

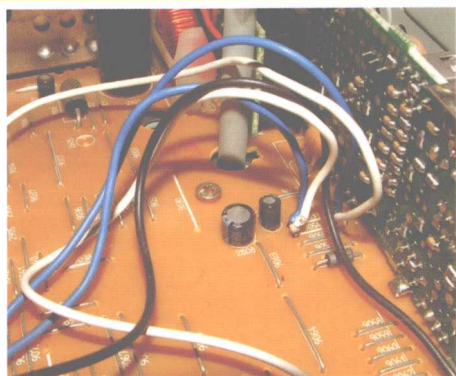


职业技能培训专用教材

ZHI YE JI NENG PEI XUN ZHUAN YONG JIAO CAI

# 维修电工

姜广绪 主编



经济科学出版社

职业技能培训专用教材

# 维修电工

姜广绪 主编

经济科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工 / 姜广绪主编. —北京:经济科学出版社,2008.12  
职业技能培训专用教材  
ISBN 978-7-5058-7675-0

I. 维… II. 姜… III. 电工—维修—技术培训—教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 172195 号

责任编辑:白留杰  
责任校对:徐领柱  
技术编辑:李长建

**维修电工**

姜广绪 主编

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址:北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编:100142

教材编辑中心电话:88191344 发行部电话:88191540

网址:www. esp. com. cn

电子邮件:espbj3@esp. com. cn

北京密兴印刷厂印装

880×1230 32 开 6.25 印张 180000 字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5058-7675-0/F·6926 定价:14.00 元

(图书出现印装问题,本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

# 前 言

随着经济的不断发展,城乡建设急需大量的技能人才,专业技能培训是提高劳动者素质,增加劳动者就业能力的有效措施。为了满足广大人员学习技术,掌握操作技能的要求,以及满足下岗职工转岗和农民工进城务工的需求,我们组织编写了这本浅显易懂、图文并茂的培训教材。

本教材以技能培训为主,以达到上岗要求为标准。教材的内容完全以实用为原则,简化理论知识,强化技能训练。根据生产实际,适当地减少了标准中的理论知识要求;在技能方面,舍去了标准中不常用的技能要求,加入少量中级工技能要求。

本书主要介绍了维修电工基本知识,常用电工工具、材料及仪表,室内电气线路安装维修知识,电动机的基本控制线路及其安装、调试与维护,典型生产机械的电气控制线路调试与维修,以及电子电路安装与测试等知识。

本书由姜广绪担任主编。本教材在编写中,参考了有关著作和研究成果,在此谨向有关参考资料的作者和帮助出版的有关人员、单位表示最真挚的谢意。

由于时间仓促,书中难免存在不足之处,希望广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 维修电工基本知识</b> .....	1
第一节 基本电物理学概念 .....	1
第二节 电工学基础知识 .....	7
第三节 维修电工基础安全知识 .....	22
习题 .....	24
<b>第二章 常用电工工具、材料及仪表</b> .....	25
第一节 常用电工工具 .....	25
第二节 常用电工材料 .....	34
第三节 常用电工仪表 .....	52
习题 .....	60
<b>第三章 室内电气线路安装维修知识</b> .....	61
第一节 室内线路安装的基本知识 .....	61
第二节 电气照明电路安装与检修 .....	67
第三节 低压配电板的安装与接地保护 .....	79
习题 .....	96
<b>第四章 电动机的基本控制线路及其安装、调试与维护</b> .....	97
第一节 电动机基础知识 .....	97
第二节 常用低压电器 .....	107
第三节 电动机基本控制线路 .....	144
第四节 电动机基本控制线路的安装与检修 .....	153
习题 .....	162

第五章 典型生产机械的电气控制线路调试与维修 .....	164
第一节 普通卧式车床电气控制线路 .....	165
第二节 机床电气控制线路的配线与维护 .....	170
习题 .....	174
第六章 电子电路安装与测试 .....	175
第一节 电子技术基本操作 .....	175
第二节 简单电子电路的安装、测试及故障排除 .....	188
习题 .....	194

# 第一章 维修电工基本知识

作为一名维修电工,应该了解一些最基础的知识,如什么是电,电有哪些基本特点,如何用电和如何安全用电。这一章,我们就来学习维修电工的基本知识,解决这些问题。

## 第一节 基本电物理学概念

这一节复习一下初中物理的一些电物理学基本概念,这将有利于读者对后面知识的学习。

### 1. 电荷及电量

自然界中存在着两种极性相反的电荷:一种是正电荷,另一种是负电荷,如图 1-1 所示。异性电荷互相吸引,同性电荷互相排斥。电荷遵循一个很重要的规律,即电荷守恒定律,换句话说,就是电荷既不能创造,也不能消失,但是可以转移(不同物体之间以及物体不同部位之间转移)。

电量指的是电荷的多少,常用  $q$  表示。

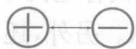


图 1-1 正负电荷

### 2. 电场

电场是指电荷周围空间存在的一种物质,用字母  $E$  表示。只要有电荷存在,电荷周围就有电场。它的特性是:对放入其中的点电荷有电场力的作用。如图 1-2 所示。

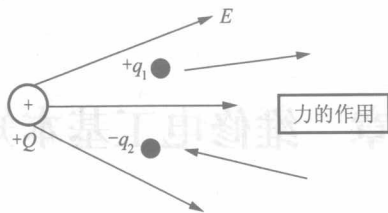


图 1-2 电场示意

### 3. 电流

电流是指电荷的定向流动,如图 1-3 所示。形成电流的两个条件是:一是有能够自由运动的电荷;二是有能够驱使电荷沿一定方向运动的电场。

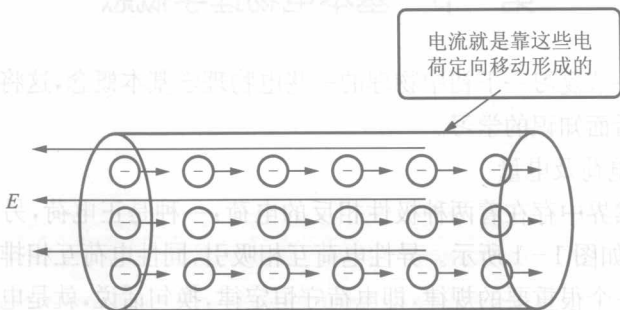


图 1-3 电流的形成示意

电流强度是指通过导体横截面的电量与通过这些电量所需时间的比值,即  $I=q/t$ 。电流强度简称电流,用  $I$  表示。在国际单位制中,电流的单位为安培,符号为 A。另外,还有 mA(毫安)、 $\mu\text{A}$ (微安)等其他单位,它们之间的换算关系为:

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

$$1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$$

电流的方向:正电荷受力的方向,即正电荷移动的方向为电流的方向。因此,平时用的金属导体中的电流方向与其自由电子(带负电



荷)定向移动的方向相反,如图 1-4 所示。

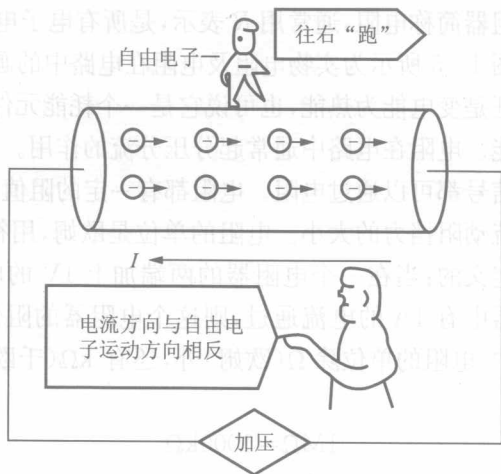


图 1-4 电流的方向与其自由电子定向移动的方向相反

#### 4. 电压

大家都知道,水在管中之所以能流动,是因为有高、低水位之间的差别而产生的一种压力,水才能从高处流向低处。我们使用的自来水,之所以一打开水门,就能从管中流出来,也是因为自来水的贮水塔比地面高,或者是由于水泵推动水产生压力差的缘故。电也是如此,电流之所以能够在导线中流动,也是因为在电路中有着高、低电位之间的差别,这种差别叫电位差,也叫电压。换句话说,在电路中,任意两点之间的电位差称为这两点的电压。电压用符号  $U$  表示。电压的高低,一般用单位伏特表示,简称伏,用符号  $V$  表示。高电压可以用千伏( $kV$ )表示,低电压可以用毫伏( $mV$ )表示。它们之间的换算关系是:

$$1kV=1000V$$

$$1V=1000mV$$

#### 5. 电阻及电阻率

导体中自由电荷定向移动时,会频繁与导体中的粒子碰撞,这种碰撞会阻碍电荷的定向移动,即有阻碍作用,导体对电流的阻碍作用

称为该导体的电阻。

工程电阻器简称电阻,通常用 $R$ 表示,是所有电子电路中使用最多的元件。图1-5所示为实物电阻及电阻在电路中的画法。电阻的主要物理特征是变电能为热能,也可说它是一个耗能元件,电流经过,它就产生内能。电阻在电路中通常起分压分流的作用。对信号来说,交流与直流信号都可以通过电阻。电阻都有一定的阻值,它代表这个电阻对电流流动阻挡力的大小。电阻的单位是欧姆,用符号 $\Omega$ 表示。欧姆是这样定义的:当在一个电阻器的两端加上1V的电压时,如果在这个电阻器中有1A的电流通过,则这个电阻器的阻值为 $1\Omega$ 。在国际单位制中,电阻的单位除 $\Omega$ (欧姆)外,还有 $k\Omega$ (千欧)和 $M\Omega$ (兆欧)。其中:

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

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

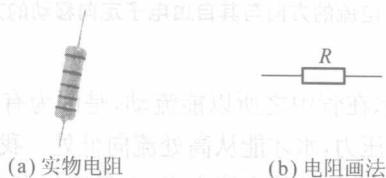


图1-5 实物电阻器及电阻在电路中的画法示意

电阻定律:温度不变,一定材料的导体的电阻跟它的长度 $L$ 成正比,与它的横截面积 $S$ 成反比,即 $R=\rho L/S$ ,其中 $\rho$ 为比例系数,也就是我们常说的电阻率。电工常用材料电阻率见表1-1。

表1-1 电工常用材料电阻率

电工常用材料	电阻率( $\Omega \cdot m$ )	应用举例
铜	$1.7 \times 10^{-8}$	照明线
铝	$2.9 \times 10^{-8}$	照明线
钨	$5.3 \times 10^{-8}$	白炽灯
橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$	导线护套

## 6. 电功

电流所做的功叫做电功,其常用符号为 $W$ ,单位为焦耳,用 $J$ 表示。电功与该段电路的两端电压、电路中的电流强度、通电时间成正比。有下列关系:

$$W=UIt$$

在纯电阻电路中还可以有以下公式:

$$W=Q=I^2Rt$$

其中, $Q$ 为电热。

我们生活中常说的度也是电功单位,它与焦耳的换算关系为:

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

其中 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 读作千瓦时。

## 7. 电功率

在物理学中,用电功率表示消耗电能的快慢。电功率用 $P$ 表示,它的单位是瓦特,简称瓦,符号是 $W$ 。电流在单位时间内做的功叫做电功率。以灯泡为例,电功率越大,灯泡越亮。灯泡的亮暗由电功率决定,不是由所通过的电流、电压、电能决定的。

作为表示消耗能量快慢的物理量,一个用电器功率的大小等于它在1秒(1s)内所消耗的电能。如果在 $t$ 时间内消耗的电能 $W$ ,那么这个用电器的电功率 $P$ 就是:

$$P=W/t$$

电功率也等于电压与电流的乘积,1瓦=1焦/秒=1伏·安,即

$$P=W/t=UI$$

## 8. 电热

电流通过导体时,导体会发热。这种由电流产生的热,叫做电热。利用电热原理可以制成各种电热器,例如电烙铁、电炉、电熨斗、电烤箱、电孵化箱等。实验证明:通电的时间越长,电流产生的热量就越多。电流通过导体产生的热量与电流的二次方成正比,与导体的电阻成正比,与通电时间成正比,这个规律叫做焦耳定律,它是由英国科学家焦耳发现的。焦耳定律可以用如下公式表示:

$$Q = I^2 R t$$

纯电阻电路,即电流通过导体时,如果电能全部转化为热能,而没有同时转化成其他形式的能量,那么就是纯电阻电路。

### 9. 电动势

电路中因其他形式的能量转换为电能所引起的电位差,叫做电动势,简称电势,用字母  $E$  表示,单位是伏特。在电路中,电动势常用符号  $\epsilon$  表示。电动势是描述电源性质的重要物理量。电源的电动势和非静电力做功密切相关。所谓非静电力,主要是指化学力和磁力。在电源内部,非静电力把正电荷从负极板移到正极板时要对电荷做功,这个做功的物理过程是产生电源电动势的本质。非静电力所做的功,反映了有多少其他形式的能量转化成电能。因此,在电源内部,非静电力做功的过程就是能量相互转化的过程。电源的电动势正是由此定义的,即非静电力把正电荷从负极移到正极所做的功与该电荷电量的比值。

### 10. 磁场

磁场是指磁体周围空间的一种特殊形态的物质。不但磁铁周围能够产生磁场,而且电流也能够产生磁场,如图 1-6 所示。

磁场特性是指磁场对置于其中的磁体、电流、运动电荷有磁场力的作用(即磁体通过自己的磁场对其他的磁体施加的作用力)。例如,电流之间通过磁场发生作用的示意图,如图 1-7 所示。

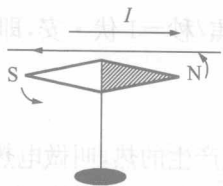


图 1-6 电流产生磁场示意图

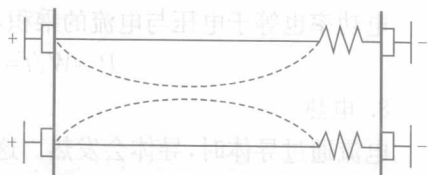


图 1-7 电流之间通过磁场发生作用的示意图

### 11. 磁感应强度

磁感应强度(简称磁感强度)是描述磁场强弱和方向的物理量。它的大小为:在磁场中垂直于磁场方向的通电导线受到的磁场作用

力,跟电流强度和导线长度乘积的比值。它的方向就是磁针 N 极在磁受力的方向。磁感应强度是矢量,常用符号  $B$  表示。在国际单位制中,磁感应强度的单位是特斯拉,简称特(T)。

磁场对电流的作用力通常叫做安培力。安培力不仅有大小,还有方向。其方向不仅与磁场方向垂直,而且与电流方向垂直,具体可以通过左手定则判断。

### 12. 磁通量

由上述磁场强度可得知,磁通量(又叫磁通)是指穿过某一面积的磁感线条数,即磁感强度  $B$  与垂直于磁场方向面积  $S$  的乘积就是穿过该面积的磁通量,即  $\phi=BS$ ,如图 1-8 所示。

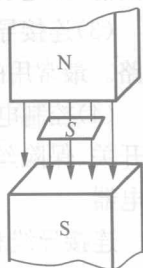


图 1-8 磁通量示意

## 第二节 电工学基础知识

### 一、直流电路基础

#### 1. 电路和电路图

电路或称电子回路,是由电气设备和元器件按一定方式连接起来,为电荷流动提供了路径的总体,也叫电子线路或称电气回路,简称网络或回路,如电阻、电容、电感、二极管、三极管和开关等构成的网络。电路的大小,可以相差很大,小到硅片上的集成电路,大到高低压输电网。根据所处理信号的不同,电子电路可以分为模拟电路和数字电路。如图 1-9(a)所示为一个电池、一个开关和一个小灯泡所组成的一个很简单的电路。合上开关之后,电路中就有电流流过,其中干电池使化学能转变为电能,而灯泡之所以能发光,就是因为它实现了电能与光能的转换。

电路通常由四部分组成,即

(1)电源:是供给电路电能的设备,实现将其他形式的能转变成电

能的任务,如发电机和蓄电池等。

(2)负载:是各种用电设备的总称,其作用是把电能转换为其他形式的能,如电动机、电炉和电灯等。

(3)连接导线:用来传输与分配电能,把电源与负载连成一个闭合回路。最常用的导线有铜线和铝线。

(4)控制电器:用来控制电路的通断并保护电源与负载不受损坏,如开关、保险丝和继电器等。它们在电路中起辅助作用,所以称为辅助电器。

连接导线和控制电器一起合称为电路的中间环节。

在分析计算与技术交流过程中为了清楚和简便起见,通常不画出电路的实物连接图,而是用符号表示,这样图 1-9(a)就变成图 1-9(b)的形式。用电路符号画成的图称为电路图。在电路图中并不反映实际电路的几何尺寸和元件的实际形状,只突出反映实物连接图中的电性能。实际装配时,工程上还有装配图。

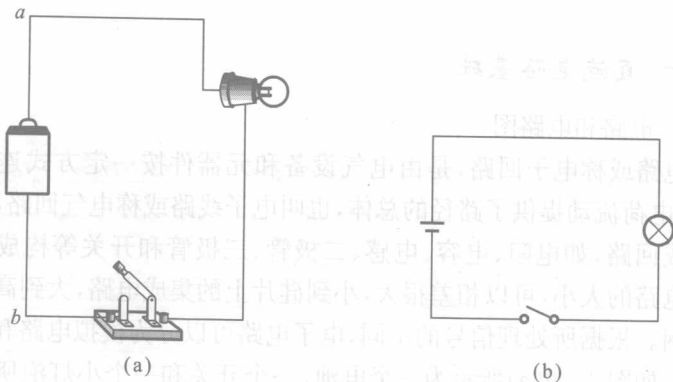


图 1-9 简单直流电路及电路示意

电路可分为两段:从电源的一端,经过和它连接的全部负载和导线再回到另一端的电流路径,即电源以外的电路叫做外电路;电源内部的电路叫做内电路。

电路通常有三种状态:

(1) 通路(闭路)。开关接通,构成闭合回路,电路中有电流。

(2) 断路(开路)。开关断开或电路某处断开,电路中无电流。

(3) 短路。电路中电位不同的两点直接碰接或被电阻非常小的导体接通的状态称为短路。如图 1-10 所示,若  $a, b$  两点用导线接通,则称为灯泡被短路。若  $a, c$  两点用导线直接接通,则称负载全部短路,短路时往往形成过大的电流,容易使电源、负载损坏,故应采取可靠措施,尽量避免。

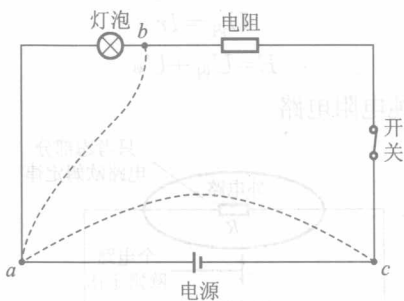


图 1-10 电路的短路示意

## 2. 欧姆定律

在同一电路中,导体中的电流跟导体两端的电压成正比,跟导体的电阻成反比,这就是欧姆定律。

部分电路欧姆定律公式:

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

式中,  $I, U, R$  三个量分别是属于同一部分电路中同一时刻的电流强度、电压和电阻,即导体通过的电流强度 = 导体的端电压 / 导体的电阻。

该欧姆定律适用于电解液导电及金属导体,不适用于气体导电。

**例 1.1** 已知在 220V 的电压下,一功率为 100W 的白炽灯正常发光,此时通过电灯的电流为 0.5A,求此白炽灯工作时的电阻。

解

$$R = U/I = 220/0.5 = 440\Omega$$

全电路欧姆定律(闭合电路欧姆定律)公式:

$$I = E/(R+r)$$

式中, $E$ 为电动势; $r$ 为电源内阻。

电路上电流强度 = 电源电动势 / (外电阻 + 电源内阻), 如图 1-11 所示。可导出内电压, 即

$$U_{内} = Ir$$

$$E = U_{内} + U_{外}$$

公式适用范围为纯电阻电路。

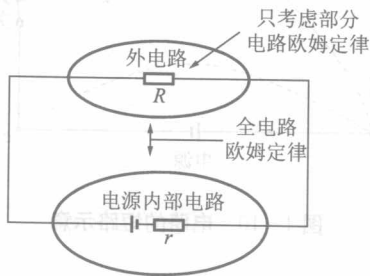


图 1-11 部分电路欧姆定律与全电路欧姆定律

**例 1.2** 两节干电池为电源的纯电阻电路中(一节干电池 1.5V), 负载电阻为 29.5Ω, 已知电路中的电流为 100mA, 求一节干电池的内阻。

解

$$I = E/(R+r)$$

可推得

$$r = E/I - R = (1.5 \times 2)/(100 \times 10^{-3}) - 29.5 = 0.5\Omega$$

故一节电池的内阻为  $r/2 = 0.5/2 = 0.25\Omega$ 。

### 3. 电阻的串联、并联和混联电路

(1) 电阻的串联电路。如果电路中有两个或两个以上的电阻, 一个个依次相接, 且各连接点都没有分支, 只为电流提供唯一通路的电路称为电阻串联电路。如图 1-12 所示就是由三个电阻组成的串联电路。



串联电路中各参数的总量和各分量的关系是：

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

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

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

这表明电阻串联电路具有以下性质：

1) 电路两端的总电压等于各个电阻两端电压之和。

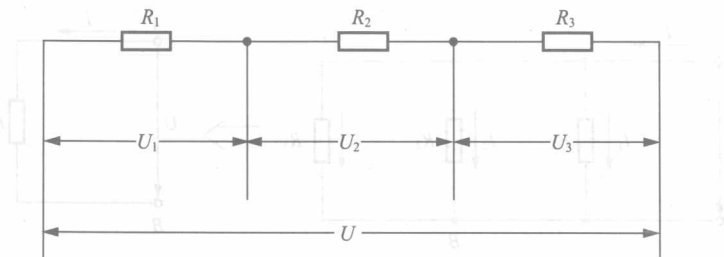


图 1-12 串联电阻分压电路示意

2) 流过每个电阻的电流相等。

3) 串联的  $n$  个导体的总电阻等于各导体的电阻之和。

**例 1.3** 如图 1-13 所示是一个简单的串联电阻分压电路，已知电源电压  $U=100\text{V}$ ，电灯  $L$  的电阻为  $60\Omega$ ，且  $L$  正常发光

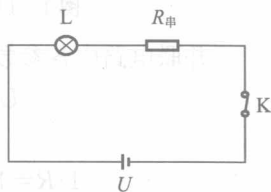


图 1-13 电阻串联电路

所需电压为  $60\text{V}$ ，试求电路中需要串接多大的电阻  $R_{\text{串}}$  才能使  $L$  正常发光(忽略电源内阻  $r$ )？

**解** 由于

$$R_{\text{总}}=U/I$$

$$I=I_L=I_{\text{串}}$$

而有  $I=U/R_{\text{总}}$ ,  $I_L=U_L/R_L$ ,  $I_{\text{串}}=U_{\text{串}}/R_{\text{串}}$

所以  $U/R_{\text{总}}=U_L/R_L=U_{\text{串}}/R_{\text{串}}$

所以  $R_{\text{串}}=R_{\text{总}}-R_L=(U-U_L)R_L/U_L=(100-60)\times 60/60=40\Omega$

上述例题的导出是串联电路的一个重要推论，即电路中各电阻上