

特种作业人员安全技术培训考核理实一体化统编教材

TEZHONG ZUOYE RENYUAN ANQUAN JISHU PEIXUN KAOHE LISHI YITIHUA TONGBIAN JIAOCAI

电工

安全知识与操作技能

杨有启 主编



中国劳动社会保障出版社

特种作业人员安全技术培训考核理实一体化统编教材

电工安全知识与操作技能

杨有启 主编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工安全知识与操作技能/杨有启主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010

特种作业人员安全技术培训考核理实一体化统编教材

ISBN 978-7-5045-8384-0

I. ①电… II. ①杨… 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(2010)第 137184 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米 × 960 毫米 16 开本 27.25 印张 491 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

定价: 55.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错,请与本社联系调换: 010-80497374

前言

我国《劳动法》规定：“从事特种作业的劳动者必须经过专门培训并取得特种作业资格。”《安全生产法》规定：“生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得特种作业操作资格证书，方可上岗操作。”

为了进一步落实《劳动法》《安全生产法》的上述规定，配合国家安全生产监督管理总局依法做好特种作业人员的培训考核工作，中国劳动社会保障出版社根据国家安全生产监督管理总局最新颁布的《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》，结合以前出版的特种作业人员培训考核统编教材的经验，出版了“特种作业人员安全技术培训考核理实一体化统编教材”，《电工安全知识与操作技能》为其中的一种。本教材有以下几个特点：

1. 紧扣最新的《管理规定》和大纲，并且摒弃了一些相对陈旧的内容，补充了初级电工需要掌握、熟悉或了解的新内容。

2. 分部分编写，内容包含电工基础知识部分和安全技术知识部分、低压电工知识部分、高压电工知识部分等全部上岗专业电工必须具备的知识内容及技能方法。

3. 为了便于教学，将电工实际操作训练单独分册，而本教材实际上就是安全技术理论分册和实际操作分册合二为一，所以为“理实一体化教材”，为目前内容最全的电工作业培训考核教材，方便了读者使用。

本教材符合国家有关精神，注重理论联系实际，在全面培训电工作业特种作业人员安全技术理论的同时，重视实际操作的训练与考核，是全国各有关行业、各类企业准备从事特种作业的劳动者，为提高有关特种作业知识与技能，提高自身安全素质，取得特种作业人员操作证的最佳培训考核与复审教材。

参加本书编写的人员有：王国华、王彦斌、王俊波、师庆立、陈会荣、杨在塘、杨洪波、范银华、赵秋生、赵莲清、赵超、柳红卫、侯建军、费尊华、徐三元、梅明玛、董长松、童恒飞，本书由杨有启统稿并担任主编。

编者

2010年3月

内 容 简 介

本书包含两大块：电工作业安全技术理论知识和实际操作，并将理论与实际操作分册合为一体。主要内容包括：电工基础知识和安全技术知识、低压电工知识、高压电工知识等全部上岗专业电工必须具备的知识内容及技能方法，电工实际操作部分主要讲述了实际操作考核训练。本书摒弃了一些相对陈旧的内容，并补充了初级电工需要掌握、熟悉或了解等新的内容。本书除用作专业电工上岗的理论和实际操作训练培训教材外，还可供其他电气专业人员学习和查阅之用。

目 录

安全技术理论

第一部分 通用电工基本知识

第一章 电工作业人员	(3)
第一节 电工作业和电工作业人员	(3)
第二节 电工作业人员的安全职责	(4)
第二章 电工基础	(5)
第一节 直流电路	(5)
第二节 磁与电磁感应	(11)
第三节 正弦交流电路	(14)
第四节 电子技术常识	(23)
第三章 电气安全基本知识	(28)
第一节 电气事故种类	(28)
第二节 触电事故要素	(29)
第三节 触电事故规律	(40)
第四章 供配电知识	(43)
第一节 电力系统	(43)
第二节 企业供电	(45)
第五章 电工仪表和测量	(49)
第一节 电工仪表基本知识	(49)
第二节 常用电工仪表	(53)
第三节 数字式仪表	(61)
第四节 温度测量	(62)
第六章 电力线路	(65)
第一节 架空线路	(65)
第二节 电缆线路	(72)
第三节 室内配线	(77)
第四节 电力线路安全条件	(82)

第五节	电力线路常见故障	(88)
第六节	电力线路巡视检查	(90)
第七章	预防触电技术	(92)
第一节	绝缘	(92)
第二节	屏护和间距	(96)
第三节	接地保护	(100)
第四节	接零保护	(106)
第五节	保护导体和接地装置	(115)
第六节	双重绝缘、安全电压和漏电保护	(123)
第八章	电气防火防爆	(135)
第一节	电气引燃源	(135)
第二节	危险物质	(138)
第三节	防爆电气设备和防爆电气线路	(141)
第四节	电气防火防爆技术	(147)
第五节	消防设施和电气灭火	(150)
第九章	防雷和防静电	(154)
第一节	防雷	(154)
第二节	静电防护技术	(163)
第二部分 低压运行维修知识		
第十章	电动机	(171)
第一节	异步电动机的基本问题	(171)
第二节	异步电动机控制	(176)
第三节	异步电动机运行	(180)
第四节	单相异步电动机和特种电动机	(183)
第十一章	常用电设备	(186)
第一节	起重电气设备	(186)
第二节	手持电动工具和移动式电气设备	(191)
第三节	电热设备	(194)
第十二章	电气照明	(198)
第一节	照明类别和照明配电	(198)
第二节	照明灯具及安装要求	(200)
第十三章	低压电器	(208)
第一节	控制电器	(208)
第二节	保护电器和继电器	(220)

第三节	低压配电装置	(225)
第十四章	电力电容器	(227)
第一节	电容器概要	(227)
第二节	电容器运行	(229)

第三部分 高压运行维修知识

第十五章	变电站	(233)
第一节	变电站概要	(233)
第二节	变电站一般安全要求	(234)
第三节	成套变电站	(237)
第十六章	变压器	(239)
第一节	变压器原理和技术参数	(239)
第二节	变压器结构	(242)
第三节	变压器安装	(248)
第四节	变压器运行	(249)
第五节	变压器保护	(252)
第六节	变压器故障与检修	(254)
第十七章	互感器	(259)
第一节	电流互感器	(259)
第二节	电压互感器	(262)
第十八章	高压电器	(267)
第一节	高压熔断器	(267)
第二节	高压隔离开关	(269)
第三节	高压负荷开关	(271)
第四节	高压断路器	(273)
第五节	高压开关的操作机构	(280)
第六节	高压开关柜	(285)
第十九章	继电保护	(291)
第一节	继电保护概要	(291)
第二节	10 kV 系统常用继电保护	(293)
第三节	综合测量保护	(295)

实际操作训练

第二十章	电工基本操作	(301)
第一节	电工常用工具的使用	(301)

第二节 电工安全用具	(310)
第三节 触电急救	(318)
第二十一章 电工仪表的使用	(322)
第一节 万用电表使用	(322)
第二节 钳形电流表使用	(326)
第三节 兆欧表使用	(327)
第四节 接地电阻测量仪使用	(331)
第五节 直流电桥使用	(333)
第六节 电能表接线和安装	(335)
第二十二章 电气照明安装	(338)
第一节 照明灯具安装	(338)
第二节 照明开关及插座安装	(339)
第二十三章 电气控制	(341)
第一节 异步电动机端子判别	(341)
第二节 低压电器应用	(342)
第三节 电动机控制	(346)
第二十四章 电力线路作业	(352)
第一节 导线识别和连接	(352)
第二节 登高工作	(358)
第三节 焊接和起重作业	(361)
第二十五章 变压器巡视检查及故障处理	(364)
第一节 油浸式电力变压器	(364)
第二节 干式电力变压器	(368)
第三节 户外电力变压器的巡视与操作	(370)
第二十六章 互感器巡视检查及故障处理	(375)
第一节 电流互感器巡视检查及故障处理	(375)
第二节 电压互感器巡视检查及故障处理	(376)
第二十七章 高压开关巡视检查及故障处理	(379)
第一节 高压断路器巡视检查及故障处理	(379)
第二节 高压负荷开关和高压隔离开关巡视检查与操作	(382)
第三节 跌落式熔断器操作	(385)
第二十八章 高压开关柜操作	(388)
第一节 高压开关柜操作的基本要求	(388)
第二节 高压开关柜操作要领	(389)

第二十九章 继电保护运行	(392)
第一节 继电保护的运行检查	(392)
第二节 综合继电保护	(395)
第三十章 电工检修与倒闸操作	(397)
第一节 电工检修安全技术措施	(397)
第二节 电工检修安全管理措施	(400)
第三节 值班工作和低压工作安全措施	(406)
第四节 倒闸操作票制度的执行	(408)
参考文献	(425)

安全技术理论

安姓木里翁

第一部分 通用电工基本知识

第一章 电工作业人员

第一节 电工作业和电工作业人员

电工作业指从事电气装置的安装、运行、检修、试验等工作的作业。电工作业包括低压运行维修、高压运行维修及行业专业性电工作业。

关于高压与低压的划分存在着不同的说法。《电业安全工作规程》和《电工作业人员安全技术考核标准》按照设备对地电压，将250 V（工频50 Hz有效值，下同）及250 V以下者划定为低压；将250 V以上者划定为高压。《低压电器基本标准》等国家标准将1 200 V及以下的电器列为低压电器。《民用建筑电气设计规范》（JG）16—2008等更多标准将1 000 V以下划为低压配电范围。1 000 V以下常见的只有配电电压0.23/0.4 kV（相应的用电电压220/380 V）的系统，其对地电压一般不超过250 V。因此，标准的不协调尚不致对高、低压电工作业造成误解。

电工作业人员指直接从事电工作业的专业人员。电工作业人员必须年满18岁，必须具备初中以上文化程度，不得有妨碍从事电工作业的病症和生理缺陷。从技术上考虑，电工作业人员必须具备必要的电气专业知识和电气安全技术知识；按其职务和工作性质，应熟悉有关安全规程；应学会必要的操作技能和触电急救方法；应具备事故预防和应急处理能力。

电工作业人员必须经过安全技术培训，取得电工作业操作资格证书后方可上岗作业。新参加电气工作的人员、实习人员和临时参加劳动的人员，必须经过安全知识教育后，方可参加指定的工作，但不得单独工作。对外单位派来支援的电气工作人员，工作前应介绍现场电气设备接线情况和有关安全措施。

第二节 电工作业人员的安全职责

电工是特殊工种，又是危险工种。首先，其作业过程和工作质量不但关系着其自身的安全，而且关系着他人和周围设施的安全；其次，专业电工作业点分散、工作性质不专一，不便于跟班检查和追踪检查。因此，专业电工必须掌握必要的电气安全技能，必须具备良好的电气安全意识。

专业电工应当不断提高安全意识和安全操作能力，充分理解“安全第一、预防为主”的基本原则，加强“以人为本”的理念，自觉履行安全生产方面的义务。

专业电工应努力克服重生产轻安全的错误思想，克服侥幸心理；在作业前和作业过程中，应考虑事故发生的可能性；应遵守各项安全操作规程，不得违章作业；不得蛮干，不得在不熟悉的和自己不能控制的设备或线路上擅自作业；应认真作业，保证工作质量。

就岗位安全职责而言，专业电工应做到以下几点：

- (1) 严格执行各项安全标准、法规、制度和规程。包括各种电气标准、电气安装规范和验收规范、电气运行管理规程、电气安全操作规程及其他有关规定。
- (2) 遵守劳动纪律，忠于职责，做好本职工作，认真执行电工岗位安全责任制。
- (3) 正确使用和佩戴各种工具和劳动保护用品，安全地完成各项生产任务。
- (4) 努力学习安全规程、电气专业技术和电气安全技术，不断提高安全生产技能；参加各项有关的安全活动；宣传电气安全；参加安全检查，并提出意见和建议等。

专业电工应树立良好的职业道德。除前面提到的忠于职责、遵守纪律、努力学习外，还应注意互相配合，共同完成生产任务。应特别注意杜绝以电谋私、制造电气故障等违法行为。

培训和考核是提高专业电工安全技术水平，使之获得独立操作能力的基本途径。通过培训和考核，最大限度地提高专业电工的技术水平和安全意识。

第二章 电工基础

第一节 直流电路

一、直流电路的基本概念

1. 电荷和电场

失去电子的微粒称为正电荷，得到电子的微粒称为负电荷。带有电荷的物体称为带电体。电荷的多少用电量或电荷量表示。电量的符号是 Q ；电量的常用单位是 C （库或库仑）、 μC （微库或微库仑）等， $1C = 1 \times 10^6 \mu C$ 。

在电荷的周围存在着电场。电场的表现是对电场内的轻小物体有吸引力的作用。电场的强弱用电场强度表示。电场强度的符号是 E ；电场强度的单位是 V/m （伏/米）。绝缘材料在超强电场中将发生击穿放电而遭到破坏。例如，当空气中电场强度超过 $25 \sim 30 \text{ kV/cm}$ 时，将发生击穿放电。

2. 电流

电流是带电微粒的定向移动。通常以正电荷移动的方向作为电流的正方向。大小和方向不随时间变化的电流称为直流电流；大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流电流。

电流的大小称为电流强度，简称电流。电流的符号是 I 、 i ，电流的单位是 A （安）、 mA （毫安）等， $1A = 1000 \text{ mA}$ 。

3. 电路

电路是电流流经的路径。各种电气装置的工作都是通过电路来实现的。电路由电源、连接导线、控制电器、负载及辅助设备组成。电源是提供电能和设备。电源的功能是把非电能转变为电能，如电池把化学能转变为电能，发电机把机械能转变为电能。负载是电路中消耗电能的设备。负载的功能是把电能转变为其他形式的能量，如电炉把电能转变为热能，电动机把电能转变为机械能等。电动机、照明器具、家用电器等是常见的负载。控制电器是控制电路通、断的设备。刀开关、断路器都属于控制电器。辅助设备用于实现对电路的控制、保护及测量。继电器、熔断器、测量仪表属于辅助设备。连接导线把电源、负载和其他设备连接成一个闭合回路。连接导线的作用是传输电能或传送电信号。

通常用符号表示电路中的实际元件。用符号绘制的图称为电路图。常用电气元件的符号见表 2—1。

表 2—1

常用电气元件的符号

电气元件名称	电气元件符号	电气元件名称	电气元件符号
导线	——	电池	$\begin{array}{c} + \\ \\ - \end{array}$
端子	○	恒定电压源	$\begin{array}{c} + \\ \bigcirc \\ - \end{array}$
电阻	$\text{—}\square\text{—}$	开关	$\text{—}\diagup\diagdown\text{—}$
电容	$\text{—}\parallel\text{—}$	灯	$\text{—}\bigotimes\text{—}$
电感	$\text{—}\sim\text{—}$	二极管	$\text{—}\nabla\text{—}$

图 2—1 所示是最简单电路电路图。

4. 电阻

电阻是电流遇到的阻力。电阻的符号是 R 、 r ，电阻的单位是 Ω （欧）、 $k\Omega$ （千欧）、 $M\Omega$ （兆欧）等， $1 M\Omega = 1 \times 10^6 \Omega$ 。

一只额定电压 220 V、功率 15 W 的白炽灯泡的灯丝电阻约为 $3\ 330 \Omega$ ；人体电阻为 $1\ 000 \sim 3\ 000 \Omega$ ；长 30 m、截面 1.5 mm^2 铜线的电阻约为 0.344Ω 。一般情况下，线路的电阻比负载电阻小得多。在电路计算和分析时，连接导线的电阻一般可以忽略不计。

电阻率是表明材料导电性能的参数。电阻率是单位长度、单位截面导线的电阻。电阻率的符号是 ρ ，电阻率的单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 、 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ 等。例如， 20°C 时导电用铜的电阻率为 $17.48 \sim 17.9 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ ， 20°C 时导电用铝的电阻率为 $28.3 \sim 29 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ ， 20°C 时导电用铁的电阻率为 $97.8 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ 。导线的电阻按下式计算：

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

式中， l 和 S 分别为导线的长度和截面、 ρ 为材料电阻率。该式表明，导线的电阻与导线长度成正比，与导线截面成反比。

5. 电压

电压是产生电流的能力。在图 2—2 所示电路中，在 a、b 两点之间加上电压 U ，电阻 R 上就有电流 I 流过。图中，a 为高电压点（高电位点）、b 为低电压点（低电位点）。因此，电压的大小就是两点之间的电位差，电压的

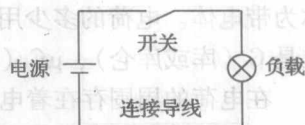


图 2—1 简单电路

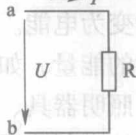


图 2—2 部分电路的欧姆定律

方向是从高电位点指向低电位点。

电压的符号是 U 、 u ，电压的单位是 V（伏）、kV（千伏）等， $1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}$ 。

二、欧姆定律

欧姆定律是最基本的电路定律。

1. 部分电路的欧姆定律

欧姆定律是表示电路中电压、电流、电阻之间关系的定律。该定律指出，对于图 2—2 所示电路，部分电路欧姆定律的表达式为：

$$U = IR \text{ 或 } I = \frac{U}{R}$$

式中 U ——电路上的电压，V；

I ——流经电路的电流，A；

R ——电路的电阻， Ω 。

欧姆定律表明，电路中电压保持不变时，电流与电阻成反比；电阻保持不变时，电流与电压成正比；电流保持不变时，电压与电阻成正比。电阻越大则电流越小。当电阻为零时，电流很大，这种电路的状态称为短路状态；当电阻为无穷大时，电流为零，这种电路状态称为开路状态。

2. 全电路的欧姆定律

在图 2—3 所示的包含电源在内的闭合电路中，电压与电流之间的关系符合全电路欧姆定律。即：

$$I = \frac{E}{R + R_0} \text{ 或 } E = IR + IR_0 = U + IR_0$$

式中 E ——电源的电动势，是电源产生电流的能力，方向从低电位点到高电位点，V；

I ——电流，A；

R ——负载电阻， Ω ；

R_0 ——电源内部的电阻， Ω 。

全电路欧姆定律表明，在闭合电路中，电流与电源电动势成正比，与电路中电源内阻和负载电阻之和成反比。

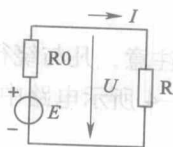


图 2—3 全电路的欧姆定律

三、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是计算和理解较复杂电路的基本方法。

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律也称为基尔霍夫第一定律，是确定电路中任一节点所连接