



北京市电力公司组织编写 宁岐 主编

架空配电技术实用手册

JIAKONG PEIDIAN JISHU SHIYONG SHOUCE



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

架空配电技术实用手册

北京市电力公司组织编写 宁岐 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

进入 21 世纪以来,随着城乡配电网的建设和改造,新技术、新设备、新材料、新工艺得到了广泛的推广应用。为了适应配电网的飞速发展,提高配电网的设计、安装、运行管理水平,保证配电网的安全、经济、可靠运行,特编著《架空配电技术实用手册》。

本书全面系统地介绍了架空配电实用技术,其内容主要包括:常用单位、数据和资料、基础知识、电力系统及电力网、架空配电线路常用材料、架空配电线路常用设备、配电变压器、短路电流计算及高压设备选择、架空配电线路电压损失计算、架空配电线路设计计算、配电网的无功补偿与线损、架空配电线路施工、配电线路及设备运行。本书具有图文并茂、数据速查、实用性强等特点。

本书可作为城市供电企业、区县供电企业、农村供电所等从事配电网规划设计、安装施工、运行维护和试验检修等生产人员、技术人员和管理干部的必备工具书,也可作为电力职业技术院校或电力企业职工的培训教材。

图书在版编目 (C I P) 数据

架空配电技术实用手册 / 宁岐主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014.5
ISBN 978-7-5170-2071-4

I. ①架… II. ①宁… III. ①架空线路—配电线路—技术手册 IV. ①TM726.3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第112789号

书 名	架空配电技术实用手册
作 者	北京市电力公司组织编写 宁岐 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 33.5 印张 794 千字
版 次	2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—6000 册
定 价	148.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序

翻开《架空配电技术实用手册》样稿，一缕墨香扑面而来。一页页翻去，我不仅被作者具有丰富的电力知识所折服，更为他能以现代科技阐述配电专业技术的能力所敬佩。

配电网络是电力生产的重要组成部分，其规划设计水平，稳定运行管理，直接影响着用电安全 and 质量，也是衡量社会进步乃至一个城市现代化水平的重要标志。多年来，我们始终延续着传统的技术标准，随着国力的增强，新设备、新材料、新技术大量投入使用，配电专业技术迎来了前所未有的大发展。特别是智能电网建设而引起的城市配电网络革命，需要我们制定新的技术标准、树立新的管理规范。

《架空配电技术实用手册》一书，站在现代科技的高度，推陈出新，博采众长、力求简明扼要，便于查阅，为配电专业人员提供了更为规范的技术标准与实用技术的工具书。

本书作者宁岐同志是一位令人尊敬的电力专家，从参加工作到退休赋闲，一直没放弃对配电专业的钻研，曾正式出版了《架空配电线路实用技术（设计·施工·运行）》、《架空配电线路及设备典型故障（诊断·处理·预防）》两部专著，在同行业引起很大的反响。即将与大家见面的《架空配电技术实用手册》，即凝结着他大半生的心血，也融入了他追求新知识的愿望。该书注重实际、便于操作、技术全面，便于学习。感谢宁岐同志为电力事业所付出的辛勤劳作。

在此祝贺《架空配电技术实用手册》一书的正式出版。

北京市电力公司 李国华

2014年5月18日

前 言

进入 21 世纪以来，我国的电力工业取得了突飞猛进的发展，已成为名副其实的电力大国，为国民经济的发展和社会进步做出了重大贡献，其成就是巨大和惊人的。近十几年来，国家加大了城乡电网的建设和改造力度，新技术、新设备、新材料、新工艺得到了空前广泛的推广应用，从而使城乡电网特别是配电网的技术状况发生了根本变化：网架结构日臻完善，配电设备更新换代，供电能力大大提高，供电可靠性稳步提升，电能质量得到明显改善，配电网自动化飞速发展，是电力工业有史以来发展最快的时期。

配电网的技术进步和巨大变化，要求从事配电专业工作的人员更新知识、更新观念，进一步提高技术水平和管理水平，以适应配电网飞速发展的需要。面对电力事业发展的新形势，不难发现，以往的教材内容已显得过时陈旧，有些内容与当今现实相差甚远。为此，作者在认真总结多年从事配电工作实践经验，系统总结新技术、新设备、新材料、新工艺的应用成果，并在搜集了一批国内外新资料和参考文献的基础上编写了《架空配电技术实用手册》一书。其目的是为从事配电工作或准备从事配电工作的人员提供工具书，供在日常工作中参考。

本书第一章、第二章由宁莉莉编写；其余章节由宁岐编写。

本书编写章节清晰，层次清楚，推陈出新，内容新颖，图文并茂，具体实际，深入浅出，通俗易懂，突出了先进性、全面性、通俗性和实用性。

本书在编写过程中，参阅、拜读了大量书刊（详见参考文献），作者在此谨向有关作者一并表示诚挚的谢意。

另外，本书在编写中还得到一些工厂企业的大力支持，他们提供了大量技术资料，作者在此一并表示感谢。

作者愿此书成为配电专业技术人员案头常放的参考书；成为配电线路工登上高级技师的阶梯；成为青年人开启“自学成才”大门的金钥匙。

作者虽尽了很大努力，由于时间仓促和水平所限，书中谬误之处和疏漏不当之处定然难免，恳请读者批评指正。

作 者

2014 年 5 月于北京

目 录

序

前言

第一章 常用单位、数据和资料	1
第一节 计量单位	1
一、量和单位表	1
二、计量单位换算	3
第二节 电工图形及文字符号	8
一、常用电工图形符号	8
二、常用电工文字符号	12
三、二次回路数字标号及文字符号	17
第三节 常用数据表	22
一、常用物理量数据表	22
二、固体、液体、气体材料的性能	27
三、气象资料	29
第四节 环境技术	32
一、环境条件	32
二、环境影响	32
三、自然环境条件分类和分级	33
四、应用环境条件分类和分级	34
五、环境试验	35
六、环境保护	36
第五节 标准及标准化	37
一、标准的分级和代号	38
二、常用的电工标准目录	38
三、常用电工基本标准简介	39
四、国际标准和国外标准	42
第六节 型钢数据表	43
一、热轧等边角钢	43
二、热轧普通槽钢	46

三、热轧普通工字钢	47
四、圆钢	48
五、热轧扁钢	49
六、焊接钢管	50
七、热轧无缝钢管	51
八、冷轧无缝钢管	51
第七节 常用字母及罗马数字	54
一、汉语拼音字母	54
二、拉丁字母	55
三、希腊字母	56
四、罗马数字	56
第二章 基础知识	57
第一节 数学基础知识	57
一、常用常数	57
二、代数	58
三、初等几何	61
四、平面三角	68
第二节 电工学基础知识	73
一、电路	73
二、直流电路	75
三、电磁感应	78
四、单相交流电路	82
五、三相交流电路	91
六、实用电工计算	97
第三节 力学基础知识	98
一、静力学基础知识	98
二、材料力学知识	110
三、土壤力学知识	112
第三章 电力系统及电力网	113
第一节 概述	113
第二节 电力系统及电力网	113
一、电力系统	113
二、电力网	113
三、动力系统	114
四、联合电力系统	115
五、电力系统组成	116
第三节 电力网的额定电压	119

第四节 电力网的接线方式	121
一、变电所的主接线	121
二、10kV 及以下中、低压配电网接线方式	123
第五节 电力系统中性点接地运行方式	126
一、中性点直接接地方式	126
二、中性点经消弧线圈接地方式	126
三、中性点经低电阻接地方式	127
四、中性点不接地方式	127
第六节 电力生产的特点	128
一、同时性	128
二、集中性	129
三、快速性	129
四、适用性	129
五、先行性	129
第七节 电力负荷及负荷分类	130
一、电力负荷	130
二、按电力系统中负荷发生时间对负荷分类	130
三、用电负荷分类	131
第八节 供电质量	131
一、电能质量	131
二、供电可靠性	134
第九节 继电保护和安全自动装置	134
一、继电保护	134
二、自动装置	135
第十节 电网调度管理	136
一、电网调度管理的任务	136
二、电力系统运行方式	137
三、调度规程	137
四、调度命令	137
五、电力系统调度自动化	137
第四章 架空配电线路常用材料	139
第一节 杆塔及其基础	139
一、杆塔的作用	139
二、杆塔种类和使用特点	139
三、杆塔基础的作用及分类	153
第二节 导线	155
一、裸导线	156

二、绝缘导线·····	159
第三节 绝缘子·····	165
一、绝缘子的类型及参数·····	165
二、选用绝缘子的一般规定·····	173
第四节 横担·····	174
一、铁横担·····	174
二、木横担·····	179
三、瓷横担·····	180
第五节 金具·····	180
一、金具的种类·····	180
二、金具的检查与安全系数·····	202
第六节 拉线·····	202
一、拉线的作用·····	202
二、拉线形式·····	202
三、拉线常用资料·····	203
四、钱杆安装·····	206
第七节 接地装置·····	206
一、接地装置的基本概念·····	206
二、接地装置的作用·····	207
三、土壤对接地电阻的影响·····	207
四、接地体敷设方式·····	208
五、中低压架空配电线路常用接地装置·····	208
第五章 架空配电线路常用设备·····	210
第一节 中压柱上开关·····	210
一、柱上负荷开关·····	210
二、柱上断路器·····	223
三、柱上重合器·····	232
四、柱上分段器·····	235
五、柱上隔离开关·····	237
第二节 10kV 跌落式熔断器·····	239
一、用途·····	239
二、工作原理及结构·····	240
三、技术参数·····	240
四、熔丝规格与时间—电流特性·····	241
第三节 避雷器·····	242
一、金属氧化物避雷器·····	242
二、阀型避雷器·····	244

三、几种新型避雷器·····	245
第四节 低压单极三柱式隔离开关、熔断器和塑壳式断路器·····	252
一、低压单极三柱式隔离开关·····	252
二、熔断器工作原理·····	253
三、塑壳式断路器·····	255
四、剩余电流动作保护装置·····	261
第五节 低压并联电力电容器·····	264
第六节 箱式变电站·····	266
一、箱式变电站基本结构·····	266
二、箱式变电站外壳防护等级·····	269
三、箱变外壳级别与变压器负荷系数·····	270
四、箱变的应用·····	271
第六章 配电变压器·····	273
第一节 变压器的工作原理·····	273
一、变压器的工作原理·····	273
二、变压器的自感电动势和互感电动势·····	274
第二节 配电变压器基本结构·····	276
一、铁芯·····	276
二、绕组·····	277
三、套管·····	277
四、调压装置·····	278
五、油枕·····	279
六、呼吸器·····	280
第三节 配电变压器主要技术数据·····	280
一、相数·····	280
二、额定频率·····	280
三、额定容量·····	280
四、额定电压·····	281
五、额定电流·····	281
六、阻抗电压·····	281
七、负载损耗·····	281
八、空载电流·····	282
九、空载损耗·····	282
十、效率·····	282
十一、接线组别·····	282
十二、温升·····	282
第四节 配电变压器接线组别·····	282

一、单相变压器的组别·····	282
二、三相变压器的连接组·····	283
第五节 常用配电变压器类型·····	286
一、型号·····	286
二、常用配电变压器类型·····	288
第六节 变压器油·····	295
一、变压器油的作用·····	295
二、变压器油的性能·····	295
三、变压器油技术参数·····	296
第七节 干式变压器·····	296
一、干式变压器简介·····	296
二、环氧树脂浇注干式变压器·····	298
三、H级绝缘干式变压器·····	301
四、干式变压器技术参数·····	305
第七章 短路电流计算及高压设备选择·····	309
一、短路电流计算·····	309
二、高压设备选择及短路电流的校验·····	324
第八章 架空配电线路电压损失计算·····	328
一、概述·····	328
二、导线阻抗计算·····	329
三、常用导线主要技术数据·····	330
四、电压损失计算公式·····	333
五、架空配电线路的电压损失·····	334
六、室内低压线路的阻抗及电压损失·····	337
第九章 架空配电线路设计计算·····	343
第一节 概述·····	343
第二节 架空配电线路设计的一般要求·····	343
一、路径选择·····	343
二、气象条件·····	344
三、对地距离及交叉跨越·····	345
四、接户线·····	346
第三节 导线力学计算·····	349
一、导线的机械物理特性·····	349
二、导线的最大使用应力·····	349
三、典型气象区的划分·····	350
四、导线的比载计算·····	351
五、导线应力和弧垂的计算·····	353

第四节 导线排列与线间距离	355
一、导线排列	355
二、档距	356
三、线间距离	357
第五节 绝缘子、金具	358
一、绝缘子的选择	358
二、绝缘子和金具的机械强度	359
三、其他	361
第六节 横担	361
一、横担类型	361
二、横担强度计算	361
三、10kV 单回路横担选择	366
第七节 电杆强度计算	366
一、电杆标准	366
二、电杆及导线风荷载计算	367
三、电杆弯矩计算	369
第八节 拉线受力计算	372
一、DL/T 5220—2005 对拉线设计的要求	372
二、拉线受力计算	373
三、拉线截面的选择计算	374
四、拉线棒（棍）直径选择计算	374
第九节 电杆基础计算	376
一、电杆的埋深计算	376
二、电杆的倾覆计算（即卡盘的选择）	377
三、底盘计算	378
四、拉线盘计算	379
第十节 接地装置设计计算	380
第十章 配电网的无功补偿与线损	383
第一节 概述	383
第二节 无功补偿的意义	383
一、提高功率因数的意义	383
二、无功补偿原则与方式	384
三、无功补偿容量确定的一般方法	386
第三节 电力电容器与无功补偿	389
一、电力电容器	389
二、无功补偿原理	390

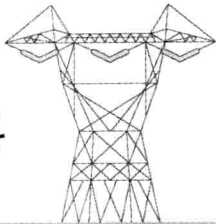
第四节 电容器的实用电气计算	390
一、电容器的电容量	390
二、电容器无功容量的计算	390
三、电容器额定电流的计算	391
四、电容器放电电阻的计算	392
五、无功补偿容量的计算	393
第五节 低压无功自动补偿装置	395
第六节 线损的一般知识	397
一、线损和线损率	397
二、电力网的线损	398
第七节 配电网的线损理论计算	399
一、概述	399
二、均方根电流法	399
三、配电网的线损理论计算	400
第十一章 架空配电线路施工	411
第一节 概述	411
一、线路施工特点与工作程序	411
二、线路施工的组织工作	412
三、线路施工计划管理	412
第二节 基础施工	413
一、线路复测	413
二、基坑开挖	413
三、基础安装	414
第三节 电杆组立	415
一、电杆的运输	415
二、电杆的检查	415
三、电杆组立	416
第四节 拉线和戗杆的安装	421
一、拉线的安装	421
二、戗杆安装	423
第五节 导线架设	424
一、导线展放	424
二、导线接续	428
三、紧线施工	431
四、导线的固定	435
第六节 变压器台与电气设备安装	439
一、变压器台安装	439

二、柱上真空负荷开关安装	444
三、柱上多油负荷开关安装	444
四、中低压隔离开关安装	444
五、跌落式熔断器安装	444
六、避雷器安装	445
第七节 工程交接验收	445
一、施工验收的基本形式	445
二、工程交接验收施工单位应提交的资料	446
三、工程交接验收	447
第十二章 配电线路及设备运行	449
第一节 配电线路及设备运行管理	449
一、配电线路及设备运行	449
二、架空配电线路及设备运行管理的意义	449
三、运行人员应具备的条件	449
四、运行人员必须熟悉和执行的规程	450
五、配电线路运行人员的主要职责	450
六、配电变压器运行人员的主要职责	450
七、设备分界点的划分	451
八、运行工作基本要求	451
第二节 架空配电线路运行	452
一、线路巡视种类	452
二、线路巡视周期	452
三、线路巡视安全措施及注意事项	452
四、线路巡视检查内容	453
五、线路检测	458
六、架空配电线路的预防性检查与维护周期	465
七、10kV 线路登杆检查清扫	465
第三节 架空配电线路季节性工作	466
一、防污工作	466
二、防雷工作	467
三、防汛工作	467
四、防风工作	468
五、迎峰渡夏工作	469
六、修剪树木工作	469
七、防鸟害工作	469
八、防外力破坏工作	470
九、防振工作	470

十、防雪工作·····	472
第四节 线路运行标准 ·····	472
一、杆塔位移与倾斜的允许范围·····	472
二、杆塔外观质量要求·····	473
三、横担与金具·····	473
四、拉线·····	473
五、绝缘子·····	473
六、导线和架空地线·····	474
七、接地装置·····	474
八、接户线·····	474
第五节 配电变压器运行 ·····	474
一、配电变压器日常维护·····	474
二、变压器新装、换装、移装检查·····	476
三、变压器负荷管理·····	477
四、电压管理·····	481
五、变压器并列运行·····	483
第六节 防雷与接地 ·····	484
一、防雷·····	484
二、接地·····	485
第七节 倒闸操作与核定相位 ·····	486
一、倒闸操作·····	486
二、核定相位·····	487
第八节 事故处理 ·····	487
一、事故处理·····	487
二、架空配电线路常见故障及处理方法·····	489
三、油浸式配电变压器常见故障及处理方法·····	491
第九节 工程竣工验收 ·····	492
一、架空配电线路工程竣工验收·····	493
二、配电变压器工程竣工验收·····	493
第十节 线路及设备定级 ·····	494
一、线路及设备定级管理·····	494
二、10kV 架空配电线路定级标准 ·····	495
三、配电变压器及台架定级标准·····	498
四、低压架空配电线路定级标准·····	499
第十一节 架空配电线路及设备运行技术管理 ·····	500
一、计划管理·····	500
二、缺陷管理·····	500
三、运行分析·····	502

四、技术资料管理.....	502
五、线路命名、编号及标志管理.....	514
六、备品备件管理.....	515
七、技术培训.....	516
参考文献	517

第一章 常用单位、数据和资料



JIA KONG PEI DI AN JI SHI YONG SHOU CE

第一节 计 量 单 位

一、量和单位表

常用的量和法定计量单位，见表 1-1。

表 1-1 常用法定计量单位

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	备 注	其他表示式例
长度	$l, (L)$	米	m	SI 基本单位	
质量	m	千克 (公斤)	kg	SI 基本单位 吨 $1\text{t}=10^3\text{kg}$ 原子质量单位 $1\text{u}\sim 1.66\times 10^{-27}\text{kg}$	
时间	t	秒	s	SI 基本单位 分 $1\text{min}=60\text{s}$ [小] 时 $1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$	
电流	I	安 [培]	A	SI 基本单位	
热力学温度	T	开 [尔文]	K	SI 基本单位	
物质的量	n	摩 [尔]	mol	SI 基本单位	
发光强度	$I, (I_v)$	坎 [德拉]	cd	SI 基本单位	
[平面] 角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$ 等	弧度	rad	SI 辅助单位 [角]秒 $1''=(\pi/648000)\text{rad}$ [角]分 $1'=60''=(\pi/10800)\text{rad}$ 度 $1^\circ=60'=(\pi/180)\text{rad}$	
立体角	Ω	球面度	sr	SI 辅助单位	
面积	$A, (S)$	平方米	m^2	SI 导出单位	
体积	V	立方米	m^3	SI 导出单位 升 $1\text{L}=1\text{dm}^3=10^{-3}\text{m}^3$	
速度	u, V, ω, c	米每秒	m/s	SI 导出单位	
加速度	a	米每二次方秒	m/s^2	SI 导出单位	
力	F	牛 [吨]	N	SI 导出单位	$\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$
重力	$W, (P, G)$				