

建设职业技能岗位培训教材

JIAN ZHU DIAN GONG

建筑电工

孙爱东 孙志杰 刘向前 编

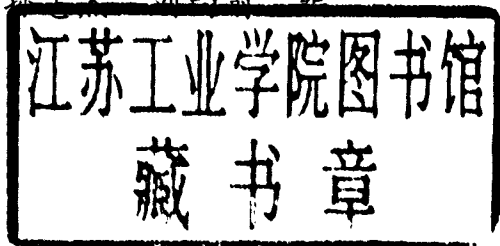


中国环境科学出版社

建设职业技能岗位培训教材

建 筑 电 工

孙爱东 孙志杰 刘向前 编



中国环境科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电工/孙爱东, 孙志杰, 刘向前编. —北京: 中国环境科学出版社, 2003.8

建设职业技能岗位培训教材

ISBN 7-80163-621-X

I. 建... II. ①孙...②孙...③刘... III. 建筑工程-电工-技术培训-教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 068927 号

中国环境科学出版社出版发行
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
北京市联华印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2003 年 8 月第 一 版 开本 850 × 1168 1/32

2004 年 1 月第二次印刷 印张 9.625

印数 5 001—15 000 字数 258 千字

ISBN 7-80163-621-X/TU · 028

定 价: 17.00 元

建设职业技能岗位培训教材

编 委 会

主 任	李 进		
副主任	余仁国		
编 委	吴兴国	刘宪勇	刘召军
	刘王晋	滕有良	汤振华
	王亚楚	田会杰	张福成
	孙爱东	陈登智	
	(排名不分先后)		

出版说明

为适应我国加入 WTO 后建筑业发展的需要,贯彻落实建设部、劳动和社会保障部《关于建设行业生产操作人员实行职业资格证书制度的有关问题的通知》精神,开展建设职工职业技能培训,加快提高建设职工队伍整体素质,我社根据建设部与劳动和社会保障部共同审定的有关建设行业的《国家职业标准》和建设部颁发的《职业技能标准》、《职业技能岗位鉴定规范》,组织编写了“建设职业技能岗位培训教材”。

本套教材包括了砌筑工、抹灰工、混凝土工、钢筋工、木工、油漆工、架子工、防水工、试验工、测量放线工、水暖工、建筑电工等 12 个岗位。在此基础上我们还增加了《建筑职工职业道德与维权》一书。目的是使以上各岗位职工除了掌握本专业技能外还应懂得职业道德规范和维护自身权益方面的知识。也是为了配合国家职业技能管理部门围绕建筑行业以“诚信”为主题开展的道德教育活动。以满足广大职业技能鉴定机构和培训部门的迫切要求。

这套培训教材的编写,吸取了近几年来各地开展培训的经验,尽可能适应我国加入 WTO 后对建设行业的新要求,充分考虑到建设职工队伍的实际情况,注重实用性,重点突出操作技能的训练要求。文字力求深入浅出,通俗易懂。内容上体现科学性、先进性、针对性和实用性。是建筑生产操作人员进行职业技能岗位培训的必备教材。

本套教材在编写过程中得到了天津建筑工程学校、山东济南建筑工程学校、北京市建筑职工大学、河北省城建职工中专学校的大力支持与协助。

全套教材由朱维益高级工程师审阅,龚伟研究员也提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

本套教材可作为全国建设职业技能岗位培训的教学用书,也可供中等职业学院实践教学使用。

中国环境科学出版社

2003 年 5 月

前 言

为了全面推进建设职业技能培训与鉴定工作，提高建设行业操作层队伍素质，根据建设部开展建设职业技能培训的要求，编写了《建筑电工》培训教材。本教材适用于建筑业电工初级和中级的培训要求。也可供建筑电工人员自学之用。

全书共分九部分。孙爱东同志编写：电工基础、建筑电工常用工具与仪表、电子技术知识。孙志杰同志编写：建筑供电、建筑照明、现代建筑电气技术。刘向前同志编写：变压器与电动机、低压电器及基本控制线路、防雷接地与安全用电。全书由孙爱东同志主编。

由于作者的水平有限，书中的不足之处在所难免，恳切欢迎各使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

本书编写过程中得到天津建筑工程学校领导的大力支持和帮助，特此鸣谢！

目 录

1 电工基础	1
1.1 电路的基本概念	1
1.2 简单直流电路分析	8
1.3 电容器	11
1.4 电磁基本知识	15
1.5 正弦交流电路	23
1.6 三相交流电路	36
2 建筑电工常用工具与仪表	41
2.1 常用工具	41
2.2 常用仪表	45
3 电子技术知识	56
3.1 晶体二极管	56
3.2 整流电路和滤波电路	59
3.3 硅稳压二极管及其稳压电路	68
3.4 晶闸管及其应用	70
3.5 晶体三极管	79
3.6 单管三极管放大电路	83
3.7 多级放大电路	89
4 建筑供电	93
4.1 电力系统概述	93
4.2 变配电系统	98
4.3 负荷计算	109
4.4 建筑供电	120
4.5 建筑工地供电	125
5 建筑照明	128
5.1 照明基本知识	128
5.2 电光源	132

5.3	灯具布置与照度计算	137
5.4	照明线路	144
6	现代建筑电气技术	150
6.1	电梯	150
6.2	空气调节系统	156
6.3	共用天线与通讯系统	160
6.4	消防与保安系统	166
6.5	建筑智能技术简介	173
7	变压器与电动机	175
7.1	变压器	175
7.2	电动机	193
8	低压电器与基本控制线路	210
8.1	低压电器概述	210
8.2	刀形开关	210
8.3	组合开关	214
8.4	低压断路器	215
8.5	低压熔断器	217
8.6	交流接触器	222
8.7	热继电器	225
8.8	时间继电器	227
8.9	电流继电器	229
8.10	主令电器	230
8.11	磁力起动器及其控制线路	232
9	防雷、接地与安全用电	237
9.1	雷电知识及防护措施	237
9.2	接地	240
9.3	安全用电	245
附录 技能鉴定习题集		252
主要参考文献		297

1 电 工 基 础

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路

电流经过的路径称为电路，最简单的电路由电源、负载、导线和开关组成。电源是将其他形式的能量转换成电能的装置，负载是将电能转换成其他形式能量的设备和器件，一般称为用电器。连接导线起传输和分配电能的作用。

电路可用原理接线图来表示，如图 1-1 所示。

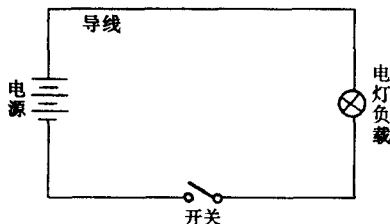


图 1-1 用原理接线图表示电路

有时为了突出电路的本质和进一步简化，把图 1-1 所示原理接线图画成常用的如图 1-2 所示的样子。

电路有外电路和内电路之分。从电源一端经负载再回到电源另一端的电路称为外电路。电源内部的通路称为内电路。

电路通常有三种状态：

(1) 通路：通路就是电路中的开关闭合，负载中有电流流过。在通路状态下，根据负载的大小，又分为满负荷、轻负荷、过负荷三种情况。负荷在额定功率下的工作状态叫满负荷；低于

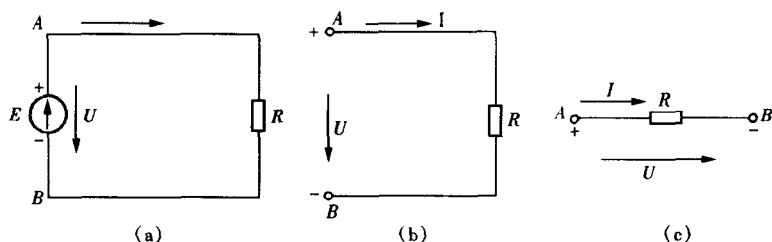


图 1-2 电路图的几种画法

(a) 用电动势表示电源；(b) 用端电压表示电源；(c)(b)图的简化画法

额定功率的工作状态叫轻负荷；高于额定功率的工作状态叫过负荷。由于过负荷很容易损坏电器，所以一般情况下都不允许出现过负荷。

(2) 短路：如果电源或负荷的两端被导线直接接通，此种状态叫做短路。短路时电路中的电流会远远超过正常值，可能造成电气设备过热，甚至烧毁，严重时会引起火灾。同时，过大的短路电流将产生很大的电动力，也可能损坏电气设备。

(3) 断路：把电路中的开关断开或因电路的某一部分发生断线，使电路不能闭合，此种状态称为断路。断路状态下电路中无电流，负荷不能运行。

1.1.2 电流与电流强度

(1) 电流的概念：当合上电源开关的时候，电灯会发光，电动机会转动。这是因为电灯和电动机中有电流通过的缘故。电流虽然用肉眼看不见，但是可以通过它的各种表现，灯亮、电机转动而被人所觉察。

电流就是在一定的外加条件下（如接上电源）导体中大量电荷有规则的定向运动。规定以正电荷移动方向作为电流的正方向。如图 1-3 所示在 AB 导线中电子运动方向是由 A 向 B ，电流的方向则是由 B 向 A 。

(2) 电流强度：用每秒钟通过导体某一截面的电荷量的多少

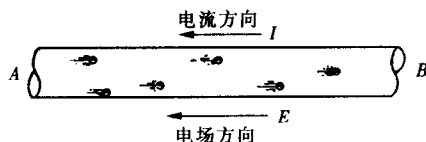


图 1-3 在电场力的作用下，自由电子的有规则的定向运动形成了电流

来衡量电流的强弱叫做电流强度（简称电流）。用符号 I 表示。如果在 t 秒钟内通过导体横截面的电量是 Q 。

则：
$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的单位是安培（A），计算微小电流时以毫安（mA）或微安（ μA ）为单位，它们的关系是：

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

电流很大时，以千安（kA）为单位

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

1.1.3 电压与电动势

（1）电压：如果想要知道蓄电池是否有电，可以用伏特表去量一量，也可以用导线把小电珠接到电池的两板如图 1-4 所示。如果伏特表有指示或小电珠发光我们知道电池有电压，也就是通常所说“有电”。

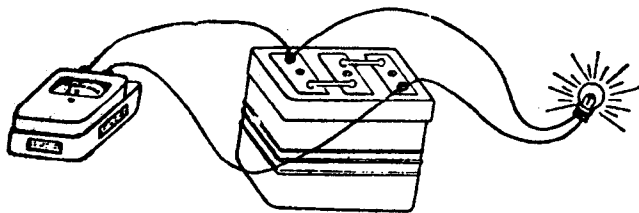


图 1-4 用伏特表或小电珠检验蓄电池是否有电

图 1-5 所示 A 和 B 表示负载两端，电流的方向由 A 流向 B ，

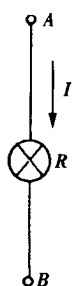


图 1-5
灯泡电
流图

负载灯泡发光，说明电流通过灯丝时产生热和发光。为了表示电流强度与做功的本领，引入一物理量——电压 U_{AB} ：

$$U_{AB} = \frac{A}{Q}$$

其中 Q 为由 A 端移动到 B 端的电荷电量，单位：库仑。 A 为电场力对电荷所做的功，单位：焦耳。电压的单位是伏特 (V)。计算微小电压时则以毫伏 (mV) 或微伏 (μ V)，高电压时则以千伏 (kV)。

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} \quad 1\text{V} = 10^3\text{mV} \quad 1\text{mV} = 10^3\mu\text{V}$$

电压的方向，规定为由高电位端指向低电位端，即为电压降低的方向如图 1-6。

(2) 电动势 电动势是衡量电源转换本领的物理量。定义为：外力将单位正电荷从电源负极经电源内部移到正极所做的功，称为该电源的电动势，用符号 E 表示，即：

$$E = \frac{A_{\text{外}}}{Q}$$

其中 E 为电源电动势单位是伏特。 $A_{\text{外}}$ 为外力所做的功单位焦耳。

Q 为外力分离电荷电量单位库仑。

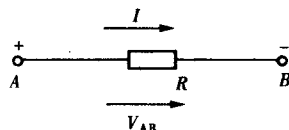


图 1-6 正电压图

电动势和电压的单位虽相同，但二者有区别的：

首先，物理意义不同。电压是衡量电场力作功大小的物理量，而电动势则表示非电场力作功本领的物理量。

其次，两者的方向不同，电压是由高电位指向低电位，是电位降的方向。而电动势是由低电位指向高电位，是电位升的方向。图 1-7 给出了电源的几种画法及电动势和端电压的方向。

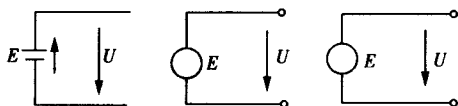


图 1-7 电动势和端电压方向

再次，两者存在方式不同。电压既存在电源内部也存在于电源的外部，电动势仅存在于电源的内部。

1.1.4 导体、绝缘体与导体电阻

(1) 导体：能够传导电流的物体为导体。常用的导体是金属，如银、铜、铝等。金属中存在着大量的自由电子。当导体与电源接成闭合回路时，这些自由电子就会在电场力的作用下朝一定方向运动形成电流。

(2) 绝缘体：能够可靠地隔绝电流的物体叫做绝缘体。如橡胶、塑料、陶瓷、变压器油、空气等都是很好的绝缘体。导体和绝缘体并没有绝对的界限，在一般状态下是很好的绝缘体，当条件改变时也可能变为导体。例如干燥的木头是很好的绝缘体，但把木头弄湿后，它就变得容易导电了。

(3) 电阻：在导体两端加上电压，导体中就会产生电流。从物体的微观结构来说，电子的运动必然要和导体中的分子或原子发生碰撞，使电子在导体中运动受到一定阻力，导体对于电流的阻碍作用，称为电阻。

不同材料的导体，对电流的阻碍作用也是不尽相同的。有的导体电阻很小，则表示它的导电能力好；有的导体电阻很大，它的导电能力差。电阻用 R 表示，单位是欧姆，其符号为“ Ω ”。常用的单位还有千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。

$$1k\Omega = 1000\Omega$$

$$1M\Omega = 1000k\Omega$$

导体电阻的大小决定于导体的长度、横截面积和自身的材料。在同一温度下，导体的电阻与导体横截面积成反比，与导体长度成正比，用公式表示为：

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

式中： ρ 为电阻系数， L 为导体长度， S 为导体横截面积。

在实验中发现各种材料的电阻率会随温度而变化。一般金属

的电阻随温度的升高而增大，人们常利用金属的这种性质制作电阻温度计。但有些合金，例如康铜和锰铜的电阻率随温度变化特别小，用这些合金制作的导体，其电阻受温度影响也特别小，所以常用来作标准电阻。图 1-8 几种常用的电阻元件。

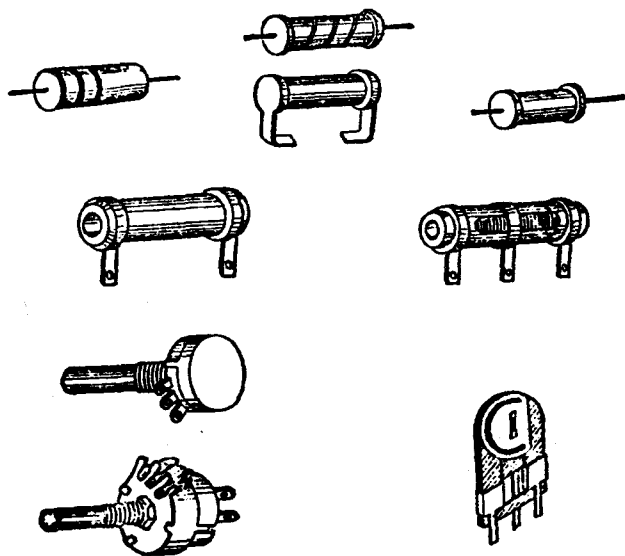


图 1-8 几种常用的电阻元件

1.1.5 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律：图 1-9 是不含电源的部分电路，当在电阻 R 两端加上电压 U 时，电路中有电流流过。当电阻 R 不变，如果电压 U 发生变化，则流过电阻的电流也随着变化。

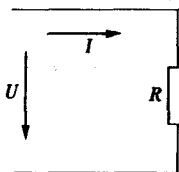


图 1-9 部分电路

流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比，与这段导体的电阻成反比，称为部分电路欧姆定律，其数学表达式为：

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

由上式可得 $U = IR$ $R = \frac{U}{I}$

(2) 全电路欧姆定律：全电路是指含有电源的闭合电路，如图 1-10 所示。虚线框内 R_0 表示电源内电阻。

当开关 S 闭合后，电路中有电流流过，当电流流过电源内部时，在内阻上产生了电压降 U_0 ，这样电阻 R 两端的电压 U 就不等于电源电动势，而应该等于电源电动势减去内压降 U_0 即

$$U = E - U_0$$

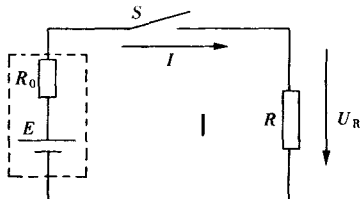


图 1-10 全电路

将 $U_0 = IR_0$ $U = IR$ 代入上式可得

$$I = \frac{E}{R + R_0}$$

上式表明：在一个闭合电路中，电流强度与电源电动势成正比，与电路中内电阻和外电阻之和成反比，这一定律称全电路欧姆定律。

1.1.6 电功、电功率与热效应

(1) 电功：将电能转换成其他形式的能时，电流都要做功，电流所做的功叫电功。根据公式 $I = \frac{Q}{t}$ 及 $U = \frac{A}{Q}$ 和欧姆定律可得电功 A 的数学式为

$$A = UQ = IUt$$

或
$$A = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

电功的单位是焦耳 (J)。

(2) 电功率：单位时间内电流所做的功叫电功率，用字母 P 表示，其表达式为

$$P = \frac{A}{t}$$

由部分电路欧姆定律可得常见功率的计算式。

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

电功率的单位是瓦特 (W)。在实际工作中, 功率的常用单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW), 它们之间的关系为

$$1\text{ kW} = 10^3\text{ W} = 10^6\text{ mW}$$

电源的功率等于电源的电动势和电流的乘积如图 1-11 所示。

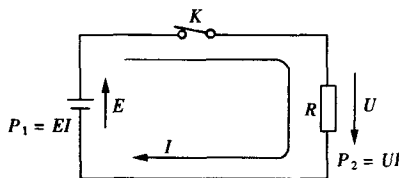


图 1-11 电源和负载的功率

$$P_1 = EI$$

负载功率等于负载两端电压和通过负载的电流乘积如图 1-11 所示。

$$P_2 = U \cdot I$$

(3) 电流的热效应: 电流通过导体时所产生的热量和电流值的平方, 导体本身的电阻值以及电流通过的时间成正比。用公式表达就是:

$$Q = I^2 R t$$

这个关系式又叫楞次—焦耳定律, 热量 Q 的单位是 J。为了避免设备过度发热, 根据绝缘材料的允许温度, 对于各种导线规定了不同截面下的最大允许电流, 又称安全电流。

1.2 简单直流电路分析

1.2.1 电阻的串联电路

在电路中, 两个或两个以上的电阻按顺序联成一串, 使电流

只有一条通路，这种联接方式叫电阻的串联，如图 1-12 (a) 所示。

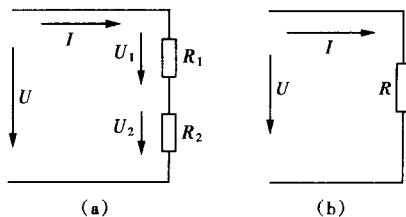


图 1-12 电阻的串联

(a) 电阻的串联；(b) 等效电路

下面以图 1-12 为例分析串联电路的特点：

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等且等于总电流，即：

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n$$

式中的脚标 1, 2, …, n 代表第 1、第 2、第 n 个电阻（以下表示相同）。

(2) 电路两端的总电压等于各个电阻两端的电压之和。即：

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n$$

(3) 串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻之和。即：

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

知道了等效电阻，就可将图 1-12 (a) 画成等效电路，见图 1-12 (b)。

(4) 在串联电路中，各电阻上分配的电压与各阻值成正比。即：

$$U_n = \frac{R_n}{R} \cdot U$$

上式称为分压公式， $\frac{R_n}{R}$ 称为分压比。