

- ◆ 全国职业培训推荐教材
- ◆ 劳动和社会保障部教材办公室评审通过
- ◆ 适合于职业技能短期培训使用

职业技能 短期培训教材

电工

电子基础知识

DIANGONG DIANZI JICHU ZHISHI DIANGONG DIANZI JICHU ZHISHI



中国劳动社会保障出版社

全国职业培训推荐教材

劳动和社会保障部教材办公室评审通过

适合于职业技能短期培训使用

电工电子基础知识

主编 田文武、潘文学

主审 陈晶如

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子基础知识/田文武, 潘文学主编. —北京: 中国劳动
社会保障出版社, 2006

职业技能短期培训教材

ISBN 7-5045-5760-9

I. 电… II. ①田… ②潘… III. ①电工技术-技术培训-
教材 ②电子技术-技术培训-教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第075535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

*

北京人卫印刷厂印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 4 印张 104 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定价: 7.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训能够在短期内使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。

为了适应开展职业技能短期培训的需要，促进短期培训向规范化发展，提高培训质量，中国劳动社会保障出版社组织编写了职业技能短期培训系列教材，涉及第二产业和第三产业 50 多个职业（工种）。在组织编写教材的过程中，以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，并力求使教材具有以下特点：

短。教材适合 15~30 天的短期培训，在较短的时间内，让受培训者掌握一种技能，从而实现就业。

薄。教材厚度薄，字数一般在 10 万左右。教材中只讲述必要的知识和技能，不详细介绍有关的理论，避免多而全，强调有用和实用，从而将最有效的技能传授给受培训者。

易。内容通俗，图文并茂，容易学习和掌握。教材以技能操作和技能培养为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学习、理解和对照操作。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。欢迎职业学校、培训机构和读者对教材中存在的不足之处提出宝贵意见和建议。

劳动社会保障部教材办公室

使用说明

在职业技能短期培训中，某些专业的相近工种、岗位需要从业人员掌握相应的专业基础知识。而这些公共性的基础知识放在技能教材中，一方面不便于讲深讲透，另一方面与技能培训教材的模块式结构不相适应。为此，中国劳动社会保障出版社组织编写了职业短期培训教材的公共专业基础课教材。

本书内容包括：电路的基本知识，磁的基本知识，电工技术（包括变压器、电动机、常用低压电器、电动机的基本控制线路安全用电常识），电子技术（包括晶体二极管、晶体三极管、直流稳压电源、放大和振荡电路、晶闸管及其应用、数字电路知识）等。

本书理论内容充实、全面，实用性强，图文并茂，通俗易懂。书中配有习题，便于复习提高。

本书由田文武、潘文学主编，熊英、吴延平参加编写，陈晶如审稿。

目 录

第一单元	电路的基本知识	(1)
模块一	直流电路	(1)
模块二	单相正弦交流电	(14)
模块三	三相正弦交流电路	(22)
练习题		(25)
第二单元	磁的基本知识	(28)
模块一	电流的磁场	(28)
模块二	磁场对电流的作用	(32)
模块三	电磁感应现象	(33)
模块四	自感、互感和涡流	(35)
练习题		(38)
第三单元	电工技术	(41)
模块一	变压器	(41)
模块二	电动机	(45)
模块三	常用低压电器	(50)
模块四	电动机的基本控制线路	(67)
模块五	安全用电常识	(77)

练习题.....	(84)
第四单元 电子技术.....	(88)
模块一 晶体二极管和晶体三极管.....	(88)
模块二 直流稳压电源.....	(96)
模块三 放大和振荡电路.....	(103)
模块四 晶闸管及其应用.....	(109)
模块五 数字电路知识.....	(113)
练习题.....	(119)

第一单元 电路的基本知识

模块一 直流电路

一、电路及基本物理量

1. 实物图和电路图

在日常生活中，把一个灯泡通过开关、导线和干电池连接起来，就组成了一个照明电路，如图 1—1a 所示。当合上开关时，电路中有电流，灯泡就会发光；当开关断开时，电路中没有了电流，灯泡就不发光。这种为了一定的需要，把某些电气设备或元件按照一定方式组合起来构成的电流通路，称为电路。也可以说，电路就是电流所经过的路径。

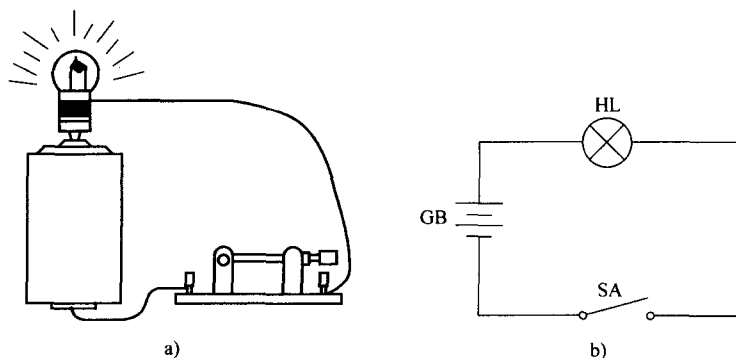


图 1—1 实物图和电路图

a) 实物图 b) 电路图

一般电路不论简单还是复杂，都是由电源、负载、控制开关和连接导线 4 个部分组成的。

电源是电路中产生电能的设备，它把非电能转换为电能，如发电机、干电池、光电池等都是电源，它们分别将机械能、化学能、光能转换为电能。

负载是电路中用电器的总称，它把电能转换成其他形式的能。如电灯、电炉、电动机等都是负载，它们分别把电能转换为光能、热能和机械能。

导线将电源和负载连接起来，进行电能的传输和分配。常用导线有铜线、铝线等。

开关属于控制电器，起切断或接通电路的作用。

如图 1—1a 所示的用电气设备的实物图来表示的实际电路，看起来直观易懂，但画起来很复杂，没有突出电路的特征。为了便于分析和研究，须用规定符号表示出来。这种用国家统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路原理图，简称电路图。图 1—1b 就是图 1—1a 的电路图。

常用电路图形符号见表 1—1。

表 1—1 常用电路图形符号 (摘自 GB 4728—85)

图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称
	开关		电阻器		接机壳
	电池		电位器		接地
	发电机		电容器		端子
	线圈		电流表		连接导线
	铁心线圈		电压表		不连接导线
	抽头线圈		二极管		熔断器
					灯

电路的工作状态：

(1) 通路。通路就是电源与负载接成回路，即电路闭合。通路时电路中有电流通过。

(2) 断路。断路就是电源与负载未接成回路，这时电路中没有电流通过。如开关断开，电气设备与电气设备之间、电气设备与导线之间接触不良等都会使电路处于断路状态。断路也称开路。

(3) 短路。短路是电源未经负载而直接由导体（导线）构成闭合回路。短路时，电路中流过的电流比正常工作时要大得多，可能烧坏电源和其他设备。所以，一般不允许短路。

2. 电流

水往一定方向流动形成水流，物体里的电荷向一定方向移动就形成电流。

电流有直流和交流两种。大小和方向都不随时间变化的电流叫做稳恒电流，简称直流（简写作 DC）；大小和方向都随时间变化的电流叫做交变电流，简称交流（简写作 AC）。

电流的单位为安培，用字母 A 表示。常用的电流单位还有千安（kA）、毫安（mA）、微安（ μA ）。它们之间的换算关系如下：

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

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

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

电路中电流的大小可用电流表（安培表）进行测量，具体方法如下：

(1) 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表。

(2) 电流表必须串接到被测电路中。

(3) 测量直流电流时，电流表上的“+”“-”接线柱应和电路的极性相一致。即被测电流由电流表的“+”端流入，从“-”端流出。

(4) 估算电路中电流的大小,选择合适的量程。如无法确定,可先把电流表的量程选择置于最大挡位,再逐步缩小测量范围。

(5) 测量时,如发现表针猛然打到头,要立即断开电源,检查原因。

3. 电压与电位

(1) 电压。一般而论,物体带电后就具有一定的电位,物体所带正电荷越多,电位越高;带负电荷越多,电位越低。如果把两个电位不同的带电体用导线连接起来,电位高的带电体中的正电荷便向电位低的带电体流去,于是导体中便产生了电流。两点间的电位差就是电压。

电压的单位是伏特,简称伏,用字母 V 表示。其他常用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)。它们之间的换算关系为:

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

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

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

(2) 电位。电路中的每一点都有电位,电路中某点的电位就是这一点到参考点的电压,通常都是选取大地为参考点,有些不接地的电子仪器和设备,常把设备的金属外壳或电路的公共接点作为参考点,并规定参考点的电位为零。

电位的符号常用带脚标的字母 V (或 φ) 表示,如 V_A 就是 A 点的电位, V_B 就是 B 点的电位,电位的单位仍然是伏特 (V)。

电位具有相对性,即某点的电位值随参考点的改变而改变。而电压具有绝对性,某两点之间的电压值不随参考点的变化而改变。

(3) 电压的测量方法。电路中两点之间的电压大小,可用电压表(伏特表)进行测量,方法如下:

1) 对交、直流电压应分别采用交流电压表和直流电压表进

行测量。

2) 电压表必须并接在被测电路两端。

3) 测直流电压时, 电压表上的“+”“-”接线柱应和被测两点的电位相一致, 即“+”端接高电位,“-”端接低电位。

4) 合理选择电压表量程, 其方法与电流表相同。

电压和电流一样, 不仅有大小, 而且有方向, 即有正负之分。电压的方向有两种表示方法: 一种用箭头表示, 由高电位端指向低电位端, 或直接用“+”

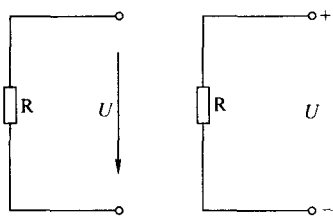


图 1—2 电压的参考方向

“-”极性符号表示, 如图 1—2 所示; 另一种用双下标字母表示, 如 U_{AB} , 即前一个下标字母 A 表示高电位, 后一个下标字母 B 表示低电位。

4. 电阻

水在水管里流动, 会受到管壁和其他障碍物的阻力。同样, 当电流通过金属导体时, 也会遇到阻力。导体对电流的阻碍作用叫做电阻, 用符号 R 表示。电阻的基本单位为欧姆, 简称欧, 用字母 Ω 表示。其他常用单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。它们之间的换算关系如下:

$$1\text{ k}\Omega = 10^3\ \Omega$$

$$1\text{ M}\Omega = 10^3\text{ k}\Omega = 10^6\ \Omega$$

导体的电阻是客观存在的, 与导体两端电压无关, 即使没有外加电压, 导体依然有电阻。金属导体的电阻大小与其几何尺寸及材料性质有关, 即电阻的大小跟导体的长度成正比, 跟导体的横截面积成反比, 用公式表示为:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-1)$$

其中 ρ 是导体的电阻率。由上式可知: 同一材料的导线, 在

粗细相同的情况下，导线越长，电阻越大；在长度相同的情况下，导线越细，电阻越大。

电阻率是由导体材料决定的，不同材料的电阻率不同。表 1—2 列出了几种材料 20℃ 时的电阻率。

表 1—2 几种材料的电阻率 (20℃)

材料名称	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电镀温度 系数 α (1/℃)	材料名称	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电镀温度 系数 α (1/℃)
银	1.6×10^{-8}	0.003 6	铁	9.8×10^{-8}	0.006 2
铜	1.7×10^{-8}	0.004	碳	1.0×10^{-5}	- 0.000 5
铝	2.8×10^{-8}	0.004 2	锰铜	44×10^{-8}	0.000 006
钨	5.5×10^{-8}	0.004 4	康铜	48×10^{-8}	0.000 005

由表 1—2 可知，纯金属的电阻率很小，绝缘体的电阻率很大。银是最好的导体，但因为价格太贵一般很少用，目前电气设备中常用导电性能良好的铜、铝来做导线。

二、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

如图 1—3 所示为不含电源的部分电路。在不包含电源的电路中，流过电阻的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 成反比，这个结论称为部分电路欧姆定律。表达式为：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-2)$$

由欧姆定律可知，电路中的电流与电压和电阻的关系，是关于电路的一条重要定律。

例题 1—1 已知某电炉接在 220 V 电源上，正常工作时流过电阻丝的电流为 5 A，试求电阻丝的电阻。

解：由欧姆定律可知 $R = \frac{U}{I} = 44 \Omega$

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—4 所示。图中的

虚线框内代表一个电源，电源的内部一般都是有电阻的，用 r 表示。内电阻也可以不单独画出，而在电源符号旁边注明内阻的数值； R 为负载电阻，也叫外电阻。电路接通时，内电阻的电压叫内电压，电源两端电压叫做外电压，也叫端电压。

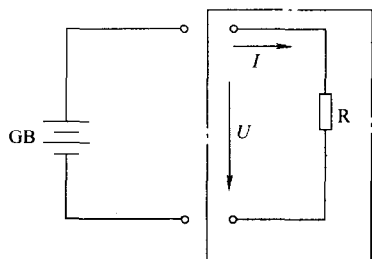


图 1—3 部分电路

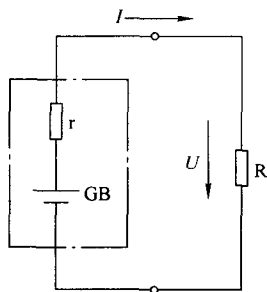


图 1—4 全电路

在一个闭合电路中，电流的大小与电源的电动势成正比，与内外电阻之和成反比。这个规律称为全电路欧姆定律。表达式为：

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-3)$$

式中 E —— 电源电动势，V；

R —— 外电路电阻， Ω ；

r —— 内电路电阻， Ω ；

I —— 电路中电流，A。

由上式可知

$$E = IR + Ir = U_{\text{内}} + U_{\text{外}}$$

因此，全电路欧姆定律又可表述为：电源电动势在数值上等于闭合电路中内、外电压降之和。电路有 3 种状态，3 种状态下各物理量的关系见表 1—3。

通常电源电动势和内阻基本不变，且 r 很小，不特别指出电源内阻时，可以忽略。但对于干电池来说，用了一段时间后内阻

会急剧增大，这时旧电池两端的开路电压并不低，但已经不能提供大电流了，就是因为它的内阻太大。

表 1—3 电路 3 种状态下各物理量的关系

电路状态	负载电阻	电路电流	外电路电压
通路	$R = \text{常数}$	$I = \frac{E}{R + r}$	$U = E - Ir$
断路	$R \rightarrow \infty$	$I = 0$	$U = E$
短路	$R \rightarrow 0$	$I = \frac{E}{r}$	$U = 0$

例题 1—2 如图 1—5 所示，忽略电流表和电压表对电路的影响，求开关在不同位置时电压表和电流表的读数。

解：

开关接“1”号位置：电路处于短路状态， $I = \frac{E}{r} = \frac{2}{0.2} = 10 \text{ A}$ ，电流表读数为 10 A； $U = 0 \text{ V}$ ，电压表读数为零。

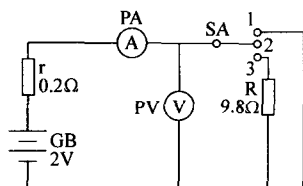


图 1—5

开关接“2”号位置：电路处于断路状态， $I = 0 \text{ A}$ ，电流表读数为 0 A； $U = E = 2 \text{ V}$ ，电压表读数为 2 V。

开关接“3”号位置：电路处于通路状态， $I = \frac{E}{R + r} = \frac{2}{0.2 + 9.8} = 0.2 \text{ A}$ ，电流表读数为 0.2 A； $U = E - Ir = 2 - 0.2 \times 0.2 = 1.96 \text{ V}$ ，电压表读数为 1.96 V。

三、电阻的连接

1. 电阻的串联

把两个或两个以上电阻按顺序一个一个地连成一串，使电流只有一条通路的连接方式叫做电阻的串联，如图 1—6 所示。

电阻串联的性质：

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等, 即

$$I_1 = I_2 = \cdots = I_n \quad (1-4)$$

(2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端分电压之和, 即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n \quad (1-5)$$

(3) 串联电路的等效电阻 (即总电阻) 等于各串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-6)$$

推论一: 串联电路中各电阻上电压的分配与各电阻的阻值成正比。

$$U_n = \frac{R_n}{R} U \quad (1-7)$$

在实际工作中, 电阻串联有如下应用:

(1) 用几个电阻串联以获得较大的电阻。如两个 $4\ \Omega$ 电阻串联可以得到阻值为 $8\ \Omega$ 的电阻。

(2) 采用几个电阻构成分压器, 使用同一电源能供给几种不同的电压。

(3) 当负载的额定电压低于电源电压时, 可用串联的方法来满足负载接入电源使用的需要。例如, 可将两个 $6\ \text{V}$ 指示灯串联后接入 $12\ \text{V}$ 电源中使用。

(4) 限制和调节电路中电流大小。如用滑线变阻器改变电路中电流的大小。

(5) 通过串接电阻的方法扩大电压表的量程。

例题 1—3 如图 1—6 所示, 若 $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 5\ \Omega$, $R_3 = 20\ \Omega$, 流过电路中的电流为 $5\ \text{A}$, 求整个电路的总电压、总电阻及每个电阻上的电压。

解: 总电阻 $R = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 5 + 20 = 35\ \Omega$

总电压 $U = IR = 5 \times 35 = 175\ \text{V}$

各电阻电压 $I = I_1 = I_2 = I_3 = 5\ \text{A}$

$$U_1 = I_1 R_1 = 5 \times 10 = 50\ \text{V}$$

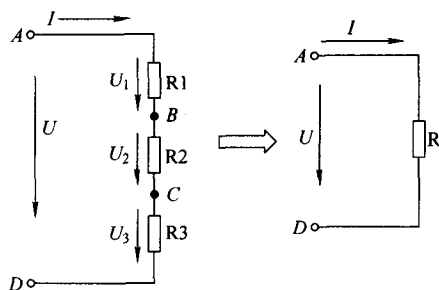


图 1—6 电阻串联电路

$$U_2 = I_2 R_2 = 5 \times 5 = 25 \text{ V}$$

$$U_3 = I_3 R_3 = 5 \times 20 = 100 \text{ V}$$

2. 电阻的并联

把两个或多个电阻并列的连在两点之间，使每个电阻两端都承受同一电压，叫做电阻的并联，如图 1—7 所示。

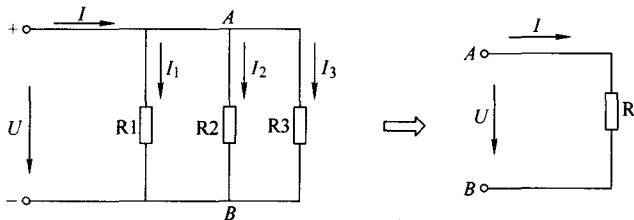


图 1—7 电阻的并联电路

电阻并联的性质：

(1) 电路中各电阻两端电压相等，并且等于电路两端电压，即

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \quad (1-8)$$

(2) 电路的总电流等于流过各电阻的电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \quad (1-9)$$

(3) 电路的等效电阻（即总电阻）的倒数，等于各并联电阻的倒数之和，即