 国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材

电子产品 设计与制作

刘吉祥 董一冰◎主 编

杨 帆 毛 松◎副主编

电子技术应用
专业

 中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS

国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材
(电子技术应用专业)

电子产品设计与制作

刘吉祥 董一冰 主 编
杨 帆 毛 松 副主编

中国财富出版社

做岗贵成 · 做基兼甲 · 究以研资 · 育报社报

图书在版编目 (CIP) 数据

电子产品设计与制作 / 刘吉祥, 董一冰主编. —北京: 中国财富出版社, 2014. 6
(国家中等职业教育改革发展示范学校特色教材. 电子技术应用专业)
ISBN 978 - 7 - 5047 - 5274 - 1

I. ①电… II. ①刘… ②董… III. ①电子工业—产品—设计—中等专业学校—教材 ②电子工业—产品—生产工艺—中等专业学校—教材 IV. ①TN602 ②TN605

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 139981 号

策划编辑 崔 旺

责任印制 方朋远

责任编辑 敬 东 崔 旺

责任校对 杨小静

出版发行 中国财富出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010 - 52227568 (发行部) 010 - 52227588 转 307 (总编室)

010 - 68589540 (读者服务部) 010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京京都六环印刷厂

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 5274 - 1 / TN · 0003

开 本 787mm × 1092mm 1/16 版 次 2014 年 6 月第 1 版

印 张 7.75 印 次 2014 年 6 月第 1 次印刷

字 数 179 千字 定 价 18.00 元

20 电子技术产品工艺 章六第

20 电子技术产品工艺 章一第

101 电子技术产品工艺 章二第

111 第一章 常用电子元器件识别与检测 正文卷卷

| | |
|---------------------------------|----|
| 第一章 常用电子元器件识别与检测 | 1 |
| 第一节 电阻 | 1 |
| 第二节 电容器 | 7 |
| 第三节 电感器 | 13 |
| 第四节 变压器 | 16 |
| 第五节 晶体管二极管 | 21 |
| 第六节 晶体管三极管 | 29 |
| 第七节 集成电路元件 | 35 |
| | |
| 第二章 常用电子仪器仪表的认识与使用 | 38 |
| 第一节 焊接常用工具及使用 | 38 |
| 第二节 常用检测仪器仪表及使用 | 44 |
| | |
| 第三章 电子产品生产工艺 | 51 |
| 第一节 安全知识 | 51 |
| 第二节 电子产品生产的基本知识 | 54 |
| 第三节 电子产品生产工艺 | 57 |
| | |
| 第四章 直流稳压电源的设计与制作 | 67 |
| 第一节 直流稳压电源电路设计 | 67 |
| 第二节 直流稳压电源制作与调试方法 | 71 |
| | |
| 第五章 数字钟的设计与制作 | 79 |
| 第一节 数字钟的基础知识及设计方法 | 79 |
| 第二节 数字钟的制作与调试方法 | 87 |

第六章 电子秤的设计与制作 95

第一节 电子秤的电路设计 95

第二节 电子秤的制作与调试方法 107

参考文献 117

目 录

1 第一章 绪论

1 第一节 电子秤的组成

7 第二节 电子秤的测量原理

13 第三节 电子秤的测量误差

16 第四节 电子秤的测量方法

21 第五节 电子秤的测量结果

29 第六节 电子秤的测量结果

37 第七节 电子秤的测量结果

38 第二章 电子秤的组成

38 第一节 电子秤的组成

44 第二节 电子秤的组成

51 第三章 电子秤的测量原理

51 第一节 电子秤的测量原理

54 第二节 电子秤的测量原理

57 第三节 电子秤的测量原理

67 第四章 电子秤的测量误差

67 第一节 电子秤的测量误差

71 第二节 电子秤的测量误差

79 第五章 电子秤的测量方法

79 第一节 电子秤的测量方法

87 第二节 电子秤的测量方法

第一章 常用电子元器件识别与检测

第一节 电阻

一、电阻器的功能

物体对电流的阻碍作用称为电阻，利用这种阻碍作用制成的元件称为电阻器，简称电阻，其外观与电路符号如图 1-1 所示。电阻在电子电路中通常起限流、分流、降压、分压、负载等作用，还可以与电容配合做滤波器。电阻是电子电气设备中使用量最大、应用面最广的元器件。

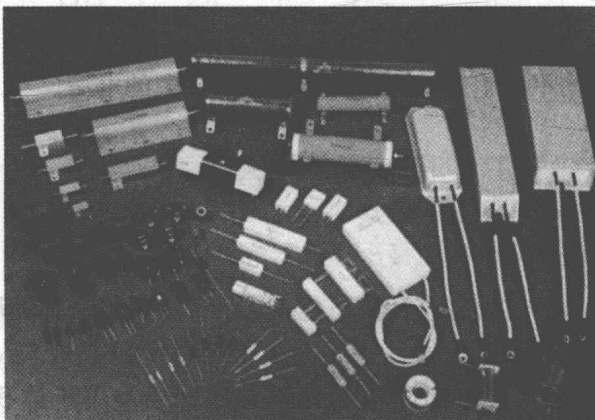


图 1-1 电阻的外观与电路符号

二、电阻的主要参数

(一) 标称阻值 R

标称阻值是指电阻上标出的阻值（对热敏电阻，则指 25℃ 时的电阻值）。在国际单位制里，电阻的单位是欧姆，简称欧，符号是 Ω ，常用的电阻单位有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)，换算关系是：

$$1 \text{ 兆欧} = 10^3 \text{ 千欧} = 10^6 \text{ 欧姆}$$

(二) 允许偏差

实际阻值往往与标称阻值有一定误差，这个误差与标称阻值的百分比叫做允许偏差。误差越小，电阻精度越高。

(三) 额定功率

额定功率是指电阻在直流或交流电路中，长时间连续工作所允许承受的最大功率。通常有 1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W 等，一般情况下，体积越大的电阻功率也越高。

(四) 温度系数

电阻的温度系数表示电阻的稳定性随温度变化的特性。温度系数越大，其稳定性越差。

(五) 电压系数

电压系数指外加电压每改变 1V 时电阻阻值相对的变化量。电压系数越大，电阻对电压的依赖性越强，即阻值较易随电压变化。

(六) 最大工作电压

最大工作电压是指电阻长期工作不发生过热或电击穿损坏等现象的电压。

三、电阻的命名及规格

(一) 电阻的标称

表示电阻的标称阻值和允许偏差的方法有直标法、色环法、文字符号法三种形式。

1. 直标法

在电阻表面，直接用数字和单位符号标出阻值和允许偏差，通常用于体积较大（功率大）的电阻上。例如，在电阻上印有 $22\text{k}\Omega \pm 5\%$ ，表示该电阻阻值为 $22\text{k}\Omega$ ，误差范围为 $\pm 5\%$ 。

2. 色环法

色环法是指用不同颜色表示元件不同参数的方法。色环电阻中，根据色环的环数多少，又分为四色环表示法和五色环表示法。电阻的标注示例如图 1-2 所示。

图 1-2 上方的电阻是用四色环表示标称阻值和允许偏差，其中，前两条色环表示此电阻的有效数字，第三位表示电阻的乘数，最后一条表示它的偏差。标称阻值为有效数字乘以乘数。例如，若图中上方色环颜色依次为红、红、黑、金，则此电阻标称阻值为 $22 \times 10^0 = 22\Omega$ ，偏差为 $\pm 5\%$ 。

图 1-2 下方的电阻是五色环表示法，精密电阻是用五条色环表示标称阻值和允许

偏差，通常五色环电阻识别方法与四色环电阻一样，只是比四色环电阻多一位有效数字。例如，若图中下方电阻的色环颜色依次是：黄、紫、黑、金、棕，其标称阻值为： $470 \times 10^{-1} = 47\Omega$ ，偏差为 $\pm 1\%$ 。

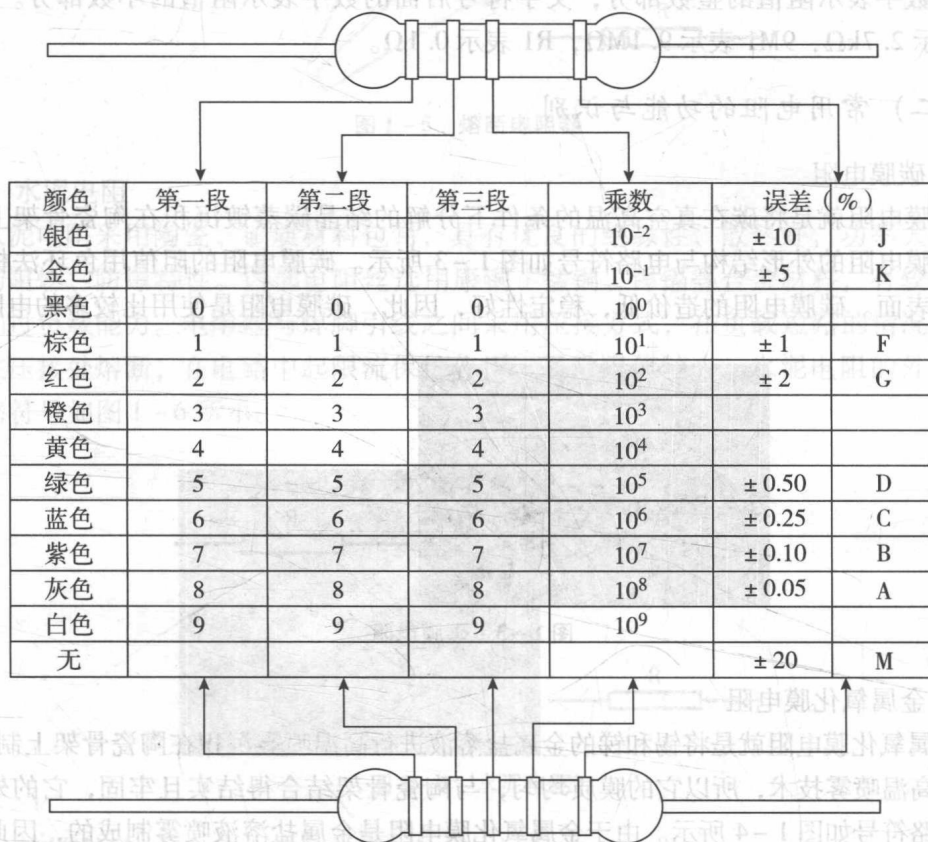


图 1-2 色环电阻的读取方法

判断色环电阻的第一条色环的方法：

(1) 对于未安装的电阻，可以用万用表测量一下电阻的阻值，再根据所读阻值看色环，读出标称阻值。

(2) 对于已装配在电路板上的电阻，可用以下方法进行判断：

四色环电阻为普通型电阻，从标称阻值系列表可知，其只有三种系列，允许偏差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，所对应的色环为：金色、银色、无色。而金色、银色、无色这三种颜色没有有效数字，所以，金色、银色、无色作为四色环电阻的偏差色环（以金、银为多），即为最后一条色环（金色、银色除作偏差色环外，还可作为乘数）。

五色环电阻为精密型电阻，一般常用棕色或红色作为偏差色环。如出现头尾同为棕色或红色环时，则较为棘手，表示电阻标称阻值的那四条环之间的间隔距离一般为等距离，而表示偏差的色环（即最后一条色环）一般与第四条色环的间隔比较大，以此判断哪一条为最后一条色环。

3. 文字符号法

用数字和文字符号按一定规律组合表示电阻的阻值，其形式为“数字文字符号数字”，文字符号 R（欧）、k（千）、M（兆）、G（吉）表示电阻的单位级别，文字符号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 $2.7\text{k}\Omega$ ，9M1 表示 $9.1\text{M}\Omega$ ，R1 表示 0.1Ω 。

（二）常用电阻的功能与识别

1. 碳膜电阻

碳膜电阻就是将碳在真空高温的条件下分解的结晶碳蒸镀沉积在陶瓷骨架上制成的，碳膜电阻的外形结构与电路符号如图 1-3 所示。碳膜电阻的阻值用色环法标志在电阻的表面。碳膜电阻的造价低，稳定性好，因此，碳膜电阻是使用比较多的电阻。

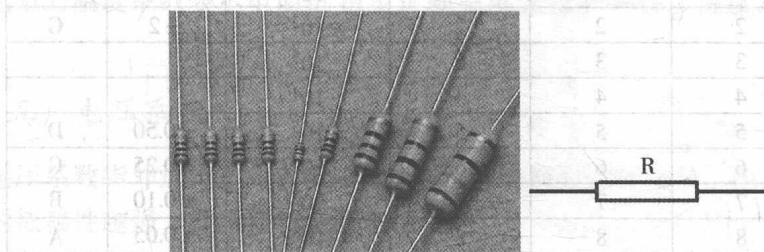


图 1-3 碳膜电阻

2. 金属氧化膜电阻

金属氧化膜电阻就是将锡和铈的金属盐溶液进行高温喷雾沉积在陶瓷骨架上制成的。因为是高温喷雾技术，所以它的膜质均匀，与陶瓷骨架结合得结实且牢固，它的外观结构与电路符号如图 1-4 所示。由于金属氧化膜电阻是金属盐溶液喷雾制成的，因此是有抗氧化、耐酸、抗高温等优点，不过它的阻值一般偏小，只能用来制作低阻值电阻。



图 1-4 金属氧化膜电阻

3. 熔断电阻器

熔断电阻器又叫保险丝电阻，其外观结构与电路符号如图 1-5 所示。它是一种具有电阻和过流保护熔断丝双重作用的元件。正常情况下，具有普通电阻的电气功能，在电流过大的情况下，自己熔化断裂截断电路，从而保护整个设备不再过载，通常阻值较小。在电子设备当中常常采用熔断电阻器，用以保护其他元器件。

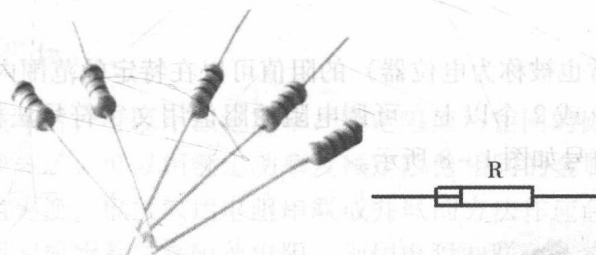


图 1-5 熔断电阻器

4. 水泥电阻

水泥电阻采用陶瓷、矿质材料包封，具有优良的绝缘性，散热好，功率大，具有优良的阻燃、防爆特性。内部电阻丝选用康铜、锰铜、镍镉等合金材料，有较好的稳定性和过负载能力。电阻丝与焊脚引线之间采用压接方式，在负载短路的情况下，可迅速在压接处熔断，在电路中起限流保护作用，通常阻值较小。水泥电阻的外观结构与电路符号如图 1-6 所示。

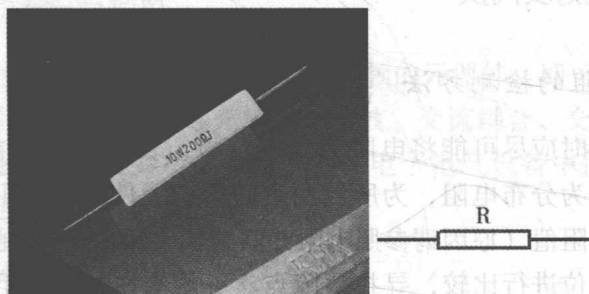


图 1-6 水泥电阻

5. 热敏电阻

热敏电阻大多是由单晶、多晶半导体材料制成，阻值随温度的变化而变化。热敏电阻可分为正温度系数电阻和负温度系数电阻。当温度升高时，阻值会明显增大，当温度降低时，阻值会明显减小，这类称为正温度系数电阻；反之，则为负温度系数电阻。热敏电阻的外观结构与电路符号如图 1-7 所示。

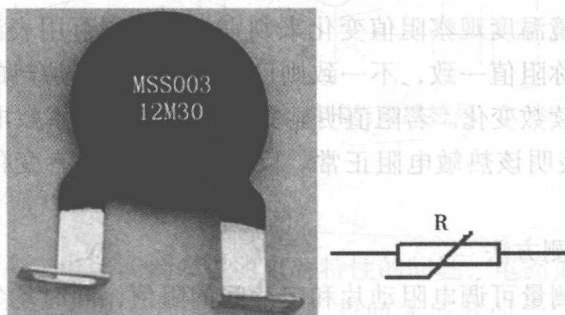


图 1-7 热敏电阻

6. 可调电阻

可调电阻（通常也被称为电位器）的阻值可以在特定的范围内任意改变，引脚数通常为2个（单联）或2个以上，可调电阻的阻值用文字符号法标注在电阻的表面，其外观结构与电路符号如图1-8所示。

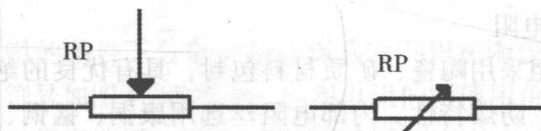
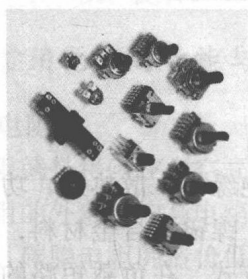


图1-8 可调电阻

四、电阻的检测及代换

（一）常用电阻的检测方法

通常在检测电阻时应尽可能将电阻脱开电路板，若在线（即在电路板中）测量，则这样所测的阻值称为分布电阻，为所测两点间所有元件的总电阻，其阻值将小于或远小于该电阻的实际阻值（原因请参照电阻并联的相关知识点），通常分布电阻可用于与同型电路中相同部位进行比较，寻找故障点。一般来说，当电阻发生故障时，该元件两端的分布电阻也会或多或少地发生数值变化，因此测量分布电阻也不失为怀疑电阻故障的一种方法。下面介绍的测量方法则均是在元件独立的条件下进行的。

1. 固定阻值电阻的检测方法

用万用表检测待测电阻的阻值，若阻值与标称阻值相当接近，则表明该电阻正常。若阻值远大于或小于标称阻值，则表明该电阻已经损坏。通常若阻值为无穷大，称之为开路性故障；若阻值几乎为零，称之为短路性故障。

2. 热敏电阻的检测方法

一般通过改变环境温度观察阻值变化来判别好坏。用万用表测量热敏电阻，观察其常温阻值是否与标称阻值一致，不一致则已损坏。然后将加热的电烙铁靠近电阻进行加温，观察万用表读数变化。若阻值明显变大（为正温度系数电阻）或变小（为负温度系数电阻），则表明该热敏电阻正常。反之，若阻值没有变化则该热敏电阻已经损坏。

3. 可调电阻的检测方法

用指针式万用表测量可调电阻动片和定片间的阻值，同时均匀转动可调旋钮。正常的可调电阻的阻值会随旋钮均匀变化，若指针不动、摆动不稳定或不均匀，则表明该可调电阻已经损坏。

(二) 电阻的代换

普通固定电阻损坏后，可以用额定功率、额定阻值均相同的碳膜电阻或金属膜电阻代换。碳膜电阻损坏后，可以用额定功率及额定阻值相同的金属膜电阻代换。若手中没有同规格的电阻更换，也可以用电阻串联或并联的方法作应急处理。利用电阻串联公式将低阻值电阻变成所需的高阻值电阻，利用电阻并联公式将高阻值电阻变成所需的低阻值电阻。

熔断电阻损坏后，若无同型号熔断电阻更换，也可以用与其主要参数相同的其他型号熔断电阻代换或用电阻与熔断器串联后代用。对电阻值较小的熔断电阻，也可以用熔断器直接代用。

第二节 电容器

一、电容器的功能与特性

电容器（简称电容）是一种具有容纳电荷本领的元器件，即可以储存和释放电能，其符号为 C 。电容器在电路中通常起充放电、滤波、交流耦合、交流旁路（去耦）、与电阻或电感组成谐振电路等主要功能。电容器在电子电气设备中使用十分广泛，可以说是除电阻外电子电路中使用数量最多的元器件。

(一) 电容器的结构和符号

电路理论中的电容元件是实际电容器的理想化模型。如图 1-9 所示，两个金属极板及其中间的导电的介电材料就构成一个电容元件。在外电源的作用下，两个极板上能分别存储等量的异性电荷形成电场，从而储存电能。

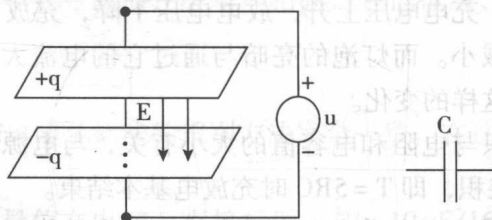


图 1-9 电容器的结构与电路符号

(二) 电容器的特性

在这里我们将用一个电路实例来说明电容特性的问题，电路如图 1-10 所示。

通过观察电路图可以发现，当开关（SW）打向 A 或 B 时，会构成两个十分近似但略微不同的回路。当我们根据图 1-10 做一个实际电路的时候，会发现，无论开关打向 A 还是 B 的那一瞬间小灯泡都会立即发亮，随后逐渐变暗，直至彻底熄灭。

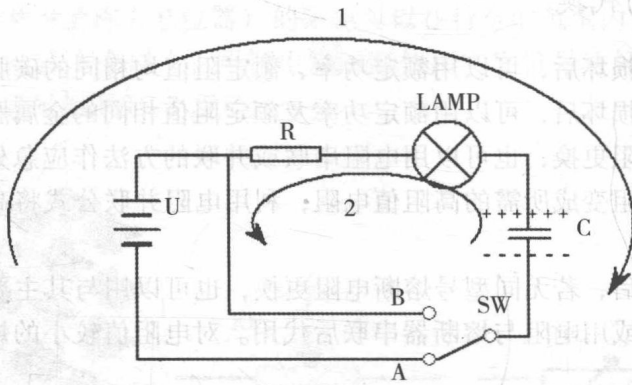


图 1-10 电容充放电电路

要分析上述现象，我们需要将问题一分为二：电容在做什么？通常小灯泡怎样才能亮？

我们先来看电容。当开关打向 A 时，回路中含有电源，此时构成充电回路，电源按照线路 1 对电容顺时针进行充电，此时电容所充电荷为上正下负；当开关打向 B 时，回路中没有电源，此时构成电容放电回路，电容按照线路 2 对电阻和小灯泡逆时针进行放电，直至所有储存电量释放殆尽。

在电容进行充放电过程中电容两端的电压和充放电流的变化就如同气球充放气过程中的气压和气流的问题一样，即无论是充气还是放气，刚开始容易，随后在压力的变化下越来越难，直至停止。电源对电容充电的过程中，充电电流 I_1 随着电容两端电压逐渐增大出现开始充电时一瞬间的突然增大到变小直至零的变化，此时电容充电完成，整个电路相当于断路，电容两端电压与电源电压相等；电源对电容放电的过程中，放电电流 I_2 随着电容两端电压逐渐减小也会出现由开始放电时一瞬间的突然增大到变小直至零的变化，此时，电容储存的电荷量完全消失，整个电路没有电能维持运转也相当于断路。由此可见，充电电压上升，放电电压下降，充放电电流都是在开始的一瞬间突然增大随后逐渐减小。而灯泡的亮暗与通过它的电流大小是成正比的，这就解释了灯泡为什么会发生这样的变化。

电容充放电的时间只与电阻和电容值的大小有关，与电源电压的大小无关。这个时间可以表示成 RC 的乘积，即 $T = 5RC$ 时充放电基本结束。

对于恒定直流电来说，当电容充电一旦完成，电容就像一个断开的开关，表现为开路状态；而交流电的大小和方向都在不断变化，不停地在对电容进行双向充放电，维持了一个持续不断但方向和大小却不断改变的充放电电流，从而外在表现为“流通”的状态。另外，在交流电中电容也具有阻碍作用——容抗，公式表示为：

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} (\Omega)$$

很明显当频率 f 越大容抗 X_C 就越小，反之越大，相当于一个受频率控制的可变电阻。一句话总结：电容的基本特性就是：隔直（流）通交（流），隔低（频）通高

(频), 电容器的一切功用都源自于此。

二、电容器的主要参数

(一) 标称电容量 C

标称电容量是电容产品标出的电容量值用于衡量电容器储存电能的能力。在国际单位制里, 电容量的单位是法拉, 简称法, 单位符号是 F。常用的电容单位有毫法 (mF)、微法 (μF)、纳法 (nF) 和皮法 (pF, 又称为微微法) 等, 换算关系是:

$$1 \text{ 法拉} = 10^3 \text{ 毫法} = 10^6 \text{ 微法} = 10^9 \text{ 纳法} = 10^{12} \text{ 皮法}$$

云母和陶瓷介质电容器的电容量较低 (大约在 5000pF 以下); 纸、塑料和一些陶瓷介质形式的电容量居中 (在 0.005 ~ 10 μF); 通常电解电容器的容量较大。

(二) 类别温度范围

电容器设计所确定的能连续工作的环境温度范围, 该范围取决于它相应类别的温度极限值, 如上限类别温度、下限类别温度、额定温度 (可以连续施加额定电压的最高环境温度) 等。

(三) 额定电压 (U_R)

在下限类别温度和额定温度之间的任一温度下, 可以连续施加在电容器上的最大直流电压或最大交流电压的有效值或脉冲电压的峰值。

三、电容器的命名及规格

(一) 命名

电容的识别方法与电阻的识别方法基本相同, 分色标法、直标法、字母表示法和数字表示法四种。

1. 色标法

单位为 pF, 方法与电阻色标法的识别方法完全一致, 在这里不再复述。

2. 直标法

容量大的电容其容量值在电容上直接标明, 如: 10 μF /16V、0.68 μF /200V。某些瓷片电容也采用这种表示方法, 但单位是 pF, 如: 47 表示 47pF, 15 表示 15pF。

3. 字母表示法

一般用数字和字母一同表示容量大小, 如: 1m = 1mF = 1000 μF , 1P2 = 1.2pF, 4n7 = 4.7nF。

4. 数字表示法

一般用三位数字表示容量大小, 单位通常为 pF, 前两位表示有效数字, 第三位数字是倍率。如: 102 表示 $10 \times 10^2 \text{ pF} = 1000 \text{ pF}$, 224 表示 $22 \times 10^4 \text{ pF} = 0.22 \mu\text{F}$ 。

(二) 常用电容的功能与识别

1. 瓷片电容器

用陶瓷做介质，在陶瓷基体两面喷涂银层，然后烧成银质薄膜做极板制成。它的特点是体积小、耐热性好、损耗小、绝缘电阻高，但容量小，适宜用于高频电路。铁电陶瓷电容容量较大，但是损耗和温度系数较大，适宜用于低频电路。瓷片电容的外形及电路符号如图 1-11 所示。

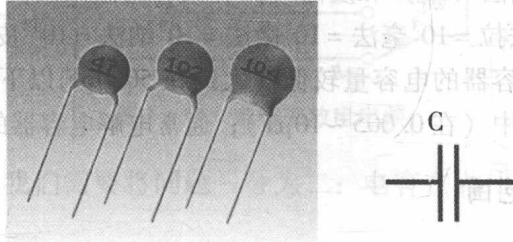


图 1-11 瓷片电容

2. 云母电容器

用金属箔或者在云母片上喷涂银层做电极板，极板和云母一层一层叠合后，再压铸在胶木粉或封固在环氧树脂中制成。它的特点是介质损耗小、绝缘电阻大、温度系数小，适宜用于高频电路。云母电容器的外形及电路符号如图 1-12 所示。



图 1-12 云母电容器

3. 纸质电容器

用两片金属箔做电极，夹在极薄的电容纸中，卷成圆柱形或者扁柱形芯子，然后密封在金属壳或者绝缘材料（如火漆、陶瓷、玻璃釉等）壳中制成。它的特点是体积较小，容量可以做得较大。但是固有电感和损耗较大，用于低频比较合适。纸质电容器的外形及电路符号如图 1-13 所示。

4. 薄膜电容器

结构和纸介电容相同，介质是涤纶或者聚苯乙烯。涤纶薄膜电容，介电常数较高，体积小，容量大，稳定性较好，适宜做旁路电容。聚苯乙烯薄膜电容，介质损耗小，绝缘电阻高，但是温度系数大，可用于高频电路。薄膜电容器的外形及电路符号如图 1-14 所示。



图 1-13 纸质电容器

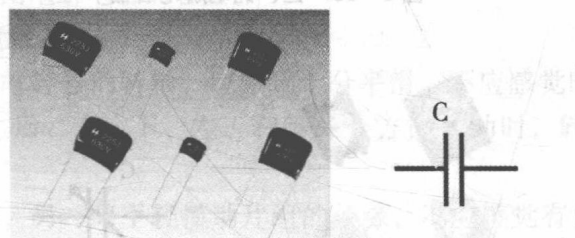


图 1-14 薄膜电容器

5. 铝电解电容器

由铝圆筒做负极，里面装有液体电解质，插入一片弯曲的铝带做正极制成。还需要经过直流电压处理，使正极片上形成一层氧化膜做介质。它的特点是容量大，但是漏电大，稳定性差，有正负极性，适宜用于电源滤波或者低频电路中。使用的时候正负极不能接反，否则极易烧毁。铝电解电容器的外形及电路符号如图 1-15 所示。

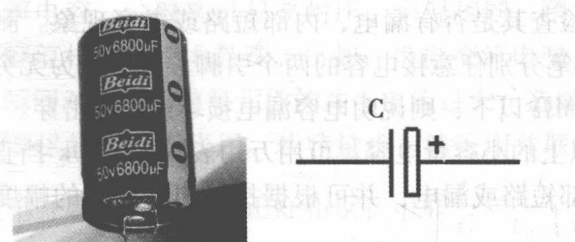


图 1-15 铝电解电容器

6. 钽、铌电解电容器

用金属钽或者铌做正极，用稀硫酸等配液做负极，用钽或铌表面生成的氧化膜做介质制成。它的特点是体积小、容量大、性能稳定、寿命长、绝缘电阻大、温度特性好，用在要求较高的设备中。钽、铌电解电容器的外形及电路符号如图 1-16 所示。

7. 微调电容器

微调电容器也称半可变电容器，它的电容量可在某一小范围内调整，并可在调整后固定于某个电容值。微调电容器的外形及电路符号如图 1-17 所示。

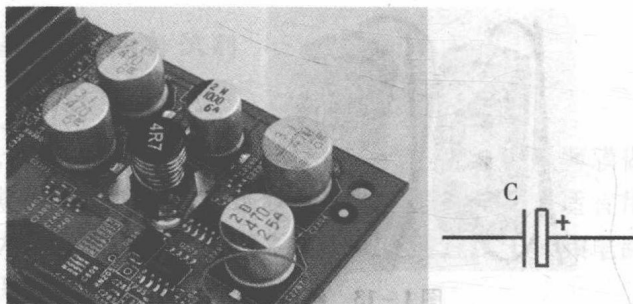


图 1-16 钽、铝电解电容器

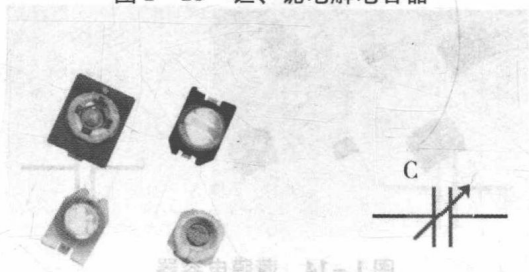


图 1-17 微调电容器

四、电容器的检测及代换

(一) 电容器的检测

1. 小容量电容器的检测

检测 $0.01\mu\text{F}$ 以下的小电容因 $0.01\mu\text{F}$ 以下的固定电容器容量太小，用万用表进行测量，只能定性地检查其是否有漏电，内部短路或击穿现象。测量时，可选用万用表 $R \times 10\text{k}$ 挡，用两表笔分别任意接电容的两个引脚，阻值应为无穷大。若测出阻值（指针向右摆动）为几 $\text{M}\Omega$ 以下，则说明电容漏电损坏或内部击穿。

对于 $0.01\mu\text{F}$ 以上的小容量电容，可用万用表的 $R \times 10\text{k}$ 挡直接测试电容器有无充电过程以及有无内部短路或漏电，并可根据指针向右摆动的幅度大小估计出电容器的容量。

2. 电解电容器的检测

因为电解电容的容量较一般固定电容大得多，所以测量时，应针对不同容量选用合适的量程。根据经验，一般情况下， $1 \sim 47\mu\text{F}$ 的电容，可用 $R \times 1\text{k}$ 挡测量，大于 $47\mu\text{F}$ 的电容可用 $R \times 100$ 挡测量。

将万用表红表笔接负极，黑表笔接正极，在刚接触的瞬间，万用表指针即向右偏转较大，接着逐渐向左回转，直到停在某一位置（对于同一电阻挡，容量越大，摆幅越大，回转越慢）。此时读出的阻值便是电解电容的正向漏电阻，此值略大于反向漏电阻。实际使用经验表明，电解电容的漏电阻一般应在几百 $\text{k}\Omega$ 以上，否则，将不能正常工作。在测试中，若正向、反向均无充电的现象，即表针不动，则说明容量消失或内部断路；如果所测漏电阻值很小或为零，说明电容漏电或已击穿损坏，