

无师自通 系列书

高压电工 基础知识

贾智勇 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

无师自通 系列书

高压电工 基础知识

贾智勇 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书由浅入深地介绍了高压电工日常工作需要掌握的基础知识。全书共分十一章；在介绍电工岗位职责通用基础知识、电工安全作业与电力网结构和特点的基础上，重点讲解仪用互感器、继电保护装置及其二次回路、二次回路识图、电力变压器、高压电器、电力电缆、接地、接零及防雷保护装置的结构、工作原理。

本书图文并茂，读者可通过少量的文字说明，结合书中给出的插图即可明了电气设备是如何工作。另外，本书特别强调了高压电工和低压电工的区别，重点突破了高压电工工作的难点——二次回路图识读，为他们以后技术和水平的提升打下了良好的基础，非常适合初学者。

本书适合电工技术人员自学使用，也可作为大专、中专、职业院校及各种短期培训班和再就业工程培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

高压电工基础知识 / 贾智勇编著. —北京: 中国电力出版社, 2014. 1

(无师自通系列书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4993 - 3

I. ①高… II. ①贾… III. ①高电压 - 电工技术 - 基本知识 IV. ①TM8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 231573 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

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 10.75 印张 277 千字
印数 0001—3000 册 定价 25.00 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

随着社会的进步和经济的发展，人类的生活和生产已经离不开电力的驱动，没有电力的生活是不可想象的。但是，随着电的使用越来越多，一些电气设备在使用过程中存在更大的危险，尤其对于电力供应的从业者，高压操作时更要注意安全，这就要求从事电工作业的人员，特别是高压电工，应达到较高的技术水平。为了使高压电工技术人员能顺利使用与维护高压设备，我们特编写了本书。

在编写本书的过程中，从基础理论开始，循序渐进地讲解高压电工技术，内容丰富，图文并茂，语言通俗易懂，可使读者掌握多种高压电气设备的工作原理。本书是编者结合了多年的教学经验及实际工作经验进行编写的，虽然是基础知识，但注重其在工作中具体怎样应用，这是本书的一大特点。

本书内容丰富、全面，包括电工技术基础知识、电工安全作业与电力网、仪用互感器、继电保护装置及其二次回路、二次回路识图、电力变压器、高压电器、电力电缆、接地、接零及防雷保护、安全用电等内容。

本书不仅适合电工技术人员自学使用，也可作为大专、中专、职业院校及各种短期培训班和再就业工程培训的教材。

在编写本书的过程中，编者还参阅了部分书籍杂志的相关资料，在此对原作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中疏漏与不妥之处难免，敬请广大读者指教。

编者

前言

第一章 走进电工岗位	1
第一节 电工作业在生产中的地位和作用	1
一、电能国民经济中的作用和地位	1
二、电力供应在生产过程中的重要作用	2
三、生产与安全	3
第二节 电工的岗位职责	4
一、认真贯彻执行安全生产方针	4
二、正确理解安全生产方针的重要性	4
三、电工岗位安全职责	6
第三节 电工应遵守的职业道德	6
一、职业道德	6
二、电工职业道德规范	6
第二章 电工通用基础知识	8
第一节 电荷的产生	8
第二节 电压	9
第三节 电流	10
第四节 电阻	12
第五节 电容和电容器	13
第六节 交流电的工作原理	15
第七节 三相交流电的工作原理	16
第八节 三相四线制供电线路	18
第九节 星形联结	19
第十节 三角形联结	21
第十一节 电工常用计算	22

一、交流电路计算	22
二、直流电路计算	27
三、变压器常用计算	36
四、电动机常用计算	39
五、导线的截面选择计算	41
六、高、低压电器选择计算	46
第三章 电力网	50
第一节 电力供电系统与电力网概述	50
一、电力供电系统	50
二、电力网	50
三、构成大型电力供电系统的优点	52
四、电力供电系统的生产特点	52
五、电力负荷的分类	53
第二节 供、用电关系与电能质量指标	54
一、对供电系统的基本要求	55
二、供电电能质量指标	55
第三节 用电单位的供电系统	61
一、用电单位常用变、配电站的类型	61
二、变、配电站的电源引入方式	62
三、变、配电站的主接线	63
第四章 仪用互感器	70
第一节 仪用互感器的分类及其用途	70
一、仪用互感器的分类	70
二、仪用互感器的用途	70
第二节 仪用互感器的构造及工作原理	70
一、电压互感器的构造和工作原理	70
二、电流互感器的构造和工作原理	71
第三节 仪用互感器的型号及技术数据	72
一、电压互感器的型号及技术数据	72
二、电流互感器的型号及技术数据	79

第四节	仪用互感器的极性	86
一、	仪用互感器极性的概念	86
二、	仪用互感器的极性测试方法	87
第五节	电压互感器的熔丝保护	88
一、	电压互感器一次侧（高压侧）熔丝熔断的原因	89
二、	电压互感器一次侧和二次侧熔丝熔断后的检查与 处理方法	89
第六节	电压互感器的绝缘监察作用	92
一、	中性点不接地系统一相接地故障	92
二、	绝缘监察作用	96
第五章	继电保护装置及其二次回路	100
第一节	继电保护装置概述	100
一、	继电保护装置的任务	100
二、	对继电保护装置的基本要求	101
三、	继电保护装置的基本原理及其框图	102
第二节	继电保护装置的基本类型	104
一、	电流保护	105
二、	电压保护	105
三、	方向保护	106
四、	差动保护	106
五、	高频保护	107
六、	距离保护	107
七、	平衡保护	107
八、	负序及零序保护	107
九、	瓦斯保护	107
十、	温度保护	107
第三节	10kV 变、配电站继电保护中常用的继电器	108
一、	感应型 GL 系列有限反时限电流继电器	108
二、	电磁型 DL 系列电流继电器	112
三、	电磁型 DJ 系列电压继电器	112

四、电磁型 DZ 系列交、直流中间继电器	112
五、电磁型 DS 系列时间继电器	112
六、电磁型 DX 系列信号继电器	113
第四节 继电保护装置的操作电源及二次回路	113
一、交流操作电源	113
二、直流操作电源	115
三、继电保护装置的二次回路	117
第五节 电流保护回路的接线特点	120
一、三相完整星形接线	121
二、三相不完整星形接线	121
三、两相差接线	122
第六节 电流速断保护和过电流保护	123
一、电流速断保护	123
二、过电流保护	124
第七节 主保护与后备保护	126
一、主保护	126
二、后备保护	126
三、辅助保护	127
第六章 二次回路识图	128
第一节 一次、二次设备划分原则	128
第二节 看二次回路图的基本方法	129
第三节 互感器的接线图识图	131
一、电流互感器的接线方式	131
二、电压互感器的接线方式	135
三、电流、电压互感器检测回路	140
第四节 测量仪表回路图识读	142
一、常用仪表测量回路图	142
二、电能表测量回路	156
第五节 控制回路图识图	164
一、常用的 LW2 系列控制开关	164

二、控制回路图	169
第六节 继电保护回路识图	183
一、电流保护原理简介	183
二、10kV 保护配置	191
三、方向过电流保护的二次回路图	197
第七章 电力变压器	201
第一节 变压器概述	201
一、变压器的作用	201
二、变压器的分类	202
第二节 电力变压器的工作原理	203
一、电力变压器的基本物理量	203
二、单相变压器的工作原理	204
第三节 变压器铭牌及其技术数据	208
一、变压器铭牌与型号	208
二、变压器铭牌技术数据	208
第四节 变压器的构造及各部件的作用	214
一、高、低压绝缘套管	215
二、分接开关	215
三、气体继电器	216
四、防爆管	216
五、储油柜	216
六、呼吸器	217
七、散热器	217
八、油箱	218
九、变压器高、低压绕组	218
十、变压器铁心	218
十一、温度计	218
十二、放油阀门	218
第五节 变压器的保护装置	219
一、变压器的熔断丝保护	219

二、变压器的继电保护	219
三、变压器的防雷与接地保护	220
第六节 变压器的并列运行	220
一、变压器并列运行的条件	220
二、变压器并列运行条件的含义	221
三、变压器并列运行应注意的事项	222
第八章 高压电器	223
第一节 高压隔离开关	223
一、高压隔离开关的用途	223
二、高压隔离开关的结构	223
三、高压隔离开关的型号及技术数据	225
四、高压隔离开关的技术性能	226
五、高压隔离开关的安装	226
六、高压隔离开关的操作与运行	226
七、高压隔离开关的检修	227
第二节 负荷开关	228
一、负荷开关的用途	228
二、负荷开关的结构及工作原理	228
三、负荷开关的型号及技术数据	230
四、负荷开关的维护	230
第三节 户外型高压熔断器	231
一、户外型高压熔断器的结构及工作原理	231
二、跌开式熔断器的型号及技术数据	233
三、跌开式熔断器的用途	233
四、跌开式熔断器的安装	233
五、跌开式熔断器的操作与运行	234
第四节 操动机构	234
一、操动机构的作用	234
二、操动机构的型号	235
三、操动机构的操作电源	235

第五节 弹簧操动机构	236
一、弹簧操动机构概述	236
二、弹簧操动机构的结构	237
三、弹簧操动机构的控制电路	237
第六节 高压开关的连锁装置	241
一、装设连锁装置的目的	241
二、连锁装置的技术要求	242
三、连锁装置的类型	242
第九章 架空线路及电力电缆	248
第一节 电力电缆	248
一、电力电缆概述	248
二、高压配电线路常用的电力电缆	248
第二节 电力电缆线路安装的技术要求	252
一、电缆线路安装的一般要求	252
二、直埋电缆的安装要求	254
三、电缆线路竣工后的验收	254
第十章 接地、接零及防雷保护	256
第一节 接地	256
一、接地概念	256
二、基本定义	257
三、接地种类	259
四、电气设备接地故障分析	261
第二节 接地方式的应用	264
一、工作接地的应用	264
二、保护接地的应用	266
三、保护接零的应用	266
四、重复接地的应用	269
五、接地电阻值的要求	271
第三节 接地装置的安装	272
一、接地体选用和安装的一般要求	272

二、接地线的选用和安装要求	274
三、接地线连接的一般要求	275
四、人工接地体的布置方式	275
五、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	276
第四节 雷电对人身及设备安全的危害	280
一、雷电的基本知识	280
二、雷电的危害	281
第五节 变、配电站的防雷保护装置	282
一、避雷针与避雷线	283
二、阀型避雷器	289
第六节 3~10kV 线路及变压器的防雷措施	292
一、配电线路的防雷措施	292
二、配电变压器的防雷措施	293
三、3~10kV 变、配电站的防雷保护	295
第十一章 安全用电	297
第一节 电气事故	297
一、安全用电的重要意义	297
二、电气事故的类别	297
三、触电方式	299
四、触电的危害	302
五、防止触电的措施	305
六、电气事故的管理	305
第二节 触电急救	307
一、脱离电源	307
二、现场救护	309
三、抢救触电者生命的心肺复苏法	310
四、现场救护中的注意事项	313
五、外伤的处理	316
第三节 安全用具及安全距离	317

一、绝缘安全用具的分类	317
二、安全用具的正确使用	318
三、安全用具的保管	319
四、绝缘安全用具的试验	319
五、安全距离	320
六、保证安全的技术措施	321
第四节 电气火灾的预防及扑救	325
一、电气火灾的原因分析	325
二、电气火灾的预防措施	326
三、扑救电气火灾应注意的问题	326
参考文献	328

第一章

走进电工岗位

高压电工与低压电工有很大的区别，低压电工是针对人们日常使用的各种电气的安装、维护工作，工作时可以接触到电气元件，在工作时需要有良好的操作技能，如钳工知识、导线的连接工艺、电路的分析、元器件的正确选择、安装调试、仪器仪表的正确使用等。而且低压电工维护检修时所面对的往往是一个电气元件或小范围的用电设备，设备检修停电所造成的影响小。而高压电工主要是针对变配电的高压值班工作，负责抄表、监视设备、倒闸操作，需要动手的技能工作较少，但由于高压电工不会像低压电工那样可以接触到运行的电气设备，必须通过仪器仪表的指示对系统进行分析判断，这就要求高压电工必须有良好的系统分析能力，当系统出现异常时能够迅速做出正确的判断和处理，如变压器电流的正确判断、故障信号的处理和重要设备的维护检修安排等。

而且高压电工的工作对象看似是一个高压电器，实际是对一个用电系统的操作和监视，如果出现故障，影响的是一个用电系统，不是一个用电器，这就要求高压电工必须严格遵守操作规程和操作顺序，这就是高压电工与低压电工的区别。

第一节 电工作业在生产中的地位和作用

一、电能国民经济中的作用和地位

自意大利物理学家伏特于 1800 年利用化学能转换成电能，在二百多年的时间内，电能的利用已遍及世界各国，遍及国民经济的各个领域。

我国电力的使用，开始于1879年。1879年，外商在上海安装了一台10马力（英1HP=0.746kW）的发电机。北京于1889年在颐和园开始使用电灯照明。

使用电能具有以下优点：

（1）效率较高。电能与其他形式的能之间可以方便地相互直接转换。这种转换，不需要其他中间环节，因此，降低了能量转换过程中的各种损耗。

（2）传输方便。电能的传输可以通过输电线路完成，不需要车船或管道等输送设备。这种传输方式比其他能源的输送方式损耗小，维修费用低。

（3）控制方便。只要一接通电源，就可以立即使用，不需要任何准备工作；不用电时，只要切断电源，也无需其他善后工作。

（4）电能是一种清洁的能源。它在传输及使用过程中均无污染，使用后也无废弃物。可见对于保持环境质量的优良、人民体质的健康具有重要的意义。

（5）某些方面是其他能源无法替代的。如通信、广播、电视、雷达设备、电子计算机等必须直接使用电能。

（6）电能的传输有条件采用隐蔽方式（敷设电缆）。这有利于创造优美的环境，还可以不受恶劣气候的影响，降低事故率。

二、电力供应在生产过程中的重要作用

电能的广泛应用，改变了传统的生产方式及生活方式，不仅使人们在生产及工作中得到一个优良的环境，也使人们在生活方面更加丰富多彩。

电力供应的特点是发、输、用同时发生；发、输、用等量发生，不能存储待用。这就对发、输、用的各个环节提出了严格的要求。也就是说，在所有环节上不能中断，还要保证其可靠运行。

电能从生产到使用，一般要经过发电、输电、变电、配电、用电等过程。为保证在每个环节上都能做到长期、稳定、安全、

可靠地运行，对电业工作者提出了非常高的要求，以做到设备、线路的正常运行。小事故可以只影响局部，大事故可能造成电网的解体，其后果不堪设想。电力供应对生产工作是如此重要，对于电业工作者来说，应充分认识它的重要意义，更重要的是加强学习，掌握电的基本知识和操作技能；掌握安全用电的规律与节约用电的措施，做到了这些，才能对国民经济的发展起到良好的作用。

三、生产与安全

正常的生产秩序，离不开正常的能源供应。自从电力作为现代企业的主要能源以来，它就成了生产的命脉。因此，要采用一切可靠的措施，保证电力的供应，从而也保证了生产的正常进行。

为了实现电力的持续供应，电力系统自身的安全以及电业工作者的安全都是十分重要的。简而言之，就是既要保证安全用电，又要保证用电安全。

(1) 安全用电。就是要使一切电力设施处于良好的运行状态，避免电力系统发生事故。按照规程操作；按照运行管理制度进行定期的巡视检查及维修；按照安全工作规程做好安全防护工作；消除可能导致事故的隐患。做好这些工作是实现安全用电的保证。

(2) 用电安全。要求我们采取一切必要的措施避免发生人身触电事故。这就要求我们在电气设备施工中按照有关的电气工程安装标准进行，及时发现电气设备在运行中可能出现的危及人身安全的情况，在施工阶段就做好预防工作。对于带电作业，执行有关带电作业的安全工作规程；对于停电作业，要遵守有关停电检修的安全规程，采取必要的安全技术措施和组织措施。要遵守有关劳动保护方面的法规、法令，正确地使用和保管安全用具。此外，还要普及电气知识，尤其是对那些直接使用电气设备的人员，更要加强安全知识的教育，使其在一旦出现非常事故（如触电）时有足够的应变能力。这也是作为一名电工不可推卸

的责任。可以这样说，失去了安全就谈不上生产，它们是相辅相成的。

第二节 电工的岗位职责

一、认真贯彻执行安全生产方针

安全生产的重要意义在于它关系到人身及设备的安全。为此，必须掌握足够的电气安全知识，从本质上认清如何做是安全的，如何做是危险的；另外，也要不断提高技能，使我们的工作质量经得起长期运行的考验。对于一旦发生的电气设备事故或人身事故，应做到举措得当，将事故造成的影响限制在尽可能小的范围。

为预防各种事故的发生，国家有关部门颁布了一系列法律、法规、条例、规程等。为此，我们也要认真学习和执行。这些法律、法规、条例、规程，都是经过无数的事故教训总结而制定的。其总的原则是在于预防事故的发生。我们应遵守：

- (1) 有关的运行管理规程。
- (2) 有关的施工及验收规范。
- (3) 有关的电气安装标准。
- (4) 有关的安全工作规程。
- (5) 有关的劳动保护监察条例。

二、正确理解安全生产方针的重要性

为了保证安全生产，必须遵守有关的法律、法规、条例、规程。劳动监察部门可依据监察条例进行监察纠正，甚至强制执行。因为，大部分的事故是在未认真贯彻这些条令、法规情况下发生的。为实现安全生产，对于以下几种造成不安全的因素应引以为戒。

(1) 重生产轻安全。生产固然重要，但是在没有安全保证的情况下进行生产，不出事故只能算做侥幸，出事故可谓是意料之内的。作为直接生产人员或是生产的组织者，不论有多么好的