

建筑企业专业管理人员岗位资格培训教材

# 建筑电工 知识

祁政敏 编

中国环境科学出版社

建筑企业专业管理人员岗位资格培训教材

# 建筑电工知识

祁政敏 编

中国环境科学出版社

·北京·

**(京)新登字 089 号**

### **内 容 简 介**

本书是经建设部人事教育劳动司审定的建筑企业专业管理人员岗位资格培训教材之一。全书以中小型建筑机械和一般施工工地的需要为主,介绍了常用的实用电工技术和必要的理论知识。主要内容有:正弦交流电路、电子技术基础知识、三相异步电动机、变压器、交流电动机的控制电路、车用电器、供电、常用电工仪表和安全用电。为了便于教学与自学者掌握重点和难点,各章附有复习思考题。

本书除作为岗位培训教材外,还可作建筑类中等职业技术学校、职工中专、职业高中和各类培训班的教学用书以及施工技术人员、工人的学习参考书。

## **建筑企业专业管理人员岗位资格培训教材 建筑电工知识**

祁政敏 编

\*

中国环境科学出版社出版

(100062 北京崇文区北岗子街 8 号)

大厂县兴源印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

\*

1994 年 12 月第 一 版 开本 787×1092 1/16

1995 年 9 月第二次印刷 印张 10 1/2

印数 10501—35000 字数 268 千字

ISBN-7-80010-377-3/G·124

**定价:13.00 元**

## 出 版 说 明

1987年由建设部干部局、建设部远距离教育中心组织编审,1988年由中国环境科学出版社出版的建筑企业专业管理人员岗位培训教材自出版以来,在建筑施工企业岗位培训工作中,发挥了重要的作用,但也存在一定的不足,特别是这套教材出版以来的6年中,我国的社会主义建设事业发生了巨大变化,科学技术日新月异。原来的教材已不适应社会主义市场经济和建筑施工企业岗位资格培训的需要,也不符合1987年以来颁布的新法规、新标准、新规范。为此我司决定对通用性强、培训工作急需的23种教材,进行修订或重新编写。经修订或重新编写的教材,基本上能满足建筑施工企业关键岗位培训工作的需要。

经修订或重新编写的这套教材,定名为建筑企业专业管理人员岗位资格培训教材。它是根据经审定的大纲和在总结前一套教材经验的基础上以及广大读者、教师、工程技术人员在使用中的意见和建议,结合改革开放形势发展的需要,按照科学性、先进性、针对性、实用性、适当超前性和注重技能培训的原则,进行修订和编写的。部分教材进行了大幅度的删减。为适应在职职工自学的要求,这套教材每章均附有小结、复习思考题和必要的作业题。

这套教材修订、新编的具体工作,由中国建设教育协会继续教育委员会负责组织。在编写、出版过程中,各有关院校、设计、施工、科研单位,为保证教材质量和按期出版,作出了不懈的努力,谨向这些单位致以谢意。

希望各地在使用过程中提出宝贵意见,以便不断提高建筑企业专业管理人员岗位资格培训教材的质量。

建设部人事教育劳动司

1994年8月

## 前 言

本书是建筑企业专业管理人员岗位资格培训成套教材之一,供培训建筑机械员和全员使用。

岗位培训的原则是,干什么学什么,缺什么补什么,学用结合,学以致用和以自学为主。据此,本书以中小型建筑机械为主,以一般施工工地为主,介绍了常用的实用技术和必要的理论知识,叙述力求通俗易懂,每章后面附有思考题和作业。

本书力求反映新技术、新设备、新标准和新规范。但在电气图形符号和文字符号方面,由于我国处于新旧交替时期,读者对新旧符号都应该掌握,故本书中几种定型产品的控制电路图仍保留了旧符号。

由于各地的情况差别较大,本书不一定完全适合各地的需要,各地可以根据自己的实际情况增删一些内容。

本书的编写得到了建设部人事教育劳动司、中国环境科学出版社、建设部干部学院和中国建设教育协会领导和专家的大力支持和具体指导。李淑梅、王清莲描绘了本书的大部分插图和抄写了部分文稿,编者向上述单位和个人表示衷心的感谢!

编写岗位资格培训教材在我国仍是一项探索性的工作,对编者本人来说是一种尝试。加上本人水平有限和时间紧迫,书中定有不妥甚至错误的地方。编者恳请广大读者不吝指教。

编 者

1994年8月

# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| <b>第一章 直流电路</b> .....     | (1)  |
| 第一节 几个基本概念 .....          | (1)  |
| 第二节 欧姆定律和电阻串并联电路 .....    | (3)  |
| 第三节 电 位 .....             | (8)  |
| <b>第二章 电磁现象</b> .....     | (13) |
| 第一节 几个基本概念 .....          | (13) |
| 第二节 电流的磁场和磁路欧姆定律 .....    | (14) |
| 第三节 磁场对载流导体的作用 .....      | (16) |
| 第四节 电磁感应 .....            | (17) |
| 第五节 自感、互感和涡流 .....        | (18) |
| <b>第三章 正弦交流电路</b> .....   | (21) |
| 第一节 正弦交流电概述 .....         | (21) |
| 第二节 正弦交流电的表示法 .....       | (22) |
| 第三节 纯电阻电路 .....           | (25) |
| 第四节 纯电感电路 .....           | (27) |
| 第五节 纯电容电路 .....           | (29) |
| 第六节 $R$ 、 $L$ 串联电路 .....  | (33) |
| 第七节 功率因数的提高 .....         | (35) |
| 第八节 三相交流电源 .....          | (37) |
| 第九节 三相负载的联接方法 .....       | (38) |
| <b>第四章 电子技术基础知识</b> ..... | (46) |
| 第一节 半导体二极管 .....          | (46) |
| 第二节 整流电路 .....            | (48) |
| 第三节 滤波电路 .....            | (50) |
| 第四节 稳压管和稳压电路 .....        | (51) |
| 第五节 半导体三极管 .....          | (52) |
| 第六节 交流放大器 .....           | (55) |
| 第七节 晶闸管和可控整流电路 .....      | (57) |
| 第八节 自动控制基本原理 .....        | (59) |
| <b>第五章 三相异步电动机</b> .....  | (64) |
| 第一节 三相异步电动机的构造 .....      | (64) |
| 第二节 三相异步电动机的工作原理 .....    | (65) |
| 第三节 三相异步电动机的技术指标 .....    | (66) |
| 第四节 三相异步电动机的机械特性 .....    | (67) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第五节 三相异步电动机的选择、维修和安全使用 ..... | (68)  |
| <b>第六章 变压器</b> .....         | (73)  |
| 第一节 变压器的工作原理 .....           | (73)  |
| 第二节 变压器的构造、型号和技术指标 .....     | (75)  |
| 第三节 自耦变压器和交流电焊机 .....        | (77)  |
| 第四节 变压器的安全使用 .....           | (78)  |
| <b>第七章 低压电器</b> .....        | (81)  |
| 第一节 几个基本概念 .....             | (81)  |
| 第二节 插头、插座和开关 .....           | (82)  |
| 第三节 熔断器 .....                | (84)  |
| 第四节 接触器 .....                | (85)  |
| 第五节 继电器 .....                | (87)  |
| 第六节 主令电器 .....               | (88)  |
| 第七节 低压电器的安全使用 .....          | (88)  |
| <b>第八章 交流电动机的控制电路</b> .....  | (92)  |
| 第一节 交流电动机的启动电路 .....         | (92)  |
| 第二节 交流电动机的制动电路 .....         | (95)  |
| 第三节 交流电动机的正反转和调速电路 .....     | (97)  |
| 第四节 安全保护电路 .....             | (98)  |
| 第五节 整机控制电路实例 .....           | (102) |
| <b>第九章 车用电路</b> .....        | (105) |
| 第一节 电源电路——蓄电池和发电机 .....      | (105) |
| 第二节 电源电路——调节器 .....          | (106) |
| 第三节 启动电路 .....               | (109) |
| 第四节 点火电路 .....               | (110) |
| 第五节 整机电路实例 .....             | (112) |
| <b>第十章 供电</b> .....          | (115) |
| 第一节 高压电器 .....               | (115) |
| 第二节 供电线路 .....               | (117) |
| 第三节 供电安全 .....               | (119) |
| <b>第十一章 常用电工仪表</b> .....     | (122) |
| 第一节 电工仪表的技术指标 .....          | (122) |
| 第二节 直读式仪表的测量原理 .....         | (123) |
| 第三节 电流表、电压表、欧姆表和万用表 .....    | (126) |
| 第四节 电工仪表的使用安全 .....          | (134) |
| <b>第十二章 安全用电</b> .....       | (136) |
| 第一节 接地与接零 .....              | (136) |
| 第二节 雷击 .....                 | (140) |
| 第三节 人体触电和漏电保护器 .....         | (143) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第四节 电气火灾和电气爆炸 .....          | (149) |
| 第五节 安全用电的一般规律 .....          | (151) |
| 第六节 《施工现场临时用电安全技术规范》简介 ..... | (152) |
| 附录 电气图常用图形符号 .....           | (154) |
| 主要参考书目 .....                 | (157) |

# 第一章 直流电路

本章简要复习直流电路知识:基本概念;欧姆定律和电阻的串、并联电路;穿插介绍了常用电量的单位。这些内容是最基本的电工知识,要求学员掌握。本章还介绍了电位的概念及计算,供选学。

## 第一节 几个基本概念

**电荷** 电荷是带电的粒子,它分为正、负电荷两种。同性电荷相斥,异性电荷相吸。

**电流** 导体中的电荷作定向移动就形成了电流。正电荷的移动方向和负电荷的移动方向相反,规定正电荷的移动方向为电流的方向。

电流的强弱用电流强度(符号为  $I$ )来表示, $I$  的计算主单位是安培(A)。若 1 秒钟内通过导体任一截面的电量为 1 库仑(C),则称此时通过导体的电流  $I=1\text{A}$ 。 $I$  的常用倍数单位有千安(kA)、毫安(mA)和微安( $\mu\text{A}$ )。k 表示  $10^3$  倍,m 表示  $10^{-3}$  倍, $\mu$  表示  $10^{-6}$  倍。

**电源、电动势和电压** 电源是向外提供电能的装置,如发电机、蓄电池和干电池等。

电源的两端分别聚集着正电荷和负电荷,它们具有向外提供电能的能力,这时我们说电源具有电动势( $E$ ), $E$  是表示电源供电能力的主要物理量之一。规定电流流出的那一端为  $E$  的正极,反之为负极。 $E$  的方向规定为:在电源内部从负极指向正极,见图 1-1。

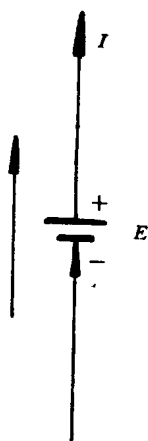


图 1-1 电动势的极性和方向

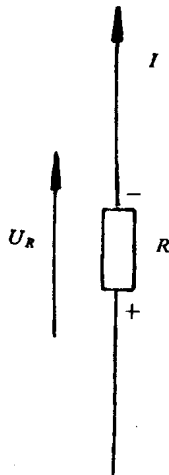


图 1-2 电压的极性和方向

电流流过负载时,在负载两端测得的电压称负载电压降( $U$ ),简称电压。规定电流流入的一端为正极,反之为负极。 $U$  的方向规定为从正极指向负极,见图 1-2。

注意  $E$  和  $U$  的区别和联系: $E$  是电源两端的开路电压, $U$  是电路闭合时负载两端的电压。

$E$  和  $U$  的计算主单位是伏特(V),常用的倍数单位有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏( $\mu$ V)。

**电阻** 电流在物体中流动时遇到的阻力称电阻( $R$ ), $R$  的计算主单位是欧姆( $\Omega$ ),常用的倍数单位有千欧(k $\Omega$ )和兆欧(M $\Omega$ ),M 表示  $10^6$  倍。线电阻用下式(电阻定律)计算:

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

式中, $L$ ——导线的长度,单位(以下把计算主单位简称为单位)为米(m);

$S$ ——导线的横截面积,单位为平方毫米( $\text{mm}^2$ );

$\rho$ ——电阻率,单位为  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

电阻率是指在温度为  $20^\circ\text{C}$  时,长 1m,截面为  $1\text{mm}^2$  的导体的电阻值。不同材料的导体有不同的  $\rho$  值, $\rho$  值在有关书籍中可以查到。

**导体、半导体和绝缘体** 能很好传导电流的物体叫导体;基本上不能传导电流的物体叫绝缘体;介于二者之间的物体称为半导体。三者之间没有绝对界限。外界条件(如湿度大、灰尘大、温度高等)和自然老化会使绝缘体的绝缘性能大大降低,我们称之为绝缘劣化。

**电路** 最基本的电工电路由电源、导线、负载和控制器组成,见图 1-3。表示电路联接情况的图称电路图。常用的电灯、电动机、电热器、电冰箱和电视机等都是负载。在电源的作用下,回路中流有电流。电流流过负载使负载发热、发光和产生动力等。电子电路当然复杂得多。

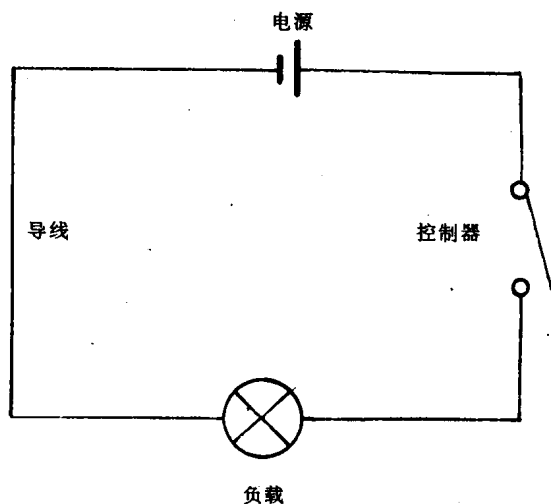


图 1-3 基本的电路图

**电能** 电流流过负载时电源对负载做了功。即电源通过电流把电能传输给负载,负载把电能变成为光能、热能和机械能等。这部分电能的计算公式为:

$$A = UI t \quad (1-2)$$

式中, $U$ ——负载电压(单位为已经讲过的主单位时不做说明,下同);

$I$ ——负载电流;

$t$ ——电流流过负载作功的时间,单位为秒;

$A$ ——电能,单位为焦耳(J)。

电能的常用单位还有千瓦·小时( $\text{kW} \cdot \text{h}$ ),俗称度,它是功率为 1kW

的负载工作 1 小时所消耗的电能。 $1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6\text{MJ}$ (兆焦)。

**电功率** 电源单位时间内对负载做的功称为电功率( $P$ ), $P$  的计算公式为:

$$P = UI \quad (1-3)$$

式中: $P$  的单位是瓦特(W),倍数单位有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等。 $U$  和  $I$  的含义同上。

**焦耳定律** 电流  $I$  流过电阻  $R$ , 就会把电能变为热能, 若电流流过电阻的时间为  $t$  秒,  $R$  的端电压为  $U$ , 则这部分热能  $Q$  的计算公式(焦耳定律)为:

$$Q = I^2 R t \quad (1-4)$$

热能的单位和电能的单位一样也是焦耳。历史上定义热量的单位为卡(cal), 1cal = 4.1868J, 倍数单位有千卡(kcal), 千卡又称“大卡”。

**短路** 如果电源通向负载的两根导线不经负载而直接接通, 则我们说电路发生了短路。短路有完全短路、部分短路、外部短路和内部短路之分。这时电路中的电流剧增, 发热量剧增, 会直接造成导线和设备过热损坏, 还会造成火灾、人员触电等次生灾害。

## 第二节 欧姆定律和电阻串并联电路

### 一、欧姆定律

欧姆定律反映了电路中电压、电流和电阻之间的关系, 是电路最基本的定律。

**一段线路的欧姆定律** 设一个电阻  $R$  上的电压降(简称电压)为  $U$ , 其中流过的电流为  $I$ , 则各量之间的关系(一段线路的欧姆定律)为:

$$U = IR \quad (1-5)$$

**例 1-1** 某半导体收音机工作时, 测得其电源端电压为 3V, 并测得其静态电流(没有电台信号时的电流)为 10mA, 求该收音机的等效电阻为多少?

解: 收音机打开时测得的电源端电压实际是负载电压, 所以  $U = 3V$ , 又知,  $I = 10mA = 0.01A$ , 据式(1-5)得

$$\begin{aligned} R &= \frac{U}{I} \\ &= \frac{3}{0.01} \\ &= 300(\Omega) \end{aligned}$$

**全电路欧姆定律** 全电路欧姆定律用于计算闭合回路, 其表达式为:

$$\Sigma E = I \Sigma R \quad (1-6)$$

式中,  $\Sigma E$ ——电动势的代数和;

$\Sigma R$ ——总电阻。

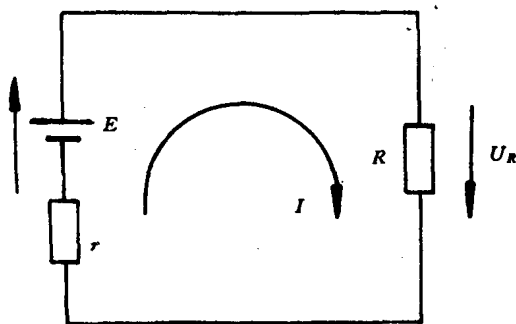


图 1-4 例 1-2 图

**例 1-2** 在图 1-4 中  $E = 12V$ ,  $R = 9.5\Omega$ , 电源内阻  $r = 0.5\Omega$ , 求回路电流  $I$ 、负载电压  $U_R$  和内阻电压  $U_r$ , 并讨论  $E$ 、 $U_R$ 、 $U_r$  之间的关系。

解: 电源是有内阻的, 当需要考虑电源内阻时, 电源要用电源符号和一个电阻相串联来表示。

应用全电路欧姆定律解题时, 首先标出  $E$  的方向, 然后任意假定回路电流  $I$  和  $U_R$  的方向, 最好选  $I$  和  $E$  的方向一致, 选  $U_R$  的方

向和  $I$  的方向一致。 $E$  和  $U$  的方向和假定  $I$  的方向一致时取正,反之取负。计算完毕后, $U$  和  $I$  的值为正,说明  $U$  和  $I$  的实际方向和假定方向一致,反之说明相反。

$E$ 、 $I$  的假定方向如图所示, $I$  和  $E$  的方向一致, $U_R$  和  $I$  的方向也一致。

$$\Sigma E = E$$

又,

$$\Sigma R = R + r$$

$\therefore$

$$\begin{aligned} I &= \Sigma E / \Sigma R = \frac{E}{R + r} \\ &= \frac{12}{9.5 + 0.5} \\ &= 1.2(\text{A}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_R &= I \cdot R = 1.2 \times 9.5 \\ &= 11.4(\text{V}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_r &= I \cdot r = 1.2 \times 0.5 \\ &= 0.6(\text{V}) \end{aligned}$$

讨论: $U_R + U_r = 11.4 + 0.6 = 12(\text{V}) = E$ 。这说明电路闭合时电源电压大部分降落在负载上,小部分降落在内阻上。由于内阻要分掉小部分电压,所以负载电压小于电动势。

**例 1-3** 在图 1-5 中,已知  $E_1 = 12\text{V}$ ,  $E_2 = 6\text{V}$ ,  $r_1 = r_2 = 0.5\Omega$ ,  $R = 17\Omega$ , 求  $U_R$

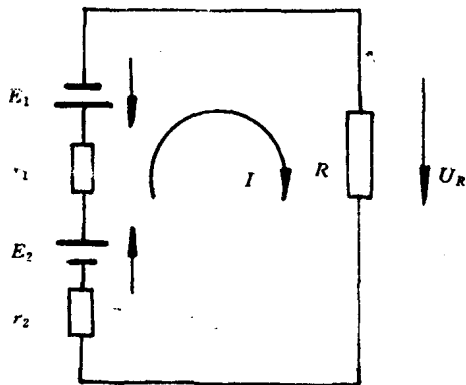


图 1-5 例 1-3 图

解:在图 1-5 中,先标出  $E$  的方向和任意选定  $I$ 、 $U_R$  的方向。

$\therefore$

$$\Sigma E = -E_1 + E_2$$

$$\Sigma R = R + r_1 + r_2$$

$\therefore$

$$\begin{aligned} I &= \Sigma E / \Sigma R = (-E_1 + E_2) / (R + r_1 + r_2) \\ &= (-12 + 6) / (17 + 0.5 + 0.5) \\ &= -0.33(\text{A}) \end{aligned}$$

$\therefore$

$$\begin{aligned} U_R &= IR = -0.33 \times 17 \\ &= -5.6(\text{V}) \end{aligned}$$

$U_R$  为负值,说明  $U_R$  的实际方向与图中标出的方向是相反的。

## 二、电阻的串联电路

把若干个电阻相联、而剩下一个首端和一个尾端与电源相联的接法称为串联,如图

1-6 所示,该电路有如下特点:

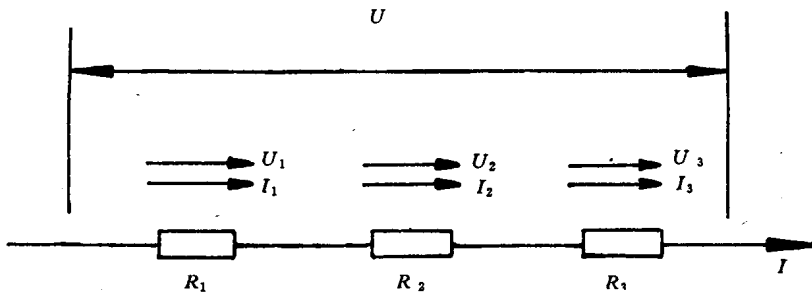


图 1-6 电阻串联电路

1. 电路中的电流强度处处相等,即

$$I_1 = I_2 = I_3 = I \quad (1-7)$$

2. 总电压等于各电阻电压的代数和,即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (1-8)$$

3. 各电阻分得的电压  $U_i$  与其阻值成正比,即

$$U_i = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot U \quad (1-9)$$

式中,  $i=1, 2, 3$

4. 总电阻(等效电阻)  $R$  等于各电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-10)$$

5. 总消耗功率  $P$  等于各电阻消耗功率之和,即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1-11)$$

### 三、电阻的并联电路

几个电阻一起接在两个相同节点之间的联接方式称为并联,如图 1-7 所示。并联电路的特点如下。

1. 各电阻承受的电压相等,即

$$U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} = U \quad (1-12)$$

2. 总电流等于并联各支路电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1-13)$$

3. 各支路分得的电流与支路电阻的倒数(即电导)成正比,即

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} \quad (1-14)$$

对于两个电阻  $R_1$ 、 $R_2$  并联的电路

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I \quad (1-15)$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I \quad (1-16)$$

4. 等效电阻(总电阻)比每一个电阻都小,其倒数等于各电阻的倒数之和,即

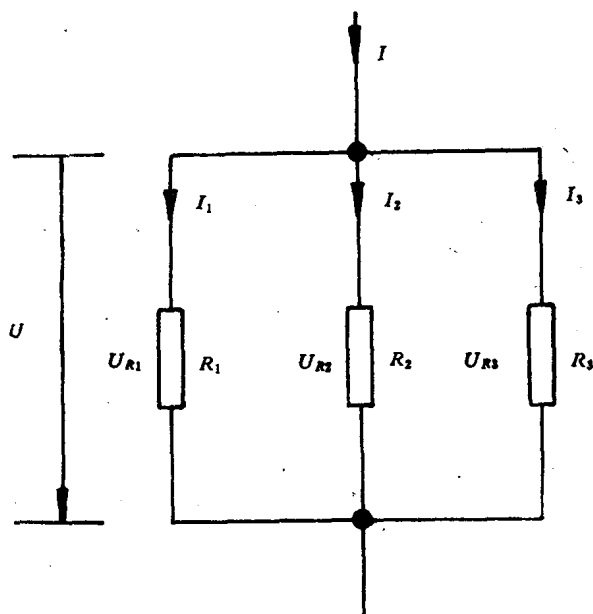


图 1-7 电阻并联电路

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

若有  $n$  个相同的电阻  $R_0$  并联在一起, 则等效电阻  $R = R_0/n$  (1-18)

对于只有两个电阻  $R_1, R_2$  并联的电路, 其等效电阻为

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

5. 总消耗功率等于各电阻消耗功率之和, 即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1-20)$$

**例 1-4** 求图 1-8 中开关  $K$  打开和闭合时  $a, b$  间的等效电阻  $R_K$  和  $R_0$ , 已知  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 30\Omega, R_5 = R_6 = 60\Omega$ 。

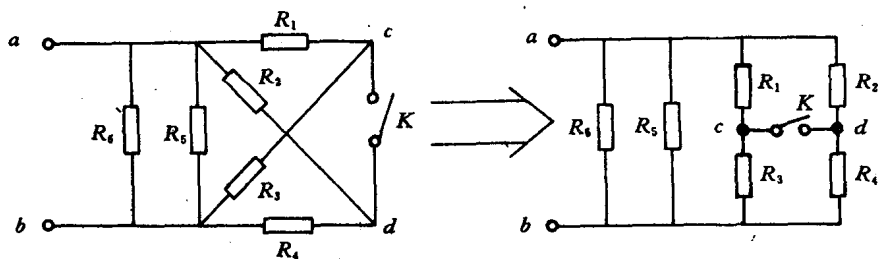


图 1-8 例 1-4 图

**解:** 图 1-8 的电阻既有串联又有并联, 称为混联电路。当混联电路的串并联关系不容易看清楚时, 可以采用“顺藤摸瓜”的办法改画电路图, 使串并联关系一目了然。

1. 当  $K$  打开时:

$$\frac{1}{R_K} = \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{R_2 + R_4}$$

$$= \frac{1}{60} + \frac{1}{60} + \frac{1}{30+30} + \frac{1}{30+30}$$

$$= \frac{1}{15} (\Omega)$$

$\therefore R_K = 15(\Omega)$

2. 当  $K$  闭合时,  $R_1$  与  $R_2$  并联,  $R_3$  与  $R_4$  并联之后又串联在一起, 故

$$\frac{1}{R_b} = \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}}$$

$$= \frac{1}{60} + \frac{1}{60} + \frac{1}{\frac{30 \times 30}{30 + 30} + \frac{30 \times 30}{30 + 30}} = \frac{1}{15} (\Omega)$$

$\therefore R_b = 15(\Omega)$

例 1-5 在图 1-9 中,  $U = 24V$ ,  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 10\Omega$ ,  $R_3 = 20\Omega$ , 求  $I_3$ 。

解: 先求  $U_{ab}$ , 根据串联电路的分压公式得:

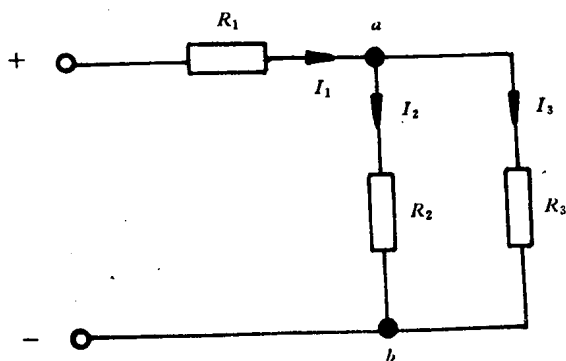


图 1-9 例 1-5 图

$$U_{ab} = \frac{\frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}} \cdot U$$

$$= \frac{\frac{10 \times 20}{10 + 20}}{10 + \frac{10 \times 20}{10 + 20}} \times 24$$

$$= 9.6(V)$$

$$\therefore I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3} = \frac{9.6}{20} = 0.48(A)$$

或先求  $I_1$ :

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{24}{10 + \frac{10 \times 20}{10 + 20}} = 1.44(A)$$

根据并联电路的分流公式得:

$$I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot I_1$$

$$= \frac{10}{10 + 20} \times 1.44$$

$$= 0.48(A)$$

#### 四、电源的串、并联

电源也可以串、并联使用。把几个电源正向串联起来能提高电源电动势, 同时内阻也加大了, 总内阻等于各电源内阻之和。电源并联使用时能增加输出电流, 此时总内阻减小, 等于各电源内阻的并联值。注意: 不要把电动势不同、内阻不同的电源并联使用。把几个旧电源串联起来虽然能提高电动势, 但电路一闭合, 电源的输出电压(即负载电压)值比电动势值小得多。这是因为旧电源的内阻比新电源大得多。

### 第三节 电 位

在分析电路的工作原理时,经常要用到电位概念。任意假定电路的某一点为零电位点,这一点称参照电位点,用符号 $\perp$ 表示。参照电位点在电子线路中称为接地点,仅指任意选定的参照零电位点,与电力工程中的接地含义不同。某一点和参照电位点之间的电压就是那一点的电位。

计算 $a$ 点的电位 $U_a$ 的方法是:任选一条从 $a$ 点到接地点的路径, $a$ 点的电位等于路径上各电阻电压和电动势的代数和。对于电阻电压,其方向和路径方向(从 $a$ 点沿路径指向接地点)一致时取正,反之取负。对于电动势,其方向和路径方向一致时取负,反之为正。 $U_a$ 的值为正,说明 $a$ 点的电位高于零电位,反之说明低于零电位。

**例 1-6** 在图 1-10 中, $U_1=U_2=5\text{V}$ ,设 $c$ 点为参照点,求 $U_a$ 和 $U_b$ 。设 $a$ 点为参照点,求 $U_b$ 和 $U_c$ 。

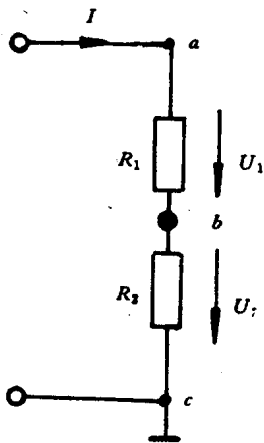


图 1-10 例 1-6 图

|      |                                                |
|------|------------------------------------------------|
| 解: 设 | $U_c = 0(\text{V})$                            |
| 则    | $U_b = U_2 = 5(\text{V})$                      |
|      | $U_a = U_1 + U_2 = 5 + 5 = 10(\text{V})$       |
| 设    | $U_a = 0(\text{V})$                            |
| 则    | $U_b = -U_1 = -5(\text{V})$                    |
|      | $U_c = -U_1 + (-U_2) = -5 - 5 = -10(\text{V})$ |

**例 1-7** 选不同的路径,求图 1-11 中的 $U_a$ ,已知 $E=U_3=12\text{V}$ , $U_1=U_2=6\text{V}$   
解:选右侧路径计算结果为:

$$U_a = U_1 = 6(\text{V})$$

选左侧路径计算结果为:

$$U_a = -U_2 + E = -6 + 12 = 6(\text{V})$$

$$\text{或 } U_a = -U_2 + U_3 = -6 + 12 = 6(\text{V})$$

由以上计算我们得出结论:当参照点改变时,电位也发生变化,但任意两点间的电压与接地点的选择无关。或者说,电路中的电位高低是相对的,而两点间电压是绝对的。电

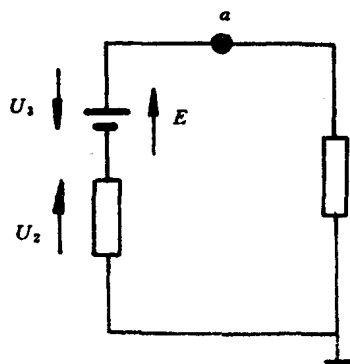


图 1-11 例 1-7 图

位的计算结果与选择的路径无关,自然要选择简单的路径计算。

### 小 结

1. 几个基本概念:电荷,电流,电源,电动势,电压,电阻( $R=\rho \frac{L}{S}$ ),导体、半导体和绝缘体,电路,电能( $A=UI t$ ),电功率( $P=UI=I^2 R=\frac{U^2}{R}$ ),焦耳定律( $Q=I^2 R t$ ),短路。几种电量的单位见表 1-1。注意电动势和电压的方向。

2. 一段线路的欧姆定律: $U=IR$ ;全电路欧姆定律: $\Sigma E=I \Sigma R$ ;欧姆定律的应用是基本功。对于全电路欧姆定律的应用,方向的假定是难点。

3. 电阻串并联电路的特点(各有 5 个)和计算。串并联电路的性能比较见表 1-2。计算混联电路时,首先要采用顺藤摸瓜的方法分清电阻的串并联关系。

4. 电源的内阻,电源的串并联使用。

5. 电位的概念和计算。某一点和参照电位点之间的电压就是那一点的电位。 $a$  点的电位等于从  $a$  点到参照点的任意路径上所有电阻电压和电动势的代数和。计算电位时注意不要把符号搞错。

表 1-1 几种电量的单位

| 名称             | 计算主单位           | 常用倍数单位                        |
|----------------|-----------------|-------------------------------|
| 电流 $I$         | 安培 A            | 千安 kA, 毫安 mA, 微安 $\mu A$      |
| 电动势 $E$ 电压 $U$ | 伏特 V            | 千伏 kV, 毫伏 mV, 微伏 $\mu V$      |
| 电阻 $R$ 电抗 $X$  | 欧姆 $\Omega$     | 兆欧 M $\Omega$ , 千欧 k $\Omega$ |
| 电阻率 $\rho$     | $\Omega mm^2/m$ |                               |
| 电能 $A$         | 焦耳 J            | 千瓦时 kWh(俗称度), $1 kWh=3.6 MJ$  |
| 有功功率 $P$       | 瓦特 W            | 千瓦 kW, 毫瓦 mW                  |
| 无功功率 $Q$       | 乏 var           | 千乏 kvar                       |
| 视在功率 $S$       | 伏安 VA           | 千伏安 kVA                       |
| 电容 $C$         | 法拉 F            | 微法拉 $\mu F$ , 皮法拉 pF          |
| 电感 $L$         | 亨 H             | 毫亨 mH, 微亨 $\mu H$             |
| 相位 $\varphi$   | 弧度 rad          | 度 $1 rad=57.30^\circ$         |

换算关系:M 代表  $10^6$ ,k 代表  $10^3$ ,m 代表  $10^{-3}$ , $\mu$  代表  $10^{-6}$ ,p 代表  $10^{-12}$ 。例如: $1 M\Omega=10^6 \Omega$ , $1 kA=10^3 A$ ,其余以此类推。