

水泥中技电视录像教材

电工与电子基础

龙望南 谢庆华

湖南省建筑材料工业局

水泥中技电视录像教材
(内部发行)

电工与电子基础

湖南省建材工业局组织编写

望城县峰华印刷厂承印

开本：16 印张：14.625 字数：320千字

一九九一年五月第一版

国家建材局教材办公室

(87) 材人开材便字第101号

各省、区、市建材局(公司)或建材主管部门:

为适应水泥行业岗位培训的需要,湖南省建材工业局组织编写和摄制一套培训中级技术工人的电视教材和电视录像教学片作为水泥企业的看火工、粉磨工、机修工、电工、化验工和生产管理干部岗位培训专业技术知识的规范标准。各级建材主管部门可因时、因地制宜,组织教学和考核。

此套教材和教学片定于今年十一月陆续出版发行,你局如需此教材和教学片,请直接与湖南省建材工业局人事处联系。

地址:湖南省长沙市人民路164号

国家建材工业局教材办公室(印)

一九八七年八月十日

9307782

湖南省建筑材料工业局文件

(89)湘建材人字第057号



关于继续发行《水泥

中技电视教材和录像教学片》的通知

各地(州)市建材工业局(公司)、各建材企、事业单位:

为适应水泥行业岗位培训的需要,国家建材工业局教材办公室(87)材人开材便字第101号函委托,我局组织编写和摄制一套培训中级技术工人的电视教材和录像教学片,作为水泥企业看火工、粉磨工、机修工、电工、化验工、生产管理干部岗位培训专业技术知识的规范标准和劳动工资部门“考工定级”的培训资料。

此套教材和教学片包括《水泥生产基本知识》、《煅烧工艺与设备》、《粉磨工艺与设备》、《机械安装与维修》、《电工基础》、《水泥生产检验与控制》、《微机在水泥生产中的应用》和《环境保护与除尘》等。今年四月,我局商请国家建材局人才开发司同意,对教材、录像带进行了进一步修改和审定,并确定继续由湖南省建材干部中专学校发行。各建材企事业单位可按岗位培训为主、业余自学为主的原则,组织教材订购和及时进行教学考核。

一九八九年十二月二十一日

抄报:国家建材工业局、省经委、省教委。

抄送:各省、区、市建材局(公司)或建材主管部门、湖南省劳动厅、省成人教育局。

前 言

电工电子知识是从事现代化生产的各类技术工人必须具备的通用知识。为了配合建材企业开展技术工人的岗位培训,根据国家建材局颁布的中级技术工人理论培训教学计划与教学大纲,我们编写了这本教材,供各企事业单位教学使用。

《电工与电子基础》一书的内容包括:直流电路、电磁与电磁感应、正弦交流电和正弦交流电路、变压器与交流电动机、晶体管放大电路、晶体管正弦波振荡器、晶体管整流与直流稳压电路、生产机械的电气控制。每章后面附有思考与复习题,有助于读者掌握所学知识。

在编写本书时,我们侧重于实用,清楚易懂。为了适应较多的读者,书中有些电磁理论的阐述及公式的推导可能超出了中级技术工人培训的范围,在教学中可视情况选用或不用。本书也可作为建材企业高级技术工人培训参考教材,亦可供管理干部和工程技术人员阅读参考。

本书由湖南省建材工业学校龙望南主编。书中第五、六、七章由湖南省建材工业学校谢庆华编写,其余各章由龙望南写稿。全书由湖南省建材工业学校高级讲师周怀武审稿。

由于时间仓促,加之编者的水平有限,缺点错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

1991年3月

目 录

1· 直流电路	(1)
1·1 直流电路的基本概念	(1)
1·2 电阻·欧姆定律	(3)
1·3 简单直流电路	(6)
1·4 电功率和电能	(9)
1·5 复杂电路概述	(11)
1·6 电容器	(12)
思考题和习题	(17)
2· 电磁与电磁感应	(20)
2·1 磁的基本知识	(20)
2·2 铁磁材料的性质与磁路概念	(23)
2·3 电磁力与磁电式仪表的工作原理	(27)
2·4 电磁感应	(29)
2·5 电感、互感及涡流现象	(32)
思考题和习题	(35)
3· 正弦交流电和正弦交流电路	(38)
3·1 交流电的基本知识	(38)
3·2 正弦交流电的矢量表示法	(41)
3·3 纯电阻、纯电感电路	(43)
3·4 电阻电感串联电路	(47)
3·5 纯电容电路	(50)
3·6 电阻电感电容串联电路	(52)
3·7 电感性负载与电容器并联电路	(54)
3·8 三相交流电路	(57)
3·9 安全用电常识	(64)
思考题和习题	(68)
4· 变压器与交流电动机	(70)
4·1 变压器概述	(70)
4·2 单相变压器的工作原理	(71)
4·3 变压器的结构	(77)
4·4 三相变压器	(79)
4·5 变压器的铭牌数据	(81)
4·6 变压器绕组的极性及测定方法	(84)

4•7	特殊变压器	(85)
4•8	三相异步电动机的结构	(91)
4•9	三相异步电动机的工作原理	(94)
4•10	三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	(99)
4•11	三相异步电动机的使用	(103)
4•12	单相异步电动机	(114)
	思考题和习题	(117)
5•	晶体管放大电路	(119)
5•1	半导体基本知识	(119)
5•2	PN结及其单向导电性	(121)
5•3	晶体二极管	(123)
5•4	晶体三极管	(126)
5•5	晶体管交流电压放大器	(131)
5•6	晶体管功率放大器	(147)
5•7	直流放大器	(151)
5•8	集成运算放大器	(155)
	思考题和习题	(160)
6•	晶体管正弦波振荡器	(162)
6•1	振荡现象和振荡条件	(162)
6•2	变压器反馈式正弦振荡器	(164)
6•3	电感反馈式正弦振荡器	(165)
6•4	电容反馈式正弦振荡器	(166)
6•5	LC振荡器应用举例—半导体接近开关	(167)
	思考题和习题	(168)
7•	晶体管整流与直流稳压电路	(169)
7•1	单相整流电路	(169)
7•2	滤波电路	(173)
7•3	硅稳压管稳压电路	(176)
7•4	可控整流电路	(179)
	思考题和习题	(186)
8•	水泥机械的电气控制	(188)
8•1	常用低压电器	(188)
8•2	三相鼠笼式异步电动机控制概述	(196)
8•3	控制电路的典型环节	(197)
8•4	球磨机系统的控制电路	(204)
8•5	水泥窑的电气控制	(210)
8•6	检测仪表	(220)
	思考题和习题	(227)

第一章 直流电路

第一节 直流电路的基本概念

电路就是电流通过的路径。图1—1是最简单的电路示意图，它由干电池、电珠、开关及联接导线组成。

干电池是提供电能的设备，称为电源。
所有提供电能的设备都是电源。

把电能转换成其它形式能量的设备称为负载。例如电珠（电灯）把电能转换成光能和热能，电动机把电能转换成机械能等都是负载。

开关控制电路的通断，熔断器（保险丝）保护电路和电气设备，联接导线把上述设备联接成为一个完整的电路。

一、电路图

用实物形状绘制如图1—1所示的电路图是很不方便的，为此国家规定了特定的图形符号和文字符号绘制和标注电路图。因当前处于新旧交替的时期，书中列有常用符号新旧标准对照表（见表1—4）。图1—2是电路图示例，图中符号代表的设备读者可以参照图1—1识别。

二、电流和电流强度

电荷有规律的运动叫电流，习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向。

直流电路里的电流大小和方向不随时间而变化，衡量电流大小的物理量称电流强度，简称电流，用“ I ”表示，单位是安培，简称安，用符号“ A ”表示，即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中， I ——电流（ A ）；

Q ——电荷量（ C ）；

t ——时间（ S ）。

式1—1表明在单位时间（1秒）内通过导体横截面的电荷量称为电流强度。电流很大时用千安（ KA ），电流很小时用毫安（ mA ）或微安（ μA ）做单位。

$$1KA = 10^3A$$

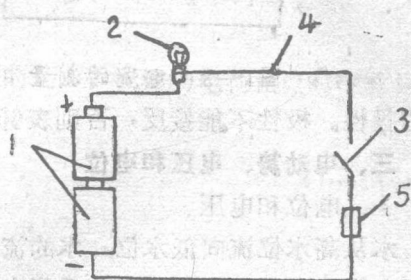


图1—1 简单电路示意图

1—干电池 2—电珠 3—开关
4—联接导线 5—熔断器

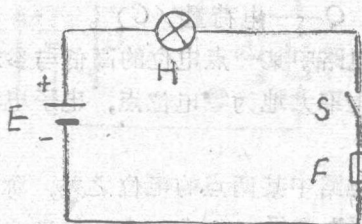


图1—2 电路图示例

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

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

电流的测量用电流表，如图1—3所示。直流电有正负方向，直流电流表也有正负方向，人们常把这种正负方向称为极性。因此，测量电流时必须注意电流表的极性和电

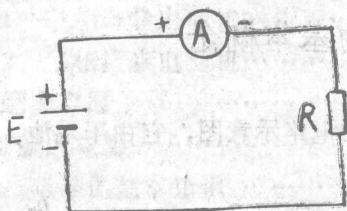


图1—3 电流的测量

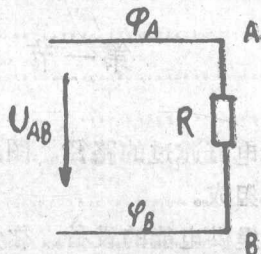


图1—4 电位和电位差

源的极性。极性不能接反，否则表针将反向偏转，有可能将表针碰弯。

三、电动势、电压和电位

1、电位和电压

水从高水位流向低水位，水的流动是由水压形成的。电流和水流一样，从高电位流向低电位。电路中电位的数值是指电场力将单位正电荷从该点移到参考点（零电位点）所做的功。在图1—4中，若取B点为参考点，则A点的电位就是将单位正电荷从A点经电阻R移动到B点所做的功。

$$\varphi_A = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

式中， φ_A ——A点的电位（V）；

W ——电场力移动电荷所做的功（J）；

Q ——电荷量（C）。

电路中某一点电位的高低与参考点的选择有关。参考点不同，各点的电位也就不同。习惯上取大地为零电位点，电子电路中常以机壳为参考点。图1—5是接零电位点的符号。

电路中某两点的电位之差，称为电压，用“U”表示。

例如在图1—4中可得

$$\begin{aligned} U_{AB} &= \varphi_A - \varphi_B \\ &= \frac{W_A}{Q} - \frac{W_B}{Q} \end{aligned}$$

$$= \frac{W_A - W_B}{Q} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-3)$$

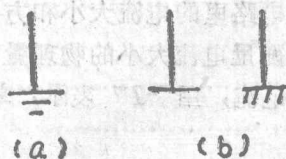


图1—5 电路接零电位符号

(a) 接地 (b) 接机壳

式中， W_{AB} ——电场力将正电荷Q从A点移到B点所做的功。

电压的单位是伏特，简称伏，用“V”表示。电压较高时用千伏（KV），较低时用毫伏（mV）做单位。

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

$$1V = 10^3 mV$$

电压的测量用电压表，电压表是并联在电路中（电流表是串联在电路中）。直流电压的测量也要注意极性的正负，不能接错。

在直流电路中，任意两点之间的电压只与这两点（起、终）的位置有关，而与电荷移动的路径无关。

2. 电动势

电动势表示电源将其他形式的能量转换成电能的本领。我们把正电荷 Q 在局外力作用下从电源负极经电源内部移到正极，局外力所做的功 W_{BA} 和被移动电荷量 Q 的比称为电源的电动势。即

$$E = \frac{W_{BA}}{Q} \quad (1-4)$$

式中， E ——电源的电动势（ V ）；

W_{BA} ——局外力做的功（ J ）。

电源内部的电路叫内电路，电源以外的电路称外电路。在内电路中，正电荷在局外力作用下从低电位移到高电位，即电流从电源的负极流向正极。电动势的方向是从负极指向正极，如图1—7所示。在外电路中，电流从高电位流向低电位，即从正极流向负极。因电流是电位差产生的，故电压的方向是从正极指向负极。

综上所述，电动势和电压有同一单位（伏特），但有以下几点不同：电动势是局外力在电源内部将非电能转变成电能的本领，电动势方向是电位升高的方向；电压则表示电路中电场力作功的本领，是电位降的方向。所以它们的物理意义不同，方向也不相同。此外，电动势仅存在于电源的内部，而电压则存在于整个闭合电路之中。

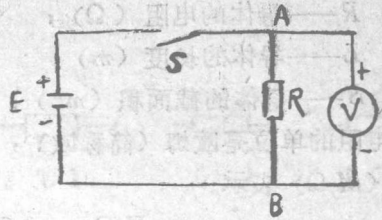


图1—6 电压的测量

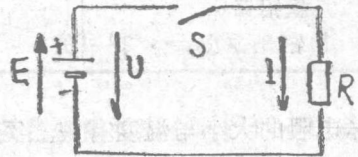


图1—7 电流、电压和电动势的方向

第二节 电阻·欧姆定律

前面讨论了电动势、电压和电流的概念，现在要讨论它们之间的相互关系，并且要涉及到一个电的重要参数——电阻。

一、电阻

电流通过金属导体时，定向运动的电子会与导体中带电粒子发生碰撞，失去能量，放出热来。导体对电流呈现这种阻碍作用，称为导体的电阻，用“ R ”表示。常用金属导体的电阻计算公式为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中, R ——导体的电阻 (Ω);
 L ——导体的长度 (m);
 S ——导体的截面积 (m^2);

电阻的单位是欧姆 (简称欧), 用 “ Ω ” 表示, 电阻的单位也可用千欧 ($K \Omega$) 或兆欧 ($M \Omega$) 表示。

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

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

导体的电阻率 ρ 是指长度为 $1m$, 截面积为 $1m^2$ 的导体在温度为 $20^\circ C$ 时具有的电阻值。一些常用金属材料的电阻率及温度系数如表 1-1 所示。

常用材料的电阻率及温度系数

表 1-1

材 料 名 称	20°C时的电阻率 ($\Omega \cdot m$)	电阻温度系数 ($1/^\circ C$)
银	0.0165×10^{-6}	0.0036
铜	0.0175×10^{-6}	0.0040
铝	0.0283×10^{-6}	0.0042
低碳钢	0.12×10^{-6}	0.0042
碳	10×10^{-6}	-0.0005
锰铜	0.42×10^{-6}	0.000005
康铜	0.49×10^{-6}	0.000005
镍铬	1.08×10^{-6}	0.00013
铁铝铬	1.35×10^{-6}	0.00005
铂	0.105×10^{-6}	0.00389

导体电阻的大小与温度有关。实验指出: 温度在 $0^\circ C \sim 100^\circ C$ 范围内, 金属导体每欧电阻的变化量 ($\frac{R_2 - R_1}{R_1}$) 与温度变化量 ($t_2 - t_1$) 近似地成正比, 即

$$\frac{R_2 - R_1}{R_1} = \alpha (t_2 - t_1) \quad (1-6)$$

$$\text{或} \quad R_2 = R_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)] \quad (1-7)$$

式中, t_1 ——变化前导体的温度 ($^\circ C$);

t_2 ——变化后导体的温度 ($^\circ C$);

R_1 ——导体在 $t_1^\circ C$ 时的电阻值 (Ω);

R_2 ——导体在 $t_2^\circ C$ 时的电阻值 (Ω);

α ——导体的电阻温度系数 ($1/^\circ C$)。

绝大部分金属材料当温度升高时, 电阻值增大, 它们的温度系数 α 为正值, 也有少数材料, 温度升高时电阻减小, 它们的温度系数 α 为负值。

电阻的倒数称为电导, 用 “ G ” 表示。单位为西门子, 简称西 (S)。表达式是:

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-8)$$

常用的电阻元件称电阻器，简称电阻，可分为固定电阻和可变电阻两大类。电阻的图形符号如图1—8所示。

测量电阻的仪表有两种，一种是欧姆表（或万用表的欧姆档），使用方便，但测量精度较差；另一种是电桥（凯尔文电桥、惠斯登电桥和万能电桥等），测量精度较高，但测量方法较复杂。

二、欧姆定律

欧姆定律是分析计算电路的最基本定律，应用时有下列形式。

1. 一段电阻电路的欧姆定律

一段电阻电路（不含源电路）是指仅有电阻的一段电路，不包含电源，如图1—9所示。实验指出：电阻中的电流、电压有下列数学表达式

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-9)$$

或 $U = IR$

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

式中， I ——电流（A）；

U ——电压（V）；

R ——电阻（Ω）。

2. 全电路欧姆定律

电源、负载、联接导线和其它电器元件或电气设备组成的闭合回路叫全电路，如图1—10所示。当电流在闭合回路里流动时，不但在负载及联接导线上产生电压降，在电源上也产生电压降。因为电源本身也有一定的电阻 r_0 ，叫做电源内电阻。实践证明，闭合回路的电流与电源的电动势成正比，与闭合回路的总电阻成反比，这就是全电路的欧姆定律。表达式是：

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-10)$$

式中， I ——电流（A）；

E ——电源的电动势（V）；

R ——负载电阻（Ω）；

r_0 ——电源的内电阻（Ω）。

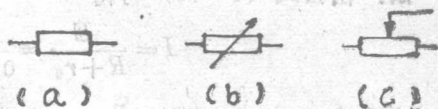


图1—8 电阻的图形符号

a) 固定电阻 b) 可变电阻

c) 滑动触点电位器

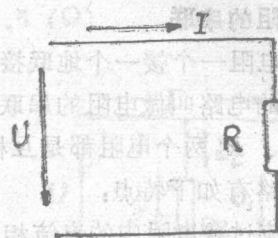


图1—9 一段电阻电路

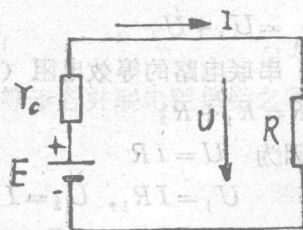


图1—10 全电路

根据欧姆定律, 如果电路中只有一个未知量, 可以由已知量方便地求出。

〔例1—1〕如图1—10所示电路, 已知电源的电动势 $E=24V$, 内阻 $r_0=0.01\Omega$, 负载电阻 $R=0.39\Omega$, 求电路中的电流 I 及负载两端的电压 U 。

解: 由公式 (1—10) 可得

$$I = \frac{E}{R + r_0} = \frac{24}{0.39 + 0.01} = \frac{24}{0.4} = 60 \text{ (A)}$$

由公式 (1—9) 可得:

$$U = IR = 60 \times 0.39 = 23.4 \text{ (V)}$$

由计算可知, 当电源有内阻时, 输出电压随电流增大而减小, 内阻越大, 输出电压降低越显著。所以, 希望电源内阻越小越好。

第三节 简单直流电路

在用电设备联接的电路中, 经常有电阻的串联、并联和混联电路, 这样的电路称为简单电路。

一、电阻的串联

将几个电阻一个接一个地联接起来, 中间没有分岔的电路叫做电阻的串联。如图1—11中的 R_1 、 R_2 两个电阻都是互相串联。

串联电路有如下特点:

- (1) 流过各电阻中的电流相等。
- (2) 总电压等于每个电阻上的电压降之和。即

$$U = U_1 + U_2$$

证 $U = \varphi_A - \varphi_C$

$$= (\varphi_A - \varphi_B) + (\varphi_B - \varphi_C)$$

$$= U_1 + U_2$$

- (3) 串联电路的等效电阻 (即总电阻) R 等于各串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2$$

(1—12)

证 因为 $U = IR$

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2$$

即 $IR = IR_1 + IR_2$

$$\therefore R = R_1 + R_2$$

如果有 n 个电阻串联, 则式 (1—12) 变为

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

(1—13)

(4) 根据上述规律可以看出, 串联电路有分压的作用。即总电压分别降落在各电阻上, 而且各电阻上的电压与该电阻值成正比。

因为
$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$$

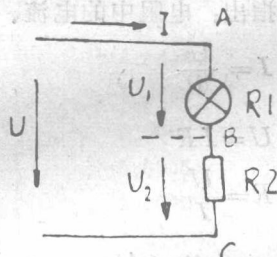


图1—11 电阻串联电路

$$\therefore \left. \begin{aligned} U_1 &= IR_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \\ U_2 &= IR_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \\ U_3 &= IR_3 = U \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

式中 $\frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}, \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}, \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$ 称为分压系数

〔例1—2〕有一照明灯电压为 $U_1 = 24V$ ，电阻 $R_1 = 15\Omega$ ，现要将它接到电压为 $U = 36V$ 的电源上使用，问应串多大的降压电阻 R_2 （见图1—11）。

解 由式 (1—14) 可得

$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{则 } \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\therefore R_2 = \frac{U_2 R_1}{U_1} = \frac{(U - U_1) R_1}{U_1} = \frac{12 \times 15}{24} = 7.5 (\Omega)$$

二、电阻的并联

若干个电阻的首尾两端分别连接在相同的两点之间称为并联。图1—12是电阻并联电路。

并联电路有如下特点：

(1) 电路总电流等于各支路电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (1-15)$$

(2) 并联电阻两端电压相等，即

$$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = U \quad (1-16)$$

(3) 并联电路的等效电阻（总电阻） R 的倒数等于各并联电阻倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1-17)$$

证 因为 $I = \frac{U}{R}$

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3} \dots\dots$$

$$I_n = \frac{U}{R_n}$$

$$\text{又 } I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

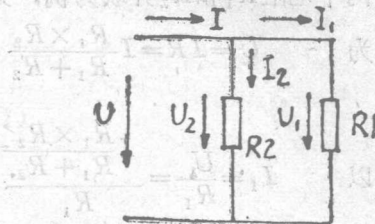


图1—12 电阻并联电路

$$\text{故 } \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \cdots + \frac{U}{R_n}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

若 n 个并联电阻的值相等, 即

$$R_1 = R_2 = R_3 = \cdots = R_n, \text{ 则}$$

$$\frac{1}{R} = n \frac{1}{R_1}$$

$$\text{即 } R = \frac{R_1}{n} \quad (1-18)$$

可见并联电阻愈多, 总电阻愈小。而且并联电路的总电阻小于任何一个并联电阻的值。

当 $n=2$ 时, 即两个电阻并联, 其等效电阻为

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (1-19)$$

(4) 并联电路有分流作用。且电阻值愈小, 流过的电流越大。

以两个电阻 R_1 和 R_2 并联为例, 分析如下:

$$\text{因为 } U = IR = I \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{所以 } I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{I \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}}{R_1} = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{I \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}}{R_2} = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1-20)$$

式中: $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 和 $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 称为分流系数。

用电设备在线路中通常都是并联的。并联供电可以对各支路的用电设备提供相同的电压, 各支路的接通或断开也互不影响。由于并联电路各支路按一定分流比分流, 为此可以在电流表两端并接分流电阻 (简称分流器), 以扩大电流表的量程。合理选用分流电阻, 可以制成不同量程的电流表。

〔例1-3〕某电表内阻 $R_0 = 3750 \Omega$, 最大允许电流 $I_m = 40 \mu A$, 当被检测电流为 $50 \mu A$ 时, 需并电阻 R 的阻值为多少?

解: 并联电阻两端的电压和电表两端电压相等, 即 $I_m R_0$, 并联电阻通过的电流为 $I - I_m$, 所以

$$R = \frac{I_m R_0}{I - I_m} = \frac{40 \times 10^{-6} \times 3750}{(50 - 40) \times 10^{-6}}$$

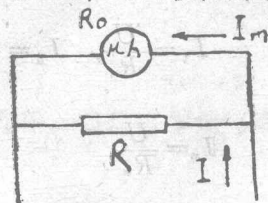


图1-13 例1-3电路

$$R_3 = 15K\Omega$$

三、电阻的混联

既有电阻串联又有电阻并联的电路，称为电阻的混联电路，如图1—14所示。

计算混联电路的步骤可以归纳如下：

1. 根据电阻串、并联的计算方法，可将电路逐步化简，最后可求得电路总等效电阻，在下式中，“+”号置于任何两电阻之间表示两电阻相串联，“//”号置于两电阻之间表示它们相并联。

$$R = R_1 + (R_2 // R_3) = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

2. 用欧姆定律求出总电流

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

3. 根据总电流求各支路电流。

〔例1—4〕如图1—14所示，已知 $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 20\Omega$ ， $R_3 = 30\Omega$ ， $U = 220V$ ，求流过各电阻的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 各为多少？

解：总等效电阻

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 10 + \frac{20 \times 30}{20 + 30} = 22 (\Omega)$$

流过 R_1 的电流

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{220}{22} = 10 (A)$$

根据分流公式求 R_2 和 R_3 上流过的电流 I_2 和 I_3

$$I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 10 \times \frac{30}{20 + 30} = 6 (A)$$

$$I_3 = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 10 \times \frac{20}{20 + 30} = 4 (A)$$

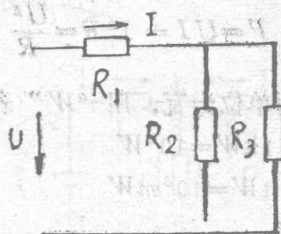


图1—14 电阻的混联

第四节 电功率和电能

电流通过电动机带动机器工作，通过电灯发光，通过电炉产生热量，这说明电流做了功，做功的过程中是将电能转换成其他形式的能量。

一、电功率

电功率是用以衡量电能转换速度的物理量，说明设备做功的能力。电功率 P 等于电流在单位时间（1秒）内所做的功。如果在时间为 t 秒内电流做的功是 W ，则功率

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UQ}{t} = UI \quad (1-21)$$

或

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-22)$$

电功率的单位为瓦，用“W”表示。生产中还常用千瓦(kW)、毫瓦(mW)等

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

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

二、电能

电能是电流在一段时间 t 内所做的功。因功率为 P ，以小时(h)计时间，则

$$W = Pt = UIt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-23)$$

式中， W ——电能(kW·h)；

P ——电功率(kW)；

t ——时间(h)。

电能用电度表测量，电度表有单相和三相之分，单位是千瓦·小时，符号为(kW·h)。

〔例1—5〕一台电阻炉，接在220V电路中，测得电流为9A，求这台电炉消耗的功率。若每天工作8小时，求每天消耗多少电能？

解：根据(1—21)式，电炉消耗的功率是：

$$P = UI = 220 \times 9 = 1980 \text{ (W)}$$

$$\approx 2 \text{ kW}$$

根据(1—23)式得

$$W = Pt \approx 2 \times 8 = 16 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

三、电流的热效应和电气设备的额定值

1. 电流的热效应

电能电阻元件中转变成热能，从而使它的温度升高，这种现象称为电流的热效应。电流 I 流过电阻 R 时，在时间 t 内，电能全部变成热能。

$$Q = UIt = I^2 R t \quad (1-24)$$

式中， Q ——热量(焦耳J)。

2. 电气设备的额定值

电流的热效应可以用来产生热量，控制温度，但是它对很多电气设备不利。例如变压器和电动机之类的用电设备，通过线圈的电流在其电阻上产生热量，使温度升高。如果产生的热量过多，或热量来不及散失，将产生温升过高致使绝缘损坏。因此，受绝缘材料允许温度的限制，长时间连续工作的电气设备，必须限制其电流，这个限定的电流称为电气设备的额定电流 I_N 。为了使设备安全运行，还规定了额定电压 U_N ，额定功率 P_N 等设计值。

额定电压是指用电设备工作时，允许承受电压的限值。额定功率是指设备长时间工作时能承受的最大功率。