

供电企业生产技能人员实训教材

配电设备检修与运行

国网河北省电力公司 组编

GONGDIANQIYE
SHENGCHAN JINENG RENYUAN
SHIXUN JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

供电企业生产技能人员实训教材

配电设备检修与运行

国网河北省电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强供电企业岗位培训的基础建设,提高培训针对性和实效性,根据公司精益化管理、标准化建设的工作要求,以规范、规程和生产作业指导书为依据,国网河北省电力公司组织直属各供电公司、检修分公司、培训中心的专家编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(共18本)。

本书为《配电设备检修与运行》,主要包括配电设备发展及设计原则、配电变压器运行及检修、断路器和负荷开关、开关站、箱式配电站和环网柜、配电变压器实训项目、10kV 配电柱上断路器实训项目和开关站实训项目。

本书可供供电企业配电设备检修与运行专业生产技能、管理人员使用,也可作为提高配电设备检修与运行人员工作能力的培训用书,还可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

配电设备检修与运行 / 国网河北省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2015.10

供电企业生产技能人员实训教材

ISBN 978-7-5123-5038-0

I. ①配… II. ①国… III. ①配电装置-检修-技术培训-教材 IV. ①TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 238792 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 13.25印张 251千字

定价 36.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

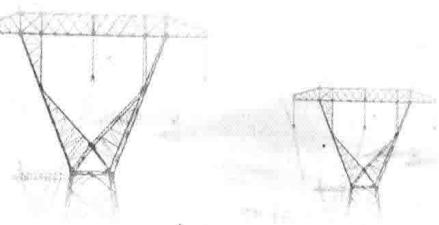
版权专有 翻印必究

供电企业生产技能人员实训教材 配电设备检修与运行

编 委 会

主	任	刘克俭			
副	主	任	董双武	苑立国	
成	员	赵 宁	侯书其	齐向党	王向东
		倪广德	赵立刚		

编审组组长	赵 宁	齐向党			
副 组 长	侯书其	王向东	倪广德	赵立刚	
主 编	贺德民				
主 审	张智远				
成 员	陈俊周	李 静	王海涛	刘青云	
	王 民	王 宁	陈铁雷	吕云飞	
	郜向军	焦淑萍			



序

国家电网公司董事长刘振亚曾经说过：“在改革发展的关键时期和攻坚克难的考验面前，能不能勇担责任、战胜挑战，完成好各项任务，根本要靠高素质的干部员工队伍。”从某种意义上讲，人才是企业的发展之基、转型之要、跨越之本。作为现代化国有特大型企业，必须从发展的视角、战略的高度充分认识人才培养在企业发展中的地位和作用。

国家电网公司“三集五大”体系建设进一步深化，特高压电网进入全面大规模建设阶段，河北省产业调整、工业升级、生态建设同步推进，长远来看电力需求将稳步增长，对电网发展提出更高要求。只有持续提高电网安全运行水平，才能切实担负起服务京津冀协同发展、促进产业转型、服务保障民生的重任。电网生产技能人员是电网企业安全生产的基础，如何培养出一支满足公司发展和电网发展需要的生产技能人才队伍是当前乃至以后较长一个时期的重大课题。

近年来，河北公司以岗位核心技能为重点，以高技能人才队伍建设为抓手，以考试考核为手段，大力开展全员培训取得了明显效果。同时由于培训、竞赛、调考力度的加大，也暴露出了课程教材题库等基础建设的薄弱，由于缺乏长期、统一和规范的教材开发体系，培训教材普遍存在偏重理论知识、技能操作内容较少、针对性差、实用性低的问题，特别是针对高技能人才培训的教材数量尚少，无法满足公司发展对员工

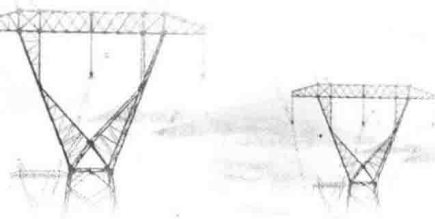
岗位能力不断提高的要求。

本着“干什么练什么，缺什么学什么”的目的，公司提出以科学发展观为指导，紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以规范、规程、作业指导书为依据，以实训室设备设施为基础，在保证知识够用、技能必备的基础上，重点突出实用性、针对性、典型性，组织公司本部专业处室、培训中心、基层单位 18 个专业 115 名专家，在全面收集、分析、筛选现有技能培训教材和现场作业项目，借鉴优秀培训教材的基础上，结合生产一线岗位技能培训的实际需要，编制完成了《供电企业生产技能人员实训教材》。

《供电企业生产技能人员实训教材》共计 18 分册，涵盖了供电企业 16 个专业工种。以技能训练为主线，结合现场使用的《电力生产标准化作业指导书》、《操作导则》等技能操作规范，与各工种现场设备、技术手段、标准化作业程序同步。本教材可用于实训操作训练指导，亦可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

我们相信，在众多专家的共同努力和广大生产技能人员的支持下，实训教材体系将日趋完善，电网生产技能人员综合能力会日渐提高，企业安全生产根基将持续夯实，建设世界一流电网、国际一流企业的目标将不再遥远。真诚希望本书能够为您带来帮助。

苑立国
2015 年 2 月



前言

为满足供电企业一线员工现场培训需求,加强供电企业生产技能岗位培训的基础建设,推动生产作业标准化,国网河北省电力公司选择 18 个专业(工种),编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(简称《实训教材》)。《实训教材》由国网河北省电力公司一线生产专家编写,省公司组织专业审核把关,并由经验丰富的技术专家担任主审,经省公司组织试用、研讨、反复修改后成稿。

《实训教材》紧密结合现场实际操作要求,以技能训练为核心,以供电企业技术规范、规程、作业指导书为依据,突出教材可操作性、实用性、针对性和典型性。在内容定位上,以专业技能为重点,突出标准化作业,规范作业行为。在编写模式上,各专业(工种)实训指导教材不分层级,要求受训人员均按规范的、标准的作业要求完成实训项目,以操作流程为主线,相关知识和技能有限度展开,由浅入深。在使用功能上,直接用于实训室操作训练指导,并可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

本书为《配电设备检修与运行》。重点介绍配电设备的发展、基础理论及运行与检修试验的基本操作技能及要点。同时本书对当前应用的新技术予以介绍,引用标准、规范力求最新。本书每章内容后面附带小结和思考练习题,针对实训给出项目评分细则,便于读者掌握重点内容和培训考核使用。本书最大程度地力求内容与实际紧密结合,理论与实际操作并重。

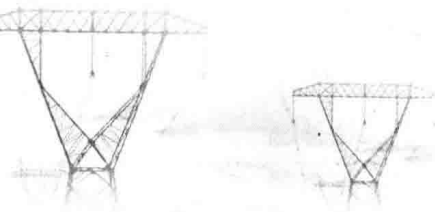
本书由国网河北省电力公司邯郸供电公司贺德民任主编,由国网河北省电力公司张智远任主审。本书第一篇第一章第一、二、三、四、五、十节,第一篇第二章,第二篇第六章由国网河北省电力公司邯郸供电公司贺德民编写,第一篇第一章第六节、第一篇第三章、第二篇第七章由国网河北省电力公司邯郸供电公司李静编写,第一篇第一章第七节、第一篇第四章、第二篇第八章由国网河北省电力公司石家庄供电公司刘青云同志编写。第一篇第一章第八节、第一篇第五章、第二篇第九章由

国网河北省电力公司石家庄供电公司陈俊周编写。第一篇第一章第九节由国网河北省电力公司邯郸供电公司王海涛编写，第一篇第四章、第五章，第二篇第八章由国网河北省电力公司邯郸供电公司王海涛进行修订补充。

本书对供电企业配电检修人员岗位技能培训有较强的指导作用，也可为现场技术人员流程研究和优化提供参考，由于编者水平所限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 2 月



目 录

序 前言

第一篇 实 训 概 要

第一章 配电设备发展及设计原则概述 3

第一节 配电设备发展概述.....	3
第二节 常用电工仪表.....	5
第三节 常用携带式仪表.....	7
第四节 带电设备红外测温技术.....	9
第五节 配电变压器简介.....	17
第六节 断路器和负荷开关简介.....	30
第七节 开关站简介.....	33
第八节 箱式配电站简介.....	43
第九节 环网柜简介.....	44
第十节 配电设备及系统防雷接地.....	47

第二章 配电变压器运行与检修 56

第一节 变压器运行的基本要求.....	56
第二节 变压器的运行方式.....	57
第三节 变压器的巡视与维护.....	60
第四节 配电设备检修及周期规定和措施.....	64
第五节 变压器常见异常与处理方法.....	67

第三章 断路器和负荷开关..... 73

第一节 真空断路器.....	73
第二节 SF ₆ 断路器.....	75
第三节 断路器的操动结构.....	76
第四节 断路器的安装、调试.....	80
第五节 常见故障判断和排除方法.....	83
第六节 断路器、负荷开关的运行维护.....	84
第七节 断路器操作.....	85
第八节 规程与标准.....	87

第四章 开关站..... 90

第一节 开关站的巡视检查.....	90
第二节 开关站设备的管理工作.....	92
第三节 开关站设备的工作流程.....	93
第四节 开关站设备的检修工作.....	95
第五节 开关站设备的预防性试验.....	106

第五章 箱式配电站和环网柜..... 109

第一节 箱式配电站和环网柜的巡视检查与测量.....	109
第二节 常见故障分析判断和措施.....	111

第二篇 实训项目

第六章 配电变压器实训项目..... 117

项目一 配电变压器现场绝缘测试.....	117
项目二 配电变压器直流电阻测试.....	118
项目三 配电变压器变比试验.....	119
项目四 配电变压器更换瓷套管.....	119
项目五 配电变压器现场补油检修.....	120
项目六 配电变压器现场更换吸潮器检修.....	121
项目七 配电变压器现场清扫检修.....	122
项目八 变压器吊芯检修.....	122

项目九 配电变压器分节开关调节	124
项目十 配电变压器现场测量负荷	125
项目十一 配电变压器停、送电操作	126
项目十二 配电变压器接地装置接地电阻测量	127
项目十三 变压器的安装与检修试验	128

第七章 10kV 配电柱上断路器实训项目 131

项目一 10kV 线路柱上断路器安装	131
项目二 10kV 线路真空断路器预防性试验作业	133
项目三 10kV 线路柱上断路器验收作业	134

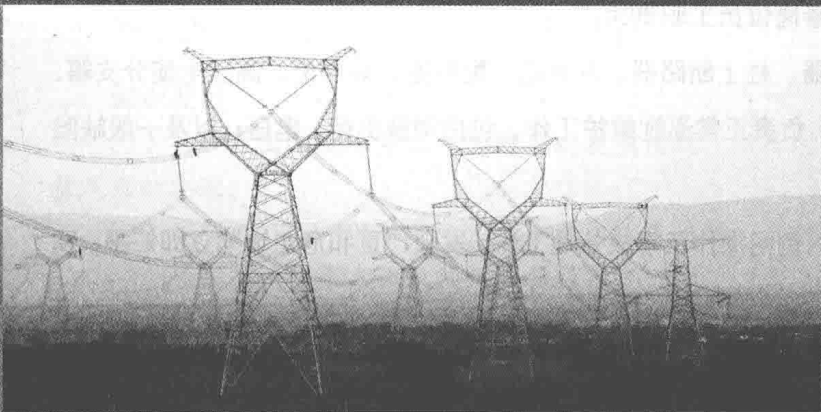
第八章 开关站实训项目 137

项目一 开关站的倒闸操作	137
项目二 开关站的事故及异常处理	142
项目三 开关站常见典型事故案例	144

附录 A 配网标准化作业流程图	149
附录 B 配电变压器试验标准	150
附录 C 配电设备检修管理相关规定	152
附录 D 断路器的技术参数及特性	154
附录 E 开关站验收规范卡	158
附录 F 新设备投运申请票	160
附录 G 配电设备实训项目标准化作业指导书（卡）	161
参考文献	200

供电企业生产技能人员实训教材

配电设备检修与运行



第一篇

实训概要

配电设备运行与检修岗位员工职责为：

(1) 负责配电变压器、柱上断路器、开关站、配电室、环网柜、高压电缆分支箱、箱式变的安全运行工作；负责正常巡视维护工作，包括测量负荷、电压；以及一般缺陷的处理工作。

(2) 负责配网设备的倒闸操作及事故处理工作。发现严重和危急缺陷立即汇报，及时采取防范措施。

(3) 负责新投设备的验收、投运工作。建立健全并及时更新设备运行资料，具体包括：设备台账、一次系统图、缺陷记录、巡视记录及防雷设备接地电阻记录。

(4) 按周期测量配电变压器接地电阻，对接地电阻不合格的接地点及时处理，做好记录。

(5) 在每年夏季和冬季负荷高峰期，负责对所辖设备进行红外测温及二次负荷测量，并对测量情况进行汇总分析，上报缺陷内容并提出改进措施；对超负荷变压器加强检测；对三相负荷不平衡运行的变压器加强监视。

(6) 每年进行一次设备定级工作，掌握设备运行工况，确保配网设备完好率达到要求。

(7) 定期开展设备运行状况分析，分析运行设备中存在的问题及形成原因，及时采取有效措施、确保安全运行。



第一章

配电设备发展及设计原则概述

知识要点:

- (1) 了解我国配电设备在不同时期的发展情况,以及现阶段配电设备的发展趋势及设计要求。
- (2) 了解在 0.4~10kV 配电系统中电工仪表选择、安装要求。
- (3) 了解常用携带式仪表使用知识技术。
- (4) 了解带电设备红外测温技术和红外测温检测仪器要求。
- (5) 掌握变压器的工作原理和结构、安装及位置选择应遵循的原则。
- (6) 掌握断路器和负荷开关的工作原理和基本结构组成。
- (7) 掌握开关站的功能,开关站主要类型、接线方式、保护配置。
- (8) 掌握箱式配电站的设计结构、保护配置及安装位置选定的原则。
- (9) 掌握配电设备的接地方式。

第一节 配电设备发展概述

伴随着配电系统的发展,配电设备技术性能也在不断地更新提高。早期的配电设备比较简陋,电压等级低、体积大,可靠性差,维护工作量也很大。当时,配电变压器采用铜绕组,且体积庞大。断路器是多油断路器,其导电主回路和灭弧元件置于充满绝缘油的接地箱壳中,用油量很大。后来,随着配电系统规模的扩大与电压等级的提高,配电设备技术水平进一步提高。配电变压器体积进一步缩小,变压器铁芯采用冷轧硅钢片材料,使损耗也显著降低。先后出现了少油断路器、空气断路器、真空断路器和六氟化硫断路器,其开断能力达数十千安。在配电线路上广泛应用重合器、分段器,应用环网开关柜、组合式或共箱组合式变压器,增加了配电网的灵活性,减少故障停电范围。

到 20 世纪末期,配电设备向紧凑型、小型化、低损耗、机电一体化与免维护发展,例如出现了全封闭组合电器(GIS)、电子控制自动重合器等。随着计算机与

网络、通信技术的发展,配电系统二次设备技术出现了飞跃性的发展。继电保护普遍实现微机化,并与变电所的监控、远动相结合,构成综合自动化系统;广泛应用配电自动化技术,实现配电网运行监控、故障隔离自动化与生产管理的信息化。

我国早期的配电设备以进口为主。到 20 世纪 70 年代,已能够生产具有一定水平和电压等级的配电设备,改革开放以后,国外电气设备制造厂纷纷在我国成立合资企业,促进了采用先进技术的配电设备的生产和配电设备国产程度的提高。目前,我国配电设备基本实现了国产化,在继电保护、配电自动化技术方面,达到国际先进水平。

一、配电设备的发展趋势

(1) 配电设备性能不断提高。设备免维护或少维护的功能增强,例如全封闭绝缘配电装置、全封闭组合电器(GIS),节约检修维护费用;应用非晶合金铁芯配电变压器和可控无功补偿设备等高效节能设备,降低网络损耗。

(2) 配电设备功能进一步集成化、智能化。例如将开关设备与保护监控单元进行一体化设计,除完成常规的保护、测量、远动功能外,还在线监测设备电气绝缘状态、机械性能等,在设备出现安全隐患时,及时发出告警信号;配备人性化的人机操作界面,所有控制及检测信号显示于屏幕上,使得设备的巡检、操作更加直观、简单。

(3) 广泛开展状态检修,减少配电设备检修停电,避免盲目检修给配电设备带来的损失。

二、配电系统的设计原则

高压配电系统的接线应在满足负荷要求的情况下,选择最经济合理的电源系统接线方案。设计中需考虑以下几个因素:① 电源电压的选择;② 配电站的位置与数量的确定;③ 变压器容量与台数的确定;④ 电源的选择;⑤ 进线方案;⑥ 系统方案设计;⑦ 用户总降压变电所距系统接入点的距离;⑧ 出线走廊;⑨ 每回线输送容量;⑩ 技术经济比较。

1. 配电系统设计的要求

(1) 安全性:包括人身安全和财产安全。

(2) 可靠性:根据用户的性质,保证供电的连续性。对一级负荷应有两个独立电源;对二级负荷一般要有两个电源。

(3) 操作简单:在满足系统要求的前提下,操作应尽可能简单。

(4) 维修方便。

(5) 灵活性:包括运行、检修的灵活性及发展扩建的适应性。

2. 配电系统设计的一般原则

(1) 安全要求。配电装置系统的设计中下列一级负荷必须由两个独立电源供电:

- 1) 高层建筑、商场的安全照明及消防用电;
- 2) 重要用户: 党政机关、通信、广播、金融等的用电。

(2) 导线电缆截面的选择:

1) 6~10kV 的导线和电缆截面选择, 应符合允许载流量和允许电压降的要求, 固定敷设且年最大负荷利用小时在 3000h 以上的线路, 其截面应先按经济电流选择电缆并应以短路热稳定进行校验;

2) 地面高压设备的电缆线路截面, 可按允许载流量和最不利的条件选择。

(3) 技术经济比较:

- 1) 配电安全性;
- 2) 配电设备投资;
- 3) 基建投资。

第二节 常用电工仪表

一、几种常用的电工仪表

在 0.4~10kV 配电系统中, 经常使用的电工仪表有电流表、电压表、功率表、有功电能表、无功电能表等。

1. 电流表

选择电流表时, 其量程要选的合适, 一般为负荷电流的 1.5~2 倍, 不能按启动电流选, 否则在正常运行时表计指示在标尺前 1/4 范围内, 不宜看清指示值, 同时降低了准确度。

(1) 根据 GBJ 63—1990 标准的规定, 在 0.4~10kV 配电系统中, 对电力装置应测量交流电流。

(2) 电流表的安装接线要求有:

- 1) 电流表必须串联在电路中, 如果接成并联, 会烧毁线圈;
- 2) 在交流大电流的测量中, 应经电流互感器将电流表接入电路。

2. 电压表

选择电压表时, 其最大量程应大于安装处线路的额定电压, 比如测量交流 380V, 选其量程为交流 450V 的电压表即额定电压加上电压的允许偏差值后稍大一些, 留有电压指示的裕度。

(1) 根据 GBJ 63—1990 标准的规定, 在 0.4~10kV 配电系统中, 对电力装置应测量交流电压。

(2) 电压表的安装要求有:

- 1) 电压表必须和被测量的电路并联, 跨接在相间;

2) 当被测回路电压较高时,需通过 TV 接入电路。TV 一次侧三相跨接在三相电源上,其二次侧将电压表跨接在三相上,TV 二次为 100V。

3. 有功功率表

功率的测量分为单相有功功率、三相有功功率和三相无功功率。

(1) 单位有功功率。单相有功功率表有两个线圈,其电流线圈和电路串联,电压线圈和电路并联。

(2) 三相有功功率的测量。在三相三线制负荷对称和有中性点时,可用——瓦特表测量三相有功功率。电流线圈与任一相串接,电压线圈跨接在该相与中性线之间,所测得的功率 W 的 3 倍为三相有功功率。

4. 无功功率表

测量三相无功功率可用单相无功功率表,也可以用三相无功功率表。

(1) 三相负荷完全对称时,可用一只单相无功功率表测量三相无功功率。三相无功功率等于单相无功功率表指示数的 $\sqrt{3}$ 倍。其接线是:一般为通入 A 相电流,即电流线圈始端接 A 相电源,末端接 A 相负荷;而加入 BC 相间电压,即电压线圈始端接 B 相,末端接 C 相。

(2) 在三相电压、电流完全对称的电路中,也可以用两元件的三相无功功率表(或两只单相无功功率表),测量三相无功功率。

二、常用电工仪表的安装

根据 GB 50171—1992《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》、GBJ 63—1990《电力装置的电测量仪表装置设计规范》的规定,电工仪表安装应符合下述要求:

- (1) 指示仪表和数字仪表,其水平中心线距地面尺寸,宜装在 0.8~2m 的高度。
- (2) 电能计量仪表和记录仪表,宜装在距离地面 0.6~1.8m 的高度。
- (3) 电器元件质量良好,型号、规格应符合设计要求,外观应完好,且附件齐全,排列整齐,固定牢固,密封良好。

(4) 各电器能单独拆装更换而不影响其他电器及导线束的固定。

(5) 盘上装有装置性设备或其他有接地要求的电器,其外壳应可靠接地。

(6) 元件的对地距离、允许最小电气间隙及爬电距离应符合下述要求:

1) 额定电压 $60V < U < 300V$ 时,额定工作电流 $< 63A$,电气间隙为 5mm,爬电距离为 6mm;额定工作电流 $> 63A$,电气间隙为 6mm,爬电距离为 8mm。

2) 额定电压 $300V < U < 500V$ 时,额定工作电流 $< 63A$,电气间隙为 8mm,爬电距离为 10mm;额定工作电流 $> 63A$,电气间隙为 10mm,爬电距离为 12mm。

(7) 在安装电工仪表时,应事先了解其性能、工作原理等,尤其在配线安装时,一定要按照产品出厂时给出的接线原理图或配线图进行配线安装。