

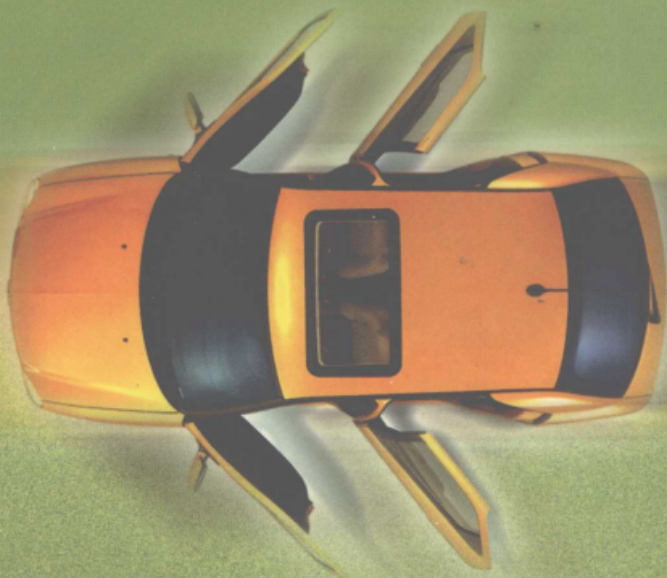


# 汽车维修专项技能

# 培训教材

## 汽车电脑

© 杨宝玉 主编



CHEWEIXIUZHUANXIANGJINENG  
PEIXUNJIAOCAI



人民交通出版社

China Communications Press



## 汽车维修专项技能培训教材

- ▶ 电喷发动机
- ▶ 自动变速器
- ▶ 普通电气设备
- ▶ **汽车电脑**
- ▶ 汽车空调
- ▶ 汽车音响
- ▶ 汽车中控门锁 / 防盗系统
- ▶ 汽车电脑控制器区域网数据总线
- ▶ 汽车防抱死制动系统 / 安全气囊系统

◎ 策划编辑 / 白 崧 翁志新 ◎ 文字编辑 / 张新波 ◎ 美术编辑 / 孙立宁

ISBN 7-114-04999-4



9 787114 049996 >

ISBN 7-114-04999-4

定 价：23.00 元

汽车维修专项技能培训教材

Qiche Diannao

汽车电脑

杨宝玉 主编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书从实用的角度出发,对汽车电子控制单元的工作原理及常见故障排除进行阐述;从维修的角度出发,阐明电子技术在汽车中的应用,对出现的问题进行剖析,以最小的成本解决实际存在的问题。

主要内容有:半导体基础知识;汽车电子喷射系统工作原理;汽车电子控制单元电路分析;电脑维修基本技能及维修实例等。因该书重点在于电子电路方面,同时侧重于实际应用,不要求维修人员掌握高深的电子理论,能做到读懂电路,会分析电路,解决实际问题,这是该书的写作初衷。

本书主要针对工作于一线的汽车维修人员,同时也可供广大汽车爱好者参考阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电脑/杨宝玉编. —北京:人民交通出版社,  
2004.3

ISBN 7-114-04999-4

I.汽... II.杨... III.汽车—计算机控制系统  
IV.U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第017742号

### 汽车维修专项技能培训教材

#### 汽车 电 脑

杨宝玉 主编

责任校对:王静红 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

三河市海波印务有限公司—宝日文龙印刷有限公司印刷

开本:787×980 1/16 印张:14.5 字数:356千

2004年5月 第1版

2005年6月 第1版 第2次印刷

印数:4001—7000册 定价:23.00元

ISBN 7-114-04999-4

## 前 言

随着电子技术,尤其是大规模集成电路技术的不断发展,同时对于安全、节能、环保等要求的不断提升,汽车电子控制系统日趋复杂。

20世纪50年代,人们开始在汽车上安装电子管收音机,这是汽车电子技术发展的雏形;60年代初,汽车上应用了硅整流交流发电机和晶体管调节器;60年代中期,汽车上开始采用晶体管电压调节器和晶体管点火装置;进入70年代后期,电子工业有了长足的进步,特别是集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路技术得到了巨大发展,微机在汽车上的应用,为汽车工业带来了划时代的变革。

20世纪90年代,汽车电子技术发展进入第三个阶段,这是对汽车工业发展最有价值、最有贡献的阶段,超微型磁体、超高效电机及集成电路的微型化,为汽车上的集中控制提供了基础。目前汽车电子技术已经发展到了第四阶段,即包括电子技术(含微机技术)、优化控制技术、传感器技术、网络技术、机电一体化耦合交叉技术等综合技术的小系统。有些汽车的电子控制装置已经占到整车造价的1/3,高级轿车甚至有几十个电子控制单元。电子化的程度已经成为衡量汽车档次高低的主要标志。

微机/微控制器是构成电子控制单元(ECU)/电脑的核心,负责指挥其他设备工作。目前汽车上应用的微机/微控制器以通用单片机和高抗干扰及耐振的汽车专用单片机为主,其速度和精度不如计算用微机高,但抗干扰性能较强,能适应汽车振动大等恶劣的工作环境。有的由单机控制(即一个微机控制一个项目,如控制点火)向集中控制发展,而汽车集中控制也由原来的多个计算机通信向网络化管理过渡。

鉴于汽车电脑及维修技术尚不为广大汽车维修人员所熟悉,而国内目前未出版过同类专著或译著,难以适应汽车维修工作的需要,现将笔者在维修工作中积累的经验,并参考国内外有关汽车电子控制单元相关资料整理成书,以满足广大读者的急需。

本书在编写过程中得到了单国涛、鲍正浩、李毅等同志的大力协助,在此表示衷心地感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,敬请广大读者指正。

编 者

# 目 录

第一章 半导体元件结构、性能与检测 .....	1
第一节 固定电阻 .....	1
第二节 固定电容 .....	5
第三节 晶体二极管 .....	11
第四节 晶体三极管 .....	15
第五节 集成电路 .....	21
第二章 典型电子燃油喷射系统工作原理 .....	27
第一节 电子控制燃油喷射系统分类 .....	27
第二节 电子控制汽油喷射系统的组成 .....	28
第三节 排放控制 .....	52
第三章 单片机的结构与工作原理 .....	61
第一节 MCS-51 系列单片机 .....	61
第二节 SAB 80C515/SAB 80C535 单片机 .....	78
第三节 MOTOROLA 系列单片机 .....	83
第四节 SIEMENS C166 系列单片机 .....	96
第五节 INTEL 87C196KR 单片机 .....	105
第四章 汽车电脑的结构与工作过程 .....	108
第一节 车用计算机介绍 .....	108
第二节 BOSCH Motronic 电路分析 .....	115
第三节 GM 汽车电脑电路分析 .....	123
第四节 主要元件波形分析 .....	138
第五章 电脑维修基本技能 .....	144
第一节 工具、仪表和材料 .....	144
第二节 焊接技巧 .....	146
第三节 维修识图的方法与技巧 .....	150
第四节 检测方法 .....	154
第六章 汽车电脑常见故障检测与排除 .....	160
第七章 半导体元件的识别与代换 .....	195
第一节 功率三极管 .....	195

## 2 汽车电脑

---

第二节 功率元件排.....	202
第三节 贴片三极管.....	205
附录:世界知名半导体生产厂商网址 .....	214

# 第一章 半导体元件结构、性能与检测

半导体元件是构成任何复杂控制系统的基础,是电路的基本组成部分,因此熟悉常见元件的结构、性能与检测方法就显得尤为重要。

## 第一节 固定电阻

### 一、固定电阻器的种类及参数

固定电阻器简称为电阻,是一种最常用的电子元件,其文字符号为 R,图形符号和外形见图 1-1。常见的固定电阻有碳膜电阻(RT 型)、金属膜电阻(RJ 型)、有机实芯电阻(RS 型)、线绕电阻(RX 型)、水泥电阻、贴片电阻等。

电阻器有如下几项主要参数:

#### 1. 标称阻值

标称阻值简称阻值,基本单位是欧姆,简称欧( $\Omega$ )。除欧姆外,常用的电阻单位还有千欧( $k\Omega$ )和兆欧( $M\Omega$ )。这三者之间的换算关系是

$$1M\Omega = 1000k\Omega; 1k\Omega = 1000\Omega$$

在电路图中标示电阻器的数值单位

时,一般将兆欧简标为 M,将千欧简标为 k,欧姆则不标单位。例如  $3M\Omega$  标作 3M;  $3k\Omega$  标作 3k;  $220\Omega$  标作 220。

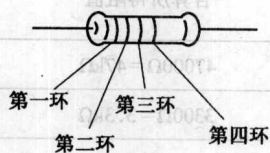


图 1-2 色环电阻

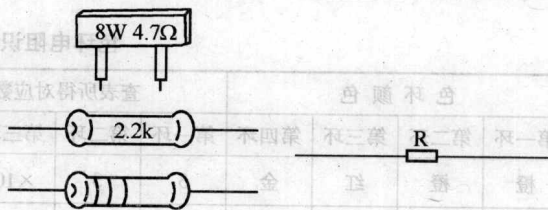


图 1-1 固定电阻器的外形及电路符号

电阻器上的电阻值的标示方法。

(1)在电阻器上直接印出阻值。如  $2.2k\Omega$  的电阻器上印有“2.2k”或“2k2”字样。

(2)用色环表示。在电阻器上印有四道或五道色环(见图 1-2),左起第一、第二环表示两位数的数值,第三环表示倍乘数,第四环表示阻值允许的误差。各道色环中不同颜色的含义见表 1-1 所列。

表 1-2 是色环电阻的识读举例,供参考。

色环电阻还可以按照下述方法直读其阻值:先看第一、第二道色环,并记下读数,然后再看第三道色环,第三道色环的数值是几,便在第一、第二道色环数值后添上几个零,即得到该电阻的阻值。表 1-3 为色环电阻直读举例。



色环含义

表 1-1

色环颜色	第一环(十位数)	第二环(个位数)	第三环(倍乘数)	第四环(误差)
黑		0	$\times 10^0$	
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	
白	9	9	$\times 10^9$	
金			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

色环电阻识读举例

表 1-2

色环颜色				查表所得对应数值				合算所得阻值	误差
第一环	第二环	第三环	第四环	第一环	第二环	第三环	第四环		
橙	橙	红	金	3	3	$\times 10^2$	$\pm 5\%$	$33 \times 10^2 = 3300\Omega = 3.3k\Omega$	$\pm 5\%$
蓝	灰	黑	银	6	8	$\times 10^0$	$\pm 10\%$	$68 \times 10^0 = 68\Omega$	$\pm 10\%$
绿	棕	金	金	5	1	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$	$51 \times 10^{-1} = 5.1\Omega$	$\pm 5\%$

色环电阻直读举例

表 1-3

色环颜色			查表所得对应数值			合算所得阻值
第一环	第二环	第三环	第一环	第二环	第三环	
黄	紫	橙	4	7	3	$47000\Omega = 47k\Omega$
橙	橙	红	3	3	2	$3300\Omega = 3.3k\Omega$
蓝	灰	黑	6	8	0	$68\Omega$

在识读色环电阻时应注意正确区分哪一端为第一环。如前所述,色环电阻的前三环用来表示阻值,第四环表示误差,常见表示不同误差的颜色有两种,即金色( $\pm 5\%$ )和银色( $\pm 10\%$ )。目前市场上出售的色环电阻主要是误差为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 的,没有误差环的电阻已不多见。所以在识别时,可先找到金色( $\pm 5\%$ )或银色( $\pm 10\%$ )的第四环(即误差环),依次向前推算,就是第三环、第二环、第一环。如果是只标有三个色环的电阻,因色环少

所以靠最边上的一环就是第一环。

## 2. 额定功率

它是指在特定环境温度范围内电阻器所允许承受的最大功率。在该功率限度以下,电阻器可以正常工作而不会改变其性能,也不会损坏。常用电阻器的功率有 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W 等等。电路图中标示电阻器的功率时,有的直接标出数值,也有的用符号表示(见图 1-3)。



图 1-3 电阻功率表示方法

小型电阻器的额定功率一般在电阻体上并不标出。但是根据电阻长度和直径大小,可以确定其额定功率值的大小。表 1-4 列出了常用不同长度、直径的碳膜电阻、金属膜所对应的功率值,供参考。

两种电阻器的长度、直径与功率的关系

表 1-4

额定功率(W)	碳膜电阻(RT)		金属膜电阻(RJ)	
	长度(mm)	直径(mm)	长度(mm)	直径(mm)
1/8	11	3.9	6~7	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28.5	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

## 二、固定电阻器的检测方法

### 1. 量程的选择

为了提高测量精度,应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。一般的数字万用表有 6 个电阻档位:200Ω、2kΩ、20kΩ、200kΩ、2MΩ 和 20MΩ。 $R_x$  为被测电阻,选取档位的原则为  $R_x < 200\Omega$  的选择 200Ω 档位,  $200\Omega < R_x < 2k\Omega$  的选择 2kΩ 档位,依此类推。注意若所选量程小于被测量电阻的阻值,则仪表将显示溢出符号“1”,此时,应改用更大的量程进行测量。

根据电阻误差等级不同,实测阻值与标称阻值之间允许有  $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$  和  $\pm 20\%$  的误差。如超出误差范围,则说明被测电阻已经变值。若测得的结果为 0,则说明被测电阻已短路。若测得的电阻为  $\infty$  (仪表显示溢出符号“1”),则说明该电阻已经失效。

### 2. 测量电阻值的操作方法

将万用表置于合适的量程,对仪表进行零欧姆测试检查。方法是:将红、黑两支表笔相互短接后,仪表应显示“000”。两表笔为开路时,仪表应显示为“1”(超量程指示)。

测量只有几欧姆的低阻值电阻时,要特别注意使电阻引线与表笔接触良好,必要时刮去

电阻引线上的氧化层。还要注意测试时间不要过长,以减少内部电池的损耗。在测量低阻值电阻器时,应记录零点偏差值,用以修正测量结果。例如,使用  $200\Omega$  电阻档,两表笔短接时显示值为  $0.2\Omega$ ,测量电阻时显示值为  $4.9\Omega$ ,则被测电阻器的实际值为  $4.9\Omega - 0.2\Omega = 4.7\Omega$ 。

测量电阻时,手不要同时触及被测电阻的两端,以免人体电阻的并联作用影响测量结果。当进行高阻值测量时,更应该注意这一点。为保证测量结果的准确性,被检测的电阻必须从电路中焊下来,或至少焊开一个头,以免电路中的其他元件对测试产生影响,造成测量误差。

### 3. 检测排电阻

排电阻也叫集成电阻,是一种集多只电阻于一体的电阻器件。其外形及结构如图 1-4 所示。图中, BX 表示产品型号,“10”表示有效数字,“3”表示有效数字后边加 0 的个数,103 即 10000(10k)。“9”表示此阻排有 9 个引脚,其中一个为公共引脚。公共引脚一般都在两边,用色点标示。排电阻体积小,安装方便,适合多个电阻阻值相同,而且其中一个引脚都是连在电路的同一位置的场合。

测量排电阻的方法比较简单。对已知引脚排列顺序的排电阻,可将一支表笔接公共引脚,用另一支表笔依次对每个电阻进行测量,其阻值应符合标称值。

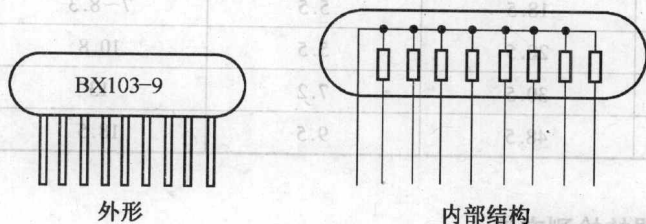


图 1-4 排电阻结构

对于不知引脚排列顺序的排电阻,可先将红表笔任接被测量电阻的一个引脚,然后用黑表笔去测试其他引脚,若所得值相同,则说明红表笔所接的是被测量排电阻的公共脚。实际应用中的排电阻如图 1-5 所示。

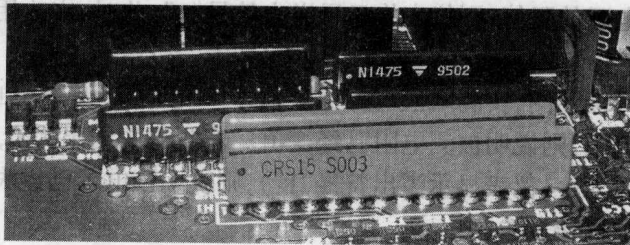


图 1-5 实际应用中的排电阻

### 4. 贴片电阻的测量

贴片电阻因体积小、节省空间而广泛的用在各种控制单元内。贴片电阻的测量方法与普通电阻的方法相同,仅在结构形式和标称方法上有所区别,一般在电阻体上直接印有标称值,如 101、102、473 等。其数值前两位为有效数字,第三位为倍乘数,算法同色环电阻,例如,101 为  $10 \times 10^1 = 100\Omega$ ;102 为  $10 \times 10^2 = 1000\Omega$  等。对于某些场合因为受电路中其他元件的影响,在线测量的结果可能与电阻实际标称的值有很大差别,这个时候最好的方法就是将电阻焊下来测量,以进一步确认测量值的准确程度,以及电阻是否存在问题。贴片电阻在实际电路中的应用如图 1-6 所示。

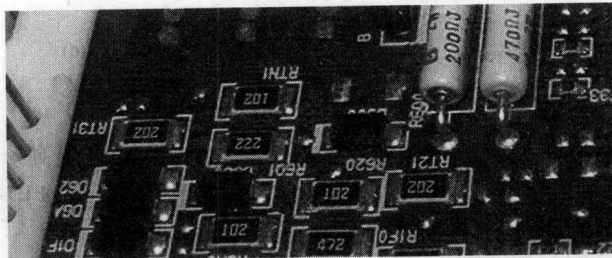


图 1-6 贴片电阻应用

## 第二节 固定电容

### 一、固定电容器的基本结构和性能特点

固定电容器的基本结构、电路符号如图 1-7 所示,其文字符号为 C。固定电容器主要由金属电极、介质层和电极引线组成,两电极是相互绝缘的。具有“隔直流通交流”的基本性能。直流电的极性和电压大小是一定的,所以不能通过电容,而交流电的极性和电压大小是不断变化的,能使电容不断的进行充放电,形成充放电电流,从这个意义上说,交流电可以通过电容器。

固定电容器的种类很多,外形也有很大差异。图 1-8 是几种常见的固定电容器的实物外形。

图 1-8(a):金属电容(CJ 型)。它体积小、容量大,突出特点是受高压击穿后能“自愈”。常用于退耦、旁路、耦合等电路,也适用于各类低频电路和稳定性要求不高的场合。

图 1-8(b):管形电容(CG 型)。它高频特性好、工作稳定,常用于高频电路。

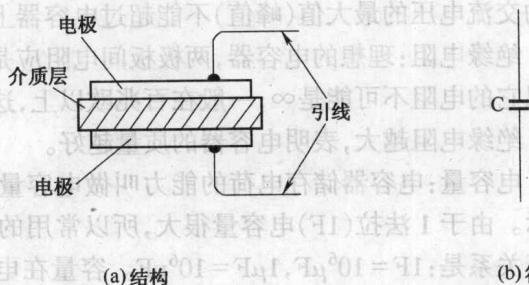


图 1-7 固定电容器的结构和符号

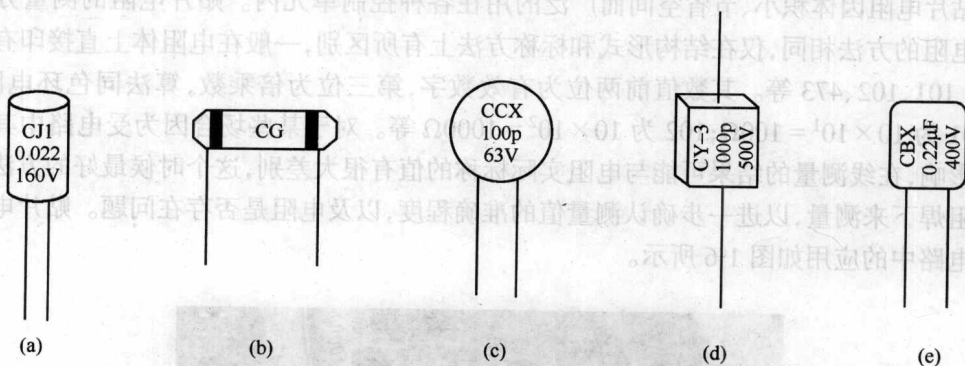


图 1-8 几种固定电容器的外形

图 1-8(c):瓷片电容。它体积小、耐热性好、损耗小、绝缘电阻高。容量一般在  $1\mu\text{F}$  以下。瓷片电容有高频(CC型)和低频(CT型)两类。高频瓷片电容常用于高频和脉冲电路,低频瓷片电容(包括独石电容),一般用于旁路、耦合等低频电路。

图 1-8(d):云母电容(CY型)。其特点是损耗小、绝缘电阻大、温度系数小,广泛用于各种高频电路。

图 1-8(e):薄膜电容。按介质不同,它可分为涤纶有机薄膜电容(CL型)和聚乙烯薄膜电容(CB型)。CL型电容适用于旁路等低频电路。CB型系列电容,除可用于低频电路外,还可用于高频电路。

## 二、固定电容器的主要参数

固定电容器的参数很多,但在实际使用时,一般只考虑工作电压、绝缘电阻和电容量。只有在一些有特殊技术要求的电路中,如谐振、振荡等电路,才考虑容量误差,高频损耗等参数。

**工作电压:**也称耐压,是指电容器在连续使用中所能承受的最高电压。耐压值一般直接印在电容器上。注意,电容器上标明的耐压值,都是指直流电压,用在交流电路中,则应使所加的交流电压的最大值(峰值)不能超过电容器上所标明的电压值。

**绝缘电阻:**理想的电容器,两极板间电阻应是 $\infty$ 。但是任何介质都不是绝对的绝缘体,所以它的电阻不可能是 $\infty$ ,一般在百兆欧以上,这个电阻就称做电容器的绝缘电阻或称漏电阻。绝缘电阻越大,表明电容器的质量越好。

**电容量:**电容器储存电荷的能力叫做电容量,简称容量。容量的基本单位是法拉,用F表示。由于1法拉(1F)电容量很大,所以常用的单位是微法( $\mu\text{F}$ )和皮法(pF),它们之间的换算关系是: $1\text{F} = 10^6\mu\text{F}$ ,  $1\mu\text{F} = 10^6\text{pF}$ 。容量在电路图纸中的标示方法是,数值为纯小数的微法级容量值,只标出纯小数,单位 $\mu\text{F}$ 略去不写,例如: $0.01\mu\text{F}$ 的电容,在电路图中标为0.01;数值为整数的皮法级容量值,只标出该整数,单位pF略去不写,例如:1000pF标为1000;除以上情况外,则需要标出单位,例如1.5pF标为1.5p;10pF标为10p。在电容器上,

一般按以上法则直接印出电容量值。也有采用数码表示法的,数码一般为三位,前两个是有效数字,第三个是倍数,0~8 分别表示  $10^0 \sim 10^8$ ,9 表示  $10^{-1}$ 。例如:103 表示  $10 \times 10^3 = 10000\text{pF} = 0.01\mu\text{F}$ ;229 表示  $22 \times 10^{-1} = 2.2\text{pF}$ 。

### 三、国外电容器的识别

国外生产的电容器,对参数标注方式繁多,与我国习惯不同,下面将国外电容器容量表示法加以归纳介绍,以便读者在维修汽车电脑等电子设备时识别参考。

#### 1. 直接标明容量和单位

此法为欧洲国家所常用。其特点是在电容器的外壳上直接注明电容器的容量大小和单位,若是零点零几,常把整数位的“0”略去。例如,“100MFD”表示  $100\mu\text{F}$ ;“01 $\mu\text{F}$ ”表示  $0.01\mu\text{F}$ 。此外,有些电容器则用“R”表示小数点,例如“R68 $\mu\text{F}$ ”表示  $0.68\mu\text{F}$ ,而不是  $68\mu\text{F}$ 。

#### 2. 只标数字不标单位

此法为西方国家所常用。采用这种表示法的容量单位有 pF 和  $\mu\text{F}$  两种。通常,对普通电容器,省略的单位是 pF;对于电解电容器,省略的单位则是  $\mu\text{F}$ 。例如,普通电容器上标有“3”,表示  $3\text{pF}$ ;“4700”表示  $4700\text{pF}$ ;而电解电容器标有“47”,则表示  $47\mu\text{F}$ 。

#### 3. 标示数字加字母

此法为欧洲国家所常用。2~4 位数字表示有效值,字母表示数值的量级,有 p、n、M、 $\mu$ 、G、m 几种。标注数值时不用小数点,而把整数部分写在字母之前,小数部分则跟在字母后面。各字母的含义分别为:p—— $10^{-12}\text{F}$ (皮法),例如“1p5”表示  $1.5\text{pF}$ ;n—— $10^{-9}\text{F}$ (纳法),例如,“220n”表示  $0.22\mu\text{F}$ ;M 或  $\mu$ —— $10^{-6}\text{F}$ (微法),例如,“2 $\mu$ 2”表示  $2.2\mu\text{F}$ ;“M1”表示  $0.1\mu\text{F}$ ;G 或 m—— $10^{-3}\text{F}$ (毫法),例如,“4m7”表示  $4700\mu\text{F}$ ;“G5”表示  $500\mu\text{F}$ 。

#### 4. 用数码表示

此法也为欧洲国家所常用。一般用 3 位数字表示容量大小,其单位为 pF。其中第一、二位为有效值数字,第三位表示倍乘数,即表示有效值后有多少个“0”。例如“103”表示  $10 \times 10^3\text{pF}$ ;“334”表示  $33 \times 10^4\text{pF}$ 。

另外,采用数码表示法的电容,有一个特殊数字需要特别注意,即第三位数字如果是“9”,则表示乘数为  $10^{-1}$ ,而不是  $10^9$ 。例如“339”表示  $33 \times 10^{-1}\text{pF}$ ,即  $3.3\text{pF}$ 。因此,凡是第三位数字为“9”的电容器,其容量必在  $1\text{pF} \sim 9.9\text{pF}$  之间。

#### 5. 用色环表示

此法为西方国家及日本所采用。采用这种表示法的电容器容量单位为 pF,在电容器上标有 3~5 个色环表示参数。电容器有轴式和立式两种,我们以常见的轴式电容器做介绍。此类电容器其色环都偏向一侧,其顺序从最靠近引线的一端开始为第一环,见图 1-9(a)。

色环颜色有黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白,分别表示 0~9 十个数字,通常,第一、二环为电容量的有效数值,第三环为倍乘数,第四环为容许误差,第五环为电压等级。例如,标有黄、紫、橙三色环的轴式电容器,表示其容量为  $47 \times 10^3\text{pF}$ 。另外,有些轴式电容器的第一环较宽,且与以下的环有间隔,表示该环代表温度系数,如图 1-9(b)所示。

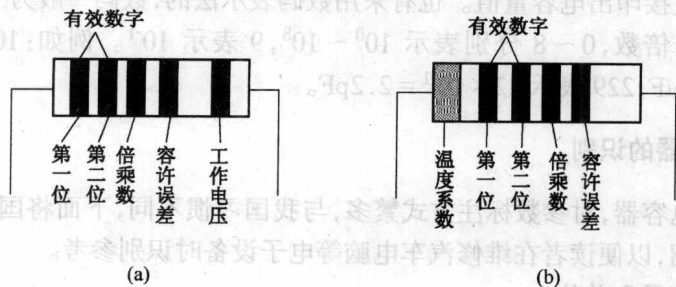


图 1-9 国外用色环表示电容量的方法

#### 四、固定电容器的串、并联使用

使用固定电容器时,可以根据电路需要,进行串、并联使用,具体方法如图 1-10 所示。

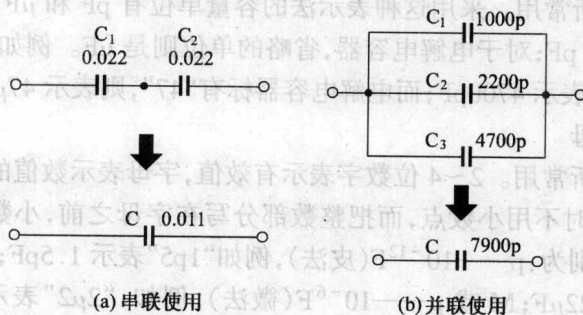


图 1-10 电容器的串并联使用

##### 1. 电容器的串联

参见图 1-10(a)。电容串联后的效果,等于增加了绝缘介质的厚度(即增接了两块金属电极之间的距离),因而总容量减小,并小于其中最小的一只电容的容量。总容量的倒数等于各电容量倒数之和,即

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

如果是两只电容串联,其总容量为

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

串联后电容(C)的工作电压,在电容量相等的情况下,等于每个电容( $C_1$ 、 $C_2$ )的工作电压之和,故串联后电容的工作电压升高。如工作电压为 25V 的两个电容量相等的电容串联,就相当于得到工作电压为 50V 的一只电容。

##### 2. 电容的并联

参见图 1-10(b)。将电容并联起来就等于两块金属电极的面积加大,因此,并联后的总

电容量增大,并等于各个电容器的容量之和。例如,需要电容量为 470pF 的电容,但是手头只有 220pF 和 47pF 的,这时候就可以取两个 220pF,一只 47pF 的电容器,将此三个电容并联,总容量为

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 220 + 220 + 47 = 487(\text{pF})$$

在应急时此方法较为常用。

电容并联时,每个电容上所承受的电压相等,因此,如果工作电压不相同的几只电容并联,必须把其中最低的工作电压作为并联后的工作电压。

## 五、固定电容器的检测方法

### 1. 测量方法

大部分的数字万用表具有测量电容的功能,其量程为 2000p、20n、200n、2 $\mu$  和 20 $\mu$  五个档位,个别表可能与之有些不同。测量时可将已放电的电容两引脚直接插入表板上的 C<sub>x</sub> 插孔,选取适当的量程以后就可以读取显示数据。

2000p 档,宜测量小于 2000pF 的电容;20n 档,宜测量 2000pF 至 20nF 之间的电容;200n 档,宜测量 20nF 至 200nF 之间的电容;2 $\mu$  档,宜测量 200nF 至 2 $\mu$ F 之间的电容;20 $\mu$  档,宜测量 2 $\mu$  至 20 $\mu$  之间的电容。

### 2. 使用电容档注意事项

(1)有的数字万用表在电容插座上标有极性,当测量有极性的电容时,被测电容器的极性应与电容插座的极性保持一致。

(2)新型数字万用表(如 DT890B 型)的电容档设有保护电路,在测量有极性的电解电容时,不必考虑电容的极性。具体操作可参照仪表使用说明书。

(3)测量之前必须将被测电容器的两个电极短路放电,然后再插入测量插座进行测试,以免损坏仪表。

(4)在测量大容量电容器时,读数需要数秒钟时间才能趋于稳定,应待液晶屏上显示的数字稳定以后再读取被测电容器的容量值。

## 六、检测电解电容器

### 1. 电解电容

电解电容器与普通固定电容器在结构上有很大的不同。电解电容器以金属板上的一层很薄的氧化膜作为介质,金属极板作为正极,负极则是固体或非固体的电解质。电解电容的种类很多,但是目前较为常用的为铝电解电容器和钽电解电容器,其外形如图 1-11(a)所示。图 1-11(b)是电解电容器的电路符号。

之所以在这里把电解电容单独列出来,是因为电解电容器在电子电路中应用非常普遍。铝电解电容器的正极是由铝箔做成的,负极是一种半糊状的电解质,而介质则是极薄的氧化铝膜。铝电解电容器多为两个引出脚,即有一个正极引脚和一个负极引脚。由于铝电解电容器的介质氧化膜容易被腐蚀,同时由于高温等因素影响而导致的电解质散失,使其可靠性



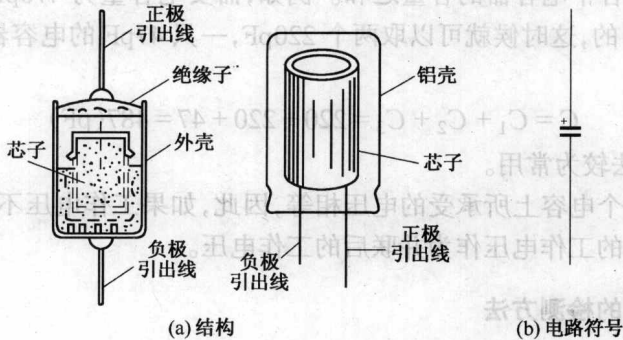


图 1-11 电解电容器的结构和电路符号

和寿命受到一定影响。

钽电解电容器采用氧化钽作为介质,其化学稳定性很高,因而具有寿命长、可靠性高等优点。因其制造工艺和成本问题,一般用于电容量较小的场合。

使用电解电容器时,必须将正极接高电位,负极接低电位。如果在使用中把两个电极弄颠倒,轻则使电容器击穿、失效,重则将使其发生爆裂。

## 2. 电解电容测量

对于小容量的电解电容,可以按照前面介绍的方法,直接用万用表的电容档位进行测量,但是一般的数字万用表(非电容专用测试表)其电容档的最大量程只有  $20\mu\text{F}$ ,不能直接测量容量超过此量程的电容。经实践证明,利用数字万用表可以观察电容器的充电过程,这实际上是以离散的数字量反映充电电压的变化情况。设数字万用表的测量速率为  $n$  次/秒,则在观察电容器的充电过程中,每秒钟即可看到  $n$  个彼此独立且依次增大的读数。根据万用表的这一特点,可以用它检测电容器的好坏和估测电容量的大小。此方法适合于测量  $0.1\mu\text{F}$ ~几千微法的大容量电容器。

(1)测量操作方法。如图 1-12(a)所示,将数字万用表拨至合适的电阻档位,红表笔和黑表笔分别接触被测电容器  $C_X$  的两极,这时显示值从“000”开始逐渐增加,直至显示溢出符号“1”。若始终显示“000”,说明电容器内部短路;若始终显示溢出,则可能是电容器内部极间开路,也可能是所选择的电阻档位不合适。检查电解电容器时需要注意,红表笔(带正电)接电容器正极,黑表笔接电容器负极。

(2)测量原理。用电阻档测量电容器的原理如图 1-12(b)所示。测量时,正电源经过标准电阻  $R_0$  向被测电容器  $C_X$  充电,刚开始充电的瞬间,因为  $V_{C_X}=0$ ,所以显示“000”。随着  $V_{C_X}$  逐渐升高,显示值随之增大。当  $V_{C_X}=2VR_0$  时,仪表开始显示溢出符号“1”。充电时间  $t$  为显示值从“000”变化到溢出所需要的时间,该段时间间隔可用秒表测出。

选择电阻档量程的原则是:当电容量较小时宜选用高阻档,而电容量较大时应选用低阻档。若选高阻档估测大电容,由于充电过程很缓慢,测量时间将持续很久;若选低阻档测量小容量电容,由于充电时间极短,仪表会一直显示溢出,看不到变化过程。需要注意的是,采