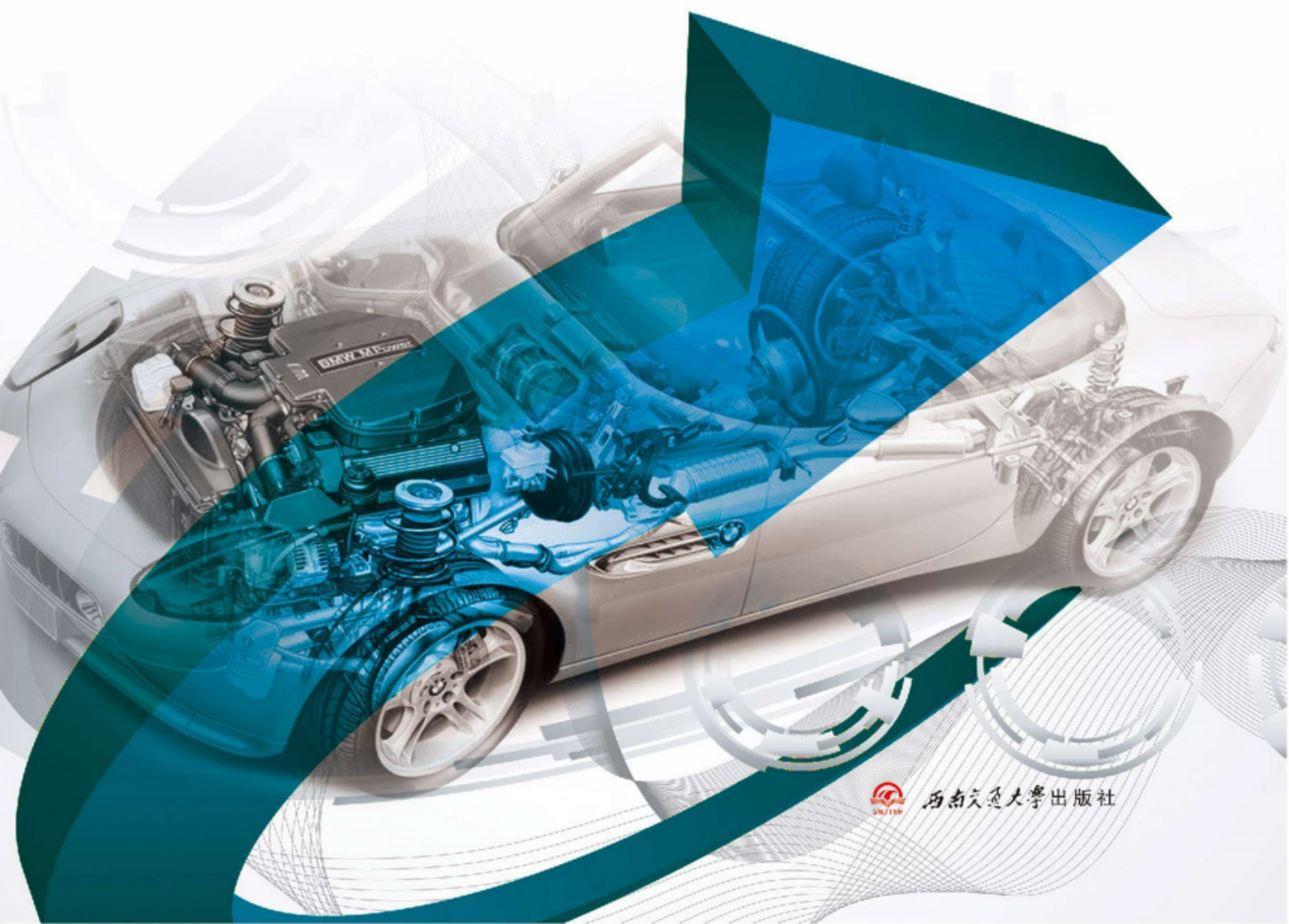




高等职业院校汽车类技能型人才培养“十三五”规划教材

汽车 电工电子技术

主 编 ○ 王 谦 李子路 陈 林
副主编 ○ 何 飞 何 川 张 睿 何加龙
主 审 ○ 章荣欣



西南交通大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车电工电子技术 / 王谦, 李子路, 陈林主编. —
成都: 西南交通大学出版社, 2020.1
高等职业院校汽车类技能型人才培养“十三五”规划
教材
ISBN 978-7-5643-7304-7

I. ①汽… II. ①王… ②李… ③陈… III. ①汽车 -
电工技术 - 高等职业教育 - 教材②汽车 - 电子技术 - 高等
职业教育 - 教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 288129 号

高等职业院校汽车类技能型人才培养“十三五”规划教材

Qiche Diangong Dianzi Jishu

汽车电工电子技术

主编 王谦 李子路 陈林

责任编辑 梁志敏

封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 成都蜀雅印务有限公司

成 品 尺 寸 185 mm × 260 mm

印 张 12.5

字 数 311 千

版 次 2020 年 1 月第 1 版

印 次 2020 年 1 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5643-7304-7

定 价 38.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

我国汽车保有量的增加及汽车技术的不断更新,对汽车相关行业的从业人员提出了更高的要求。教育部将汽车运用与维修专业人员列为当前技能型紧缺人才之一,并启动了制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程。汽车维修行业就业机会多,发展前景好,受到社会的高度关注。技能型紧缺人才培养方案要求高职教学体系必须重新调整。其中,专业教材内容和形式都必须进行相应的调整。

《汽车电工电子技术》依据汽车检测与维修技术、汽车电子控制技术、汽车制造与装配以及新能源汽车等专业人才培养目标,依托相应的岗位人才需求,以汽车维修行业的典型工作过程为载体,以典型车型的故障为样本,共设置了9个学习项目,内容涵盖了汽车电工电子的基本理论知识,突出了技能实践在学习中的重要性,适用于理论、实践一体化教学。

教材编写全面体现了职业教育教学改革、教材建设的需求,融入了国内著名院校先进的教学成果,系统、全面地研究和借鉴了德国职业教育模式,图文并茂、通俗易懂、针对性强、理论与实践统一,便于实施一体化教学和行动导向教学,为实现工作过程系统化课程改革和培养高技能人才起到积极推动作用。

本书由重庆公共运输职业学院汽车电子技术专业负责人王谦、重庆机电职业技术大学李子路、湖北工业职业技术学院陈林担任主编,重庆公共运输职业学院何飞、何川、张睿、何加龙担任副主编,重庆公共运输职业学院汽车运用与维修专业负责人章荣欣副教授担任主审。本书作为重庆市高等教育教学改革研究项目——预备技师——卓越技能人才培养模式改革与创新研究(项目编号:183323)的阶段性成果,在编写过程中获得了相关部门及人员的大力支持,在此表示感谢。

本书可作为中、高职汽车相关专业教学用书,在编写过程中参考了大量的国内外技术资料,得到了许多同行的大力支持,在此谨向所有参考资料的作者及关心支持本书编写的同志们表示感谢。由于编者水平有限,经验不足,书中难免有疏漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2019年11月

目 录

项目 1 直流电路	1
1.1 电路的组成及基本概念	1
1.2 电路的基本规律	13
1.3 电路的计算	17
1.4 惠斯通电桥及其应用	19
思考与练习	22
项目 2 正弦交流电路	24
2.1 正弦交流电及其相量表示	24
2.2 单一参数的正弦交流电路	30
2.3 RLC 串联电路	35
2.4 三相交流电路	39
思考与练习	44
项目 3 变压器与继电器	45
3.1 电磁学基本常识	45
3.2 变压器	54
3.3 继电器的分类及应用	57
3.4 继电器的应用	60
思考与练习	63
项目 4 交流发电机及其应用	65
4.1 交流发电机的分类和型号	65
4.2 交流发电机的结构	67
4.3 交流发电机的工作原理及特性	74
4.4 电压调节器的工作原理	80
4.5 交流发电机及电压调节器的使用	82
思考与练习	83

项目 5 电动机及其应用	84
5.1 直流电动机的结构	84
5.2 直流电动机工作原理	90
5.3 步进电动机的构造	95
5.4 步进电动机的工作原理	97
5.5 车用直流电动机	99
思考与练习	105
项目 6 常用半导体器件及其应用	106
6.1 半导体的基本知识	106
6.2 半导体二极管	109
6.3 半导体三极管	113
6.4 集成运算放大器及其应用	122
思考与练习	130
项目 7 传感器及其应用	132
7.1 传感器概述	132
7.2 电阻式传感器	135
7.3 光电传感器	144
7.4 其他类型传感器及其应用	148
思考与练习	152
项目 8 汽车配线、电子连接器及保护装置	153
8.1 汽车配线	153
8.2 电子连接器	158
8.3 汽车电路保护元件	163
8.4 电路断路器、电子开关和继电器	166
思考与练习	172
项目 9 汽车维修电工基础	174
9.1 汽车电工常用仪表	174
9.2 汽车电工常用工具	183
9.3 电压、电流的检测	188
参考文献	193

项目 1 直流电路

学习目标

- (1) 了解电路的组成及基本元件。
- (2) 掌握电流、电压、电位等基本概念。
- (3) 掌握电路基本定律及电路的分析与计算。
- (4) 掌握惠斯通电桥在汽车上的应用。

电流按其性质的不同可分为直流电和交流电。汽车电路中，蓄电池提供的是直流电，而经发电机产生的电流整流后得到的也是直流电。本项目主要介绍电路的基本知识和直流电路的基本规律。

1.1 电路的组成及基本概念

电路是由一些电气设备、电子元器件按一定方式连接起来，构成的电流通路。电路广泛应用在日常生活、生产和科学研究工作中。可以说，用电设备内部都含有电路，小到手电筒，大到计算机、通信系统和电力网络，都包含或简单或复杂的电路。了解电路的组成，掌握电路的有关知识是对电路进行分析、设计、计算的基础。

1.1.1 电路的组成及电路图

1. 电路的基本组成

电路是电流流通的路径，一个完整的电路一般应包括电源、负载、开关和连接导线 4 部分，如图 1-1 所示，该电路由电池、电珠、连接导线和开关构成，是一个最基本的电路。使用时，合上开关，电池向外输出电流，电流流过电珠，电珠就会亮。

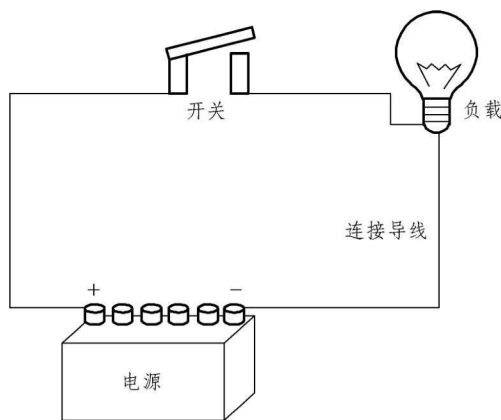


图 1-1 电路示意图

1) 电 源

电源是电路中提供电能的装置。电源可以把其他形式的能量转换成电能，为整个电路提供能量。常用的电源有干电池、蓄电池、太阳能电池、发电机等。图 1-1 所示的电路中，蓄电池就是电源。

2) 负 载

负载是电路中取用电能的装置，即电路中利用电能来工作的元器件，也称为用电器，是各种用电设备的总称。负载（如电灯、电炉、电动机等）可以把电能转换为其他形式的能量。图 1-1 所示的电路中，电珠就是负载。

3) 导 线

导线用来连接电路中的各个元器件，起到传输电流的作用。

4) 开 关

开关是电路中控制电路接通与断开的器件。导线和开关将电源和负载连接起来，也称为电路的中间环节。中间环节的作用是传送和分配电能，控制电路的通断，保护电路安全，使其正常运行。

2. 电路的功能

电路按功能可分为两类：一类是实现能量的传输、分配与转换的电路，如白炽灯将电能转换成光能，电炉将电能转换为热能；另一类是实现信号的传输和处理的电路，如扩音器电路可以将声音信号进行放大处理，汽车发电机内部电路可将其产生的交流电变换为直流电供给汽车电器使用，汽车电控发动机中的电子点火系统电路可将低压脉冲信号进行放大，控制点火线圈产生高压电，实现点火。

3. 电路图

图 1-1 采用的是用画实物外形的方法来表示电路，称为电路示意图。为使绘制电路方便快捷，规定用一些简单的图形符号来表示电路中的各种元器件，这样画出的电路图形称为电路原理图，也称为电路图。图 1-2 为图 1-1 所示电路的电路图，用电路图表示实际电路简单明了，绘制方便。在生产生活实际中，一般都根据电路图对电路进行分析和计算。因此，必须熟悉电路元件的图形符号及电路图的画法。表 1-1 列出了常见电路元件的图形符号。

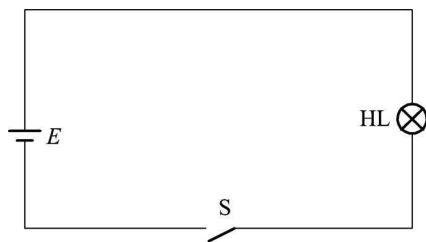


图 1-2 电路图

表 1-1 常见电路元件的图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
电源		电阻		连接导线	
开关		电位器		非连接导线	
电容		电流表		电灯	
线圈		电压表		接地	
铁心线圈		二极管		接机壳	
直流发电机		三极管		直流发电机	
交流发电机		熔断器		交流发电机	

1.1.2 电路中的基本物理量

1. 电 流

电流是一种物理现象，是带电粒子有规则的定向运动形成的，通常将正电荷移动的方向规定为电流正方向。电流的大小用电流强度来衡量，其数值等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。根据定义

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中 i ——电流，其单位为安培（A）；

dq ——通过导体截面的电荷量，电荷量的单位为库伦（C）；

dt ——时间（s）。

式（1-1）表明，在一般情况下，电流是随时间变化的。如果电流不随时间而变化，即 $dp/dt = \text{常数}$ ，则这种电流就称为恒定电流（简称直流）。直流时，不随时间变化的物理量用大写字母表示，式（1-1）可写成

$$I = \frac{Q}{T} \quad (1-2)$$

电流的方向一定是客观存在的，但在电路分析中，一些较为复杂的电路有可能出现某段电流的实际方向难以判断的情况，甚至有时电流的实际方向还在随时间不断改变，于是在电路中标出电流的实际方向较为困难。为了解决这一问题，在电路分析时，常采用电流的“参考方向”这一概念。电流的参考方向可以任意选定，在电路图中用箭头表示（当然，所选的参考方向不一定就是电流的实际方向）。当参考方向与电流的实际方向一致时，电流为正值（ $i > 0$ ），当参考方向与电流的实际方向相反时，电流为负值（ $i < 0$ ）。这样，在选定的参考方向下，根据电流的正负，就可以确定电流的实际方向。在分析电路时，先假定电流的参考方向，并以此去分析计算，最后用求得答案的正负值来确定电流的实际方向。

2. 电 压

单位正电荷在电场力作用下,由 a 点运动到 b 点电场力所做的功,称为电路中 a 到 b 间的电压,即

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-3)$$

式中 u_{ab} —— a 点到 b 点间的电压,电压的单位为伏 (V);

dW_{ab} —— dq 的电荷从 a 点到 b 点所做的功,功的单位为焦 (J)。

在直流时,式 (1-3) 可写成

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-4)$$

电压的单位是伏特,简称伏,用符号 V 表示,常用的还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 等。在分析电路时,若电压的方向不能确定,也可以先假定一个方向作为电压的参考方向,用带箭头的实线表示。当电压的参考方向与实际方向一致时,电压为正 ($u > 0$); 相反时,电压为负 ($u < 0$)。

3. 电 位

在电路中任选一点为参考点,电路中某点到参考点的电压值就称为该点的电位。电位的单位为伏 (V)。电路参考点本身的电位 $V_0 = 0$ 。参考点又称为零电位点。根据定义,电位实际上就是电压,即

$$V_a = U_{a0} \quad (1-5)$$

可见,电位也可为正值或负值,某点的电位高于参考点,则为正值,反之为负值。任选参考点,则 a 、 b 两点的电位分别为 $V_a = U_{a0}$ 、 $V_b = U_{b0}$ 。按照做功的定义,电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功,等于把单位正电荷从 a 点移到 b 点,再移到 b 点所做的功的和,即

$$U_{ab} = U_{a0} + U_{0b} = U_{a0} - U_{b0} = V_a - V_b$$

或
$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-6)$$

式 (1-6) 表明,电路中 a 、 b 两点间的电压等于 a 、 b 两点的电位差,因而电压又称为电位差。

须注意的是同一点的电位值是随着参考点的不同而变化的,而任意两点间的电压却与参考点的选取无关。

【例 1】 电路如图 1-3 所示:当 $V_a = 3\text{V}$ 、 $V_b = 2\text{V}$ 时,求 u_1 、 u_2 。

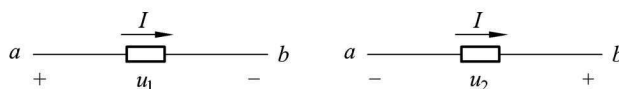


图 1-3 例 1 的图

解：

$$u_1 = u_a - u_b = 1 \text{ (V)}$$

$$u_2 = u_b - u_a = -1 \text{ (V)}$$

4. 电动势

电动势是衡量电源将非电能转化为电能本领的物理量。电动势的定义为：在电源内部，电源力把单位正电荷从电源负极移到电源正极所做的功，用字母 E 表示。

如果电源力把电荷量为 q 的电荷从电源负极经电源内部移到电源正极所做的功为 W ，则电动势可表示为

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-7)$$

电源内部电源力的方向由负极指向正极，因此电源电动势的方向规定为由电源负极经电源内部指向电源正极。电动势的单位是伏特，简称伏 (V)。

5. 电能和电功率

电流在电路中流通时，将电源的电能传给用电设备，负载将吸收的电能转换成其他形式的能量，即电流做了功，消耗了电能。负载在工作时间消耗的电能（也称为电功）用 W 表示。电能的国际单位是焦耳，简称焦，符号为 J。

$$W = UIt$$

电功率是指单位时间内，某段电路传送或转换的电能，用 P 表示。电功率的国际单位是瓦特，简称瓦，符号为 W。

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

在实际运用中，常用的功率单位有千瓦 (kW)，电能单位有千瓦时 (kW·h)，1 千瓦时即为平时所说的 1 度电。

6. 电气设备的额定值

电气设备在给定的工作条件下，正常运行时所规定的最大允许值称为额定值。实际工作时，如果超过额定值，会使电气设备使用寿命缩短或造成损坏；如果小于额定值，则会使电气设备的利用率降低，甚至不能正常工作。电气设备的额定值包括额定电压、额定电流、额定功率，分别用 U_N 、 I_N 、 P_N 表示。

1.1.3 电源及等效电路

电源是电路能量的来源，也是电路的主要元件之一。电池、发电机等都是实际的电源。在电路分析时，常用等效电路来代替实际的部件。一个实际电源的外特性，即电源端电压与

输出电流之间的关系可以用两种不同的电路模型来表示，一种是电压源，一种是电流源。

1. 电压源

一个电源没有内阻，其端电压与负载电流的变化无关为常数，则这个电源称为理想的电压，用 U_s 表示。通常稳压电源、发电机可视为理想电压源。但实际的电源都不会是理想的，总是有一定的内阻。因此，在电路分析时，对电源可以用一个理想的电压源与内阻相串联的电路模型——电压源来表示，如图 1-4 所示。

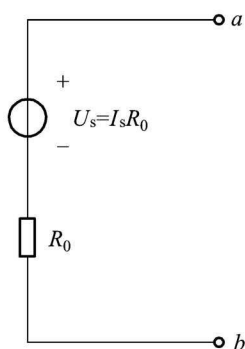


图 1-4 电压源符号

2. 电流源

当一个电源的内阻为无穷大，其输出电流与负载的变化无关为常数，则这个电源称为理想电流源，用 I_s 表示。常用的光电池与一些电子器件构成的稳流器，可以认为是理想的电流源。理想电流源实际上是不存在的，对于一个实际的电源，也可以用一个理想的电流源与内阻并联的电路模型——电流源来替代，如图 1-5 所示。

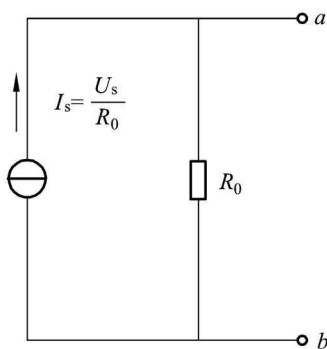


图 1-5 电流源符号

3. 电压源与电流源的等效交换

如果电压源和电流源的外特性相同，即在相同电阻 R 上产生相等的电压 U 与电流 I ，电压源和电流源可以等效交换。如图 1-6 所示，两种电源的等效变换关系为

$$I_s = \frac{U_s}{R_0}, \quad U_s = R_0 I_s \quad (1-8)$$

在等效变换时还需注意以下内容：

- (1) 电压源与电流源的等效变换指对外电路等效，对内电路不等效。
- (2) 理想电压源与理想电流源之间不能进行等效变换。
- (3) 等效变换时， U_s 与 I_s 的方向是一致的，即电压源的正极与电流源的输出电流的一端相对应。

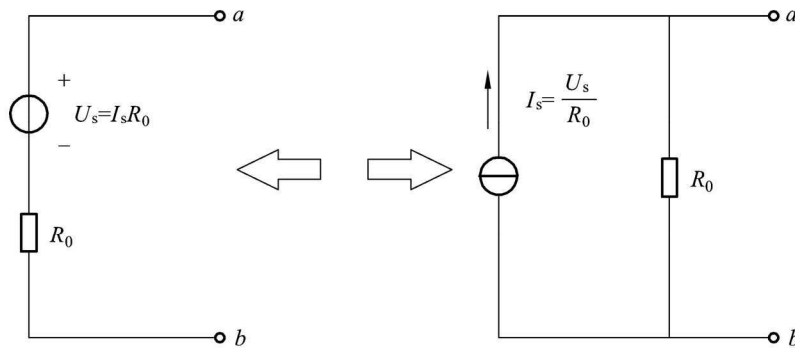


图 1-6 电压源与电流源的等效变换

4. 电路的工作状态

1) 负载状态

在图 1-7 所示的电路中，如果开关闭合，电源则向负载提供能量，负载处于正常工作状态，这时电路有以下特征。

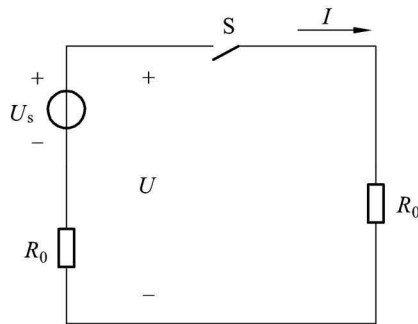


图 1-7 电路的负载与空载

(1) 电路中的电流为

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R_L} \quad (1-9)$$

(2) 电源的端电压等于负载两端的电压，为

$$U = U_s - R_0 I \quad (1-10)$$

(3) 电源输出的功率等于负载所消耗的功率(不计线路上的损失), 为

$$P = UI = (U_s - R_0 I) I \quad (1-11)$$

2) 空载状态

图 1-7 所示的电路中, 开关断开或连接导线折断时呈开路状态, 又称空载状态。电路在空载时, 外电路的电阻可视为无穷大。因此电路具有下列特征。

(1) 电路中电流为零, 即

$$I = 0 \quad (1-12)$$

(2) 电源的端电压为开路电压 U_0 , 并且有

$$U_0 = U_s \quad (1-13)$$

(3) 电源对外电路不输出电流, 因此有

$$P = UI = 0 \quad (1-14)$$

3) 短路状态

图 1-7 所示的电路中, 电源的两输出端线若因绝缘损坏或操作不当, 导致两端线相接触, 电源被直接短路, 这种状态称为短路状态。

当电源被短路时, 外电路的电阻可视为零, 这时电路具有以下特征。

(1) 电源中的电流最大, 但对外电路的输出电流为零, 即

$$I_s = \frac{U_s}{R_0}, I = 0 \quad (1-15)$$

式中 I_s ——短路电流。

因为一般电源的内阻很小, 所以 I_s 很大。

(2) 电源和负载的端电压均为零, 即

$$U = 0 \quad (1-16)$$

式(1-16)表明, 电源的恒定电压全部降在内阻上, 电源和负载的端电压大小相等, 方向相反, 因此无输出电压。

(3) 电源输出的功率全部消耗在内阻上。因此, 电源的输出功率和负载所消耗的功率均为零, 即

$$P = UI = 0 \quad (1-17)$$

1.1.4 电路的基本元件

电路的负载中一般都包括电阻、电容、电感 3 个基本参数。电阻参数起主要作用的元件称为电阻元件, 如白炽灯、电炉等。电容参数起主要作用的元件称为电容元件, 如电容器等。电感参数起主要作用的元件称为电感元件, 如互感器等。电阻元件、电容元件及电感元件是电路中的基本元件。

1. 电阻元件

导体容易导电，但对电流也有阻碍作用。在相同的电压作用下，通过不同导体的电流大小不同，说明不同导体对电流的阻碍作用也不同。电阻就是描述导体对电流阻碍作用的物理量，用符号 R 表示。电阻的国际单位是欧姆，简称欧，用 Ω 表示。此外，常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)，换算关系为

$$1 k\Omega = 1\,000 \Omega = 10^3 \Omega, \quad 1 M\Omega = 1\,000 k\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻实际上是导体的一种基本性质，与导体的尺寸、材料和温度有关。通常在电子产品中所说的电阻是指电阻器这种电阻元件。电阻器是电子电路中使用最多的元件之一，在电路中常用来控制电流和调节电压。电阻元件中有电流流过时要消耗电能，因此，电阻元件是耗能元件。

1) 电阻器的分类

常用电阻器一般分为固定电阻器和可变电阻器两大类。固定电阻器是指电阻器的阻值固定不变，可变电阻器的阻值可根据需要在一定范围内进行调节。

(1) 固定电阻器。固定电阻器简称电阻，根据材料和工艺不同，可分为碳膜电阻器 (RT)、金属膜电阻器 (RJ)、线绕电阻器 (RX)、热敏电阻器 (RR)、光敏电阻器 (RG) 等不同类型。各类电阻器的外形如图 1-8 所示。

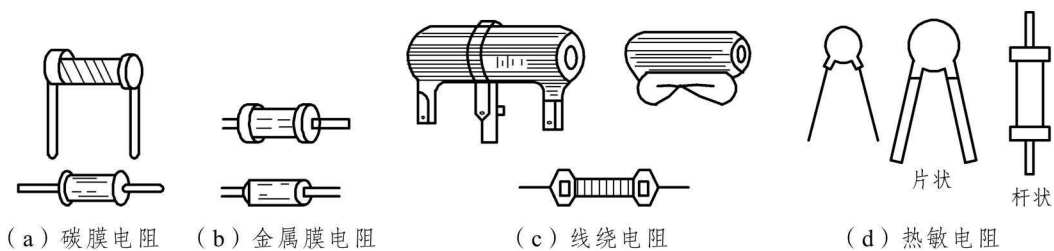


图 1-8 常用固定电阻器外形

(2) 可变电阻器。可变电阻器简称可变电阻，其阻值可在规定的范围内任意调节。可变电阻器可分为半可调电阻器和电位器两类。常用的可变电阻器外形如图 1-9 所示。

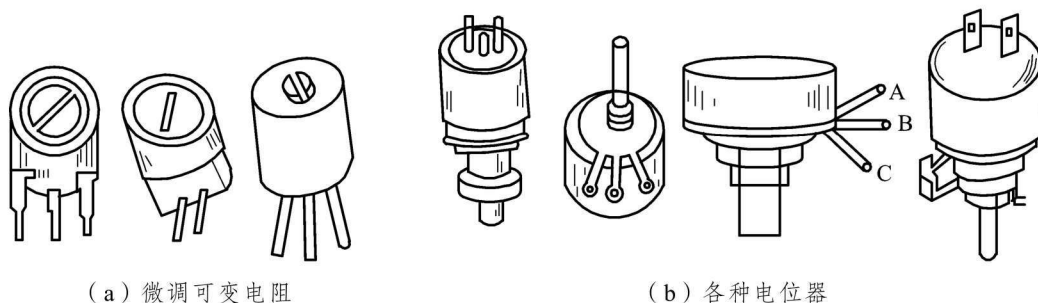


图 1-9 常用可变电阻器外形

电阻器的图形符号如图 1-10 所示。

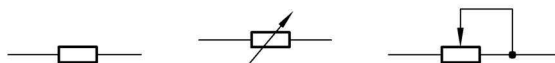
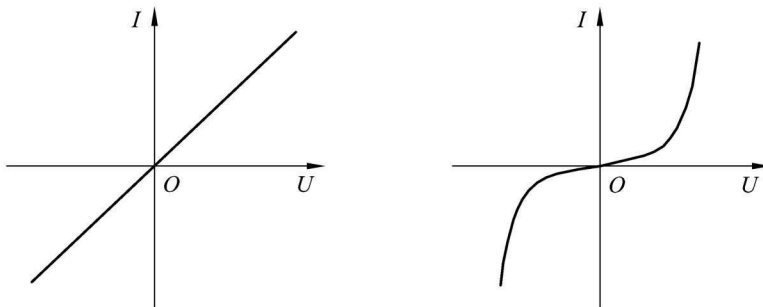


图 1-10 电阻器的图形符号

2) 电阻元件的电流与电压的关系

将电阻两端的电压与流过电阻的电流的关系用图形表示，称为该电阻的电流、电压关系特性曲线，也称为伏安特性曲线。当电阻为恒定值时，其电流与电压关系特性曲线为一条通过原点的直线，如图 1-11 (a) 所示，即电流与电压呈线性关系，这种电阻称为线性电阻；当电阻的电流与电压关系不具备线性关系时，如图 1-11 (b) 所示，这种电阻称为非线性电阻。

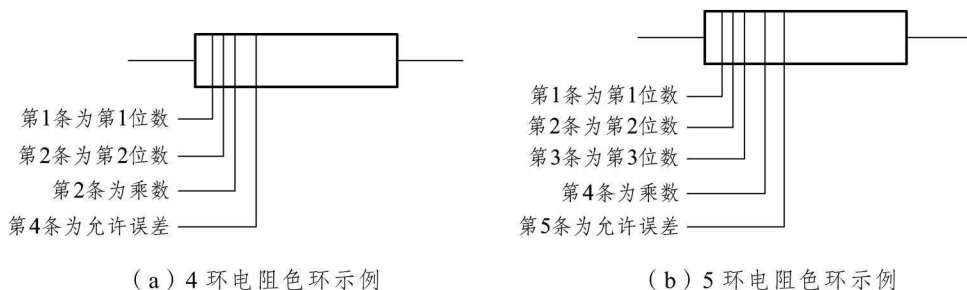


(a) 线性电阻

(b) 非线性电阻

图 1-11 线性电阻和非线性电阻的电流与电压关系特性

(1) 线性电阻：常见的线性电阻有碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。电阻元件的参数（如阻值等）可用阿拉伯数字和符号直接标注在电阻上，或使用色环标注法。色环标注法就是在电阻器上用不同颜色的环来表示电阻的规格。用色环标注法时，紧靠电阻元件一端的色环为第一环，另一端则为最后一环。色环电阻的色彩标识有两种：4 环标注方式和 5 环标注方式。4 环电阻一般是碳膜电阻，用 3 个色环来表示阻值，用 1 个色环表示误差。5 环电阻一般是金属膜电阻，用 4 个色环表示阻值，另一个色环表示误差，具体读数方法如图 1-12 所示。表 1-2 所示为各种色环代表的意义。



(a) 4 环电阻色环示例

(b) 5 环电阻色环示例

图 1-12 色环电阻表示

表 1-2 色标符号规定

颜色	有效数字	倍乘数	允许误差/%	工作电压/V
黑	0	$\times 10^0$	—	
棕	1	$\times 10^1$	± 1	4
红	2	$\times 10^2$	± 2	6.3
橙	3	$\times 10^3$	—	10
黄	4	$\times 10^4$	—	16
绿	5	$\times 10^5$	± 0.5	25
蓝	6	$\times 10^6$	± 0.2	32
紫	7	$\times 10^7$	± 0.1	40
灰	8	$\times 10^8$	—	50
白	9	$\times 10^9$	$\pm 5 \sim \pm 20$	63
金	—	$\times 10^{-1}$	± 5	
银	—	$\times 10^{-2}$	± 10	
无色	—	—	± 20	

(2) 非线性电阻：热敏电阻和压敏电阻都属于非线性电阻。热敏电阻分为两类：一类称为负温度系数热敏电阻，简称 NTC 电阻，其电阻值随温度升高而急剧下降，多用于温度测量和温度调节，也用作补偿电阻；另一类称为正温度系数热敏电阻，简称 PTC 电阻，其电阻值随温度升高而急剧增大，用作过热保护和延时开关。压敏电阻在低电压时具有较大的电阻，当电压较大时，电阻变小。当电压过高时，压敏电阻可起分流作用，因而常被用来进行过压保护。

2. 电容元件

电容器简称电容，用字母 C 表示。电容器也是电子电路中常用的电子元件之一，具有隔直流、通交流和储存电荷等特性。

1) 电容元件的结构与分类

电容器由两块金属板中间隔一层绝缘物质构成，两片金属板称为极板，中间的绝缘物质叫作介质。电容器按结构可以分为固定电容器、可变电容器和半可变电容器。固定电容器的电容量是固定的，可变电容器是电容量在一定范围内可以调节的电容器。半可变电容器也称

为微调电容器，在电路中用作补偿电容。在实际应用中，最常见的是固定电容器。电容器按绝缘介质不同可分为纸介电容器、有机薄膜电容器、瓷介电容器、云母电容器、电解电容器等。

2) 识别电容元件

电容器的形状很多，常用电容器的外形及符号表示如图 1-13 和图 1-14 所示。

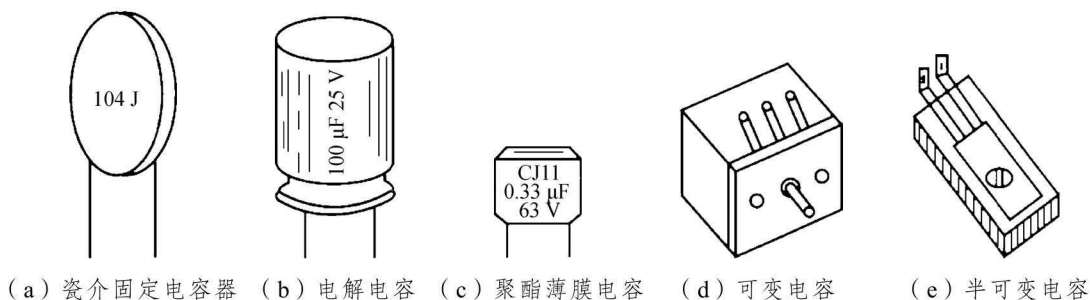


图 1-13 常用电容器的外形



图 1-14 电容器的图形符号

3) 电容器的参数

电容器的主要参数有电容器的标称容量、允许误差、耐压等。

电容器具有储存电荷的能力。规定把电容器外加 1 V 直流电压时所储存的电荷量称为电容器的电容量。电容的国际单位为法拉，符号为 F。由于电容器的容量往往比 1 法拉小得多，因此，电容的常用单位是微法 (μF)、纳法 (nF)、皮法 (pF) 等，其换算关系为

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{ nF} = 10^{12} \text{ pF}$$

标注在电容器外壳上的电容量的大小称为标称容量。标称容量是相应标准系列规定的。电容器长期连续可靠工作时，两极间能够承受的最高电压称为电容器的额定工作电压，简称电容器的耐压，固定电容器的直流工作电压等级为 6.3 V、10 V、16 V、25 V、32 V、50 V 等。

电容器的电容量常按一定规则标注在电容器外壳上。电解电容器常以微法 (μF) 为单位直接标印在电容器外壳上，如 100 μF /16 V 表示标称容量为 100 μF ，耐压为 16 V 的电容器。

3. 电感元件

电感器是电子线路中的重要元件之一，在电路中具有阻交流、通直流的作用。电感器能把电能转变为磁场能，并在磁场中储存能量，因此，电感器和电容器一样，也是一种储能元件。电感器用字母 L 表示，电感的国际单位是亨利，符号为 H。常用的电感单位达有毫亨 (mH)、微亨 (μH)，其换算关系为

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH} = 10^6 \mu\text{H}$$