

# 高压电工 实用技术

第 2 版

主 编 郭仲礼  
副主编 于曰浩



机械工业出版社  
China Machine Press

# 高压电工实用技术

第 2 版

北京供电企业管理协会

主 编 郭仲礼

副主编 于曰浩



机械工业出版社

本书分十四章，主要内容有电工基础知识；电力系统与电力网；高压电器及高压配电装置；电力变压器；仪用互感器；电工测量仪表；继电保护及其二次系统；并联电容器；架空线路及电力电缆；接地与防雷；安全用电；工厂供电系统的合理化；电气设备的检修与试验；高压电工实际操作技术。

本书可作为设备动力部门的广大电工和电气技术管理工作人员参考；也可作为 10kV 系统的高压电工，包括值班电工，维修电工及安装电工的技术培训教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

高压电工实用技术/郭仲礼主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2000

ISBN 7-111-03188-1

I. 高… II. 郭… III. 高电压-技术 IV. TM8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 65389 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑: 李振标 版式设计: 冉晓华 责任校对: 孙志筠  
封面设计: 姚毅 责任印制: 郭景龙  
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2000 年 10 月第 2 版·第 1 次印刷  
850mm×1168mm<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·24.75 印张·660 千字  
29 001—33 000 册  
定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

努力开展电工技  
术培训不断提高电  
工技术水平适应电力  
工业发展的需要服务  
于社会主义生产和人民  
生活

张绍贤  
九二  
之月

## 再 版 前 言

本书较详细、深入浅出地，以10kV变配电所为中心，介绍了供配电系统的主接线及其二次回路的有关设备、电器、电路的工作原理，以及安装、运行、维修和技术管理方面的理论知识、操作技能和安全规定。所有这些内容，都是从实用的角度来描述的，因而，比较切合电气技术人员和值班、维修、安装电工的实际需要。本书自1996年出版以来，重印5次，受到广大读者的欢迎，已成为电工培训的实用教材和主要的参考书。

近年来，随着我国改革开放政策的不断深入和发展，电工技术和设备发生了重大变化，真空断路器、铠装移开式开关柜、环网柜、干式变压器、组合式电子继电保护装置、变配电所的计算机运行与管理等新技术、新工艺、新材料、新设备和新管理方式等可谓日新月异，在这种形式下，本书的修订是必然的、必要的。这次修订，对本书原有内容加以修改，对一些更新换代的设备和产品做了删节，补充了部分新设备、新产品，对变配电所的计算机运行与管理也做了补充。希望本书能对广大电工和电工技术人员有所帮助。

另外，我国是世界上最大的发展中国家，东、西部发展也有很大的差异。原书中介绍的一些老设备不可能很快淘汰，不少电工人员的知识和技术水平也还不高，在一定时间里，老设备还需继续运行。因此，本次修订中，仍保留了原书中相当一部分内容。

修订工作的分工：主编郭仲礼，副主编于曰浩。原作者李义山编写的第十二、十三两章由侯玉峰代为改编。第一、十二、十三章，侯玉峰；第二、四、七章，郭仲礼；第三章，于曰浩；第五章，吴寿生；第六、八章，平志刚；第九、十章，池德星；第十

一章，李树海。第十四章，由侯玉峰改编，于曰浩统稿组编。鉴于干式变压器的重要性，特请姚世祎同志撰写了第四章第十四节干式变压器。

由于作者水平有限，错误和不当之处在所难免，望请广大读者批评指正，我们深感谢意。

编 者

2000年1月4日

# 目 录

再版前言

<b>第一章 常用电工基础知识</b> .....	1
<b>第一节 直流电路</b> .....	1
一、电路的组成及基本物理量 .....	1
二、电路的几种状态 .....	7
三、直流电路的分析方法 .....	10
四、基尔霍夫定律及其应用 .....	15
五、电路中的电容元件 .....	18
<b>第二节 电、磁与电磁感应</b> .....	22
一、基本物理量 .....	23
二、磁性材料及磁路 .....	24
三、电磁感应 .....	28
四、自感 .....	32
五、互感 .....	35
六、互感线圈的同名端 .....	36
<b>第三节 单相交流电路</b> .....	39
一、正弦交流电的三要素 .....	39
二、正弦交流电的分析方法 .....	42
三、几种典型的单相交流电路 .....	45
四、电阻与电感串联电路 .....	54
五、电阻、电感与电容混联电路 .....	59
<b>第四节 三相交流电路</b> .....	60
一、对称的三相交流电路 .....	60
二、三相电源的供电方式 .....	61
三、三相负载的接线方式 .....	62

四、三相负载功率计算 .....	65
五、三相不对称电路 .....	67
六、对称分量法 .....	68
<b>第五节 非正弦交流电路 .....</b>	<b>74</b>
一、非正弦量的产生 .....	75
二、非正弦量的合成 .....	77
三、非正弦量的分解 .....	79
四、非正弦交流电路的计算 .....	80
<b>第二章 电力系统与电力网 .....</b>	<b>81</b>
<b>第一节 电力系统与电力网的概念 .....</b>	<b>81</b>
一、电力系统 .....	81
二、电力网 .....	82
三、构成大型电力系统的优点 .....	82
四、电力系统的生产特点 .....	83
五、电力负荷的分类 .....	83
<b>第二节 供、用电关系与电能质量指标 .....</b>	<b>86</b>
一、对供电系统的基本要求 .....	86
二、供电电能质量指标 .....	87
<b>第三节 用电单位的供电系统 .....</b>	<b>92</b>
一、用电单位常用变、配电所的类型 .....	92
二、变、配电所电源引入方式 .....	94
三、变、配电所的主接线 .....	94
<b>第三章 高压电器及高压配电装置 .....</b>	<b>103</b>
<b>第一节 户内型高压熔断器 .....</b>	<b>104</b>
一、户内型高压熔断器的结构及工作原理 .....	104
二、户内型高压熔断器的型号及技术数据 .....	105
三、户内型高压熔断器的用途 .....	107
<b>第二节 户外型高压熔断器 .....</b>	<b>108</b>
一、户外型高压熔断器的结构及工作原理 .....	108
二、跌落式熔断器的型号及技术数据 .....	110



三、跌开式熔断器的用途	110
四、跌开式熔断器的安装	110
五、跌开式熔断器的操作与运行	111
第三节 高压隔离开关	112
一、高压隔离开关的结构	112
二、高压隔离开关的型号及技术数据	113
三、高压隔离开关的技术性能	114
四、高压隔离开关的用途	115
五、高压隔离开关的安装	115
六、高压隔离开关的操作与运行	116
七、高压隔离开关的检修	117
八、高压接地开关	117
第四节 负荷开关	118
一、负荷开关的结构及工作原理	118
二、负荷开关的型号及技术数据	124
三、负荷开关的用途	125
四、负荷开关的安装	125
五、负荷开关的运行与维护	126
第五节 高压少油断路器	127
一、SN10-10少油断路器的结构	127
二、少油断路器的合闸及分闸动作过程	128
三、少油断路器的灭弧过程	130
四、少油断路器的型号及技术数据	132
五、高压断路器的用途	133
六、三种高压开关的比较	134
七、少油断路器的安装	135
八、少油断路器的运行	135
九、少油断路器的检修	138
第六节 真空断路器	139
一、真空断路器的结构	139

二、真空断路器的灭弧原理	143
三、真空断路器的过电压及其防护	145
四、真空断路器的技术参数	147
五、真空断路器的安装	148
第七节 六氟化硫断路器及三种断路器的比较	149
第八节 手力操动机构	154
一、CS6-1T型手力操动机构	155
二、CS4-T型手力操动机构	156
三、CS2-114型手力操动机构	157
第九节 弹簧操动机构	159
一、概述	159
二、弹簧操动机构的结构	160
三、弹簧操动机构的控制电路	161
第十节 电磁操动机构	165
一、概述	165
二、操动机构的机械动作原理	166
三、电磁操动机构的调整要求	169
四、CD10型电磁操动机构二次回路原理图	169
五、电磁操动机构的电气技术数据	171
第十一节 高压配电装置用辅助元件及联锁装置	171
一、辅助元件	171
二、联锁装置	177
第十二节 高压配电装置的运行	183
一、运行前的检查项目	183
二、断路器的异常运行及事故处理	183
第十三节 成套高压配电装置	191
一、设备的防护等级	192
二、GG-1A(F2)型高压开关柜	194
三、KGN1-10型高压开关柜	196
四、JYN2-10型高压开关柜	197

五、KYN3-10 型高压开关柜 .....	200
六、环网柜 .....	202
七、ZBW-10 型组合式变电站 .....	205
八、硬母线的安装 .....	207
<b>第四章 电力变压器 .....</b>	<b>210</b>
<b>第一节 变压器的作用与分类 .....</b>	<b>210</b>
一、变压器的作用 .....	210
二、变压器的分类 .....	211
<b>第二节 变压器的工作原理 .....</b>	<b>212</b>
一、电力变压器的基本物理量 .....	212
二、单相变压器的工作原理 .....	213
<b>第三节 变压器铭牌及其技术数据 .....</b>	<b>217</b>
一、变压器的型号 .....	217
二、变压器铭牌技术数据 .....	218
<b>第四节 变压器的构造及各部件的作用 .....</b>	<b>223</b>
一、高、低压绝缘套管 .....	223
二、变压器高、低压绕组 .....	223
三、变压器铁心 .....	224
四、分接开关 .....	224
五、气体继电器 .....	225
六、防爆管 .....	225
七、储油柜 .....	225
八、吸湿器 .....	227
九、散热器 .....	227
十、油箱 .....	227
十一、温度计 .....	227
十二、放油截门及其他 .....	228
<b>第五节 变压器的实用计算 .....</b>	<b>228</b>
一、变压器额定容量、额定电压及额定电流的计算 .....	228
二、变压器损耗的计算 .....	230

第六节 变压器的保护装置 .....	231
一、变压器的熔丝保护 .....	231
二、变压器的继电保护 .....	231
三、变压器的防雷与接地保护 .....	233
第七节 变压器的安装要求 .....	233
一、电力变压器安装工作的基本要求 .....	233
二、室内变压器的安装要求 .....	234
三、室外变压器的安装要求 .....	234
四、变压器一、二次引线的施工要求 .....	235
五、变压器地线的施工要求 .....	235
第八节 变压器的试验与检查 .....	235
一、变压器绝缘油 .....	236
二、变压器取油样 .....	237
三、变压器补油 .....	238
四、变压器分接开关的调整与检查 .....	238
五、变压器的绝缘检查 .....	241
第九节 变压器初送电的要求和巡视检查 .....	243
一、变压器初送电的要求 .....	243
二、变压器的巡视检查 .....	243
第十节 变压器的并列运行 .....	245
一、变压器并列运行的条件 .....	245
二、变压器并列运行条件的含义 .....	245
三、变压器并列运行应注意的事项 .....	247
第十一节 变压器运行中温度的监视与负荷的检查 .....	247
一、变压器运行温度的监视 .....	247
二、变压器的正常过负荷与事故过负荷 .....	248
第十二节 变压器的检修与验收 .....	250
一、变压器的检修周期 .....	250
二、变压器的检修项目 .....	250
三、变压器大修后的验收检查 .....	251

第十三节 变压器的异常运行及故障的判断、处理方法	252
一、运行中变压器温升过高的原因及处理方法	252
二、变压器严重缺油的原因及危害	253
三、运行中熔丝熔断一相或两相时的原因和解决方法	254
第十四节 干式变压器	255
一、概述	255
二、环氧树脂浇注干式变压器的结构类型	255
三、环氧树脂浇注干式变压器的特点	256
四、环氧树脂浇注干式变压器的用途	258
五、环氧树脂浇注干式变压器的主要技术参数	258
六、环氧树脂浇注干式变压器的防护等级	260
七、环氧树脂浇注干式变压器的冷却方式	260
八、环氧树脂浇注干式变压器的过载能力	261
九、环氧树脂浇注干式变压器的温度控制与显示系统	266
十、环氧树脂浇注干式有载调压变压器	267
十一、环氧树脂浇注干式变压器低压出线方式	270
十二、环氧树脂浇注干式变压器的零序阻抗	271
第五章 仪用互感器	274
第一节 仪用互感器的构造和工作原理	274
一、电压互感器的构造和工作原理	274
二、电流互感器的构造和工作原理	275
第二节 仪用互感器的型号和技术数据	276
一、电压互感器的型号和技术数据	276
二、电流互感器的型号和技术数据	283
第三节 仪用互感器的极性	293
一、仪用互感器的极性概念	293
二、仪用互感器极性的测试方法	294
第四节 仪用互感器的接线	296
一、电压互感器的接线方式	296
二、电流互感器的接线方式	298

三、电压、电流组合式互感器接线·····	299
四、电流互感器二次绕组的串联或并连接线·····	299
<b>第五节 电压互感器的熔丝保护</b> ·····	<b>301</b>
一、电压互感器一、二次侧装设熔断器的作用及熔丝的选择·····	301
二、电压互感器一次侧（高压侧）熔丝熔断的原因·····	301
三、电压互感器一、二次侧熔丝熔断后的检查与处理方法·····	302
<b>第六节 电压互感器的绝缘监察作用</b> ·····	<b>304</b>
一、中性点不接地系统一相接地故障·····	304
二、绝缘监察作用·····	309
<b>第七节 仪用互感器的运行与维护</b> ·····	<b>312</b>
一、仪用互感器投入运行前及运行中的巡视检查·····	312
二、电流互感器的过负荷运行·····	313
三、电流互感器运行中二次回路开路及处理·····	314
四、电压互感器铁磁谐振过电压的判断和消除·····	315
五、更换仪用互感器及二次线的注意事项·····	318
<b>第八节 仪用互感器二次回路安装的基本要求</b> ·····	<b>319</b>
一、保证安装质量的重要性·····	319
二、安装质量的基本要求·····	319
<b>第九节 仪用互感器的故障分析</b> ·····	<b>320</b>
一、电压互感器的常见故障分析·····	320
二、电压互感器处理故障时的注意事项·····	322
三、电流互感器常见故障及处理时的注意事项·····	322
<b>第六章 电工测量仪表</b> ·····	<b>323</b>
<b>第一节 电工测量仪表基本知识</b> ·····	<b>323</b>
一、电工测量仪表的用途·····	323
二、仪表符号的含义·····	323
三、仪表误差及准确度等级·····	323
四、测量技术·····	326
<b>第二节 常用电工仪表的工作原理</b> ·····	<b>333</b>
一、磁电系仪表的工作原理·····	333

二、电磁系仪表的工作原理·····	334
三、电动系仪表的工作原理·····	335
四、感应系仪表的工作原理·····	336
<b>第三节 常用安装式电工仪表</b> ·····	<b>337</b>
一、安装式仪表的型号·····	337
二、常用方形(I型)仪表简介·····	338
<b>第四节 便携式电工仪表</b> ·····	<b>344</b>
一、万用电表·····	344
二、数字式万用表·····	348
三、钳形电流表·····	350
四、兆欧表·····	351
五、接地电阻测试仪·····	354
六、直流单臂电桥·····	356
七、直流双臂电桥·····	359
八、新型 QJ47 直流单、双臂电桥·····	361
<b>第五节 电能表的种类及接线</b> ·····	<b>365</b>
一、国产电能表型号的含义·····	365
二、单相电能表及其接线·····	365
三、三相电能表及其接线·····	367
四、电能计量装置的安装要求·····	370
五、电能的计量·····	371
<b>第六节 常用其他仪器仪表</b> ·····	<b>371</b>
一、QS18A 型万能电桥·····	371
二、光线示波器·····	372
<b>第七章 继电保护装置及其二次系统</b> ·····	<b>374</b>
<b>第一节 概述</b> ·····	<b>374</b>
一、继电保护装置的任务·····	374
二、对继电保护装置的基本要求·····	375
三、继电保护装置的基本原理及其框图·····	376
四、继电保护装置的基本类型·····	378

五、主保护与后备保护 .....	381
<b>第二节 变、配电所继电保护中常用的继电器 .....</b>	<b>383</b>
一、感应型 GL 系列有限反时限电流继电器 .....	383
二、电磁型 DL 系列电流继电器 .....	387
三、电磁型 DY 系列电压继电器 .....	387
四、电磁型 DZ 系列中间继电器 .....	387
五、电磁型 DS 系列时间继电器 .....	388
六、电磁型 DX 系列信号继电器 .....	388
七、电磁型 DD 系列接地继电器 .....	388
八、BCH-1、DCD-5、DCD-5H 型差动继电器 .....	389
九、重合闸继电器 .....	389
<b>第三节 继电保护装置的二次系统 .....</b>	<b>390</b>
一、交流操作电源 .....	390
二、硅整流操作电源 .....	392
三、蓄电池组的直流操作电源 .....	394
四、镉镍电池组直流操作电源 .....	394
五、继电保护装置的二次回路 .....	396
<b>第四节 电流保护回路的接线特点 .....</b>	<b>401</b>
一、三相完整星形接线 .....	401
二、三相不完整星形接线 (V 形接线) .....	402
三、两相差接线 .....	403
<b>第五节 电流速断保护和过电流保护 .....</b>	<b>404</b>
一、电流速断保护 .....	404
二、过电流保护 .....	404
<b>第六节 10kV 变、配电所的继电保护 .....</b>	<b>407</b>
一、保证继电保护动作可靠的措施 .....	407
二、过电流、速断保护整定值的计算 .....	408
三、电力变压器的继电保护 .....	410
四、过电流、速断、瓦斯保护接线图 .....	412
五、过电流和速断保护的整定实例 .....	417



第七节 继电保护装置的运行与维护 .....	421
一、继电保护装置的运行与维护工作的主要内容 .....	421
二、继电保护装置运行中的巡视与检查 .....	422
三、继电保护及其二次回路的检查和校验 .....	423
四、继电保护装置动作的分析、判断及故障处理 .....	424
<b>第八章 并联电容器 .....</b>	<b>427</b>
<b>第一节 并联电容器的工作原理及其在电力系统中的作用 .....</b>	<b>427</b>
一、并联电容器补偿无功功率提高功率因数的原理 .....	427
二、并联电容器在电力系统中的作用 .....	428
<b>第二节 并联电容器在电力系统中的补偿方式 .....</b>	<b>429</b>
一、并联电容器与电力网的联接 .....	429
二、并联电容器的补偿方法 .....	429
<b>第三节 并联电容器的结构特点和技术数据 .....</b>	<b>431</b>
一、并联电容器的结构特点 .....	431
二、并联电容器的铭牌、技术数据 .....	432
<b>第四节 并联电容器参数计算 .....</b>	<b>433</b>
一、并联电容器电流的计算 .....	433
二、并联电容器无功补偿容量的实用计算 .....	435
三、并联电容器保护熔丝额定电流的计算 .....	436
<b>第五节 并联电容器的保护装置 .....</b>	<b>437</b>
一、低压并联电容器的保护装置 .....	437
二、高压并联电容器的保护装置 .....	437
<b>第六节 并联电容器的放电装置及其接线 .....</b>	<b>438</b>
一、并联电容器放电装置 .....	438
二、放电装置接线 .....	439
<b>第七节 并联电容器的安装及电容器柜 .....</b>	<b>439</b>
一、并联电容器的安装要求 .....	439
二、电容器柜 .....	442
<b>第八节 并联电容器的运行和维护 .....</b>	<b>443</b>