



Qiche Diangong Dianzi Jishu



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育汽车类“十二五”规划教材

汽车电 工 电子技术

高丽洁 陈 红 李子云 ▲ 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



工学结合·基于工作过程导向的项目化教材
国家示范性高等职业教育汽车类“十二五”规划教材



机械制图

机械制图习题集

公差配合与技术测量

液压与气压传动

汽车构造

汽车机械基础

→ 汽车电工电子技术

汽车电气设备检修

汽车检测与诊断技术

汽车底盘构造与维修

汽车自动变速器原理与维修

汽车电子控制装置原理与维修

汽车底盘电控系统检修

汽车发动机构造与检修

汽车维护与保养

汽车文化

汽车专业外语

经济法

汽车营销

汽车保险

汽车消费心理学

汽车电子商务

汽车影音与导航

汽车商务谈判

汽车定损与保险理赔

旧机动车鉴定与评估

汽车市场调研与预测

汽车服务企业管理

汽车贸易实务

汽车材料与工艺

汽车性能检测与诊断

汽车车身冲压技术

汽车车身焊接技术

汽车车身涂装技术

汽车车身修复技术

汽车制造工艺

★ 注重**整体**策划

★ 贯穿**任务**实施

★ 结合**教学**改革

★ 培养**实用**技能

策划编辑 张毅

yi_zhang81@163.com

QQ交流群: 220456142

责任编辑 狄宝珠

封面设计 范翠璇

上架建议: 汽车

ISBN 978-7-5609-8028-7



9 787560 980287 >

定价: 30.00元

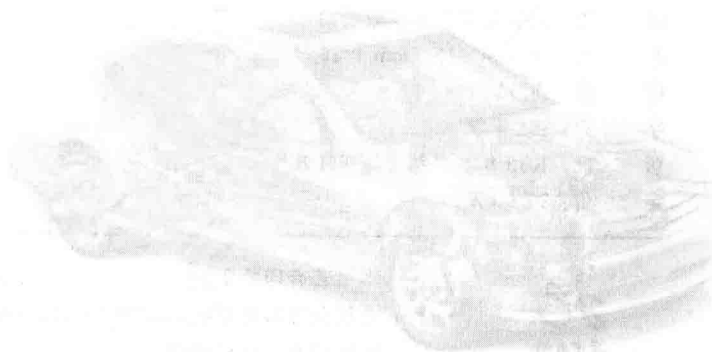


工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育汽车类“十二五”规划教材

汽车电工 电子技术

Qiche Diangong Dianzi Jishu

▲主 编 高丽洁 陈 红 李子云
▲副主编 符晓芬 涂志军 宋建平 姜 浩
▲参 编 张文品 李子路 田运芳



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书将基础理论和技能实训融为一体,强调实用性和操作性,按照任务驱动项目导向整合编排内容,同时引进汽车电工电子方面的新器件、新技术。在具体内容的安排上,推陈出新,行文由浅入深,通俗易懂。本教材将电工学、数字电子技术、模拟电子技术等课程的内容进行序化整合,形成汽车电工电子技术的课程体系。全书共有七个项目,包括汽车直流电路的分析、汽车电源电路的分析、汽车常用仪表的使用、汽车点火系统的变压原理、汽车用直流电动机与电气控制、晶体管在汽车电路中的应用和数字电路在汽车电路中的应用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术/高丽洁 陈 红 李子云主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.2
ISBN 978-7-5609-8028-7

I. 汽… II. ①高… ②陈… ③李… III. ①汽车-电工-高等职业教育-教材 ②汽车-电子技术-高等职业教育-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 108064 号

汽车电工电子技术

高丽洁 陈 红 李子云 主编

策划编辑:张 毅

责任编辑:狄宝珠

封面设计:范翠璇

责任校对:代晓莺

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉首壹印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.75

字 数:364 千字

版 次:2013 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:30.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究



编审委员会



主 任

李春明 长春汽车工业高等专科学校副校长
高职高专汽车类专业教学指导委员会委员

副主任 (按姓氏笔画)

牛宝林 芜湖职业技术学院机械工程系主任
高职高专汽车类专业教学指导委员会·汽车制造与装配技术专业分委员会委员

孙成刚 武汉软件工程职业学院汽车运用系主任
高职高专汽车类专业教学指导委员会·汽车制造与装配技术专业分委员会委员

孙志春 济宁职业技术学院副院长
高职高专汽车类专业教学指导委员会·汽车技术服务与营销专业分委员会委员

阳小良 湖南交通职业技术学院汽车工程系主任
高职高专汽车类专业教学指导委员会·汽车检测与维修技术专业分委员会委员

张红英 黄冈职业技术学院交通工程学院院长
高职高专汽车类专业教学指导委员会·汽车技术服务与营销专业分委员会委员

张红伟 广州科技贸易职业学院机电工程系主任
汽车专业带头人, 国家级教学名师

曾 鑫 黄冈职业技术学院交通工程学院副院长
高职高专汽车类专业教学指导委员会·汽车检测与维修技术专业分委员会委员

委 员 (按姓氏笔画)

马卫强	王凤军	王贵槐	王永伦	王德良	王青云	邓子祥	代 洪
白 晶	叶 波	孙泽涛	许小明	刘艳丰	刘凤波	刘小斌	刘伟涛
李洪涛	李国富	李洪亮	江振荣	向达兵	阳文辉	陈 红	陈 跃
张四军	张克明	张 英	张利军	张得仓	张 辉	吴如安	吴 浩
宋艳慧	金云龙	杨晓波	林承全	赵文龙	贺 剑	贾建波	高洪一
高丽洁	涂志军	曹登华	彭国平	蒋卫东	熊其兴	熊左桥	熊国全

前言

为了适应当前高等职业院校学生的职业技能需求,本书将基础理论和技能实训融为一体。在具体内容选取上按照必需、够用并兼顾知识的系统性原则进行取舍,同时引进汽车电工电子方面的新器件、新技术。在具体内容的安排上,推陈出新,行文由浅入深,通俗易懂。本教材将电工学、数字电子技术、模拟电子技术等课程的内容进行序化整合,形成汽车电工电子技术的课程体系。全书共有七个项目,包括汽车直流电路的分析,汽车电源电路的分析,汽车常用仪表的使用,汽车点火系统的变压原理,汽车用直流电动机与电气控制,晶体管在汽车电路中的应用和数字电路在汽车电路中的应用。本书在内容编写时紧密与汽车电路联系,突出专业知识的实用性,有利于激发学生学习兴趣,每一项目都配有实训和思考题。

本书由高丽洁、陈红、李子云任主编,符晓芬、涂志军、宋建平、姜浩任副主编,张文品、李子路、田运芳参编;高丽洁负责全书的统稿工作。高丽洁编写项目2、项目5和项目7,符晓芬编写项目1,宋建平编写项目4,涂志军编写项目3的任务2,姜浩编写项目3的任务3,陈红编写项目6,李子云编写项目3的任务1,张文品、李子路、田运芳参与部分章节的编写。

本书参考学时100~120学时,不仅可以作为高职高专汽车相关专业的教材,同时还可以供从事汽车维修的工程技术人员参考。

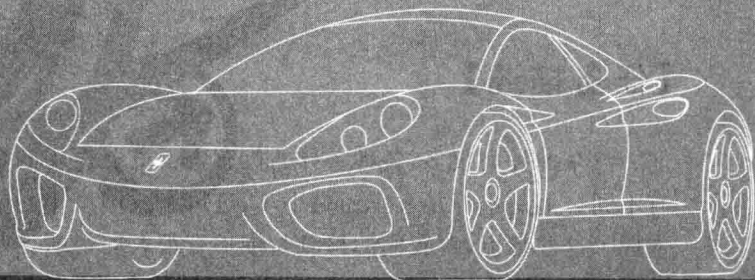
在本书编写过程中,编者参阅了一些汽车专业同类书籍,在此特向有关作者表示衷心感谢!由于编者水平有限,书中的疏漏、错误之处在所难免,敬请使用本书的广大师生和读者给予批评和指正。

编者
2013年元月

目 录

项目 1 汽车直流电路分析	/1
任务 1 基本电气元件的认识	/2
任务 2 汽车直流电路的分析	/32
项目 2 汽车电源电路分析	/63
任务 1 汽车用三相交流发电机	/64
任务 2 汽车电源电路	/70
任务 3 安全用电	/93
项目 3 汽车常用仪表的使用	/101
任务 1 万用表的正确使用	/102
任务 2 汽车专业电笔、试灯的正确使用	/110
任务 3 汽车专用示波器的使用	/114
项目 4 汽车点火系统的变压原理	/123
任务 1 磁路及变压器	/124
任务 2 汽车点火系统的变压原理	/132
项目 5 汽车用直流电动机与电气控制	/137
任务 1 汽车用直流电动机的拆装与检修	/138
任务 2 电气控制	/153
项目 6 晶体管在汽车电路中的应用	/175
任务 1 晶体管在汽车电路中的应用	/176
任务 2 共射极电压放大电路的应用	/179
任务 3 集成运算放大电路的应用	/190
项目 7 数字电路在汽车电路中的应用	/205
任务 1 基本门电路分析	/206
任务 2 组合逻辑电路	/211
任务 3 时序逻辑电路	/218
任务 4 555 定时器在汽车电路中的应用	/222
参考文献	/227

项目



汽车直流电路分析

学习目标

1. 认识简单的电路，了解汽车电路组成的基本要素，理解电路模型。
2. 掌握基本电气元件——电阻、电容、电感、二极管、三极管等的基本概念及工作特性。
3. 掌握电阻元件电压与电流的关系，能正确运用欧姆定律。
4. 掌握基尔霍夫定律，能分析计算复杂的直流电路。
5. 能正确地检测基本电气元件。



任务1 基本电气元件的认识

【任务描述】

汽车的种类很多,各种各样的汽车电子电器设备的数量不等,其安装位置、接线方法也各有不同。但是不管是小车还是大车,进口车或国产车,其电路的基本组成都遵循一定的规律。掌握了这些特点,对我们的检测与维护有很大的帮助。汽车电路的具体特点有以下几个方面。

1. 低压直流供电

为了简化结构和保证安全,汽车电器设备采用低压直流供电。柴油车大多采用低压 24 V DC 供电,汽油车大多采用 12 V DC 供电。低压供电取自蓄电池或发电机,两者的电压保持一致。12 V DC 电压由一节 12 V 蓄电池或两节 12 V 蓄电池并联(要求电流较大的情况)后提供,24 V DC 电压由两节 12 V 蓄电池串联后提供。

2. 单线制

汽车电路采用单线制,即利用发动机和底盘、车身等金属机件作为各种电器设备的公用连线,俗称搭铁(接地),从用电设备到电源只需另设一根导线。任何一个电路中的电流都是从电源的正极出发,经导线流入用电设备后,由搭铁通过金属车架流回电源负极而形成回路。

采用这样的单线制可以节省材料,使电路简化,便于安装检修,同时故障率也降低了。

3. 负极搭铁

采用单线制时,电源的一端必须牢牢接到车架上,即搭铁。按电源搭铁的极性,可以分为正极搭铁和负极搭铁。由于负极搭铁对无线电干扰较小,所以大多数国家的汽车都采用负极搭铁。采用负极搭铁可以使汽车车身和车架均不易腐蚀,汽车电器对无线电设备(如汽车音响及通信设备)的干扰也较电源正极搭铁小。

4. 用电设备并联

汽车上各种电器设备都采用并联方式与电源连接,每个用电设备都由各自串联在支路中的专用开关控制,互不干扰。

5. 两个电源

两个电源分别指的是蓄电池和发电机这两个电源。蓄电池在汽车发动机未运转时给用电设备供电,发电机在发动机运转到一定转速后取代蓄电池向用电设备供电,同时也对蓄电池进行充电。

6. 安装保护装置

为了防止电路或元件因为搭铁或短路而烧坏线束和用电设备,电路中安装有熔断装置,起防止短路和过载保护作用。



7. 大电流用电设备的控制

汽车中有许多通过大电流的设备,如启动机、电喇叭等。这些设备工作时的电流很大,如启动机的工作电流一般在 $100\sim 200\text{ A}$ 之间。如果直接用开关控制它们的工作状态,往往在早期就会使控制开关损坏。所以对大电流用电设备的控制往往采用加中间继电器的方法,即通过继电器触点的断开与闭合来控制大电流用电设备的工作状态。

8. 具有充放电指示

汽车上蓄电池的充、放电一般用电流表或指示灯指示。用电流表指示的时候,不论是蓄电池向外供电或发电机向蓄电池充电,都可以在电流表上指示出来。如果是用指示灯指示,发动机未启动或低速转动时指示灯亮,一旦发动机带动发电机转速超过 1000 转每分钟时,充电指示灯熄灭,此时处于充电状态。

【任务要求】

了解汽车电路的基本组成要素,掌握基本电气元件的分类、结构和工作特性。

【知识准备】

通过对实际电路的观察,会发现在实际电路中元器件的种类繁多,令人眼花缭乱。但仔细研究就能发现,尽管元器件的种类繁多,但在电磁现象方面一些元器件却有共同之处。例如各种电阻器、照明灯、汽车喇叭等元件主要的电磁特性是消耗电能;各种电感线圈(如变压器线圈、点火线圈等)主要是储存磁场能量;各种类型的电容器主要是储存电场能量;而蓄电池、干电池、发电机等部件主要是提供电能。为了便于探讨电路的一般规律,简化电路的分析,在工程上通常将实际的电路元件用理想电路元件替代,即在一定的条件下,突出元件主要的电磁性质,忽略其次要因素,把实际元件近似地看做是理想电路元件,用一个理想电路元件或由几个理想元件的组合来代替实际的电路元件。基本的理想电路元件有理想电阻、理想电感、理想电容、理想电压源和理想电流源。前三种理想元件的理想二字可以去除,只称为电阻、电感、电容。

电阻元件将电能转化为热能,是一种耗能元件;电感元件以磁场形式储存能量,是一种储能元件;电容元件则以电场形式储存能量,也是一种储能元件。在稳定的直流电路中,电感相当于短路,电容相当于开路,只有电阻元件起作用,这三种元件称为无源元件。理想电压源和理想电流源称为有源元件。

一、电阻元件

1. 电阻及分类

电阻元件是电路中常见的元器件之一,在汽车电路中有大量的应用。电阻的主要物理特征是变电能为热能,也可说它是一个耗能元件。电阻在电路中通常起分压、分流的作用,对信



号来说,交流与直流信号都可以通过电阻。那么什么是电阻呢?如图 1-1 所示为各种各样的电阻元件。

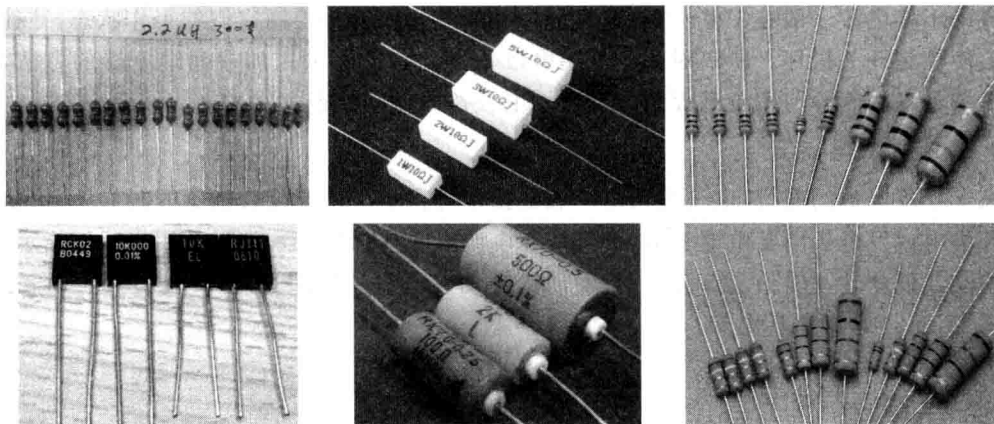


图 1-1 各种各样的电阻元件

1) 电阻的定义

物体对电流通过时的阻碍作用称为“电阻”,是描述导体对电流阻碍作用大小的物理量。

2) 电阻的表示法及单位

电阻通常用字母 R 表示,其单位为欧姆,简称欧,符号是 Ω ,比较大的单位有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)等。

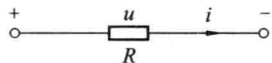


图 1-2 线性电阻元件的图形符号

3) 图形符号

线性电阻元件在电路中的图形符号如图 1-2 所示。

4) 电阻 R 与什么有关

经过大量的实验,得出了这样一个电阻定律表达式: $R = \rho L/S$ 。这个公式表明在一定温度下,金属导体的电阻 R 与它的长度 L 成正比,与导线截面积 S 成反比,还与导体材料的性质有关(电阻率 ρ)。

5) 电阻的分类

电阻的种类很多,通常分为三类:定值电阻、可变电阻、新型电阻。在电子产品中,以定值电阻的应用最为广泛,定值电阻按照其制造材料的不同,又可分为 RT 型碳膜电阻和 RJ 型金属膜电阻等。

2. 认识定值电阻及可变电阻

1) 定值电阻的定义

阻值不能调节的电阻称之为定值电阻或线性电阻,而阻值可以调节的电阻称之为可调电阻或非线性电阻。

2) 电阻值的标识

(1) 直标法。电阻值的标识方法一般采用直标法,也有采用习惯标记法的,例如, $5M6 \text{ II}$, 表示电阻值为 $5.6 M\Omega$, II 表示允许误差为 $\pm 10\%$ 。或者采用数标法:用 3 位或 4 位阿拉伯数



字来标注电阻的阻值。不管用 3 位或 4 位阿拉伯数字,最后一位一定表示阻值的倍率,其余表示阻值的有效数值。直标法主要用于贴片等效体积电阻。

(2) 色标法。在电阻上涂上不同颜色的色环或色点来表示电阻的阻值和误差,这是使用最多的标注方法。该法简单明了,直观易懂。常见的有 4 色环电阻和 5 色环电阻(精密电阻)。用色标法来表示电阻的阻值和误差的方法如图 1-3 所示。

数值的读取方法

颜色	第一段	第二段	第三段	乘数	误差
黑色	0	0	0	1	
棕色	1	1	1	10	$\pm 1\%$ F
红色	2	2	2	100	$\pm 2\%$ G
橙色	3	3	3	1k	
黄色	4	4	4	10k	
绿色	5	5	5	100k	$\pm 0.5\%$ D
蓝色	6	6	6	1M	$\pm 0.25\%$ C
紫色	7	7	7	10M	$\pm 0.10\%$ D
灰色	8	8	8		$\pm 0.06\%$ A
白色	9	9	9		
金色				0.1	$\pm 5\%$ J
银色				0.01	$\pm 10\%$ K
无					$\pm 20\%$ M

图 1-3 色标法测量电阻

四环电阻:因表示误差的色环只有金色或银色,色环中的金色或银色环一定是第四环。

五环电阻:此为精密电阻。从阻值范围判断:因为一般电阻范围是 $0 \sim 10 \text{ M}\Omega$,如果读出的阻值超过这个范围,可能是第一环选错了。从误差环的颜色判断:表示误差的色环颜色有银、金、紫、蓝、绿、红、棕。如果靠近电阻器端头的色环不是误差颜色,则可确定为第一环。

例如,电阻的四色环颜色为红、红、棕、金,红——第一位数是 2;红——第二位数是 2;棕——倍乘数为 10;金——允许误差为 $\pm 5\%$,即电阻值为 220Ω ,其误差为 $\pm 5\%$ 。

【想一想】电阻的五色环为棕、紫、绿、金、棕,它表示的电阻值和允许误差分别是多少?



(3) 文字符号法。将文字、数字两者有规律组合起来表示电阻器的主要参数。例如: $3\text{ M } 9\text{ k}$, 表示该电阻的阻值为 $3.9\text{ M}\Omega$, k 表示允许误差为 $\pm 10\%$ 。

3) 电阻的额定功率

所谓电阻的额定功率值,指的是电阻所承受的最高电压和最大电流的乘积。每个电阻都有其额定功率值,常见电阻的额定功率一般分为 $1/8\text{ W}$ 、 $1/4\text{ W}$ 、 $1/2\text{ W}$ 、 1 W 、 2 W 、 3 W 、 4 W 、 5 W 、 10 W 等。其中 $1/8\text{ W}$ 和 $1/4\text{ W}$ 的电阻较为常用,在大电流场合,大功率的电阻也用得很普遍。在正规的电路图中,如果电阻无功率标识,表示是功率要求较小的电阻,一般选用 $1/8\text{ W}$ 的电阻即可。

在电路图中,有时为了节省位置而省略了一些单位符号,识别方法如下:阻值在 $1\sim 999\ \Omega$ 范围时,单位 Ω 省略,仅标数字。如标为“ $R_2/330$ ”表示 R_2 为 $330\ \Omega$ 。阻值在 $1\text{ k}\Omega\sim 1\text{ M}\Omega$ 时,一般用 k 表示单位。如标为“ $R_2/5\text{k}6$ ”表示 R_2 为 $5.6\text{ k}\Omega$ 。阻值在 $1\text{ M}\Omega$ 以上时,单位省略,在所标数字后面加小数点和 0,表示兆欧。如标为“ $R_2/2.0$ ”表示 R_2 为 $2\text{ M}\Omega$ 。

4) 可变电阻

所谓可变电阻,即电阻值是可变的。阻值可以调整的电阻器,用于需要调节电路电流或需要改变电路阻值的场合。可变电阻器可以改变信号发生器的特性,使灯光变暗,启动电动机或控制它的转速。

根据用途的不同,可变电阻器的电阻材料可以是金属丝、金属片、碳膜或导电液。对于一般大小的电流,常用金属型的可变电阻器。可变电阻器的阻值变化规律反映了电位器输出特性的函数关系,所以又把这种变化规律称为输出特性。

3. 特殊电阻

1) 热敏电阻(RT)

热敏电阻是一种对温度敏感的半导体电阻,其阻值随温度变化的曲线呈非线性。热敏电阻可以分为以下三种。

(1) 正温度系数热敏电阻(简称 PTC)。这种电阻随着温度的升高,电阻值会大幅度增加。

(2) 负温度系数热敏电阻(简称 NTC)。这种电阻是指随温度升高,电阻值会大幅度减小的电阻(温度每升高 $1\text{ }^\circ\text{C}$,阻值比冷态时减小 4% 左右)。

(3) 临界温度系数热敏电阻(CTR)。这种电阻是指当半导体材料未达到某一临界温度时,有一个稳定的电阻值,达到某一临界温度后,电阻值骤然变化到另外一个数值的电阻。

热敏电阻的主要特点如下:①灵敏度较高,其电阻温度系数要比金属大 $10\sim 100$ 倍,能检测出 $6\sim 10\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度变化;②工作温度范围宽,常温器件适用于 $-55\sim 315\text{ }^\circ\text{C}$,高温器件适用温度高于 $315\text{ }^\circ\text{C}$ (目前最高可达到 $2000\text{ }^\circ\text{C}$),低温器件适用于 $-273\sim 55\text{ }^\circ\text{C}$;③体积小,能够测量其他温度计无法测量的空隙、腔体及生物体内血管的温度;④使用方便,电阻值可在 $0.1\sim 100\text{ k}\Omega$ 间任意选择;⑤易加工成复杂的形状,可大批量生产;⑥稳定性好、过载能力强。

2) 压敏电阻

压敏电阻是一种对压力敏感的半导体电阻。汽车上有的传感器是利用压敏电阻元件制成的。例如,半导体压敏电阻式进气歧管绝对压力传感器、电阻应变计式碰撞传感器等。其中绝对压力传感器是在采用测量发动机进气歧管压力方式计量进气量的电控汽油喷射系统中最重

要的传感器。

3) 光敏电阻器

光敏电阻器是利用半导体的光电效应制成的一种电阻值随入射光的强弱而改变的电阻器。入射光强,电阻减小;入射光弱,电阻增大。光敏电阻器一般用于光的测量、光的控制和光电转换(将光的变化转换为电的变化)。常用的光敏电阻器是硫化镉光敏电阻器,按所用半导体材料不同可分为单晶光敏电阻器、多晶光敏电阻器。

按光敏电阻的光谱特性可分为红外光光敏电阻器、可见光光敏电阻器、紫外光光敏电阻器。光电式光量传感器可以用于汽车上各种灯具的自动点亮控制,也可用于控制前大灯调节继电器的自动控制,例如灯光控制器。灯光控制器就装在仪表板的上方,到傍晚时,它使尾灯点亮,当天色变暗时,则点亮前照灯。当对方来车时,具有变光功能。

二、电容元件

1. 电容及分类

电容也是组成电子电路的基本元件,是电子设备中大量使用的电子元件之一。它在电路中主要功能如下:可用于稳定电压;可用于隔离直流;与电阻或电感形成谐振电路;可用于控制时间;用于交流通路可起到耦合作用。另外不仅是电容器才具有电容,实际上任何两个导体之间都存在着电容。例如,汽车电器两根传输线之间,每根传输线与大地(搭铁)之间,都是被空气介质或电线外绝缘介质隔开,所以也存在着电容。一般情况下,这个电容很小,作用可忽略不计,但假如传输线很长或者传输信号频率很高,就需要考虑电容的作用。如图 1-4 所示为各种各样的电容元件。

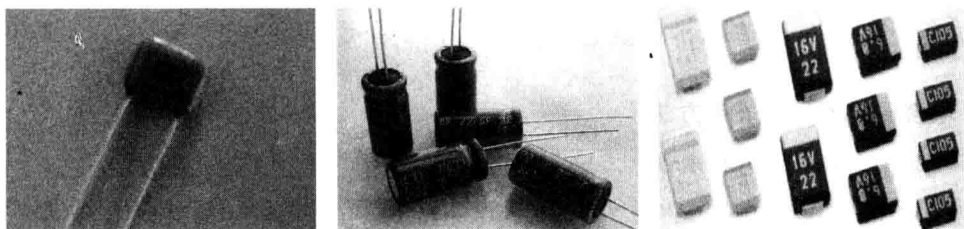


图 1-4 各种各样的电容元件

1) 电容的定义

任何两块金属导体彼此靠近且在中间隔以绝缘介质,就构成一个电容器。忽略很小的漏电损失,可以认为电容器只具有电容参数,是理想的电容元件。

2) 电容的大小、单位和符号

当电容器两端加上电压后,它的两块金属板上就会聚集起等量而异号的电荷,电压愈高,聚集的电荷愈多,产生的电场愈强,储存的电场能量就愈多。为了衡量电容器储存电荷的能力,用电容器储存的电荷量与电压的比值来表示电容量,即电容:

$$C = q/U$$

式中: C 为电容器的电容量,简称电容。



电荷的单位是库仑,简称库,符号为 Q ,电压的单位是伏[特](V)时,电容的基本单位用法拉(F)表示,其他单位还有毫法(mF)、微法(μF)、纳法(nF)、皮法(pF)。其中:

$$1 \text{ 法拉} = 1000 \text{ 毫法 (mF)} \quad 1 \text{ 毫法} = 1000 \text{ 微法 } (\mu\text{F})$$

$$1 \text{ 微法} = 1000 \text{ 纳法 (nF)} \quad 1 \text{ 纳法} = 1000 \text{ 皮法 (pF)}$$

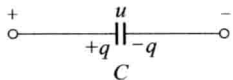


图 1-5 电容元件的图形符号

电容的大小与电容器本身的制造有关。若电容器储存的电荷与所加电压成正比,则 C 为常数,这样的电容元件称为线性电容元件(否则就是非线性电容元件),电容元件的图形符号如图 1-5 所示。对于线性电容,有

$$C = \epsilon S d$$

式中: S 为平行极板电容器的极板面积; d 为极板间的距离; ϵ 为介质的介电常数。

3) 电容电路中电压和电流的关系

当加在电容两端的电压发生变化时,极板上的电荷量 $q = Cu$ 也相应地发生变化,根据电流的定义,电路中就会产生电流,在电压 u 和电流 i 参考方向相同的情况下,即有

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

上式就是电容元件的特性方程,它说明电容中的电流 i 与两端电压 u 的变化率成正比。电压变化快,电容电流大;电压变化慢,电容电流小。若电容两端电压是不随时间变化的直流电压时, $u = U$, $du/dt = 0$,则 $i = Cdu/dt = 0$,即电容元件对直流电压而言相当于开路。

4) 电容电路中能量的关系

电容元件只储存能量而不消耗能量,是一种储能元件。

电容元件所储存的电场能量 $W_c(t)$ 为

$$W_c(t) = \frac{1}{2} C U_c^2(t)$$

2. 电容器的型号和表示方法

1) 电容器的型号命名方法

国产电容器的型号一般由四部分组成(不适用于压敏、可变、真空电容器),依次分别代表名称、材料、分类和序号。

第一部分是名称,用字母表示,电容器用 C 表示。第二部分是材料,用字母表示。第三部分是分类,一般用数字表示,个别用字母表示。第四部分是序号,用数字表示。用字母表示产品的材料:A——钽电解、B——聚苯乙烯等非极性薄膜、C——高频陶瓷、D——铝电解、E——其他材料电解、G——合金电解、H——复合介质、I——玻璃釉、J——金属化纸、L——涤纶等极性有机薄膜、N——铌电解、O——玻璃膜、Q——漆膜、T——低频陶瓷、V——云母纸、Y——云母、Z——纸介。

2) 电容器的容量主要表示方法

容量大的电容其容量值在电容上直接标明,如 $10 \mu\text{F}/16 \text{ V}$,容量小的电容其容量值在电容上用字母或数字表示。

直标法:用数字和单位符号直接标出。



文字符号法: $1\text{ m}=1000\text{ }\mu\text{F}$, $1\text{ P}=1.2\text{ PF}$, $1\text{ n}=1000\text{ PF}$

数标法:三位数字的表示法也称电容量的数码表示法。三位数字的前两位数字为标称容量的有效数字,第三位数字表示有效数字后面零的个数,它们的单位都是 pF 。

例如,102 表示标称容量为 1000 pF ;221 表示标称容量为 220 pF ;224 表示标称容量为 $22\times 10^4\text{ pF}$ 。

3) 电容的基本性质

电容器有两个重要的特性,具体如下。

(1) 阻隔直流电通过而允许交流电通过的特性。

(2) 充电和放电特性。

电容器的充电:从电容器 C 的充电过程中的特性曲线可以得出两个概念,其一,电容器通电瞬间,充电电流很大,电容器相当于短路。当电路达到稳定状态时,充电电流近似等于零,电容器相当于开路。其二,电容器上充电电压不会突变。充电需要进行一段时间后,电容器上的电压才能达到稳定值。

电容器的放电:从电容器 C 的放电过程中的特性曲线可以得出两个概念,其一,电容器放电开始时,放电电流很大,电容器相当于短路。当放电结束时,充电电流等于零,电容器相当于开路。其二,电容器在放电过程中放出的能量就是它在充电过程中储存的全部能量。当电容器中的介质(绝缘体)的电导率接近于零时,电容器 C 基本不消耗能量。

4) 电容的主要参数

(1) 电容器的标称容量和偏差。

电容器的标称容量是标注在电容器上的电容量。电容器的实际电容量与标称容量间的偏差称为误差,误差通常分为三个等级:Ⅰ级($\pm 5\%$)、Ⅱ级($\pm 10\%$)、Ⅲ级($\pm 20\%$)。

(2) 电容的额定直流工作电压。

电容的额定直流工作电压也称耐压,即在最低环境温度和额定环境温度下可连续加在电容器上的最高直流电压有效值,一般直接标注在电容器外壳上。如果工作电压超过电容器的耐压,则电容器被击穿,会造成不可修复的永久损坏。一般电解电容的耐压分挡为 6.3 V 、 10 V 、 16 V 、 25 V 、 50 V 等。

5) 电容器的主要种类和特点

(1) 电容器按有无极性可分为无极性电容器和有极性电容器。有极性电容器指电容器的两极有正、负极性之分,使用时一定要使正极性端连接电路的高电位,负极性端连接电路的低电位;否则会引起电容器的损坏。

(2) 按结构分类可分为固定电容器、可变电容器和微调电容器。

(3) 按电解质分类可分为有机介质电容器、无机介质电容器、电解电容器和空气介质电容器。

(4) 按用途分类可分为高频旁路电容器、低频旁路电容器、滤波电容器、调谐电容器、高频耦合电容器、低频耦合电容器等。

6) 电容器的串联和并联

在实际工作中,一个电容器往往不能满足工作需要,这时就需要将几个电容器接成串联或并联的形式,以满足需求。