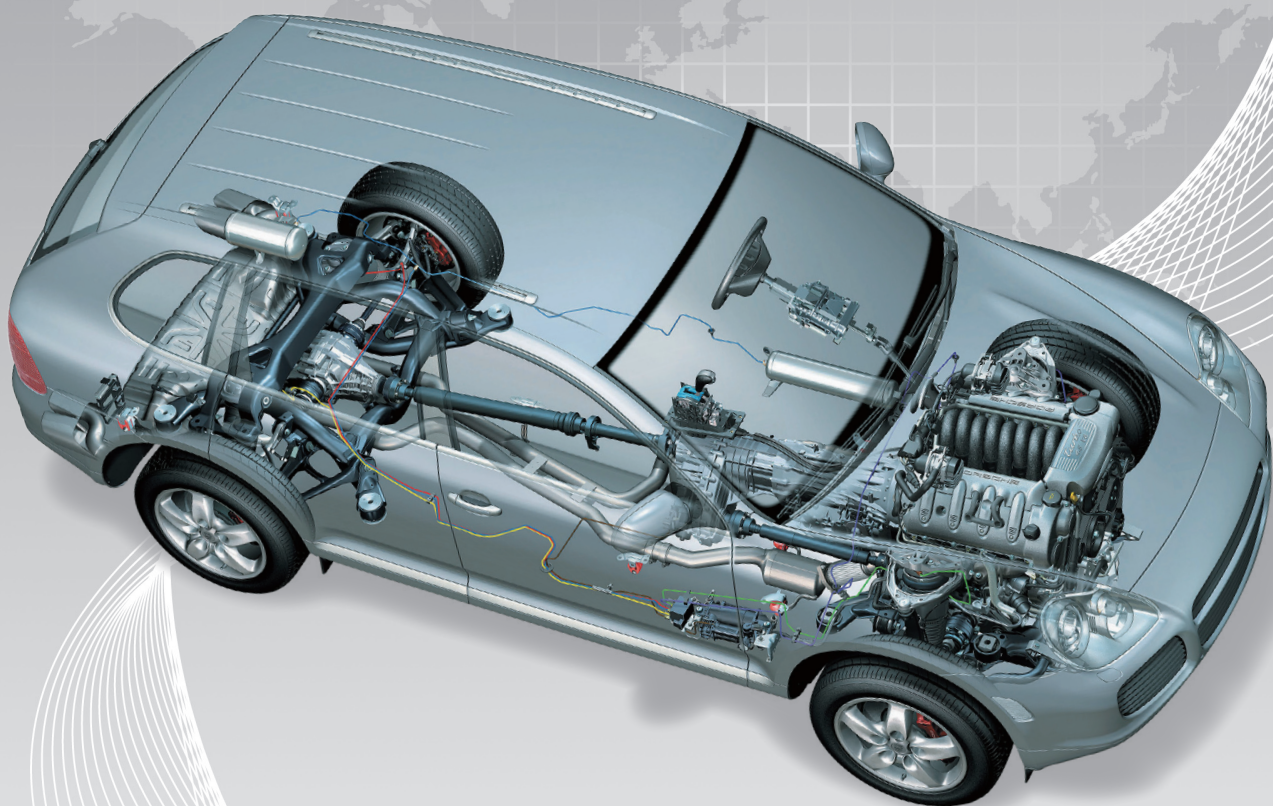
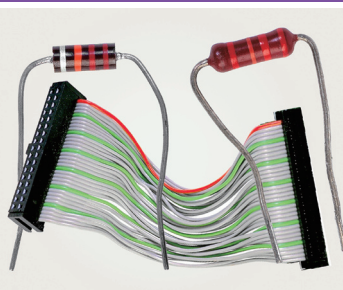
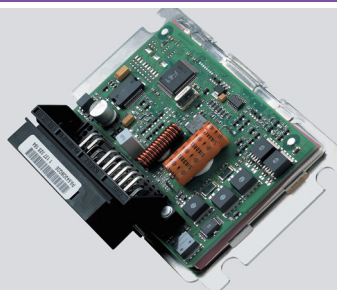
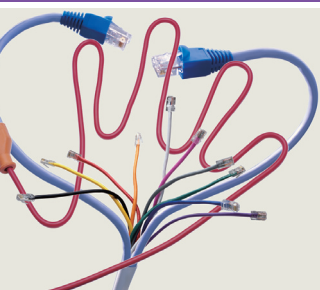




高等职业院校教材

汽车电工电子技术

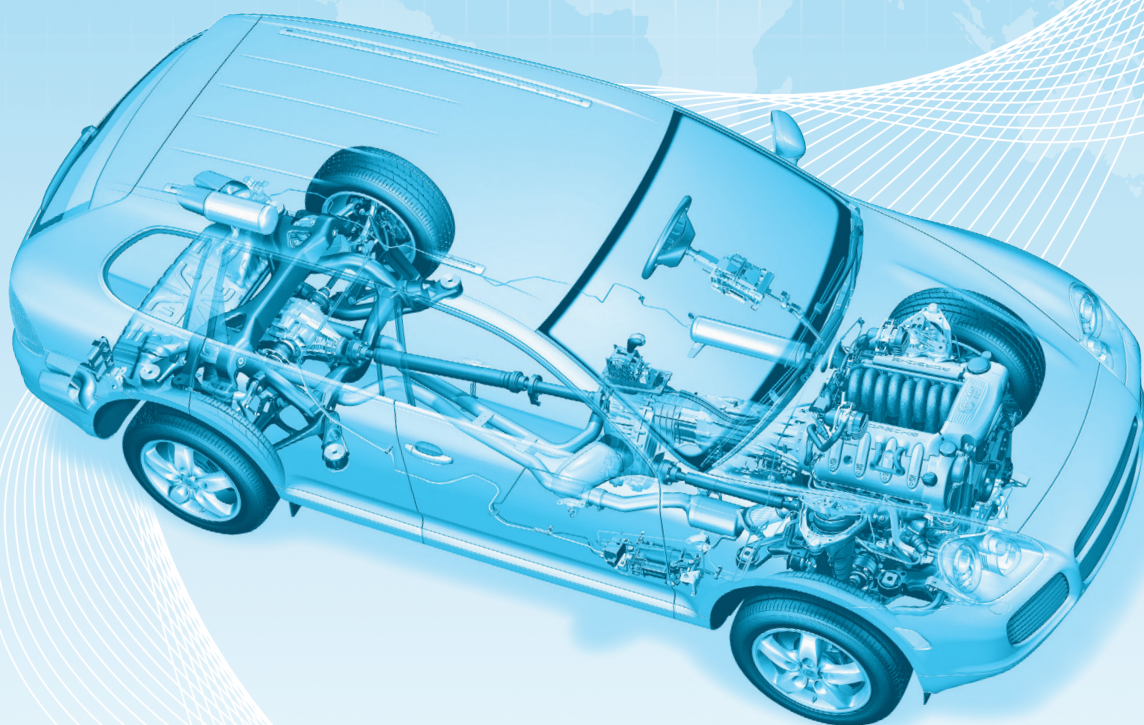
主 编 李贵炎 游心仁



大象出版社

汽车电工电子技术

主 编：李贵炎 游心仁
编 委：郭伟东 于正伟
李贵雄 甘秀琴
李 刚 刘晓光
马新合



大象出版社

前言

P r e f a c e

汽车电工电子技术是汽车类专业群的一门重要专业基础课程，具有理论性、实践性和应用性强的特点。通过本门课程的学习，可使学生熟悉汽车电路基本元件功能及应用、汽车常用电工仪器功能与使用、汽车安全用电与应急处理方法，掌握汽车电路的基本理论、基本分析方法、磁和电磁在汽车中的应用、汽车电子控制技术分析，能识读并分析常见车型的汽车基本电路，为后续课程准备必要的汽车电工与电子电路理论知识和分析方法。

编写特点

本教材的编写紧紧围绕“项目导向”“任务驱动”“基于工作过程”的课程改革理念，力求符合教育部提出的“注重基础、突出适用、增加弹性、精选内容”的要求，以激发学生学习兴趣、提高职业核心能力为目标，教材设计充分体现了“教、学、做”一体化的教学模式要求。

1. 本教材的编写紧紧围绕专业基础课这一课程定位，在保证基本概念、基本原理和基本分析方法的前提下，精选内容，重专业基础、重分析方法、重学生素质养成。

2. 本教材的编写注重实用性。在编写过程中力求做到理论服务应用，学以致用。淡化公式推导，重在教学生学会汽车电工电子元器件功能、典型电路在汽车中的应用和掌握汽车电路的基本分析方法，并结合学习目标要求设计学习任务单和任务实施完成情况测评表。

3. 本教材用图片辅以文字的表达方式叙述，可读性强，符合职业类院校学生的认知规律，从内容选用和设计上努力做到因材施教。

编写内容

本教材共有 5 个项目，分 14 个学习任务。5 个项目分别为汽车电路基本元件认识与用电安全、汽车基本电路分析与测量、磁与电磁在汽车中的应用分析、汽车电子控制技术分析、典型汽车电路识读与分析。14 个学习任务分别为汽车电路基本元件认识、汽车安全用电与应急处理、汽车常用电工仪表的使用、典型汽车直流电路分析与测量、典型汽车交流电路分析与测量、直流稳压电源电路分析与测量、汽车放大电路分析与测量、磁与电磁在汽车传感器中的应用分析、电磁原理在汽车总成件中的应用



分析、汽车传感技术分析与测量、汽车上的数据处理技术分析、各电子系统间的数据传输分析、认识汽车电路图的表达方式、典型汽车电路原理图识读与分析。

使用建议

本教材可供高等职业技术学院汽车类各专业使用，也可供工厂的技术和管理人员参考。

为了方便老师教学，本书配有相关教学资源，包括课件和学后测评参考答案等，欢迎登陆康轩职业教育网(www.kxzyjy.com) 进行下载。

本教材由大象出版社组织编写，由李贵炎、游心仁主编，参加编写的有郭伟东、于正伟、李贵雄、甘秀琴，全书由李贵炎负责统稿工作。本教材在编写的过程中，同时得到了大象出版社和南京康轩文教图书有限公司的大力支持，在这里一并表示感谢。

为进一步提高本书质量，欢迎广大读者和专家对我们的工作提出宝贵的意见和建议。

编 者

目 录

Contents

项目 1 汽车电路基本元件认识与用电安全

任务一	汽车电路基本元件认识·····	1
任务二	汽车安全用电与应急处理·····	25
任务三	汽车常用电工仪表的使用·····	34

项目 2 汽车基本电路分析与测量

任务一	典型汽车直流电路分析与测量·····	51
任务二	典型汽车交流电路分析与测量·····	70
任务三	直流稳压电源电路分析与测量·····	96
任务四	汽车放大电路分析与测量·····	116

项目 3 磁与电磁在汽车中的应用分析

任务一	磁与电磁在汽车传感器中的应用分析·····	142
任务二	电磁原理在汽车总成件中的应用分析·····	158

项目 4 汽车电子控制技术分析

任务一	汽车传感技术分析·····	186
任务二	汽车上的数据处理技术分析·····	210
任务三	各电子系统间的数据传输分析·····	235



项目 **5** 典型汽车电路识读与分析

- 任务一 认识汽车电路图的表达方式····· 257
- 任务二 典型汽车电路原理图识读与分析····· 276

任务一

汽车电路基本元件认识

任务引入

电气系统是目前汽车上最重要的系统之一，以电路的形式广泛应用。汽车电路与工业电路相比有明显的不同，其电路组成元件也有自己的规范和要求。本任务的主要学习目标如下：

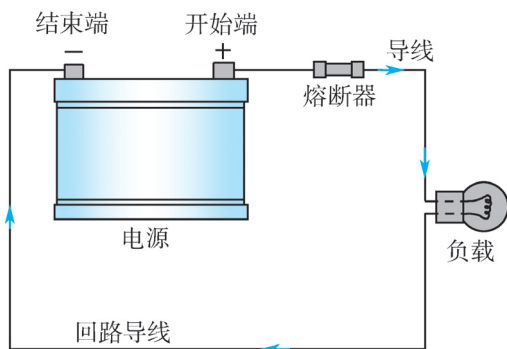
1. 掌握汽车电路的基本组成，了解汽车电路的基本特点；
2. 熟悉电路中电流、电压、电阻等物理量的概念；
3. 熟悉汽车电路中电阻元件、电感元件、电容元件的特性；
4. 能在汽车电路中找到相关的保险丝、继电器、线束、导线和插接器等，并正确描述其特点。

知识链接

一、汽车电路

1. 汽车电路的组成

电路是指电子从电源出发，流经负载，再回到电源的完整路径。如图 1-1-1 所示，图中蓄电池为电源，电灯泡为负载，电流的起点和终点在同一个地方。



▲ 图 1-1-1 电路组成

一个完整的汽车电路一般由以下几个部分组成：

- ① 电源：提供电能的装置，常用符号 || 表示。如汽车蓄电池、发电机等。

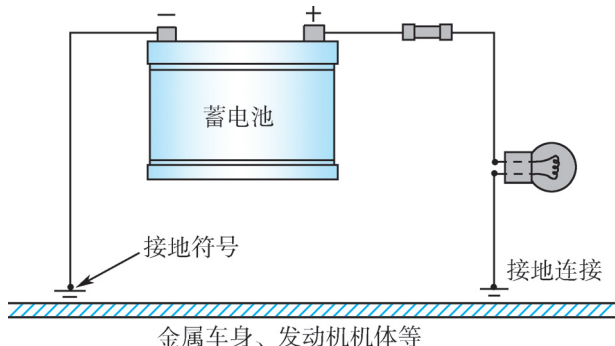
② 保护装置：保护电路免受过载（电流过大）的伤害。如熔断器、断路器和易熔线等。

③ 连接导线：电流从电源流向负载的通道，通常用绝缘铜线。

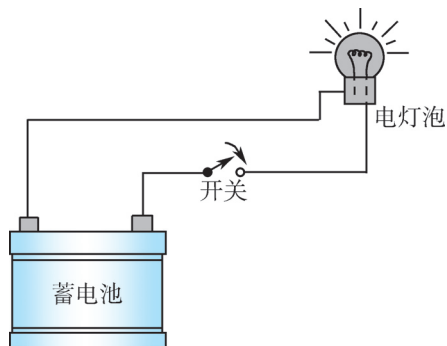
④ 电气负载：将电能转化为光能、热能或动力。

⑤ 接地（回流）通道：电流从负载流回电路的通道。对汽车而言，这个接地通道通常是金属车身、金属车架和发动机机体，如图 1-1-2 所示。

⑥ 控制装置：控制电路的通断，如图 1-1-3 所示。如开关、继电器等。



▲ 图 1-1-2 汽车接地通道



▲ 图 1-1-3 电路控制装置

2. 汽车电路的基本特点

(1) 采用低压电

汽车电气系统的额定电压有 12 V、24 V 两种，汽油发动机普遍采用 12 V，而重型柴油发动机多采用 24 V。对发电装置，12 V 系统的额定电压是 14 V，24 V 系统的额定电压是 28 V。

(2) 采用直流电

汽车采用直流系统的原因是汽车发动机要靠电力起动机起动，它是直流串激电动机，必须由蓄电池供电，而蓄电池电能消耗后又必须用直流电充电，所以汽车电系为直流电系。

(3) 采用单线制

单线制是指汽车电路中电源到用电设备只用一根导线连接，而用汽车底盘、发动机等金属机体作为另一公用线，线路简化清晰，安装和检修方便，且电器部件也无需与车体绝缘（某些不能靠车体形成可靠回路的地方，采用双线制）。

(4) 电源负极搭铁

采用单线制时，蓄电池的一个电极须接至车架上，称为“搭铁”。若蓄电池的负极与车体连接，称为负极搭铁；反之，则称为正极搭铁。现在国内外汽车均统一采用负极搭铁。

(5) 用电设备并联

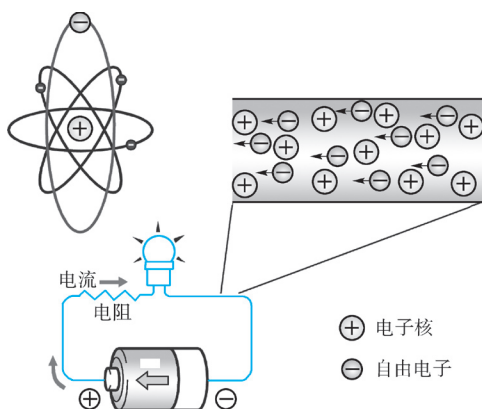
为了让各用电设备能独立工作、互不干扰，各用电设备均采用并联方式连接，每条电路均有自己的控制器件及保险装置。

二、电路中常用的物理量

1. 电流

(1) 电流的形成

所有的物质都由原子组成，原子又由原子核和电子组成。原子核带正电，电子带负电，带正、负电的基本粒子统称为电荷。电路中电荷的定向移动形成电流。如图 1-1-4 所示，在外力的作用下，金属导体中带负电的自由电子脱离原子核，产生定向移动，形成了电流。



▲ 图 1-1-4 电流的形成

(2) 电流的大小

电流的大小是指单位时间内通过导体横截面的电荷量，用字母 I 表示，电流的单位是安培 (A)，定义式为

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

电荷量 Q 的单位为库仑 (C)，时间 t 的单位为秒 (s)，常用电流的单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)、纳安 (nA)，其换算关系为

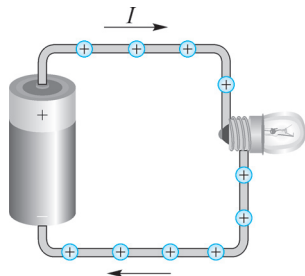
$$1\text{ mA} = 10^{-3}\text{ A}, 1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{ A}, 1\text{ nA} = 10^{-9}\text{ A}$$

电流的大小可以用电流表或万用表的电流挡进行测量。

(3) 电流的方向

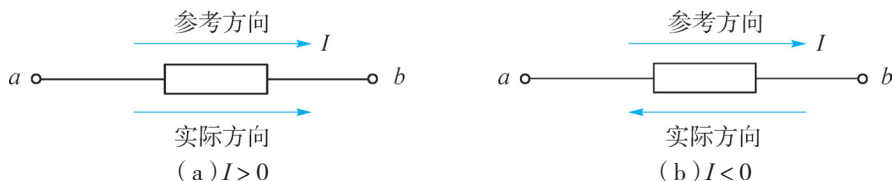
通常规定正电荷移动的方向为电流的方向，如图 1-1-5 所示。

在简单电路中，电流的方向可根据电源的极性直接确定；在复杂电路中，为了方便分析计算引入电流参考方向的概念。所谓电流的参考方向就是在分析电路时，假设任意方向为电流的参考方向。在选定的参考方向下，当电流为正值时，表示实际方向与参考方向一致；反之，则方向



▲ 图 1-1-5 正电荷移动的方向

相反,如图 1-1-6 所示。



▲ 图 1-1-6 电流的方向

小提示

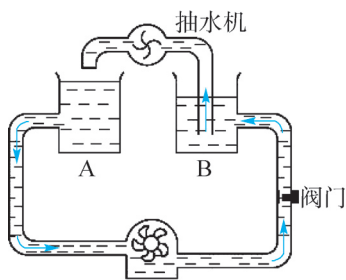
大小和方向都不随时间变化的电压和电流称为直流电;大小和方向随时间变化的电压和电流称为交流电。

2. 电压

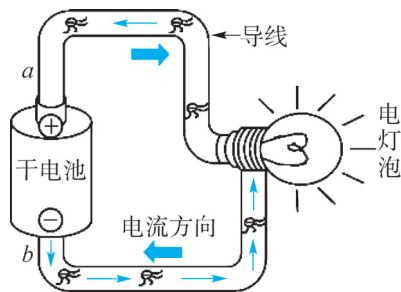
(1) 电压的概念

如图 1-1-7 所示,水槽 A 的水位高于水槽 B 的水位,当打开阀门时, A 槽与 B 槽形成水压,水由 A 槽流向 B 槽。同理,在元件的两端外加电压,使自由电子在静电力作用下定向移动,形成电流,使灯泡发光,如图 1-1-8 所示。而电压是由电荷之间的引力或压力(即静电力)作用产生的。电压是指静电力把单位正电荷从电场中 a 点移到 b 点所做的功 W_{ab} ,用字母 U_{ab} 表示,定义式为

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



▲ 图 1-1-7 水压与水流



▲ 图 1-1-8 电压与电流

(2) 电压的单位

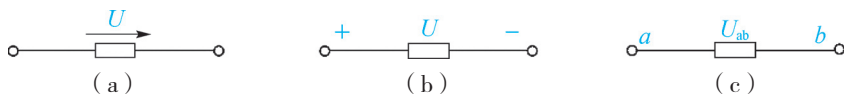
电压的单位为伏特(V)。常用单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV),换算关系为

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

(3) 电压的方向

电压的实际方向为正电荷在静电力作用下的运动方向,即电压的方向由正极指向负极。在电路分析中,也经常规定电压的参考方向,在选定的参考方向下,当电压为正值

时,表示电压的实际方向与参考方向相同;反之,则方向相反。电压的参考方向有三种表示方法,如图 1-1-9 所示。



▲ 图 1-1-9 电压的参考方向的三种表示方法

3. 电动势

如图 1-1-7 所示,要使管路中有持续的水流,抽水机应不断地将水从 B 槽抽送到 A 槽,从而使 A、B 之间始终保持一定的水位差。电源的作用与抽水机的作用相似,它不断地将正电荷从电源负极经电源内部移向电源正极,使电源的正、负极之间始终保持一定的电位差,从而电路中有持续的电流,如图 1-1-8 所示。

电动势是指非静电力将单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功,用字母 E 表示,单位为伏特(V)。规定电动势的方向为由电源内部的负极指向正极,数值等于电源没有接入电路时两极间的电压。

小提示

电动势和电压的差异:电动势描述的是电源内部非静电力克服静电力把正电荷从低电位搬到高电位做功本领大小的物理量,是将其他形式能量转化为电能的过程;电压描述的是在电源外部的负载电路中(外电路),静电力推动正电荷从高电位移到低电位做功本领大小的物理量,是将电能转化为其他形式能的过程。

4. 电位

分析电路时,在电路中任选一点作为参考点(零电位点),而电路中某一点与该参考点之间的电压即为该点的电位。电位常用字母 V 表示,单位也是伏特(V)。

在电路中任意两点间的电位之差等于这两点之间的电压,即 $U_{ab} = V_a - V_b$,因此电压又称电位差。

电路中任意两点间的电位差(即电压)是绝对的,其值是唯一的,而电位是相对的,与参考点的选择有关。

5. 电阻

当电流通过金属导体时,定向移动的自由电子与金属正离子间发生碰撞所产生的阻力称为电阻。电阻用字母 R 表示,单位是欧姆(Ω)。常用单位的换算关系为

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

在一定温度下,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。其公式为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中： R ——导体电阻 (Ω)；
 l ——导体长度 (m)；
 S ——导体截面积 (m^2)；
 ρ ——导体的电阻率 ($\Omega \cdot m$)。

小提示

电阻的大小除取决于导体的材料、长度和截面积三个因素外，有时和温度也有一定的关系。例如，金属的电阻随温度的升高阻而增大；碳和绝缘体的阻值随温度的升高而减小；而有些合金，如康铜和锰铜的电阻与温度变化的关系不大，常用来制作标准电阻。

6. 电功

电流所做的功叫电功 (或电能)，用字母 W 表示，公式为

$$W = UI t$$

电功的国际单位为焦耳 (J)，常用单位为 $kW \cdot h$ ，即通常所说的“度”。换算关系为

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

静电力做功的过程实际上是将电能转化为其他形式能的过程。

7. 功率

单位时间内电路所产生或消耗的电功称为电功率。通常用电功率来衡量电路转化能量的速率。电功率简称功率，用字母 P 表示，公式为

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

功率的单位为瓦特 (W)，常用单位还有千瓦 (kW) 和兆瓦 (MW)，在纯电阻电路中还可写成

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

三、电阻、电感和电容元件

1. 电阻元件

电阻元件是一种基本电路元件，在电路中，对电流呈阻碍作用。电阻率的大小反映了物体的导电能力，电阻率越小导电性能越好。常温下，不同的材料具有不同的电阻率，部分常用导电材料的电阻率见表 1-1-1。

表 1-1-1 常用导电材料的电阻率

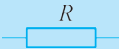
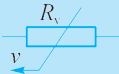
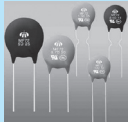
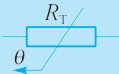
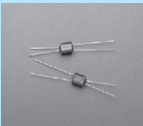
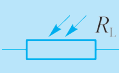
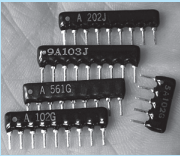
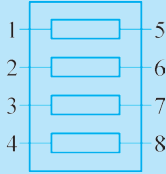
材料名称	电阻率 ($\Omega \cdot m$)	材料名称	电阻率 ($\Omega \cdot m$)
银	0.016 5	钢	0.13
铜	0.017 5	铸铁	0.50
铝	0.026	锰铜合金	0.42
钨	0.049	镍铬合金	1.5

小提示

电阻率小，容易导电的物体称为导体；电阻率大，不容易导电的物体称为绝缘体；导电能力介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。

电阻元件种类繁多，按其外形结构及作用的不同可分为固定电阻器、可变电阻器及特殊电阻器。常见电阻器的外形、特点及电路符号见表 1-1-2。

表 1-1-2 常用电阻器的外形结构、特点及电路符号

种 类		外形结构	特 点	电路符号
固定电阻器			一经制成阻值不能改变	
熔断电阻器			一种具有电阻器和熔断器双重作用的特殊元件	
敏感电阻器	压敏电阻器		平均持续时间小、残压低、反应时间快、体积小	
	热敏电阻器		电阻值随其电阻体温度的变化而显著变化	
	光敏电阻器		阻值随入射光强弱变化而明显变化。在无光射时，呈高阻状态；有光射时，其电阻值迅速减小	
电位器			在一定范围可调，使用时固定在某一值上	
排阻			一种电阻网络，它具有体积小、规整化、精密度高等特点，特别适用于电子仪器仪表及计算机产品中	

(4) 电阻器的应用

电阻器广泛应用于各种汽车电路。例如，在汽车灯光电路中通过串联或者并联若干个电阻器，可控制电路中流过显示灯的电流大小，从而调节灯光的亮度；在节气门轴上使用可变电阻器，电阻器的阻值随节气门开度变化而变化，根据此特性可以给发动机的控制单元提供不同节气门位置所对应的电压信号等。

2. 电感元件

电感元件俗称电磁线圈，电磁线圈是由导线绕制而成的。电磁线圈在工作时，将电能转化为磁场能储存起来，与电能进行能量转化，这种转化是可逆的，故电磁线圈属于储能元件。

(1) 电感元件类型

电感元件的种类很多，按照电感量是否可变，电感元件可分为固定电感元件和可变电感元件。

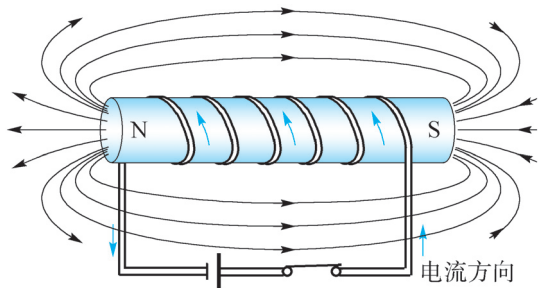
按照导磁体性质不同，常见的电感元件有空心电磁线圈、铁芯电磁线圈和磁芯电磁线圈，见表 1-1-3。

表 1-1-3 常见电感元件的外形、特点及图形符号

元件名称	外形结构	特点	图形符号
空心电磁线圈		以空气为介质，电感量较小	
铁芯电磁线圈		以硅钢片、铁镍合金等为介质，电感量比空心电感器的 高，适用于低频电路	
磁芯电磁线圈		以锰锌铁氧体、镍锌铁氧体 等为介质，电感量较高，适用 于高频电路	

(2) 电感量

如图 1-1-10 所示，当电流 I 流过线圈时，线圈周围会产生磁场。当线圈的匝数 N 固定时，通过的电流越大，产生的磁通量 Φ 就越大。由此可知，产生的总磁通量（匝数 N 与磁通量的乘积）和电流成正比，其比值称为电感量，又称自感，它是电感元件的主



▲ 图 1-1-10 通电线圈产生磁场

要参数，用字母 L 表示，即

$$L = \frac{N\Phi}{I}$$

磁通量 Φ 的单位为韦伯 (Wb)，电感量的国际单位是亨利，简称亨 (H)。常用的电感量单位还有毫亨 (mH) 和微亨 (μH)，三者之间的关系是

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

小提示

电感元件的电感量反映了电感元件产生磁通量的能力，也表示其储存磁场能的本领。不同的电感元件有不同的电感量，其大小与线圈的匝数、电流、外形尺寸及内部磁介质有关。

(3) 电磁线圈的应用

由于电磁线圈具有特殊的电、磁转换特性，所以被广泛应用于汽车的各种继电器、点火线圈、电磁喷油器及各种电磁阀、发电机、起动机等。

3. 电容元件

电容元件又称电容器，它的品种和规格很多，但均由两块金属板（电极）间隔不同的绝缘材料（电介质）制成，如图 1-1-11 所示。电容在工作时，将电能转换为电场能储存起来，与电能进行能量转换，这种转换是可逆的，故电容也属于储能元件。

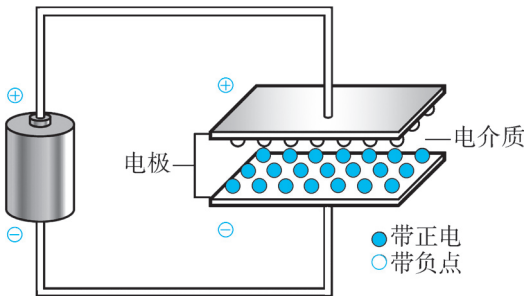


图 1-1-11 电容器的构成

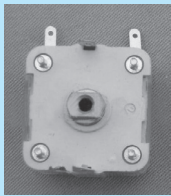
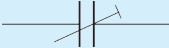
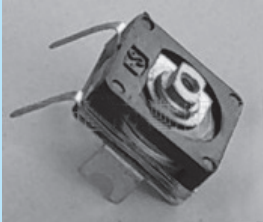
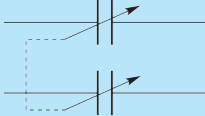
(1) 电容元件类型

电容元件的种类和形式很多，按照电容量是否可变，电容元件可分为固定电容器和可变电容器，见表 1-1-4。

表 1-1-4 常见电容器的外形结构、特点及常用电路符号

种 类	外形结构	特 点	电路符号
一般电容器		一种容纳电荷的器件	
电解电容器		内部有储存电荷的电解质材料，分正、负极性，类似于电池，不可接反	

续表

种 类	外形结构	特 点	电路符号
可变电容器		电容量可以在一定范围内调节的电容器，通常在无线电接收电路中做调谐电容器	
微调电容器		电容量的可变范围较小，调整后可固定于某个电容值的电容器，主要用于调谐电路	
双联电容器		可变电容器的一种，由两组金属片组成电极，其中固定的一组金属片称为定片，可旋转的一组金属片称为动片，旋转动片角度可改变电容量大小	

(2) 电容量

电容元件所带电量 Q 与两极板间电压 U 之比称为电容元件的电容量，简称电容，用符号 C 表示。其定义式为

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

电容 C 的单位为法拉 (F)，但因实际电容器的容量较小，常用单位是微法 (μF)、纳法 (nF)、皮法 (pF) 等，四者之间的关系为

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

小提示

电容量反映了电容元件储存电荷能力的大小，它只与电容元件本身的性质有关，而与其是否带电无关。同一电容元件的电容量是一个恒量，不同的电容元件电容量是不相同的。

(3) 电容器的应用

电容器在电路中，起阻碍或减缓电路中电压变化的作用。因此，常被用作“电压减振器”。汽车电路中常将电容器连接到点火线圈的一端，起吸收或者衰减干扰无线电接

收的电压变化信号的作用。另外，电容器还是很好的音响系统噪声滤波器。

四、汽车电路基本元件

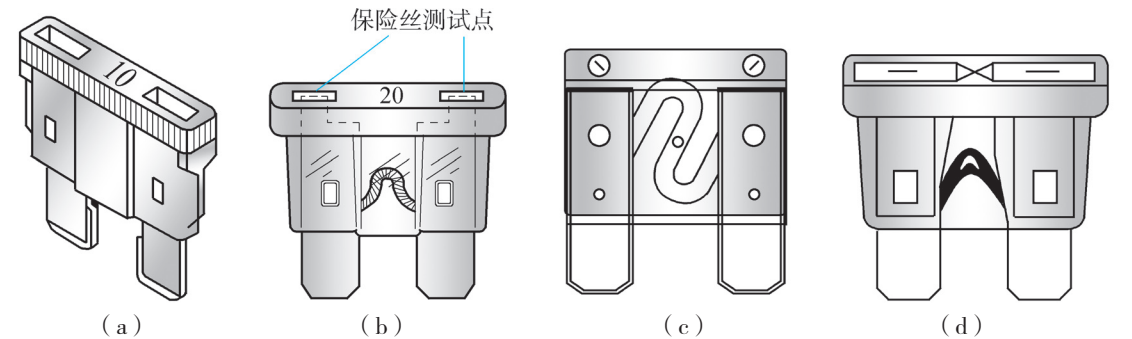
随着汽车电子控制系统的增多，汽车电路日趋复杂。但任何复杂的汽车电路都是由各组成元件、电源、开关、保险丝、继电器、导线及插接器等组成的。

1. 电路保护装置

为防止因短路或过载造成电源、用电设备和线路损坏，汽车都设有电路保护装置，包括熔断丝、易熔线和电路断电器。

(1) 熔断丝（保险丝）

熔断丝用于对局部电路进行保护，其主要部件是细锡线，按形状可分为丝状、管状和片状，如图 1-1-12 所示为几种常用的片状熔断丝。每一个熔断丝都有其额定最大容许电流值，熔断丝的颜色和熔断丝能承受的额定电流之间存在对应关系，详见表 1-1-5。当通过熔断丝锡线的电流超过规定值的 1.35 倍时，锡线就会熔化而使电路断路。表 1-1-6 列出了汽车熔断丝的熔断要求。熔断丝的熔断包括两个动作过程，即熔体发热熔化过程和电弧熄灭过程，这两个过程的快慢取决于熔断丝中流过的电流值的大小和熔断丝本身的结构参数。当电流超过额定值倍数越大时，熔断时间越短。



▲ 图 1-1-12 片状熔断丝

表 1-1-5 熔断丝的颜色和额定电流的对应关系

颜 色	额定电流	颜 色	额定电流
紫色	3 A	蓝色	15 A
米色	5 A	黄色	20 A
棕色	7.5 A	白色	25 A
红色	10 A	绿色	30 A

表 1-1-6 汽车熔断丝的熔断要求

流过熔断丝的电流	110% 额定电流	135% 额定电流	150% 额定电流
熔丝熔断时间	不熔断	60 s 内熔断	20 A 以内的熔丝，15 s 以内熔断 30 A 的熔丝，30 s 以内熔断