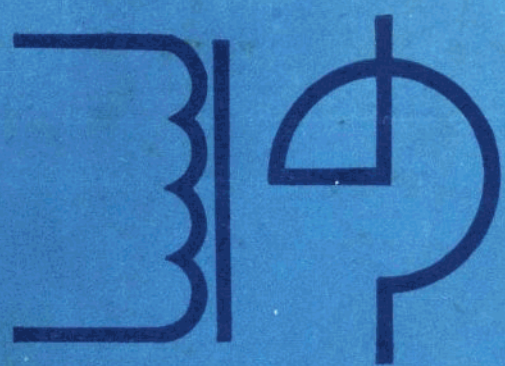




中级电工简明读本编写组 编

中级电工简明读本

上海科学技术出版社



中级电工简明读本

中级电工简明读本编写组 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是中级电工的技术理论培训教材。其特点是将中级电工所必要的基础课、专业课和技能训练方面的知识溶汇在一起进行系统介绍,即一个等级工种用一本教材。全书共六章:电工基础;电子技术基础;变压器与电机;电工测量仪表;低压电器和电气控制;工厂供电。每章后均有习题和思考题,供学员复习和练习。

本书既可作培训教材,亦可供电工自学。

中级电工简明读本

中级电工简明读本编写组 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟人民印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 24.5 字数 583,000

1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—8,000

ISBN 7-5323-3887-8/TM·97

定价: 25.00 元

前 言

在发展社会主义市场经济的大好形势下,各行各业都急需一批训练有素的技术工人。作为一个职业技术培训部门,当然要尽力支持,积极参与,并想方设法搞好培训工作,为劳务市场输送合格的技术工人,为加强社会主义经济建设贡献一份力量。

回顾前一时期的培训工作,我们在有些方面做得不够理想,特别是教材方面。对于现有的教材,普遍反映内容偏多偏深,没有突出重点,课程体系没有体现在职教学的特点等。这对教学工作带来一定的难度。为此,我们邀请部分有经验的教师、工人技师和技术人员进行讨论研究,并决定按国家颁布的工人技术等级标准要求,把有关应知的主要内容,少而精地试编在一本书中,即《××××简明读本》。目前先编写出版《中级电工简明读本》,以后将陆续编写其他工种读本。

编写这套读本,目的是抛砖引玉。由于经验不足,定有不妥之处,敬请广大教师和读者提出宝贵意见,以便不断改进和完善。

在编写《中级电工简明读本》过程中,得到上海市劳动局、崇明县劳动局、青浦区劳动局、奉贤县劳动局、浦东新区劳动局、黄浦区劳动局、闵行区劳动局和上海轻工业高等专科学校等单位的大力支持,对此表示衷心的感谢。

《中级电工简明读本》由许宝发(第二章)、徐坤泉(第五章)、舒光伟(第一章)、周炳根、顾明生、曹祥汀(第三章)、何惠球(第四章)、李振海(第六章)等编写,许宝发、徐坤泉主编,许宝发统稿,高联辉、施积德、张永亨审稿,高联辉主审。

上海市职业技术培训教研室

目 录

第一章 电工基础	1
第一节 直流电路	1
一、电路与电路图	1
二、电路的基本物理量和参考方向	2
三、电功、电功率和电流的热效应	4
四、基本电路元件	5
五、欧姆定律	9
六、电阻的联接	11
七、电源的联接	15
第二节 复杂直流电路的计算	16
一、基尔霍夫定律	16
二、支路电流法	19
三、叠加定理	21
四、戴维南定理	23
第三节 磁与磁路	26
一、磁场的基本概念	26
二、铁磁材料的磁化	29
三、电磁感应	32
四、自感、互感、涡流	35
五、磁路与磁路定律	37
第四节 正弦交流电路	41
一、正弦交流电的基本概念	41
二、正弦交流电的相量表示	44
三、单一参数交流电路	48
四、RLC串联电路	51
五、正弦交流电路的功率	54
六、功率因数	56
第五节 三相交流电路	58
一、三相电源	58
二、三相负载的联接	60
三、对称三相电路	62
四、不对称三相电路	65
五、三相电路的功率	67
习题与思考题	69

第二章 电子技术基础	74
第一节 半导体二极管和整流滤波电路	74
一、半导体二极管	74
二、整流电路	80
三、滤波电路	82
第二节 半导体三极管和基本放大电路	84
一、半导体三极管	84
二、低频电压放大电路	91
三、射极输出放大电路	100
四、功率放大电路	102
五、差动放大电路	104
六、正弦波振荡电路	106
第三节 模拟集成电路	109
一、模拟集成电路的符号和主要性能	109
二、模拟集成电路的基本应用电路	110
第四节 晶闸管和可控整流电路	112
一、晶闸管	112
二、可控整流电路	116
三、场效应晶体管触发电路	119
四、晶闸管的保护	122
第五节 数字电路基础	123
一、十进制数和二进制数	123
二、基本逻辑关系	124
三、逻辑门电路	125
四、逻辑代数基础	131
五、双稳态触发器	134
六、寄存器	137
七、计数器	138
八、译码器和显示器	139
九、多谐振荡器	143
第六节 电子技术应用实例	144
一、晶闸管调压电源	144
二、半导体接近开关	144
三、数字石英电子钟表	145
习题与思考题	146
第三章 变压器与电机	154
第一节 变压器	154
一、概述	154
二、变压器的分类	155
三、变压器的结构	156
四、变压器的工作原理	160

五、变压器的技术数据	162
六、几种常用的特殊变压器	165
七、变压器的运行与维护	172
第二节 直流电机	176
一、直流电机的工作原理	176
二、直流电机的基本结构	177
三、直流电机的电枢绕组	180
四、直流电机的磁场	183
五、直流电机的工作特性	186
六、直流电机的故障和维护	190
第三节 三相异步电动机	194
一、异步电动机的分类	194
二、三相异步电动机的结构	194
三、三相异步电动机的工作原理	196
四、交流电机的绕组和连接	199
五、三相异步电动机的技术参数	204
六、三相异步电动机的主要特性	207
七、三相异步电动机的起动、制动及调速	208
八、三相异步电动机的运行与维护	210
第四节 单相异步电动机	213
一、单相异步电动机的工作原理	214
二、单相异步电动机的类型与起动方法	215
三、单相异步电动机的结构与容量等级	218
四、单相异步电动机的运行与维护	222
习题与思考题	223
第四章 电工测量仪表	225
第一节 电工测量的基本知识	225
一、电工测量的任务和特点	225
二、电工测量的基本分类	225
三、测量学的基本知识	225
第二节 常用电工测量仪表	227
一、常用电工测量仪表的类型	227
二、常用电工测量仪表的构造	227
第三节 电压表与电压的测量	235
一、电压表的种类及特点	235
二、电压测量方法	235
第四节 电流表和电流的测量	237
一、电流表的种类及特点	237
二、电流测量方法	237
第五节 万用电表	239
一、概述	239

二、万用表的结构	240
三、万用表的工作原理	242
四、模拟式万用表的使用	244
五、数字式万用表的使用	247
第六节 功率表与电功率的测量	249
一、概述	249
二、电功率的测量方法	250
第七节 电能表与电能的测量	253
一、单相负荷的测量方法	253
二、三相负荷的测量方法	254
第八节 电桥	254
一、概述	254
二、直流单臂电桥及使用	255
三、直流双臂电桥	256
第九节 电位差计	257
一、直流电位差计的工作原理	257
二、直流电位差计的分类和技术性能	258
三、直流电位差计的使用	258
第十节 兆欧表	259
一、兆欧表的结构	259
二、兆欧表的工作原理	260
三、兆欧表的使用	260
第十一节 功率因数表	261
一、电动系功率因数表	262
二、铁磁电动系功率因数表	262
第十二节 钳形表	263
一、钳形电流表的基本结构和用途	263
二、钳形表的使用	263
第十三节 普通示波器	264
一、概述	264
二、示波管与波形显示原理	264
三、普通示波器的基本组成与工作原理	266
四、普通示波器的使用	271
习题与思考题	277
第五章 低压电器和电气控制	279
第一节 低压电器	279
一、手动开关	279
二、断路器	282
三、熔断器	285
四、主令电器	289

五、接触器	292
六、继电器	297
第二节 电动机的控制	306
一、三相异步电动机的起动和停止	306
二、三相异步电动机的正反转控制线路	307
三、三相异步电动机降压起动控制线路	310
四、三相异步电动机的调速控制线路	313
五、三相异步电动机的制动控制线路	315
六、绕线式异步电动机起动、调速线路	318
七、顺序控制和自动往返控制	321
八、直流电动机的起动控制线路	323
九、直流电动机的反接制动控制线路	325
十、发电机/电动机调速系统	327
十一、晶闸管直流电动机调速系统	329
第三节 电气控制线路	333
一、X62W 万能铣床电气控制线路	333
二、T68 卧式镗床电气控制线路	338
习题与思考题	341
第六章 工厂供电	343
第一节 工厂变配电所	343
一、工厂电力负荷	343
二、中小型变电所	343
三、主要电气设备和主结线	345
第二节 工厂配电线路	351
一、我国额定电压的分类	351
二、配电系统的接线方式	353
三、架空线路的结构与敷设	356
四、电缆线路的结构与敷设	361
五、车间电力线路的结构与敷设	363
第三节 工厂电气照明	365
一、照明质量	366
二、工厂常用电光源	367
三、照明器的选择与布置	369
四、工厂照明配电	371
第四节 防雷接地与安全用电	372
一、雷云	372
二、工厂变电所的防雷保护	373
三、接地接零	374
四、安全用电	376
第五节 工厂供电的故障与检修	377
一、变电所的巡视要求	377

二、工厂电力线路的巡视要求	378
三、变电所内常见故障	378
四、电力线路的常见故障	380
习题与思考题	382

第一章 电工基础

本章介绍电工基本理论知识,内容包括直流电路、磁与磁路、正弦交流电路和三相交流电路。

第一节 直流电路

一、电路与电路图

电路是电流所流经的路径。电路的作用是对能量进行转换、传输和分配。例如电力系统,发电厂的发电机组把机械能转换成电能,通过变压器、输电线等把电能输送给用户;用户通过电动机等电器又把电能转换成机械能、光能、热能等。

电路的另一重要作用是对信号进行传递、控制和处理。例如扩音机,先由话筒把语言或音乐(声信号)转换成相应的电压和电流信号,经特定的电路处理后传递到扬声器,再把电信号还原为语言或音乐。

一般来说,电路是由电源、负载(用电器)、联接导线和辅助设备四大部分组成的。其中电源是把其他形式的能量转换为电能的设备,常用的直流电源有电池和直流发电机。负载就是用电器,它的作用是把电能转换为其他形式的能量,常见的负载有电灯、电炉、电动机等。电灯把电能转换为热能再变为光能,而电炉和电动机则是把电能分别转换为热能和机械能的负载。

联接导线把电源、负载及辅助设备联接成一个闭合回路,起着传输电能或传递信号的作用。常见的导线由铜、铝等材料制成。

辅助设备是用来实现对电路的控制和保护等作用的。常用的辅助设备有开关、熔断器和各种测量仪表等。

图 1-1(a)是一个最简单的电路。干电池为电源,小灯泡为负载,由两根导线联接。

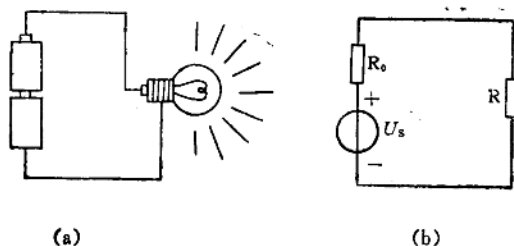


图 1-1 简单电路和电路图

电路图是一种抽象化的电路模型,电路中各种电工设备,包括电源和器件在电路图中是以抽象化的元件来表示的,这些抽象化的元件完全可以表征实际电工设备和器件的电磁物理性质。比如消耗电能的设备或器件,像电灯、电炉、电阻器等,可以用电阻元件表示;储存

或释放磁场能量的器件可以用电感元件表示；储存或释放电场能量的器件可以用电容元件表示。电路图中的各个抽象化的元件都是用规定的图形符号表示的。

图 1-1(a) 简单电路的电路图如图 1-1(b) 所示。其中干电池用电压源 U_s 表示，考虑到电池内部消耗电能的现象，用电阻 R_0 表示电池的内电阻，小灯泡用电阻 R 表示，忽略导线电阻。

二、电路的基本物理量和参考方向

1. 电流

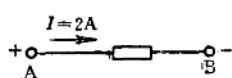
电荷在电场作用下的定向运动称为电流，用 I 表示。表示电流大小的物理量称为电流强度（简称电流），电流强度在数值上等于单位时间内通过导体截面的电量。设时间 t 内流过电路横截面的电量是 Q ，则有

$$I = Q/t \quad (1-1)$$

当 t 的单位为 s(秒)， Q 的单位为 C(库)时， I 的单位为 A(安)。在应用时，电流的单位还可以用 kA、mA、 μ A 等表示，它们与 A 的关系是

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

电流的大小和方向对电路的工作状态都有影响，所以在测量或计算电路的电流时，应同时给出电流的大小和方向，仅有电流数值而没有指明电流流向的答案是不完整的。如图 1-2



是某电路中的一段支路，设流过该支路的电流为 2A，从 A 端流向 B 端，则 $I = 2\text{A}$ ，方向为图中箭头所指。电流的大小和方向还可用

图 1-2 电流的方向

双下标表示，图 1-2 中，也可表示为 $I_{AB} = 2\text{A}$ 。习惯上把正电荷运

动的方向规定为电流方向。

2. 电位与电压

单位正电荷在电场力作用下从点 A 到点 B 所作的功，称为这两点间的电位差 V_{AB} 。一般在电路中，我们总指定某一点的电位为零，称该点为电位参考点。指定参考点后，电路中其余各点对参考点来说都具有电位，若某点的电位高于参考点的电位，则电位为正，反之则为负。

显然，电位是一个相对参考点的电量，参考点选择不同，则某点的电位也不同，离开参考点说某点的电位是没有意义的。

通常电路中两点间的电位之差称为电压，或称电位差，用 U 表示。若 A、B 两点的电位分别是 V_A 、 V_B ，且 $V_A > V_B$ ，则 A、B 两点间的电压 U_{AB} 为

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

电压的方向是由高电位点指向低电位点，即电压降的方向，因此有时称电压为电压降。显然，某点的电位在数值上等于该点与参考点之间的电压；而某两点之间的电压等于这两点之间的电位之差。

电位和电压具有相同的量纲，其单位为 V(伏)，在应用时，电位和电压的单位还可以用 kV、mV、 μ V 等表示，它们与 V 的关系是

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

同电流一样，要完整地表示一个电压，不仅要给出电压的大小，而且要指明电压的方向，图 1-3 给出电压表示法。如设 A、B 两点间电压为 10V，且 A 点电位高于 B 点电位，则 $U = 10\text{V}$ ，方向可用箭头表示，从高电位指向低电位；或用极性“+”，“-”表示，“+”表示高电位，

“-”表示低电位;也可用双下标表示,记为 $U_{AB} = 10\text{V}$,方向由 A 指向 B。

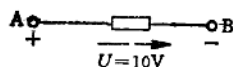


图 1-3 电压表示法

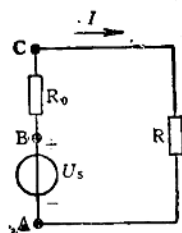


图 1-4 例 1-1 电路

[例 1-1] 图 1-4 所示电路中,已知: $U_s = 10\text{V}$, $R_0 = 2\Omega$, $R = 8\Omega$ 。

① 以 A 点为参考点,试求其余各点电位和任意两点间的电压;

② 以 B 点为参考点,重复①;

③ 比较①、②的计算结果。

解: ① 以 A 点为参考点,即 $V_A = 0\text{V}$,

$$I = \frac{U_s}{R + R_0} = \frac{10}{8 + 2} = 1(\text{A})$$

显然 $V_B = 10\text{V}$, $V_C = 8 \times 1 = 8(\text{V})$

$$U_{AB} = V_A - V_B = 0 - 10 = -10(\text{V})$$

$$U_{BC} = V_B - V_C = 10 - 8 = 2(\text{V})$$

$$U_{CA} = V_C - V_A = 8 - 0 = 8(\text{V})$$

② 以 B 点为参考点,即 $V_B = 0\text{V}$,

显然 $V_A = -10\text{V}$, $V_C = -2 \times 1 = -2(\text{V})$

$$U_{AB} = V_A - V_B = -10 - 0 = -10(\text{V})$$

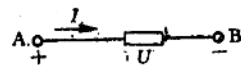
$$U_{BC} = V_B - V_C = 0 - (-2) = 2(\text{V})$$

$$U_{CA} = V_C - V_A = -2 - (-10) = 8(\text{V})$$

③ 从①、②的计算结果可以得出:在同一电路中,电位具有相对性,参考点不同,电路中各点的电位也不同;而电压具有绝对性,无论参考点如何选取,任意两点之间的电压是恒定的。

3. 参考方向

要完整地给出电路中的电流和电压,不仅要给出电流和电压的数值,还要指明电流和电压的方向,电路的分析计算要按照电路中电流和电压的方向进行。例如,对图 1-4 电路,我们很容易判断出电流 I 是从左流向右,如图中箭头指向,计算后得 $I = 1\text{A}$ 。在简单电路情况下,电流和电压的方向是很容易判断的,但对比较复杂的电路,我们就无法知道电路中电流或电压的方向,这样给电路的分析和计算带来了困难。为解决这一问题,我们引入一个十分重要的概念——参考方向。



对一段电路,我们任意假定一个电流、电压方向,如图 1-5 所示。这一任意假定的方向就称为参考方向,也称正方向。电路中

电流的参考方向一般用箭头表示;电压的参考方向一般用极性“+”“-”表示。

参考方向选定后,电流和电压就是一代数量。若按选定参考方向后电路计算得出的电

流为正值,说明电流方向与参考方向相同;若为负值,说明电流方向与参考方向相反,如图 1-6 所示。同样,若按选定参考方向后电路计算得出的电压为正值,说明电压方向与参考方向相同;若为负值,说明电压方向与参考方向相反,如图 1-7 所示。

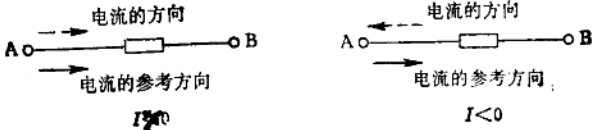


图 1-6 电流方向与参考方向

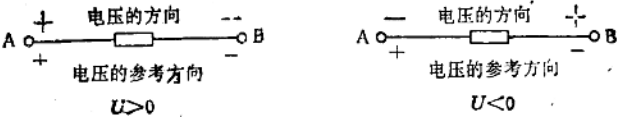


图 1-7 电压方向与参考方向

电流和电压的参考方向可任意选定,但一经选定,在电路的分析和计算过程中,则不应改变。如可能判别电流和电压的方向,则尽量选择参考方向与电流和电压方向一致。

三、电功、电功率和电流的热效应

1. 电功

我们知道,一个力作用在物体上,使物体在力的方向上产生运动,就认为这个力对物体作了功。电路中,当电荷受到电场力的作用,并沿着电场力的方向运动形成电流,说明电场力对电荷作了功,习惯上叫做电流作了功,称为电功。

电流做功总是伴随着能量的变化和转换。如电流通过灯泡做功,要损耗电能,而这损耗的电能却转换为光能和热能;又如电流通过电动机做功把电能转换为机械能和热能;电流通过电炉丝做功,把电能转换为热能,等等。电功是电能变化的量度。在电路中,电功用 A 表示。

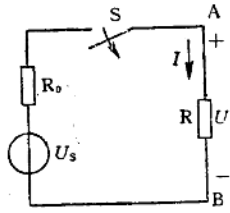


图 1-8 电流做功

电功如何计算呢?图 1-8 所示电路中,当开关 S 合上后,正电荷应由 A 点经电阻 R 流向 B 点,在一定时间 t 内通过的电荷量为 Q 。根据式(1-2),电荷在 A 点具有的电位能 $W_A = V_A Q$,而在 B 点电荷 Q 具有的电位能下降为 $W_B = V_B Q$,如前述,电荷 Q 流经 R 所做的功等于电位能的变化,即

$$A_{AB} = W_A - W_B = V_A Q - V_B Q = Q(V_A - V_B)$$

又因为 $Q = It, U = V_A - V_B$,代入上式,得到电功的计算式:

$$A = IUt \tag{1-3}$$

其中电流的单位是 A ,电压的单位是 V ,时间的单位是 s ,功的单位是 J (焦),即 $1J = 1A \times 1V \times 1s$ 。

一般以 $kW \cdot h$ 作为电功的实用单位, $1kW \cdot h$ 就是通常所说的 1 度电。

2. 电功率

单位时间内电流所作的功称为电功率,用 P 表示,则

$$P = \frac{A}{t} = \frac{IUt}{t} = IU \quad (1-4)$$

式(1-4)表明功率等于电压和电流的乘积。功率的单位为 W(瓦),即 $1W = 1A \times 1V$, 其辅助单位有 kW、mW, 它们与 W 的关系是

$$1kW = 10^3W, \quad 1mW = 10^{-3}W$$

旧电器铭牌上常用马力作为功率的单位, 马力与 kW 的关系为

$$1 \text{ 马力} = 0.736kW, \quad 1kW = 1.36 \text{ 马力}$$

[例 1-2] 某装配车间使用 50 只 45 W 的电烙铁, 平均每天使用 5 小时, 问每月(以 26 天计)用电多少度?

解: 根据式(1-3) $A = IUt = Pt$

$$\begin{aligned} \text{得} \quad A &= Pt = 45 \times 50 \times 5 \times 26 \\ &= 292.5(kW \cdot h) \end{aligned}$$

3. 电流的热效应

电流通过导体时, 会使导体发热, 这种现象称为电流的热效应。这是因为电流通过导体作了功, 把消耗的电能转换成热能, 从而使导体温度升高。

实验得出: 电流通过导体产生的热量与电流的平方, 导体的电阻值以及通电时间成正比。用 Q 表示电流产生的热量, 单位为 J, 则有

$$Q = 1.003I^2Rt \quad (1-5)$$

其中电流的单位是 A, 电阻的单位是 Ω , 时间的单位是 s。

利用电流的热效应可以制造各种电热器, 如电炉、电烙铁等, 还可以利用电流的热效应制造电路中的保护电器, 如熔断器、热继电器等。但是, 电流的热效应也有有害的一面, 如各种电气设备通电使用时, 由于热效应温度升高, 会加速绝缘材料老化变质, 如使橡皮硬化, 塑料老化, 绝缘纸、布变焦以及漆包线漆层脱落等。严重时会使绝缘损坏, 造成线路故障, 最后导致整个用电设备被烧坏。为了保证电气设备正常工作, 必须限制温升, 也就是必须把电流限制在一定的范围内, 因此, 电流的热效应限制了电气设备的最大功率。

实际工程中, 规定电气设备和元件的额定值, 包括额定功率、额定电压和额定电流, 这就是指电气设备和元件安全工作时允许达到的最大值, 如果超过了额定值, 就会产生过热或其他故障。

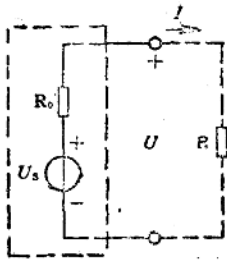
四、基本电路元件

电路元件分为两大类: ①有源元件, 如电压源和电流源; ②无源元件, 如电阻元件和电容元件。电感元件也是典型的无源元件, 但因为电感要涉及到磁场的概念, 我们把电感元件放到第三节磁与磁路中介绍。

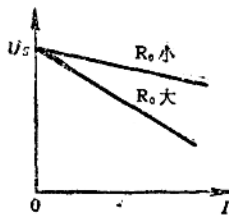
1. 电压源和电流源

(1) 电压源 含有恒定电动势和内阻 R_0 的电源称为电压源, 如他激直流发电机、蓄电池、稳压电源等。电压源的图形符号如图 1-9(a) 中的虚线方框所示。电压源用电动势与内电阻 R_0 的串联组合来表示。

由于电源的内电阻 R_0 , 当负载电流 I 增加时, 电压源的端电压 U 会下降, 其伏安特性如图 1-9(b) 所示, 是一条下降的直线。 R_0 越大, 直线下降得也越快。伏安特性也称为外特性。

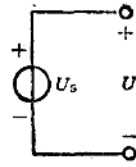


(a)

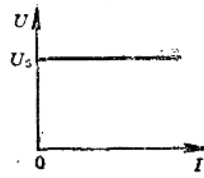


(b)

图 1-9 电压源及外特性



(a)



(b)

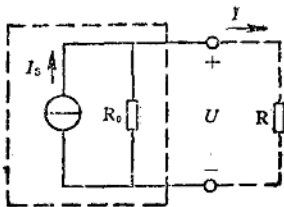
图 1-10 恒压源及其外特性

如果 $R_0 = 0$, 那么不管负载电流如何变化, 电压源始终输出恒定电压, 即 $U = U_s$ 。这样的电压源称为恒压源, 它的外特性是一条平行于横轴的直线。恒压源的符号和外特性如图 1-10 所示。常用的稳压电源或内电阻 R_0 远小于负载电阻 R 的电源, 都可以看作是恒压源。

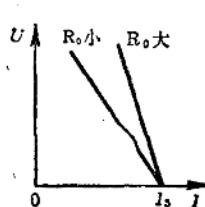
恒压源是不允许短路的, 否则电源输出的电流将是无限大。

(2) 电流源 含有恒定电激流 I_s 和内电阻 R_0 的电源称为电流源, 如串激直流发电机、晶体管恒流源等。电流源的图形符号如图 1-11(a) 中的虚线方框所示。电流源用电激流 I_s 与内电阻 R_0 的并联组合来表示。

电流源的外特性如图 1-11(b) 所示, 显然, R_0 越大, 外特性越陡。当 $R_0 \rightarrow \infty$ 时, 电源就是一个恒流源, 这时不管负载电阻 R 如何变化, 电源始终输出恒定的电流 $I = I_s$ 。恒流源的图形符号和外特性如图 1-12 所示。

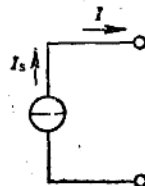


(a)

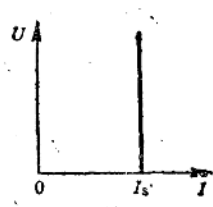


(b)

图 1-11 电流源及其外特性



(a)



(b)

图 1-12 恒流源及其外特性

恒流源是不允许开路的, 否则电源的端电压将变得无限大。

通常情况, 电压源和电流源是向外电路提供能量的, 但当外电路中也含有电源时, 则电压源和电流源也可能作为负载吸收功率。电压源和电流源在电路中是作为电源还是作为负载, 即是释放能量还是吸收能量, 可以根据电压源和电流源的实际电流方向来确定。电流流出的为电源, 电流流入的为负载。

2. 电阻

(1) 导体的电阻和电阻率 电流在导体中流动时要受到阻力, 我们把导体对电流的阻碍作用称为电阻。电阻用符号 R 表示, 电阻值的代号为 R , 电阻的单位是 Ω (欧)。在应用中, 电阻的单位还可以用 $k\Omega$ (千欧), $M\Omega$ (兆欧) 等表示, 它们与 Ω 的关系是

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

实验证明, 在一定温度下, 导体的电阻与导体的横截面积成反比, 与导体的长度成正比,

还与导体的材料有关。导体的电阻可用公式表示如下:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-6)$$

式中导体长度 L 的单位是 m ; 导体横截面积 S 的单位是 mm^2 ; ρ 称为电阻系数, 又称电阻率, 电阻率的单位为 $\Omega \cdot mm^2/m$ 。电阻率是将待测材料做成长 $1m$, 横截面积为 $1mm^2$, 在温度为 $+20^\circ C$ 时测得的电阻值。

电阻率的大小直接反映了各种材料导电能力的大小。显然, 电阻率越大的材料, 它的导电能力就越差; 反之, 电阻率越小的材料, 它的导电能力就越好。各种材料可以按其电阻率的大小, 分为导体、绝缘体和半导体。

导体的电阻与温度有关, 为了计算温度变化后的电阻, 我们引入电阻温度系数, 它等于温度每变化 $1^\circ C$ 时, 1Ω 导体电阻所改变的电阻数值, 用 α 表示, 单位是 $1/^\circ C$ 。

如果在温度为 t_1 时, 导体的电阻值为 R_1 , 在温度为 t_2 时, 导体的电阻值为 R_2 , 则导体的温度系数为:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \quad (1-7a)$$

上式可改写成:

$$R_2 = R_1 + \alpha R_1(t_2 - t_1) \quad (1-7b)$$

这就是温度变化后, 导体电阻的计算公式。常用金属材料的电阻率和温度系数可以查阅其他资料。

(2) 电阻元件 根据导体电阻的原理可以制成电阻器, 电阻器是实际电路中不可缺少的组成部分。电阻器在电路中是以电阻元件来表示的, 除了电阻器之外, 实际电路中消耗电能



的设备或器件, 如电灯泡、电炉、电烙铁等都用电阻元件来表示。如图 1-1 简单电路中, 就是用一个电阻元件来表示实际电路中的小灯

图 1-13 电阻元件 泡。电路图中, 电阻元件用图 1-13 的图形符号表示。

今后, 为了叙述方便, 把电阻元件简称电阻。这样, “电阻”这个术语以及它相应的符号 R , 一方面表示一个电阻元件, 另一方面也表示电阻元件的参数。

3. 电容

(1) 电容元件 电容器是储存电荷的器件。两个导体中间隔以绝缘材料就组成一个电容器。组成电容器的两个导体称为极板, 中间的绝缘材料称为介质。

如果在电容器 C 的两个极板上加上直流电压 U , 实验表明, 电容器两端的电压越高, 储存的电荷量 Q 也越多, 电荷量 Q 与电压 U 成正比关系。在单位电压作用下, 电容器储存电荷的能力称为电容器的电容量, 用代号 C 表示, 即

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-8)$$

式中, 电压 U 的单位是 V , 电荷的单位是 C , 则电容量 C 的单位是 F (法)。在应用中, 电容的单位还用 μF (微法)、 pF (皮法) 等表示, 它们与 F 的关系是

$$1 \mu F = 10^{-6} F, \quad 1 pF = 10^{-12} F$$

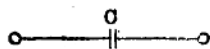


图 1-14 电容元件

电容器在电路中是以电容元件来表示的。电路图中, 电容元件用图 1-14 的图形符号表示。

(2) 电容储存的能量 电容两端接上直流电压源, 电容极板上的电荷就逐渐积累起来,