定义(541) 二、并列运行条件(541) 三、定相试验(542)

第三节 常见故障与处理 543

第四节 配电变压器技术管理 544

- 一、投运前检查验收项目(544) 二、配电变压器应具备的资料(545) 三、应具备的规程制度(549) 四、应建立的规章制度(549)
五、缺陷管理(550) 六、评级(550) 七、变压器台标准化(552)

第十五章 安全知识 554

第一节 电对人体的伤害与触电急救 554

- 一、电对人体伤害(554) 二、触电急救(556)

第二节 创伤急救 560

- 一、出血(560) 二、骨折(561) 三、颅脑外伤(561) 四、烧伤(561) 五、动物咬伤(562) 六、高温中暑(562)

第三节 常用电力安全工器具 562

- 一、安全帽(563) 二、绝缘手套(564) 三、绝缘靴(565)
四、电容型验电器(565) 五、绝缘杆(567) 六、携带型短路接地线(567) 七、安全带(568) 八、脚扣(569) 九、竹(木)梯(569)

第四节 班组安全管理 570

- 一、开展经常性班组安全教育活动(570) 二、定期开展安全日活动(572) 三、每年开展安全月活动(573) 四、班组安全管理工作规范化(574)

第十六章 道路照明 577

第一节 供电方式 577

- 一、路灯线路(577) 二、供电方式分类(578)

第二节 控制方式	579
一、控制方法(579) 二、控制运行方式(581)	
第三节 光学常识	583
一、基本概念(583) 二、道路照明灯具光学特性(585)	
第四节 照明设备	588
一、光源(588) 二、镇流器(593) 三、电容器(595) 四、灯杆(596) 五、灯台(596) 六、灯具(597)	
第五节 照明设计	600
一、道路照明标准(600) 二、道路照明规划设计(601) 三、道路照明工程设计基本原则、内容和步骤(602) 四、光源与灯具选择(603) 五、照明设置(604) 六、道路与特殊场所照明设计原则(607)	
第六节 照明测量与计算	611
一、测量仪器(611) 二、测量地段选择与布点法(612) 三、测量注意事项(613) 四、测量报告内容(613) 五、照度计算(615)	
第七节 路灯施工与验收	620
一、架空线路交接验收(620) 二、变压器、箱式变电站交接验收(620) 三、低压电缆线路(621) 四、配电装置与控制(624) 五、安全保护(629) 六、路灯安装(631)	
第八节 路灯运行管理	637
一、维护管理(637) 二、技术管理(638)	

第十七章 班组管理

第一节 班组建设	639
一、标准化班组基本条件(639) 二、班组组建(640) 三、班组长职责(640)	
第二节 班组日常管理	640
一、班组日常管理工作内容(640) 二、班组建设记录填写(642)	
第三节 质量管理	643
一、质量概念(643) 二、质量职能(644) 三、全面质量管理(644) 四、质量管理小组(645)	
第四节 ISO 9000 质量管理	646
一、概论(646) 二、质量体系文件(648) 三、质量保证模式(648)	

第十八章 消防知识 650

第一节 防火灭火基本方法 650

一、燃烧三个必备条件(650) 二、防火基本方法(650) 三、常见起火原因(650) 四、高层建筑火灾危险性(651) 五、火灾类型(652) 六、灭火基本方法(652) 七、依法治火(652)

第二节 建筑安全设施与消防器材 653

一、高层建筑安全设施(653) 二、常见消火栓设施(653) 三、其他消防器材(654)

第十九章 配电网技术新发展 660

第一节 配电网新技术 660

一、线路绝缘化技术(660) 二、带电作业(661) 三、改善配电网结构(661) 四、配电自动化技术(661) 五、地理信息系统及监视控制和数据采集系统(661)

第二节 配电网新设备 661

一、真空断路器(662) 二、SF₆断路器(662) 三、重合器(663) 四、分段器(663) 五、短路(或接地)故障指示器(664) 六、非晶合金铁芯配电变压器(664) 七、配电变压器监测与电容器分相投切测控仪(664) 八、微机继电保护装置(664) 九、多回路开关箱及分支室应用(665)

第三节 配电自动化系统 665

一、配电自动化系统(665) 二、馈线自动化系统(667) 三、馈线线路自动化系统的更高阶段(673)

第四节 配电自动化系统通信方式 676

一、配电网基本通信方式(676) 二、电力系统常用通信規約(679)

第五节 基于地理信息系统的配电生产信息管理系统 680

一、地理信息系统(680) 二、配电生产信息管理系统(681) 三、与地理信息系统结合的监视控制和数据采集系统(682)

基础知识

第一节 数学基础知识

一、常用几何图形面积、周长及体积计算方法

在工程计算中,经常进行一些图形的计算,表1-1列出了几种常用几何图形面积、周长及体积的计算公式。

表1-1 常用几何图形面积、周长及体积的计算公式

图形名称	计算内容	计算公式	符号含义
长方形	周长	$l = 2(a + b)$	l —周长; S —面积; a —长度; b —宽度; h —高度; m —梯形中位线; d —圆直径; r —圆(内圆)或球半径; n —扇型角度; R —外圆半径; d_1 —椭圆的长直径; d_2 —椭圆的短直径; V —体积; L —圆锥体的母线长
	面积	$S = ab$	
正方形	周长	$l = 4a$	
	面积	$S = a^2$	
三角形	面积	$S = ah/2$	
平行四边形	面积	$S = ah$	
梯形	面积	$S = 1/2(a + b)h = mh$	
	周长	$l = \pi d = 2\pi r$	
圆	面积	$S = \pi r^2$	
	面积	$S = (\pi r^2/360) \times n$	
环型	面积	$S = \pi(R^2 - r^2)$	
椭圆	面积	$S = \pi d_1 d_2$	
立方体	体积	$V = abh$	
圆柱体	圆柱侧面积	$S = 2\pi rh$	
	圆柱全面积	$S = 2\pi r^2 + 2\pi rh$	
	圆柱体积	$V = \pi r^2 h$	
圆锥体	圆锥侧面积	$S = \pi rL$	
	圆锥全面积	$S = \pi r^2 + \pi rL$	
	圆锥体积	$V = 1/3\pi r^2 h$	
球体	球面积	$S = 4\pi r^2$	
	球体积	$V = 4/3\pi r^3$	