



职业技能培训系列教材

ZHIYE JINENG PEIXUN XILIE JIAOCAI

电工电子 基础知识

胡红博 主编



中国林业出版社



职业技能培训系列教材

电工电子基础知识

胡红博 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子基础知识/胡红博主编. —北京:中国林业出版社, 2009. 6

(职业技能培训系列教材)

ISBN 978-7-5038-5624-2

I. 电… II. 胡… III. ①电工技术—技术培训—教材
②电子技术—技术培训—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101336 号

内 容 提 要

本书在知识要求(应知)和技能要求(应会)两个方面介绍了从事电子行业的电工需掌握和了解的知识技能。内容涉及电路模型及定律;磁、磁场和电流的关系;电工技术基础;电子技术基础等内容。本书可作为电工职业技能鉴定培训教材和自学用书,也可供从事电工行业的管理和技师参考。

出版:中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

编者咨询 E-mail:bjbw@163.com 电话:010-67061986

发行:新华书店北京发行所

印刷:北京市昌平百善印刷厂

印次:2009年9月第1版第1次

开本:880mm×1230mm 1/32

印张:3.875

字数:106千字

印数:8250

定价:8.00元

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。为了提高各行各业劳动者的知识与技能水平,增强其就业的能力,我们特意组织了全国各地一批长期在一线从事职业培训教学、富有经验的知名老师编写了这套职业技能培训教材。

本套教材是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而编写的。该套教材以相应职业(工种)的国家职业标准和岗位要求为依据,根据上岗前职业培训的特点和功能,以基本概念和原理为主,突出针对性和实用性,理论联系实际,使读者一读就懂,一学就会。

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。由于时间仓促和编写者的水平有限,书中错漏之处敬请读者批评指正,在此深表感谢。

编 者

2009 年 6 月

目 录

第一单元 电路模型及定律	(1)
模块一 电路的基本概念	(1)
模块二 三相电路简介	(13)
模块三 正弦交流电路简介	(17)
第二单元 磁、磁场和电流的关系	(26)
模块一 磁铁和磁荷基本知识	(26)
模块二 磁场对电流的作用简介	(30)
模块三 自感、互感和涡流基本知识	(31)
模块四 电磁感应现象基本知识	(34)
第三单元 电工技术基础	(39)
模块一 安全用电常识	(39)
模块二 常用低压电器常识	(46)
模块三 电动机常识	(62)
模块四 异步电动机的基本控制电路	(66)
模块五 变压器单元	(75)
第四单元 电子技术基础知识	(83)
模块一 半导体器件常识	(83)



模块二	直流稳压电源常识	(91)
模块三	放大电路和振荡电路	(98)
模块四	晶闸管常识及其应用	(104)
模块五	数字电路常识	(108)

第一单元 电路模型及定律

模块一 电路的基本概念

一、电路及其相关基本物理量

1. 电路组成及其模型

日常生活中，将灯泡、电池、开关用导线相互连接，可以组成一个简单的电路，如图 1-1 所示。当闭合开关时，电路导通，则灯泡发光；当开关断开时，电路断开，灯泡不发光。从这个例子中可以看出，由电源、负载和中间环节（包括开关、导线等）部分组成的电流通路称之为电路。也可以说，电路就是电流所经过的路径。

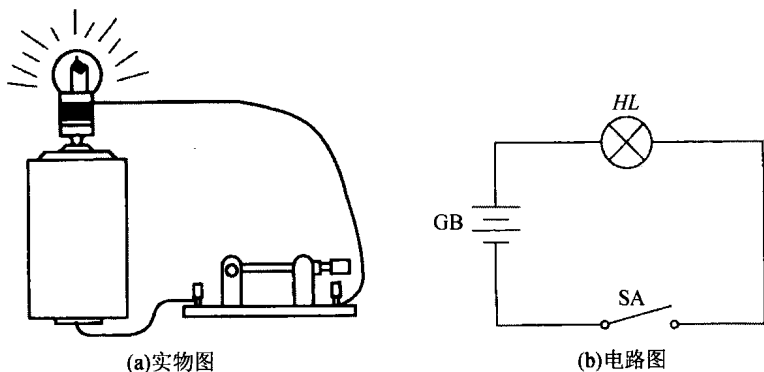


图 1-1 实物图和电路图

一般，电路由三个基本部分组成，分别是电源、负载和中间



环节（包括控制开关和连接导线）。

电源向电路提供能量，将非电能转换为电能，如发电机、蓄电池、干电池、光电池等。负载是取用电能的设备，将电能转换为光能、机械能和热能等非电能，如电动机、电炉等。中间环节包括开关和导线部分，它在电路中起着控制、传递的作用。

图 1-1 (a) 所示为电路实物图，为便于表示，将实际元件理想化，突出其主要电磁性质而忽略次要因素，用这样元件组成的电路图〔如图 1-1 (b) 所示〕，称为电路模型。

常用电路图形符号见下表。

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 不连接导线
	铁心线圈		电压表		熔断器
	抽头线圈		二极管		灯

电路有以下三种状态：

●通路，即电路闭合使电源与负载形成回路。电源与负载接成回路，即电路闭合时电路中有电流通过。



●断路，是指电路中没有电流通过，也就是电源与负载之间没有形成回路，也称为开路。

●短路，是指电源未经负载而直接由导线连接两极构成闭合回路，即电源两端短接。短路时，电路中流过的电流比正常工作时大得多，易烧坏电源和其他设备。电源短路是一种非常危险的电路状态。因此，一般情况下不允许短路情况出现。

2. 电位与电压

电位 电路中某一点的电位是指该点与电路参考电位点间的电压值。一般情况下，假设电路参考电位点的电位为零，电路中某点的电位就是这一点到参考点的电压。通常选取大地为参考点，也常把不接地设备的金属外壳或电路的公共接点作为参考点，并且规定参考点的电位为零。

电位的符号用带脚标的字母 V （或 φ ）表示，例如 V_A 即 A 点的电位， V_B 即 B 点的电位，电位的单位是伏特（V）。

电压 又称电位差。物体带电后具有一定的电位，带正电荷越多，电位越高；带负电荷越多，电位越低。如果将两个电位不同的带电体用导线连接，电位高的带电体中的正电荷便向电位低的带电体流去，导体中便产生了电流。

国际单位制中，电压的单位是伏特（V）。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：

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

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

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

电位具有相对性，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变化。

电压的测量方法 电路中两点间的电压用电压表（伏特表）进行测量，方法如下：

●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。电压表必须并接在被测电路两端。



●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。

●合理选择电压表量程，方法与电流表相同。

电压和电流一样不仅有大小，而且具有方向。电压的参考方向一般用极性“+”、“-”来表示，也可以用双下标来表示，如 U_{AB} 表示其参考方向是A指向B，A点参考极性为“+”，B点参考极性为“-”，如图1-2所示。

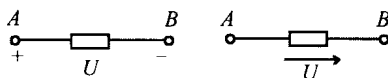


图1-2 电压的参考方向

3. 电流

带电粒子的规则运动形成电流，它是客观存在的物理现象。

电流分为直流和交流两种。大小和方向都不随时间变化的电流叫做稳恒电流，即直流（记作：DC）；大小和方向随时间变化的电流叫做交变电流，即交流（记作：AC）。

在国际单位制中，电流的单位为安培（A）。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所示：

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

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

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

电路中电流的大小可以使用电流表（安培表）进行测量，方法如下：

●交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表进行测量。电流表必须串接到被测电路中。

●测量直流电流时，电流表上的“+”“-”接线柱应与电路的极性相一致，也就是说被测电流由电流表的“+”端流入，由“-”端流出。



●估算电路中电流的大小，以选择合适的量程。如无法确定，可先将电流表的量程选择置于最大档位，再逐步缩小测量范围。

●测量时，如发现表针猛然打到头，要立即断开电源，检查原因，以防电流表烧毁。

4. 电阻

导体对电流的阻碍作用叫做电阻，在国际单位制中，电阻的基本单位为欧姆 (Ω)。常用单位有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)，计量高电阻时以千欧 ($k\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$) 为单位。换算关系如下：

$$1 k\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

导体的电阻与导体两端电压无关，是客观存在的。金属导体电阻的大小与其几何尺寸、材料性质有关，具体来说电阻 R 的大小跟导体的长度 L 成正比，跟导体的横截面积 S 成反比，用公式表示：

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

其中， ρ 是导体的电阻率。通过上式可知：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。

电阻率取决于导体材料，不同材料的电阻率不同。下表列出了几种材料在 20°C 时的电阻率。

几种材料的电阻率 (20°C)

材料名称	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻温度 系数 α ($1/^\circ\text{C}$)	材料名称	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻温度 系数 α ($1/^\circ\text{C}$)
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}	0.0044	康铜	48×10^{-8}	0.000 005



通过上表可以知道,纯金属的电阻率很小,绝缘体的电阻率很大。银是良好的导体,但由于价格太高很少使用。电气设备中常用铜、铝做导线。

二、电功与电功率

1. 电功

日常生活中经常可以遇到这样的例子,电炉通电后产生大量的热、电动机带动机器工作等,由此可说明电流经过负载后,负载将电能转换成为其它形式的能量,这一过程即是电流做功,用 W 表示。于是,定义电流在某段导体上所做的功为该段电压、电路中的电流以及通电时间的乘积。

即:

$$W=UIt$$

其中 U ——电路两端电压 (V)

I ——电路中的电流 (A)

t ——通电时间 (s)

W ——电功 (J)

电能常用的另一个单位是千瓦·小时,即 $\text{kW} \cdot \text{h}$, $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 也就是通常所说的1度电。表示功率为1千瓦 (kW) 的用电器工作1小时 (h) 所消耗的电能。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

常用电度表来测量电功。把电度表接在电路中,电度表计数器上前后两次读数之差,就是这段时间内的用电度数。

2. 电功率

电流单位时间内所做的功称为电功率,用符号 P 表示,单位为瓦 (W)。其表达式为:

$$P = \frac{W}{t} = UI$$



电功率的常用单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW)，换算关系为：

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

例题 已知某电视机的功率为 110 W，平均每天开机 3 小时，如果每度电费为人民币 0.48 元，那么一年 (365 天) 要交纳多少电费？

解：用电的时间 $3 \times 365 = 1095 \text{ h}$

$$\text{消耗电能 } W = Pt = 0.11 \times 1095 = 120.45 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$\text{电费为 } 120.45 \times 0.48 = 57.82 \text{ 元}$$

3. 热效应与负载额定值

电流通过导体时会导致导体发热的现象称为电流的热效应。也就是说，电流的热效应就是电能转换成热能的效应。在生产和生活中，很多用电器都是根据电流的热效应制成的。如在家庭生活及生产中极为常见的电灯、电烙铁、电吹风、电烘箱等。此外，电弧焊也是利用电流的热效应将金属熔化而达到焊接目的的。但电流的热效应也有其不利的一面，如电流的热效应会使电路中不需要发热的地方 (如导线等) 也发热，不但消耗能量，而且会使用电设备温度升高，加速绝缘老化甚至烧坏设备。所以制造厂生产的各种电气设备都规定了电压、电流或功率的额定值。所谓额定值就是保证电气设备能长期安全工作的最大电压、电流和功率，称为额定电压、额定电流和额定功率。例如，灯泡上标的“220 V、40 W”就是额定值。电气设备的额定值通常标在一块小金属牌 (铭牌) 上，放在明显的位置。

例题 一个 220 V、15 W 的灯泡正常发光时通过灯丝的电流是多大？电阻是多大？

解： $P = 15 \text{ W}$ ， $U = 220 \text{ V}$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{15}{220} = 0.07 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{15} = 3227 \text{ } \Omega$$



三、欧姆定律

1. 全电路欧姆定律

如图 1—3 所示，全电路是指包含有电源的闭合电路。图中的虚线框内表示一个电源，电源内阻用 r 表示。 R 为负载电阻，当电路接通时，电源内阻的电压叫内电压，电源两端电压叫做外电压，即端电压。

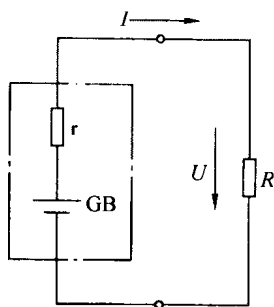


图 1—3 全电路示意图

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，这称为全电路欧姆定律。表达式为：

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

其中 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：

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

于是，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。



电路的三种状态，各物理量的关系如下表所示。

电路三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	$R\rightarrow 0$	$I=\frac{E}{r}$	$U=0$

一般情况下，电源电动势、内阻基本保持不变，并且电源内阻很小可忽略不计。但是在实际情况中，干电池在使用了一段时间后，其内阻会大幅度增加，由欧姆定律可知，该干电池已不能再提供大电流。

例题 计算图 1-4 中，当开关 S 闭合和断开两种状态下的电压 U_1 ， U_2 。

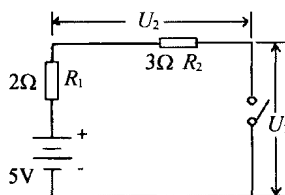


图 1-4

解：

(1) 当开关 S 断开时，电流 $I=0$ A，由欧姆定律可得， R_1 ， R_2 上电压均为 0V，于是 $U_2=0$ V， $U_1=5$ V。

(2) 当开关 S 闭合时，根据欧姆定律可得， $I=U/R=5/(2+3)=1$ A，于是 $U_1=0$ V， $U_2=3$ V。

2. 部分电路欧姆定律

图 1-5 所示为不含电源的部分电路。在不包含电源的电路



中, 流经电阻的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比, 与电阻值成反比, 这便是部分电路欧姆定律。表达式为:

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

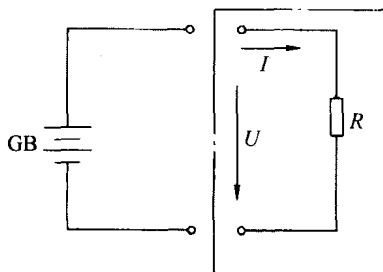


图 1-5 部分电路示意图

由欧姆定律可知, U 一定时, 电阻 R 越大, 则电流越小, 电阻 R 具有对电流阻碍作用的物理性质。

例题 已知某一电炉接 220V 电源, 电阻丝的电阻为 40Ω , 且该导线限流为 6A, 问: 该电炉可否使用?

解: 由欧姆定律可知 $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{40} = 5.5\text{A} < 6\text{A}$

于是可知, 该电炉可以使用。

四、电阻元件的连接

1. 电阻的串联

若电路中有两个或两个以上的电阻, 将其一个接一个地顺序相连, 并且这些电阻上通过的是同一电流, 那么这种连接方法就称为电阻串联。

电阻串联有以下性质:

- 串联电路中流过每个电阻的电流都相等, 即

$$I_1 = I_2 = \cdots = I_n$$

- 串联电路两端的总电压等于各电阻两端分电压之和, 即



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

●串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻之和，即

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

关于电阻串联的结论：串联电阻中电压的分配与电阻成正比，即：

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

电阻串联的应用有很多，例如：为限制负载中通过电流过大，可与负载串联一个限流电阻；当负载的额定电压低于电源电压时，可与负载串联一个电阻以达到分压的目的，例如可将两个 6 V 指示灯串联后接入 12 V 电源中使用；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；可以通过串接电阻，扩大电压表的量程。

例题 如图 1-6 所示，若 $R_1=20\ \Omega$ ， $R_2=5\ \Omega$ ， $R_3=8\ \Omega$ ，流过电路中的电流为 5 A，求整个电路的总电压、总电阻及每个电阻上的电压。

解： $R=R_1+R_2+R_3=20+5+8=33\ \Omega$

$$U=IR=5\times 33=165\ \text{V}$$

$$I=I_1=I_2=I_3=5\ \text{A}$$

$$U_1=I_1R_1=5\times 20=100\ \text{V}$$

$$U_2=I_2R_2=5\times 5=25\ \text{V}$$

$$\begin{aligned} U_3 &= U - U_1 - U_2 \\ &= 165 - 100 - 25 = 40\ \text{V} \end{aligned}$$

2. 电阻的并联

如果电路中有两个或两个以上电阻连接在两个公共节点之间，那么这种连接方法称为电阻并联，如图 1-7 所示。

关于电阻并联有以下的结论：

●电路中各电阻两端电压相等，并且等于电路两端电压，即