



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

# 电子技术应用实训

刘 琨 黄丹宇 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育实验实训规划教材



电力技术类

# 电子技术应用实训

主 编 刘 琨 黄丹宇  
编 写 张诗淋 张冬梅  
主 审 朱传琴



332996

广西工学院鹿山学院图书馆



d332996



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材（电力技术类）。

全书分为三章，第一章为实训基础，包括常用元器件的选用、常用电子仪器的使用、印制电路板的制作工艺、电子元器件的焊接工艺、电子电路设计的基本方法；第二章为电子实训，包括电源电路、开关电路、照明电路、门铃电路、报警电路、其他电路；第三章为 EWB 应用软件。使用者可根据专业和教学时数的不同，选择和组织内容。

本书主要作为高职高专电力技术类、自动化类等工科专业教材，也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

## 图书在版编目（CIP）数据

电子技术应用实训 / 刘琨, 黄丹宇主编. —北京: 中国电力出版社, 2010.5

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978-7-5123-0419-2

I. ①电… II. ①刘… ②黄… III. ①电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 084919 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 258 千字

定价 17.50 元

## 敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前 言

“电子技术”是高职高专工科学院校的重要课程之一,“电子技术应用实训”是“电子技术”的一个重要实践环节。电子技术应用实训以提高学生的实践动手能力为目标,以传授电子元器件及电子产品的基本知识、基本理论和技术为主线,以电子产品制作为训练手段,要求学生完成设计、装配和调试。考虑到高职高专教育的培养目标——应用型技术人才,编者在本书编写时注重学生应用能力和基本技能的培养,突出教育的职业性,适应当前高等职业教育的要求。本书具有以下特点:

(1) 知识面较宽。本书涵盖的知识面较宽,包括 EWB 应用软件、常用元器件的选用、常用电子仪器的使用、印制电路板的制作工艺、电子元器件的焊接工艺、电子电路设计的基本方法及各种实用电路,基本包含了工科类专业电子技术实训的主要内容。

(2) 实用性较强。本书将基本的技能训练与基础知识相结合,将传统技术与现代高新技术相结合。书中加入 EWB 应用软件,克服了传统的电子电路设计过程中,由于受工作场地、仪器设备等方面的限制,使一些必要的调试无法进行的弊端,既能准确验证所设计的电路是否达到设计要求与设计指标,又能通过改变电路元器件参数,使设计的电路性能达到最佳,从而大大提高了电子电路设计的效率与质量。第二章介绍的制作电路都以实际应用为基础,具有实用价值。电路设计合理,电路中元件、集成电路都给出具体的型号与参数,而且集成块等器件都是当前市场上流行的、容易买到的,学生在设计电路时可直接借鉴或参考。

(3) 具有通用性。本书编写主要以自动化专业和机电一体化专业的学生为教学对象,兼顾电子、电子信息、计算机专业及其他非电专业的学生,具有较强的通用性。

本书由沈阳职业技术学院刘琨主编,并拟定了编写大纲。刘琨编写第一章,黄丹宇编写第二章,张诗淋编写第三章,张冬梅参加了部分内容的编写。全书由刘琨统稿。山东电力高等专科学校朱传琴老师担任本书主审。书中还引用了国内外许多专家、学者的著作,在此一并致以衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之时间较紧,书中难免存在缺点和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 8 月

# 目 录

## 前言

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一章 实训基础 .....        | 1   |
| 第一节 常用元器件的选用 .....    | 1   |
| 第二节 常用电子仪器的使用 .....   | 37  |
| 第三节 印制电路板的制作工艺 .....  | 57  |
| 第四节 电子元器件的焊接工艺 .....  | 75  |
| 第五节 电子电路设计的基本方法 ..... | 84  |
| 习题 .....              | 96  |
| 第二章 电子实训 .....        | 98  |
| 第一节 电源电路 .....        | 98  |
| 第二节 开关电路 .....        | 101 |
| 第三节 照明电路 .....        | 105 |
| 第四节 门铃电路 .....        | 109 |
| 第五节 报警电路 .....        | 113 |
| 第六节 其他电路 .....        | 116 |
| 习题 .....              | 128 |
| 第三章 EWB 应用软件 .....    | 130 |
| 第一节 概述 .....          | 130 |
| 第二节 EWB 的软件界面 .....   | 131 |
| 第三节 EWB 的元器件 .....    | 140 |
| 第四节 EWB 的操作方法 .....   | 143 |
| 第五节 EWB 的电路分析功能 ..... | 154 |
| 第六节 EWB 的电路分析功能 ..... | 155 |
| 习题 .....              | 164 |
| 参考文献 .....            | 165 |

# 第一章 实训基础

## 第一节 常用元器件的选用

### 一、电阻器

电阻器（简称电阻）是在电子电路中用得最多的元件之一。它在电路中的作用可以简单记为：串联分压，并联分流。也就是，电阻用在串联电路中起着限流和分压的作用，在并联电路中起着分流作用。电阻的作用还有许多，要根据其在电路中的位置具体分析。常见电阻的图形符号如图 1-1 所示。



图 1-1 电阻的图形符号

#### （一）电阻的种类

电阻的种类繁多，结构形式各有不同，功率也不同，在电路中用来控制电流、分配电压。

##### 1. 按结构形式分类

电阻按结构形式分为固定电阻、可变电阻两大类。固定电阻的电阻值是固定不变的，阻值的大小就是它的标称值。固定电阻常用字母“R”表示。

##### 2. 按制作材料分类

电阻按制作材料分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。

##### 3. 按用途分类

电阻按用途分为精密电阻、高频电阻、高压电阻、大功率电阻、热敏电阻、熔断电阻等。

#### （二）常用的固定电阻

几种常用固定电阻的外形和特点见表 1-1。

表 1-1 几种常用固定电阻的外形和特点

| 名称 | 碳膜电阻 (RT)                              | 金属膜电阻 (RJ)                        | 线绕电阻 (RX)                         | 金属氧化膜电阻 (RY)        | 水泥电阻                                    | 片状电阻 (RL)          | 集成电阻 (B-YW)                    |
|----|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 外形 |                                        |                                   |                                   |                     |                                         |                    |                                |
| 结构 | 陶瓷管架上高温沉积碳氢化合物电阻材料，通过厚度和刻槽控制阻值，表面涂有保护漆 | 陶瓷管架上用真空蒸发或浇渗法形成金属膜（镍铬合金），表面涂有保护漆 | 合金丝（康铜、锰铜或镍铬合金）绕在瓷管架上，表面涂有保护漆或玻璃釉 | 金属盐溶液在陶瓷管架上水解沉积成膜而成 | 将电阻线绕于无碱性耐热瓷件上或用氧化膜电阻等，用特殊不燃性耐热水泥充填密封而成 | 采用高稳定金属膜在陶瓷基体上蒸发制成 | 采用高稳定金属膜在陶瓷基体上蒸发或溅射而成的高准确度电阻网络 |

续表

| 名称            | 碳膜电阻<br>(RT)                          | 金属膜电阻<br>(RJ)                                                 | 线绕电阻<br>(RX)                                       | 金属氧化膜<br>电阻 (RY)                   | 水泥电阻                            | 片状电阻<br>(RL)                                    | 集成电阻<br>(B-YW)                          |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 阻值<br>及<br>功率 | 1Ω~10MΩ,<br>0.125~10W                 | 1Ω~620MΩ,<br>0.125~5W                                         | 0.1Ω~5MΩ,<br>0.125~500W                            | 1Ω~1MΩ,<br>25W~50kW                | 1Ω~200kΩ,<br>0.5~50W            | 1Ω~1MΩ,<br>1/32~3W                              | 51Ω~33kΩ                                |
| 特点            | 稳定, 电压<br>和频率变化影<br>响小, 负温度<br>系数, 价廉 | 耐热, 稳定性<br>和温度系数都<br>优于碳膜, 体<br>积小, 准确度高,<br>可达0.5%~<br>0.05% | 低噪声, 高<br>线性度, 温度<br>系数小, 稳定<br>度高, 工作温<br>度可达315℃ | 抗氧化性和<br>耐高温, 高温<br>下热稳定性优<br>于金属膜 | 具有耐高功<br>率、散热性好、<br>稳定性高等<br>特点 | 体积小, 无<br>引脚, 高准确<br>度, 高稳定,<br>温度系数小,<br>高频特性好 | 高准确度, 高<br>稳定, 低噪声,<br>温度系数小, 高<br>频特性好 |
| 应用            | 民用低档电<br>子产品                          | 要求较高的<br>电子产品                                                 | 大功率, 高<br>稳定性, 高温<br>工作场合                          | 补充金属膜<br>大功率及低阻<br>值部分             | 用于电源和<br>功率电路中的<br>分流和降压        | 计算机、通<br>信及家用电<br>器、精密仪<br>器、仪表等                | 计算机、仪器、<br>仪表及特殊要求<br>电路                |

### (三) 电阻型号的命名

电阻的型号一般由四部分组成, 各部分的含义如图 1-2 所示。其命名方法见表 1-2。

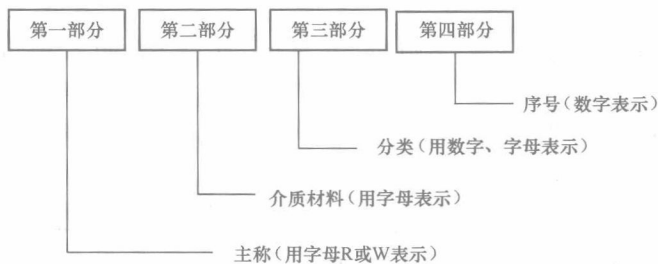


图 1-2 固定电阻的型号含义

表 1-2 电阻型号的命名方法

| 第一部分 |     | 第二部分 |         | 第三部分 |     | 第四部分 |
|------|-----|------|---------|------|-----|------|
| 主 称  |     | 材 料  |         | 分 类  |     | 序 号  |
| 符号   | 意义  | 符号   | 意义      | 符号   | 意义  |      |
| R    | 电阻  | T    | 碳膜      | 1    | 普通  |      |
| W    | 电位器 | P    | 硼碳膜     | 2    | 普通  |      |
|      |     | U    | 硅碳膜     | 3    | 超高频 |      |
|      |     | H    | 合成膜     | 4    | 高阻  |      |
|      |     | I    | 玻璃釉膜    | 5    | 高温  |      |
|      |     | J    | 金属膜 (箔) | 7    | 精密  |      |

续表

| 第一部分 |  | 第二部分 |      | 第三部分 |                 | 第四部分 |
|------|--|------|------|------|-----------------|------|
| 主 称  |  | 材 料  |      | 分 类  |                 | 序 号  |
|      |  | Y    | 氧化膜  | 8    | 电阻：高压<br>电位器：特殊 |      |
|      |  | S    | 有机实心 | 9    | 特殊              |      |
|      |  | N    | 无机实心 | G    | 高功率             |      |
|      |  | X    | 绕线   | T    | 可调              |      |
|      |  | G    | 光敏   | X    | 小型              |      |
|      |  |      |      | L    | 测量用             |      |
|      |  |      |      | W    | 微调              |      |

#### （四）电阻的主要参数及标识

在电阻的使用中，必须正确应用电阻的参数。普通电阻使用中最常用的参数是标称阻值、允许误差和额定功率。

##### 1. 标称电阻值和允许误差

每个电阻都按系列生产，在电阻上所标的阻值称为标称阻值。目前电阻标称阻值有三大系列，即 E6、E12、E24，其中 E24 系列最全。现将其列入表 1-3。电阻的实际阻值和标称值之差除以标称值所得到的百分数，为电阻的允许误差。误差越小的电阻，其标称值规格越多，电阻准确度越高。

表 1-3

常用电阻的标称阻值系列

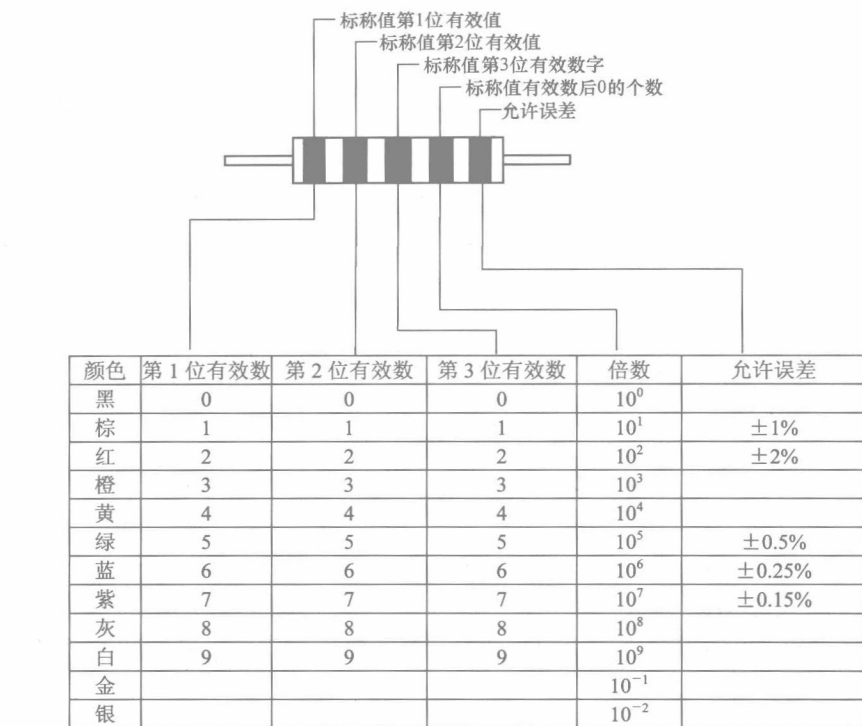
| 系 列 | 允许误差  | 电阻系列标称值                                                                                         |
|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E24 | I 级   | 1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1 |
| E12 | II 级  | 1.0、1.1、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2                                                 |
| E6  | III 级 | 1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8                                                                         |

阻值和允许误差在电阻上常用的标识方法有下列三种。

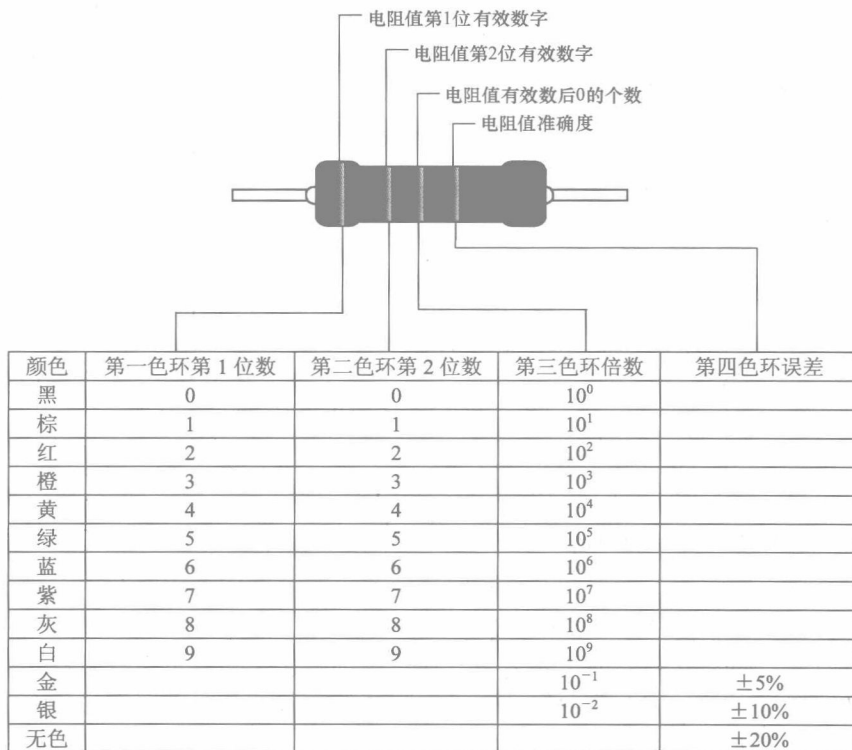
（1）直接标识法。将电阻的阻值和允许误差等级直接用数字印在电阻器上。例如，电阻上印有  $50\text{k}\Omega \pm 5\%$ ，则阻值为  $50\text{k}\Omega$ ，允许误差为  $\pm 5\%$ 。

（2）文字符号法。将需要标识的主要参数与技术指标用文字和数字符号有规律地标注在产品表面上。文字符号  $\Omega$ 、k、M 前面的数字表示阻值的整数部分，文字符号后面的数字表示阻值的小数部分。例如，2k7 表示阻值为  $2.7\text{k}\Omega$ 。

（3）色环标识法。对体积很小的电阻和一些合成电阻，其阻值和误差常用色环来标注，如图 1-3 所示。色环标识法有四环和五环两种。色环电阻的单位一律为  $\Omega$ 。



(a)



(b)

图 1-3 电阻的色环标识法

(a) 普通型; (b) 精密型

采用色环标识的电阻器，颜色醒目，标注清晰，不易褪色，从不同的角度都能看清阻值和允许误差。目前在国际上广泛采用色标法。

## 2. 电阻的额定功率

电阻在交直流电路中长期连续工作所允许消耗的最大功率，称为电阻的额定功率。电路中，电阻的额定功率大于电阻实际功率值的 1.5~2 倍以上；否则，电阻的阻值及其他性能将会发生改变，甚至烧毁。

## （五）电阻的检测

### 1. 外观检查

对于固定电阻，应查看标志是否清晰，保护漆是否完好，有无烧焦、伤痕、裂痕、腐蚀现象，电阻体与引脚是否紧密接触等；对于电位器，还应检查转轴是否灵活，松紧是否适当；有开关的还要检查开关动作是否正常。

### 2. 用万用表检测

（1）固定电阻的检测。用万用表的电阻挡对电阻进行测量，对于测量不同阻值的电阻选择万用表的不同倍乘挡。对于指针式万用表，由于电阻挡的示数是非线性的，阻值越大，示数越密，所以选择合适的量程，应使表针偏转角大些，指示于  $1/3 \sim 2/3$  满量程，读数更为准确。如测得阻值超过该电阻的误差范围、阻值无限大、阻值为 0 或阻值不稳，说明该电阻已坏。

在测量中注意拿电阻的手不要与电阻的两个引脚相接触，这样会使手所呈现的电阻与被测电阻并联，影响测量的准确性。另外，不能在带电情况下用万用表电阻挡检测电阻中电阻的阻值。在线检测应首先断电，再将电阻从电路中断开，然后进行测量。

（2）可变电阻和电位器的检测。首先测量两固定端之间电阻值是否正常，若为无限大或为  $0\Omega$ ，或与标称相差较大，超过误差允许范围，都说明电阻已损坏。若电阻体阻值正常，再将万用表一只表笔接电位器滑动端，另一只表笔接电位器（可调电阻）的任一固定端，缓慢旋动轴柄，观察表针是否平稳变化。当从一端旋向另一端时，其阻值从零欧变化到标称值（或相反），并且无跳变或抖动等现象，则说明电位器正常；若在旋转的过程中有跳变或抖动现象，说明滑动点与电阻体接触不良。

### 3. 用电桥测量电阻

如果要求精确测量电阻器的阻值，可通过电桥（数字式）进行测试。将电阻插入电桥元件测量端，选择合适的量程，即可从显示器上读出电阻器的阻值。例如，用电阻丝自制电阻或对固定电阻器进行处理来获得某一较为精确的电阻值时，就必须用电桥测量自制电阻的阻值。

## （六）电阻的选用

### （1）按用途选择电阻的种类。

（2）在一般档次的电子产品中，选用碳膜电阻就可满足要求。对于环境较恶劣的地方或精密仪器中，应选用金属膜电阻。

（3）正确选取阻值和允许误差。对一般电路，选用误差为  $\pm 0.5\%$  的电阻即可，对于精密仪器应选用高准确度的电阻。

（4）为保证电阻可靠耐用，其额定功率应是实际功率的 2~3 倍。

（5）电阻安装前，应将引线处理一下，保证焊接可靠。高频电路中电阻引线不宜长，以减少分布参数的影响；小型电阻的引线不宜短，一般为 5mm 左右。

(6) 使用电阻, 应注意电阻两端所承受的最高工作电压。

(7) 电阻绝缘性能要良好, 不能有脱漆现象等。

## 二、电容器

电容器是一种储能器件, 是组成电子电路的基本器件之一。它被广泛地用于耦合、滤波、隔直流、调谐电路中, 以及与电感器件组成振荡电路。在电力系统中, 它可用以改善系统的功率因数, 提高电能的利用率; 在机械加工工艺中, 它可用以火花加工。



常见电容器图形符号如图 1-4 所示。

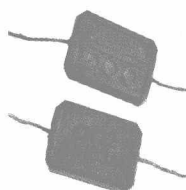
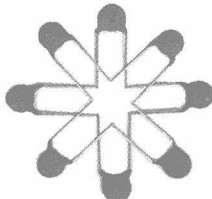
### (一) 电容器的种类

电容器按结构形式可分为固定电容器、半可变电容器和可变电容器; 按介质材料可分为空气介质电容器、纸介质电容器、有机固体介质电容器、无机固体介质电容器、电解电容器等; 按阳极材料可分为铝电解质电容器、钽电解质电容器; 按极性可分为有极性电容器、无极性电容器。

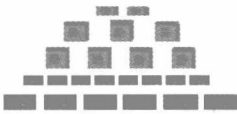
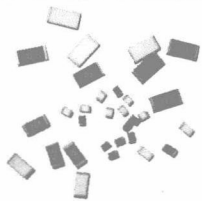
### (二) 常用的固定电容

几种常用固定电容器的外形和特点见表 1-4。

表 1-4 几种常用固定电容器的外形和特点

| 名 称             | 外 形                                                                                 | 主 要 特 点              | 主 要 应 用                     | 主要参数 (范围)   |          |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------|----------|
|                 |                                                                                     |                      |                             | 电容量         | 额定电压 (V) |
| 聚酯电容器<br>(CL)   |   | 小体积、大容量, 耐热、耐湿, 稳定性差 | 对于稳定性和损耗要求不高的低频电路           | 400pF~4μF   | 63~630   |
| 聚丙烯电容器<br>(CBB) |  | 低损耗, 体积小, 比聚苯乙烯稳定性略差 | 对于稳定性和损耗要求较高的电路, 可代替聚苯和云母电容 | 1000pF~10μF | 63~2000  |
| 云母电容器<br>(CY)   |  | 高稳定性, 高可靠性, 温度系数小    | 高频振荡和脉冲电路等要求较高的电路           | 10pF~0.1μF  | 100~7000 |
| 高频瓷介电容器<br>(CC) |  | 高频损耗小, 稳定性好          | 高频电路                        | 1~6800pF    | 63~500   |

续表

| 名 称             | 外 形                                                                               | 主 要 特 点               | 主 要 应 用          | 主要参数（范围）     |         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------|---------|
|                 |                                                                                   |                       |                  | 电容量          | 额定电压（V） |
| 铝电解电容器（CD）      |  | 体积小，容量大，损耗、漏电流小，有极性   | 电源滤波，低频耦合，去耦合旁路等 | 0.47~10000μF | 6.3~450 |
| 钽、铌电解电容器（CA、CN） |  | 体积小，容量大，损耗、漏电流小于铝电解电容 | 在要求较高的电路中代替铝电解电容 | 0.1~1000μF   | 6.3~125 |
| 贴片容量器           |  | 体积小，无引脚，分布参数小         | 在要求较高的电路中        | 1.5pF~100μF  | 4~50    |

### （三）电容器型号的命名

电容器的型号含义如图 1-5 所示。其命名方法见表 1-5。

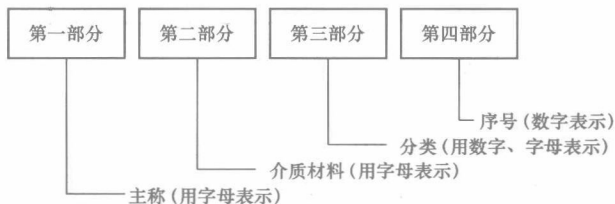


图 1-5 电容器的型号含义

表 1-5

电容器型号的命名方法

| 第一部分 |    | 第二部分 |       | 第三部分  |    |     |     | 第四部分  |
|------|----|------|-------|-------|----|-----|-----|-------|
| 主 称  |    | 材 料  |       | 特征、分类 |    |     |     | 序 号   |
| 符号   | 意义 | 符号   | 意义    | 符号    | 意义 |     |     |       |
|      |    |      |       |       | 瓷介 | 云母  | 有机  | 电解电容  |
| C    | 电容 | A    | 钽电解质  | 1     | 圆片 | 非密封 | 密封  | 箔式    |
|      |    | B    | 聚苯乙烯等 | 2     | 管形 | 非密封 | 非密封 | 箔式    |
|      |    | BF   | 聚四氟乙烯 | 3     | 叠片 | 密封  | 密封  | 烧结粉固体 |
|      |    | C    | 高频瓷   | 4     | 独石 | 密封  | 密封  | 烧结粉固体 |

对于材料相同，性能指标、大小尺寸有区别，但不影响互换使用的产品，给同一序号；其性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面再用大写字母作区别代号

续表

| 第一部分 |    | 第二部分 |       | 第三部分  |      |    |    |     | 第四部分                                                                      |
|------|----|------|-------|-------|------|----|----|-----|---------------------------------------------------------------------------|
| 主 称  |    | 材 料  |       | 特征、分类 |      |    |    |     | 序 号                                                                       |
| C    | 电容 | D    | 铝电解质  | 5     | 穿心   |    |    |     | 对于材料相同，性能指标、大小尺寸有区别，但不影响互换使用的产品，给同一序号；其性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面再用大写字母作区别代号 |
|      |    | E    | 其他材料  | 6     | 支柱   |    |    |     |                                                                           |
|      |    | G    | 合金电解质 | 7     |      |    |    | 无极性 |                                                                           |
|      |    | H    | 复合介质  | 8     | 高压   | 高压 | 高压 |     |                                                                           |
|      |    | I    | 玻璃釉   | 9     |      |    | 特殊 | 特殊  |                                                                           |
|      |    | J    | 金属化纸  | G     | 高功率  |    |    |     |                                                                           |
|      |    | L    | 涤纶    | T     | 叠片式  |    |    |     |                                                                           |
|      |    | N    | 铌电解质  | W     | 微调电容 |    |    |     |                                                                           |
|      |    | O    | 玻璃膜   |       |      |    |    |     |                                                                           |
|      |    | Q    | 漆膜    |       |      |    |    |     |                                                                           |
|      |    | S    | 聚碳酸酯  |       |      |    |    |     |                                                                           |
|      |    | T    | 低频瓷   |       |      |    |    |     |                                                                           |
|      |    | V    | 云母纸   |       |      |    |    |     |                                                                           |
|      |    | Y    | 云母    |       |      |    |    |     |                                                                           |
| Z    | 纸介 |      |       |       |      |    |    |     |                                                                           |

(四) 电容器的主要参数及标识

1. 标称容量与允许误差

电容器的容量表示电容储存电荷的能力。标称容量是标记在电容器上的名义电容量，常用电容器容量的标称值系列见表 1-6。任何电容器容量的标称值都满足表 1-6 中数据乘以 10<sup>n</sup>（n 为整数）。实际电容器的容量与标称值之间的最大允许误差范围，称为电容量的允许误差。固定电容器的允许误差等级分为 8 级，见表 1-7。

表 1-6 常用电容器容量的标称值系列

| 电容器类别                          | 标称值系列                                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 高频纸介质、云母介质、玻璃釉介质、高频（无极性）有机薄膜介质 | 1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1 |
| 纸介质、金属化纸介质、复合介质、低频（有极性）有机薄膜介质  | 1.0、1.5、2.0、2.2、3.3、4.0、4.7、5.0、6.0、6.8、8.0                                                     |
| 电解电容量                          | 1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8                                                                         |

表 1-7 电容器的允许误差等级

| 级别      | 01 | 02 | I  | II  | III | IV      | V       | VI       |
|---------|----|----|----|-----|-----|---------|---------|----------|
| 允许误差（%） | ±1 | ±2 | ±5 | ±10 | ±20 | +20～-30 | +50～-20 | +100～-10 |

电容器的容量及误差标注方法如下:

(1) 电容量数字标注方法。用3位整数表示,第1、第2位为电容量的有效数字,第3位为有效数字后面加零的个数,单位为pF。例如223表示22000pF电容量。但当第3位为9时,并不表示有效数字后加9个0,而是表示有效数字乘以 $10^{-1}$ ,这是一个特例应加以注意。

(2) 电容量的文字表示方法。将电容量的整数部分写在电容量单位标注符号的前面,小数部分写在电容量单位标注符号的后面,类似电阻阻值的文字标注法。例如3p3=3.3pF, 1μ1=1.1μF, 2n2=2.2nF。

(3) 误差标注方法有:

1) 将电容量的允许误差直接标注在电容器上。

2) 用罗马数字“I”、“II”、“III”分别标注在电容器上,表示允许误差为±5%、±10%、±20%。

3) 用英文字母表示允许误差等级。D、F、G、J、K、M、N、P、S、Z分别表示允许误差为±0.5%、±1%、±2%、±5%、±10%、±20%、± $\frac{100}{0}\%$ 、± $\frac{50}{20}\%$ 、± $\frac{80}{20}\%$ 。

(4) 电容量误差的色标标注法,其标注原则与电阻色标法相同,标注单位为pF。

## 2. 额定工作电压

额定工作电压是指电容器在规定的工作温度范围内,长期、可靠地工作所能承受的最高电压(又称耐压值)。常用固定电容器的耐压值有1.6、4、6.3、10、25、32(\*）、40、50(\*）、63、100、125、160、250、300(\*）、400、450(\*）、500、630、1000V等,其中有“\*”的只限于电解电容器。耐压值一般都直接标注在电容器上。

## 3. 其他参数

电容器还有绝缘电阻和介质损耗等参数,限于篇幅,在此不作介绍。

## (五) 电容器的简易测试

电容器在使用前应对其漏电情况进行检测。容量在1~100μF内的电容用R×1k挡检测;容量大于100μF的电容用R×10挡检测。下面介绍具体检测方法。将万用表两表笔分别接在电容的两端,指针应先向右摆动,然后回到“∞”位置附近。表笔对调重复上述过程,若指针距“∞”处很近或指在“∞”位置上,说明漏电电阻大,电容性能好;若指针距“∞”处较远,说明漏电电阻小,电容性能差;若指针在“0”处始终不动,说明电容内部短路。对于500pF以下的小容量电容器,由于容量小、充电时间快、充电电流小,用万用表的高阻值挡也看不出指针摆动,可借助电容表直接测量其容量。

## (六) 电容器的选用

电容器的种类繁多,性能指标各异,合理选用电容器对产品设计十分重要。

### 1. 不同的电路应选用不同种类的电容器

在电源滤波、去耦电路中要选用电解电容器;在高频、高压电路中应选用瓷介电容、云母电容;在谐振电路中,可选用云母、陶瓷和有机薄膜等电容器;用作隔直流时,可选用纸介、涤纶、云母、电解等电容器;用在调谐回路时,可选用空气介质或小型密封可变电容器。

### 2. 电容器耐压的选择

电容器的额定电压应高于实际工作电压的10%~20%,对工作稳定性较差的电路,可留

有更大的余量，以确保电容器不被损坏和击穿。

### 3. 容量的选择

对业余的小制作一般不必考虑电容器的误差；对于震荡、延时电路，电容器容量误差应尽可能小，选择误差应小于 5%；对于低频耦合电路的电容器，其误差可大一些，一般 10%~20%就能满足要求。

### 4. 注意电容器的引线形式

可根据实际需要选择焊片引出、接线引出和螺丝引出等，以适应线路的插孔要求。

### 5. 其他

电容器在选用时不仅要注意以上几点，有时还要考虑其体积、价格和电容器所处的工作环境（温度、湿度）等情况。

### 6. 电容器的代用

在选购电容器的时候可能买不到所需要的型号或所需容量的电容器，或在维修时手头有的与所需的不相符合时，便考虑代用。代用的原则是：电容器的容量基本相同；电容器的耐压值不低于原电容器的耐压值；对于旁路电容、耦合电容，可选用比原电容容量大的代用；在高频电路中，代换时一定要考虑频率特性应满足电路的要求。

## （七）电容器使用注意事项

（1）使用电容器时应测量其绝缘电阻，其值应该符合使用要求。

（2）电容器外形应该完整，引线不应松动。

（3）电解电容器极性不能接反。

（4）电容器耐压应符合要求，如果耐压不够可采用串联的方法。

（5）某些电容器，其外壳有黑点或黑圈，在接入电路时应将该端接低电位或低阻抗的一端（接地）。作电源去耦及旁路用的电容器时，通常应使用两只电容器并联工作，一只先用较大容量的电解电容器，作为低频通路；另选一只小容量的云母或瓷介电容器作为高频通路。

（6）温度对电解电容器的漏电流、容量及寿命都有影响，一般的电解电容器只能在 50℃ 以下环境使用。

（7）用于脉冲电路中的电容器，应选用频率特性和耐温性能较好的电容器，一般为涤纶、云母和聚苯乙烯等电容器。

（8）可变电容器的动片应良好接地。

（9）可变电容器使用日久，动片间会有灰尘，应定期清洁处理。

## 三、电感器

凡是能产生电感作用的元件统称为电感元件，也称为电感器，简称为电感。通常电感器由线圈构成，又称为电感线圈。在电子整机中，电感器主要指线圈和变压器等。



图 1-6 电感器的图形符号

电感器有通直流而阻碍交流的作用，可以在交流电路中作阻流、降压、耦合和负载用。电感器与电容器配合时，可以构成调谐、滤波、选频、退耦等电路。

常见电感器图形符号如图 1-6 所示。

### （一）电感种类

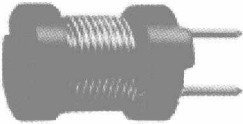
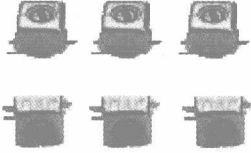
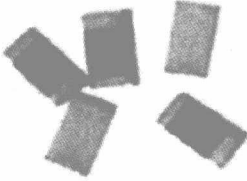
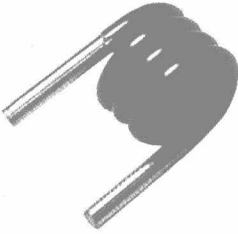
电感器可分为固定电感和可变电感两大类。它按导磁性质可分为空心线圈、磁心线圈和

铜心线圈等；按用途可分为高频扼流线圈、低频扼流线圈、调谐线圈、退耦线圈、提升线圈和稳频线圈等；按结构特点可分为单层、多层、蜂房式、磁心式等。

### （二）常用电感器

常用电感器的外形及特点见表 1-8。

表 1-8 常用电感器外形及特点

| 名 称   | 示 意 图                                                                               | 说 明                                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 固定电感器 |    | 体积小、重量轻、结构牢固、安装方便，广泛应用于电视机等家用电器中                                                |
| 扼流线圈  |    | 分高频扼流线圈和低频扼流线圈。高频扼流线圈在高频电路中阻止高频信号通过，而让低频信号畅通无阻；低频扼流线圈用于滤除整流后的残余交流成分，从而让直流成分顺利通过 |
| 可变电感器 |   | 在线圈中加装磁心，并通过调节其在线圈中的位置来改变电感量。体积小，损耗小，分部电容小，电感量可在所需范围内调节。例如，收音机中的磁棒天线就是可变电感器     |
| 微调电感器 |  | 在线圈中间装有可调节的磁心（或磁帽）。通过调节磁心或磁帽在线圈中的位置，微量改变电感量。电感量改变微小，以满足生产、调试的需要                 |
| 空心线圈  |  | 由于没有铁心，故电感量往往很小，一般只用在高频电路中                                                      |

### （三）电感器的命名方法

电感器的型号一般由四部分组成，各部分的含义如图 1-7 所示。

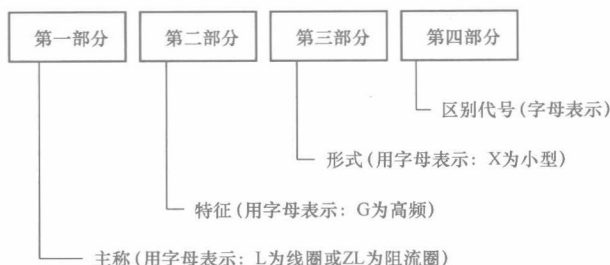


图 1-7 电感器的型号含义

电感器的型号中，第一部分是主称，用字母表示（其中 L 表示线圈，ZL 表示高频或低频阻流圈）；第二部分是特征，用字母表示（其中 G 表示高频）；第三部分是形式，也用字母表示（其中 X 表示小型）；第四部分是区别代号，用字母表示。例如，LGX 表示小型高频电感线圈。

#### （四）电感器的主要参数及标识

##### 1. 电感器的主要参数

（1）电感量  $L$ 。电感量  $L$  表示线圈本身固有特性，与电流大小无关。除专门的电感线圈（色码电感）外，电感量一般不专门标注在线圈上，而以特定的名称标注。

（2）感抗  $X_L$ 。电感线圈对交流电流阻碍作用的大小称感抗  $X_L$ ，单位是  $\Omega$ （欧姆）。它与电感量  $L$  和交流电频率  $f$  的关系为  $X_L = 2\pi fL$ 。

（3）品质因素  $Q$ 。品质因素  $Q$  是表示线圈质量的一个物理量， $Q$  为感抗  $X_L$  与其等效的电阻的比值，即  $Q = X_L / R$ 。线圈的  $Q$  值越高，回路的损耗越小。线圈的  $Q$  值与导线的直流电阻、骨架的介质损耗、屏蔽罩或铁心引起的损耗、高频集肤效应的影响等因素有关。线圈的  $Q$  值通常为几十到几百。

（4）分布电容。线圈的匝与匝间、线圈与屏蔽罩间、线圈与底板间存在的电容被称为分布电容。分布电容的存在使线圈的  $Q$  值减小、稳定性变差，因而线圈的分布电容越小越好。

##### 2. 电感器的标识

为了表明各种电感器的不同参数，便于在生产、维修时识别，常在小型固定电感器的外壳上涂上标识，其标志方法有直标法、色标法和电感值数码法三种。

（1）直标法。直标法是指在小型固定电感器的外壳上，直接用文字标出电感器的主要参数，如电感量、误差值、最大直流工作的对应电流等。小型固定电感器的电感量在  $0.1 \sim 1.00\text{mH}$  之间，误差等级有 I 级（ $\pm 0.5\%$ ）、II 级（ $\pm 10\%$ ）、III 级（ $\pm 20\%$ ），最大工作电流常用字母 A、B、C、D、E 等表示。例如，电感器外壳上标有  $3.9\text{mH}$ 、A、II 等字样，则表示其电感量为  $3.9\text{mH}$ ，误差为 II 级（ $\pm 10\%$ ），最大工作电流为 A 挡（ $50\text{mA}$ ）。

（2）色标法。色标法是指在电感器的外壳涂上各种不同颜色的环，用来标注其主要参数。第一条色环表示电感量的第 1 位有效数字；第二条色环表示第 2 位有效数字；第三条色环表示倍乘数（即  $10^n$ ）；第四条表示允许偏差。数字与颜色的对应关系和色环电阻标志法相同，其单位为  $\mu\text{H}$ 。

例如，某电感器的色环标志为棕红红银，表示其电感量为  $12 \times 10^2 \pm 10\% \mu\text{H}$ 。

（3）数码法。标称电感值采用 3 位数字表示，前 2 位数字表示电感值的有效数字，第 3