

低压电工 作业

主 编 © 杨有启

新编特种作业人员安全技术培训考核统编教材

《特种作业人员安全技术培训大纲和考核标准》起草小组专家编写

 中国劳动社会保障出版社

新编特种作业人员安全技术培训考核统编教材

低 压 电 工 作 业

主 编 杨有启

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

低压电工作业/杨有启主编. —北京:中国劳动社会保障出版社,
2014

新编特种作业人员安全技术培训考核统编教材

ISBN 978-7-5167-1131-6

I. ①低… II. ①杨… III. ①低电压-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(2014)第 122423 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)

*

北京金明盛印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

880毫米×1230毫米 32开本 10.125印张 275千字

2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

定价:29.00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

如有印装差错,请与本社联系调换:(010) 80497374

我社将与版权执法机关配合,大力打击盗印、销售和使用盗版
图书活动,敬请广大读者协助举报,经查实将给予举报者奖励。

举报电话:(010) 64954652

前 言

《中华人民共和国劳动法》（以下简称《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。”《中华人民共和国安全生产法》（以下简称《安全生产法》）还规定：“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局颁布的《安全生产培训管理办法》、《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》和《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》，组织了《特种作业人员安全技术培训大纲和考核标准》起草小组的有关专家，依据《特种作业目录》中的工种组织编写了“新编特种作业人员安全技术培训考核统编教材”。

“新编特种作业人员安全技术培训考核统编教材”共分9大类41个工种：1. 电工作业类：（1）《高压电工作业》（2）《低压电工作业》（3）《防爆电气作业》；2. 焊接与热切割作业类：（4）《熔化焊接与热切割作业》（5）《压力焊作业》（6）《钎焊作业》；3. 高处作业类：（7）《登高架设作业》（8）《高处安装、维护、拆除作业》；4. 制冷与空调作业类：（9）《制冷与空调设备运行操作》（10）《制冷与空调设备安装修理》；5. 金属非金属矿山作业类：（11）《金属非金属矿井通风作业》（12）《尾矿作业》（13）《金属非金属矿山安全检查作业》（14）《金属非金属矿山提升机操作》（15）《金属非金属矿山支柱作业》（16）《金属非金属矿山井下电气作业》（17）《金属非金属矿山排水作业》（18）《金属非金属矿山爆破作业》；6. 石油天然气作业类：（19）《司钻作业》；7. 冶金生产作业类：（20）《煤气作业》；8. 危险化学品作业类：（21）《光气及光气化工艺作业》（22）《氯碱电解工艺作业》（23）《氯化工艺作业》（24）《硝化工艺作业》（25）《合成氨工艺作业》（26）《裂解工艺作业》（27）《氟化

工艺作业》(28)《加氢工艺作业》(29)《重氮化工艺作业》(30)《氧化工艺作业》(31)《过氧化工艺作业》(32)《胺基化工艺作业》(33)《磺化工艺作业》(34)《聚合工艺作业》(35)《烷基化工艺作业》(36)《化工自动化控制仪表作业》; 9. 烟花爆竹作业类: (37)《烟火药制造作业》(38)《黑火药制造作业》(39)《引火线制造作业》(40)《烟花爆竹产品涉药作业》(41)《烟花爆竹储存作业》。本版统编教材具有以下几方面特点:

一、突出科学性、规范性。本版统编教材是根据国家安全生产监督管理局统一制定的特种作业人员安全技术培训大纲和考核标准, 由该培训大纲和考核标准起草小组的有关专家在以往统编教材的基础上, 继往开来的最新成果。

二、突出适用性、针对性。有关专家在编写过程中, 根据国家安全生产监督管理局关于教材建设的相关要求, 本着“少而精”“实用、管用”的原则, 切合实际地考虑了当前我国接受特种作业安全技术培训的学员特点, 并以此设置内容。

三、突出实用性、可操作性。根据国家安全生产监督管理局《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》中“特种作业人员应当接受与其所从事的特种作业相应的安全技术理论培训和实际操作培训”的要求, 在教材编写中, 合理安排了理论部分与实际操作训练部分内容所占的比例, 充分考虑了相关单位的培训计划和学时安排, 以加强实用性。

总之, 本版统编教材反映了国家安全生产监督管理局关于全国特种作业人员安全技术培训考核的最新要求, 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的知识与技能, 提高自身安全素质, 取得特种作业人员 IC 卡操作证的最佳培训考核教材。

“新编特种作业人员安全技术培训考核统编教材”编委会

目 录

第一部分 安全技术知识

第1章 电工安全基本知识	/3
第1节 安全生产管理	/3
第2节 电工基础知识	/5
第3节 电气事故与触电事故	/28
第2章 电工通用安全技术	/45
第1节 绝缘、屏护和间距	/45
第2节 接地和接零	/52
第3节 双重绝缘、安全电压和漏电保护	/74
第4节 手持电动工具和移动式电气设备	/88
第5节 电工仪表及测量	/91
第3章 电气防火防爆、防雷和防静电	/107
第1节 电气防火防爆	/107
第2节 防雷	/125
第3节 静电防护技术	/137
第4章 低压电器	/145
第1节 控制电器	/145
第2节 保护电器和继电器	/158
第3节 低压配电装置	/164

第5章 电动机	/172
第1节 异步电动机的基本问题	/172
第2节 异步电动机的控制	/178
第3节 异步电动机的运行	/183
第4节 单相异步电动机和特种电动机	/187
第6章 电力线路	/191
第1节 架空线路	/191
第2节 电缆线路	/198
第3节 室内配线	/204
第4节 电力线路安全条件	/209
第5节 电力线路常见故障和巡视检查	/215
第7章 电气照明	/220
第1节 照明类别和应用	/220
第2节 照明装置及安装要求	/223
第二部分 实际操作技能	
第8章 电工通用操作技能	/235
第1节 常用电工工具的使用	/235
第2节 电工安全用具的使用	/242
第3节 电工检修安全措施	/251
第4节 安全标识	/254
第5节 触电急救	/255
第9章 电工测量操作技能	/261
第1节 万用表的使用	/261

第 2 节	钳形电流表的使用	/266
第 3 节	兆欧表的使用	/267
第 4 节	接地电阻测量仪的使用	/271
第 5 节	直流电桥的使用	/273
第 6 节	电能表接线和安装	/275
第 10 章	低压配电及电气照明安装操作	/278
第 1 节	导线识别和连接	/278
第 2 节	登高工作	/284
第 3 节	照明灯具安装	/287
第 4 节	照明开关及插座安装	/289
第 11 章	低压电气设备安装与调试操作	/291
第 1 节	低压电器应用	/291
第 2 节	电动机控制	/296
第 3 节	接地装置安装	/305
第 12 章	电气设备维护及常见故障处理	/307
第 1 节	电动机常见故障处理	/307
第 2 节	电磁启动器常见故障处理	/309
第 3 节	低压断路器常见故障处理	/312
第 4 节	低压配线常见故障处理	/314

第一部分 安全技术知识

第1章 电工安全基本知识

第1节 安全生产管理

一、安全生产概要

安全生产是为了保证生产过程在符合物质条件和工作顺序下进行的防止发生人身伤亡和财产损失等生产事故，消除或控制危险、有害因素，保障人身安全与健康、设备和设施免受损坏、环境免受破坏的所有活动。安全生产包括方针、政策和实践活动。

安全生产管理是指针对人在生产过程中的安全问题，运用有效的资源进行决策、计划、组织、实施等活动，实现安全生产。

《中华人民共和国安全生产法》总结安全生产的方针为“安全第一，预防为主”。在实际执行中，还提出“安全第一，预防为主，综合治理”的方针。

为了实现安全生产的目标，我国制定了《中华人民共和国安全生产法》（以下简称《安全生产法》）、《中华人民共和国矿山安全法》、《中华人民共和国职业病防治法》等法律以及《安全生产许可条例》、《工伤保险条例》、《建设工程安全生产管理条例》等行政法规；制定了《用电安全导则》、《系统接地的型式及安全技术要求》、《建筑物防雷设计规范》等标准；很多部门和企业还制定了《电业安全工作规程》、《电工安全责任制》、《倒闸操作制度》等规程和制度。

二、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标准。《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（交流工频 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》等国家标准将额定电压 1 200 V 及以下的电器列为低压电器。更多的如《民用建筑电气设计规范》等标准则将额定电压 1 000 V 以下划为低压配电范围。由于 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，标准的不同一尚不致对高、低压电工作业造成误解。

电工作业人员是直接从事电工作业的专业人员。电工作业人员必须年满 18 周岁，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，取得电工职业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。

三、电工作业人员的安全职责

电工是特殊工种，又是危险工种。第一，其作业过程和工作质量不但关系着自身的安全，而且关系着他人和周围设施的安全；第二，专业电工工作点分散、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，具备良好的电气安全意识，不断提高安全意识和安全操作能力，加强“以人为本”的理念，自觉履行安全生产的义务。

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. 正确佩戴和使用各种劳动保护用品和工具，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、故意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，可以最大限度地提高专业电工的技术水平和安全意识。

第2节 电工基础知识

一、直流电路

1. 直流电路的基本概念

(1) 电荷和电场

失去电子的微粒带正电荷，得到电子的微粒带负电荷。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 ，常用单位是 C（库或库仑）、 μC （微库或微库仑）， $1\text{ C} = 1 \times 10^6 \mu\text{C}$ 。











在电荷的周围存在着电场。在强电场中，人会有汗毛竖起的感觉。电场的强弱用电场强度表示。电场强度的符号是 E ，单位是 V/m （伏/米）。当空气中电场强度为 $25 \sim 30 \text{ kV/cm}$ 时，将发生击穿放电。绝缘材料在超强电场中将发生击穿放电而遭到破坏。

(2) 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。电源是提供电能的设备，其功能是把其他形式的能量转变为电能，如电池把化学能转变为电能、发电机把机械能转变为电能等。负载是电路中消耗电能的设备，其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、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、负载及其他设备连接成一个闭合回路，其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 1—1。

表 1—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	
端 子		恒定电压源	
电 阻		开 关	
电 容		灯	
电 感		二 极 管	

如图 1—1 所示是最简单电路的电路图。

(3) 电流

带电微粒的移动形成电流。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 ，单位是 A（安）、mA（毫安）， $1\text{ A} = 1\ 000\text{ mA}$ 。

(4) 电阻

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

一只额定电压 220 V、功率 15 W 的白炽灯泡的灯丝电阻约为 $3\ 227\ \Omega$ 。长 30 m、截面积为 1.5 mm^2 铜线的电阻约为 $0.344\ \Omega$ 。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，连接导线的电阻可以忽略不计。但应当注意，不是所有情况下连接导线的电阻都是可以忽略不计的。

电阻率是用来表明材料导电性能的参数，大小等于单位长度、单位截面导线的电阻。电阻率的符号是 ρ ，单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 、 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ 等。例如， 20°C 时导电用铜、铝、铁的电阻率分别为 $17.48 \sim 17.9\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ 、 $28.3 \sim 29\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ 、 $97.8\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$ 。

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积、 ρ 为材料的电阻率。该式表明，导线的电阻与导线长度成正比，与导线截面积成反比。

(5) 电压

电压是产生电流的能力。在如图 1—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，电压的方向是从高电位点到低电位点。

电压的符号是 U 、 u ，电压的单位是 V（伏）、kV（千伏），

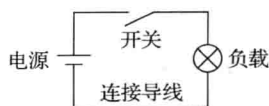


图 1—1 简单电路

1 kV = 1 000 V。

2. 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，对于如图 1—2 所示电路，部分电路欧姆定律的表达式为

$$U = IR \quad \text{或} \quad I = \frac{U}{R}$$

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 。

部分电路欧姆定律表明，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。当电阻为零时，电流很大，这种电路状态称为短路状态；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

在如图 1—3 所示的包含电源在内的完整电路中，电压与电流之间的关系符合全电路欧姆定律。即

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

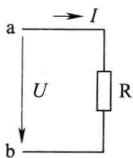


图 1—2 部分电路的欧姆定律

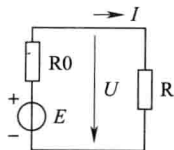


图 1—3 全电路的欧姆定律

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 ——流经电路的电流，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。

3. 串联电路和并联电路

(1) 串联电路

串联电路是把几个电阻或其他电路元件的首尾端依次连接起来，使电流只有一条通路的电路。在串联电路中，各电阻上流过同一电流。如图 1—4 所示电阻 R_1 与电阻 R_2 串联的电路中，以下关系成立

$$U = U_1 + U_2 \quad R = R_1 + R_2 \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

上式表明，在串联电路中，电路的总电压为各电阻上的电压之和，电路的总电阻为各电阻之和，各电阻上的电压与电阻成正比。

(2) 并联电路

并联电路是把几个电阻或其他电路元件的首端与首端、尾端与尾端相互连接起来，使电流同时有几条通路的电路。在并联电路中，各电阻上为同一电压。如图 1—5 所示电阻 R_1 与电阻 R_2 并联的电路中，以下关系成立

$$I = I_1 + I_2 \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{或} \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

上式表明，在并联电路中，总电流为各电阻上的电流之和，总电阻的倒数为各电阻倒数之和，各电阻上的电流与电阻成反比。

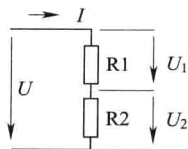


图 1—4 串联电路

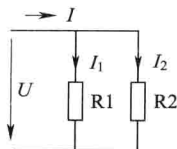


图 1—5 并联电路

例 1—1 图 1—6 中，已知 $U = 10 \text{ V}$ ， $R_1 = R_4 = R_5 = R_8 = 20 \Omega$ ， $R_2 = R_3 = R_6 = R_7 = R_9 = 10 \Omega$ ，试求电流 I 。