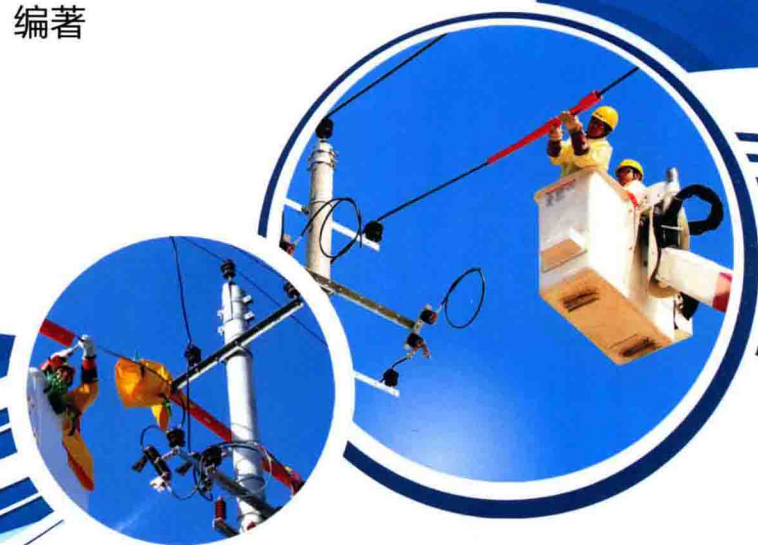


PEIDIANWANG ANQUAN FANGHU JISHU

配电网 安全防护技术

尤田柱 鄢志平 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

PEIDIANWANG ANQUAN FANGHU JISHU

配电网 安全防护技术



尤田柱 鄢志平 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以配电网安全防护技术为主题,对配电网的基本构成、结构型式、设备元件、技术装备等进行阐述,针对配电网当前运行、检修等过程的技术、管理方面的薄弱环节,结合智能电网发展建设,提出配网安全防护技术方案。最后通过配网典型事故案例分析,达到提高配电网现场作业人员安全意识和防护能力的目的。主要内容包括:配电网及其安全运行环境;配电网安全防护总体要求;电气安全与电气事故;变电站配电设备安全防护;配电线路安全防护;反送电防护技术;智能配电网与通信;配网典型事故案例剖析。

本书可作为供电企业变电、配电、用电专业从事调度、运维、修试、二次保护及自动化、信通等专业工作的工人、技术管理和安全监察人员、高压监察人员,以及电力设备制造和现场工作人员、厂矿电工等的安全技能培训教材,还可作为电气工程设计人员、各级电力安全监察人员、职业学校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

配电网安全防护技术 / 尤田柱, 鄢志平编著. —北京:
中国电力出版社, 2015.4
ISBN 978-7-5123-7302-0

I. ①配… II. ①尤… ②鄢… III. ①配电系统—
安全防护 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 040887 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 4 月第一版 2015 年 4 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 19 印张 274 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 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



编 委 会

主 编 尤田柱 鄢志平

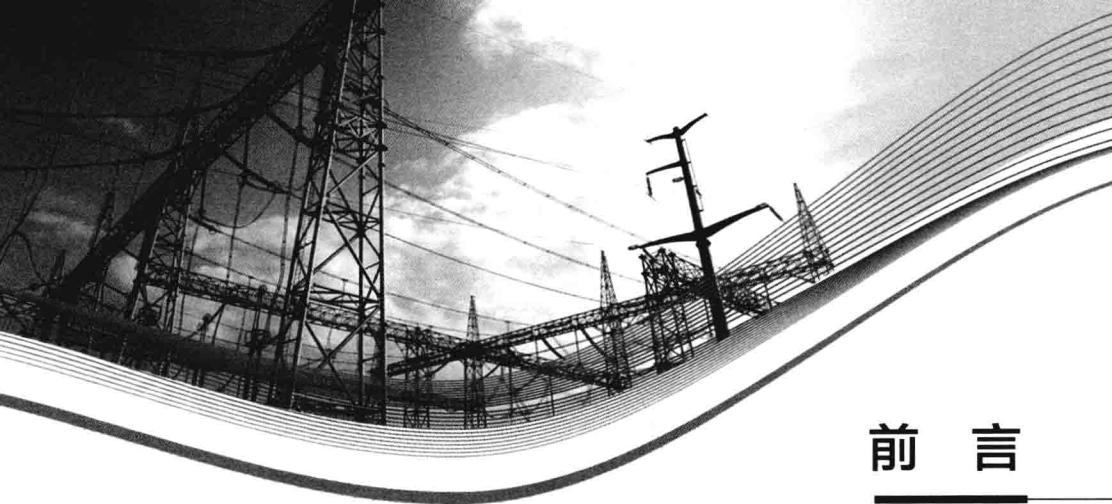
主 审 周迭辉

审 编 段传宗

委 员 朱海波 高 峰 尤一名 张剑锋

康 军 韩朋岐 胡振昆 李 旭

何芷欣



前 言

随着经济社会对电能必不可少的需求和人们对电能越来越高的依赖程度，对电能的质量和供电可靠性的要求越来越高。如何适应国家和社会发展的需要，提供清洁、可靠、优质的电力能源，需要硬件和软件两个方面来保证。硬件方面，通过智能电网建设，引用新技术、新设备，使电网运行更加可靠；软件方面，则需要加强管理应用新技术来保证电力设备的安全可靠运行。

在电网运行中，配电是电力供应的重要环节，网络结构复杂，设备类型多样，作业点多面广，因此安全风险因素也相对较多。如：城乡规划和建设施工、老旧设备改造更新、定期检修维护试验等过程都涉及“人身”、“电网”和“设备”的安全问题，与此相关的种种不安全事件（尤其是人身触电伤亡事故）比比皆是。

新一轮“智能电网”建设思路是主抓两头，一是抓特高压，二是抓配电网，重点是创新，主要体现在：支持新能源建设（风电、光伏发电、蓄能）；支撑分布式能源建设（主要指微电网）；促进便捷用电工程，以电代油；推动电动汽车发展；服务智慧城市建设工程五个方面。智能配电网建设必将涌出大量新技术、新工艺、新设备，这就需要创新管理，特别是创新安全技术管理，必须从设计、安装、运行、维护、检修等多角度来考虑安全防护，形成多维度的立体式安全防控体系。

本书以配电网安全防护技术为主题，对配电网的基本构成、结构形式、设备元件、技术装备等进行阐述，针对配电网当前运行、检修等过程的技术、管理方面的薄弱环节，结合智能电网发展建设，提出配电网安全防护技术方案。最后通过配电网典型事故案例分析，达到防止类似事故再度发生的目的。主要包括：配电网及其安全运行环境；配电网安全防护总体要求；电气安全与电气事故；变电站配电设备安全防护；配电线路安全防护；反送电防护技术；智能配电网与通信；配电网典型事故案例剖析。

本书编写的过程中，曾受到许多同志的指导和人力帮助，在此深表谢意。本书在编写过程中，参考一些国内已经出版了的相关书籍及有关的技术规程，对这些资料的提供者深表谢意。

由于我国地域环境差异较大，部分章节和内容未必适于各地电力安全生产管理要求，希望读者在学习和实践中对本书部分内容予以合理改进和完善，编者愿与学者共同探讨。限于编者水平和经验，错误和不足在所难免，欢迎广大读者谅解和批评指正！

作 者



目 录

前言

第一章 配电网及其安全运行环境 1

第一节 配电网概述 1

一、配电网组成 1

二、配电网分类 1

三、配电网结构 2

四、配电网特点 3

第二节 配网设备的作用和功能 3

一、配网变电站主变压器 4

二、配网变电站主母线 4

三、高压配电装置 4

四、配电设备 7

五、配网设备保护监控装置 9

六、配网辅助装置 11

七、智能化设备 14

第三节 配电网安全运行环境简析 14

一、配电网安全运行环境因素 14

二、配电网安全环境改进策略 16

第二章 配电网安全防护..... 19

第一节 配电网安全防护基础	19
一、配电网安全防护的定义	19
二、配电网安全防护的内容	20
第二节 现场作业安全防护	22
一、触电防护	22
二、高处作业	27
三、焊接作业	29
四、物体移位相关作业	30
五、起重、搬运作业	32
六、机械作业	33
七、带电作业	36
八、电气倒闸操作	37
第三节 配电网主要设备安全防护	40
一、配电装置安全防护	40
二、配电变压器安全防护	45
三、配电线路安全防护	46
四、开关柜安全防护	48
五、环网柜	52
六、用户分界开关	52
七、分段开关	53
第四节 配电网谐波污染治理	53
一、公用电网谐波限制标准	53
二、谐波危害	55
第五节 配电网安全防护要点	57

第三章 电气安全防护与电气事故..... 70

第一节 电气安全防护	70
一、电气安全基础要素	70

二、保证安全的措施	72
第二节 电气事故	73
一、电气事故基本分类	73
二、电气事故危害	73
三、事故原因和责任归类	74
四、电气事故预防	74
第三节 电气事故案例剖析方法	75
一、方法简介	75
二、事故因素划分	75
三、岗位角色划分	76
四、“角色置换”法应用范例	77

第四章 变电站配电设备安全防护 **81**

第一节 变电站配电装置安全防护措施	81
一、防雷措施	81
二、防火措施	83
三、防误触碰措施	83
四、防误入触电措施	83
五、防小动物措施	84
六、防毒害气体措施	84
七、防入侵措施	84
八、防误操作措施	86
第二节 电气倒闸操作标准化	86
一、电气倒闸操作基础工作	86
二、电气倒闸操作要求	87
三、电气倒闸操作程序	91
四、电气倒闸操作质量评价	98
第三节 防误操作闭锁装置	99
一、防误闭锁类型	99

二、防误闭锁原理	99
三、防误闭锁配置原则	103
四、防误操作运行管理	105
第四节 电源进线间隔安全警卫	105
一、基本功能	106
二、基本组成	106
三、工作原理	106
第五节 设备检修区与站所安防一体化	107
一、装置功能	107
二、装置组成	107
三、工作原理	107
第六节 开关柜触电防护	108
一、目前现状	108
二、解决方案	109
第七节 变电站设备巡检管理系统	109
一、设备巡检方式	109
二、巡检方式的适应性	109
三、设备巡视管理系统构成及基本功能	110

第五章 配电线路安全防护..... 113

第一节 配电线路安全防护内容	113
第二节 线路分界（分段）防护	118
一、用户分界负荷开关控制	118
二、用户分界断路器控制	119
三、免 TV 用户分界自动控制开关	119
四、柱上式隔离开关的电动操控	124
第三节 架空线路综合监测装置	126
第四节 雷电定位系统	128
一、系统构成及用途	128

二、雷电系统监测内容	128
三、雷电定位工作原理	128
四、雷电定位系统应用	128
第五节 污闪防护	129
一、污闪产生机理	129
二、污闪事故预防	129
第六节 智能巡线管理	130
一、电力线路巡检管理系统的意义	130
二、电力线路巡检管理系统的构成	130
三、电力线路巡检管理系统的主要特点	132
第七节 配变台区智能检测	132
一、配变台区的基本特点	132
二、配变台区的管理重点	133
三、配变台区智能巡检系统功能	134
第八节 低压漏电防护	135
一、剩余电流动作保护器的配置	135
二、剩余电流动作保护器的选用	135
第九节 配电线路反送触电防护	136
一、目前现状	136
二、解决方案	137

第六章 反送电防护技术 138

第一节 反送电概述	138
一、反送电及其危害	138
二、反送电类型	138
三、反送电机理	139
四、反送电防护	139
第二节 开关柜反送电防护	140
一、防护原则	140

二、装置构成	141
三、装置功能	142
四、基本配置	143
五、基本原理	146
六、馈线柜结构模型	155
七、信号交换方式	155
第三节 配电线反送电防护	156
一、配电线路模型	156
二、元件组成	157
三、连接关系	158
四、防护原则	158
五、工作原理	162
六、信息通信	164

第七章 智能配电网与通信 165

第一节 配网自动化的发展趋势	165
第二节 配电自动化	166
一、配电自动化整体架构	166
二、配电自动化基本功能	166
三、配电自动化基本要求	168
四、配电自动化的实现目标	168
五、配电自动化的设计原则	169
第三节 智能配电网	169
一、智能配电网技术构成	169
二、智能电网与配网自动化的关系	170
三、智能开关设备	170
四、中压母线快速保护	173
五、智能配电网的发展过程	174
第四节 配电通信网及其安全防护	175

一、配电通信网·····	175
二、智能配电网对通信的基本要求·····	183
三、智能配电网对通信的业务需求·····	184
四、配网通信方式比较·····	186
五、智能配电网通信方案·····	187
六、智能变电站与通信·····	189
七、配网的 4G 通信技术·····	191

第八章 配网典型事故案例剖析····· 193

第一节 触电事故典型案例剖析与防范····· 193

一、变压器台触电·····	193
→【案例 1】事故处理中未做安全措施，导致触电死亡·····	193
→【案例 2】不服从指挥，未经允许擅自扩大工作任务， 无票作业，人身触电造成重伤·····	195
→【案例 3】带电更换 10kV 熔断器，严重违章作业导致 触电死亡·····	198
→【案例 4】配电检修人员违章作业，造成人身触电死亡·····	199
→【案例 5】管理混乱，现场严重违章，造成人身触电死亡·····	201
→【案例 6】检查清扫工作中违章作业，误登带电配电台架， 造成人身触电重伤·····	205
→【案例 7】处理低压故障时，误碰带电设备，触电高处 坠落受伤·····	207
→【案例 8】配电抢修工作中，人身触电高处坠落造成轻伤·····	209
二、配电线路触电·····	211
→【案例 9】线路作业装设接地线时严重违章，触电死亡·····	211
→【案例 10】检修工失去监护，误碰带电部位，造成人身 触电死亡·····	213
→【案例 11】线路改造时安全措施不周，用户反送电， 致人触电死亡·····	214

→【案例 12】农网改造时，民工触电死亡	216
→【案例 13】在进行低压线路改造时，因措施不到位等原因， 造成 5 死 10 伤	219
→【案例 14】停电范围不当，导致人身触电造成重伤	226
→【案例 15】在工作未开工前擅自误登带电电杆，导致人身 触电造成轻伤	228

三、电力电缆触电 230

→【案例 16】电力电缆带电接引作业时，违章作业触电死亡	230
→【案例 17】误碰低压导线，触电人身死亡	233
→【案例 18】处理 10kV 电缆外力破坏故障过程中未验电， 误碰运行电缆触电，1 死 1 伤	236

四、断路器、隔离开关触电 238

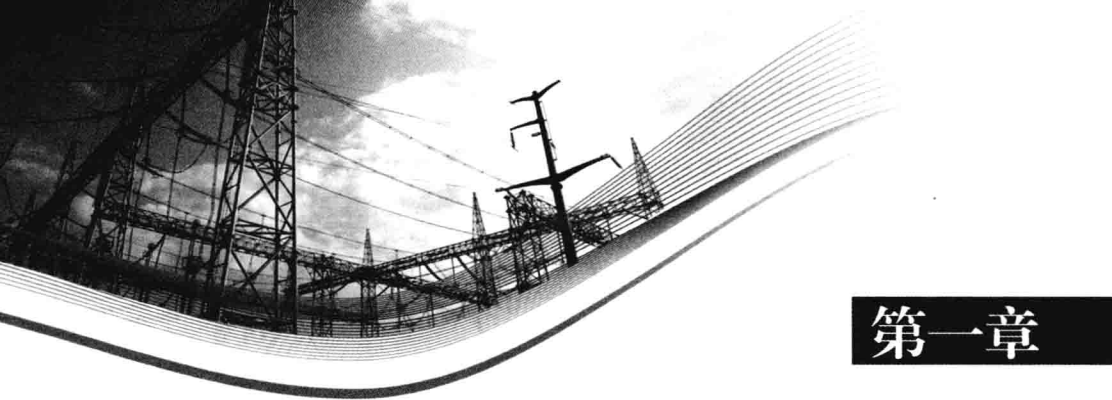
→【案例 19】在 10kV 小区配电室检修断路器时，触电灼伤	238
→【案例 20】配电操作中设备异常，擅自处理时接近带电部分， 导致触电伤害	241
→【案例 21】10kV 业扩工程设备验收中，触电死亡	243
→【案例 22】更换 10kV I 段母线电压互感器时发生触电， 3 人死亡	245
→【案例 23】在变电站 10kV 断路器更换作业中，反送电 触电死亡	250

第二节 高处坠落事故典型案例剖析与防范 253

→【案例 24】在 10kV 杆上进行电缆工作中，换位时失去保护， 高处坠落造成人身重伤	253
→【案例 25】职工擅自工作，触电高处坠落造成重伤	256
→【案例 26】装表人员登梯过程中梯子忽然滑落，坠地死亡	257
→【案例 27】在 10kV 线路作业时，安全带松扣，高处坠落 造成重伤	259
→【案例 28】高处焊接过程中氧焊烧断自身安全带，高处	

	坠落受重伤·····	261
→【案例 29】	线路施工时，违章冒险作业，造成倒杆 两人死亡·····	262
→【案例 30】	因踩踏房顶高处坠落，造成人身死亡·····	264
→【案例 31】	老旧线路改造中水泥杆折断，造成高处坠落 人身轻伤·····	265
→【案例 32】	10kV 开断连、解搭头时，作业人员随杆塔倒塌 造成重伤·····	267
→【案例 33】	在紧线施工前临时拉线未做好，导致倒杆高处 坠落，1 死 1 伤·····	269
第三节	物体打击事故典型案例剖析与防范·····	271
	【案例 34】在放线施工中发生倒杆，物体打击导致人身死亡·····	271
第四节	机械伤害事故典型案例剖析与防范·····	275
→【案例 35】	杆上作业时误伤右眼，造成重伤·····	275
→【案例 36】	起吊混凝土杆措施不到位，钢丝绳脱钩， 致人被砸死亡·····	276
第五节	误操作事故典型案例剖析与防范·····	279
→【案例 37】	处理 10kV 设备接地故障时，修理人员误合 联络断路器反送电，触电死亡·····	279
→【案例 38】	10kV 开关站因误调度，造成带地线合隔离开关·····	282

参考文献·····	285
-----------	-----



第一章

配电网及其安全运行环境

本章介绍配电网结构组成、配网设备的主要作用和功能，对目前电网安全运行环境进行简要分析，并阐述电网规划、设计、建设、验收、运维等环节需要改进的观点，以供借鉴。

第一节 配 电 网 概 述

一、配电网组成

将电力系统中从降压配电变电站（高压配电变电站）出口到用户端的这一段系统称为配电系统。配电系统是由多种配电设备（或元件）和配电设施所组成的变换电压和直接向终端用户分配电能的一个电力网络系统。

配电网由架空线路、杆塔、电缆、配电变压器、开关设备、无功补偿电容等配电设备及附属设施组成，它在电力网中的主要作用是分配电能。从配电网性质角度来看，配电网设备还包括变电站的配电装置。配电网在电力系统中的物理位置如图 1-1 所示。

二、配电网分类

电网电压等级一般可划分为：特高压（1000kV 交流及以上和 ± 800 kV 直流）、超高压（330kV 及以上至 1000kV 以下）、高压（35~220kV）、中压（6~20kV）、低压（0.4kV）五类。我国配电系统的电压等级，根据（Q/GDW 156—2006）《城

市电网规划设计导则》的规定，35kV、63kV、110kV 为高压配电系统；6kV～10kV（20kV）为中压配电系统；220V（380V）为低压配电系统。个别大型城市 220kV 也具有一定的配电性质，本书主要涉及 110kV 及以下配电网有关方面的安全防护，为统一起见，按《电力安全工作规程》（简称《安规》）中对“高压”和“低压”的定义方式，本书将中压配电网也一并归入高压配电网描述，且侧重描述 10kV 配网的安全防护。于是，配电网的分类如下：

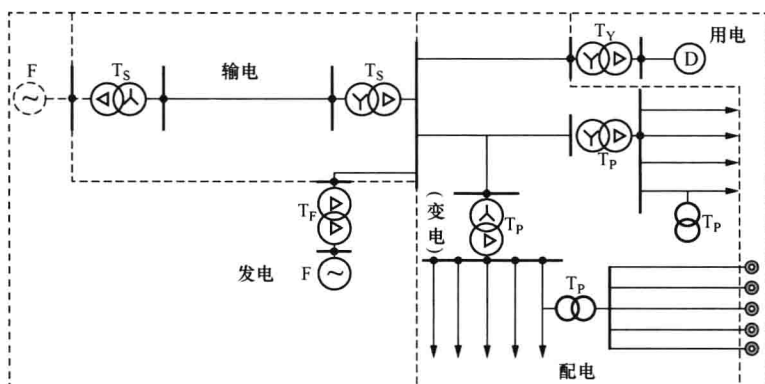


图 1-1 配电网在电力系统中的物理位置示意图

（1）按电压等级分类，配电网可分为：高压配电网（6～110kV）；低压配电网（0.4kV）。

（2）按供电区域分类，配电网可分为：城市配电网；农村配电网；工厂配电网。

（3）按电网功能分类，配电网可分为：主网（66kV 及以上）；配网（35kV 及以下）。

66kV（110kV）电网的主要作用是连接区域高压（220kV 及以上）电网。35kV 及以下配网的主要作用是为各个配电站和各类用户提供电源。10kV 及以上电压等级的高压用户直接由供电（农电）变电站高压配电装置以及高压用户专用线提供电源。

三、配电网结构

配电网一般采用闭环设计、开环运行，其结构呈辐射状。采用闭环结构是