

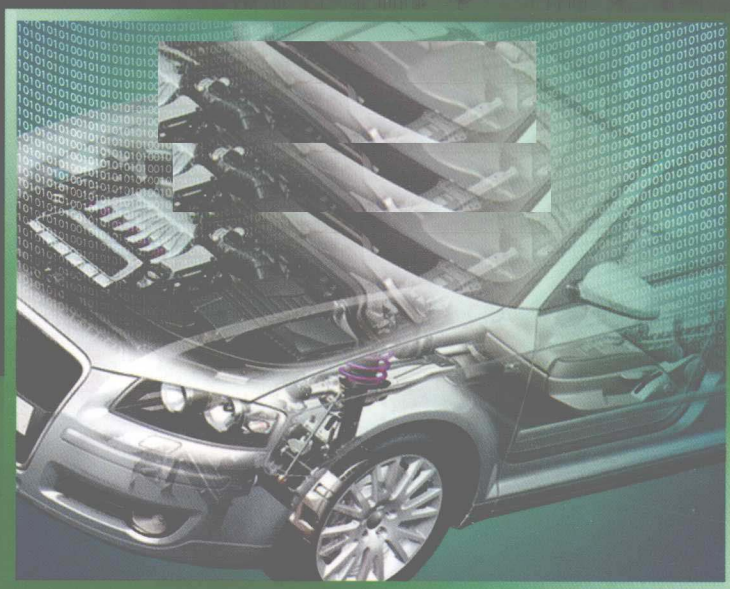


中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

汽车电工电子基础

Qiche diangongdianzi jichu

■ 主编 王海涛 王忠良



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

汽车电工电子基础

主 编	王海涛	王忠良		
编 委				
王鹏举	王海涛	王忠良	郑 铨	
刘 猛	张立飞	张 云	马一飞	
赵艳宏	李玉梅	鲁世金	文 方	

内 容 提 要

本书主要讲述了汽车运用与维修专业课程的基础内容,选取电工和电子技术知识中最基本的概念、技能及其在汽车上应用的内容,着重培养学生具有识读电路、测试元件和连接线路的能力。

本书侧重于基本理论知识的讲解,紧扣汽车电气设备,注重实践环节,适合中等职业技术学校学生使用,也可用作从事汽车行业生产和维修的技术工人的培训教材及其自学参考书。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子基础/王海涛,王忠良主编. —北京:北京理工大学出版社,
2010.4

ISBN 978-7-5640-3100-8

I. ①汽… II. ①王… ②王… III. ①汽车—电工—技工学校—教材
②汽车—电子技术—技工学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 047057 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京通县华龙印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/6.25

字 数/160千字

版 次/2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

印 数/1~4000册

定 价/12.00元

责任校对/张沁萍

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言



本书是根据教育部最新颁布的中等职业学校汽车运用与维修专业课程设置中对汽车电工电子基础的教学要求编写的。

随着我国汽车工业的迅速发展,对有关汽车专业人才的需求,特别是对汽车使用、保养、维修等专业人才的需求与日俱增。本书针对中等职业教育的特点,注重理论与实际应用的有机结合,选取电工和电子技术知识中最基本的概念、技能及其在汽车上应用的内容,着重培养学生具有识读电路、测试元件、连接线路的能力。

本书侧重于基本理论知识的讲解,紧扣汽车电气设备,注重实践环节,适合中等职业技术学校学生使用,也可用作从事汽车行业生产和维修的技术工人的培训教材及其自学参考书。

本书在编写过程中参考了有关文献、资料,在此谨对作者表示衷心的感谢。

由于时间和能力所限,对本书存在的疏漏与差错,恳请广大读者谅解与指正。

编者



目 录

第一章 读识基本电路图	1
第一节 基本电路的认识	1
第二节 电路的基本定律	11
第二章 安全用电的基本知识	24
第一节 电能的生产及对人体的作用	24
第二节 人体触电方式及安全用电	26
第三节 电气消防的基本措施及汽车蓄电池的使用	29
第三章 汽车电机的基本结构及拆装	32
第一节 磁路的基本知识	32
第二节 汽车发电机的基本结构与拆装	40
第三节 汽车电动机的基本结构与拆装	45
第四章 万用表的基本使用方法	54
第一节 指针式万用表的结构及其使用方法	54
第二节 数字式万用表的结构及其使用方法	58
第五章 晶体管放大电路的基本知识	61
第一节 低频电压放大器的结构及特点	61
第二节 多级放大器和射极输出器的结构及特点	67

第三节 集成运算放大器的基本结构及应用	70
---------------------------	----

第六章 数字电路基础	76
------------------	----

第一节 数字电路相关基础知识	76
第二节 晶体管开关电路的种类及应用	80
第三节 门电路的基础知识	81
第四节 集成触发器的结构及应用	85

第一章

读识基本电路图



本章概述

电在人们日常生活中已成为必不可少的元素,电气设备在汽车上的使用也越来越多。所以,了解电的基础知识,学会读识汽车电路图,是每位学生必须掌握的基本内容。



教学目标

1. 知道电路的基本概念及电路的形成,会读识汽车电路图。
2. 了解电路的基本定律。

* * * * *

第一节 基本电路的认识

一、电路的基本概念

1. 电路的定义

电路是电流所流经的路径。

2. 电路的基本组成

(1) 电源 电源是供给电能的装置,它将其他形式的能量转换成电能。如:铅蓄电池将化学能转换为电能;发电机将机械能转换为电能。

(2) 负载 负载指的是用电的装置或设备,它将电能转换为其他形式的能量。如:汽车起动机将电能转换为机械能;汽车灯泡将电能转换为光能和热能;汽车电喇叭将电能转换为声能等。

(3) 中间环节 简单电路的中间环节由连接导线、开关等组成,而复杂电路的中间环节是由各种控制设备、监测仪表等组成的网络。电源接在它的输入端,负载接在它的输出端。

图 1-1 所示为汽车照明电路实物图;图 1-2 所示为汽车照明基本电路图。



图 1-1 汽车照明电路实物图

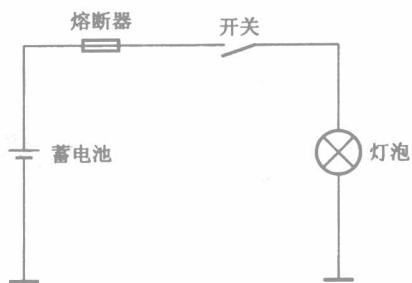


图 1-2 汽车照明基本电路图

二、电路的相关物理量

1. 电流的定义及其基本概念

(1) 电流的定义 电荷的定向移动即形成电流。

(2) 电流的分类 电流可分为直流电流和交流电流两大类。

凡大小和方向不随时间变化的电流称为直流电（记作 DC）；凡是大小和方向随时间变化的电流称为交流电（记作 AC）。

单位时间内通过导体横截面的电量称为电流，用字母 I 表示。若在 t 时间内通过导体横截面的电荷量为 Q [单位是库仑 (C)]，那么电流的计算公式为

$$I = \frac{Q}{t}$$

电流的基本单位是安培 (A)，常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μA) 等，它们之间的换算关系如下

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

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

(3) 电流的方向 通常规定，正电荷运动的方向为电流的方向。在金属导体中电流的方向与自由电子运动的方向相反；在电解液中电流的方向与正离子运动的方向相同，与负离子运动的方向相反。

实际电路中的电流大小可以用电流表来测量。测量时必须把电流表串联在被测电路中，并使电流从表的正极流入，负极流出，如图 1-3 所示。

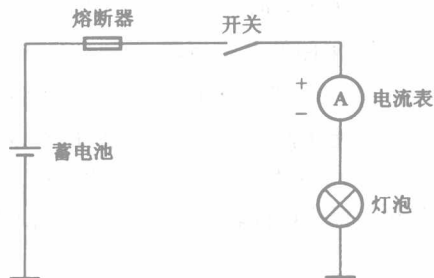


图 1-3 电流的测量

2. 电压和电位

(1) 电压 电压是衡量电场做功本领大小的物理量。电场力把正电荷从 A 点移到 B 点所做的功 W_{AB} 与被移动电荷量 Q 的比值称为 A、B 两点间的电压，记作 U_{AB} 。用公式表示如下

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

电压的基本单位是伏特 (V)，除此之外，常用的电压单位还有千伏 (kV)、毫伏

(mV) 等, 它们之间的换算关系如下

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

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

电压的方向规定为从正极指向负极, 负载中电压的方向与电流方向一致。

直流电路中电压的大小可以用直流电压表测量。使用直流电压表时, 应把它并联在被测电路的两端, 并且电压表的正极接电源的正极端, 电压表的负极接电源的负极端, 如图 1-4 所示。

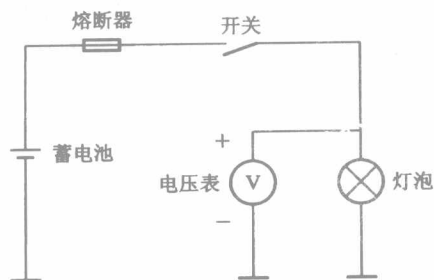


图 1-4 电压的测量



在分析电路时, 有时需要研究电路中各点电位的高低。为了求出电路中各点的电位值, 必须在电路中选择参考点, 参考点的电位规定为零。在实际电路中常以机壳或大地作为公共参考点, 即以机壳或大地作为零电位, 用符号 $\perp$ 表示。

电路中某点 A 与参考点之间的电压就称为该点的电位, 用 V_A 表示。

(2) 电位 电位的单位与电压的单位相同。

电路中任意两点间的电压就是该两点的电位之差。关系如下:

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

电位是相对量, 随参考点的改变而改变。电压是绝对量, 与参考点的改变无关。

3. 电动势的基本概念

电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领的物理量。在电源内部, 外力把单位正电荷从电源负极移到电源正极所做的功, 称为电源电动势, 用字母 E 表示。若外力将电荷量 Q 从负极移到正极做的功是 W_E , 则电动势用公式表示为

$$E = \frac{W_E}{Q}$$

电动势的方向规定: 在电源内部由负极指向正极。



电动势和电压的区别

- 电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力（外力）做功的本领, 而电压则表示电场力做功的本领。

- 电源既有电动势又有电压。但电动势仅存在于电源内部, 而电压不仅存在于电源内部, 还存在于电源外部。电源的电动势在数值上等于电源两端的开路电压（即电源两端不接负载时的电压）。

- 电动势与电压的方向相反。电动势是从低电位指向高电位, 即电位升的方向; 而电压是从高电位指向低电位, 即电位降的方向。

4. 电能和电功率

(1) 电能 起动机启动发动机, 将电能转换为机械能; 充电器向蓄电池充电, 将电能

转换为化学能；电流通过灯泡，将电能转换为光能和热能；等等。这一切表明，在用电负载两端加上电压，负载内就建立了电场。电场力在推动自由电子定向移动中要做功。如果负载两端的电压为 U ，通过负载导体横截面的电荷量为 Q ，那么，由电压的定义可知，电场力所做的功为

$$W = QU$$

由于

$$Q = It$$

所以

$$W = UIt$$

式中 W ——电功，单位为 J；

U ——电压，单位为 V；

I ——电流，单位为 A；

t ——通电时间，单位为 s。

电流通过用电负载做功的过程，实际上是电能转化为其他形式能量的过程。

实际应用中，电功的单位常用千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 表示，1 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 电功也就是人们常说的 1 度电。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 度} &= 1 \text{ kW} \cdot \text{h} \\ &= 1\,000 \text{ W} \times 3\,600 \text{ s} \\ &= 3.6 \times 10^6 \text{ J} \end{aligned}$$

(2) 电功率 电流在单位时间内所做的功称为电功率，简称功率，用字母 P 表示，单位是瓦特，简称瓦 (W)，即

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

可见，负载上的电功率与负载两端的电压和负载中的电流成正比。

电功率的单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 等，它们之间的换算关系如下

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW}$$

例 1-1 某电度表标有“220 V、5 A”的字样，问这只电度表最多能带 220 V、60 W 的灯多少盏？若这些灯每天使用 2 h (小时)，一个月 (按 30 天计算) 该电度表显示消耗了多少千瓦时的电能？

解：电度表允许的最大功率为

$$P = UI = 220 \times 5 \text{ W} = 1\,100 \text{ W}$$

电度表最多可带 220 V、60 W 灯的数量为

$$n = \frac{P}{P_1} = \frac{1\,100}{60} \approx 18 \text{ 盏}$$

18 盏灯一个月的耗电量为

$$\begin{aligned} W &= Pt = 18 \times 60 \times 10^{-3} \times 2 \times 30 \text{ kW} \cdot \text{h} \\ &= 64.8 \text{ kW} \cdot \text{h} \end{aligned}$$

三、电阻的基本概念

电荷在导体中运动时，要受到分子和原子的碰撞和摩擦，也就是对电流呈现阻碍作用。物体对电流的阻碍作用称为该物体的电阻，用字母 R 表示。电阻的基本单位是欧姆 (Ω)，常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$) 等，它们之间的换算关系如下

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

$$1\text{ k}\Omega = 10^3\text{ }\Omega$$

导体的电阻是客观存在的，与电压无关。实验证明，在一定温度下，导体的电阻 R 与它的长度 L 成正比，与它的横截面积 A 成反比，且与导体的材料有关。用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

式中 ρ ——导体的电阻率，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

ρ 值与导体的几何形状无关，而与导体材料的性质和导体所处的条件（如环境温度）有关。在一定温度下同一种材料的 ρ 值是一个常数，不同材料的 ρ 值不同。导体的电阻与温度有关，通常用温度系数反映电阻随温度变化的情况。所谓温度系数是指温度升高 1°C 时，电阻的增量与原来电阻值的比。常用材料的温度系数见表 1-1。

表 1-1 常用材料的电阻率和电阻温度系数

材料名称	电阻率 ρ / ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻温度系数 α / ($1/^\circ\text{C}$)
银	1.6×10^{-8}	0.003 6
铜	1.7×10^{-8}	0.004
铝	2.9×10^{-8}	0.004
钨	5.3×10^{-8}	0.002 8
铁	10×10^{-8}	0.006
碳	35×10^{-8}	-0.000 5
锰铜	44×10^{-8}	0.000 005
康铜	50×10^{-8}	0.000 005

1. 串联电路

两个或两个以上的电阻首尾依次相接，中间无分支的连接方式称为电阻的串联电路，如图 1-5 所示。

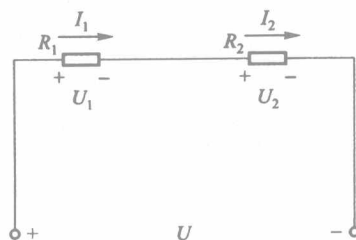


图 1-5 电阻的串联电路



串联电路的特点

- 流过每个电阻的电流相等，并等于总电流，即

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$$

- 电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

- 电路的总电阻（等效电阻如图 1-6 所示）等于各电阻之和，即

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

电阻串联后，总电阻增大，并大于其中任何一个电阻。

- 各电阻上的电压与它们的阻值成正比，即

$$U_1 = I_1 R_1; U_2 = I_2 R_2; \cdots; U = IR$$

由上式可得到电阻串联的分压公式为

$$U_n = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n} U$$

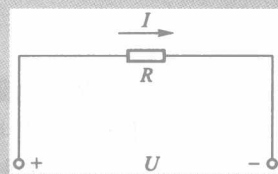


图 1-6 等效的串联电路

2. 并联电路

两个或两个以上的电阻首与首、尾与尾分别接在电路两点之间所构成的电路称为并联电路，如图 1-7 所示。

并联电路有以下特点：

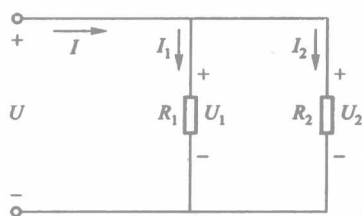


图 1-7 电阻的并联电路



并联电路的特点

- 各电阻两端的电压相等，并等于总电压，即

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

- 总电流等于流过各电阻分电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

- 总电阻（等效电阻如图 1-8 所示）的倒数等于各分电阻的倒数之和，即

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

由上式可得到两个电阻并联的等效电阻公式为

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

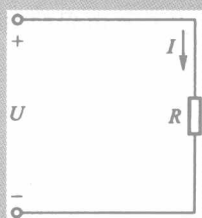


图 1-8 等效的并联电路

n 个阻值相同的电阻并联, 其等效电阻公式为

$$R = \frac{R_1}{n}$$

电阻并联后, 总电阻减小, 并小于其中任何一个电阻。

• 每个电阻分配到的电流与它的电阻值成反比, 即

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = \cdots = I_n R_n = IR = U$$

由上式可得到两个电阻并联的分流公式为

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

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

在一个电路中, 若既有电阻的串联, 又有电阻的并联, 则这种电路称为电阻的混联电路。对于电阻的混联电路, 可以根据电阻串、并联的特点, 应用欧姆定律来求解。

3. 电气设备的额定值和电路的状态

(1) 电气设备的额定值 由于构成电气设备的导线存在电阻, 所以电气设备在工作时要发热, 为了使电气设备工作时的温度不超过限度, 各生产厂家对其生产的电气设备都规定了连续工作时允许通过的最大电流, 这个电流就称为额定电流, 用字母 I_N 表示。

为了限制电气设备中的电流和保证绝缘材料的绝缘性能, 生产厂家还对其产品规定了工作电压, 称为额定电压, 用 U_N 表示。

用电设备的工作电压如果比额定电压高或低, 用电设备都不能正常工作, 有时还有可能造成用电设备的损坏。

对电阻性负载而言, 电气设备的额定电流和额定电压的乘积就是它的额定功率, 关系如下

$$P_N = U_N I_N$$

电气设备的额定电流、额定电压、额定功率等, 统称为电气设备的额定值。

(2) 电路的状态 电路可能出现的状态有三种, 即通路状态、断路状态和短路状态。



• 通路状态 即有载工作状态, 只要电路中的开关闭合, 负载中就有电流通过。在这种状态下, 电源端电压与负载电流的关系可用电源的外特性确定。根据负载的大小可分为满载、轻载和过载三种情况, 如图 1-9 所示为电路通路状态。

• 断路状态 即电源两端或电路中某处断开, 电路中没有电流通过, 电源不向负载供电, 如图 1-10 所示。

负载断路时电源端电压等于电源电动势, 即

$$I_{\text{断}} = 0$$

$$U_{\text{断}} = E$$

利用这一原理可用高内阻的电压表来粗略测量电源的电动势。

• 短路状态 即电源未经负载而直接由导体接通构成闭合回路, 如图 1-11 所示。

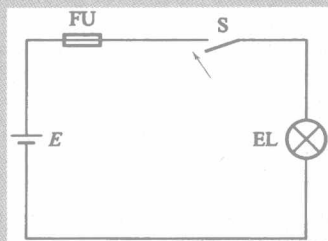


图 1-9 电路通路



图 1-10 断路电路

当电源两端被短路时，外电路的电阻接近为零，电源的内电阻 r 又很小，因而电源中将通过极大的电流，称为短路电流，用 I_{sc} 表示。其值为

$$I_{sc} = \frac{E}{r}$$

电源两端的电压 $U=0$ 短路时，电源中极大的电流将使电源和导线发热而烧毁。

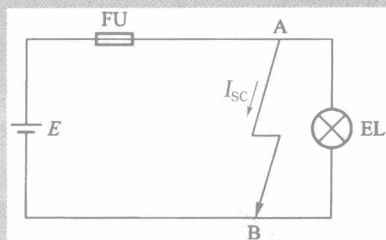


图 1-11 短路状态

四、电容器的相关概念

1. 电容器与电容量

(1) 电容器 电容器由用绝缘物质隔开的两个导体组成。组成电容器的导体称为极板，隔离两极板的绝缘物质称为介质。在电路图中电容器用符号 “ $\text{—}| \text{—}$ ” 表示。电容器具有储存电荷的能力，如图 1-12 所示。

当把电容器与直流电源相接时，在电场力的作用下，电容器的两块极板就分别带上了等量的异种电荷。反映电容器储存电荷能力的物理量称为电容量，用字母 C 表示。电容器的电容量 C 等于它的任一极板所带电荷量 Q 与加在电容器两端电压 U 的比值。即

$$C = \frac{Q}{U}$$

(2) 电容量 电容量的单位是法拉，简称法，用字母 F 表示。常用的单位还有微法 (μF) 和皮法

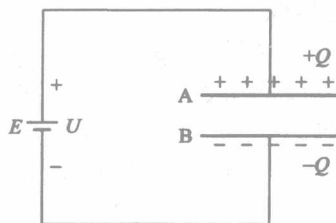


图 1-12 电容器储存电荷示意图

(pF) 等。

它们之间的换算关系如下

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F}$$

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

电容器的参数主要有电容量及其误差范围、耐压值等，通常都标在电容器的外壳上。耐压也称为额定工作电压，指电容器长期工作能承受的最大电压。



电容器的种类

常见的电容器外形及符号如图 1-13 所示。

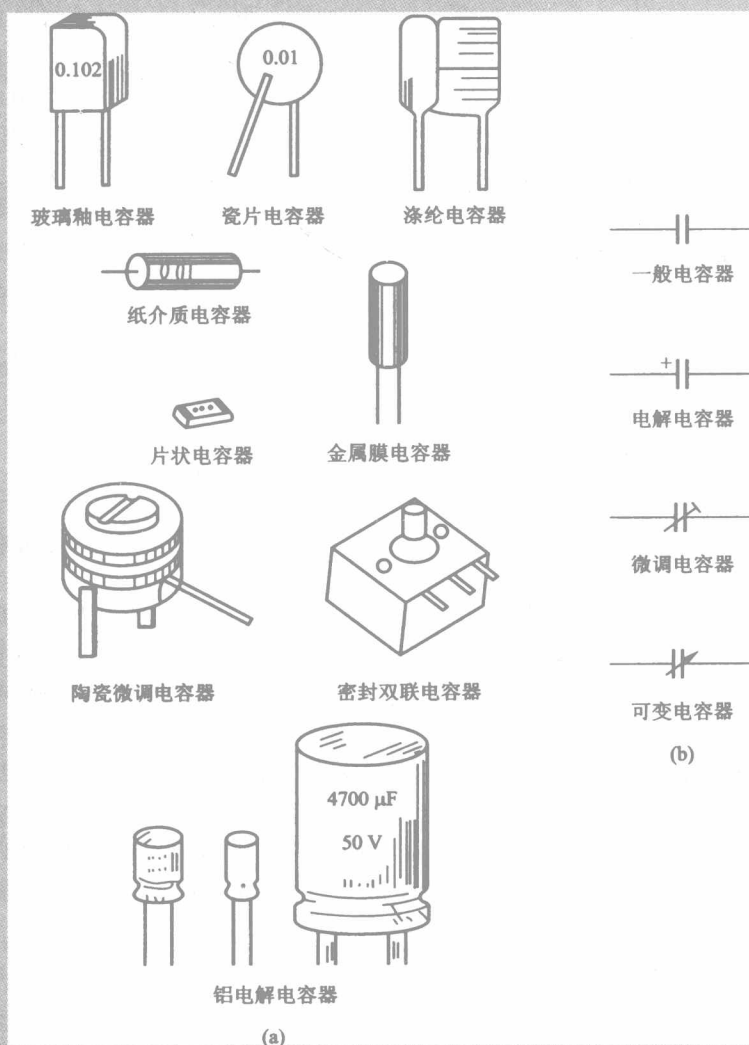


图 1-13 常见电容器的外形及符号

2. 串联和并联电路的等效电容量

(1) 串联 每个电容器上的电荷 Q 相等, 因此, 每个电容器上的放电电压之和等于总电压; 等效电容量 C 的倒数等于每个电容器电容量的倒数之和。即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

(2) 并联 每个电容器上的电荷相加等于并联电路内的总电荷, 因此, 每个电容器两端的电压相等; 等效电容量 C 等于每个电容器的电容量之和。即

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

$$C = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

3. 电容器的充电和放电

(1) 电容器的充电 如图 1-14 所示, 把电容器与电阻 R 相串联后, 再经开关 S 接到直流电源上 (开关 S 置 A 端), 使电容器被充电。在电路刚接通的瞬间, 因为电容器上无电荷, 两端的电压为零, 这时充电电流最大。随着两极板上电荷的不断积累, 电容器两端的电压逐渐增大, 因此, 充电电流不断减小。当电容器的端电压与电源电压相等时, 充电电流减小到零, 充电结束。此时电容器极板上的电荷达到稳定值 Q , 电容器相当于开路。

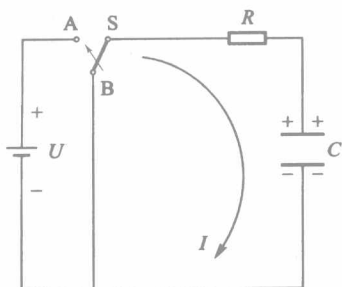


图 1-14 电容器的充电

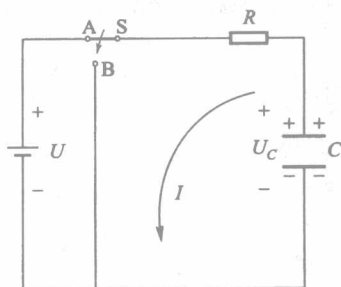


图 1-15 电容器的放电

(2) 电容器的放电 如图 1-15 所示, 在电容器充电完毕后, 把开关 S 从 A 端迅速移至 B 端, 电容器开始放电。在开始放电的瞬间, 放电电流最大。随着电容器两极板上电荷的不断减少, 其两端的电位差就逐渐降低, 放电电流也逐渐减小。最后, 电容器两端电压降为零, 放电结束。

因为电容器能充电和放电, 所以在电路状态发生变化时, 电容器两端的电压不能突变, 而只能是连续变化。

电容器充、放电时间的长短, 是由电路的时间常数 τ ($\tau = RC$) 来确定的。 τ 值越大, 充电就越慢, 放电也越慢; τ 值越小, 充电就越快, 放电也越快。通过改变电路的参数 R 或 C , 便可改变电容器的充、放电时间。

电容器在汽车电器和电子电路中都有广泛的应用。

第一节 电路的基本定律

一、电路的相关名词

• **支路** 电路中通过同一电流的每个分支称为支路。图 1-16 中共有三条支路：BAGF、BF 和 BCDF。

• **结点** 三条或三条以上支路的连接点称为结点。图 1-16 中有两个结点：F 点和 B 点。

• **回路** 电路中任一闭合的路径称为回路。图 1-16 中有三个回路：ACDGA、ABFGA 和 BCDFB。

• **网孔** 在回路内部不含有支路的回路称为网孔。图 1-16 中有两个网孔：ABFGA、BCDFB。

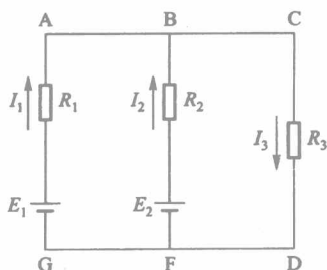


图 1-16 电路举例

二、基尔霍夫定律的基本内容

1. 基尔霍夫电流定律的基本内容

基尔霍夫电流定律指出，电路中任一结点，在任一瞬间流入结点的电流 $I_{\text{入}}$ 之和必定等于从该结点流出电流 $I_{\text{出}}$ 之和，即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

例如在图 1-16 中，流入结点 B 的电流为 I_1 和 I_2 ，流出结点 B 的电流为 I_3 ，故得

$$I_1 + I_2 = I_3$$

或

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

因此，基尔霍夫电流定律也可表达为：在任一结点上，各电流的代数和等于零。即

$$\sum I = 0$$

一般习惯以流入结点电流为正，流出结点电流为负。

当然，在电路中由基尔霍夫电流定律得出的方程是根据电流参考方向列出的，若算得的结果为负值，说明电流的实际方向与参考方向相反。

例 1-2 图 1-17 中各支路电流的参考方向如图所示。已知：

$I_1 = 1 \text{ A}$ ， $I_2 = -1 \text{ A}$ ， $I_3 = 4 \text{ A}$ ， $I_4 = -5 \text{ A}$ 。求 I_5 。

解：根据基尔霍夫电流定律列出结点电流方程

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

所以

$$I_5 = I_1 - I_2 - I_3 + I_4 = [1 - (-1) - 4 + (-5)] \text{ A} = -5 \text{ A}$$

电流 I_5 为负值，说明 I_5 实际方向是流入结点。

基尔霍夫电流定律还适用于广义结点，也就是电路中任用一个封闭面代表一个广义结点，则封闭面外所有电流之间的关系也同样符合基尔霍夫电流定律。

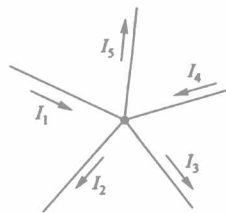


图 1-17 例 1-2 图