

电工
入门

零
基
础

张伯龙 主编
薛云飞 王雪亮 副主编

高压 电工技能 快速学

快速掌握高压电工基础与技能
全面提升高压电工上岗技能



化学工业出版社

张伯龙 主 编

薛云飞 王雪亮 副主编

高压 电工技能 快速学



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合笔者多年的教学、实际工作经验,全面介绍了高压电工实际作业需要掌握的各项操作技能,包括:高压安全用具与技术、变压器、电力电容器、高压电器、仪用互感器、继电保护装置与二次回路与保护、架空线路及电力电缆、接地、接零及防雷保护、高压电工操作技术、高压柜与倒闸操作、高压供电系统图解等。详细介绍了各类型高压电器的安全知识与操作技巧、经验,读者可以全面、快速掌握高压电工各项作业技巧和本领。

本书适合高压电工作业技术人员、初学者自学、培训,也可供相关专业院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

高压电工技能快速学/张伯龙主编. —北京:化学工业出版社, 2017.3
ISBN 978-7-122-28914-8

I. ①高… II. ①张… III. ①高电压-电工技术
IV. ①TM8

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第014010号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:宋玮

文字编辑:陈喆
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张11 $\frac{1}{2}$ 字数326千字

2017年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 39.80 元

版权所有 违者必究

前言

电气设备包括低压设备和高压设备。高压设备可以满足一些特殊的需要，但在使用时也存在着一定的危险。高压电工经常对 1kV 及以上的高压电气设备进行运行维护、安装、检修、改造、施工、调试等作业。这就要求从事电工作业的人员应达到较高的技术水平。为了使从业人员能顺利使用与维护高压设备，我们特编写了本书。

本书内容具有如下特点：

- 内容全面，体系完备，全面覆盖高压电工实际作业需要掌握的各项操作技能，包括：高压安全用具与技术、变压器、电力电容器、高压电器、仪用互感器、继电保护装置与二次回路及保护、架空线路及电力电缆、接地、接零及防雷保护、高压电工操作技术、高压柜与倒闸操作、高压供电系统图解等。
- 通俗易懂，实用性强。笔者结合了多年的教学及实际工作经验，重点介绍各类型高压电器的安全知识与操作技巧、经验，可使读者掌握多种电气设备的工作原理及操作技能。

本书可以为高压电工作业技术人员、初学者提供全面、安全的基础知识和技术指导，可供读者自学、培训使用，也可供相关专业院校师生参考。

本书由张伯龙任主编，由薛云飞、王雪亮任副主编，参加本书编写的还有许海洋、杨勇、杨兴成、蓝诗昆、张晓、刘新杰、张光明、杨猛、王于、贺文江、杨长生、赵习彬、吕杰、石恩明、张士俊、张猛、张彦、张俊坡、赵继军、房琼、邓江林、黄盼龙、黄文明、张伯虎等，本书在写作过程中还借鉴了部分专业技术资料，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中不足之处难免，恳请广大读者与同行不吝指教。

编者

目 录

第1章 高压电工工作基础

001

- 1.1 高压电工日常工作 001
 - 1.1.1 发电厂和变电所的值班工作 001
 - 1.1.2 高压设备的巡视 001
- 1.2 高压电工倒闸操作 002
 - 1.2.1 倒闸操作及操作票 002
 - 1.2.2 高压设备上工作的安全措施分类 004
 - 1.2.3 保证安全的组织措施 004
 - 1.2.4 技术措施 005
 - 1.2.5 线路作业时配电所的安全措施 007

第2章 电力系统基础

009

- 2.1 电力系统与电力网的构成 009
 - 2.1.1 电力系统 009
 - 2.1.2 变电所与配电所 011
 - 2.1.3 电力网 012
 - 2.1.4 三相交流电网和电力设备的额定电压 UN 012
 - 2.1.5 电力系统的中性点运行方式 012
 - 2.1.6 电源中性点直接接地的低压配电系统 014

2.1.7	电力负荷的分级及对供电电源的要求	019
2.2	电力系统中发电、供电及用户之间的关系与供电系统的分类	020
2.2.1	电力用户供电系统的组成	020
2.2.2	电气主接线的基本形式	021
2.2.3	变电所的主接线	030
2.2.4	供配线路的接线方式	033
2.2.5	识读电气主电路图的方法	037
2.2.6	识图示例	044

第3章 高压安全用具

049

3.1	绝缘安全用具	049
3.1.1	常用绝缘安全用具	049
3.1.2	一般防护用具	050
3.2	检修安全用具	056
3.2.1	绝缘安全用具	056
3.2.2	电气安全用具检验、保管和实验	058
3.3	高压安全用具试验与保管	060
3.3.1	安全用具的使用和保管	060
3.3.2	安全用具的试验	061

第4章 变压器

062

4.1	变压器的作用、种类和工作原理	062
4.1.1	变压器的用途和种类	062
4.1.2	变压器的工作原理	063
4.2	电力变压器的主要结构及铭牌	064
4.2.1	电力变压器的结构	064
4.2.2	电力变压器的型号与铭牌	072
4.3	变压器的保护装置	074
4.3.1	变压器的熔丝保护	074
4.3.2	变压器的继电保护	075

4.4	变压器的安装与接线	076
4.4.1	杆上变压器台的安装接线	076
4.4.2	落地变压器安装	091
4.5	变压器的试验与检查	091
4.5.1	变压器的绝缘油	092
4.5.2	变压器取油样	093
4.5.3	变压器补油	094
4.5.4	变压器分接开关的调整与检查	094
4.5.5	变压器的绝缘检查	096
4.6	变压器的并列运行	098
4.6.1	变压器并列运行的条件	098
4.6.2	变压器并列运行条件的含义	099
4.6.3	变压器并列运行应注意的事项	100
4.7	变压器的检修与验收	100
4.7.1	变压器的检修周期	100
4.7.2	变压器的检修项目	101
4.7.3	变压器大修后的验收检查	101

第5章 电力电容器

103

5.1	电力电容器的结构与补偿原理	103
5.1.1	电力电容器的种类	103
5.1.2	低压电力电容器的结构	103
5.1.3	电力电容器的型号	104
5.1.4	并联电容器的补偿原理	104
5.1.5	补偿容量的计算	105
5.1.6	查表法确定补偿容量	105
5.2	电力电容器的安装	106
5.2.1	安装电力电容器的环境与技术要求	106
5.2.2	电力电容器搬运的注意事项	108
5.2.3	电容器的接线	108
5.3	电力电容器的安全运行	109
5.3.1	新装电容器组投运条件	109

5.3.2	电力电容器组的投入和退出运行	110
5.3.3	电容器组运行检查	110
5.3.4	电力电容器的保护	112
5.3.5	电力电容器的常见故障和排除	113

第6章 高压电器

115

6.1	高压隔离开关	115
6.1.1	高压隔离开关的结构	115
6.1.2	高压隔离开关的型号及技术数据	116
6.1.3	高压隔离开关的技术性能	117
6.1.4	高压隔离开关的用途	117
6.1.5	高压隔离开关的安装	117
6.1.6	高压隔离开关的操作与运行	118
6.1.7	高压隔离开关的检修	119
6.2	高压负荷开关	119
6.2.1	负荷开关的结构及工作原理	119
6.2.2	负荷开关的型号及技术数据	121
6.2.3	负荷开关的用途	122
6.2.4	负荷开关的维护	122
6.3	高压户外型熔断器	125
6.3.1	户外型高压熔断器的结构及工作原理	125
6.3.2	跌开式熔断器的型号及技术数据	127
6.3.3	跌开式熔断器的用途	127
6.3.4	跌开式熔断器的安装	127
6.3.5	跌开式熔断器的操作与运行	128
6.4	高压开关操动机构与簧操动机构	128
6.4.1	高压开关操作机构	128
6.4.2	簧操动机构	129
6.5	高压开关的联锁装置	134
6.5.1	装设联锁装置的目的	134
6.5.2	联锁装置的技术要求	135
6.5.3	联锁装置的类型	135

- 7.1 仪用互感器的构造工作原理 141
 - 7.1.1 仪用互感器的构造工作原理 141
 - 7.1.2 电压互感器的构造和工作原理 141
 - 7.1.3 电流互感器的构造和工作原理 142
- 7.2 仪用互感器的型号及技术数据 143
 - 7.2.1 电压互感器型号及技术数据 143
 - 7.2.2 电流互感器的型号及技术数据 149
- 7.3 仪用互感器的极性与接线 157
 - 7.3.1 仪用互感器极性的概念 157
 - 7.3.2 仪用互感器极性测试方法 157
 - 7.3.3 电压互感器的接线方式 158
 - 7.3.4 电流互感器的接线方式 160
 - 7.3.5 电压、电流组合式互感器接线 162
- 7.4 电压互感器的熔丝保护 162
 - 7.4.1 电压互感器一次侧（高压侧）熔丝熔断的原因 163
 - 7.4.2 电压互感器一、二次侧熔丝熔断后的检查与处理方法 163
- 7.5 电压互感器的绝缘监察作用 166
 - 7.5.1 中性点不接地系统一相接地故障 166
 - 7.5.2 绝缘监察作用 170
- 7.6 电流互感器二次开路故障 173
 - 7.6.1 电流互感器二次开路的后果 173
 - 7.6.2 电流互感器二次开路的现象 174
 - 7.6.3 电流互感器二次开路的处理方法 174

- 8.1 继电保护装置原理及类型 175
 - 8.1.1 继电保护装置的任务 175

8.1.2	对继电保护装置的基本要求	176
8.1.3	继电保护装置的基本原理及其框图	178
8.1.4	保护类型	179
8.2	变、配电所继电保护中常用的继电器	182
8.2.1	感应型 GL 系列有限取时限电流继电器	184
8.2.2	电磁型继电器	186
8.3	继电保护装置的操作电源及二次回路继电保护装置的操作电源与二次回路	187
8.3.1	交流操作电源	187
8.3.2	直流操作电源	189
8.3.3	继电保护装置的二次回路	190
8.4	电流保护回路的接线特点	194
8.4.1	三相完整星形接线	194
8.4.2	三相不完整星形接线 (V 形接线)	195
8.4.3	两相差接线	196
8.5	继电保护装置的运行与维护	197
8.5.1	继电保护装置的运行维护工作的主要内容	197
8.5.2	继电保护装置运行中的巡视与检查	197
8.5.3	继电保护及其二次回路的检查和校验	198
8.5.4	运行中继电保护动作的分析、判断及故障处理	199
8.6	电流速断保护和过电流保护	202
8.6.1	电流速断保护	202
8.6.2	过电流保护	202
8.6.3	主保护	204
8.6.4	后备保护	205
8.6.5	辅助保护	205

第9章 架空线路及电力电缆

206

9.1	架空线路的分类、构成	206
9.1.1	架空线路的分类	206

9.1.2	架空线路的构成	206
9.1.3	主要材料	207
9.2	架空线路的安装要求	214
9.2.1	10kV 及以下架空线路导线截面的选择	214
9.2.2	架空线路导线的连接	216
9.2.3	导线在电杆上的排列方式	218
9.2.4	10kV 及以下架空线路导线固定的要求	219
9.2.5	10kV 及以下架空线路同杆架设时横担之间的 距离及安装要求	220
9.2.6	10kV 及以下架空线路的档距、弧垂及导 线的间距	221
9.2.7	架空线路的交叉跨越及对地面距离	221
9.2.8	电杆埋设深度及电杆长度的确定	222
9.2.9	10kV 及以下架空线路拉线安装的规定	223
9.3	架空线路的检修	224
9.3.1	检修周期	224
9.3.2	一般性维修项目	225
9.3.3	停电清扫检查内容	225
9.3.4	户外柱上变压器的检查与修理	226
9.4	电力电缆	226
9.4.1	电线电缆的种类	226
9.4.2	电力电缆	227
9.5	电力电缆线路安装的技术要求	241
9.5.1	电缆线路安装的一般要求	241
9.5.2	直埋电缆的安装要求	243
9.5.3	电缆线路竣工后的验收	243
9.6	电力电缆的运行与维护	244
9.7	电缆线路常见故障及处理	245
9.7.1	电缆线的故障	245
9.7.2	终端头及中直接头的故障	245

10.1.1	接地装置	248
10.1.2	接地电阻、接地短路电流	249
10.1.3	接地种类	251
10.1.4	电气设备接地故障分析	251
10.2	接地方式的应用与安装	255
10.2.1	工作接地的应用	255
10.2.2	保护接地的应用	257
10.2.3	保护接零的应用	258
10.2.4	重复接地的应用	260
10.2.5	接地电阻值的要求	262
10.2.6	接地体选用和安装的一般要求	262
10.2.7	接地线选用和安装的一般要求	264
10.2.8	接地线连接的一般要求	265
10.2.9	人工接地体的布置方式	265
10.2.10	土壤高电阻率 ($\rho > 5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$) 地区 降低接地电阻的技术措施	268
10.3	防雷装置	269
10.3.1	接闪器	269
10.3.2	避雷器	271
10.3.3	引下线	274
10.3.4	接地装置	274
10.4	线路及变压器的防雷措施	275
10.4.1	架空线路的防雷措施	275
10.4.2	变、配电所的防雷措施	276

第11章 高压电工操作技术

278

11.1	绝缘电阻的测试方法	278
11.1.1	变压器、电压互感器绝缘电阻的测试 方法	278
11.1.2	并联电容器绝缘电阻测试	280
11.1.3	阀型避雷器绝缘电阻测试	281
11.1.4	母线系统绝缘电阻测试	283

11.1.5	电力电缆绝缘电阻测试	285
11.2	断路器导电回路电阻测试方法	286
11.2.1	准备工作	286
11.2.2	标准	287
11.2.3	使用器材	287
11.2.4	采用直流双臂电桥测试断路器接触电阻的 接线方法	287
11.2.5	操作步骤	287
11.2.6	注意事项	288
11.2.7	处理	288
11.3	接地电阻和土壤电阻率的测量方法	289
11.3.1	接地电阻的测量	289
11.3.2	土壤电阻率的测量	291
11.4	高压系统接地故障的处理	292
11.4.1	单相接地故障的分析判断	292
11.4.2	处理步骤及注意事项	292
11.5	高压电度计量装置的故障判断和测试技术	293
11.5.1	高压电度计量装置常见故障的种类	294
11.5.2	高压电度计量装置的故障判断	294
11.5.3	用三相高压电度表测算电路测试技术	297

第12章 高压柜与倒闸操作与高压 供电系统图解

301

12.1	倒闸操作的基本概念	301
12.1.1	电气设备的状态	301
12.1.2	倒闸操作的主要内容	302
12.1.3	倒闸操作的必备条件	302
12.1.4	倒闸操作的基本要求	303
12.2	倒闸操作的技术要求	304
12.2.1	隔离开关的使用	304
12.2.2	高压断路器的操作	306
12.2.3	在倒闸操作中继电保护及自动装置的投、 退要求	307

12.2.4	并、解列的操作	308
12.2.5	母线倒闸操作	309
12.2.6	操作票的填写和规定	309
12.3	110kV 常用的供电系统图图解	323
12.3.1	有两台主变压器的降压变电所的主电路	323
12.3.2	有一台主变附备用电源的降压变电所 主电路	324
12.3.3	组合式成套变电所	326
12.3.4	低压配电线路	326
12.4	识读供配电系统二次电路图	328
12.4.1	二次设备	328
12.4.2	二次设备电路图及其特点	329
12.4.3	集中式（整体式）二次电路图和分开式 （展开式）二次电路图	331
12.4.4	识读二次电路图的方法和步骤	336
12.4.5	识图示例	337

第1章

高压电工工作基础

1.1 高压电工日常工作

1.1.1 发电厂和变电所的值班工作

电气设备分为高压和低压两种：高压设备对地电压在 250V 以上者，低压设备对地电压在 250V 及以下者。

不论高压设备带电与否，值班人员不得单独移开或越过遮栏进行工作，若需移开遮栏时，必须有人在场，并符合表 1-1 的安全距离。

表 1-1 设备不停电时的安全距离

电压等级/kV	安全距离/m	电压等级/kV	安全距离/m
10 及以下(13.8)	0.70	154	2.00
20~35	1.00	220	3.00
44	1.20	330	4.00
60~110	1.50	500	5.00

1.1.2 高压设备的巡视

经企业领导批准允许单独巡视高压设备的值班员和非值班员，在巡视高压设备时，不得进行其他工作，不得移开或越过遮栏。

雷雨天气，需要巡视室外高压设备时，应穿绝缘靴，并不得靠

近避雷器和避雷针。

高压设备发生接地时，室外不得接近故障点 8m 以内，进入以上范围人员必须穿绝缘靴，接触设备的外壳和架构时，应戴绝缘手套。

巡视配电装置，进出高压室，必须随手将门锁好。

高压室的钥匙最少有三把，由配电值班人员负责保管，按值移交。一把专供紧急时使用，一把专供值班员使用，其他可以借给许可单独巡视高压设备的人员和工作负责人使用，但必须登记签名，当日交回。

1.2 高压电工倒闸操作

1.2.1 倒闸操作及操作票

操作必须听从值班调度员或值班负责人命令，受令人复诵无误后执行。发布命令应准确、清晰、使用正规操作术语和设备双重名称，即设备名称和编号，发令人使用电话发布命令前，应先和受令人互报姓名。调度值班员发布命令的全过程（包括对方复诵命令）和听取命令的报告时，都要录音并作好记录。倒闸操作由操作人填写操作票。担任值班，操作票由发令人用电话向值班员传达，值班员应根据传达，填写操作票，复诵无误，并在“监护人”签名处填入发令人的姓名。每张操作票只能填写一个操作任务。

停电拉闸操作必须按照断路器（开关）—负荷侧隔离开关（刀闸）—母线侧隔离开关（刀闸）的顺序依次操作，送电合闸操作应按与上述相反的顺序进行。严防带负荷拉合刀闸。为防止误操作，高压电气设备都应加装防误操作的闭锁装置（少数特殊情况经上级主管部门批准，可加机械锁），闭锁装置的解锁用具（包括钥匙）应妥善保管，按规定使用，机械锁要一把钥匙开一把锁，钥匙要编号并妥善保管，方便使用，所有投运的闭锁装置（包括机械锁）不经值班调度员或值长同意不得退出或解锁。

下列项目应填入操作票内：应拉合的断路器（开关）和隔离开