

铁路工人职业技能培训教材



# 信号工

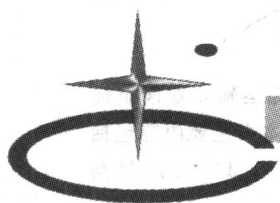
(通用基础知识)

XINHAOGONG

铁道部劳动和卫生司  
铁道部运输局



中国铁道出版社



铁路工人职业技能培训教材

# 信号工(通用基础知识)

铁道部劳动和卫生司

铁道部运输局

铁道部劳动和卫生司 铁道部运输局 编

中国铁道出版社 (2006) 第 028928 号

中国铁道出版社

2006年·北京

## 内 容 简 介

本书以《铁路职业技能标准》、《铁路职业技能鉴定规范》、《铁路运输企业岗位标准》中知识和技能要求为依据,针对信号工的实际需要编写而成。本书主要内容包括电工的基础知识、信号常用仪表、铁路运输组织和基础设备、铁路信号基础知识、铁路信号基础设备及信号防雷知识。本书可供从事信号工作的信号工和信号技术人员、管理人员使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

信号工.通用基础知识/铁道部劳动和卫生司,铁道部运输局编.  
—北京:中国铁道出版社,2005.4(2006.3重印)  
铁路工人职业技能培训教材  
ISBN 7-113-06465-5

I.信… II.①铁…②铁… III.铁路信号—技术培训—教材  
IV.U284

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第028968号

书 名:信号工(通用基础知识)(铁路工人职业技能培训教材)  
作 者:铁道部劳动和卫生司 铁道部运输局  
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)  
责任编辑:任 军 崔忠文  
封面设计:马 利  
印 刷:北京鑫正大印刷有限公司  
开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:11 字数:263千  
版 本:2005年7月第1版 2006年3月第2次印刷  
印 数:5001—12000册  
书 号:ISBN 7-113-06465-5/TP·1467  
定 价:22.60元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:路(021)73146,市(010)51873146

发行部电话:路(021)73169,市(010)63545969

## 本书参编单位及人员

主编单位：沈阳铁路局

协编单位：上海铁路局

主 编：刘铁民

编写人员：杨昭维 杨 萍 黄 华

主 审：万良元

审稿人员：王国晨 孙 颖 李军伟

# 序

由铁道部劳动和卫生司、运输局牵头组织,一些从事铁路职业教育的教师、各业务部门骨干及工程技术人员参加编写的《铁路工人职业技能培训教材》与广大职工见面了。

这套培训教材通俗易懂、图文并茂、易于自学,有较强的现实性和针对性,既较好地适应了当前铁路职工岗位达标培训及技能鉴定的需要,又考虑了今后一定时期技术和管理的发展趋势,是一套有价值的培训教材。相信这套教材在提高职工技术业务素质方面,将会发挥很好的作用。

党的十六大提出了全面建设小康社会的奋斗目标,其中一个重要的文化目标,就是要形成全面学习、终身学习的学习型社会。十六届三中全会又进一步强调,要“构建现代国民教育体系和终身教育体系,建设学习型社会,全面推进素质教育”,并提出了包括统筹人与自然和谐发展的“五个统筹”的要求。在生产力的诸要素中,人是最能动、最积极的因素。人的素质提高,是开拓、创造先进生产力的重要保证。因此,我们抓好教育,培养人才,既是适应全面建设小康社会需要、实现铁路跨越式发展和促进社会主义物质文明、政治文明、精神文明协调发展的客观要求,也是实践“三个代表”重要思想的具体体现。

以胡锦涛同志为总书记的党中央对人才工作高度重视,把实施人才强国战略放在关系党和国家事业全局的重要地位。全路各单位要按照党中央的要求,把培养人才工作放在更加重要的战略位置,坚持以“三个代表”重要思想为指导,认真贯彻党的十六大和十六届三中全会精神,全面落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,积极推进铁路职业教育的体制创新、制度创新和教育教学改革,全面提高铁路职工队伍素质,使职业教育工作更好地为铁路跨越式发展服务,为促进铁路各项事业全面协调发展服务。

编好教材是提高培训质量的关键。随着铁路跨越式发展的全面推进,新知识、新技术、新设备、新工艺必将大量用于生产实践;同时,在铁路管理体制、经营机制、作业和建设标准、服务理念等方面也将产生深刻的变革,迫切要求铁路职工在知识、技术和观念上进行更新。加快职工培训教材建设,已成为加强和改进铁路职工教育培训工作的当务之急。

这套教材的编写和出版发行,应该说是一个良好的开端。希望今后看到更多、更好地反映铁路新知识、新技术的各类培训教材问世,为进一步抓好铁路职工素质教育提供高质量的精品。

刘志军

2003年12月

# 前言

近年来部领导多次指出:建设一支高素质的铁路职工队伍,既是保证运输安全的现实需要,也是铁路长远发展的根本大计;并反复强调:全面提高职工队伍素质,是实现科教兴路的重要内容,狠抓职工教育培训,在职工素质达标上抓落实、求深化,把可靠的行车设备、先进的技术装备与高素质的职工队伍结合起来,是实现运输安全基本稳定的必由之路。

素质提高靠培训,教材是培训的基础。为了给铁路运输业主要工种的工人提供一套适应性较好、可读性较强的职业技能培训教材,以进一步提高其技术业务素质,更好地满足铁路科技进步对职工队伍素质的要求,为铁路安全运输生产服务,铁道部决定再统一组织编写《铁路工人职业技能培训教材》(指定培训教材)。教材由铁道部劳卫司牵头,各铁路局分工编写,铁道部运输局各业务部门审定,携手合作,共同完成。

这套教材包括铁路运输(车务、客运、货运、装卸)、机务、车辆、工务、电务部门的45个工种(取名),是以《铁路职业技能标准》、《铁路职业技能鉴定规范》、《铁路运输企业岗位标准》中的知识和技能要求为依据,并参考《铁路工人职业技能培训教学计划、教学大纲》的内容编写的。教材本着突出技能的原则,强调培训的针对性、实用性和有效性,以专业知识为主要内容,充分反映铁路的新技术、新材料、新工艺、新设备及新标准、新规程;力求贴近现场实际,并应用案例教学的手法,用直观的案例和图示进行分析和说明,努力提高培训的质量和效果;以提高岗位技能为核心,突出非正常情况下应急处理能力的训练;同时,本着“少而精”的原则,知识以必须、够用为度,文字力争生动、通俗易懂,图文并茂。它既可以作为工人新职、转岗、晋升的规范化岗位培训教材,也可以作为各种适应性岗位培训的选学之用(适用于各级职业学校教学),还可作为职工自学的课本。同时,每章后面还列有复习、思考、练习题,作为考工、鉴定的参考。总之,这套教材的出版,将力图使培训、岗位达标及职业技能鉴定结合起来,使培训、考核、使用、待遇相统一的政策得以逐步落实。

铁道部劳动和卫生司

铁道部运输局

2003年12月

# 目 录



<b>第一章 直流电路</b> .....	1
第一节 电路的基本概念 .....	1
△第二节 简单直流电路 .....	4
☆第三节 复杂直流电路 .....	10
复习思考题 .....	12
<b>第二章 电容器</b> .....	14
第一节 电容器的基本概念 .....	14
△第二节 电容器的充电和放电 .....	15
△第三节 电容器的连接 .....	16
复习思考题 .....	18
<b>第三章 磁场和电磁感应</b> .....	19
第一节 电流产生的磁场 .....	19
△第二节 电磁感应 .....	20
复习思考题 .....	22
<b>第四章 交流电路</b> .....	23
第一节 正弦交流电的基本概念 .....	23
△第二节 三相交流电路 .....	27
复习思考题 .....	30
<b>第五章 晶体管</b> .....	31
第一节 晶体二极管和三极管 .....	31
△第二节 晶闸管和双基极二极管 .....	35
复习思考题 .....	37
<b>第六章 计算机应用基础知识</b> .....	38
第一节 计算机的组成及操作 .....	38
△第二节 文件管理系统的基本概念 .....	39
△第三节 计算机常见故障的处理方法 .....	40
复习思考题 .....	44
<b>第七章 信号常用仪表</b> .....	45
第一节 万用表 .....	45
第二节 兆欧表 .....	46
△第三节 ZC-8型接地电阻测量仪 .....	46
△第四节 频率计 .....	47
△第五节 电桥 .....	48
△第六节 电缆故障测试仪 .....	49

复习思考题 .....	51
<b>第八章 铁路运输组织及基础设备 .....</b>	<b>52</b>
第一节 铁路信号在运输中的作用 .....	52
第二节 铁路运输组织过程 .....	53
第三节 轨道、限界及标志 .....	53
第四节 车站及基本设施 .....	56
第五节 机车与车辆 .....	59
第六节 铁路专用通信 .....	61
第七节 铁道牵引供电 .....	62
复习思考题 .....	63
<b>第九章 铁路信号基础知识 .....</b>	<b>64</b>
第一节 信号设备的布置 .....	64
△第二节 联锁与闭塞 .....	64
△第三节 信号电路故障—安全原则及电路故障的判断与查找 .....	71
复习思考题 .....	72
<b>第十章 信号机 .....</b>	<b>73</b>
第一节 信号机的用途及分类 .....	73
第二节 透镜式色灯信号机的结构 .....	77
复习思考题 .....	78
<b>第十一章 转换与锁闭设备 .....</b>	<b>79</b>
第一节 ZD6 系列电动转辙机 .....	79
第二节 ZD(J)9 系列电动转辙机 .....	83
第三节 ZY 系列电液转辙机 .....	86
第四节 S700K 型电动转辙机 .....	89
第五节 JM - A 型密贴检查器 .....	91
第六节 分动外锁闭装置 .....	93
复习思考题 .....	96
<b>第十二章 轨道电路 .....</b>	<b>97</b>
第一节 轨道电路的基本工作原理 .....	97
第二节 轨道电路的基本工作状态与基本参数 .....	98
第三节 JZXC - 480 型交流连续式轨道电路 .....	100
第四节 25Hz 相敏轨道电路 .....	101
复习思考题 .....	103
<b>第十三章 继电器 .....</b>	<b>104</b>
第一节 继电器概述 .....	104
△第二节 继电器的工作原理 .....	105
△第三节 继电器的应用 .....	114
复习思考题 .....	118
<b>第十四章 信号电源 .....</b>	<b>119</b>
△第一节 车站信号电源屏 .....	119



△第二节 区间信号电源屏 .....	130
△第三节 智能型电源屏 .....	133
复习思考题 .....	139
<b>第十五章 信号防雷 .....</b>	<b>140</b>
第一节 信号防雷的基本要求 .....	140
第二节 防雷技术的主要名词术语 .....	141
第三节 信号防雷元件的基本结构 .....	142
△第四节 信号设备接地装置 .....	150
复习思考题 .....	152
<b>答案 .....</b>	<b>153</b>

(△表示中级工掌握,☆表示高级工掌握,不标注表示初级工掌握)

# 第一章

# 直流电路

本章重点介绍直流电路的基础知识。

## 第一节 电路的基本概念

### 一、电路的构成

电路就是电流所流经的路径,如图 1-1 所示。图 1-2 是图 1-1 实际电路的原理接线图。它是由电源、负载(负荷)、连接导线和开关四个基本部分组成的。当开关合上时,灯泡就会发光,这表明在电路中通过了电流。

导线和开关是电源和负载之间必不可少的连接和控制部分,只有将开关合上把电路接通时,才能有电流通过负载。

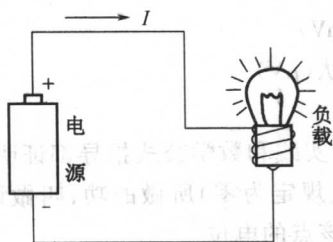


图 1-1 电路的构成

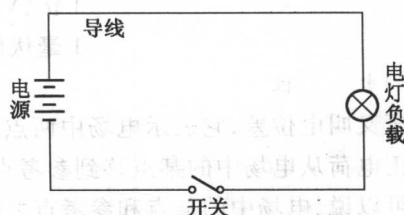


图 1-2 电路接线图

### 二、电 流

#### (一) 电流的概念

电荷有规则的定向运动,就形成了电流。在导线中,电流实际上是带负电的电子的流动所形成的,但其效果与等量正电荷反方向流动完全相同,人们用每秒钟通过导线某一截面的电荷量的多少来衡量电流的强弱,叫做电流强度(简称电流),用符号  $I$  表示。电流的大小以安培为单位计量,简称安,用符号 A 表示。如果 1 秒钟(s)有 1 库仑(C)的电量通过导线的某一截面,这时的电流就是 1 安(A)。常用的还有毫安(mA)、微安( $\mu\text{A}$ ),它们之间的关系是:

$$1 \text{ 千安(kA)} = 1\,000 \text{ 安(A)}$$

$$1 \text{ 安(A)} = 1\,000 \text{ 毫安(mA)}$$

$$1 \text{ 毫安(mA)} = 1\,000 \text{ 微安}(\mu\text{A})$$

#### (二) 直流电流与交流电流

##### 1. 直流电流

如果电流的大小和方向都不随着时间变化,即在任何不同时刻,单位时间内通过导体横截面的电荷量均相同,其方向也始终不改变,则这种电流称为直流电流,如图 1-3(a)所示。

##### 2. 交流电流

如果电流的大小和方向随时间按一定的规律反复交替地变化,即由小变大,又由大变小;一段时间电流方向是正的,一段时间变成负的,则这种电流称为交流电流,如图1-3(b)所示。

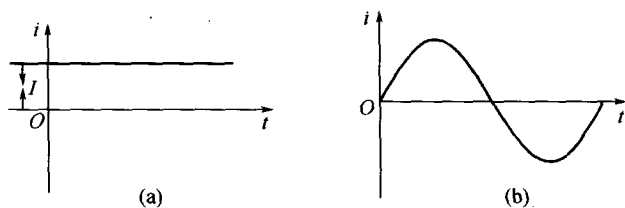


图 1-3 直流电流与交流电流

### 三、电 压

#### (一)电 压

在一个已知的电场中,电场力把单位正电荷从高电位移到低电位所做的功,就是该两点间的电压,用符号  $U$  表示,单位是伏(V)。如果搬移电荷量为 1 库仑(C)所做功为 1 焦耳(J)时,电压就为 1 伏(V)。常用的电压单位还有毫伏(mV),微伏( $\mu$ V)和千伏(kV)。它们之间的关系是:

- 1 千伏(kV) = 1 000 伏(V)
- 1 伏(V) = 1 000 毫伏(mV)
- 1 毫伏(mV) = 1 000 微伏( $\mu$ V)

#### (二)电 位

电压又叫电位差,它表示电场中两点间电位的差别。实践和数学公式推导都证明:电场力将单位正电荷从电场中的某点移到参考点(参考点的电位规定为零)所做的功,叫做该点的电位。也可以说,电场中的某点和参考点之间的电压,就是该点的电位。

在电场中,当选中的参考点不同时,各点的电位也会不同,但任意两点之间的电位差(电压)却保持不变。这一点要特别注意。

### 四、电阻和电阻率

导体内的电荷在运动的过程中不断地相互碰撞,并且还与导体的分子相碰撞,因此,导体对于它所通过的电流呈现有一定的阻力,这个阻力就叫做电阻,用符号  $R$  表示。电阻的大小以欧姆为单位计量,简称欧,用字母  $\Omega$  表示。常用的单位还有千欧(k $\Omega$ )、兆欧(M $\Omega$ ),它们之间的关系是:

- 1 千欧(k $\Omega$ ) = 1 000 欧( $\Omega$ )
- 1 兆欧(M $\Omega$ ) = 1 000 千欧(k $\Omega$ )

导体的电阻不仅和导体的材料种类有关,而且还和导体的尺寸有关。实验证明,同一材料导体的电阻和导体的截面积成反比,而和导体的长度成正比。用公式表示为:

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

式中  $l$ ——导线长度,单位是米(m);

$S$ ——导线截面积,单位是平方米( $m^2$ );

$\rho$ ——比例常数,叫做导体的电阻率,单位是欧·米( $\Omega \cdot m$ )。

几种常用材料在 20℃时的电阻率,见表 1-1 所列。

表 1-1 常用导电材料的电阻率

材 料 名 称	20℃时的电阻率 $\times 10^{-6} \Omega \cdot m$	电阻温度系数 1/℃
银	0.016	0.003 61
铜	0.017 2	0.004 1
金	0.022	0.003 65
铝	0.029	0.004 23
铂	0.047 7	0.004 79
钨	0.049	0.004 4
锌	0.059	0.003 9
镍	0.073	0.006 21
铁	0.097 8	0.006 25
铂	0.105	0.003 98
锡	0.114	0.004 38
铅	0.206	0.004 1
汞	0.958	0.000 9
康铜(54%铜,46%镍)	0.50	0.000 04
锰铜(86%铜,12%锰,2%镍)	0.43	0.000 2

## 五、欧姆定律

当电阻两端有电压时,电阻中就有电流流过。实验证明:流过电阻  $R$  上的电流  $I$  与电阻两端的电压  $U$  成正比,与电阻  $R$  成反比,这就是欧姆定律。它是电路中一条很重要的基本定律,反映了电路中电压、电流与电阻三者之间的相互关系。用公式表示为:

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

式中电压的单位用伏(V),电阻的单位用欧( $\Omega$ ),则电流的单位是安(A)。

欧姆定律还可以用三种不同的形式来表示:

1. 已知电压、电阻,求电流

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

2. 已知电流、电阻,求电压

$$U = IR$$

3. 已知电压、电流,求电阻

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

## 六、电 功 率

### (一)电功率的计算

在分析或解决有关电路的实际问题中,有时需要考虑功率问题,就是根据已知的电压、电流或电阻值来计算一个电阻元件所消耗的电功率。

电功率的定义是单位时间内电场力搬运电荷所做的功。用公式表示为

$$P = \frac{A}{t}$$

式中  $A$ ——电场力移动电荷所做的功,单位是焦耳(J);

$t$ ——代表时间,单位是秒(s);

$P$ ——电功率,单位是焦耳/秒(J/s),通常还叫做瓦特(简称瓦),用字母  $W$  表示。

常用的还有千瓦(kW)、毫瓦(mW),它们之间的关系是

$$1 \text{ 千瓦(kW)} = 1\,000 \text{ 瓦(W)}$$

$$1 \text{ 瓦(W)} = 1\,000 \text{ 毫瓦(mW)}$$

实验证明,电功率还可以用三种不同的形式来表示:

1. 电功率等于电压与电流的乘积

$$P = UI$$

2. 对于一定的电阻,电功率与电流平方成正比

$$P = I^2 R$$

3. 在一定电压下,电功率与电阻成反比

$$P = \frac{U^2}{R}$$

### (二) 电流的热效应

在正常情况下,任何一种导体都具有一定的电阻。因此当电流流经导体时,电能就不断地随着电流的流动而转变为热能,使导体温度升高,这种现象就叫做电流的热效应。

人们经过长期的实践和实验,发现电流通过导体时所产生的热量和电流值的平方、导体本身的电阻值以及电流通过的时间成正比。用公式表示为:

$$Q = 0.24 I^2 R t (\text{cal})$$

式中  $Q$ ——电流在电阻上产生的热量,单位是卡(cal), $1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$ ;

$I$ ——通过导体的电流,单位是安(A);

$R$ ——导体的电阻,单位是欧( $\Omega$ );

$t$ ——电流通过的时间,单位是秒(s);

0.24——热功当量,它相当于电阻为  $1 \Omega$  的导体中通过  $1 \text{ A}$  电流时,每秒钟产生的热量。这个关系式又叫做楞次 - 焦耳定律。

## 第二节 简单直流电路

### 一、电阻串联电路

#### (一) 串联电阻的计算

如果把几个电阻首尾相接地连接起来,中间没有分岔,在这几个电阻中通过的电流是同一电流,这种连接方式叫做串联。如图 1-4 所示,两电阻  $R_1$ 、 $R_2$  串联之后,接在电源电压  $E$  的两端就组成了电阻串联电路。通过它们的电流是同一电流  $I$ 。

电流的方向可根据已知的电源电压的极性标出,电流通过外电路时,应该从高电位的正极流向低电位的负极,而在电源内部,电流则是从低电位流向高电

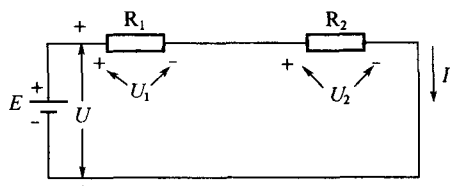


图 1-4 电阻的串联

位。图 1-4 表示的电路中, 电流是按顺时针方向流动的。

根据电流的流动方向可以标出每个电阻上的电压  $U_1$ 、 $U_2$  的极性。

这样根据欧姆定律可知

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2$$

所以

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

这样可以用一个电阻  $R$  来代替电路中原来的两个电阻, 并保持电路中总的电压和电流都不变, 于是又可写上式写成

$$U = IR$$

式中的电阻  $R$  就叫做串联电阻  $R_1$  与  $R_2$  的等效电阻(也可以叫做总电阻)。等效电阻的大小等于相串联的各电阻阻值之和, 即

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

“等效”的意思就是电路的某一部分被替换之后, 电路中其余部分的电压和电流并不发生变化。

### (二) 串联电阻间的电压分配

从图 1-4 中可以看出, 电阻  $R_1$  与  $R_2$  上的电压降, 都是总电压的一部分。那么总的电压是按照什么样的规律分配在两串联的电阻  $R_1$  与  $R_2$  两端的呢? 根据欧姆定律可知, 每个电阻上的电压分别是

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2$$

所以电路中两电阻电压的比例是

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{IR_1}{IR_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

也就是说, 在电阻串联的电路中, 每个电阻上分得的电压的大小, 与电阻的大小成正比。即电阻大的分得的电压大, 电阻小的分得的电压小。

还可以将  $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$  代入  $U_1 = IR_1$  公式中, 就可得到

$$U_1 = \frac{U}{R_1 + R_2} R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{R_1}{R} U$$

$$U_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{R_2}{R} U$$

这组公式就称为两串联电阻的分压公式。

这两个式子说明, 串联电阻中每个电阻上分得的电压决定于这个电阻和总电阻  $R$  的比值。适当选择  $R_1$  和  $R_2$  的数值, 就可以在每个电阻上获得相应的电压。比值  $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$  和  $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$  又叫做分压比。

## 二、电阻并联电路

### (一) 并联电阻的计算

几个电阻一齐接在相同的两点之间, 每个电阻两端所承受的是同一个电压, 这种连接方式叫做并联。如图 1-5 所示, 两

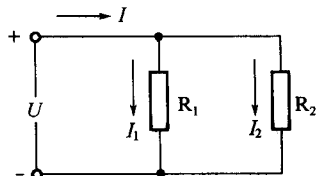


图 1-5 电阻的并联

电阻  $R_1$ 、 $R_2$  并联之后,接在电源电压的两端就组成了电阻并联电路,加在它们两端的电压是同一个电压。

两并联的电阻两端的电压是一样的,但由于电阻的阻值不同,其支路中流过的电流也就不同。根据欧姆定律可知

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

所以

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

这样可以用一个电阻  $R$  来代替电路中原来的两个电阻,并保持电路中总的电压和电流都不变,于是又可将上式写成

$$I = U \left( \frac{1}{R} \right)$$

式中的电阻  $R$  就叫做并联电阻  $R_1$  与  $R_2$  的等效电阻(也可以叫做总电阻)。等效电阻的倒数等于相并联的各电阻阻值的倒数之和。即

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

整理上式可得到

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

由此得出两并联电阻的等效电阻是

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

由此可见,两个并联电阻的总电阻,比其中任何一个电阻的阻值都要小;如果两个阻值相等的电阻并联,其总阻值等于一个电阻阻值的一半;如果两个电阻内阻值相差悬殊,并联以后的总电阻就接近于小电阻的阻值,于是在估算总电阻时,就可以忽略那个高值电阻。

注意,当三个电阻并联时,也可先将任意两个电阻化简成一个等效电阻,然后再将它与第三个电阻并联化简。更多电阻并联则以此类推。在特殊情况下,当几个相同阻值的电阻并联时,它的等效电阻等于  $\frac{R_1}{n}$ 。

### (二) 并联电阻间的电流分配

从图 1-5 中可以看出,各支路中的电流由电源电压和它本身的阻值来决定。那么电路中总的电流是按照什么样的规律分配在两并联电阻所组成的各支路中的呢? 根据欧姆定律可知,每个支路中的电流分别是

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$$

所以两条支路中电流的比例是

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{U}{R_1}}{\frac{U}{R_2}} = \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1}$$

也就是说,在电阻并联电路中,两条支路中的电流和两条支路的电阻成反比。即电阻大的支路分得的电流小,电阻小的支路分得的电流大。

还可以将  $U = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$  代入  $I = \frac{U}{R_1}$  的公式中,就可得到

$$I_1 = \frac{I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}{R_1} = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}{R_2} = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

这组公式就称为两并联电阻的分流公式。

这两个式子说明,并联电阻中某一支路中的电流等于总电流乘上一个分数,这个分数的分母是两并联电阻的和,分子是另外一条支路中的电阻。从这里看出,总电流是按电阻值成反比例关系分配在两个电阻中的。

在实际应用中,常常在小量程的微安表(毫安表)的两端并联一个电阻,使得被测电流的一部分或者大部分通过这个并联电阻,而通过微安表的电流并不超过它的最大量程,这样就扩大了微安表的测量范围。这个外加的并联电阻叫做分流电阻,或者叫做分流器。

### 三、电阻复联(混联)电路

如果在一个电路中,既有互相串联的电阻,又有互相并联的电阻,那么这个电路就叫做复联电路。计算或分析复联电路,可以分成三个步骤:

1. 首先合并单纯的串联与并联部分,算出电路的总电阻;
2. 根据总电阻和总电压算出电路中的总电流;
3. 根据串联电路中的分压关系和并联电路中的分流关系,逐步推算各部分的电压和电流。

下面以分压器作为例子,来说明这种电路的分析和计算方法。

现有一个分压器电路,如图 1-6 所示。

A、B 两端之间的总电阻是  $100 \Omega$ ,额定电流是  $3 \text{ A}$ ,它的两个固定端钮 A 与 B 和  $220 \text{ V}$  电源相接,改变活动触头的位置,就可以使输出电压  $U_1$  在  $0 \sim 220 \text{ V}$  范围内变化。当活动触头置于分压器的中点 C 的位置时,输出电压  $U_1$  等于  $110 \text{ V}$ ,即为电源电压的一半。这是因为 AC 和 CB 之间电阻丝长度相等,所以  $R_1$  等于  $R_2$ ,在  $R_1$  上分得的电压为总电压的一半。也可以说,输出电压  $U_1$  与输出段 AC 之间的电阻成正比。

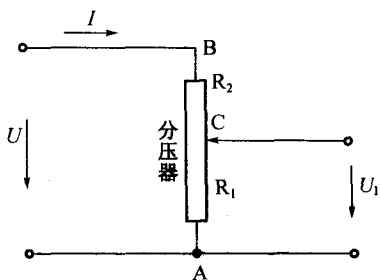


图 1-6 分压器电路

但是,如果把负载电阻( $R_L = 50 \Omega$ )接在此时的输出端时,输出电压  $U_1$  是否仍然是  $110 \text{ V}$  呢?

为了分析这个问题,我们在图中画上接上负载后的分压器电路,如图 1-7(a)所示。

这是一个由三个电阻组成的复联电路。为了求出分压器的输出电压  $U_1$ ,首先应该求出电阻  $R_1$  与  $R_L$  并联后的等效电阻  $R_L'$ 。

已知 
$$R_1 = \frac{1}{2} \times 100 = 50 \Omega$$

所以 
$$R_L' = \frac{R_1 \cdot R_L}{R_1 + R_L} = \frac{50 \times 50}{50 + 50} = 25 \Omega$$

这时电路可以简化,如图 1-7(b)所示。



为了求出电路中的总电流  $I$ , 需求出串联电路的总电阻  $R$ :

$$R = R'_L + R_2 = 25 + 50 = 75 \Omega$$

这时电路可以简化, 如图 1-7(c) 所示。所以电路中的总电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{75} = 2.94 \text{ A}$$

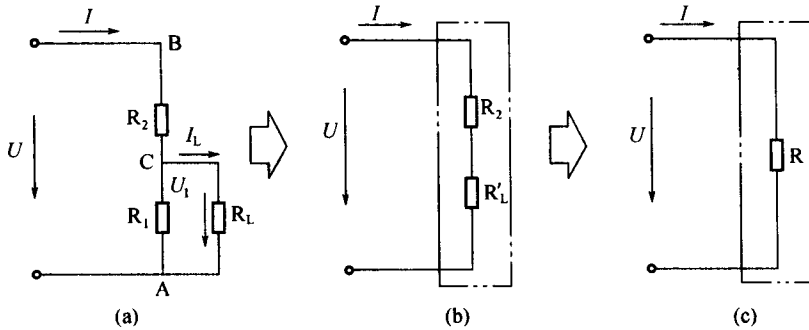


图 1-7 接上负载的分压器电路及等效电路

又根据图 1-7(b) 所示, 负载两端的电压为

$$U_1 = IR'_L = 2.94 \times 25 = 73.5 \text{ V}$$

负载中通过的电流

$$I_L = I \frac{R_1}{R_1 + R_L} = 2.94 \times \frac{50}{50 + 50} = 1.47 \text{ A}$$

计算结果表明, 由于接入了  $50 \Omega$  的负载电阻, A、C 两点之间的等效电阻从  $50 \Omega$  减少到  $25 \Omega$ , 所以分得的电压下降为  $73.5 \text{ V}$ 。又因为电路的总电阻由  $100 \Omega$  减少到  $75 \Omega$ , 所以电路中的总电流由  $2.2 \text{ A}$  上升到  $2.94 \text{ A}$ 。

如果负载电阻不是  $50 \Omega$  而是  $5 \text{ k}\Omega$ , 分压器的输出电压  $U_1$  又将发生什么变化呢?

首先还是计算负载电阻  $R_L$  为  $5000 \Omega$  并入后, A、C 两点之间的等效电阻  $R'_L$  即

$$R'_L = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} = \frac{50 \times 5000}{50 + 5000} = 49.5 \approx 50 \Omega$$

$R'_L$  与不接负载时的电阻  $R_1$  相比仅相差  $1\%$ 。可以认为  $5000 \Omega$  的负载电阻接入前后, 电路的总电阻基本上没有变化。因为电源电压不变, 所以电路中的总电流  $I$  基本不变, 输出电压  $U_1$  也接近于  $110 \text{ V}$ 。

根据以上的分析计算可知, 只有当负载电阻比分压器电阻大得多时, 分压器的输出电压才和分压器输出段的电阻成正比。

#### 四、电路中电位的计算

##### (一) 电位的计算

在分析晶体管电路时, 常常需要讨论电位的问题。例如一个二极管, 不仅要知道它两端所受电压的大小, 而且需要了解它的阳极电位是比阴极电位高, 还是比阴极电位低。因为二极管的阳极电位高时就会导通(就是有电流通过), 否则就不通(没有电流通过, 又叫截止)。