



《全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材》编委会

全国特种作业人员
安全技术培训考核
统编教材

(新版)


电工作业

Diangong Zuoye

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材(新版)

电 工 作 业

《全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材》编委会

 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 提 要

本书介绍了电工作业人员掌握与了解的电工基本知识,触电危害与救护,电气安全工作要求与措施,电气安全用具与安全标识,直接接触电击防护,间接接触电击防护,变配电安全,低压配电装置,电气线路及电工测量等知识。

本书主要针对电工作业人员培训与复审的特点编写,通俗易懂,深入浅出,例题实用,每章后都附有思考题,适合具有初中以上文化程度的电工作业人员培训与专门学习之用。

图书在版编目(CIP)数据

电工作业/《全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材》编委会编著. —北京:气象出版社,2011.1

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材:新版
ISBN 978-7-5029-5162-7

I. ①电… II. ①全… III. ①电工-安全技术-技术培训-教材 IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 010738 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

总 编 室:010-68407112

发 行 部:010-68407948

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:彭淑凡

终 审:章澄昌

封面设计:燕 形

责任技编:吴庭芳

印 刷:北京奥鑫印刷厂

开 本:850 mm×1168 mm 1/32

印 张:16.5

字 数:459 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版

印 次:2011 年 8 月第 2 次印刷

定 价:28.00 元

前 言

特种作业是指容易发生人员伤亡事故,对操作者本人或他人的安全健康及设备、设施的安全可能造成重大危害的作业。特种作业人员是指直接从事特种作业的从业人员。国内外有关统计资料表明,由于特种作业人员违规违章操作造成的生产安全事故,约占生产经营单位事故总量的80%。目前,全国特种作业人员持证上岗人数已超过1200万。因此,加强特种作业人员安全技术培训考核,对保障安全生产十分重要。

为保障人民生命财产的安全,促进安全生产,《安全生产法》、《劳动法》、《矿山安全法》、《消防法》、《危险化学品安全管理条例》等有关法律、法规作出了一系列的强制性要求,规定特种作业人员必须经过专门的安全技术培训,经考核合格取得操作资格证书,方可上岗作业。1999年,原国家经贸委发布了《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》(国家经贸委主任令第13号),对特种作业人员的定义、范围、人员条件和培训、考核、管理作了明确规定,提出在全国推广和规范使用具有防伪功能的IC卡《中华人民共和国特种作业操作证》,并实行统一的培训大纲、考核标准、培训教材及资格证书。本套教材是与之相配套并由原国家经贸委安全生产局直接组织编写的。

2001年,原国家经贸委安全生产局的职能划入国家安全生产监督管理局,这套教材的有关工作随之转入新的机构,并在2002年经国家安全生产监督管理局《关于做好特种作业人员安全技术培训教材相关工作的通知》中加以确认。近年来,国家安全生产监督管理总局相继颁布实施了《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(国

家安全生产监督管理总局第 30 号令,自 2010 年 7 月 1 日起施行)等一系列规章和规范性文件,重申了“特种作业人员必须接受专门的安全技术培训并考核合格,取得特种作业操作资格证书后,方可上岗作业”这一基本原则,同时对特种作业的范围、培训大纲和考核标准进行了必要的调整。

为了适应新的形势和要求,在总结经验并广泛征求各方面意见的基础上,我们根据国家安全生产监督管理总局第 30 号令,对这套教材进行了全新改版。新版的教材基本包括了全部的特种作业,共 30 余种教材,具有广泛的适用性。本次改版既充分考虑了原有教材的体系和完整性,保留了原有教材的特色,又根据新的情况,从品种和内容两方面做了必要的修改和补充,力求形式新颖、技术先进,如增加了冶金煤气安全作业、危险化学品安全作业、烟花爆竹生产安全作业等新的品种,对于一些在新的特种作业目录中没有提到的原有品种及特种设备作业人员的培训教材,也予以保留。为了便于各地特种作业人员的培训和考核,还开发与之相配套的复审教材和考试题库供各地选用。本套教材不仅可供特种作业人员、特种设备作业人员及有关的管理人员、维修人员培训选用,也可供有关职业技术学校选用。

本套教材历经多次修订、编审和改版,以曲世惠、王红汉、徐晓航、张静等为代表的一大批作者和以闪淳昌、杨富、任树奎、罗音宇等为代表的一大批专家为此套教材的出版作出了重大贡献。参与本书修订改版工作的有钮英建、文华等人,限于篇幅,这里恕不一一列举,谨表衷心的谢意。

本书编委会
2010 年 10 月

致 谢

本书在编写和修订改版的过程中,先后得到了以下单位(排名不分先后)的大力支持,在此表示衷心的感谢。

中国机械工业安全卫生协会
上海柴油机股份有限公司
一汽解放汽车有限公司
东风汽车有限公司
太原重型集团公司
上海安科企业管理有限公司
兰州通用机电技术研究所
武汉钢铁公司
齐重数控装备股份有限公司
福田重型机械股份有限公司
武汉起神起重机有限公司
邯郸新兴重型机械有限公司
厦门 ABB 开关有限公司
安徽合力股份有限公司
福田雷沃国际重工股份有限公司
斗山工程机械(中国)有限公司
山东普利森集团有限公司

安徽江淮汽车股份有限公司
石家庄强大泵业股份有限公司
武汉安全环保研究院
天津市劳动保护教育中心
河南省劳动保护教育中心
北京市事故预防中心
河南省安全生产监督管理局
青岛市安全生产监督管理局
首都经济贸易大学
武钢矿业公司
大冶有色金属公司
鲁中冶金矿业公司
淮南矿务局
大冶铁矿
铜录山铜矿
梅山铁矿
马钢南山铁矿
南芬铁矿
鸡冠嘴金矿

.....

目 录

前 言

第一章 电工基础知识	(1)
第一节 直流电路.....	(1)
第二节 电磁感应.....	(14)
第三节 单相交流电路.....	(28)
第四节 三相交流电路.....	(48)
第二章 触电危害与救护	(58)
第一节 触电事故种类和方式.....	(58)
第二节 电流对人体的危害.....	(62)
第三节 触电事故规律.....	(74)
第四节 触电救护.....	(76)
第三章 电气安全工作要求与措施	(86)
第一节 电气安全工作基本要求.....	(86)
第二节 保证安全的组织措施.....	(89)
第三节 保证安全的技术措施.....	(94)
第四章 电气安全用具与安全标识	(99)
第一节 绝缘安全用具.....	(99)
第二节 一般防护用具.....	(107)
第三节 安全用具的检验与存放.....	(109)
第四节 安全标识.....	(111)

第五章 直接接触电击防护	(114)
第一节 绝缘.....	(114)
第二节 遮栏和阻挡物.....	(116)
第三节 电气间隙和安全距离.....	(118)
第四节 剩余电流动作保护装置.....	(121)
第五节 特低电压和电气隔离.....	(133)
第六章 间接接触电击防护	(140)
第一节 IT 系统	(140)
第二节 TT 系统	(145)
第三节 TN 系统	(147)
第四节 接地装置.....	(157)
第五节 保护导体.....	(166)
第七章 电气防火防爆	(171)
第一节 电气火灾与爆炸的原因.....	(171)
第二节 危险物质.....	(174)
第三节 危险环境.....	(177)
第四节 防爆电气设备和防爆电气线路.....	(181)
第五节 电气防爆技术.....	(189)
第八章 防雷与防静电	(193)
第一节 雷电的种类及危害.....	(193)
第二节 防雷装置.....	(195)
第三节 防雷措施.....	(212)
第四节 防静电.....	(217)
第九章 高压配电装置	(225)
第一节 电弧的形成与熄灭.....	(225)
第二节 高压熔断器.....	(226)
第三节 高压隔离开关.....	(231)

第四节	高压负荷开关	(233)
第五节	高压断路器	(235)
第六节	高压开关柜	(248)
第七节	箱式变电站	(251)
第十章	电力变压器	(253)
第一节	变压器工作原理	(253)
第二节	变压器分类及技术参数	(255)
第三节	变压器结构	(259)
第四节	变压器安装和运行	(268)
第五节	变压器保护	(276)
第六节	变压器运行中的维护与检查	(284)
第七节	变压器故障与事故处理	(287)
第十一章	互感器	(295)
第一节	互感器的种类与工作原理	(295)
第二节	电流互感器	(296)
第三节	电压互感器	(301)
第十二章	变配电安全	(308)
第一节	工业企业供配电	(308)
第二节	变配电站组成	(313)
第三节	变配电站安全运行	(318)
第四节	倒闸操作	(322)
第五节	巡视检查	(328)
第十三章	电力电容器	(331)
第一节	电力电容器补偿原理与计算	(331)
第二节	电力电容器安装与接线	(336)
第三节	电容器安全运行	(337)
第十四章	低压配电装置	(342)
第一节	保护电器	(342)

第二节	开关电器	·····	(351)
第三节	配电装置	·····	(364)
第四节	低压带电工作的要求	·····	(368)
第十五章	电气线路	·····	(370)
第一节	电气线路种类及特点	·····	(370)
第二节	电气线路常见故障	·····	(374)
第三节	电气线路安全条件	·····	(379)
第四节	线路巡视检查	·····	(396)
第十六章	异步电动机	·····	(399)
第一节	异步电动机的构造与工作原理	·····	(399)
第二节	异步电动机的技术参数	·····	(404)
第三节	异步电动机的启动	·····	(412)
第四节	异步电动机的运行与维护	·····	(417)
第五节	异步电动机的主要故障与处理	·····	(425)
第十七章	手持式电动工具及移动式电气设备	·····	(431)
第一节	基本分类与结构	·····	(431)
第二节	安全性能要求	·····	(434)
第三节	安全技术措施	·····	(438)
第四节	工具管理	·····	(444)
第十八章	照明	·····	(447)
第一节	照明方式与种类	·····	(447)
第二节	照明光源的选择与接线	·····	(448)
第三节	导线截面选择	·····	(451)
第四节	照明设备的安装	·····	(452)
第五节	照明电路故障的检修	·····	(458)
第十九章	电工测量	·····	(461)
第一节	电工仪表基本知识	·····	(461)

第二节	电流和电压的测量·····	(463)
第三节	功率的测量·····	(465)
第四节	电能的测量·····	(468)
第五节	万用电表·····	(472)
第六节	绝缘电阻表·····	(475)
第七节	钳形电流表·····	(478)
第八节	直流电桥·····	(481)
第九节	接地电阻测量·····	(484)
附录 1	电气图形符号新旧对照表·····	(486)
附录 2	触电事故案例·····	(501)
参考文献	·····	(515)

第一节 直流电路

一、电路

在电的实际应用中,从最简单的手电筒的工作到复杂的电子计算机的运算,都是由电路来完成的。

1. 电路的组成及电路元件的作用

电路就是电流所流经的路径,它由电路元件组成。当合上电动机的刀闸开关时,电动机立即就转动起来,这是因为电动机通过导线经开关与电源接成了电流的通路,并将电能转换为机械能。电动机、电源等叫做电路元件,电路元件大体可分为四类:

(1)电源:即发电设备,其作用是将其他形式的能量转换为电能。如电池是将化学能转换为电能,而发电机是将机械能转换为电能。

(2)负载:即用电设备,它的作用是把电能转换为其他形式的能。如电炉是将电能转换为热能,电动机则是把电能转换为机械能。

(3)控制电器和保护电器:在电路中起控制和保护作用。如开关、熔断器、接触器等。

(4)导线:由导体材料制成,其作用就是把电源、负载和控制电器连接成一个电路,并将电源的电能传输给负载。

由此可见,电路的作用是产生、分配、传输和使用电能。图 1-1 就是一个最简单的电路。

2. 电路图

在实际工作中,为便于分析、研究电路,通常将电路的实际元件

用图形符号表示在电路图中,称为电路原理图,也叫电路图。图 1-2 就是图 1-1 的原理电路图。一般电路图中,常用电路元件的符号见“附录 1:电气图形符号新旧对照表”。

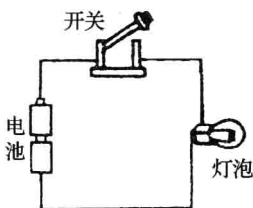


图 1-1 简单电路

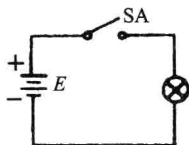


图 1-2 电路原理图

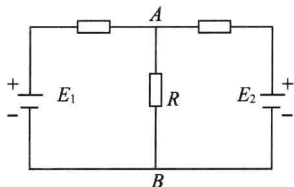


图 1-3 具有三个回路的电路

在电路中,只有两个端点与电路其他部分相连的无分支电路叫做支路。在图 1-3 中共有 3 条支路。通常将 3 条支路以上的连接点称为节点。如图 1-3 中的 A 点和 B 点即为节点。在电路中由支路组成的任一闭合路径叫做回路,图 1-3 中共有 3 个回路。

二、电场、电场强度

1. 电场

电场存在于带电体周围,能对位于该电场中的电荷产生作用力——电场力。电场力的大小与电场的强弱有关,这又与带电体所带的电荷量多少有关。

2. 电场强度

电场强度是衡量电场强弱的一个物理量,既有大小又有方向。电场中任意一点的电场强度,在数值上等于放在该点的单位正电荷所受电场力的大小,其方向是正电荷受力的方向,即:

$$E = \frac{F}{Q}$$

式中 E ——电场强度, 牛顿/库仑(N/C); F ——电荷所受的电场力, 牛顿(N); Q ——正电荷的电量, 库仑(C)。

三、电流强度

表示电流强弱的物理量称为电流强度, 简称电流。电荷有规则的定向运动就形成了电流, 习惯上规定正电荷流动方向定为电流方向。

电流的大小是单位时间内通过导体横截面的电荷量, 用符号 I 表示, 即:

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中 Q ——通过导体横截面的电量, C; t ——通过电量所用的时间, s。

电流的单位是安培(A), $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ 。

电流方向及大小不随时间而变化的电流称为直流电。

电流的实用单位有千安(kA)、毫安(mA)或微安(μA), 它们之间的关系是:

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 10^3 \mu\text{A}$$

四、电位、电压、电动势

1. 电位

在电场力作用下, 单位正电荷由电场中某一点移到参考点(电位为零)所做的功叫该点的电位。

2. 电压

电场力把单位正电荷由高电位点移到低电位点所做的功叫这两点间的电压。电压的单位是伏特(V)。电压也是指电场中某两点之间的电位差。即:

$$U = \frac{W}{Q}$$

式中 W ——电荷所做的功, J; Q ——电荷量, C。

3. 电动势

要使电流持续不断沿电路流动, 就需要一个电源, 把正电荷从低电位移向高电位, 这种使电路两端产生并维持一定电位差的能力, 叫做电动势, 单位是伏特(V)。

五、电路的欧姆定律

电流、电压和电阻是电路中的三个基本物理量, 分析计算电路, 就是研究以上各量之间的关系, 确定它们的大小。欧姆定律就是反映电阻元件两端的电压与通过该元件的电流同电阻三者关系的定律, 电路见图 1-4, 其表达式为:

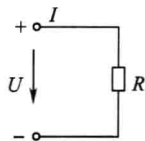


图 1-4 欧姆定律电路

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 I ——电流, A; U ——电压, V; R ——电阻, Ω 。

由上式可知, 通过电阻元件的电流与电阻两端的电压成正比, 而与电阻成反比。

对于任一支路的电阻电路, 只要知道电路中的电压、电流和电阻这三个量中的任意两个量, 就可由欧姆定律求得第三个量。

例: 一盏 100 W、220 V 的电灯, 灯泡的电阻是 484 Ω , 当电源电压为 220 V 时, 求通过灯泡的电流。

解: 已知电灯的电压和电阻, 通过灯泡的电流为:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{484} \approx 0.455(\text{A})$$

由欧姆定律可知, 电阻有电流通过时, 两端必有电压, 这个电压习惯上叫做电压降。通常导线都是有电阻的, 当用导线传输电流时, 就产生电压降。因此输电线路末端的电位总是比始端的电位低。输电线路电压降低的数值叫做电压损失。如果线路较长, 线路电流

较大,其电压损失就较大,供给负载的电压将会明显下降,影响设备的正常工作。

六、电路的基尔霍夫定律

欧姆定律可以确定电阻元件上电压与电流的关系,但只能用于无分支的电阻电路。对于一个比较复杂的电路,(如图 1-5 所示),确定各支路电流和各部分电压的关系,只用欧姆定律一般是不能解决的,必须利用基尔霍夫定律才可表明支路电流之间的关系和回路电压间的关系。

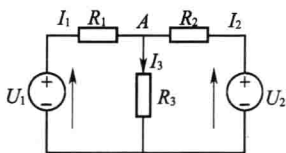


图 1-5

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律也叫做基尔霍夫第一定律,它确定了电路中任一节点所连的各支路电流之间的关系。

基尔霍夫电流定律指出:对于电路中的任一节点,流入节点的电流之和必等于流出该节点的电流之和。

在图 1-5 电路中,对于节点 A, I_1 、 I_2 是流入节点的,而 I_3 是由节点流出的。由基尔霍夫电流定律可将三个电流之间的关系表示为:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

如果将上式 I_3 移到左边可得:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即流入(或流出)电路任一节点的各电流的代数和等于零。

$$\sum_i I_i = 0$$

式中符号 \sum 是“代数和”的意思, $i=1, 2, 3, \dots$, 说明各项电流可为正或负,如果规定流入节点的电流为正,那么流出节点的电流就是负的,反之也成立。在应用时应注意各支路电流的方向。