



电工电器

上海科学技术出版社



电 工 电 器

上海市嘉定县教育局 编

上海科技教育出版社发行

(上海冠生园路393号)

各地新华书店经销 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.75 字数 148000

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数 1—15400

ISBN 7-5428-0330-1

G · 331

定价: 2.20元

前 言

在实现“四化”的进程中,对亿万劳动者在政治、文化、技术上的培养教育是不可忽视的。从长期的生产实践和科学研究中,人们对职业教育的重要性越来越清楚,懂得一支没有受过良好职业教育的城乡劳动技术大军,是不可能把先进的科学技术和设备变为现实生产力的。

目前,我国的经济正以前所未有的速度向前发展。但是,当前我国的职业技术教育,在整个教育事业里是一个薄弱环节,农村职业技术教育更为薄弱,与之配套的教材近似空白。为此,我们编写了这套职业技术教材,为改变我国职业教育落后面貌尽一份微薄的力量。

这套教材我们将分批编写出版。农村职业技术教育是一门新的课程,从内容的选择到编写都还缺少经验,我们恳请有关的专家和师生在使用中提出宝贵意见和建议。

本书在编写过程中得到了上海市教育局职教处领导的关心和支持,在此特致谢意。

本书参加编写的有朱秉铮、杨家华、汪耀良、花维国、陈青同志

编者

目 录

第一章 直流电与电磁	1
第一节 简单电现象	1
一、摩擦起电	1
二、物质结构的电子论初步知识	1
三、导体、绝缘体、半导体	2
第二节 直流电的基本知识	3
一、电流、电压和电阻.....	3
二、简单电路和部分电路的欧姆定律	6
三、串联和并联	8
四、电流的功、功率和热效应.....	11
第三节 电流与磁场	13
一、磁的基本现象	13
二、电流的磁场	14
三、磁场对电流的作用	16
四、电磁感应	17
第二章 交流电	24
第一节 交流电的基本概念	24
一、概述	24
二、正弦交流电的产生	25
三、正弦交流电的最大值、频率、初相角	26
四、正弦交流电的有效值	28
第二节 三相交流电	30
一、三相交流电的产生	30

二、三相交流电源的联接	32
第三节 三相负载的联接方法	35
一、三相负载的星形(Y)联接	36
二、三相负载的三角形(Δ)联接	37
第三章 变压器与三相异步电动机	41
第一节 变压器	41
一、变压器的用途和种类	41
二、变压器的基本结构	43
三、变压器的工作原理	46
四、变压器的冷却和损耗	49
第二节 三相鼠笼式异步电动机	52
一、三相鼠笼式异步电动机的基本构造	52
二、三相鼠笼式异步电动机的工作原理	56
三、三相鼠笼式异步电动机的测试和拆装	64
第三节 三相鼠笼式异步电动机的维护及常见故障	70
一、三相鼠笼式异步电动机的维护	70
二、三相鼠笼式异步电动机的常见故障	70
第四章 三相鼠笼式异步电动机的起动与控制	73
第一节 三相鼠笼式异步电动机的全压正转控制	73
一、闸刀开关的正转控制线路	73
二、接触器正转控制线路	88
第二节 三相鼠笼式异步电动机的全压正反转控制	99
一、接触器联锁的正反转控制线路	100
二、按钮、接触器复合联锁的正反转控制线路	101
第三节 生产机械的限位控制	102
一、行程开关	103
二、限位控制线路	105
三、自动往返行程控制	106
第四节 两台电动机的联锁控制	107

一、控制方法	107
二、控制原理	108
第五章 照明电路	111
第一节 照明电路	111
一、电线	111
二、白炽灯	115
第二节 白炽灯的安装和检修	116
一、相线和零线的判定	117
二、布线要求和固定方法	117
三、开关的连接和固定	119
四、挂线盒与灯头的连接和安装	120
五、白炽灯照明的故障检修	121
第三节 日光灯的安装和检修	121
一、日光灯的安装	121
二、日光灯的工作原理	122
三、日光灯使用注意事项	125
四、日光灯的照明故障检修	126
第四节 进户线与总配电板	127
一、进户线	127
二、总配电板	128
第五节 安全用电的基本知识	131
一、触电的原因	132
二、触电的方式	133
三、安全用电常识	134
四、触电急救	136
第六章 电工基本操作技能	140
第一节 常用电工工具的使用和维护	140
一、通用工具	140
二、导线连接工具	142

三、线路安装工具	143
四、导线焊接工具及焊接材料	146
第二节 导线接头的加工工艺	147
一、导线	147
二、导线线头的连接	148
三、导线绝缘层的包扎处理	154
四、凿孔	156
五、导线与瓷瓶的固定方法	158
第四节 常用电工仪表的使用和维护	162
一、交流电流测量仪表——钳形电流表	162
二、交流电能测量仪表——电度表	164
三、万用电表	165
四、兆欧表	167
第七章 家用电器	172
第一节 电风扇	172
一、电风扇的分类	172
二、电风扇的工作原理	172
三、电风扇的基本结构	174
四、电风扇的使用和维护	179
第二节 洗衣机	180
一、家用电动洗衣机的类型	180
二、波轮式洗衣机的构造和工作原理	182
三、洗衣机的使用和维护	189
第三节 电冰箱	192
一、冰箱的品种和样式	192
二、压缩机式电冰箱的制冷系统	193
三、电冰箱的使用方法	201
四、电冰箱的保养与简单的维修	204

第一章 直流电与电磁

本章将主要介绍有关电和磁的基本概念,如电流、电压、电阻、电流的功、电功率、磁现象、电流与磁场、电磁感应等。讨论部分电路欧姆定律、右手螺旋法则、左手定则、右手定则及楞次定律等一些基本定律和定则。

第一节 简单电现象

一、摩擦起电

用玻璃棒、硬橡胶棒、塑料板等物品与丝绸呢绒等摩擦后,能吸引轻小的物体,如纸屑等,我们就说这些物体带了电,或者说有了电荷。这种用摩擦的方法使物体带电,叫摩擦起电。

二、物质结构的电子论初步知识

摩擦能使物体带电,这与物质原子结构有关。自然界一切物质都是由分子组成,分子由原子组成,原子由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成。原子核内包含着带正电荷的质子和不带电荷的中子。原子核在原子的中央,电子在原子核的外面按层分布。电子以每秒几十万米的高速围绕着原子核旋转。不同物质的原子结构是不同的,它的核外电子数也不一样。例如:铝原子有13个电子,铁原子有26个电子,铜原子有29个电子。

原子核的质子数等于核外电子数目,又因每个质子所带的正电荷量与每个电子所带的负电荷量是相等的,因此质子

所带的正电荷总数和电子所带的负电荷总数相等，原子呈中性，物体不带电。

理论和实验证明：电荷之间有同性相斥，异性相吸的相互作用力。带正电的原子核对较内层的电子吸引力强，对较外层的电子吸引力弱，对最外层的电子吸引力最弱，这样最外层的电子容易摆脱原子核的吸引，进入其他原子。我们称这种可以自由移动的电子叫自由电子。

两个物体相互摩擦时，一个物体有一部分原子失去电子，使物体的正电荷多于负电荷，另一个物体得到电子，物体有多余的负电荷。这样一个物体带正电，另一个物体带负电。例

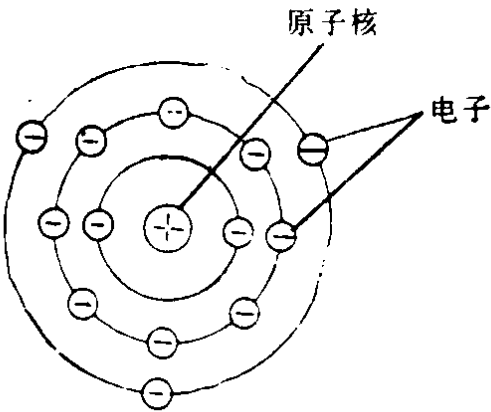


图 1-1 铝原子结构

如：胶木棒与毛皮摩擦时，毛皮容易失去电子带正电，胶木棒容易得到电子带负电。物体带电的多少是以物体得到多少电子，或失去多少电子来衡量的。电荷的多少称电量。电量的单位叫库伦 (C)，1库伦 (C) 电量等于 6.24×10^{18} 个电子电量，即624亿亿个电子电量。

三、导体、绝缘体、半导体

1. 导体 这类物体原子核对最外层电子的吸引力较小，电子易受外界作用而脱离原来的原子核而形成自由电子。而且，当这类物体的某一部分得到多余的电子时，这些电子就以

自由电子的状态传到其他部分去,当它失去电子时,其他部分的电子又跑来补充,这种现象叫做导电现象。具有这类特性的物体叫导电体,又称导体。如铜、铝等金属。

2. 绝缘体 有些物体离原子核最远的那层电子不容易脱离原子核的吸引,自由电子较少,导电能力很差,这类物体叫绝缘体。如胶木、玻璃、云母、瓷器等。

3. 半导体 有些物体的导电性能处于导体、绝缘体两者之间,称为半导体,如硅、锗等。而纯净的半导体,导电性能很差,近似于绝缘体,但当半导体中掺入极少量的其他杂质,它的导电性能可以大大提高,甚至有的可以近似地成为导体。

第二节 直流电的基本知识

一、电流、电压和电阻

1. 电流 在金属导体中,自由电子受外力作用时,便沿一定的方向移动,形成了电流。习惯上规定正电荷流动的方向为电流方向。事实上,自由电子定向流动的方向,与规定的电流方向相反。如果电流的流动方向不变,则称直流电。

电流不但有方向,还有强弱。例如,手电筒用新的电池时,电珠发光相当亮,电池用旧了,电珠发的光就较暗,这就是流过灯丝的电流有强弱。

在1秒钟内,通过导体的电量越多,导体中的电流越强,反之电流越弱。单位时间内通过导体横截面的电量,叫电流强度,简称电流。它是用通过导体横截面的电量 q 和所用的时间 t 之比来度量的。

公式:
$$I = \frac{q}{t}$$

式中: q ——电量 (单位: 库伦(C));

t ——时间 (单位: 秒(s));

I ——电流强度 (单位: 安培(A))。

如果在单位时间(1 秒钟) 内通过导体横截面的电量是 1 库伦(C), 则此电流就是 1 安培(A)。

电流其他单位有毫安(mA)、微安(μ A)、千安(kA)。

$$1\text{安(A)} = 1000\text{毫安(mA)} = 1000000\text{微安}(\mu\text{A})$$

$$1\text{千安(kA)} = 1000\text{安(A)}$$

例1 如果一分钟内通过导体横截面的电量是 180 库伦, 那么通过导体上的电流强度是多少?

解: 电流强度 $I = \frac{q}{t} = \frac{180\text{C}}{60\text{s}} = 3\text{C/s} = 3\text{A}$

答: 通过导体上的电流强度是 3 安培。

2. 电压 导体内部有大量可以自由移动的电荷, 当把导体连接在具有电源的电路中, 则导体内部的这些自由电荷将按一定方向移动, 从而形成电流。不同的电源, 使导体中形成的电流强弱也不同。电路中没有电源, 那么导体中就没有电流通过。电源使导体两端产生一定的电位差(正如水塔使水管两端形成一定的水位差), 这个电位差称电压。因此, 电压是电源提供的(正如水压是由水塔提供的)。电压用 U 表示, 单位是伏特, 简称伏, 用 V 表示。

由此可见, 在导体中要产生和维持电流的条件是: (1) 导体内要有可以移动的自由电子; (2) 导体两端必须具有电位差(即电压)。这像水管中水流动一样, 一是管子中要有水, 二是水管两端要有水位差(水压)。

3. 电阻 我们先看这样一种情况, 把电源、铝导线、电流表连接成一个闭合回路, 从电流表上读出电流数值; 然后在回路中再增加一段铁导线, 读出电流的数值。比较两个电流读

数,发现后者电流减小了,这说明导线对电荷的定向移动有阻碍作用。导体对电流的阻碍作用,叫做导体的电阻。

物体为什么会有电阻呢? 由于电流是导体中的自由电子作定向移动而产生的,但自由电子在定向移动时,一方面要克服原子核的吸引力,另一方面要与其他原子的电子发生碰撞,这样电流在导体中流动时,就会受到这些阻碍作用,也就是说导体具有了电阻。

电阻用R表示,单位用欧姆,简称欧,用 Ω 表示。电阻在电路中的图形符号,见图1-2。

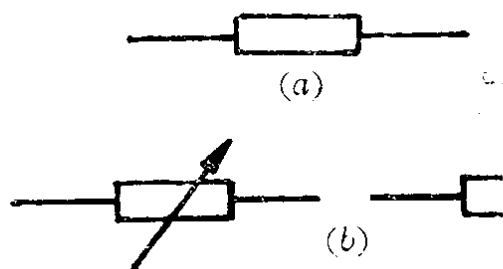


图 1-2 电阻的符号
(a)固定电阻 (b)可变电阻

实验证明:导体的电阻与导体的长度成正比,与导体横截面积的大小成反比,还与材料的性质有关。

公式:
$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中: R——导体的电阻(单位: 欧姆,用 Ω 表示);

L——导体的长度(单位: 米,用m表示);

S——导体的横截面积(单位: 平方毫米,用 mm^2 表示);

ρ ——导体材料的电阻率(单位: $\frac{\text{欧} \cdot \text{平方毫米}}{\text{米}}$,用

$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ 表示)。

电阻的单位还有千欧姆(kΩ)、兆欧姆(MΩ)等。

1千欧姆(kΩ) = 1000欧姆(Ω)

1兆欧姆(MΩ) = 1000千欧姆(kΩ) = 1000000欧姆(Ω)

电阻率的数值与导体材料的性质有关,不同的材料, ρ的大小也不同,电阻的大小还与温度有关,一般金属材料的电阻值随温度的升高而增加。下表列出几种常用材料在 20℃ 时的电阻率。

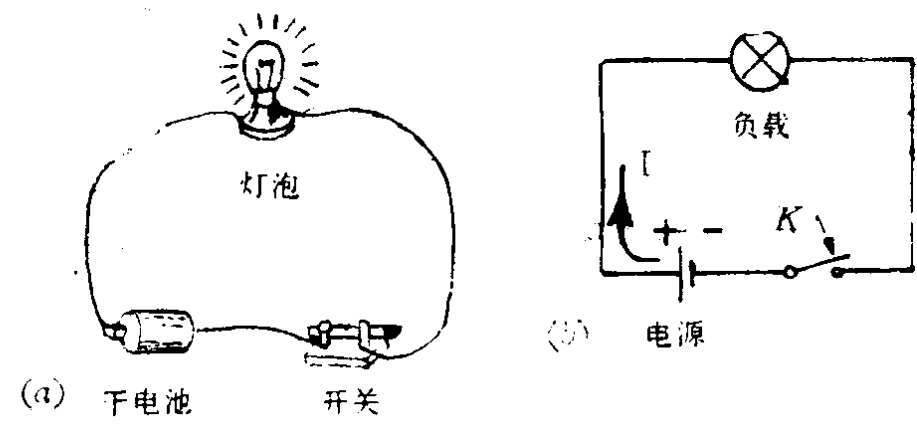
几种常用材料的电阻率(20℃)

材料名称	银	铜	铝	钨	铁	硬橡胶
电阻率 (欧·平方毫米/ 米)	0.016	0.017	0.029	0.053	0.098	1×10^{22}

二、简单电路和部分电路的欧姆定律

灯泡、电冰箱、电炉、电动机等都称为用电器,统称负载。用导线把电源、开关和用电器等连接起来就组成了电路。如果电流是直流电,那么该电路就是直流电路。图 1-3 是个基本电路。

在电路中,提供电能的是电源, 消耗电能的是用电器(即



(a)实物结构图 (b)电路图

图 1-3 电路

负载)。开关是用来接通和断开电路的。直流电路中,电流从电源正极(+)出发,经过导线、开关和用电器回到电源的负极(-),这种电路称为闭合电路。其中用电器(负载)和导线仅是构成电路的一部分,称部分电路。

实验证明:在闭合电路中通过某段导体中的电流强度,跟这段导体两端的电压大小成正比,跟导体的电阻大小成反比,这个规律称作部分电路欧姆定律。

公式:
$$I = \frac{U}{R}$$

其中: I——电流(安培)

U——电压(伏特)

R——电阻(欧姆)

但要注意,电阻是反映导体本身性质的一种固有属性,一定的导体,它的电阻与两端所加的电压和通过的电流强度大小无关,只与它本身的几何尺寸及材料有关。

例2 有一条铜导线长 3000 米,如果导线的横截面积为 1.2 平方毫米($\rho = 0.017$ 欧·平方毫米/米),求该段导线的电阻值。

解: 由电阻的计算公式:

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0.017 \Omega(\text{mm})^2/\text{m} \times \frac{3000\text{m}}{1.2\text{mm}^2} \approx 42 \Omega$$

答: 这段导线的电阻为 42 欧姆。

例3 已知一只白炽灯的灯丝电阻为 $R = 110 \Omega$,加在它两端的电压 $U = 220\text{V}$,求通过灯丝的电流。

解: 由欧姆定律

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{V}}{110 \Omega} = 2\text{A}$$

答：通过灯丝的电流为2安培。

三、串联和并联

在实际应用中，电路往往是比较复杂的。如家庭照明电路中，由几个灯泡、电视机、电风扇等负载连着。工厂中的用电设备也是按不同方式接在电路中。通常负载的连接方式有串联、并联和混联。现在着重讨论串联和并联两种基本的连接。

1. 串联电路 串联电路见图1-4。把两个或两个以上的负载(电阻)首尾逐个连接起来的电路，称串联电路。它的特点：

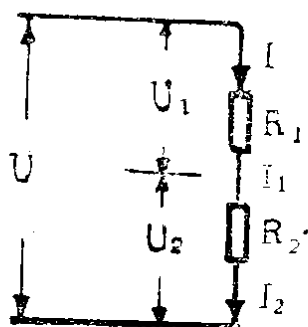


图 1-4 电阻串联电路

(1) 串联电路中各处电流相等。即

$$I = I_1 = I_2 = \dots\dots = I_n$$

(2) 串联电路的总电压等于各串联电阻两端的电压和。

即

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

(3) 串联电路的总电阻等于各串联电阻之和。即

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

2. 并联电路 并联电路见图1-5。把两个或两个以上的负载(电阻)首与首,尾与尾连接在一起的电路,称并联电路。照明电路、工厂用电设备往往都是采用并联在电路中的。并联电路的特点：

(1) 并联电路中的总电流, 等于各支路中的电流之和。

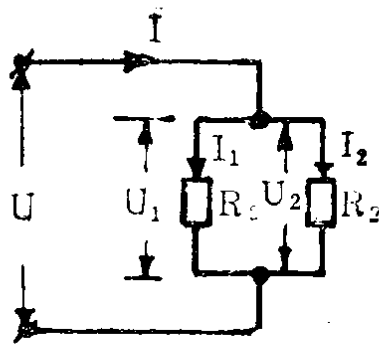


图 1-5 电阻并联电路

即

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

(2) 并联电路里各支路两端的电压都相等。即

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

(3) 并联电路里总电阻的倒数，等于各并联电阻的倒数

之和。即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

例4 如图1-6所示，三个电阻串联，分别为 $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 15\Omega$ ， $R_3 = 20\Omega$ ，连接在 $U = 15V$ 的电池组上。求：

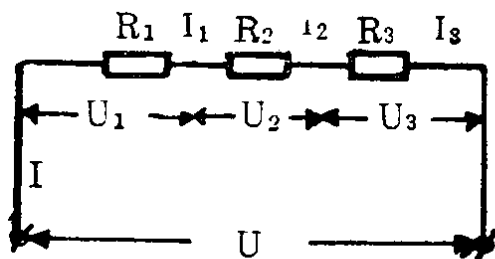


图 1-6

(1) 总电阻。

(2) 电路中的电流强度及 R_1 、 R_2 、 R_3 上的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 。

(3) R_1 、 R_2 、 R_3 上的电压 U_1 、 U_2 、 U_3 。

解: (1) 总电阻 $R = R_1 + R_2 + R_3 = 10\Omega + 15\Omega + 20\Omega$
 $= 45\Omega$

(2) 由欧姆定律 $I = \frac{U}{R} = \frac{15V}{45\Omega} = 0.33A$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I = 0.33A$$

(3) R_1 、 R_2 、 R_3 上的电压分别为

$$U_1 = IR_1 = 0.33A \times 10\Omega = 3.3V$$

$$U_2 = IR_2 = 0.33A \times 15\Omega = 4.95V$$

$$U_3 = IR_3 = 0.33A \times 20\Omega = 6.6V$$

答: 总电阻是45欧; 电流强度是0.33安; 电压分别3.3伏、4.95伏、6.6伏。

例5 如图 1-7 所示, 已知 $U = 220$ 伏, $R_1 = 100$ 欧、 $R_2 = 440$ 欧。求:

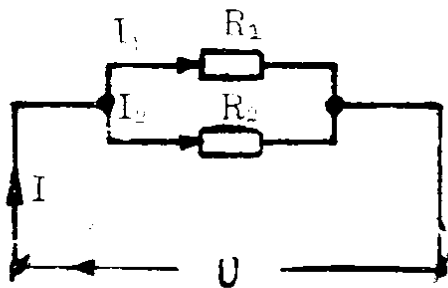


图 1-7

(1) 流过两个电阻的电流 I_1 和 I_2 各是多少?

(2) 总电流为多少?

(3) 总电阻为多少?

解: (1) 由欧姆定律 $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{220V}{100\Omega} = 2.2A$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{220V}{440\Omega} = 0.5A$$

(2) 总电流 $I = I_1 + I_2 = 2.2A + 0.5A = 2.7A$