

电工技术基础

DIANGONG JISHU JICHU

刘彩霞 主编

刘波粒 安光辉 毕玉霞 刘威 副主编



随书附光盘一张



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TM/155D

2008

电工技术基础

刘彩霞 主编

刘波粒 安光辉 毕玉霞 刘威 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以“强化电路基本概念、突出分析电路的方法、引入计算机仿真技术、尽显中职生技能提升”为原则,开创性地设计制作了与课本同步的教学课件,它以 Authorware、Flash、EWB 等软件再现了“板书演示”、“动画演示”和“仿真演示”的课堂教学新体系,较好地实现了教师教学与学生自学的互动。

本书由电路的基本概念及基本定律、电路的分析方法、电容和电容器、正弦交流电路、非正弦交流电路、电路的过渡过程、三相交流电路、磁与磁路、变压器、交流电动机、直流电动机、安全用电、EWB 电路仿真系统共 13 章内容组成。

本书可作为中等职业学校的电子电气专业、机电专业和电工类专业课程教材或教学参考书,也可供从事电工技术的工程技术人员和技工参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础 / 刘彩霞主编. —北京:国防工业出版社,
2008.5

ISBN 978 - 7 - 118 - 05620 - 4

I. 电... II. 刘... III. 电工技术 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 029455 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 286 千字

2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

电工技术基础是电气类、机电类专业的一门必修课。

在 2000 多年前,古希腊科学家阿基米德说过“给我一个支点,我便能掀动地球”。如今的地球早已被科学的杠杆搅得日新月异。基此,在本教材的编写中,我们以“精选内容、突出‘三基’、力图创新”为原则,在教学内容上,以分析电路的方法为主线,各章内容力求浅显易懂。在教学方法上,设计了与课本同步的、表征本课程特点的多媒体课件。该课件将“板书演示”、“动画演示”“仿真演示”三位一体,分别从“再现教学精华、模拟微观教学、亲临实验场景”三个视角体现产生、保持、提高和发展兴趣这一教学理念,为奠定科学基础找好支点。在教学过程中,本书通过巧妙地运用“课本 + 课件”这一教学杠杆,搭起了“教与学”的绿色通道。

本书第 1 章、第 2 章由河北师范大学刘彩霞编写;第 4 章、第 7 章由保定市河北省农业工程学校刘威编写;第 3 章、第 5 章、第 9 章由保定安国职教中心安光辉编写,并对第 4 章进行了必要的补充和修改;第 6 章由晋州职教中心段丽品编写;第 8 章由保定望都职教中心沈领娟编写;第 10 章、第 11 章、第 12 章由张家口煤机技校毕玉霞编写;第 13 章由河北师范大学刘波粒编写。在自测题、思考题与习题的编写工作中,第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 5 章由廊坊市电子信息工程学校刘炳海编写;第 3 章由保定安国职教中心安光辉编写;第 6 章由晋州职教中心段丽品编写;第 7 章、第 8 章、第 9 章由邯郸市二职中刘建功编写;第 10 章、第 11 章、第 12 章由深州市职教中心刘慧丽编写。刘彩霞负责统稿、审稿及课件的设计和制作工作;刘波粒负责组织工作;河北建筑工程学院教务处网络中心屈建萍负责校对工作;课件片头、动画分别由河北师范大学职业技术学院电子系胡记刚、郭际和郭要军制作。

本书教学课件中的 EWB 仿真实验,获得了北京掌宇金仪科教仪器设备有限公司的正式授权。

本书在编写过程中得到了河北师范大学有关领导的大力支持。

尽管我们在本书的体系、内容、创意上倾尽全力,但由于编者水平有限,再加上时间仓促,难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者批评指正,意见和要求可联系电子信箱:hbstdlcx@126.com。

编 者

2007 年 12 月于河北师范大学

目 录

第 1 章 电路的基本概念及基本定律	1
1.1 电路及其模型	1
1.1.1 电路的基本概念	1
1.1.2 电路模型	1
1.2 电路的基本物理量和欧姆定律	2
1.2.1 库仑定律和电场强度	2
1.2.2 电流	5
1.2.3 电压与电位	5
1.2.4 电动势	6
1.2.5 欧姆定律	6
1.2.6 电功与电功率	7
1.3 基尔霍夫定律	9
1.3.1 基尔霍夫第一定律	9
1.3.2 基尔霍夫第二定律	10
1.4 电路的工作状态	11
1.4.1 额定值、标称值	11
1.4.2 电路的工作状态	12
本章小结	13
自测题	14
思考题与习题	16
第 2 章 电路的分析方法	18
2.1 电阻的串联和并联	18
2.1.1 电阻的串联	18
2.1.2 电阻的并联	20
2.1.3 电阻的混联	21
2.2 电压源与电流源及其等效变换	22
2.2.1 电压源	22
2.2.2 电流源	23
2.2.3 电压源与电流源的等效变换	25
2.3 支路电流法	27
2.4 节点电压法	28
2.5 叠加原理	29

2.6 等效电源定理	30
2.6.1 戴维宁定理	30
2.6.2 诺顿定理	32
2.7 负载获得最大功率的条件	33
本章小结	34
自测题	35
思考题与习题	37
第3章 电容和电容器	41
3.1 电容和电容器	41
3.2 电容器的连接	42
3.2.1 电容器的串联	42
3.2.2 电容器的并联	44
3.3 电容器中的电场能	45
3.3.1 电容器的充电和放电	45
3.3.2 电容器的电场能	46
本章小结	47
自测题	47
思考题与习题	48
第4章 正弦交流电路	50
4.1 正弦交流电的基本概念	50
4.1.1 正弦交流电的产生	50
4.1.2 周期与频率	51
4.1.3 最大值与有效值	52
4.1.4 相位及相位差	52
4.2 正弦量的相量表示	54
4.2.1 复数的基本概念	54
4.2.2 相量法	55
4.3 单一元件正弦交流电路	57
4.3.1 电阻元件交流电路	57
4.3.2 电感元件交流电路	59
4.3.3 电容元件交流电路	62
4.4 基尔霍夫定律的相量形式	64
4.5 阻抗和导纳	65
4.5.1 阻抗	65
4.5.2 导纳	66
4.6 RLC 串联电路	67
4.6.1 RLC 串联电路的伏安关系	68
4.6.2 RLC 串联电路的功率	69
4.6.3 RLC 串联电路的谐振	71

4.7 RLC 并联电路	73
4.7.1 RLC 并联电路的伏安关系	73
4.7.2 RLC 并联电路的功率	75
4.7.3 RLC 并联电路的谐振	75
4.8 提高功率因数的意义及方法	77
4.8.1 提高功率因数的意义	77
4.8.2 提高功率因数的方法	77
本章小结	79
自测题	80
思考题与习题	82
第 5 章 非正弦交流电路	84
5.1 非正弦交流电的产生	84
5.2 非正弦周期量的分解	85
5.3 非正弦交流电的分析	86
本章小结	87
自测题	88
思考题与习题	89
第 6 章 电路的过渡过程	90
6.1 过渡过程的基本概念	90
6.1.1 换路	90
6.1.2 换路定理	91
6.2 一阶电路的过渡过程	93
6.2.1 一阶电路的分析方法	93
6.2.2 RC 电路的过渡过程	93
6.2.3 RL 电路的过渡过程	96
6.3 LC 振荡电路	99
6.3.1 振荡的基本概念	99
6.3.2 LC 电路的起振过程	100
6.3.3 振荡频率和临界电阻	101
本章小结	103
自测题	103
思考题与习题	104
第 7 章 三相交流电路	106
7.1 三相正弦交流电动势的产生	106
7.2 三相交流电源的连接法	107
7.2.1 三相绕组的星形接法(Y 形接法)	107
7.2.2 三相绕组的三角形接法(Δ 形接法)	108
7.3 三相负载的连接法	108
7.3.1 三相负载的星形接法(Y 形接法)	108

7.3.2 三相负载的三角形接法(Δ 形接法)	112
7.4 对称三相电路的功率	114
本章小结	117
自测题	118
思考题与习题	120
第8章 磁与磁路	121
8.1 磁场的基本物理量	121
8.1.1 磁感应强度	121
8.1.2 磁通	124
8.1.3 磁导率和磁场强度	125
8.2 磁性材料的磁性能	127
8.2.1 铁磁物质的磁化曲线	127
8.2.2 铁磁物质的分类	129
8.3 磁路及其基本定律	130
8.3.1 磁路	130
8.3.2 磁路的欧姆定律	131
8.4 电磁感应	132
8.4.1 电磁感应现象	132
8.4.2 电磁感应定律	134
8.4.3 楞次定律	136
8.4.4 涡流及涡流损失	138
8.4.5 自感和互感现象	140
8.4.6 互感线圈的同名端	142
本章小结	143
自测题	144
思考题与习题	146
第9章 变压器	147
9.1 变压器的用途、分类和基本结构	147
9.1.1 变压器的用途和分类	147
9.1.2 变压器的基本结构	147
9.2 变压器的工作原理	148
9.2.1 变压器的空载运行	148
9.2.2 变压器的负载运行	149
9.2.3 变压器变换阻抗的原理	150
9.3 变压器的功率和效率	151
9.3.1 变压器的功率	151
9.3.2 变压器的效率	151
9.4 其它变压器	151
9.4.1 自耦变压器	151

9.4.2 小型电源变压器	152
9.4.3 互感器	152
9.4.4 三相变压器	154
本章小结	154
自测题	155
思考题与习题	156
第 10 章 异步电动机	157
10.1 三相异步电动机的构造	157
10.1.1 三相异步电动机的定子	157
10.1.2 三相异步电动机的转子	158
10.1.3 气隙	159
10.1.4 铭牌	159
10.2 三相异步电动机的转动原理	160
10.2.1 旋转磁场	160
10.2.2 三相异步电动机的转动原理	161
10.2.3 转差率与运行状态	161
10.2.4 三相异步电动机的反转与调速	161
10.3 三相异步电动机的启动	162
10.3.1 直接启动	162
10.3.2 降压启动	163
10.4 单相异步电动机	165
10.4.1 单相异步电动机概述	165
10.4.2 单相异步电动机的工作原理	165
10.4.3 单相电容异步电动机	165
10.4.4 反转运行	166
10.5 三相异步电动机的常见故障及处理	166
本章小结	167
自测题	167
思考题与习题	169
第 11 章 直流电动机	170
11.1 直流电动机的工作原理及结构	170
11.1.1 直流电动机的工作原理	170
11.1.2 直流电动机的结构	170
11.2 直流电动机的分类及其特性	171
11.2.1 自励电动机	172
11.2.2 他励电动机	172
11.3 直流电动机的启动、调速、反转及制动	173
11.3.1 直流电动机的启动	173
11.3.2 直流电动机的调速	173

11.3.3	直流电动机的反转	173
11.3.4	直流电动机的制动	174
本章小结	.....	174
自测题	.....	175
思考题与习题	.....	176
第 12 章 安全用电	.....	177
12.1 触电	.....	177
12.1.1	电流对人体的作用	177
12.1.2	触电事故	178
12.1.3	触电方式	178
12.2 保护接地	.....	180
12.2.1	接地和接地电阻	180
12.2.2	工作接地和保护接地	181
12.3 保护接零	.....	182
12.3.1	保护接零	182
12.3.2	保护线	182
12.3.3	重复接地	183
本章小结	.....	184
自测题	.....	185
思考题与习题	.....	186
第 13 章 EWB 电路仿真系统	.....	187
13.1 EWB 基本操作简介	.....	187
13.1.1	EWB5.0C 的工作界面	187
13.1.2	EWB5.0C 的基本操作方法	189
13.2 EWB 的应用实例	.....	191
参考文献	.....	193

第 1 章 电路的基本概念及基本定律

由电路元件组成的电路是电流流过的路径。本章首先介绍一些关于电路的基本物理量,然后再重点介绍分析电路的基本依据——基尔霍夫定律。

1.1 电路及其模型

1.1.1 电路的基本概念

简单地说,电路就是电流所流过的闭合路径。它是由电源、负载、中间连接部件等电气设备或元器件组成的。其中,电源是提供能量的设备,它将非电能转换为电能,常见的电源有干电池、蓄电池、发电机等。负载是吸收电能的设备,它将电能转换为其它形式的能,是各种用电器的总称,如电灯、电烙铁、电动机等。中间连接部件是将电源和负载连成闭合的回路,主要有导线、控制电路和保护装置等组成,其作用是保证电能能够可靠地由电源传输给负载,如开关、继电器、熔断器等。

1.1.2 电路模型

实验证明,实际电路中的任何一种器件在工作时都同时伴有电能的消耗和电磁现象,而且这种现象是分布在器件的各个部分以及器件所在的一定空间。在分析计算电路时,用一个假定的二端元件(如电阻)来代替实际的器件(如灯泡)的主要性质,我们称这个假定的二端元件为理想电路元件。由理想的电路元件组成的电路称为电路模型,如图1.1.1所示。

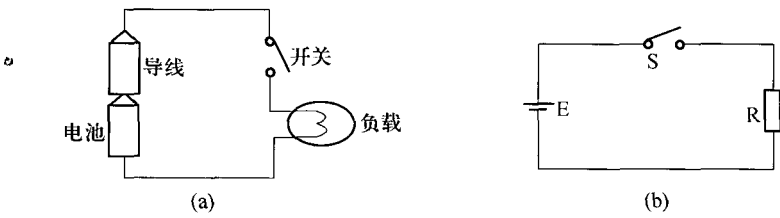


图 1.1.1 手电筒电路及其电路
(a) 实际手电筒电; (b) 电路模型。

在电路分析时,实际器件用统一的电路符号来表示。如表 1.1.1 所列。

表 1.1.1 实际器件的电路符号

名称	符号	名称	符号
电阻		熔断器	
可变电阻器		开关	

(续)

名称	符号	名称	符号
电容		变压器	
电感		铁芯变压器	
灯泡		接机壳	
电池		接地	
电压源		电压表	
电流源		电流表	

1.2 电路的基本物理量和欧姆定律

在分析电路时,常用电流、电压、功率等物理量来描述电路的工作状态,因此称它们为电路的基本物理量。

1.2.1 库仑定律和电场强度

一、库仑定律

库仑定律是描述静止点电荷之间的相互作用力的规律。1785 年,法国物理学家库仑用自己发明的扭秤建立了静电学中著名的库仑定律。定律的内容是:在真空中两个点电荷之间相互作用力的大小与两点电荷所带的电量的乘积成正比,与两点电荷之间的距离平方成反比。作用力的方向在两个点电荷的连线上,这种作用力称为静电力或库仑力。

摩擦过的玻璃棒、橡胶棒能够吸引轻小物体,我们说此时玻璃棒、橡胶棒带了电或者说带了电荷。物体所带的电荷有正电荷和负电荷两种。同种电荷相斥、异种电荷相吸。所带电荷的多少称为电荷量,用大写字母 Q 表示。在国际单位制(SI)中,电荷的单位是库仑,用大写字母 C 表示,它是以库仑的姓氏命名的。

只要带电体本身的大小跟它们之间的距离相比可以忽略,带电体就可以看作是点电荷。严格意义上的点电荷只是一个理想化的物理模型,实际上是不存在的,类同于质点概念。库仑定律适用于真空中的点电荷。

如果两个点电荷的电荷量分别是 q_1 、 q_2 ,它们之间的距离是 r ,静电力用 F 表示,则库仑定律用公式表示为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \tag{1.2.1}$$

式中, k 为静电力常量。

当 q_1 、 q_2 分别为 1C, r 为 1m, F 为 1N 时, $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 。

在应用库仑定律时要注意以下几个问题:

(1) 库仑定律仅适用于计算在真空中两个点电荷的相互作用力,在干燥的空气中也近似成立,而在其它电介质中使用时需要增加条件。

(2) 点电荷的电性有正负之分,但在计算静电力的大小时,可用所带电量的绝对值进行计算,根据电荷之间的电性异同来判断是引力还是斥力。

(3) 在两电荷之间距离接近为零时,由于两个电荷已经失去了点电荷的前提条件,因此不能根据库仑定律得到库仑力无穷大的结论。

(4) 当一个点电荷受到多个点电荷的作用,可以根据力的独立作用原理进行力的合成分解并进行矢量运算。

例 1.2.1 真空中有甲、乙两个点电荷,相距为 r ,它们间的静电力为 F 。若甲的电量变为原来的 2 倍,乙的电量变为原来的 $1/3$,距离变为 $2r$,则它们之间的静电力变为原来的多少?

解:设原来的量分别为 q_1, q_2, r, F ,现在的量分别为 q'_1, q'_2, r', F' 。

根据式(1.2.1),有

$$F' = k \frac{q'_1 q'_2}{r'^2} = k \frac{2q_1 q_2 / 3}{(2r)^2} = \frac{1}{6} k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{6} F$$

即静电力变为原来的 $\frac{1}{6}$ 。

二、电场强度

1. 电场

任何力的作用都离不开物质,地球对地表附近物质的作用力是通过重力场作用的;地球与月亮间有万有引力作用力也是因有万有引力场的存在;两电荷间相互作用时不直接接触,它们之间的相互作用也是通过一种物质作用的,这种物质就是电场。

电场是电荷周围存在的一种看不见摸不着的特殊物质,是不以人的感官意识为转移的。重力场对有质量的物体有力的作用,可对物体做功,说明重力场具有能量;电场对放入其中的电荷也有力的作用,此力称为电场力,而且可对电荷做功,说明电场也具有能量。可见,电场具有以下特性:

(1) 电场是在电荷周围存在的一种特殊物质,它是传递电荷间相互作用的。

(2) 放入电场中的电荷总要受到电场力的作用。

(3) 电场具有能量。

2. 电场强度

为了验证电场的特性,我们用一个电荷量很小的点电荷作为检验电荷,目的是检验电荷不会影响到原电场的特性。

如图 1.2.1 所示,在点电荷 $+Q$ 形成的电场中的 A 点分别放入电荷 q_1, q_2, q_3 ,则它们受到的电场力分别为

$$F_1 = k \frac{Qq_1}{r^2}, \quad F_2 = k \frac{Qq_2}{r^2}, \quad F_3 = k \frac{Qq_3}{r^2}$$

由上式可以发现,场源电荷 Q 对不同的检验电荷 q 有不同的电场力,但只要 A 点位置不变, F 与 q 的比值就不变。即

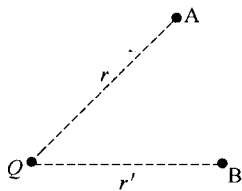


图 1.2.1 点电荷产生的电场

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = k \frac{Q}{r^2}$$

若将检验电荷 q_1 、 q_2 、 q_3 放到电场的 B 点,则它们受到的电场力分别为

$$F_1 = k \frac{Qq_1}{r'^2}, \quad F_2 = k \frac{Qq_2}{r'^2}, \quad F_3 = k \frac{Qq_3}{r'^2}$$

则 F 与 q 的比值为

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = k \frac{Q}{r'^2}$$

可见,场源电荷 Q 固定,则电场的空间分布固定。对于电场中某固定点, F/q 的值仅与 Q 、 r 有关,与检验电荷无关,它反映的是电场的性质,为了表示电场的这种性质,引入电场强度这一物理量。

放入电场中某一点的检验电荷受到的电场力跟它的电量的比值叫该点的电场强度,简称场强。用公式表示为

$$E = \frac{F}{q} \quad (1.2.2)$$

式中, q 为检验电荷; F 为检验电荷所受到的电场力; E 为检验电荷所在处的电场强度。在 SI 中,电场强度的单位是牛[顿]每库[仑],符号为 N/C。

由式(1.2.2)可以看出,电场中某点的电场强度,数值上等于单位正电荷在该点所受的电场力。图 1.2.1 中 A 点的电场强度为

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (1.2.3)$$

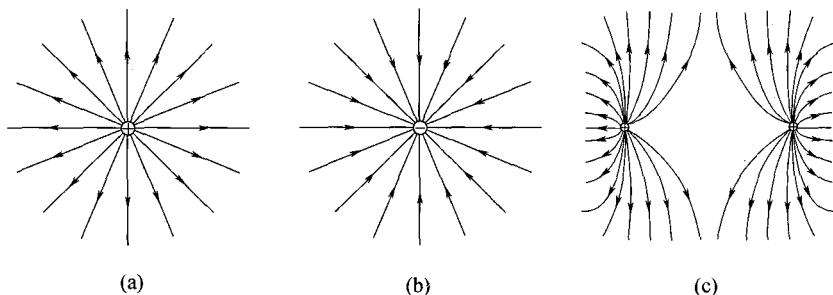
电场强度是一个矢量,不仅有大小,而且有方向。电场强度的方向为正电荷在该点所受电场力的方向。电场的强弱以及方向都是通过电场强度来描述的。

3. 电力线

为了形象地表示电场的方向和强弱,人们引入了电力线的概念。所谓电力线就是在电场中画出的一系列从正电荷出发到负电荷终止的曲线,曲线上任意一点的切线方向都跟该点的场强方向一致,电力线的密度越大,表示电场强度越大。图 1.2.2 是几种常见的电力线。

电力线具有以下特点:

- (1) 在静电场中,电力线起于正电荷,止于负电荷(或无限远)。
- (2) 电力线不闭合,也不在没有电荷的地方中断。



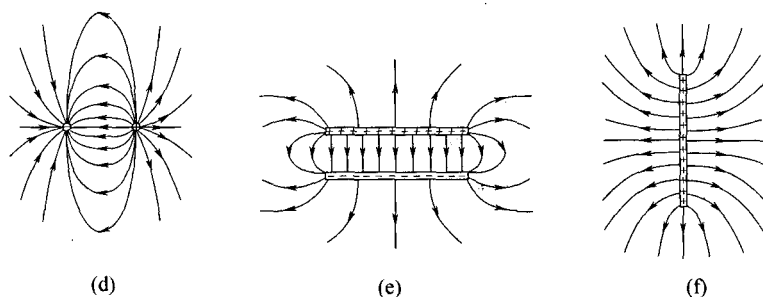


图 1.2.2 几种常见的电力线

(a) 正点电荷; (b) 负点电荷; (c) 同种等量电荷; (d) 异种等量电荷;
(e) 异种带等量电荷平行板间电场; (f) 带正电荷平行板。

(3) 电力线不能相交, 否则一点将有两个电场强度方向。

(4) 电力线不是电场里实际存在的线, 是为了使电场形象化而假想的线。

1.2.2 电流

一、电流的定义

在电场作用下, 电荷的定向移动形成电流。单位时间内, 通过导体横截面积的电荷量的多少, 称为电流强度, 简称为电流。

如果电流的大小和方向都不随时间而变化, 则这样的电流称为直流电流, 用大写字母 I 表示, 即

$$I = \frac{q}{t} \quad (1.2.4)$$

如果电流的大小和方向是随时间而变化, 则这样的电流称为交流电流, 用小写字母 i 表示。

在 SI 中, 电流的单位是安培, 简称为安, 用字母 A 表示。在计算小电流时, 常用毫安 (mA) 或微安 (μA) 表示, 它们的换算关系为

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

二、电流的方向

在电工学中规定, 正电荷移动的方向为电流的实际方向。但是在分析电路时, 电流的实际方向却很难预先判定。因此, 为了分析计算的方便, 常常事先假定一个电流的方向, 并用箭头或字母表示, 我们把它称为参考方向。若计算结果为正值, 表明电流的实际方向与参考方向一致, 若计算结果为负值, 表明电流的实际方向与参考方向相反。特别需要指出, 参考方向一经选定, 在分析计算电路时不许随意更改; 若不标出参考方向, 计算结果无论是正、负, 都没有意义。

1.2.3 电压与电位

一、电压

电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移动到 b 点所做的功定义为这两点之间的电压。用 U_{ab} 表示。如图 1.2.3 所示, 即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1.2.5)$$

如果电压的大小和方向都不随时间而变化,则这样的电压称为直流电压,用大写字母 U 表示;如果电压的大小和方向都是随时间而变化,则这样的电压称为交流电压,用小写字母 u 表示。

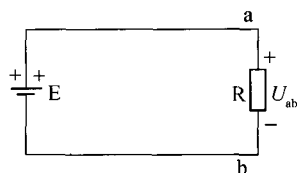


图 1.2.3 电荷的移动

在 SI 中,电压的单位是伏特,简称为伏,用字母 V 表示。在计算小电压时,常用毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 表示,它们的换算关系为

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

二、电位

在分析电路时,特别是在电子电路中,经常用到电位这一物理量。把电路中任一点与参考点(规定电位能为零的点)之间的电压称为该点的电位。用大写字母 V 表示,单位与电压的单位相同,参考点用接地符号表示。通常把正电荷能量大的点称为高电位,能量小的点称为低电位。

电路中任何两点之间的电压也可以用两点之间的电位差来表示。即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1.2.6)$$

电路中两点之间的电压是不变的,即电压是绝对量;而电位的大小与所选的参考点的位置有关,即电位是相对量。

电压与电流一样,它不仅有大小,而且还有方向。规定电压的方向是从高电位指向低电位,即电位降的方向。在分析电路时,也可为电压假设一个参考方向,一般用 +、- 号或双下标来表示,实际方向由计算结果的正、负来确定。如图 1.2.3 所示。

电流和电压的参考方向可以任意假定。若两者的参考方向选为一致,称为关联参考方向;若两者的参考方向相反,称为非关联参考方向。但是,为方便起见,经常选为关联参考方向。

1.2.4 电动势

如图 1.2.3 所示。正电荷在电场力的作用下,由电源的正极经外电路从 a 点经过负载到达 b 点,而后回到电源的负极。正电荷又在非电场力(也叫电源力)的作用下,从电源的负极经过电源内部移动到正极。我们把电源力将单位正电荷从电源的负极经过电源内部移动到正极所做的功,叫该电源的电动势,用字母 E (直流) 或 e (交流) 表示。

$$E = \frac{W}{q} \quad (1.2.7)$$

电动势的单位与电压的单位一致。方向规定为由低电位指向高电位,即电位升的方向。

注意:电压可以存在于电路的任意两点,而电动势仅仅存在于电源内部,只对电源来说有意义。

1.2.5 欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一,它说明流过电阻的电流与电阻两端电压之间的

关系。

如图 1.2.4 所示,当电阻元件的端电压与流过它的电流选为关联参考方向时,欧姆定律的数学表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2.8)$$

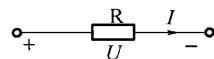


图 1.2.4 欧姆定律

式中, R 称为电阻元件,在 SI 中,其单位是欧姆(Ω)。对于大电阻,可以用千欧($k\Omega$)或兆欧($M\Omega$)为单位。它们的换算关系是

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

式(1.2.8)还可以写成

$$I = GU \quad (1.2.9)$$

式中, G 称为电导元件, $G = 1/R$ 。在 SI 中,其单位是西门子(S)。

当电阻元件的端电压与流过它的电流选为非关联参考方向时,欧姆定律的数学表达式为

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1.2.10)$$

例 1.2.2 在图 1.2.5 所示电路中,设 a 点电位为零, $R_1 = 3k\Omega$, $R_2 = 5k\Omega$, $E_1 = 12V$, $E_2 = 20V$, $I = 4mA$,求其余各点电位及电压 U_{ac} 。

解:根据欧姆定律, $U_{ab} = IR_1 = 12V$, $U_{cd} = IR_2 = 20V$,则

$$V_b = V_a - U_{ab} = -12V$$

$$V_c = V_b + E_2 = 8V$$

$$V_d = V_c - U_{cd} = -12V$$

$$U_{ac} = V_a - V_c = -8V$$

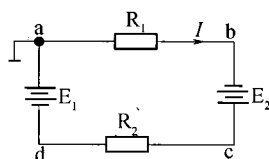


图 1.2.5 例 1.2.2 图

1.2.6 电功与电功率

一、电功

电路中的负载是吸收电能的设备,它将电能转换为其它形式的能。例如,电流使灯泡发光、电阻丝发热等等,这些都是将电能转换成了其它形式的能,也就是电流做功的表现。我们就把电流通过元件时所做的功称为电功。

如图 1.2.6 所示。设通过 R 的电流为 I ,两端电压为 U 。根据电压的定义,电流 I 通过 R 时,电场力在 t 时间内移动正电荷 q 所做的功为

$$W = Uq = UIt \quad (1.2.11)$$

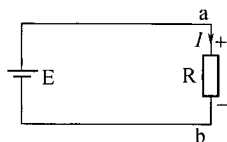


图 1.2.6 电功及功率的计算

在 SI 中,电功(或电能)的单位是焦耳(J)。工程上常用 千瓦小时($kW \cdot h$)作为电能的单位, $1kW \cdot h$ 又称为 1 度(电)。它们的关系为

$$1 \text{ 度(电)} = 1kW \cdot h = 3.6 \times 10^6 J$$

电流所做的功也就是电阻 R 所吸收的功。根据欧姆定律可得电阻 R 吸收的电功为

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1.2.12)$$