

工人安全技术培训系列读本

# 电工安全技术

鹿继续 罗顶瑞 朱兆华 编著

姜松 徐丙根 褚福银 主审



化学工业出版社  
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工安全技术/鹿继续, 罗顶瑞, 朱兆华编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11  
(工人安全技术培训系列读本)  
ISBN 7-5025-7887-0

I. 电… II. ①鹿…②罗…③朱… III. ①电工-安全技术-技术培训-教材 IV. TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 134723 号

---

工人安全技术培训系列读本

电工安全技术

鹿继续 罗顶瑞 朱兆华 编著

姜松 徐丙根 褚福银 主审

责任编辑: 杜进祥 郭乃铎

文字编辑: 钱诚

责任校对: 周梦华

封面设计: 关飞

\*

化学工业出版社 出版发行  
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 315 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7887-0

定 价: 24.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 前 言

电力是国家建设和人民生活的重要物质基础。我国是世界第三电力大国，遍布城乡的电力网为我国现代化建设提供了源源不断的动力，成为当今社会最广泛应用的能源。

电在造福人类的同时，对人及物也构成很大的潜在危险。电气安全包括人身安全和设备安全两个方面，电气安全渗透在电工作业、电力管理及电器使用的各个环节中。新技术的应用带来了一些需要探讨的电气安全课题，如静电安全问题、电磁场安全问题等。如果对安全用电认识不足，对电气设备的安装、维修、使用不当，或由于违章操作等原因，均可能造成触电事故、线路设备事故或遭受雷击、静电、电磁场危害或引发电气火灾、爆炸等事故。这些事故除了会造成人员伤亡及设备损坏外，还可能造成大面积停电，给国民经济发展和人民生活带来不可估量的损失。

全世界每年死于电气事故的人数约占全部事故死亡人数的25%，电气火灾约占火灾总数的14%以上。安全用电是衡量一个国家用电水平的重要标志之一，若以用电量和触电死亡人数的相对值作为衡量安全用电水平的标准，安全用电水平高的国家，约每耗电 $20 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 触电死亡1人；而水平低的国家则每耗电 $1 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 触电死亡1人。此外，也可以以用电人口数和触电死亡数的相对值来衡量安全用电水平。工业发达国家大约每百万人口触电死亡0.5~1人；20世纪80年代我国农村为每百万用电人口触电死亡10人。另据统计，在我国触电死亡总人数中，工业和城市居民仅占15%，而农村竟占85%。据对一些地区近年来触电死亡事故综合分析，高压触电死亡人数占12.5%，低压触电死亡人数

却占 87.5%。

对于安全用电工作，国家和政府十分重视，为了完善供用电制度，加强电力安全技术管理，由国家及有关部委颁布的安全法规、条例、规程、标准、规范已达 300 多种。这对于保证电气安全、防止电气事故起到了积极作用，也为电气管理工作逐步走向规范化、科学化、现代化奠定了良好的基础。

通过对电工安全技术的学习，进一步了解有关电力的基本知识，熟悉安全用电知识、电气安全技术和电气工作的安全规程及制度，掌握触电急救方法和安全作业的要求及措施，树立“安全第一，预防为主”的思想，确保用电安全。

本书由朱兆华、褚福银、姜松、罗顶瑞、鹿继续等策划；由鹿继续、罗顶瑞、朱兆华编著，本书第一章～第八章、第十章～第十二章由鹿继续、罗顶瑞编写，第九章、第十三章由朱兆华编写；全书由朱兆华、褚福银、姜松、徐丙根主审。

本书由南京兆元安全环境科技服务有限公司组织编写，编审过程中得到了江苏省安全生产监督管理局、江苏省安全生产管理协会、南京市安全生产监督管理局、南京市安全技术工程学会、中国石化集团南化公司、中国石化集团二公司等单位以及丁晓军、王中坚、张明慧、施亮、朱旻等同志的大力支持，在此深表谢意！

本书由于编审时间仓促，不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2005 年 9 月

# 目 录

第一章 电工基础知识 .....	1
第一节 电的基本概念 .....	1
一、电 .....	1
二、电的类型 .....	1
三、电压等级 .....	2
四、电荷、电压与电流 .....	2
五、导体和绝缘体 .....	3
第二节 直流电路 .....	3
一、电路的基本概念 .....	3
二、欧姆定律 .....	10
三、电路的串联、并联和混联 .....	12
四、基尔霍夫定律 .....	18
第三节 交流电路 .....	20
一、正弦交流电路 .....	20
二、单相交流电路 .....	23
三、三相交流电路 .....	34
第四节 电力系统 .....	43
一、特点、组成及其基本要求 .....	43
二、电源中性点不接地的电力系统 .....	45
三、电源中性点经消弧线圈接地的电力系统 .....	47
四、电源中性点直接接地的电力系统 .....	48
五、供配电系统接线 .....	50
思考题 .....	54

第二章 电气安全技术知识 .....	56
第一节 触电事故的种类 .....	56
一、触电的种类 .....	56
二、电气事故种类 .....	59
第二节 电流对人体的作用 .....	60
第三节 触电事故的原因及规律 .....	65
一、触电死亡事故主要原因 .....	65
二、触电事故的规律 .....	66
第四节 防止触电的技术措施 .....	67
一、安全电压 .....	68
二、绝缘 .....	70
三、屏护 .....	72
四、间距 .....	73
五、漏电保护 .....	75
六、正确使用电气安全用具 .....	76
第五节 安全标志 .....	76
一、安全色 .....	76
二、安全标志 .....	77
三、指示灯、按钮和接线端子的颜色与标志 .....	79
第六节 触电急救 .....	81
一、脱离电源 .....	82
二、伤员脱离电源后的处理 .....	83
三、现场急救方法 .....	84
四、杆上或高处触电急救 .....	87
思考题 .....	89
第三章 常用电气设备安全 .....	91
第一节 工作环境对电气设备的要求 .....	91
第二节 电动机 .....	92
一、一般规定 .....	92
二、电动机安装 .....	93

三、电动机控制和保护设备 .....	93
四、电动机的启动 .....	94
五、电动机的运行 .....	94
第三节 常用保护电器与开关电器 .....	96
一、熔断器 .....	96
二、热继电器 .....	97
三、接触器与启动器 .....	97
四、电磁式脱扣器 .....	98
五、闸刀开关 .....	99
六、转换开关.....	100
七、自动空气开关.....	101
八、交流接触器.....	102
九、断路器.....	105
十、高压熔断器.....	110
第四节 电力变压器.....	113
第五节 照明设备.....	116
第六节 携带式及移动式设备.....	117
一、一般安全措施.....	118
二、手电钻.....	119
三、交流电焊机.....	120
四、电动起重机.....	121
五、直流弧焊机.....	124
六、直流设备.....	124
第七节 低压电气设备检修安全技术措施.....	125
一、停电.....	125
二、验电.....	126
三、装设接地线.....	126
四、悬挂标示牌和装设遮拦.....	127
思考题.....	128
第四章 电气线路安全 .....	130

第一节 线路安全技术.....	130
一、导线和电缆截面的选择.....	130
二、导线及电缆绝缘的安全载流量.....	135
第二节 架空线路.....	137
一、架空线路组成部分的安全要求.....	138
二、架空线路的运行和维护.....	145
第三节 低压布线.....	149
一、室内低压布线.....	149
二、户内低压线路的安装.....	157
三、电缆布线.....	160
第四节 临时线路.....	166
一、临时线路的概念.....	167
二、安全要求.....	167
思考题.....	168
第五章 变配电安全运行 .....	169
第一节 企业变配电.....	169
一、方式及选择.....	169
二、变电所主结线 (6~35kV) .....	171
第二节 企业变电所电气安全.....	174
第三节 技术管理.....	176
一、技术资料.....	176
二、图纸、模拟图板.....	176
三、记录本.....	176
四、规程制度.....	177
第四节 运行制度.....	178
一、交接班制度.....	178
二、巡回检查制度.....	178
三、缺陷管理制度.....	179
四、变电所维护试验制度.....	180
五、质量验收制度.....	181

六、工作票制度.....	181
七、操作票制度.....	185
第五节 故障处理.....	186
一、变压器.....	186
二、断路器（跳闸、拒跳、拒合）.....	189
三、直流系统的故障处理.....	191
四、所有变压器的故障处理.....	192
五、避雷器的故障处理.....	193
思考题.....	193
第六章 保护接地与保护接零.....	194
第一节 保护接地.....	194
一、中性点不接地电网的安全分析.....	194
二、保护接地原理.....	195
三、接地电阻值.....	196
四、中性点不接地电网的安全措施.....	196
第二节 保护接零.....	197
一、中性点接地电网的安全分析.....	197
二、工作接地.....	198
三、保护接零原理.....	199
四、重复接地.....	200
五、中性点接地电网的安全要求.....	201
第三节 接地和接零的应用范围.....	202
一、应采取接地或接零的设备.....	202
二、可以不采取接地或接零的设备.....	203
第四节 接地和接零的比较.....	203
一、保护接地和保护接零的相同处.....	203
二、保护接地和保护接零不同点.....	203
第五节 接地装置和接零装置.....	204
一、自然接地体和人工接地体.....	204
二、接地线和接零线.....	205

三、接地和接零装置的安全要求.....	205
第六节 接地装置运行检查.....	207
一、接地电阻的要求和测量.....	207
二、接地装置的运行检查.....	208
三、降低接地电阻的措施.....	208
思考题.....	209
第七章 电气安全装置 .....	210
第一节 漏电保护装置.....	210
一、漏电保护装置动作电流整定值的选择.....	210
二、漏电保护器的选用、接线及安装使用.....	212
三、漏电保护装置的运行管理.....	216
第二节 电气安全连锁装置.....	217
一、防止触电事故的连锁装置.....	217
二、排除电路故障的连锁装置.....	218
三、执行工作安全程序的连锁装置.....	218
第三节 信号和报警装置.....	220
第四节 电气安全工器具.....	221
一、电工安全用具.....	221
二、电工常用工具.....	225
思考题.....	227
第八章 电气测试安全技术 .....	228
第一节 电气设备的绝缘试验.....	228
一、绝缘电阻和吸收比试验.....	231
二、泄漏电流试验.....	235
三、直流耐压试验.....	236
四、交流耐压试验.....	236
五、介质损失 $\tan\delta$ 的测量 .....	238
六、直流电阻的测量.....	239
七、接地电阻的测量.....	240
第二节 绝缘油的试验.....	242

第三节	变压器油的气相色谱分析.....	244
第四节	设备的预试项目和绝缘定级.....	245
一、	绝缘监督工作的任务.....	245
二、	绝缘的定级.....	246
三、	变电所主要电气设备的试验.....	246
第五节	电工安全用具的定期试验.....	257
第六节	电气测试的一般安全要求.....	258
	思考题.....	259
第九章	静电及其防护 .....	261
第一节	静电现象及静电概念.....	261
一、	静电现象.....	261
二、	静电概念.....	262
第二节	静电隐患及静电类型.....	262
一、	静电隐患.....	262
二、	静电类型.....	264
三、	静电危害带电体.....	265
第三节	静电产生的原因及其过程.....	266
一、	工业静电的产生.....	266
二、	石油静电的产生.....	268
第四节	石油静电事故特点及静电危害案例.....	270
一、	石油静电事故特点.....	270
二、	静电危害案例.....	270
第五节	防止静电危害的对策措施.....	272
一、	防止静电危害的通用对策和基本措施.....	272
二、	石化行业防静电危害对策措施.....	274
第六节	采用消除静电新型装备.....	276
第七节	预防静电危害安全规定.....	277
	思考题.....	278
第十章	电气防火和防爆 .....	279
第一节	燃烧和爆炸.....	279

一、燃烧.....	279
二、爆炸.....	279
三、电气火灾和爆炸.....	280
四、自燃温度.....	280
五、爆炸极限.....	281
六、闪点.....	281
第二节 电气火灾和爆炸的原因.....	281
一、电气火灾爆炸的直接原因.....	281
二、电气火灾和爆炸的间接原因.....	285
三、常用电气设备的火灾和爆炸的原因.....	285
第三节 防火防爆措施.....	287
一、电气设备的合理选用.....	287
二、电气设备的正确装置.....	305
三、保持电气设备正常运行.....	307
四、保持通风良好.....	308
五、接地装置.....	309
六、合理选用保护装置.....	310
七、采用耐火设施.....	310
八、事故照明.....	311
第四节 电气灭火常识.....	311
一、触电危险和断电.....	311
二、带电灭火安全要求.....	312
三、充油设备灭火要求.....	314
思考题.....	314
第十一章 防雷.....	316
第一节 雷电的基本知识.....	316
一、雷电的形成和种类.....	316
二、雷电的危害.....	317
三、易受雷击的建筑物和构筑物.....	318
第二节 防雷装置.....	318

一、接闪器.....	319
二、引下线.....	322
三、接地装置.....	323
四、防雷装置的检查.....	324
第三节 防雷措施.....	324
一、防直击雷.....	324
二、防雷感应.....	325
三、防雷电侵入波.....	326
第四节 人身防雷措施.....	327
思考题.....	327
第十二章 电气安全管理 .....	329
第一节 安全用电的意义.....	330
第二节 管理的组织机构.....	331
一、安全生产责任制.....	331
二、组织机构及职责.....	332
第三节 综合管理措施.....	332
一、建立、健全规章制度.....	332
二、建立图纸、资料档案.....	333
三、安全检查.....	333
四、安全技术措施计划.....	333
五、安全生产教育.....	334
第四节 安全组织措施.....	334
一、检修工作的安全组织措施.....	334
二、易燃易爆场所安全组织措施.....	335
三、架设临时电源线路的安全组织措施.....	335
四、非生产用电场所的安全组织措施.....	335
第五节 电气工作人员的职责及从业条件.....	335
一、电气工作人员的职责.....	336
二、电气工作人员的从业条件.....	336
三、预防电气事故的对策.....	337

第六节 施工现场用电安全规定.....	338
一、施工现场用电的管理.....	338
二、管理程序.....	339
三、安全技术规定.....	340
四、其他技术要求.....	344
思考题.....	345
附录 电气事故案例及其原因分析 .....	347
参考文献 .....	362

# 第一章 电工基础知识

## 第一节 电的基本概念

### 一、电

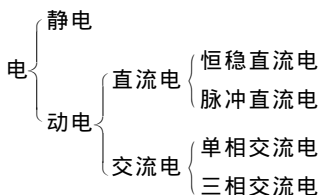
电是物质运动的一种形式。它是物质内所含的电子等载流子运动时的一种能量表现形式。从实质上讲，电是一种能量，也常称作电能。

电在人们的生产和生活中获得了极其广泛的应用，如通电后可以使灯光和电炉发热（称电的热效应）；可以使电动机转动（称电的动力效应）；可以进行电解（称电的化学效应）；电磁铁会产生强的吸引力（称电的磁效应）等。可见电具有许多功能，它可以转化为其他多种形式的能量。正是由于电具有如此巨大的做功本领和能力，所以通常把电功率表示的电能称为电力。

电属于二次能源，它是由一次能源如煤、石油、水或核原料等经过发电厂加工得来的。电能在国民经济各个领域及人们的日常生活中占有很重要的地位，离开了电力，要想实现人类社会的高度文明和现代化是根本不可能的。

### 二、电的类型

根据自由电子在传导物体内是否移动，其方向是否随时间而改变以及如何改变等特性，可将电大致划分为如下几种类型。



静电：是由于受摩擦力的作用，两种相关物体发生了自由电子的得失而产生的，由于它不能在带电物体内部流动，故称为静电。

动电：是使电能够按照人们的意愿，在规定的通路内“流动”的一种电，故称为动电。

直流电：电流方向不随时间改变的电称为直流电。

恒稳直流电：电流方向和大小均与时间无关，始终保持不变的叫恒稳直流电。

脉冲直流电：电流方向不变而大小随时间发生规律性变化的叫脉冲直流电。

交流电：电流的方向随时间发生周期性交替变化的叫交流电。

### 三、电压等级

我国执行的供电电压等级分为：0.22/0.4kV、6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV。

### 四、电荷、电压与电流

#### 1. 电荷与电位

电荷是带电的物质基本微粒。电子是它的最小单位，一个电子所带的电荷为  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。电荷是客观存在的一种物质，既不能创造，也不能消灭。

电位是从能量的角度来描述电场的另一个物理量，单位是 V（伏）。某一点的电位在数值上等于单位正电荷在该点具有的电位能。实际上所说某一点的电位，是指该点相对于电位参考零点而言的电位差。通常，多是选择大地作为零电位点。

#### 2. 电压与电动势

电路中任意两点之间的电位差叫电压。其方向由高电位到低电位也就是电位降低的方向，单位是 V。

外力将单位正电荷从电源负极经电源内电路定向移到电源正极所做的功，称为电动势。电动势和电压的单位一样，也是 V。也可以将电动势理解为是使电荷在电路里作有规则移动的原动力。

电压和电动势两者在量值上的关系是当电路在不形成闭合回路的情况下，电源的电动势就等于极间外部电路的端电压。

### 3. 电流

电流是指大量电荷在电场力作用下作有规则的定向移动。电流强度是指单位时间内通过导体某一截面的电荷，简称为电流，单位是 A（安）。产生电流有两个条件：一是电路中必须存在不为零的电动势，即电路两端要存在一定的电压；二是电路必须形成闭合回路。

## 五、导体和绝缘体

### 1. 电阻与电阻率

物体对电流通过时所呈现的阻力叫电阻，单位是  $\Omega$ （欧）。电阻率是指长度为 1m、均匀截面积为  $1\text{mm}^2$  物体所具有的电阻值。

### 2. 导体

凡电阻率在  $10^{-6} \sim 10^{-8} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  范围内，因含有大量能够在电场力作用下自由移动的带电粒子，故能很好的传导电流的物体，常称作导体，如各种金属、碳棒等。

### 3. 绝缘体

若电阻率在  $10^8 \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  范围内，导电性能很差，可以认为在一般温度下几乎不导电的物体，叫做绝缘体或电介质，如空气、胶体等。电阻率的大小与材质的温度有关。对金属材料而言，其电阻率随温度的升高而增大；对绝缘体和半导体而言，其电阻率随温度的升高而减小。

## 第二节 直流电路

### 一、电路的基本概念

#### (一) 电路的组成和作用

电路就是能使电流流通的闭合回路，最简单的电路是由电源、负载、导线及开关等部分组成的。图 1-1 是一个最简单的手电筒电路。

电源能把其他形式的能量转换为电能，例如发电机能把机械能转换为电能，电池能把化学能转换为电能。负载又称负荷、用电