



高职高专“十一五”规划教材

汽车电气设备

主编 李国发

QICHE DIANQI SHEBEI



电子科技大学出版社

高职高专“十一五”规划教材

汽车电气设备

主 编 李国发

副主编 王显光 薛 川 李 鹏

主 审 魏冬至 张连清

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备 / 李国发主编 — 成都: 电子科技大学出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-81114-936-4

I 汽… II 李… III 汽车—电气设备—高等学校: 技术学校—教材 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 117445 号

内 容 提 要

本书主要介绍了汽车电气系统基础知识、蓄电池、交流发电机及调节器、起动机、汽车照明、信号系统及报警装置、汽车声像系统、汽车电动辅助装置、汽车电气设备线路等。本书内容新颖、图文并茂。

本书既可作为高等职业院校汽车类专业教材,也可供相关汽车专业师生和从事汽车方面的工程技术人员以及汽车维修人员、驾驶员阅读参考。

高职高专“十一五”规划教材

汽车电气设备

主 编 李国发

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 谢应成

责任编辑: 谢应成

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 郑州宏达印务有限公司

成品尺寸: 184mm×232mm 印张 15.75 字数 273 千字

版 次: 2008 年 8 月第一版

印 次: 2008 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-936-4

定 价: 24.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话 028 83202463,本社邮购电话 028 83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

郑 州 交 通 职 业 学 院

教材编纂委员会

顾 问: 蒋正华 张殿业 李文成

主 任: 李顺兴

副主任: 李国发 潘洪亮

编 委: (按汉语拼音字母为序)

郭 建 李子健 李洪涛

路志宏 王全升 徐春华

于 福 杨世英 张昶琳

前 言

科学技术和汽车工业的迅速发展,使汽车电气设备日趋繁杂,不仅用电设备的数量和功率在增大,产品的质量和性能也在提高,而且电子技术正以惊人的速度广泛应用于汽车。因此,学习和掌握汽车电子电气方面的知识就显得十分重要。《汽车电气设备》详细叙述了汽车上各种电器的构造、原理、用途。

汽车电器系统的主要功能是保证汽车正常行驶,汽车电器系统包括电源系统、起动系统、仪表与报警系统、照明与信号系统、辅助电器系统、声像系统和配电装置系统等若干个子系统。每个章节都有明确的教学目标、教学重难点和教学方法,使教师的教学和学生的自学能够更加容易。本书的构造和原理等理论知识以够用为度,同时兼顾了知识面的外延扩展,配备了大量的图示说明,使学生按图索骥,更容易理解知识点。

本教材是职业院校汽车类专业师生教学用书,亦可作为企业岗前培训和自学读本。

本书由郑州交通职业学院一线专业教师编写,是教师们的经验总结和结晶。参加本书编写工作的有:张梅红编写第一章,黄晓云编写第二章,张连清编写第三章,左冬晓编写第四章,王松显编写第五章,韩发帅编写第六章,李凤开编写第七章,魏冬至编写第八章,郑治国编写第九章。全书由郑州交通职业学院李国发院长担任主编,由郑州交通职业学院王显光、薛川和李鹏担任副主编。

在本书编写过程中先后得到了曹尚杰、朱方亮、宋旋、卢永刚、藏磊等老师的大力支持,在此对他们表示衷心的感谢,也对所参考著作和文献的作者表示最诚挚的谢意。本书存在的不妥和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 汽车电气系统基础	(1)
1.1 汽车电路中的常用元器件	(1)
1.2 汽车电气系统中电路连接装置	(22)
1.3 汽车电气系统的组成及特点	(31)
第 2 章 蓄电池	(34)
2.1 概述	(34)
2.2 蓄电池的结构	(36)
2.3 蓄电池的工作原理	(42)
2.4 蓄电池的充电、使用维护与检修	(50)
2.5 新型蓄电池	(57)
第 3 章 交流发电机及调节器	(61)
3.1 概述	(61)
3.2 普通交流发电机的结构与工作原理	(64)
3.3 交流发电机的性能指标和工作特性	(72)
3.4 电压调节器	(74)
3.5 几种常见交流发电机的结构形式	(82)
第 4 章 起动系	(91)
4.1 概述	(91)
4.2 起动机的结构	(93)
4.3 起动机的工作特性	(103)
4.4 起动系的工作原理	(105)
4.5 减速起动机	(110)
第 5 章 汽车照明、信号系统及报警装置	(115)
5.1 照明系的组成、结构及工作原理	(115)
5.2 信号系统的组成及工作原理	(123)
5.3 喇叭	(129)
5.4 报警装置	(131)
第 6 章 汽车仪表	(137)
6.1 概述	(137)

6.2	传统仪表	(139)
6.3	数字仪表	(155)
第 7 章	汽车声像系统	(165)
7.1	汽车音响	(165)
7.2	汽车多媒体	(169)
7.3	汽车音响解码技术	(173)
第 8 章	汽车电动辅助装置	(183)
8.1	风窗刮水装置、风窗玻璃洗涤器、风窗玻璃除霜(雾)装置	(183)
8.2	电动车窗	(189)
8.3	电动座椅	(192)
8.4	电动后视镜	(201)
8.5	中控防盗系统	(203)
第 9 章	汽车电气设备线路	(210)
9.1	汽车电路图分类及各车系电路图原理特点	(210)
9.2	识读各车系电路图	(234)

第1章

汽车电气系统基础

教学内容:

1. 汽车电路中常用元器件,如电阻、电容、电感线圈以及晶体管的原理及应用。
2. 汽车电气中电路连接装置的结构、常见的形式及其表示方法。
3. 汽车电气系统组成及其特点。

教学重点:汽车电路中常用元器件的原理及应用。

教学难点:三极管的放大特性。

教学方法:理论与实践相结合,实物与多媒体相结合,增加学生的感性认识,注重互动教学。

教学要求:

1. 掌握分压网络在汽车电路中的应用;了解特殊电阻在汽车上的应用。
2. 了解电容的电器特性,并掌握电容在汽车电路中的典型应用。
3. 了解线圈的电磁原理和二极管、三极管的特性,并掌握其各自在汽车电路中的典型应用。
4. 了解汽车电气的电路组成,并掌握一些常见的连接装置的表示方法。
5. 了解汽车电气系统的组成,并掌握其特点。

汽车电气设备是汽车的重要组成部分,随着电子技术在汽车上的应用越来越广泛,尤其是微型计算机在汽车上的应用,大大地推动了汽车工业的发展,同时也给汽车的传统控制装置带来了巨大的变革,本章通过对汽车电气系统基础的学习,为以后学习各种电器设备的工作原理、电子电路等打下基础。

1.1 汽车电路中的常用元器件

1.1.1 电阻

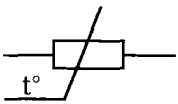
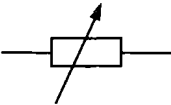
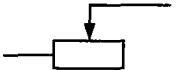
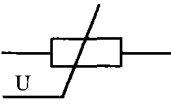
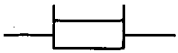
物体对电流的阻碍作用称为该物体的电阻,单位是欧姆,简称欧(Ω)。电阻是汽车电气、电子设备中常用的基本元件之一,其功能是用来控制和调节电路中的电流或电压,或者用作消耗电能的负载。

导体的电阻是客观存在的,与电压无关。

1. 电阻的类型

电阻有不同的分类方法。按照材料分,电阻可以分为镀膜电阻、金属膜电阻和绕线电阻等类型;按照阻值分,电阻有固定电阻和可变电阻之分;按照电阻随温度变化而变化的特性,电阻又可分为正温度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻等。常见的电阻符号如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的电阻符号

序号	名 称	图形符号	序号	名 称	图形符号
1	电阻器		4	热敏电阻器	
2	可变电阻器		5	滑线式变阻器	
3	压敏电阻器		6	分路器	

2. 电阻的连接方式

在电路中电阻有串联、并联、混联三种连接方式。

(1) 串联

电路中的两个或者多个电阻一个一个地顺序连接,并且在这些电阻中流过同一电流,这种连接方法称为电阻的串联,如图 1-1 所示。

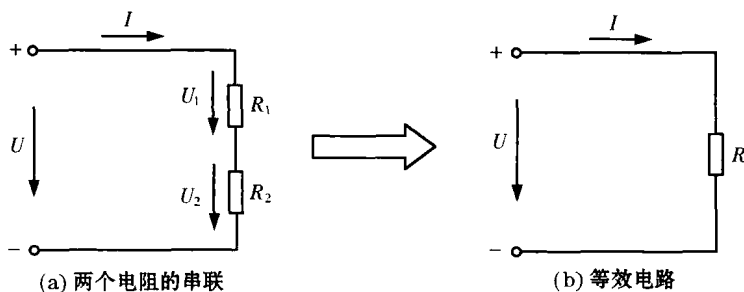


图 1-1 电阻的串联

串联电路有以下几个特点:

① 等效电阻 R 等于各个串联电阻之和,即

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

② 在串联电路中,电流处处相等,即

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

③ 在串联电路中,总电压等于各分电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

④ 在串联电路中,各个电阻两端的电压跟它的阻值成正比,即

$$U_1/U_2 = R_1/R_2$$

⑤ 在串联电路中,各个电阻消耗的功率和它的阻值成正比,即

$$P_1/R_1 = P_2/R_2 = P_3/R_3 = \dots$$

分压公式 两个串联电阻上的电压分别为:

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{R_1}{R} U$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{R_2}{R} U$$

(2) 并联

电路中的两个或者两个以上的电阻首尾分别连接在电路中的连接方式叫做电阻的并联,如图 1-2 所示。

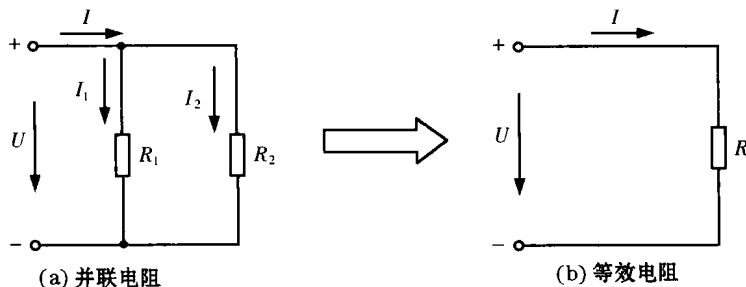


图 1-2 电阻的并联

并联电路有以下几个特点:

① 并联电路中各个并联电阻上的电压相等。

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

② 并联电路中的总电流等于各支路分电流之和。

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

③ 并联电路中总电阻的倒数等于各分电阻的倒数之和。

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

④ 并联电路中各支路的电流同各个支路的电阻成反比,即

$$I_1/I_2 = R_1/R_2$$

⑤ 并联电路中各个电阻消耗的功率跟它的阻值成反比,即

$$P_1 R_1 = P_2 R_2 = P_3 R_3 = \dots$$

分流公式 总电流分配到每个并联电阻中的电流值是和电阻值成反比的。如图 1-2 所示的电路,根据欧姆定律可推导出流过 R_1 、 R_2 上的电流分别为:

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

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

(3) 混联

电路中包含串联连接和并联连接元件的组合,既有连续的串联电流通道,又有“支路型”并联电流通道,称之为混联电路,如图 1-3 所示。

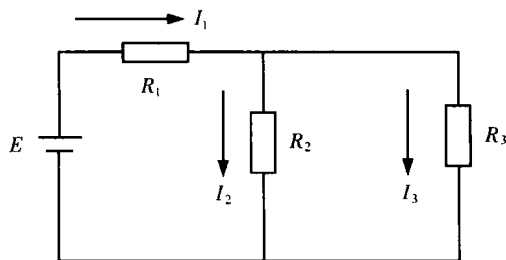


图 1-3 混联电路图

R_2 、 R_3 首、尾各自连接在相同节点上,所以两个电阻之间的关系为并联,可等效为一个电阻

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

R_1 又和 R_{23} 首尾相连,所以它们之间的关系为串联,故总电阻为 $R = R_1 + R_{23}$ 。

3. 电阻分压网络在汽车电路中的应用

在汽车传感器电路中,为了提高信号的检测灵敏度和准确度,经常使用电阻分压网络将敏感元件连接成电桥的形式。电桥的形式很多,汽车传感器电路中常用的是直流单臂电桥——惠斯登电桥。图 1-4 为惠斯登电桥的电路原理图。

电桥共有四个桥臂,其中一个桥臂 AD 接敏感元件 R_x ,其余三个桥臂 AB 、 BC 、 DC 分别接标准电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 。直流电源直接接在电桥的一对对角点 AC 上,另一对角点 DB 接检测电流的检流计。电源接通后调节电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 ,使检流计的电流为零,则表明此时电桥的 DB 两点的电位相等,使电桥处于平衡状态。

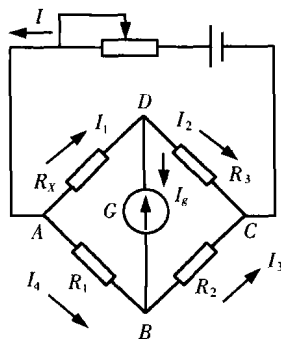


图 1-4 惠斯登电桥原理图

如果敏感元件 R_x 受外界信号影响电阻值改变,电桥平衡被打破,这时 DB 两点的电位不相等,检流计中将有电流 I_g 流过。

惠斯登电桥经常应用在电阻中的汽车传感器电路中,像半导体压敏电阻式进气压力传感器、热式空气流量传感器等都有应用。

4. 特殊电阻在汽车上的应用

(1) 热敏电阻

热敏电阻是电阻式温度传感器的一种。一般把金属氧化物陶瓷半导体材料经成形、烧结等工艺制成的测温元件称为热敏电阻(有一部分热敏电阻由碳化硅材料制成)。

在工作温度范围内,电阻值随温度升高而增加的热敏电阻称为正温度系数(PTC)热敏电阻。汽车上用的 PTC 温度传感器较少,典型的有车厢底板温度传感器,常将底板温度传感器与热敏式排气温度传感器一起使用,组成过热报警装置。当排气温度超过 900°C ,底板温度超过 125°C 时,报警灯亮,同时蜂鸣器也响。

在工作温度范围内,电阻值随温度升高而降低的热敏电阻称为负温度系数(NTC)热敏电阻。在汽车上,NTC 用来做冷却水温度传感器、进气温度传感器、排气温度传感器及车内外温度传感器等,它们的工作原理及方式大致相同,且都是两线式。控制电脑给其提供 5V 的参考电源,传感器将阻值与温度的相应变化转换为电压变化输入控制电脑,控制电脑就利用该信号进行相关的控制。

在工作温度范围内,在临界温度时,电阻值发生跃变的称为临界温度热敏电阻(CTR)。由于 CTR 具有在临界温度时电阻值急剧变化的特性,所以通常将其用作开关控制。

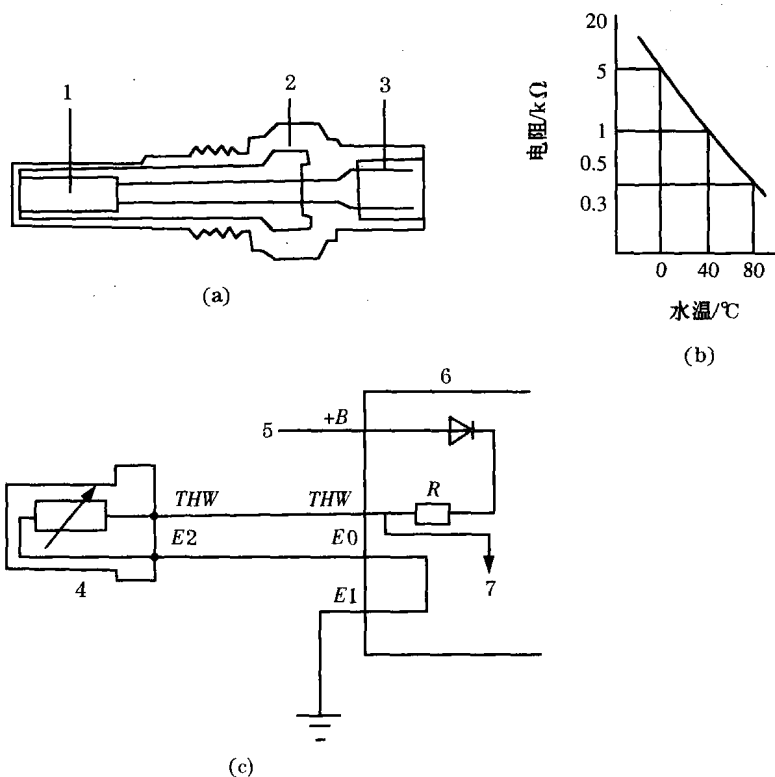
热敏电阻是用半导体材料掺入适当的氧化物,根据所要求的形状,在 1000°C 以上的高温下烧结而成的。按照氧化物比例的不同及烧结温度的差别,可以得到特性各异的热敏电阻。一般来说,工作温度范围在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$ 的热敏电阻可用于

水温和气温的检测,工作温度范围为 $600^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的高温检测,用于排气温度的检测。

热敏电阻式湿度传感器可用于汽车风窗玻璃的防霜、发动机上化油器进气部位空气湿度的检测以及电控自动空调车的车内相对湿度的检测。

下面以冷却水温度传感器的工作原理为例来介绍热敏电阻的工作特性。

冷却水温传感器一般安装在发动机缸体、缸盖的水套或者节温器壳内并伸入水套中,与冷却水接触,用来检测发动机的冷却水温度,水温传感器内部是一个负温度系数热敏电阻,水温愈低,电阻愈高;反之,水温愈高,电阻愈低。水温传感器的两根导线都和电脑连接,其中一根为接地线,另一根的电压随热敏电阻阻值的变化而变化,电脑根据这一电压的变化测得发动机冷却水温度,如图 1-5 所示。



(a) 结构图 (b) 水温传感器特性 (c) 电路原理图

图 1-5 冷却水温传感器示意图

该种传感器是利用热敏电阻阻值随温度的变化而变化这一特性来检测温度的。当温度较低时,传感器的阻值很大;反之,当温度升高时,其阻值减小。在汽车上

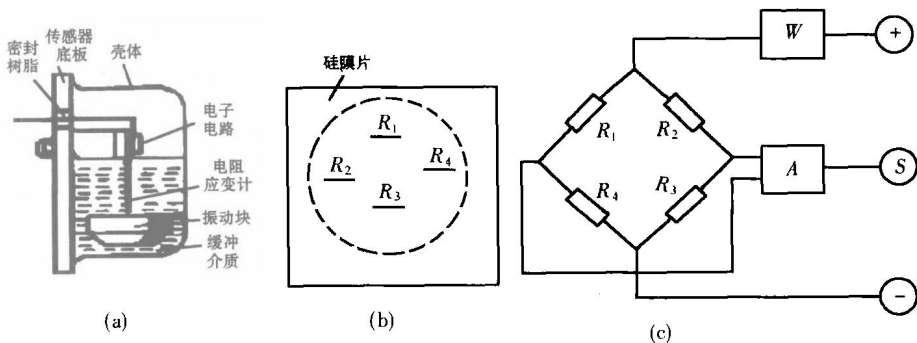
装有很多热敏电阻式温度传感器,常用于检测冷却水、机油温度,其中用得最多的是水温表和水温传感器。

(2) 压敏电阻

压敏电阻是根据半导体材料的非线性特性制成的。所谓的非线性特性,主要是压敏电阻的电压与电流不遵守欧姆定律,而呈特殊的非线性关系。当两端所加电压低于标称额定电压值时,压敏电阻的电阻值接近无穷大,内部几乎无电流流过;当两端所加电压略高于标称额定电压值时,压敏电阻器将迅速击穿导通,并由高阻状态变为低阻状态,工作电流也急剧增大;当两端所加电压低于标称额定电压值时,压敏电阻器又恢复为高阻状态;当两端所加电压超过最大限制电压值时,压敏电阻器将完全击穿损坏,无法再自行恢复。

压敏电阻传感器在汽车上最常见的是半导体压敏电阻式进气压力传感器和电阻应变计式碰撞传感器,现以电阻应变计式碰撞传感器为例来进行学习。

图 1-6 所示为德国波许公司研制生产的电阻应变计式碰撞传感器。当膜片产生变形时,应变电阻的阻值就会相应发生变化。为了提高传感器的检测精度,应变电阻一般都连接成桥式电路,并设计有稳压和温度补偿电路。当汽车发生碰撞时,振动块振动,缓冲介质随之振动,应变计的应变电阻就产生变形,阻值随之发生变化,经过信号处理与放大之后,传感器输出端的信号电压就会发生变化。



(a) 结构 (b) 电阻应变计 (c) 原理电路

图 1-6 电阻应变计式碰撞传感器

(3) 光敏电阻

光敏电阻是利用半导体的光致导电特性制成的。在受光时,半导体受光照产生载流子,由一极到达另一电极,有效地参与导电,从而使光电导体的电阻率发生变化。光照强度越强,电阻越小。目前生产的光敏电阻主要是硫化镉(CdS)光敏电阻。在 CdS 中掺入铜、银等杂质,可有效提高硫化镉光敏电阻的光灵敏度。

光敏电阻的电阻率对某段波长的照度变化很敏感,当照度增加时,电阻率急剧

减小,并在一定条件下,照度和电阻率可呈现线性关系。在完全无光照时,光敏电阻也会呈现一定的电阻值,称为暗电阻,而光照时的电阻称为亮电阻。光敏电阻的暗电阻约几兆欧,而亮电阻可小到几百欧。光敏电阻的温度系数和照度有关,强光照射下为正,弱光照射条件下为负。

1.1.2 电容

电容是表征电容器容纳电荷本领的物理量。我们把电容器的两极板间的电势差每增加 1V 所需的电量,叫做电容器的电容。在现实生活应用中,通常把电容器简称电容。

电容用符号 C 表示。在国际单位制里,电容的单位是法拉,简称法,用符号 F 表示。一个电容如果带 1 库的电量时两极间的电势差是 1 伏,这个电容器的电容就是 1 法。电容的容量取决于电介质的性质,而与电量以及两极间的电势差无关。

电容由两个金属极,中间夹有绝缘材料(介质)构成,如图 1-7 所示。

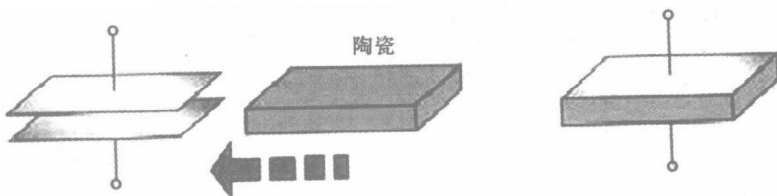


图 1-7 电容结构示意图

电容在电路中的使用所占比例仅次于电阻,也是组成电子电路的基本元件。

1. 电容的基本性质

利用电容的充放电和隔直流、通交流的特性,电容在电路中有以下几个作用。

- ① 隔直流,通交流:也就是阻止直流通过而让交流通过。
- ② 旁路(去耦):为交流电路中某些并联的元件提供低阻抗通路。
- ③ 耦合:作为两个电路之间的连接,允许交流信号通过并传输到下一级电路。
- ④ 滤波:利用电容的充、放电作用,使输出电压趋于平滑。
- ⑤ 温度补偿:针对其他元件对温度的适应性不够带来的影响,而进行补偿,改善电路的稳定性。
- ⑥ 计时:电容器与电阻器配合使用,确定电路的时间常数。
- ⑦ 调谐:对与频率相关的电路进行系统调谐,比如手机、收音机、电视机。
- ⑧ 整流:在预定的时间开、关半导体开关元件。

⑨ 储能:储存电能,用于必要的时候释放。例如相机闪光灯、加热设备等。如今某些电容的储能水平已经接近锂电池的水准,一个电容储存的电能可以供一部手机使用一天。

2. 电容器的主要种类和特点

电容器有固定电容和可调电容之分。按电容器的介质材料不同,常见有瓷介、纸介、云母、涤纶、独石、铝电解、钽电解等类型。

3. 电容在汽车电路中的典型应用

电容器作为基本电子元件在汽车电路中应用很广,作为单体元件应用的典型例子就是传统点火系统中分电器上的电容器。

在点火过程中,与分电器触点并联的电容器具有重要作用,如图 1-8 所示。因为触点打开、磁场消失时,在点火线圈一次绕组中产生 $200 \sim 300\text{V}$ 的自感电动势,若无电容器 C_1 ,该自感电动势就会在触点间形成火花使触点烧坏;同时该电动势的方向与原来一次电流的方向相同,使一次电路内的电流不能迅速中断,磁场消失也相应减慢,因而二次感应电动势大大降低。为了避免上述不良的后果,在触点间并联一个电容器 C_1 。当触点打开时,一次绕组中所产生的自感电动势向 C_1 迅速充电,触点间不再形成强烈的火花,延长了触点的使用寿命;同时触点打开后,一次绕组和 C_1 形成一个振荡电路,充了电的 C_1 通过一次绕组进行振荡放电。当 C_1 第一次放电时,电流以相反的方向通过一次绕组,加速了磁场的消失,使二次感应电动势显著提高。可见有了电容器 C_1 后就能减小触点火花,延长触点寿命并增强了点火线圈二次电压。

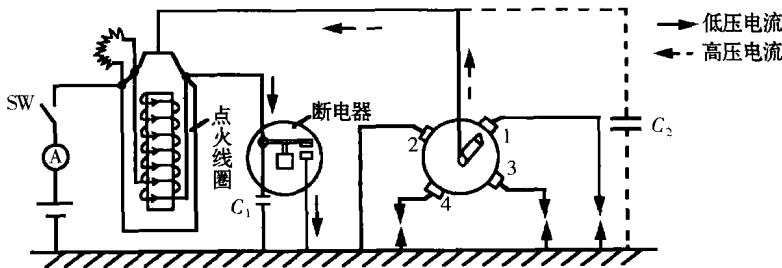


图 1-8 传统点火系工作原理示意图

电容器装在分电器的壳体上,其结构如图 1-8 所示。它由两条铝箔或者锡箔组成,在两条铝箔之间夹一绝缘蜡纸,然后卷成筒状在真空中抽去层间的空气。再经过浸蜡处理后装在金属外壳中。其中一条箔带的底部与外壳紧密接触;另一条箔带则通过与外壳绝缘的导电片由导线引出。电容器工作时要承受 $200 \sim 300\text{V}$ 的电压,因此要求其耐压为 500V 。

1.1.3 电感线圈

在汽车中,发电机利用磁场产生电场发电使电气系统工作,起动机利用电场变化产生磁力变化运转,磁和电密切相关,许多电学的定律也适用于磁学。

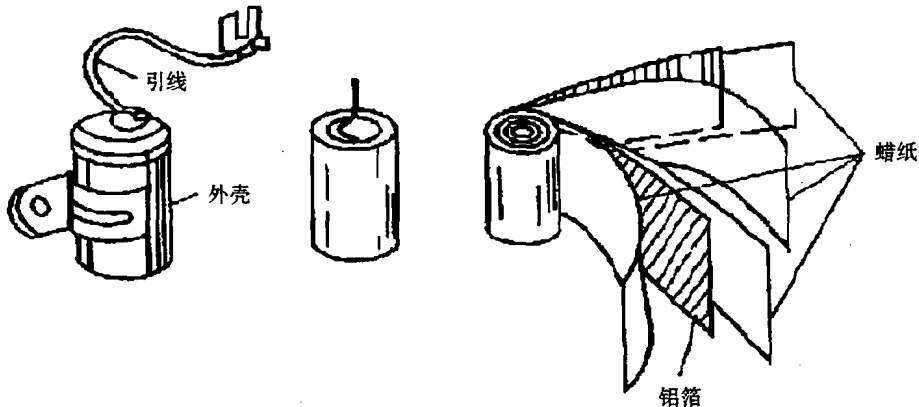


图 1-9 分电器上的电容器

1. 电感线圈基础知识

每当电流流过导体时,在导体周围会产生磁场,这种现象称之为电磁感应现象,简称“电感”。产生的磁力线数目即磁感应强度与流过导体的电流成正比。电感用 L 表示,单位有亨利(H)、毫亨利(mH)、微亨利(μH), $1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$ 。

当电感中通过直流电流时,其周围只呈现固定的磁力线,不随时间而变化;可是当在线圈中通过交流电流时,其周围将呈现出随时间变化而变化的磁力线。

磁力线的方向可由右手定则判定:右手握住导体,大拇指指向电流方向,则其余四指便指向磁力线方向,如图 1-10 所示。



图 1-10 右手定则确定磁力线方向示意图

安培发现以下现象:电流以相同方向流过两根接近的导线,两导线会相互吸引。如果将其中一根导线的电流流向反过来,导线便相互排斥。若将导线绕成线圈,每匝产生的弱磁场便会合成较强的磁场,合成的强磁场有真实的北极(N极)和南极(S极)。导线盘成环形(如图 1-11 所示),在导线交汇处的磁力线密度成倍的增加。