

特种作业安全技术培训教材

北京市工伤及职业危害预防中心 组织编写

电 工 (低压运行维修)



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

特种作业安全技术培训教材

电 工

(低压运行维修)

北京市工伤及职业危害预防中心 组织编写



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工(低压运行维修)/北京市工伤及职业危害预防
中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 2004. 12
特种作业安全技术培训教材
ISBN 7-5025-6345-8

I. 电… II. 北… III. 低压电器-维修-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 (2004) 第 120980 号

特种作业安全技术培训教材

电 工

(低压运行维修)

北京市工伤及职业危害预防中心 组织编写

责任编辑: 卢小林

责任校对: 陈 静 吴 静

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11½ 字数 309 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-6345-8/TM·38

定 价: 25.00 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

编写人员

主 编：李树海

编写人员：（以姓氏笔画为序）

马国宝	王宝超	王德新	计宗仁	庄永宁
池德星	李树海	步丰盛	金章裕	徐本钊
徐泽旬	高广禄	曹洪德		

前 言

根据《中华人民共和国安全生产法》及原国家经贸委《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》(1999年第13号令)的规定,为进一步规范北京市特种作业人员安全技术培训工作,帮助广大电工类低压运行维修人员更好地理解和掌握电工类低压运行维修安全技术理论和实际操作安全技能,全面提高电工类低压运行维修人员的知识水平和实际操作能力,北京市工伤及职业危害预防中心组织有关专家编写了《特种作业安全技术培训教材》(电工类低压运行维修),供电工类低压运行维修人员安全技术培训使用。

为了提高北京市电工类特种作业人员的安全技术水平,不断适应新工艺、新技术、新材料和新设备对电工类低压运行维修人员的新要求,我们针对培训对象的特点,注意强化基础,在教材中对低压运行维修安全技术基础理论和实际操作安全技能知识进行了系统的阐述,做到理论知识与实践经验相结合,基础理论与先进技术相呼应,内容全面,通俗易懂。同时,为了满足广大电工类低压运行维修人员的实际工作需要,我们以提高教材质量、丰富教材内容为主导,依据国家技能鉴定规范的要求,在本教材中编入了相应工程的初级技能知识,因此也可用作初级技能培训教材。

由于编写时间所限,本书如有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2004年11月

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 直流电路	1
一、电路	1
二、欧姆定律	5
三、电阻的连接	7
四、电功率和电能	10
五、基尔霍夫定律	13
六、电容器	15
第二节 电与磁	18
一、磁的基本知识	18
二、铁磁性材料	22
三、磁场对电流的作用	25
四、电磁感应	26
五、自感、互感	27
第三节 交流电路	30
一、交流电的基本概念	30
二、正弦交流电的表示方法	33
三、单相交流电路	34
四、三相交流电路	47
第四节 半导体管基础知识	52
一、半导体与半导体管	52
二、半导体二极管	54
三、半导体三极管	61
第二章 常用电工仪表	70
第一节 常用电工仪表概述	70

一、常用电工仪表的分类和工作原理	70
二、仪表的准确度	72
三、仪表的常用符号	72
第二节 常用电工仪表的正确使用	74
一、电压表	74
二、电流表	75
三、电能表	78
四、万用表	82
五、兆欧表	85
六、钳形电流表	90
七、接地电阻测试仪	91
八、单臂电桥	93

第三章 电气安全基本知识

第一节 概述	96
一、安全用电的重要意义	96
二、从事电工作业应具备的基本条件	97
三、高压、低压、安全电压	99
四、绝缘、屏护、间距	99
第二节 电流对人体的伤害和触电急救	110
一、电流对人体的伤害	110
二、触及带电体的几种形式	111
三、触电事故原因和规律	115
四、电流对人体的生理作用	119
五、人体电阻	120
六、影响触电危害程度的因素	121
七、触电急救	123
第三节 电气防火、防爆	128
一、电气火灾、爆炸原因	128
二、电气火灾的扑救	131

第四章 接地与防雷	134
第一节 接地概述	134
一、接地的种类	134
二、接地的基本知识	136
第二节 低压配电系统	138
一、IT 配电系统	139
二、TT 配电系统	140
三、TN 配电系统	140
四、建筑施工现场配电系统的确定	141
第三节 接地与接零	142
一、保护接地及其应用	142
二、保护接零及应用	147
三、重复接地	150
四、等电位接地	154
第四节 接地装置	157
一、接地体的选择与安装	157
二、接地线的选择与安装	159
三、接地装置的选择	161
四、保护接地电阻值的要求	161
五、接地装置的维护、巡视检查	163
第五节 雷电及防雷措施	164
一、雷电	164
二、雷电的预防	166
三、低压阀型避雷器	170
四、避雷器运行与维护	173
 第五章 常用低压电器	 174
第一节 低压电器的种类	174
一、低压电器的主要技术参数	174
二、低压隔离开关和低压隔离器（刀开关）	175

三、低压熔断器组合电器	176
四、开关熔断器组	177
五、组合开关	178
六、低压断路器	178
七、漏电保护器	187
八、交流接触器	190
九、主令电器	193
第二节 保护电器和控制继电器	195
一、低压熔断器	195
二、热继电器	198
三、中间继电器	200
四、时间继电器	201
第六章 变压器基础知识	204
第一节 变压器的工作原理	204
第二节 变压器的结构	206
第三节 特殊变压器	210
一、自耦变压器	210
二、电焊变压器	211
三、电流互感器	212
第七章 异步电动机	215
第一节 三相电动机的基本结构	215
一、分类	215
二、基本结构	216
第二节 三相异步电动机的工作原理	218
一、旋转磁场	218
二、工作原理	220
三、转差及转差率	221
第三节 电磁转矩及机械特性	221

一、电磁转矩·····	221
二、机械特性·····	222
第四节 三相异步电动机的使用·····	225
一、电动机的铭牌·····	225
二、电动机绕组的接法·····	227
三、电动机的启动·····	228
四、电动机的运行·····	234
五、电动机转向控制·····	237
六、电动机的调速·····	238
七、电动机的制动·····	240
八、电动机的保护·····	243
九、电动机常见故障的分析·····	245
十、电动机的试验·····	250
第五节 单相异步电动机·····	253
一、构造·····	253
二、类型·····	255
三、分相启动电动机·····	255
四、电容运转电动机·····	258
五、罩极电动机·····	259
六、单相串励电动机·····	261
 第八章 并联电容器 ·····	263
第一节 并联电容器在电力系统中的作用·····	263
一、无功功率与功率因数·····	263
二、无功功率补偿方法·····	263
三、并联电容器的作用·····	264
四、并联电容器的补偿方式·····	264
第二节 并联电容器的结构与容量选择·····	265
一、并联电容器的结构·····	265
二、并联电容器的铭牌·····	265

三、并联电容器的运行技术条件·····	266
四、并联电容器电流的计算·····	266
五、并联电容器补偿容量的选择·····	267
第三节 并联电容器的运行与维护·····	268
一、电容器组的放电装置·····	268
二、电容器的保护·····	269
三、电容器的接线与安装要求·····	270
四、电容器组投入和退出运行的有关规定·····	271
五、并联电容器常见故障·····	272
六、并联电容器的巡视与检查周期·····	272
第九章 电气照明 ·····	274
第一节 照明电源及供电系统·····	274
一、照明电压·····	274
二、照明种类·····	274
三、供电系统·····	275
第二节 照明光源及照明灯具·····	275
一、电光源·····	276
二、灯具·····	278
第三节 电气照明装置的安装·····	284
一、导线截面选择·····	284
二、照明装置的安装·····	285
第四节 电子镇流器·····	292
一、简易型电子镇流器·····	292
二、电子镇流器接线·····	292
第十章 电气线路 ·····	294
第一节 架空线路·····	294
一、架空线路的种类及构成·····	294
二、导线架设有关规定·····	299

三、低压接户线·····	300
四、导线连接与固定·····	301
五、架空线路运行维护与故障处理·····	302
第二节 电缆线路·····	304
一、电缆分类及结构特点·····	304
二、电力电缆敷设·····	305
三、电力电缆运行与维护·····	311
四、电力电缆常见故障的处理·····	313
第三节 室内外配线·····	314
一、一般规定·····	314
二、常用配线方式·····	315
三、导线截面的选择·····	319
 第十一章 其他电气设备·····	 322
第一节 手持式电动工具·····	322
一、手持式电动工具的分类·····	322
二、手持式电动工具的一般要求·····	322
三、手持式电动工具的检查·····	323
四、手持式电动工具的安全使用·····	324
五、手持式电动工具的维修·····	326
六、手持式电动工具的管理·····	327
第二节 电焊设备·····	327
第三节 临时用电安全要求·····	328
一、临时用电的变配电设施·····	328
二、临时用电的低压配电线路·····	329
三、临时用电的接地、接零及防雷保护·····	330
四、临时用电对常用电气设备的安全要求·····	331
五、临时用电对照明装置的安全要求·····	333
 第十二章 保证安全的措施·····	 335

第一节 安全用具	335
一、分类和作用	335
二、低压验电器	336
三、绝缘手套	337
四、带绝缘柄的工具	338
五、辅助绝缘安全用具	339
六、临时接地线	339
七、标示牌	340
八、登高用具	341
九、其他安全用具	343
第二节 保证安全的技术措施	343
一、停电	343
二、验电	345
三、装设接地线	345
四、悬挂标示牌和装设临时遮栏	347
第三节 保证安全的组织措施	348
一、工作票制度	348
二、工作查活和交底制度	349
三、工作许可制度	349
四、工作监护制度	349
五、工作间断和转移制度	350
六、工作终结和送电制度	350
第四节 一般电气工作安全措施	351
一、低压配电装置及低压回路上工作安全措施	352
二、低压带电工作安全措施	352
三、电气测量工作安全措施	353

第一章 电工基础知识

本章主要介绍的是电工专业的基本概念、定律以及简单电路的连接、分析和计算方法。通过本章的学习应加深对本专业基础知识的了解，再通过实践，逐步掌握分析和解决电工实际问题的能力，不断提高电工专业的技术水平。

第一节 直流电路

一、电 路

(一) 电路的组成

由电源、负载、开关经导线连接而形成的闭合回路，是电流所经之路，称为电路。图 1-1 所示为一简单电路示意图。

电源是提供电能的装置，如各种电池、发电机等。其作用是将化学能、机械能等其他形式的能量转换为电能。

负载是消耗电能的设备，如电灯、电炉、电动机等。它们分别把电能转换为光能、热能、机械能等各种形式不同的能量。

导线和开关是电源和负载之间连接和控制必不可少的元件。将图 1-1 中的开关合上后，电流经过灯泡而使其发光。开关断开时，灯泡不亮，表明电流不再流过灯泡。开关闭合，电路电流是连续的，负载可正常工作的状态叫通路。开关断开或电路某处断开，电流消失，负载停止工作的状态叫断路（或开路）。当电源引出线不经负载而直接相连，电路中就会有很大电流通过，引起导线发热，损坏绝缘，甚至烧毁电源，导致事故。这种状态叫作短路。

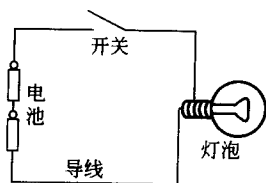


图 1-1 简单电路

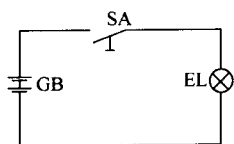


图 1-2 电路图

在实际应用中都采用一些规定的图形符号来表示电路中的各种元件。用图形符号表示电路连接情况的图，叫电路图。这样，使用电路图形符号就可以把图 1-1 画成图 1-2 形式。

(二) 电路的几个物理量

1. 电流

导体中的自由电子，在电场力的作用下做有规则的定向运动就形成了电流。电路中能量的传输和转换是靠电流来实现的。

(1) 电流的大小 为比较准确地衡量某一时刻电流的大小或强弱，我们引入了电流这个物理量，表示符号为“ I ”。其值是沿着某一方方向通过导体某一截面的电荷量 Δq 与通过时间 Δt 的比值。

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

为区别直流电流和变化的电流，直流电流用字母“ I ”表示，变化的电流用“ i ”表示。在国际单位制中，电流的基本单位是安培，简称“安”，用字母“ A ”表示。

电流的单位也可以用千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA) 表示。它们之间的换算关系是：

$$\begin{aligned} 1\text{kA} &= 1000\text{A} \\ 1\mu\text{A} &= 10^{-3}\text{mA} = 10^{-6}\text{A} \end{aligned}$$

(2) 电流的方向 习惯上规定以正电荷的移动方向作为电流的方向，而实际上导体中的电流是由带负电的电子在导体中移动而形成的。所以，我们所规定的电流方向与电子实际移动的方向恰恰相反。但这样规定并不影响对电流的分析和测量以及对电磁现象的解释。

(3) 电流的种类 导体中的电流不仅可具有大小的变化，而且可具有方向的变化。大小和方向都不随时间而变化的电流称为恒定直流电流。如图 1-3 (a) 所示。方向始终不变，大小随时间而变化

的电流称为脉动直流电流，如图 1-3 (b) 所示。大小和方向均随时间变化的电流称为交流电流。工业上普遍应用的交流电流是按正弦函数规律变化的，称为正弦交流电流，如图 1-3 (c) 所示。非正弦交流电流，如图 1-3 (d)。

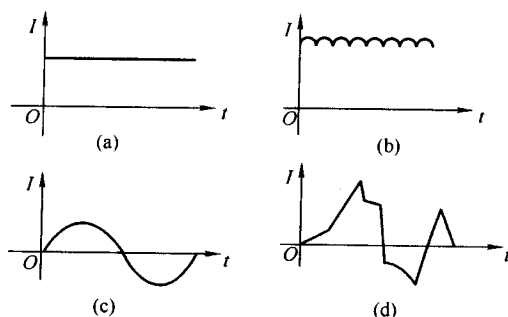


图 1-3 电流种类

2. 电位和电压

(1) 电位 电场力将单位正电荷从电路中某一点移到参考点（零电位点）所做的功，称为该点电位。电路中不同位置的电位是不同的。其数值与参考点的选择紧密相关，所以，电位是一个相对的概念。通常在电力系统中以大地作为参考点，其电位定为零电位。

电位用字母“ φ ”表示，其单位是“伏特”(V)。

(2) 电压 电压是指电场中任意两点之间的电位差。它实际上是电场力将单位正电荷从某一点移到另一点所做的功。电路中两点间的电压仅与该两点的位置有关，而与参考点的选择无关。

电压用字母“ U ”或“ u ”表示。电压的基本单位是“伏特”，简称“伏”，用字母“V”表示。电压的大小还可以用千伏(kV)、毫伏(mV)表示。它们之间的换算关系是：

$$1\text{kV}=1000\text{V}$$

$$1\text{mV}=10^{-3}\text{V}$$

3. 电动势

由其他形式的能量转换为电能所引起的电源正、负极之间的电位差，叫作电动势。电动势是在电源力的作用下，将单位正电荷从电源的负极移至正极所做的功。它是用来衡量电源本身建立电场并维持电场能力的一个物理量。通常用字母“ E ”或“ e ”表示，单位也是“伏特”，用字母“ V ”表示。

电源电压与电源电动势在概念上不能混淆。电压是指电路中任意两点之间的电位差，而电动势是指电源内部建立电位差的本领。

规定电压的正方向是由高电位指向低电位的方向，即电位降低的方向；电动势的正方向是由负极指向正极的方向，即电位升高的方向。如图 1-4 所示。

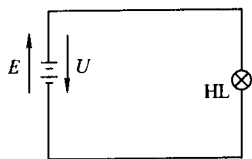


图 1-4 电源电压与电源电动势的方向

4. 电阻、电阻率、电阻温度系数

(1) 电阻 电流在导体中通过时所受到的阻力称为电阻。电源内部对电荷移动产生的阻力称为内电阻，电源外部的导线及负载电阻称为外电阻。电阻常用字母“ R ”或“ r ”表示。其单位是欧姆，简称“欧”，用字母“ Ω ”表示。电阻的单位也可是千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。它们之间的换算关系是：

$$1k\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

(2) 电阻率 常以某种导体长 $1m$ ，横截面积为 $1mm^2$ ，在 $20^\circ C$ 时所具有的电阻值，作为该种导体的电阻率。电阻率用字母“ ρ ”表示，其单位为欧姆·毫米²/米（ $\Omega \cdot mm^2/m$ ）。各种导体的电阻可用下式求得

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R ——导体电阻， Ω ；

l ——导体长度， m ；