



中等职业学校电子信息类教材 实用电子技术专业

# 电工与电子技术基础

刘连青 主编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

# 电工与电子技术基础

刘连青 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书介绍了电工与电子技术中的基本概念和基本原理。全书共 12 章,主要内容包括:电的基本概念、直流电路、正弦交流电路、三相供电电路及安全用电、变压器、电动机及控制电路、半导体二极管及应用电路、半导体三极管及放大器、集成运算放大器及应用、数字电路基本知识、组合逻辑电路、时序逻辑电路等。

本书可作为中等职业学校电类相关专业的教材,也可作为有关工程技术人员的培训教材和参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/刘连青主编. —北京:电子工业出版社,2002.4

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

ISBN 7-5053-7250-5

I. 电... II. 刘... III. ①电工技术—专业学校—教材②电子技术—专业学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 001874 号

责任编辑:刘文杰 特约编辑:孙俊

印刷者:北京李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:355 千字

印 次:2004 年 5 月第 6 次印刷

印 数:8 000 册 定价:18.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

本教材依据教育部颁发的“中等职业学校文化基础课程和部分专业技术基础课程教学大纲汇编”中“电工与电子技术教学大纲”而编写。其教学任务是使学生具备高素质劳动者和初级专门人才所必须的电工与电子技术的基本知识和基本技能,为学生学习专业知识和职业技能,提高全面素质,增强适应岗位变化的能力和继续学习的能力打下一定的基础。

本课程的参考教学时数为70~100学时,实际学时可根据不同地区、不同学校、不同专业的需要而定。全书共分为三大部分,12章。第1部分是电工技术基础,包括第1章电的基本概念、第2章直流电路、第3章正弦交流电路、第4章三相供电电路及安全用电、第5章变压器、第6章电动机及控制电路;第2部分是模拟电子技术基础,包括第7章半导体二极管及应用电路、第8章半导体三极管及放大电路、第9章集成运算放大器及应用;第3部分是数字电子技术基础,包括第10章数字电路基本知识、第11章组合逻辑电路、第12章时序逻辑电路。

在编写本教材过程中,编者努力在教材中体现全面实施素质教育的要求,突出新知识、新技术、新工艺和新方法,注重培养学生的创新意识和实践能力。本教材的特点是理论联系实际,力求讲清物理概念,用现象说明原理,减少复杂的数学推导和计算。教材文字通俗易懂,便于自学,做到切实为中等职业教育的培养目标服务。

本教材由北京信息职业技术学院刘连青主编。第1章由刘连青执笔,第2~6章由王连起执笔,第7~9章由吕燕执笔,第10~12章由樊会灵执笔。

由于作者水平有限,书中难免存在错误,诚望读者指正。

编 者  
2001年10月

# 目 录

<b>第 1 章 电的基本概念</b> .....	1
1.1 物体的带电和电场 .....	1
1.1.1 物质的结构 .....	1
1.1.2 物体带电 .....	1
1.1.3 电场 .....	2
1.2 电流 .....	2
1.2.1 导体中的电流 .....	2
1.2.2 电流的大小和方向 .....	3
1.3 电压与电位 .....	4
1.3.1 电压的大小和方向 .....	4
1.3.2 电位 .....	4
1.4 电源 .....	5
1.4.1 电源 .....	5
1.4.2 电动势 .....	5
1.5 电阻、导体和绝缘体 .....	6
1.5.1 电阻 .....	6
1.5.2 电阻的计算 .....	6
1.5.3 电导 .....	7
1.5.4 导体、绝缘体和半导体 .....	7
本章小结 .....	7
习题一 .....	8
<b>第 2 章 直流电路</b> .....	9
2.1 电路的作用和工作状态 .....	9
2.1.1 电路和电路图 .....	9
2.1.2 电路的工作状态 .....	10
2.2 电路的欧姆定律 .....	10
2.2.1 欧姆定律 .....	10
2.2.2 欧姆定律的应用 .....	11
2.3 电路的基尔霍夫定律 .....	12
2.3.1 基尔霍夫电流定律(KCL) .....	12
2.3.2 基尔霍夫电压定律(KVL) .....	13
2.4 电阻的串联与并联 .....	15
2.4.1 电阻的串联与分压 .....	15
2.4.2 电阻的并联与分流 .....	17
2.4.3 电阻的混联 .....	19
2.5 电路的功率与电能 .....	20
2.5.1 电功率 .....	20
2.5.2 电能 .....	21

2.6	电路中各点电位的计算	22
2.7	戴维南定理	23
2.7.1	二端网络	23
2.7.2	戴维南定理	23
	本章小结	25
	习题二	26
<b>第3章</b>	<b>正弦交流电路</b>	<b>29</b>
3.1	正弦交流电的三要素	29
3.1.1	周期与频率	29
3.1.2	最大值与有效值	30
3.1.3	相位、初相与相位差	30
3.2	正弦量的表示方法	33
3.2.1	正弦函数和波形图表示法	33
3.2.2	正弦量的相量表示法	33
3.3	正弦交流电路的特点和分析方法	35
3.3.1	正弦交流电路研究的主要问题	35
3.3.2	正弦交流电路的分析方法	36
3.4	电阻电路	36
3.4.1	正弦电路中电阻元件的电压与电流关系	36
3.4.2	电阻的功率	37
3.5	电感元件	38
3.5.1	电感元件磁链与电流的关系	38
3.5.2	电感电压与电流的关系	39
3.5.3	电感的磁场能量	39
3.6	电感电路	40
3.6.1	正弦电路中电感电压与电流的关系	40
3.6.2	电感电路的功率与能量	41
3.7	电容元件	42
3.7.1	电容元件电荷与电压的关系	42
3.7.2	电容元件电压与电流的关系	43
3.7.3	电容的电场能量	43
3.8	电容电路	43
3.8.1	正弦电路中电容电压与电流的关系	44
3.8.2	电容的功率与能量	45
3.9	串联电路	46
3.9.1	电压与电流关系	46
3.9.2	电路的三种性质	47
3.9.3	电路的功率	48
3.10	正弦交流电路的相量图	50
	本章小结	52
	习题三	53
<b>第4章</b>	<b>三相供电电路及安全用电</b>	<b>55</b>
4.1	对称三相电源	55
4.1.1	对称三相电压	55

4.1.2 三相电源的连接方式 .....	56
4.2 三相电路的供电方式 .....	57
4.2.1 Y-Y连接的三相电路 .....	57
4.2.2 $\Delta$ - $\Delta$ 连接的三相电路 .....	58
4.3 对称三相电路的计算 .....	59
4.3.1 负载Y连接 .....	59
4.3.2 负载 $\Delta$ 连接 .....	59
4.4 三相电路的功率 .....	61
4.4.1 平均功率 .....	61
4.4.2 无功功率 .....	61
4.4.3 视在功率 .....	62
4.5 触电事故与触电防护 .....	63
4.5.1 触电事故 .....	63
4.5.2 触电防护 .....	64
4.6 电器防火与防爆 .....	66
本章小结 .....	66
习题四 .....	67
<b>第5章 变压器</b> .....	<b>68</b>
5.1 概述 .....	68
5.2 变压器的基本结构 .....	69
5.3 变压器的工作原理 .....	70
5.3.1 电压变换 .....	70
5.3.2 电流变换 .....	71
5.3.3 阻抗变换 .....	71
5.4 变压器的极性 .....	72
5.5 特殊变压器 .....	73
5.5.1 自耦变压器 .....	73
5.5.2 互感器 .....	74
本章小结 .....	76
习题五 .....	77
<b>第6章 电动机及控制电路</b> .....	<b>78</b>
6.1 三相异步电动机的基本结构 .....	78
6.1.1 定子 .....	78
6.1.2 转子 .....	79
6.1.3 其他部件 .....	80
6.2 三相异步电动机的工作原理 .....	81
6.2.1 磁场对电流的作用 .....	81
6.2.2 旋转磁场 .....	81
6.2.3 电动机转子旋转原理 .....	83
6.3 三相异步电动机的机械特性 .....	85
6.4 三相异步电动机的启动与反转 .....	86
6.4.1 异步电动机的启动电流 .....	86
6.4.2 鼠笼式异步电动机的启动 .....	86
6.4.3 三相异步电动机的反转 .....	88

6.5 三相异步电动机的运行与维护 .....	89
6.5.1 启动前的检查 .....	89
6.5.2 启动时应注意的事项 .....	89
6.5.3 运行中注意事项 .....	90
6.6 三相异步电动机的铭牌 .....	90
本章小结 .....	92
习题六 .....	92
<b>第7章 半导体二极管及应用电路 .....</b>	<b>93</b>
7.1 半导体基本知识 .....	93
7.1.1 半导体的类型及导电特点 .....	93
7.1.2 PN结的形成及特性 .....	94
7.2 半导体二极管 .....	94
7.2.1 二极管的结构 .....	94
7.2.2 二极管的伏安特性 .....	95
7.2.3 二极管的类型和参数 .....	95
7.2.4 硅稳压二极管 .....	96
7.3 二极管应用电路 .....	97
7.3.1 单向桥式整流电路 .....	97
7.3.2 滤波电路和稳压电路 .....	98
7.4 三端集成稳压器及应用 .....	100
7.4.1 三端固定式集成稳压器 .....	100
7.4.2 三端可调式集成稳压器 .....	101
7.5 晶闸管及应用 .....	101
7.5.1 晶闸管简介 .....	101
7.5.2 晶闸管应用举例 .....	102
本章小结 .....	103
习题七 .....	103
<b>第8章 半导体三极管及放大电路 .....</b>	<b>105</b>
8.1 半导体三极管 .....	105
8.1.1 BJT的结构与类型 .....	105
8.1.2 BJT的电流放大作用 .....	106
8.1.3 BJT在电路中的连接方式 .....	107
8.1.4 BJT的特性曲线 .....	107
8.1.5 BJT的主要参数 .....	108
8.2 场效应晶体管 .....	109
8.2.1 结型场效应管 .....	109
8.2.2 绝缘栅场效应管 .....	111
8.2.3 场效应管的主要参数 .....	113
8.2.4 场效应管的特点及使用注意事项 .....	113
8.3 放大器概述 .....	114
8.3.1 放大器框图 .....	114
8.3.2 电路中电量符号的写法 .....	114
8.3.3 放大器的放大倍数及增益 .....	115
8.4 共射极放大电路 .....	116



8.4.1	电路的组成	116
8.4.2	电路的静态工作点	116
8.4.3	电路的动态分析	117
8.5	共集电极放大电路	121
8.5.1	电路	121
8.5.2	分析	122
8.5.3	作用	122
8.6	差动放大电路	123
8.6.1	放大器及其特殊问题	123
8.6.2	基本差动放大电路	123
8.7	互补对称式功率放大电路	125
8.7.1	概述	125
8.7.2	电路及工作原理	126
8.7.3	参数计算	126
8.7.4	功率三极管的选择	127
	本章小结	128
	习题八	129
<b>第9章</b>	<b>集成运算放大器及应用</b>	<b>132</b>
9.1	集成运算放大器的组成	132
9.1.1	集成运算放大器的基本结构	132
9.1.2	运算放大器的电路符号	132
9.1.3	集成运算放大器的主要参数	133
9.1.4	理想运算放大器	134
9.2	负反馈的概念及应用	134
9.2.1	反馈的基本概念	135
9.2.2	负反馈的四种组态及应用	136
9.2.3	负反馈对放大电路性能的改善	138
9.3	基本运算电路	139
9.3.1	比例器	139
9.3.2	加法器和减法器	140
9.3.3	积分器	140
9.4	正弦波振荡器	141
	本章小结	143
	习题九	143
<b>第10章</b>	<b>数字电路基本知识</b>	<b>147</b>
10.1	逻辑代数	147
10.1.1	数制与码制	147
10.1.2	逻辑代数中的基本逻辑运算和逻辑函数	148
10.1.3	逻辑代数的基本公式和常用公式	149
10.1.4	逻辑代数的基本定理	150
10.1.5	逻辑函数的表示方法	150
10.1.6	逻辑函数的化简	152
10.1.7	具有无关项的逻辑函数及其化简	154
10.2	最简单的门电路	156

10.2.1	二极管与门 .....	156
10.2.2	二极管或门 .....	156
10.2.3	三极管非门 .....	157
10.3	TTL 与非门 .....	157
10.3.1	电路结构 .....	157
10.3.2	电路工作原理 .....	158
10.3.3	电压传输特性 .....	158
10.4	其他类型的 TTL 与非门 .....	159
10.4.1	集电极开路的与非门 .....	159
10.4.2	三态门(TS 门) .....	160
10.5	CMOS 门电路 .....	161
10.5.1	CMOS 反相器 .....	161
10.5.2	CMOS 传输门 .....	162
10.6	集成门电路使用注意事项 .....	162
10.6.1	TTL 门电路 .....	162
10.6.2	CMOS 门电路 .....	163
	本章小结 .....	163
	习题十 .....	163
<b>第 11 章</b>	<b>组合逻辑电路</b> .....	<b>166</b>
11.1	概述 .....	166
11.1.1	组合电路的特点及其逻辑功能的表示方法 .....	166
11.1.2	组合电路的逻辑功能分析方法 .....	166
11.1.3	组合电路的逻辑设计方法 .....	167
11.2	加法器 .....	168
11.2.1	半加器 .....	168
11.2.2	全加器 .....	169
11.3	编码器 .....	170
11.3.1	普通编码器 .....	170
11.3.2	优先编码器 .....	172
11.4	译码器 .....	174
11.4.1	二进制译码器 .....	174
11.4.2	二十进制译码器 .....	176
11.4.3	显示译码器 .....	176
11.5	数据选择器 .....	179
	本章小结 .....	180
	习题十一 .....	180
<b>第 12 章</b>	<b>时序逻辑电路</b> .....	<b>182</b>
12.1	触发器 .....	182
12.1.1	基本 RS 触发器 .....	182
12.1.2	同步 RS 触发器 .....	184
12.1.3	同步 D 触发器(D 锁存器) .....	185
12.1.4	边沿触发器 .....	185
12.2	时序逻辑器电路 .....	187
12.2.1	概述 .....	187

12.2.2 寄存器和移位寄存器 .....	189
12.2.3 计数器 .....	193
12.2.4 555 定时器及应用 .....	197
本章小结 .....	202
习题十二 .....	203

# 第 1 章 电的基本概念

本章主要介绍物体带电和电场的概念、电压与电流的大小和参考方向、电位与参考点的关系、电源与电动势、电阻与电导及导体、绝缘体和半导体的概念。

## 1.1 物体的带电和电场

### 1.1.1 物质的结构

人们在生产、科研和日常生活中,每天都要用电,如电灯照明,听广播,看电视,用电脑等,都离不开电。电在工农业生产、科研及国防等方面的应用更为广泛。要想知道电是什么,首先需要了解物质的结构。

自然界的一切物质都是由分子组成,分子是由原子组成,而原子又是由原子核和一些电子组成,这些电子沿着一定的轨道绕原子核不停地运动。整个原子结构与太阳系的行星绕太阳转动很相似。不同物质的原子所具有的电子数目是不相同的,如氢原子只有 1 个电子,而铝原子则有 13 个电子,氢原子与铝原子的结构如图 1-1 所示。电子不停地围绕原子核运动,而不从原子中飞逸出去,是因为原子核与电子之间存在吸引力。这种引力是由于原子核带正电荷,而电子带负电荷所产生。异性电荷相互吸引,而同性电荷相互排斥,这是电荷的基本特性。

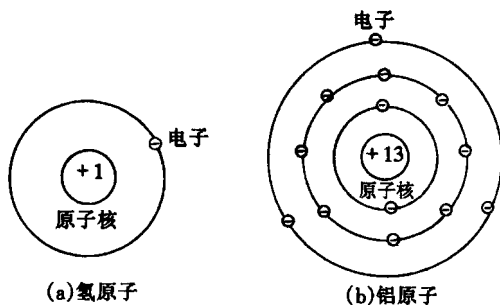


图 1-1 氢、铝原子的结构

虽然原子核与电子都带有电荷,但一般情况物质不表现出带电性,因为原子核所带的正电荷与电子的负电荷数量相等,正负电荷的相互作用使原子不显出电性。

### 1.1.2 物体带电

由于物质是由分子组成,因此物质的内部存在大量电荷。一般情况下物体内正电荷的总量与负电荷的总量相等,所以物体不呈现带电特性,这时称物体处于中性状态。当物体内的电子由于某种原因增多或减少时,物体所带正电荷的总量与负电荷的总量不再相等,物体显现出电性,叫做物体带电或称带电体。我们熟悉的摩擦起电就是使物体带电的一个例子。当两种

不同材料的物体互相摩擦时,一个物体要失去一些电子,另一种物体要得到电子。失去电子的物体由于电子数量减少而带正电,得到电子的物体由于负电荷增多则带负电。

由此可见,物体带电是由于失去或得到电荷所造成。电荷是一种物质,它不会凭空产生或消失,只能从一个物体转移到另一个物体上,这叫做电荷守恒定律。

通常将物体所带电荷量的多少叫做电量,用  $Q$  表示。在国际单位制(SI)中,库仑(C)是电量的基本单位,1库仑的电量为  $6.25 \times 10^{18}$  个电子所带的电量。

### 1.1.3 电场

通过摩擦起电的实验表明,带有正负电荷的两个物体之间有力的作用,而且同性相斥,异性相吸,因为在带电体的周围存在电场。电场的主要特性是对处于电场中的电荷产生作用力,称做电场力。电场的强弱可以用电荷在电场中某一点受力的大小表示,同一电荷在电场中受力大的地方电场强,而受力小的地方电场弱。实验证明:靠近产生电场的带电体的地方电场强;离带电体越远,电场越弱,而且带电体所带电量越多,它周围的电场就越强。

电场的另一个特性是具有一定的方向,电场的方向为正电荷在电场中受力的方向。带有正负电荷的物体产生的电场方向如图 1-2 所示。

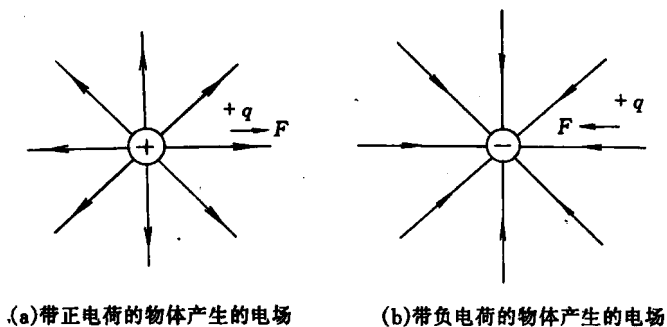


图 1-2 带电物体周围的电场

### 思考题与练习题

- (1) 物体是如何带电的?
- (2) 电荷有什么性质?
- (3) 什么是电场?

## 1.2 电流

电子仪器与电气设备接通电源后才能工作,例如合上电源开关后,电灯立即亮起来。这是因为电灯中有电流通过,将电能转换成光能。

### 1.2.1 导体中的电流

在金属导体中存在着大量的电子。金属原子的内层电子被原子核紧紧地束缚着,不能自由地运动。而原子的外层电子受原子核的束缚力较弱,容易脱离原子核的束缚,自由地运动。这些自由运动的电子叫做自由电子。金属中的自由电子朝一个方向运动就形成了电流。

一般情况下,导体内的自由电子是处于不规则的运动状态,互相碰撞形不成电流,如图1-3所示。

如果在导体两端加一个电场,则导体内的自由电子受到电场力的作用。电场的正极吸引电子,而负极排斥电子,所以自由电子要向正极运动。自由电子在电场力的作用下,作定向运动形成电流,如图 1-4 所示。

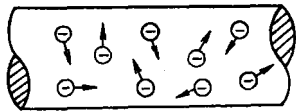


图 1-3 自由电子的不规则运动

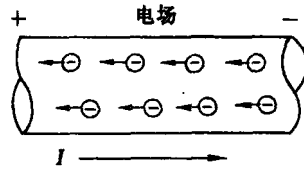


图 1-4 自由电子的定向运动

### 1.2.2 电流的大小和方向

电流具有热效应、化学效应和磁效应,我们用电流强度表示电流产生各种效应的大小。电流强度简称电流,用  $I$  表示,它是电路中的基本物理量之一。电流的大小为单位时间内通过导体截面的电量。

设在时间  $t$  内通过导体截面  $S$  的电量为  $Q$ ,如图 1-5 所示,则电流为

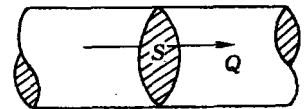


图 1-5 通过导体截面的电量

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

在国际单位制中,电流的基本单位是安培(A)。如果每秒钟内通过导体截面的电量为 1 库仑时,则电流是 1 安培。在计算大电流时,常以千安(kA)为单位,而小电流用毫安(mA)或微安( $\mu\text{A}$ )为单位。它们之间的换算关系如下

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A} \quad 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

电流的大小可以用电流表测得,家庭常用的电灯电流一般在 0.1A~0.5A 之间,而大型电动机的电流可以达到几百安培。如果有 50 mA 的电流通过人体的心脏就要危及人的生命,因此在工作中要注意安全用电。

电流有一定的方向,在电路中电流的方向用箭头表示。人们开始发现电流的时候,认为是正电荷在运动,所以规定正电荷运动的方向为电流的实际方向,这样就与电子运动的方向恰好相反,如图 1-4 所示。对于简单电路判断电流的实际方向并不困难,当电路较复杂时,电流的实际方向就不容易判定了,因此在分析电路时必须给电流规定参考方向。在参考方向下计算出电流为正,说明电流的参考方向与实际方向相同;计算电流为负时,电流的参考方向与实际方向相反。

在日常生活、工作中常用到的电流有直流和交流两种。电流的大小和方向不随时间变化的叫直流,如手电筒、电动汽车等用直流电。电流的大小和方向随时间变化的称交流电。目前工农业生产和人们生活中广泛用的是交流电,有些直流电是由交流电经整流得到,一般发电厂发出的电都是交流电。

## 思考题与练习题

- (1) 电流是如何形成的?
- (2) 什么是电流的实际方向和参考方向? 二者有何关系?

### 1.3 电压与电位

导体中形成电流的内在因素是导体内有大量的自由电子,而外因是导体两端存在电场。电场对电子产生作用力,使电子产生定向运动而形成电流。不同的电场对电子产生的作用力不相同,常用电压这个物理量表示电场对电荷作用的大小。

#### 1.3.1 电压的大小和方向

设有两个带电体 A,B,分别带有异性电荷(A带正电、B带负电)形成电场。当用导体将这两个带电体连接后,在电场的作用下,正电荷沿着电场力的方向由 A 向 B 运动,从而在导体中形成电流,如图 1-6 所示。

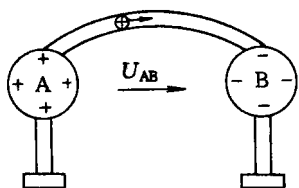


图 1-6 正电荷在导体中的运动

电流的大小与单位时间内通过导体截面的电量多少有关,而电场力在移动电荷时要做功,为了衡量电场对电荷做功的大小,通常用电压表示。因此也可以认为电流是由电压产生,将电场力移动单位正电荷由 A 到 B 所做的功叫做 AB 间的电压,用  $U_{AB}$  表示。

如果电场将电量为  $Q$  的电荷从 A 移动到 B 所做的功为  $W_{AB}$ ,则 AB 间的电压为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-2)$$

式(1-2)中,电场做功的单位为焦耳(J),电量的单位为库仑(C)时,电压的基本单位是伏特(V)。通常家庭用电源电压为 220 V,一般干电池的电压只有 1.5 V,对于超高压输电常用千伏(kV)做单位,目前我国远距离超高压输电线路的电压等级有 110 kV,220 kV,330 kV 和 500 kV。在电子电路中当电压很低时用毫伏(mV)或微伏( $\mu$ V)做单位。它们之间的关系是

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} \quad 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V} \quad 1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$$

电压不但有大小也有方向,电压的实际方向为正电荷的运动方向,即电压的方向是由正极到负极,如图 1-6 所示。在电路分析中,也经常规定电压的参考方向,在参考方向下计算出电压为正,说明电压的参考方向与实际方向相同;计算电压为负时,电压的参考方向与实际方向相反。

#### 1.3.2 电位

在分析电路时,经常用到电位这个物理量,以便分析各点之间的电压。在电路中任选一点作为参考点,参考点的电位为零,电路中某一点的电位等于该点到参考点之间的电压,所以电位的基本单位也是伏特,常用 V 表示。

在电路中任意两点的电位之差,等于这两点之间的电压,因此电压也称为电位差。电压的实际方向是由高电位指向低电位,电流的实际方向与电压的实际方向一致,由高电位流向低电位。在电路分析中常将电压与电流的参考方向规定为一致,称为关联参考方向。如果两点的

电位相等,则两点的电压为零,若用导线连接该两点就没有电流通过。电位相等的点叫做等电位点,这是带电作业的理论基础。

### 思考题与练习题

- (1) 电压与电位有何区别?
- (2) 什么是电压的实际方向和参考方向?二者有何关系?
- (3) 什么是电位的参考点和等电位点?

## 1.4 电源

在图 1-6 中,由于带电体 A,B 之间存在电位差,当用导体将 A,B 接通时,在导体中产生了电流。但是这个电流很快就消失了,因为随着电流的流通,带电体 A 上的正电荷流到 B 上与负电荷中和了。所以 A,B 所带的电量将越来越少,A,B 之间的电位差随之减小,直到 A,B 上的电荷完全中和,A 与 B 的电位相等,导体中就没有电流通过了。若要维持电流继续存在,必须维持导体两端的电位差,这个电位差要靠电源产生。

### 1.4.1 电源

电源是一种能量转换装置,它将机械能、化学能及光能等转换为电能,如发电机、干电池和光电池等。各种电源有一个共同点,即在电源的内部移动电荷,使电源的一个极具有一定数量的正电荷,另一个极具有一定数量的负电荷,这样就在两极之间形成电场,产生电位差。电源内部这种移动电荷的作用力叫做电源力。图 1-7 为电源工作的示意图,电源力能够不断地将正电荷从负极移动到正极,从而保持了两极之间的电位差,使电流在电路中持续不断地流通。电源的电路符号如图 1-8 所示。

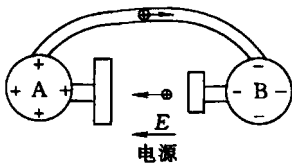


图 1-7 电源工作示意图

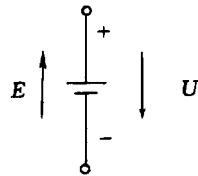


图 1-8 电源的电路符号

### 1.4.2 电动势

电源的电动势是衡量电源力对电荷做功能力大小的物理量。电源力把单位正电荷从电源的低电位端 B 经电源内部移到高电位端 A 所做的功,称为电源的电动势  $E_{BA}$ 。当电源力将正电荷  $Q$  从负极 B 移到正极 A 所做的功为  $W_{BA}$  时,则电源的电动势为

$$E = \frac{W_{BA}}{Q} \quad (1-3)$$

其中,当  $W_{BA}$  的单位是焦耳(J),  $Q$  的单位是库仑(C)时,  $E$  的基本单位与电压相同也是伏特(V)。

电动势的方向为电源力移动正电荷的方向,即由低电位指向高电位,如图 1-8 所示。由此可见电动势与电压的方向相反,这是因为在电源内部电源力逆电场力的方向将正电荷由低电位移到高电位。因此,电动势的方向为电位升高的方向,电压的方向是电位降低的方向。



直流电源的电动势大小和方向不随时间变化,如电池和直流发电机等都是直流电源;电动势的大小和方向随时间变化的电源叫做交流电源,交流发电机和信号发生器就是交流电源。

### 思考题与练习题

- (1) 电源的作用是什么?
- (2) 什么叫电动势?它与电压有什么差别?

## 1.5 电阻、导体和绝缘体

### 1.5.1 电阻

导体中的自由电子在电场力的作用下,产生定向运动形成电流。当电流通过导体时也会受到阻力,因为自由电子在运动中不断与导体内的原子、分子发生碰撞,使自由电子受到一定的阻力。导体对电流的这种阻力叫做电阻,电阻用  $R$  表示。

电阻的单位是欧姆( $\Omega$ ),大电阻用千欧( $k\Omega$ )或兆欧( $M\Omega$ )。它们的换算关系如下

$$1\text{ k}\Omega = 1000\ \Omega = 10^3\ \Omega \quad 1\text{ M}\Omega = 1000\text{ k}\Omega = 10^3\text{ k}\Omega = 10^6\ \Omega$$

### 1.5.2 电阻的计算

导体存在电阻是一个客观现象,那么导体电阻的大小与哪些因素有关呢?实验证明,导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比,还与导体的材料有关。这是因为导体越长,自由电子运动路径就越长,与原子和分子碰撞的机会增多,故表现为电阻增大;如导体截面积越大,自由电子运动的通道也增大,与原子和分子碰撞的机会将减少,故电阻减小。不同材料单位体积内的自由电子数目不同,导电的能力不同,因而电阻的大小也就不同。导体电阻可以由下式计算

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-4)$$

式中, $R$  是导体电阻,单位为  $\Omega$ ;  $l$  是导体长度,单位为  $m$ ;  $S$  是导体截面积,单位为  $mm^2$ ;  $\rho$  是导体电阻率,单位为  $\Omega \cdot mm^2/m$ 。

电阻率  $\rho$  表示长度为 1 米,截面积是 1 平方毫米的导体所具有的电阻值。不同的材料有不同的电阻率,几种常用电工材料的电阻率列在表 1-1 中。

表 1-1 常用导电材料的电阻率

材料名称	电阻率( $\Omega \cdot mm^2/m$ )	材料名称	电阻率( $\Omega \cdot mm^2/m$ )
银	0.0165	铜	0.13
铜	0.0175	铸铁	0.50
铝	0.026	锰铜合金	0.42
钨	0.049	镍铬合金	1.5

由表 1-1 可见,银、铜和铝的电阻率较小,它们都具有良好的导电性能。由于银较贵重,不宜大量使用,因此常用的导电材料是铜和铝。锰铜合金常用来制作标准电阻,而镍铬合金用于