

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心
汽车维修专项技能认证指定教材

汽车

电子电气系统

主编 吴友生 王健



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心
汽车维修专项技能认证指定教材

汽车

电子电气系统

全国汽车维修专项技能认证技术支持中心 组编

主 编 吴友生 王 健

副主编 高吕和 祁 进

参 编 杨 梅



内容简介

本书主要内容包括汽车电子电气基础、汽车电路及其检修、汽车计算机系统解析、汽车电源控制系统、汽车照明与信号系统、刮水器与清洗器、车身附属设备的原理及检修方法、汽车仪表与提示系统、中控门锁与防盗系统、安全带和安全气囊等辅助安全系统、巡航系统的结构原理和操作方法、主动制动系统、夜视系统及自动泊车等新技术。书中以常见车型为例,详细说明各个系统的结构、原理以及维护、维修、拆装和诊断方法,非常适合应用型本科、高职高专院校汽车维修或应用专业的理实一体化教学,同时也可供汽车电气维修技师的自学使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电子电气系统/吴友生,王健主编. —北京:机械工业出版社,2015.4

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心汽车维修专项技能认证指定教材

ISBN 978-7-111-49455-3

I. ①汽… II. ①吴…②王… III. ①汽车-电子系统-车辆修理-职业技能-鉴定-教材②汽车-电气设备-车辆修理-职业技能-鉴定-教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 037601 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:连景岩 责任编辑:连景岩 杜凡如 版式设计:常天培

责任校对:樊钟英 封面设计:张静 责任印制:刘岚

北京中兴印刷有限公司印刷

2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·23.25 印张·563 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-49455-3

定价:49.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

“汽车维修专项技能认证指定教材”编委会

主任：刘康 白建伟

副主任：张亚男 王晓宇 王凯明 刘永澎

编委（以姓氏笔画为序）：

王凯明 王海燕 王琰 王健 邓维恭

龙凤丝 白建伟 冯君 刘永澎 朱兵

祁进 李京申 吴友生 陈宇 陈雷

桑桂玉 渠桦 魏俊强

前言

本书是人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心汽车维修专项技能认证指定培训教材，依据《汽车维修专项技能认证标准》编写。编写中参照了国际先进经验，汲取了主流车型原厂维修资料的精华，突出故障诊断和检测技术，强调科学的诊断思路和规范的操作流程。书中各个章节均理论联系实际，图文并茂，并以常见车型为例，详细说明各个系统的结构、原理以及维护、维修、拆装、诊断方法，非常适合应用型本科、高职高专院校汽车维修或应用专业的理实一体化教学和汽车电气维修技师的自学。

本书共分为12章。第1章为汽车电子电气基础，讲述电子电气维修必备的基础知识。主要内容包括电学基础、各种电气元件、仪器使用及电气元件检测方法等，其中大量采用示意图的方式来讲述电气原理，便于维修人员掌握。第2章介绍汽车电路及其检修，包括汽车电路基础、组成及特点，并以典型电路讲解常见故障的排除。第3章对汽车计算机系统进行解析，包括计算机控制原理、微机基础等，并以典型车型为例讲解车载网络系统。第4章主要讲解汽车电源控制系统，涵盖蓄电池、充电系统、起动系统内容，并拓展介绍了新能源汽车知识。第5章介绍汽车照明与信号系统，除讲解传统设备外，还对随动前照灯、LED前照灯和激光前照灯技术做了阐述。第6章以典型车型为例介绍刮水器与清洗装置。第7章讲述电动车窗、电动后视镜、电动天窗、汽车音响、电动座椅等车身附属设备的原理及检修方法。第8章介绍汽车仪表与提示系统，讲解典型仪表及信息提示灯结构原理及检测方法。第9章讲解中控门锁与防盗系统，并以大众车系为例解析几代防盗的技术特点及检修方法。第10章介绍安全带、安全气囊等辅助安全系统。第11章讲解巡航系统的结构原理、操作方法，并以奥迪轿车为例讲解自适应巡航故障的排除方法。第12章介绍主动制动、夜视系统、自动泊车等新技术，以拓展读者的知识面。

由于汽车电子电气系统知识面广、技术发展快，而教材受到篇幅限制，内容不可能面面俱到，建议结合中车在线网（www.713.com.cn）上的内容以及其他一些资料进行教学和学习。另外，尽管编者在编写过程中倾注了大量精力，也查阅了大量资料，力图在各方面都做到最好，但还是难免存在疏漏和错误，敬请广大读者批评指正。

编者

目录

前言

第1章 汽车电子电气基础 1

- 1.1 电的种类 1
 - 1.1.1 直流电 1
 - 1.1.2 交流电 1
 - 1.1.3 静电 2
- 1.2 物质的导电性 2
 - 1.2.1 金属导电 2
 - 1.2.2 溶液导电 3
 - 1.2.3 气体导电 3
 - 1.2.4 半导体导电 3
- 1.3 电学定律 3
 - 1.3.1 欧姆定律 3
 - 1.3.2 焦耳定律 4
 - 1.3.3 法拉第电磁感应定律 4
 - 1.3.4 基尔霍夫定律 4
- 1.4 基本电器元件 5
 - 1.4.1 电阻(器) 5
 - 1.4.2 电容器 7
 - 1.4.3 电感器 9
 - 1.4.4 二极管 10
 - 1.4.5 晶体管 12
 - 1.4.6 霍尔元件 12
- 1.5 仪器的使用 13
 - 1.5.1 万用表 13
 - 1.5.2 测试灯 17
 - 1.5.3 示波器 18
 - 1.5.4 解码器 21
 - 1.5.5 温度计 24
 - 1.5.6 电烙铁 25

- 1.6 电气元件的检测 26
 - 1.6.1 电阻的检测 26
 - 1.6.2 电容的检测 28
 - 1.6.3 二极管、晶体管等半导体器件的检测 28
 - 1.6.4 电感的检测 29
 - 1.6.5 霍尔元件的检测 29
- 小结 30
- 练习题 30

第2章 汽车电路及电路的检修 32

- 2.1 电路基础 32
 - 2.1.1 电路的概念 32
 - 2.1.2 串联电路 32
 - 2.1.3 并联电路 33
 - 2.1.4 混联电路 33
- 2.2 汽车电路的组成及特点 34
 - 2.2.1 汽车电路的特点 34
 - 2.2.2 整车电路的组成 35
 - 2.2.3 配电及电路保护装置 36
 - 2.2.4 汽车电路图识读 46
- 2.3 汽车电路故障与检修流程 56
 - 2.3.1 汽车电路的常见故障类型 56
 - 2.3.2 导线的维修 58
 - 2.3.3 汽车电气系统故障诊断 62
- 小结 65
- 练习题 65

第3章 汽车计算机控制系统 67

- 3.1 汽车计算机控制系统概述 67
 - 3.1.1 汽车计算机控制系统应用简述 67

3.1.2 汽车计算机控制系统原理	68	小结	151
3.2 汽车微机基础	68	练习题	151
3.2.1 单片机	68		
3.2.2 逻辑电路	70		
3.2.3 车载诊断系统	73		
3.3 汽车车载网络系统	77		
3.3.1 车载网络控制系统的功能与 分类	77		
3.3.2 CAN-BUS 基本原理	79		
3.3.3 典型汽车控制系统 CAN 数据 总线	87		
3.3.4 其他数据总线	88		
3.3.5 大众汽车 CAN 总线结构与控制 原理	94		
3.3.6 CAN 总线检测与维修	97		
小结	100		
练习题	101		
第 4 章 汽车电源控制系统		103	
4.1 汽车电源控制系统概述	103		
4.2 蓄电池	103		
4.2.1 蓄电池的构造与型号	104		
4.2.2 蓄电池的保养与维护	108		
4.2.3 蓄电池能量分配系统	115		
4.3 充电系统	118		
4.3.1 交流发电机的类型及构造	118		
4.3.2 交流发电机工作原理与特性	124		
4.3.3 电压调节器	127		
4.3.4 充电系统故障诊断	128		
4.3.5 充电系统的维护	130		
4.4 起动系统	131		
4.4.1 起动机	132		
4.4.2 起动系统电路	136		
4.4.3 起动机的使用与维护	140		
4.4.4 起动系统故障诊断	141		
4.4.5 起动/关闭系统简介	143		
4.5 知识拓展	147		
4.5.1 新能源汽车基本概念	147		
4.5.2 纯电动汽车	148		
4.5.3 油电混合动力汽车	148		
4.5.4 插电式混合动力汽车	149		
4.5.5 增程式混合动力汽车	150		
第 5 章 汽车照明与信号系统		154	
5.1 汽车照明与信号装置的种类及用途	154		
5.1.1 照明装置	155		
5.1.2 信号装置	155		
5.2 汽车照明系统	157		
5.2.1 前照灯	157		
5.2.2 雾灯	166		
5.2.3 牌照灯	168		
5.3 汽车信号系统	168		
5.3.1 汽车转向信号装置	168		
5.3.2 倒车信号装置	172		
5.3.3 组合尾灯	174		
5.4 随动转向前照灯系统介绍	176		
5.4.1 动态弯道照明灯	176		
5.4.2 静态弯道照明灯	177		
5.4.3 汽车前照灯随动转向系统控制 过程	179		
5.5 汽车喇叭	180		
5.5.1 喇叭的分类	180		
5.5.2 喇叭的结构和工作原理	180		
5.5.3 典型的喇叭电路	182		
5.5.4 喇叭的调整	183		
5.5.5 汽车喇叭的诊断与维修	183		
5.6 知识拓展	184		
5.6.1 LED 前照灯	184		
5.6.2 激光前照灯	185		
小结	186		
练习题	187		
第 6 章 刮水器和清洗器的原理与 维修		188	
6.1 刮水器	188		
6.1.1 刮水器系统作用	188		
6.1.2 电动刮水器基本结构与工作 原理	188		
6.1.3 刮水器常见故障及检查	194		
6.2 车窗清洗装置	194		
6.2.1 清洗器的作用与组成	194		
6.2.2 车窗玻璃清洗装置电路	195		

6.2.3 风窗玻璃清洗装置电路检修	197	8.2.1 车速里程表	252
6.3 风窗玻璃除霜装置	199	8.2.2 转速表	254
6.3.1 风窗玻璃除霜装置的作用及类型	199	8.2.3 冷却液温度表	254
6.3.2 风窗除霜装置原理	199	8.2.4 燃油表	255
小结	200	8.3 汽车信息提示系统	255
练习题	200	8.3.1 信息提示灯	256
第7章 车身附属设备的原理与维修 ... 202		8.3.2 声音报警装置	260
7.1 概述	202	8.4 常见故障及排除	261
7.2 电动车窗	202	8.4.1 车速表不工作或误差大	261
7.2.1 电动车窗的功能	202	8.4.2 温度表不工作	262
7.2.2 电动车窗的组成	204	8.4.3 燃油表不工作	262
7.2.3 电动车窗的基本控制电路	206	8.4.4 机油警告灯常亮	263
7.2.4 带有控制模块的门窗控制系统	209	8.4.5 冷却液警告灯常亮	263
7.2.5 电动车窗故障检修	212	8.5 汽车仪表系统新技术	264
7.2.6 典型轿车电动车窗功能介绍	217	8.6 汽车保养灯归零	265
7.3 电动座椅	221	小结	266
7.3.1 电动座椅的类型	221	练习题	266
7.3.2 电动座椅的组成	222	第9章 中控门锁与防盗系统 268	
7.3.3 典型电动座椅电路	224	9.1 中控门锁	268
7.3.4 座椅加热系统	225	9.1.1 中控门锁的功能	268
7.3.5 自动座椅	227	9.1.2 中控门锁系统的组成	269
7.3.6 电动座椅故障检修	232	9.1.3 中控门锁控制系统	271
7.4 电动后视镜	232	9.2 无线门锁遥控系统	274
7.4.1 电动后视镜的构造	233	9.2.1 无线门锁系统的功能	274
7.4.2 电动后视镜控制电路	233	9.2.2 无线门锁的工作原理	275
7.4.3 电动后视镜故障维修	235	9.2.3 无线门锁的维护与检修	277
7.5 电动天窗	236	9.3 防盗系统	279
7.5.1 电动天窗类型与结构	236	9.3.1 防盗系统的分类	279
7.5.2 电动天窗的控制原理	238	9.3.2 防盗系统的组成	281
7.5.3 电动天窗故障检修	240	9.3.3 防盗系统的工作原理	282
7.6 汽车音响	242	9.4 典型车辆电子防盗系统	283
7.6.1 汽车音响的组成	244	9.4.1 第二代防盗系统	283
7.6.2 汽车音响的特点	244	9.4.2 第三代防盗系统	284
7.6.3 典型汽车音响系统	245	9.4.3 第四代防盗系统	286
7.6.4 汽车音响的保养	247	9.4.4 第五代防盗系统	295
小结	248	9.4.5 防盗系统故障检修	297
练习题	249	小结	300
第8章 汽车仪表与提示系统 251		练习题	300
8.1 概述	251	第10章 辅助约束系统 302	
8.2 汽车仪表系统	252	10.1 辅助约束系统概述	302

10.2 气囊系统	302	11.3.1 输入部件	337
10.2.1 气囊系统概述	302	11.3.2 巡航控制模块 (ECU)	337
10.2.2 气囊工作原理	305	11.3.3 执行器	337
10.2.3 电子式气囊的部件	309	11.3.4 电子节气门巡航控制系统	340
10.2.4 气囊系统电路	319	11.4 自适应巡航控制系统	342
10.2.5 气囊维修及注意事项	319	11.4.1 自适应巡航控制系统的功能	342
10.3 安全带系统	324	11.4.2 自适应巡航控制系统的组成	343
10.3.1 安全带系统概述	324	11.4.3 自适应巡航系统控制原理	345
10.3.2 安全带系统的工作原理	325	11.4.4 车距控制传感器的校准	347
10.4 知识拓展	327	11.5 奥迪 A6L 轿车自适应巡航的故障	
10.4.1 主动式头枕	327	案例	349
10.4.2 气囊二级点火技术	328	小结	351
小结	328	练习题	351
练习题	329		
第 11 章 巡航控制系统			
11.1 巡航控制系统概述	330	第 12 章 电子电气新技术	
11.1.1 巡航控制系统的简介	330	12.1 主动制动/城市安全系统	352
11.1.2 巡航控制系统的优点	332	12.2 主动前照灯技术	353
11.1.3 巡航控制系统的分类	332	12.3 夜视系统	354
11.2 巡航控制系统的操作	332	12.4 自动泊车辅助系统	355
11.2.1 设定巡航速度	333	12.5 发动机起停技术	356
11.2.2 巡航行驶时的加速或减速	334	12.6 并线辅助	356
11.2.3 取消巡航控制	334	12.7 车道偏离预警系统	359
11.2.4 恢复预设巡航车速	334	12.8 分屏显示	360
11.3 巡航控制系统的结构和原理	335	12.9 全景摄像头	360
		小结	361

第1章

汽车电子电气基础

【学习目标】



1. 掌握电学基础知识
2. 能够识别基本电气元件
3. 掌握电气元件的检修方法
4. 能正确使用汽车检测仪器和设备

1.1 电的种类

1.1.1 直流电

直流电 (Direct Current, 简称 DC) 是指方向不随时间变化的电流。恒定电流是直流电的一种, 是大小和方向都不变的直流电, 如图 1-1 所示。

最常用的直流电源包括原电池 (蓄电池)、相应的发电机 (部分接有整流器)、光电池 (太阳能系统) 和开关模式电源等。在技术领域还通常组合使用变压器和整流器。

不同的电源所产生的电压大小也不同, 以下是几个电压值示例: ①闪电电压: 几百万 V; ②车辆点火次级线圈电压: 15000V; ③车辆供电电源电压: 12V; ④电池电压: 1.5~9V。

1.1.2 交流电

交流电 (Alternating Current, 简称为 AC) 指大小和方向随时间作周期性变化的电流。交流电压的典型代表是家庭常用的来自插座的电流, 如图 1-2 所示。

图 1-2 显示了一个正弦交流电压 (U) 随时间 (t) 变化的情况。交流电压的特点是其方向呈周期性变化。

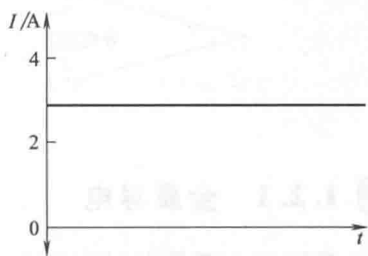


图 1-1 恒定电流

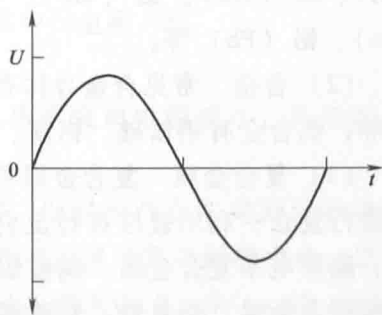


图 1-2 交流电压

在我国，民用交流电压为 220V，频率为 50Hz。该频率（通常也称为电源频率）表示每秒钟电流朝相同方向流动的次数。

日常生活中所用的交流电压值有很大差别，以下是几个电压值示例：①高压架空线电压：最高 400000V；②有轨电车：500V；③我国家用电器：220V。

1.1.3 静电

静电指静电荷，是一种处于静止状态的电荷。利用静电可以除尘、喷涂、植绒、复印、净化空气等。静电除尘可以消除烟气中的煤尘。静电复印可以迅速、方便地把图书、资料、文件复印下来。静电还对白酒生产、醋和酱油的陈化有促进作用，陈化后的白酒、醋和酱油的品味会更纯正。

1.2 物质的导电性

根据材料的导电性能，可以将它们分为导体、半导体和绝缘体。通常将导电性好的材料称为导体，如金、银、铜、铁、锡、铝等；将导电性差的材料称为绝缘体，如金刚石、人工晶体、琥珀、陶瓷、橡胶等；而将导电性介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体。不同物质导电能力如图 1-3 所示。

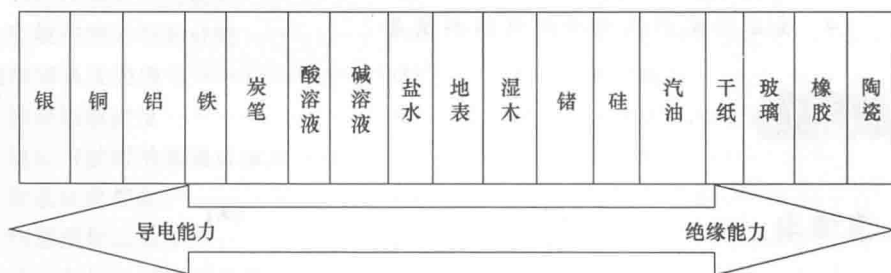


图 1-3 不同物质的导电能力

1.2.1 金属导电

常用的金属导电材料可分为：金属元素、合金（铜合金、铝合金等）、复合金属以及不以导电为主要功能的其他特殊用途的导电材料。

(1) 金属元素 金属元素按电导率大小排列：银（Ag）、铜（Cu）、金（Au）、铝（Al）、钠（Na）、钼（Mo）、钨（W）、锌（Zn）、镍（Ni）、铁（Fe）、铂（Pt）、锡（Sn）、铅（Pb）等。

(2) 合金 常见合金导体有铜合金和铝合金。铜合金有银铜、镉铜、铬铜、铍铜、钴铜等；铝合金有铝镁硅、铝镁、铝镁铁、铝锆等。

(3) 复合金属 复合金属可由 3 种加工方法获得：利用塑性加工进行复合；利用热扩散进行复合；利用镀层进行复合。高机械强度的复合金属：铝包钢、钢铝电车线、铜包钢等；高导电率复合金属：铜包铝、银复铝等；高弹性复合金属：铜复铍、弹簧铜复铜等；耐高温复合金属：铝复铁、铝黄铜复铜、镍包铜、镍包银等；耐腐蚀复合金属：不锈钢复铜、银包铜、镀锡铜、镀银铜包钢等。

(4) 特殊功能导电材料 特殊功能导电材料是指不以导电为主要功能,而在电热、电磁、电光、电化学反应方面具有良好性能的导体材料。它们广泛应用在电工仪表、热工仪表、电器、电子及自动化装置等技术领域,如高电阻合金、电触头材料、电热材料、测温控温热电材料。其中主要有银、铜、钨、铂、钽等元素的合金,铁铬铝合金、碳化硅、石墨等材料。

1.2.2 溶液导电

一种溶液能够导电是因为该溶液里含有自由移动的离子,所以非电解质溶液不能导电。而且单位体积的溶液里,自由移动的离子数目越多,溶液的导电性就越强,所以在浓度相同的情况下,强电解质溶液的导电能力要比弱电解质强,如汽车铅酸蓄电池内就装有强电解质溶液。

1.2.3 气体导电

在通常情况下,气体的自由电荷极少,是良好的绝缘体,但如果气体分子由于某些原因发生了电离,如碰撞电离、光电离、热电离,它便可以导电,这种现象称为气体导电或气体放电。气体导电原理常用于放电灯,如日光灯、霓虹灯、高压汞灯、氙气灯等的灯管中都充有一定量的气体,当两端加上一定电压时,在气体中就有电流流过。

1.2.4 半导体导电

半导体是指常温下导电性能介于导体(Conductor)与绝缘体(Insulator)之间的材料。半导体在汽车和现代电子产品上应用十分广泛。晶体管和二极管就是最典型、最基本的半导体元器件。

1.3 电学定律

1.3.1 欧姆定律

(1) 欧姆定律 欧姆定律内容如下:在同一电路中,通过导体的电流值(I)跟导体两端的电压值(U)成正比,跟导体的电阻值(R)成反比。

数学公式为: $I = U/R$, 变形公式为: $R = U/I$ 或 $U = IR$

比如:直流电路中的电流 $I = 10\text{A}$, 电压 $U = 20\text{V}$, 则电路中的电阻

$$R = U/I = 20/10\Omega = 2\Omega$$

欧姆定律确定了电流、电压和电阻之间的关系。如果电压不变而电阻减小,则电流增大;如果电阻不变而电压增大,则电流增大。

(2) 欧姆定律在汽车维修中的应用 欧姆定律看似简单,但对于汽车电路测试和诊断却具有非常重要的指导作用。例如,通过测量电路中的电压和电流来计算电阻的大小,这个方法称为伏安法。比如知道电路的电压 $U = 12\text{V}$, 电流 $I = 4\text{A}$, 则电阻 $R = U/I = 3\Omega$, 如图1-4所示。

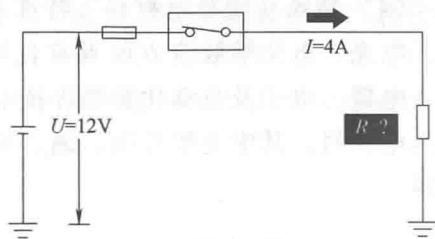
1.3.2 焦耳定律

焦耳定律表示电路中发出的热量与电流、电阻和时间的关系：电流通过导体所产生的热量跟电流的平方、导体的电阻、通电时间成正比。也就是说，电流越大发热越多，电阻越大发热越多，通电时间越长，发热越多。

$$\text{公式：} Q = I^2 R t$$

单位： I —A， R — Ω ， t —s， Q —J

汽车有很多发热电路，如后窗除霜器、加热座椅等电路都是产生热量的电路。



$$R = \frac{U}{I} = \frac{12\text{V}}{4\text{A}} = 3\Omega$$

图 1-4 利用欧姆定律计算电阻

1.3.3 法拉第电磁感应定律

只要穿过闭合电路的磁通量发生变化，闭合电路中就有电流产生，所产生的电流称为感应电流；如果电路没有闭合，虽然没有感应电流，但依然会有感应电动势。这种现象称为电磁感应现象。电磁感应现象是电磁学中最重大的发现之一，它揭示了电、磁现象之间的相互联系。法拉第电磁感应定律揭示了感应电动势与磁通量变化率之间的关系，即闭合电路中感应电动势的大小，跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比。通常用 E 表示感应电动势， Φ 表示磁通量，则

$$E = k \Delta \Phi / \Delta t$$

式中， k 是比例常量。当电动势 E 、磁通量 Φ 和时间 t 的单位均取国际单位时， $k=1$ 。在闭合电路中常常是 n 匝线圈，穿过每匝线圈的磁通量总是相同的，这样的线圈就可以看成是 n 个单匝线圈串联而成的，因此整个线圈中的感应电动势是单匝线圈的 n 倍，即 $E = n \Delta \Phi / \Delta t$ 。

法拉第电磁感应定律帮助人类社会迈进了电气化时代。一方面，人们依据电磁感应的原理制造出了发电机，使电能的大规模生产和远距离输送成为可能；另一方面，电磁感应现象在电工和电子技术、电磁测量等方面得到广泛应用，例如汽车上大量使用的电磁感应传感器，如图 1-5、图 1-6 所示。

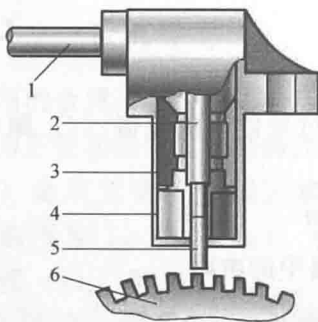


图 1-5 车轮转速传感器

1—电缆 2—永磁体 3—外壳
4—感应线圈 5—极轴 6—齿圈

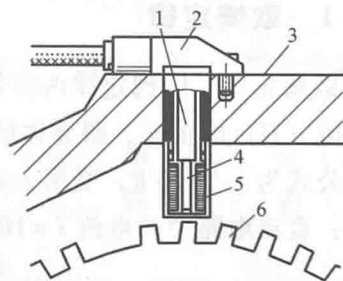


图 1-6 曲轴位置传感器

1—永久磁铁 2—壳体 3—发动机机体
4—软铁心 5—感应线圈 6—带记号齿圈

1.3.4 基尔霍夫定律

随着电气技术的发展，电路变得越来越复杂，一些电路呈网状结构，并且网络中还存在着

一些由3条或3条以上支路形成的节点,这类复杂电路用串、并联电路的公式很难分析,而用基尔霍夫定律就能快速地进行分析。基尔霍夫定律包括电流定律(KCL)和电压定律(KVL),前者用于电路中的节点而后者应用于电路中的回路。

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL) 该定律又称基尔霍夫第一定律,它的内容为:在任一瞬时,流向某一节点的电流之和恒等于由该节点流出的电流之和,即

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

或 $\sum i = 0$ (注:流入为正,流出为负)

如图1-7中的节点 a , $i_1 + i_3 = i_2 + i_4 + i_5$ 。

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL) 该定律又称基尔霍夫第二定律,它的内容为:在任一瞬间,沿电路中的任一回路绕行一周,在该回路上电动势之和恒等于各电阻上的电压降之和,即

$$\sum E = \sum IR$$

$$\sum U_{\text{电压升}} = \sum U_{\text{电压降}}$$

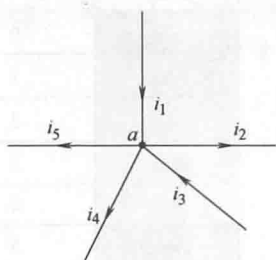


图1-7 节点 a 的流入电流等于流出电流

1.4 基本电器元件

1.4.1 电阻(器)

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种,是指在电路中对电流有阻碍作用并且造成能量消耗的部分。它的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次还作为分流器、分压器和负载使用。常见的电阻器可分为固定电阻、可变电阻。

1. 固定电阻

固定电阻是最常用的电阻,一般分为碳膜/金属氧化膜电阻和绕线电阻两种,如图1-8所示。碳膜电阻是最常见的固定电阻,它利用碳的导电性制成,电阻内部的碳越少,阻值越大,所以经常被用来限制电流。固定电阻适用的电路级别是以功率来区分的,一般的固定电阻为 $0.125 \sim 2.0\text{W}$ 。金属氧化膜电阻有较好的热稳定性,所以金属氧化膜电阻适用的电路级别一般为 2.0W 或更高。固定电阻的阻值大小可以从它外表面的色带区分,如图1-9所示。例如图1-10中,第一条色带是绿色,代表的数字是“5”,第二条色带是红色,代表的数字是“2”,第三条色带则代表倍乘数,黑色代表“0”,则这个电阻的阻值为 $52 \times 10^0 \Omega = 52\Omega$ 。最后一条色带代表该电阻的阻值误差,银色代表的误差为10%,则该电阻的阻值为 $(52 \pm 5.2)\Omega$ 。

绕线电阻是由一根电阻丝绕制成的,表面封着陶瓷以保护电阻丝(图1-11)。

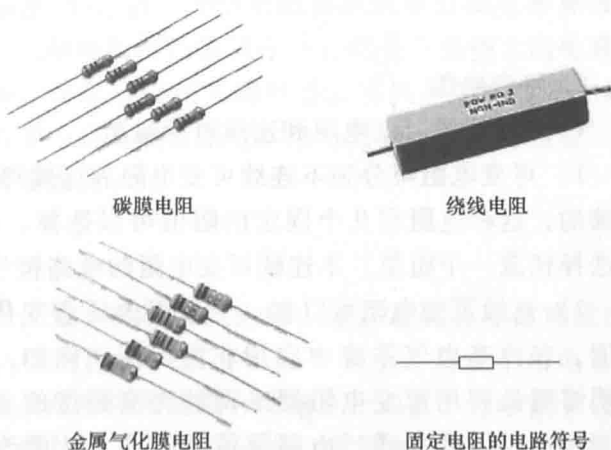


图1-8 各种电阻及其电路符号

这种电阻的阻值比较精确，而且热稳定性好，所以一般用在功率比较大的电路中。例如，汽车的点火系统中使用的镇流电阻就是绕线电阻。

颜色	第一段	第二段	第三段	倍乘数	误差	
黑色	0	0	0	1		
棕色	1	1	1	10	±1%	F
红色	2	2	2	100	±2%	G
橙色	3	3	3	1K		
黄色	4	4	4	10K		
绿色	5	5	5	100K	±0.5%	D
蓝色	6	6	6	1M	±0.25%	C
紫色	7	7	7	10M	±0.10%	B
灰色	8	8	8		±0.05%	A
白色	9	9	9			
金色				0.1	±5%	J
银色				0.01	±10%	K
无					±20%	M

图 1-9 固定电阻色带

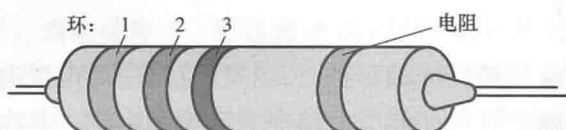


图 1-10 固定电阻阻值的识别

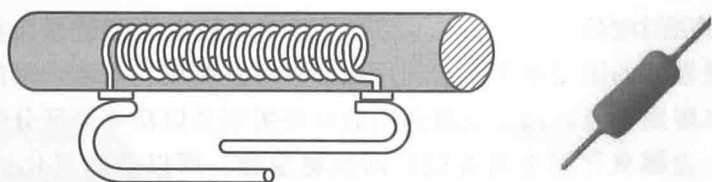


图 1-11 绕线电阻

2. 可变电阻

(1) 不连续可变电阻和连续可变电阻

1) 可变电阻可分为不连续可变电阻和连续可变电阻。不连续可变电阻的阻值变化是不连续的，这种电阻有几个固定的阻值可以选择。比如，有的电阻可以在 10Ω 、 30Ω 和 50Ω 中选择任意一个阻值。不连续可变电阻的电路符号如图 1-12 所示。

2) 连续可变电阻可以在一个范围内任意变化或调整阻值，在汽车电气系统中应用非常广泛。例如，仪表板照明灯就是利用可变电阻器来调整光亮强度的。转动调整旋钮，可以改变通过电路阻值的大小，从而改变电流的大小，调整光照强度。连续可变电阻的电路符号如图

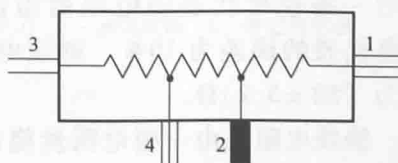


图 1-12 不连续可变电阻的电路符号

1-13 所示。

(2) 电位计 电位计也是一个典型的变阻器,它可以反映位置的改变。电位计有3个接线端子,分别是参考端子、信号端子和接地端子,如图1-14所示。电流从参考端子流到接地端子,从而产生一个电压降。信号端子可以在变阻器上滑动,从而产生电压的变化。



图 1-13 连续可变电阻的电路符号

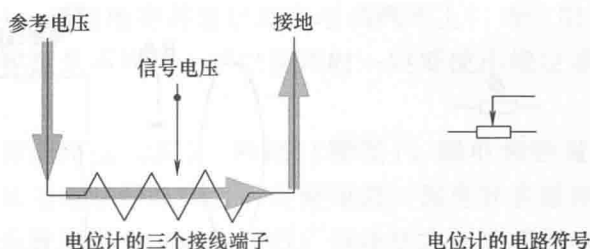
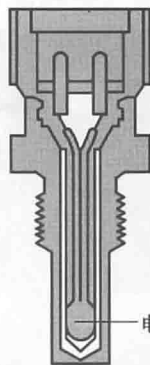


图 1-14 电位计原理图和电路符号

汽车上有很多部件实际上就是一个电位计,比如节气门位置传感器,就是通过电位计将节气门位置的变化转换成电压信号的变化。另外,像空调调整开关、电动座椅位置传感器等检测位置变化的部件几乎都可以利用电位计原理来设计。

(3) 热敏电阻 热敏电阻是另一种形式的可变电阻器,如图1-15所示。其阻值随着温度的变化而变化,所以,可以用热敏电阻将温度的变化转换成电压信号的变化,从而对温度进行感测。冷却液温度传感器、自动空调的温度传感器等就是典型的热敏电阻。热敏电阻按照温度系数的不同可分为正温度系数热敏电阻器(PTC)和负温度系数热敏电阻器(NTC)两种。正温度系数热敏电阻器(PTC)的电阻值随着温度的升高而增大,负温度系数热敏电阻器(NTC)的电阻值随着温度的升高而降低。



热敏电阻的电路符号

图 1-15 热敏电阻的结构和电路符号

(4) 光敏电阻 光敏电阻也是一种可变电阻器,如图1-16所示,它的阻值随光照强度的变化而变化,光照强度越大,其阻值越小,光照强度越小,阻值越大。光敏电阻器的这种特性可用于前照灯自动开灯系统,如图1-17所示。一个光敏电阻器和前照灯继电器连接在一个电路中。通常状态下,光照比较充足,光敏电阻器的阻值很小,就会有足够大的电流通过继电器,继电器控制电路断开前照灯电路,前照灯处在关闭状态。当汽车处在黑暗中时,光敏电阻器电阻变大,使通过继电器的电流变小直至接近断电,继电器触点离开原位置而与另一触点闭合,接通前照灯电路,于是前照灯点亮。

1.4.2 电容器

简单地讲,电容器就是容纳电荷的容器,是由两块彼此绝缘、相互靠近的导体构成的。电容是描述电容器容纳电荷能力的物理量,在电路中一般用字母 C 表示,其大小由电容器自身决定,取决于两导体的形状、相对位置及两导体间的电介质这三个因素。电容的单位是法拉(F)。在实际应用中,电容器的电容量往往比1F小得多,常用较小的单位如微法(μF)、皮法(pF)等表示,1微法等于百万分之一法拉,1皮法等于百万分之一微法。电

容器按结构可分为固定电容器、半可变电容器、可变电容器三种。常用的电容器按其介质材料可分为电解电容器、云母电容器、瓷片电容器、玻璃电容器等（图 1-18）。电容器在电路中的作用主要是用于调谐、滤波、耦合、旁路、能量转换和延时等。

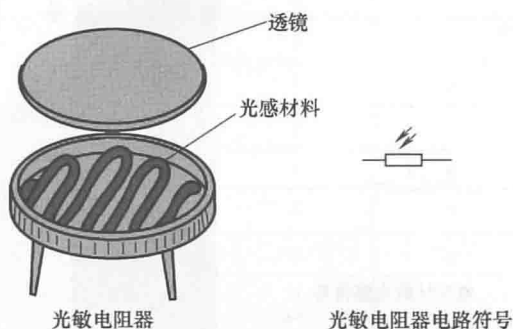


图 1-16 光敏电阻器及其电路符号

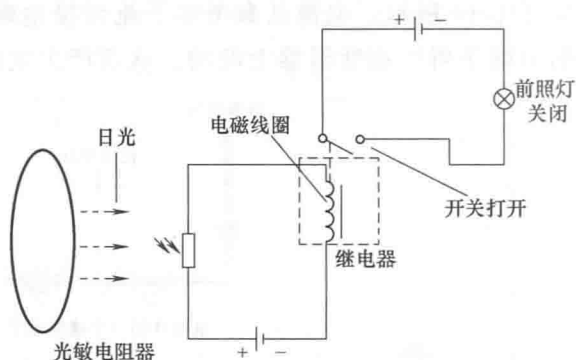


图 1-17 前照灯自动开灯系统

在电容两端加上电压以后，两侧的金属极板上会聚集起等量的正、负电荷，在介质中建立起电场并储存有电场能量，如图 1-19 所示。电压越高聚集的电荷越多，产生的电场就越强，储存的电场能量就越多。

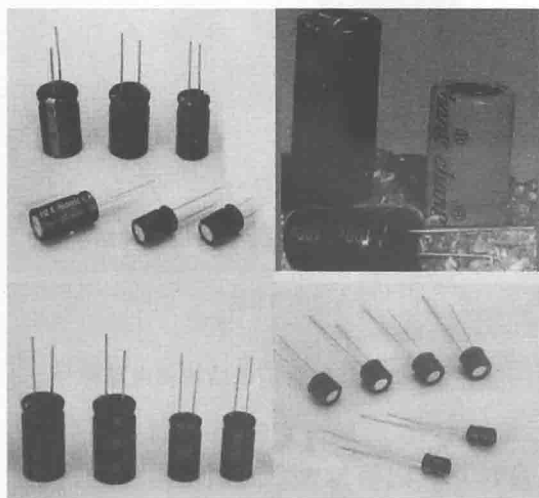


图 1-18 常见的电容器

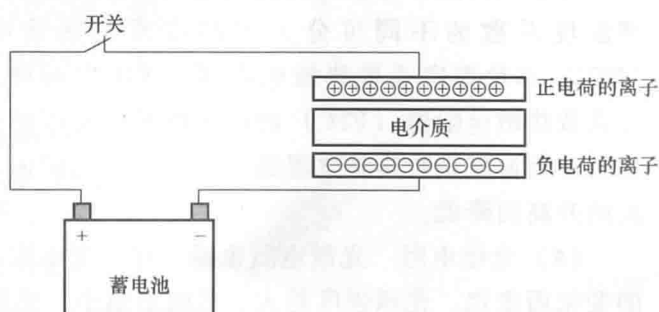


图 1-19 电容器示意图

电容器是一种抵抗电压变化的元件，可以吸收危险的电压峰值。如图 1-20 所示，将蓄电池与电容器相连，则电流从蓄电池流到极板对电容器进行充电。直到极板之间的电压与蓄电池电压相等时，充电结束。在两个极板间形成回路之前，电路将保持充满电的状态。如果用一个电压表接到电容上形成回路，那么电容器就开始放电，放电电压与蓄电池的充电电压相同。汽车上使用

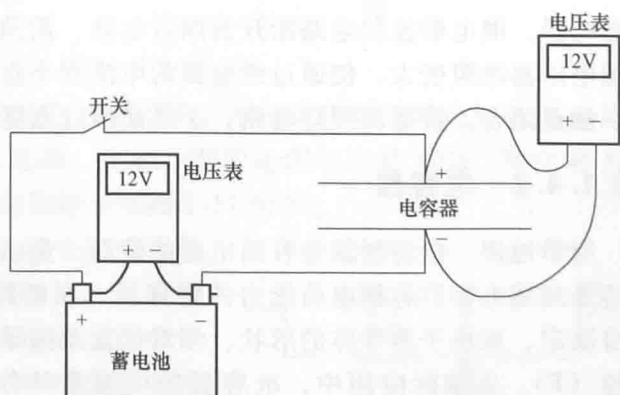


图 1-20 电容器放电电压和充电电压相同