



高职高专“十二五”规划教材·汽车类  
示范性院校课程改革项目成果

# 汽车电气 设备检修

主编 张俊停  
主审 邵茜





高职高专“十二五”规划教材·汽车类  
示范性院校课程改革项目成果

# 汽车电气设备检修

主 编 张俊停  
副主编 王 浩 周李洪 王顺利  
          张新文 杨 涛 何国红  
参 编 张晓玉 桂 林 李任龙 郝 亮  
主 审 邵 茜

## 内容提要

本书根据教育部对高职高专汽车运用与维修专业领域技能型人才培养目标的要求编写,共包括六个学习情境:汽车电气基础、汽车电源系统检修、汽车启动系统检修、汽车点火系统检修、汽车仪表与报警系统检修、汽车电路图识读。

本书适合作为高等职业技术教育汽车运用与维修、汽车检测与维修等相关专业的教材,也可作为成人高等教育、汽车技术培训等相关课程的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备检修/张俊停主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5661-0212-6

I. 汽… II. 张… III. 汽车-电气设备-车辆修理-高等职业教育-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 164957 号

---

出版发行:哈尔滨工程大学出版社

社 址:哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮 编:150001

发行电话:0451-82519328

传 真:0451-82519699

经 销:新华书店

印 刷:北京紫瑞利印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18.5

字 数:496 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版

印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

定 价:37.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书责编联系。邮箱:jixie\_book@sina.com

---

# 总序

课程建设与改革是提高教学质量的核心，也是教学改革的重点和难点。为贯彻教育部教学改革的重要精神，同时为配合高等职业院校课程改革和教材建设，更好地为职业院校深化改革服务，我们结合学院实际情况，对汽车专业的课程体系和教学模式进行了探索性的改革。经过两年多的课改实践，学生在顶岗实习以及就业后的工作中上手快，技术水平提升迅速，受到了企业的欢迎和认可。

基于此，我们与哈尔滨工程大学出版社合作，按照课改成果，重新组织整理编写了《高职高专“十二五”规划教材·汽车类示范性院校课程改革项目成果》系列教材，其中包括职业技术基础课程教材《汽车应用材料》、《汽车机械基础》，职业核心课程教材《汽车发动机机械系统检修》、《汽车发动机电控技术》、《汽车电气设备检修》、《汽车舒适与安全系统检修》、《汽车传动系检修》、《汽车行驶、转向与制动系检修》以及职业拓展课程教材《汽车合理使用与性能检测》、《汽车保险与理赔》、《二手车鉴定与评估》、《汽车维修业务管理》、《汽车专业英语》等。本套教材主要适用于汽车运用技术专业及汽车类相关专业，整套教材以学习性工作任务组织教学内容，采用理论与实践一体化的教学模式和授课方式。

## 一、教学内容的选取和组织

根据汽车维修企业作业项目和作业量的调查，选取作业面较大的维护内容和检测维修项目，并考虑到学生的今后发展，遵循教学规律，考虑实训条件，适度、适量地选取和组织理论与实训教学内容。突出学习内容的实用性，将学习内容与企业维修项目紧密结合，使学生学到的知识和技能能满足企业维修岗位的要求。

## 二、教材编写特点

1. 本套教材及时跟踪、反映汽车最新的技术和结构，体现教学内容的先进性和前瞻性，如发动机可变正时系统、无极自动变速器、电控动力转向、电控悬架系统、车载网络等，这些新技术、新结构在本套教材中都有体现。

2. 本套教材理论部分的编写本着必需、够用的原则，且理论和实践都从提高学生的实际动手能力、分析问题和解决问题能力入手，体现能力本位的原则。

3. 本套教材的职业核心课程以学习情境组织教学内容，每个学习情境设有若干个学习和工作任务，以任务为导向，以项目为载体，理论知识部分围绕任务的需要进行组织和编写，并针对维修企业岗位要求进行适当的拓展和延伸；实训内容则采用系列照片组附加文字的方式对操作步骤进行表达，对维修作业中的注意事项标注说明。教材注重培养学生的综合素质和职业能力，充分体现了职业教育的特点。

## 三、教学组织要求

本套教材的核心课程在教学实施中应采用工作过程系统化的教学形式，配合教材编写学习工作页，让学生在明确任务、获取知识、制定计划、实施计划、评价反馈的整个学习过程中，完成对理论知识的获取和操作技能的掌握。建议教学中采用四节课连上的授课形式，将学生分成六组，注意对学生的合理分工组织、工具的管理和发放、教学设施中的环境控制等。

本套教材在编写过程中进行了广泛的调研，在制定编写提纲的过程中广泛听取了企业人员和在校师生的建议，在编写过程中得到了学院领导和有关教师的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

系列教材编委会

# 前 言

随着我国汽车产量和保有量的迅速增长，汽车的保养和维修量大幅增加。我们根据对汽车维修企业在维修作业中汽车电气部分维修作业内容和作业量的调查，参考相关的教材和维修资料，编写了本教材。本教材内容的选取更有针对性，更贴合企业维修作业内容，同时在内容编排上采取有利于开展项目化教学和导向性教学模式的独特形式。教材每个任务按任务介绍、任务分析、相关知识、任务实施、能力拓展和思考与练习六个部分编写，保证了学习内容的连贯性，理论知识、实践技能与实际应用环境紧密结合在一起，方便学生学习，突出对学生动手操作能力的培养，让学生在设定的工作环境下主动学习，自主完成实际操作过程，使教师的“教”转变为引导学生自主性学习，有利于帮助学生提高分析问题的能力和动手操作能力。

在编写过程中，编者充分考虑高职高专是以培养技术应用型专门人才为根本任务，以适应社会需要为目标，在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养，突出针对性和实用性，强化实践教学，并结合高职高专学生的思维特点，大量采用图解的形式将复杂的内容简单化，并通过拆分知识点，使之通俗易懂，充分体现了一体化教材的特点。

本书由河南交通职业技术学院张俊停担任主编，河南工业职业技术学院王浩、湖南机电职业技术学院周李洪、河南交通职业技术学院王顺利、张新文、杨涛、何国红担任副主编，河南交通职业技术学院邵茜担任主审。参与本书编写的还有河南交通职业技术学院张晓玉、河南工业职业技术学院桂林和四川交通职业技术学院李任龙、郝亮。

全书编写分工如下：张俊停编写学习情境四的任务一，王顺利编写学习情境一的任务一，周李洪编写学习情境一的任务二，张新文编写学习情境二的任务一和任务二，桂林编写学习情境二的任务三，杨涛编写学习情境三的任务一，王浩编写学习情境三的任务二和学习情境四的任务二，李任龙和郝亮共同编写学习情境四的任务三，何国红编写学习情境五，张晓玉编写学习情境六。对于合作者的辛勤工作，在此表示感谢。

本书在编写过程中还参考了许多公开出版和发表的文献，在此对文献的作者们一并致谢！

由于编者水平和经验有限，教材难免存在不妥或疏漏之处，希望选用本教材的各教学单位及时提出修改意见和建议，以便再版时修订。

编 者

# 目 录

<b>学习情境一 汽车电气基础</b> .....	1
任务一 汽车专用万用表的使用 .....	3
任务二 汽车解码器的使用 .....	43
<b>学习情境二 汽车电源系统检修</b> .....	55
任务一 蓄电池的使用与维护 .....	56
任务二 汽车交流发电机检测 .....	73
任务三 汽车电源系统电路检测 .....	91
<b>学习情境三 汽车启动系统检修</b> .....	112
任务一 启动机的拆装及主要部件检测 .....	113
任务二 汽车启动系统电路检测 .....	138
<b>学习情境四 汽车点火系统检修</b> .....	147
任务一 传统点火系统检修 .....	149
任务二 电子点火系统检修 .....	183
任务三 微型计算机控制点火系统检修 .....	207
<b>学习情境五 汽车仪表与报警系统检修</b> .....	223
任务一 常规仪表系统检修 .....	223
任务二 仪表报警装置检修 .....	235
任务三 电子仪表系统检修 .....	244
<b>学习情境六 汽车电路图识读</b> .....	258
任务一 大众系列汽车电路图识读 .....	260
任务二 丰田系列汽车电路图识读 .....	278
<b>参考文献</b> .....	290

# 汽车电气基础

## 情境引入

汽车诞生一百多年来，其发展给整个世界和人类的生活带来了巨大的变化，汽车技术也取得了令人瞩目的进步。汽车电气设备是汽车的重要组成部分，随着汽车技术的进步，汽车电气设备的结构与性能也在不断进步，特别是电子技术在汽车上的广泛应用，在解决汽车节能降耗、行车安全、减少排放污染等方面起着越来越重要的作用。

### 一、汽车电气技术的发展概况

汽车电气技术的发展经历了以下四个阶段。

第一阶段从 20 世纪 50 年代初到 70 年代初，主要是开发由分立元件和集成电路组成的汽车电气产品，应用电子装置代替传统的机械部件，如集成电路调节器、电子点火器等。

第二阶段从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代中期，主要是发展专用的独立系统，电气装置被应用在某些机械装置所无法解决的复杂控制功能方面，如电子控制汽油喷射系统、制动防抱死系统等。

第三阶段从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期，汽车电子技术的雏形开始形成。其主要特征是在汽车大部件乃至总成的设计和生产中重视“机电一体化”的思想与技术，广泛采用机电一体化装置解决机械部件所无法解决的复杂自动控制问题，如动力总成的电子控制等。主要是开发可完成各种功能的综合系统及各种车辆整体系统的微机控制，汽车上的电气装置不仅已能自动承担基本控制任务，而且还能处理外部和内部的各种信息，如集发动机控制与自动变速器控制为一体的动力传动控制系统、制动防抱死与防滑转控制系统等。

第四阶段从 20 世纪 90 年代中期开始至今，“汽车电子”作为工程技术已经成熟，将积累形成汽车电子技术群，并导致“汽车电子学”这门机电一体化、多学科综合、特色鲜明的新兴学科的诞生。在这一时期，汽车的总体设计在考虑整车机电系统协调匹配的基础上进行，强调汽车整体设计的机电一体化，并重视总体、系统，设计者将不再采用“机械功能替代”或“增添”式的设计思想和方法。同时，汽车电子技术发展的重点也将由解决汽车部件或总成的自动控制问题开始向广泛应用计算机网络与信息技术转移，使汽车更加自动化、智能化，并向解决汽车与社会联结等问题转移。

由于汽车电气技术的发展，汽车不仅在安全性、舒适性上得到极大改善，而且增加了自动诊断、自动驾驶、自动寻迹导航等人性化控制技术，从而树立了新的里程碑——智能汽车。可



以肯定,随着科技的发展,智能汽车拟人的思维和行为会越来越多,汽车电气系统会越来越复杂。

## 二、汽车电气、电子设备的特点

当今时代电子技术正以惊人的速度飞速发展,并广泛应用于汽车。汽车电子技术的发展,按其电子装置的使用特征经历了初始阶段、成长阶段,现已进入全面发展阶段。当代汽车电气、电子设备的特点,主要体现在功能集约化(组化)、控制电子化和连接标准化三个方面。

### 1. 低压

汽车电系的额定电压有12V、24V两种,汽油车普遍采用12V电系,而重型柴油车则多采用24V电系。

### 2. 直流

尽管汽车采用交流发电机作为并联电源之一,但汽车的所有用电设备使用的都是直流电,即汽车电系是一种直流电系。

### 3. 单线制并联

单线制是指从电源到用电设备只有一根导线连接,而用汽车底盘、车架和发动机等金属机体作为另一公用导线。单线制节省导线线路清晰,安装和检修方便,且电器也不需要与车体绝缘,所以汽车均采用单线制。但是,由于汽车电脑(芯片)的引入,控制功能越来越多,它已在向总线制过渡。现代汽车上电子控制单元(ECU)之间均采用了总线控制,即一条线(数据线)上传输多路信号。

### 4. 负极搭铁

采用单线制时,蓄电池的负极接车架就称为“负极搭铁”;反之,则称为“正极搭铁”。按照国家标准,我国的汽车电系采用负极搭铁。

### 5. 电路保护装置多样化

原则上,汽车所用电器均为低压大电流器件,所以汽车电路保护器件必不可少。除了熔断器、断路器外,还有易熔线。当代汽车上有许多地方配置易熔导线(不是熔断器)以保护线束,而不是保护某个特定的电器。它与熔断器的不同之处在于其熔断反应较慢,而且是导线形式。由于某种原因导致其保护性熔断后,不能像熔断丝那样容易被发现,有些甚至在线束内,因此在分析故障时要加倍注意。

这些都是一般的特点,汽车电系最大特点还是由汽车类型及配置所决定的。即使是同一厂家的同一型号,也会由于出厂年度甚至月份的不同而有某些差别。

## 情境内容

1. 汽车常见电气元件检测。
2. 万用表的使用方法。
3. 解码器的使用方法。





## 任务一 汽车专用万用表的使用



### 任务介绍

万用表是比较实用又简单易学的检测工具。万用表在汽车电气设备检修过程中,使用频率相当高。汽车专用万用表是在普通万用表的基础上开发出来的专用设备。汽车专用万用表可以分为指针式万用表和数字式万用表。数字式万用表以其优良性能、低廉的价格而迅速流行起来。万用表是一种多功能、多量程的便携式电工仪表,一般的万用表可以测量直流电流、交直流电压和电阻,有些万用表还可测量电容、功率、晶体管共射极直流放大系数等。例如,MF47型万用表具有26个基本量程和电平、电容、电感、晶体管直流参数等7个附加参考量程,是一种量程多、分挡细、灵敏度高、体形轻巧、性能稳定、过载保护可靠、读数清晰、使用方便的新型万用表。

因此,汽车万用表的使用这一任务在这门课程中具有十分重要的地位,通过对本任务的学习,掌握汽车万用表的作用、结构、使用等相关知识,进而学会使用万用表检修汽车电气设备。

### 案例

**故障现象:**一辆大众捷达轿车,当怀疑它的发电机不发电时,可以不拆卸发电机,使用万用表在车上对其检测,概略判断是否有故障。

**故障检查和分析:**将万用表旋钮旋至直流电压30V挡(或用一般的直流电压表适当挡),将红表笔接发电机“电枢”接柱,黑表笔接外壳,让发动机在中速以上运转,12V电气系统的电压标准值应在14V左右,24V电气系统的电压标准值应在28V左右。若测得的电压为蓄电池电压,则表明发电机不发电。

**故障排除:**对发电机进行维修或更换后故障被排除。



### 任务分析

本任务的学习内容包括常见汽车电气元件介绍与万用表基本使用方法。

学习完本任务后应能够掌握:

1. 汽车常见电气元件的检测方法。
2. 万用表的基本使用方法。



### 相关知识

当代汽车上装有大量元器件,而基本元器件大致可分为电路元件、半导体器件、印刷电路板三大类。电路元件有电阻器、电容器、电感元件;半导体器件包括晶体管(晶体二极管和晶体三极管)、可控硅和集成电路等。



电路中电阻、电容和电感元件对交流、直流电所具有的特性是不同的。纯电阻、纯电容、纯电感性的电路很少，一般的电路中可能包含有电阻、电容和电感这三种元件，但是在电路的某一段或某一个电路负载可能是一种或两种元件的作用，而其余元件可以忽略不计。例如，灯泡的灯丝、电阻器等主要表现为电阻特性，相比之下，其电容性和电感性完全可以忽略不计，我们可以把它们看成是纯电阻元件；电容器呈电容特性，是电容元件；匝数较少的电感线圈则看成是纯电感元件。点火线圈在电流变化中主要表现为电感性，同时也表现为电阻性。因此，在作电路分析时，其电感和电阻参数都应考虑。

### 1. 电阻器

电阻器通常称为电阻，是利用金属或非金属材料制成且便于安装的电路元件，是汽车电气、电子设备中用得最多的基本元件之一。几乎在所有电路中，为了有效控制电压和电流，或用于消耗电能的负载，都要使用电阻。

#### 1) 电阻的基本特性

电阻对电路中的电流具有阻碍作用，是耗能元件。

(1) 电阻可起到降压作用 电流流经电阻时具有电压降。对于一个定值的线性电阻来说，电阻  $R$  上的电压降  $U$  与流过电阻的电流  $I$  成正比，即：

$$U=RI$$

(2) 电阻消耗电能并产生热量 通电时电阻会将电能转换成热能，产生的热量  $Q$  不仅与电阻有关，还与通电电流  $I$  的大小和通电时间  $t$  有关，可表示为：

$$Q=0.24I^2Rt$$

#### 2) 电阻的类型

按照电阻在电路中的功能不同，电阻大致可归纳为降低电压、分配电压、限制电流、向各种电子电路元器件提供必要的工作条件（如电压、电流）等类型；按照电阻变化原理不同，电阻可分为固定电阻、分级电阻和可变电阻三种类型。

(1) 固定电阻 固定电阻是目前电路中最常用的一种电阻，据材料和工艺的不同，可分为碳膜电阻（RT）、金属膜电阻（RJ）、线绕电阻（RX）、热敏电阻（RR）等不同类型，如图 1-1-1 所示；按电阻值的精度分，有精度为  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$  等的普通电阻，还有精度为  $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$  和  $\pm 2\%$  的精密电阻；按功率分，有  $\frac{1}{16}W$ 、 $\frac{1}{8}W$ 、 $\frac{1}{4}W$ 、 $\frac{1}{2}W$ 、 $1W$ 、 $2W$  等额定功率的电阻。

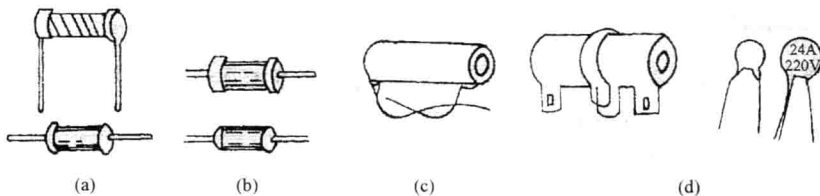


图 1-1-1 常用的固定电阻

提示：汽车点火线圈的附加电阻的功率为数十瓦，控制组件电阻的功率为  $\frac{1}{8}W$ 、 $\frac{1}{4}W$  等。普通电路采用的是合成电阻、碳膜电阻；对可靠性要求高的部件要用金属膜电阻。

电阻型号命名方法参照 GB/T 2471—1995（表 1-1-1）。



表 1-1-1 电阻型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：类别			第四部分：序号
符合	意义	符号	意义	符号	电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实心	3	超高频		
		N	无机实心	4	高阻		
		J	金属膜	5	高温		
		Y	氧化膜	6			
		C	沉积膜	7	精密	精密	对主称、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有区别，但基本不影响互换使用的产品，给同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号
		I	玻璃釉膜	8	高压	特殊函数	
		P	硼酸膜	9	特殊	特殊	
		U	硅酸膜	C	高功率		
		X	线绕	T	可调		
		M	压敏	W		微调	
		C	光敏	D		多圈	
		R	热敏	B	温度补偿用		
				C	温度测量用		
				P	旁热式		
				W	稳压式		
				Z	正温度系数		

图 1-1-2 所示为电阻型号标称实例。

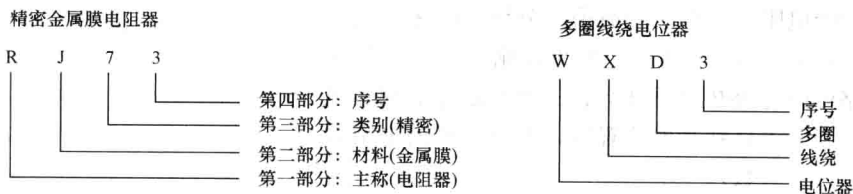


图 1-1-2 电阻型号标称实例

小功率碳膜和金属膜电阻，一般都将不同颜色的色环涂在电阻上来表示电阻值及允许误差，各种颜色所对应的数值见表 1-1-2。固定电阻色环标志读数识别规则如图 1-1-3 所示。



表 1-1-2 电阻色环符号意义

颜色	有效数字第一位数	有效数字第二位数	倍乘数	允许误差/(%)
棕	1	1	$10^1$	$\pm 1$
红	2	2	$10^2$	
橙	3	3	$10^3$	
黄	4	4	$10^4$	
绿	5	5	$10^5$	$\pm 0.5$
蓝	6	6	$10^6$	$\pm 0.2$
紫	7	7	$10^7$	$\pm 0.1$
灰	8	8	$10^8$	
白	9	9	$10^9$	
黑	0	0	$10^0$	
金			$10^{-1}$	$\pm 5$
银			$10^{-2}$	$\pm 10$
无色				$\pm 20$

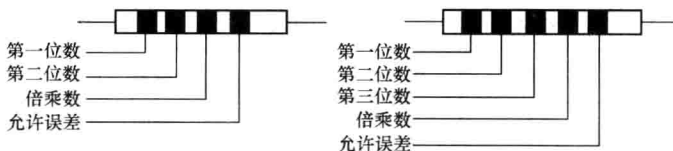


图 1-1-3 固定电阻色环标志读数识别规则

例如：电阻色环为棕绿红金。第一位为 1；第二位为 5；第三位为 100；第四位为误差  $\pm 5\%$ ，即阻值为： $15 \times 100 = 1\,500 (\Omega) = 1.5 (\text{k}\Omega)$ ，允许误差是  $\pm 5\%$ 。精确度更高的“五色环”电阻，如电阻色环为黄紫红橙棕。前三位数字是 472；第四位表示  $10^3$ ，即 1000，阻值为  $472 \times 1000 = 472\,000 (\Omega) = 472 (\text{k}\Omega)$ ，允许误差是  $\pm 1\%$ 。

(2) 分级电阻 汽车上一般采用分级电阻来控制鼓风机的转速，如图 1-1-4 所示。如果风扇开关置于低速位置，电路中的电流必须通过所有三个电阻才能到达风扇电动机。当开关移到其他位置时，电流流经的电阻数目将减少（少于总数）。

图 1-1-4 中，当开关置于最低位置时，总电阻为  $30\Omega$ ；当开关置于中间位置时，阻值为  $20\Omega$ ；当开关置于中高位置，阻值为  $10\Omega$ ；当开关置于最高位置时，阻值为  $0$ 。

检测分级电阻最好的方法就是将电阻元件从电路中取出检测，然后将所测结果与说明书上的电阻值相比较。

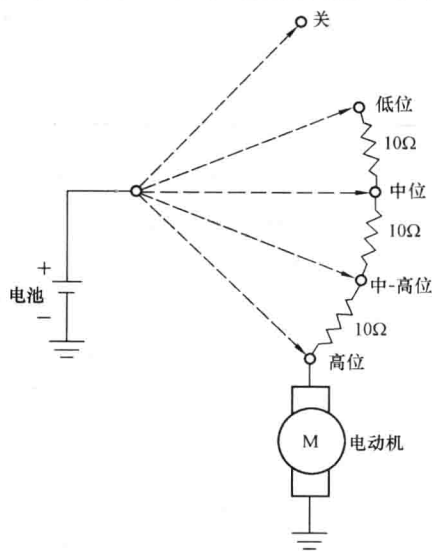


图 1-1-4 分级电阻



(3) 可变电阻 可变电阻即其电阻值可以变化，常见可变电阻如图 1-1-5 所示。常用可变电阻有变阻器、电位计和热敏电阻器三种。

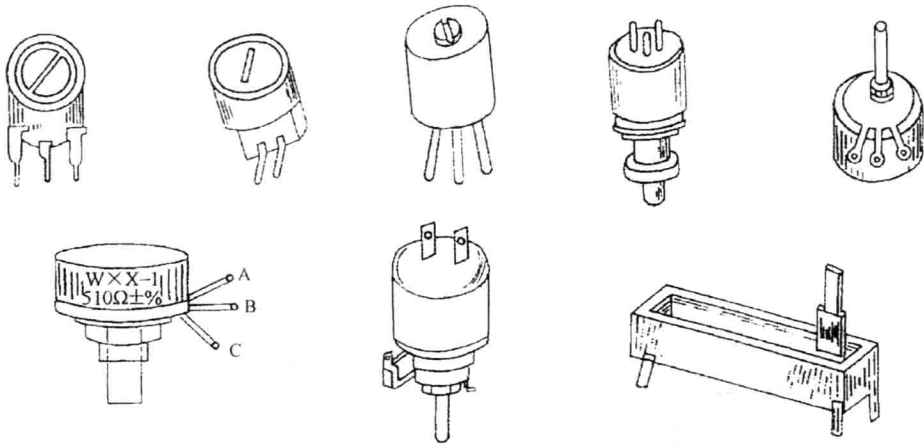


图 1-1-5 常见可变电阻

①变阻器。如图 1-1-6 所示，变阻器的一个接线端接在电阻的固定端上，另一端接在滑动触头的可移动的接触器上。汽车上最常见的变阻器是前照灯开关，改变电阻器上滑动触头的位置，阻值会增加（阻值增加，电流减少，灯变暗）或减小（阻值减小，电流增加，灯变亮），如图 1-1-7 所示。

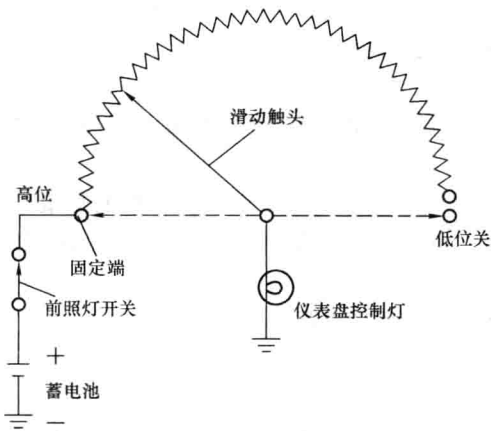


图 1-1-6 变阻器控制仪表灯亮度的原理

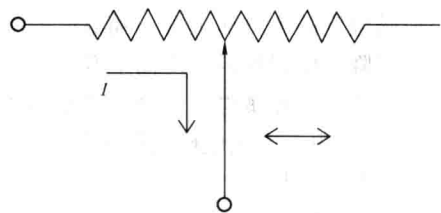


图 1-1-7 可变电阻器的接线图

②电位计。电位计又称为分压器。电位计有三个接线端子（或三根引线）：电阻的一个固定端接电源，第二个接线端接地，第三个接线端接滑动触头，如图 1-1-8 所示，从滑动触头引线端引出分配电压。

当滑动触头在电阻器上滑动时，就会产生可变的电压降。因为电流总是流经电阻的固定部分，所以电位计分得的电压非常固定。正因为如此，电位计可作为车辆计算机系统的输入传感器，如节气门位置传感器、空调调温门位置传感器、空调模式门位置传感器等。图 1-1-9 所示为空调调温门位置传感器示意图。

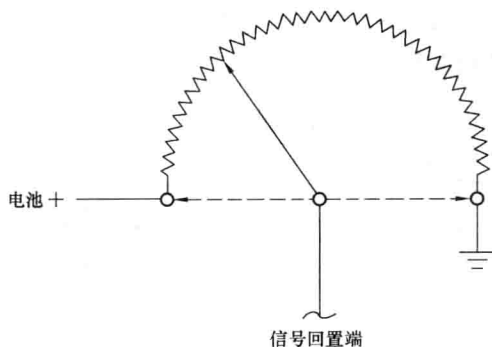


图 1-1-8 典型的三线电位计

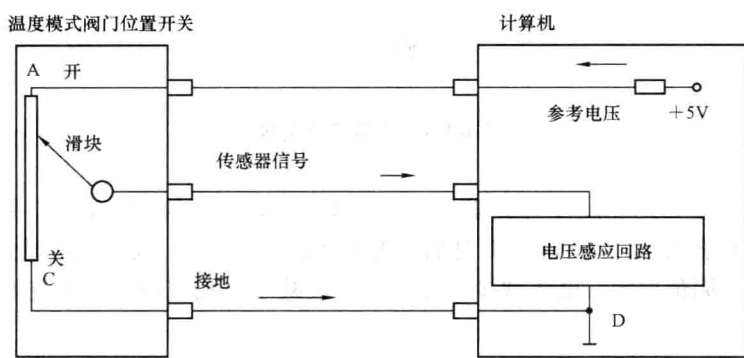


图 1-1-9 空调调温门位置传感器 (电位计式)

③热敏电阻器。热敏电阻器的电阻值随温度成比例地改变，常用于测量发动机冷却液的温度、空气温度、机油温度、变速器油温度等。

热敏电阻分为正温度系数的热敏电阻和负温度系数的热敏电阻。正温度系数的热敏电阻，其阻值随温度的上升而上升，随温度的下降而下降；负温度系数的热敏电阻，其阻值随温度的上升而下降，随温度的下降而上升。

除此之外，光敏电阻也会随光线的明亮而变化，也为可变电阻。

### 3) 汽车电气常用电阻特性示例

#### (1) 电阻发热

①点火线圈电流过大而产生温升：点火线圈具有一定的电阻值，因此在工作时，电流流过点火线圈会产生热量而使其温度上升。如果因电源电压过高（充电系统故障）或线路接错（未接入点火线圈附加电阻），就会因点火线圈初级绕组流过的电流过大，产生的热量过多而来不及散去，使点火线圈的温度过高，易烧坏点火线圈，甚至产生爆炸事故（湿式点火线圈）。

②接触不良造成温升：电流经过接触电阻所产生的热量，会使该接触不良处温度升高。因此，对于像启动电路、充电电路这样一些通过电流比较大的线路连接处，可以用手摸连接处是否有异常的高温，来判断该处是否接触不良。

(2) 电压降 接触不良造成电压降：点火开关、线路连接端子及蓄电池导线接头等接触不良，就会具有一定的接触电阻，相当于串联了一个电阻器。接触电阻产生的电压降会使用电设备的电压降低，电流减小，造成用电设备工作不正常或不能工作。



## 2. 电容器

电容器通常也叫电容，具有调谐、耦合、滤波、去耦、通交流隔直流等功用。电容器是各种电路中的主要元件之一，其外形如图 1-1-10 所示，几乎每种汽车电子电路都离不开电容器。

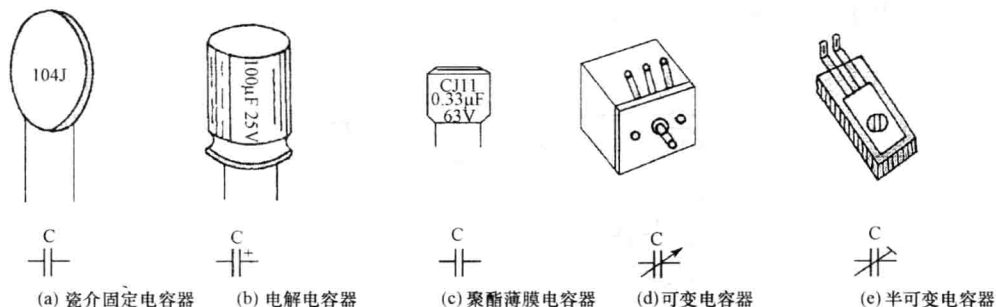


图 1-1-10 电容器形状及图形符号

(1) 电容的基本特性 电容常用它们的最大额定电压和电容值来标示。标准电容量单位是 F (法拉)。一般车电容容量的级别为百万分之一法拉，单位是  $\mu\text{F}$  (微法)。电容器上一般标有其容量值。

电容是直流电压的储存元器件，常用来吸收电路中的电压变化，控制电压的峰值。大多数电容器并联在电路中，如图 1-1-11 所示。

当充上电时，电容的一块极板上质子数多于电子数而带正电，另一块上电子数多于质子数而带负电，如图 1-1-12 所示。两极板间的绝缘体是由塑料、玻璃、陶瓷或低等绝缘介质材料制成。

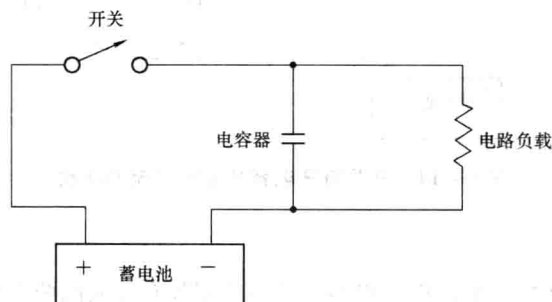


图 1-1-11 简单的电容电路

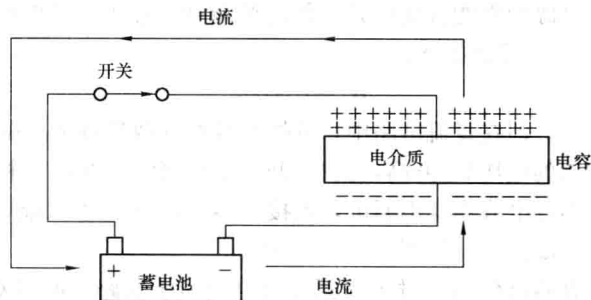


图 1-1-12 电容电子的流动



电容基于异种电荷互相吸引、极性相反的两点间存在电压降的基本原理而工作。在图 1-1-13 中，当系统开关闭合时，电流流进电容充电后，蓄电池两端的电压相等。电子从负极板流出流向正极板，便在负载电路中产生电流，电子实际上并没有通过电容两块带异电荷极板间的静电场，仅以静电的形式驻存在极板上。

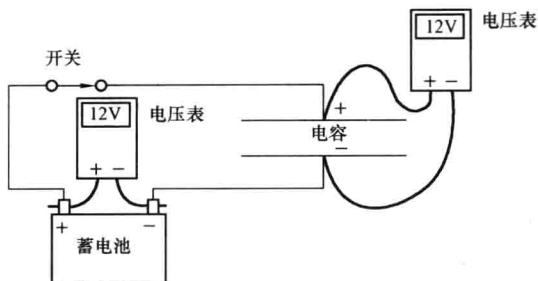


图 1-1-13 充满电的电容

当直流电路开关断开后，电容从负极板表面释放电子，流经有阻抗的负载，到达电容器正极板，并一直达到正负中和状态，如图 1-1-14 所示。

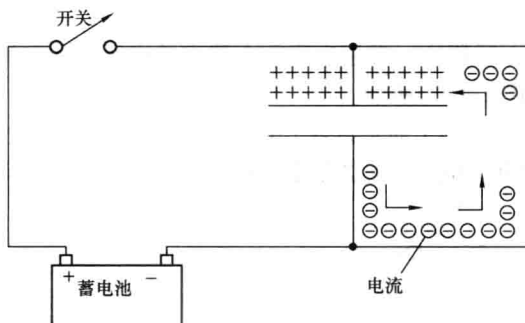


图 1-1-14 开关断开电容放电时电流的流动

电容的基本特性如下：

①电容具有储存电场能量的功能。电容器是由中间隔有介质的两个电极构成，可以储存电场能量，电容元件本身不消耗能量。

当电流对电容充电时，在电容两个电极上集聚起电荷，使电极之间形成一个电场。对电容的充电过程就是电容将电源的电能转变成其内部电场能量的过程，其电场能量  $W_c$  大小与电容量  $C$  和电容两端的电压  $U$  的关系如下：

$$W_c = CU^2 / 2$$

②电容是直流电断路。即在直流电路中，可把电容器看做是断路。在直流电路中，直流电源对电容的充电使其两端的电压  $U_c$  升高，当  $U_c$  升高至与电源端电压  $U$  相等时，充电电流  $I_c$  降至零。此后，只要电容不放电或本身不漏电，连接电容的电路就不可能有电流通过了。因此，电容对直流电可以看成是断路的，如图 1-1-15 所示。

③电容对交流电具有容抗作用，对于高频交流电相当于通路。电容对交流电的容抗  $X_c$  大小与交流电的频率  $f$  有如下关系：

$$X_c = \pi fc / 2$$

即电容量越大，对交流电的阻碍作用就越小；交流电的频率  $f$  越大，电容的容抗越小，对





于高频交流电,电容的容抗很小,可以忽略。也就是说,电容对高频交流电是通路的。

④电容两端的电压不能突变。当电路中有瞬变的电压产生时,瞬变电压对电容形成充电电流,使电容两端的电压上升有一个过程。电压上升的速率与电容量的大小及所形成的充电电流大小(取决于充电回路的电阻)有关。电容量越大,电压上升就越慢,上升后的电压也越低。

(2) 电容的主要种类和特点 电容也有固定电容和可调电容之分。按电容器的介质材料分,有瓷介、纸介、云母、涤纶、独石、铝电解、钽电解等类型。

①纸介电容。用纸作为介质,其温度系数大、稳定性差、损耗大,有较大的固有电感,只适合于要求不高的低频电路。

②金属化纸介电容。结构和性能与纸介电容相近,但体积和损耗较后者小,内部纸介质击穿后有自愈作用。

③有机薄膜介质电容。这种电容包括极性介质和非极性介质两类。极性介质电容耐热和耐压性能好,常用的极性介质电容有涤纶电容(耐热性能好,但损耗较大,不宜用于高频)和聚碳酸酯电容(性能优于涤纶电容);非极性介质电容器损耗小,绝缘电阻高,广泛用于高频电路和对容量要求精密、稳定的电路中,常用的非极性电容有聚苯乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯等。

④瓷介电容。其介质材料为电容陶瓷。其中高频瓷介电容损耗小、稳定性好,可在高温下使用。低频瓷介电容损耗大、稳定性差,但容量易做得较大。独石电容是一种多层结构的陶瓷电容,具有体积小、容量大(低频独石电容可达 $0.45\text{F}$ )、耐高温和性能稳定等特点。

⑤云母电容。以云母作为介质的云母电容具有很高的绝缘性能,即使在高频时使用亦只有很小的介质损耗。因其固有电感很小,工作频率高,工作电压也高。

⑥电解电容。电解电容的介质为很薄的氧化膜,故容量可做得很大。由于氧化膜有单向导电性,电解电容一般有正、负极性,使用中要注意把正极接到电路中高电位的一端。电解电容的损耗大,性能受温度影响较大,漏电流随温度升高急剧增大。

电解电容的主要品种有铝电解电容、钽电解电容和铌电解电容。铝电解电容价格便宜,最大容量可达几法,但性能较差、寿命短。后两者性能优于铝电解电容器,但价格较贵。

电解电容的正、负极性不允许接错,当极性接反时,可能因电解液的反向极化引起电解电容的爆裂。当极性标记无法辨认时,可根据正向连接时漏电阻大、反向连接时漏电阻相对小的特点判断极性。交换表笔前后两次测量漏电阻,阻值大的一次,黑表笔接触的是正极,因为黑表笔与万用表内电池正极相接(采用数字万用表时,红表笔接电池正极板)。但用这种办法有时并不能明显地区分正、反向电阻,所以使用电解电容时,要注意保护极性标记。

### (3) 电容在汽车上的应用

①电容能吸收自感电动势:触点式点火系统分电器上的电容并联于断电器触点的两端,这是利用电容电压不能突变的特性来吸收点火线圈初级绕组的自感电势,以减小触点火花和提高次级电压。

②电容能吸收高频波:一些电子点火系统的点火线圈处接一个电容,用以吸收点火系统产生的高频振荡波,以减小对无线电的干扰。

③蓄电池的电压安全保护作用:蓄电池相当于一个大容量的电容,用它可以吸收电路中的

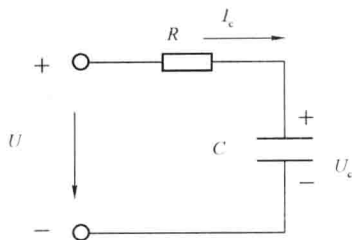


图 1-1-15 直流电路中的电容