



编者按：作为三大无源元件之一，电容器有着重要而广泛的用途，在电子电气装置中几乎无处不在。辽宁工业大学电容器研究与应用专家陈永真教授将撰写电容器系列文章，从11月刊起在本刊连续刊登。通过专栏讲座，系统详实地阐述时下各种电容器的原理及典型技术数据、在不同领域中的应用及注意事项、应用电容器时对电容器的选择及其注意事项等。本专栏所含内容丰富，具有很好的参考价值。每期针对不同主题，连续刊登，希望对电气与电子工程师、科研人员及电子爱好者带来帮助，亦诚挚邀请广大业界人士参与讨论及互动。

第2讲 电容器基础知识—电容器一般参数

Chapter 2 Basic Knowledge of Capacitor--General Parameters of Capacitor

陈永真
Chen Yongzhen

1.1 电容器基本概念与物理意义

1.1 电容器基本概念

1.1.1 什么是电容

电容就是储存电量的能力。大学物理书^[1]中指出：“对任意‘孤立’的不受外界影响的导体来说，当导体带电时，导体所带的电量 q 与相应的电位 U 的比值 C ，是1个与导体所带电量无关的物理量，称为‘孤立’导体的电容”，即：

$$C = \frac{q}{U} \quad (1)$$

导体的电容表征导体特有的性质，在2只导体上等于这个导体的电位为1个单位时，导体所带的电量。

在国际单位制中，电容的单位为‘法拉’。如果导体所带的电量为1‘库伦’，相应的电位为1‘伏特’时，这个导体的电容即为1‘法拉’，可以用大写英文字母 F 表示。如果嫌法拉这一单位太大，还可以用 mF 、 μF 、 nF 、 pF 等较小的单位表示，他们的相互关系为：

$$1F=1000mF=10^6\mu F=10^9nF=10^{12}pF \quad (2)$$

$$1mF=10^3\mu F=10^6nF=10^9pF=10^{-3}F \quad (3)$$

$$1\mu F=10^3nF=10^6pF=10^{-3}mF=10^{-6}F \quad (4)$$

$$1nF=10^3pF=10^{-3}\mu F=10^{-6}mF=10^{-9}F \quad (5)$$

电容的量纲为： $L^2M^{-1}T^4$ 。

1.1.2 什么是电容器

电容器就是容纳电荷的器件。当导体的周围有其它物体

存在时，这个导体的电容就会受到影响。因此，有必要设计一种导体组合，其电容量值较大，而几何尺寸并不过大，而且当然不受其它物体的影响，这样的导体组合就是电容器。在物理学中电容器的概念可表述为：“在周围没有其它带电导体影响时，由2个导体组成的导体体系”。电容器的电容（或称电容量）定义为：当电容器的两极板分别带有等值异性电荷 q 时，电量 q 与两极板间相应电位差 U_A-U_B 的比值，即：

$$C = \frac{q}{U_A - U_B} \quad (6)$$

孤立导体实际上仍可以认为是电容器，但另一导体在无限远处，且电位为零，式（6）即变为式（1）。因此，可以看到所谓“孤立导体”的电容，实际上还是2个导体间的电容，与一般电容不同的是，另一导体在无限远处而已。但电容毕竟是导体之间的特性，孤立导体的电容事实上是不存在的。

1.2 电容器的物理性质

1.2.1 电容器的物理意义

电容器最基本的物理性质可以用式（6）表示，即电容、电荷、电势差（电压）的关系。由这个关系，以及电荷与电流的关系，还可以得到电路与电子学中最常用的电容上电压与电流的关系。即：

$$q = I \cdot t \quad (7)$$

当电流是变化的时候，则式（7）应写为：

$$q = \int i dt \quad (8)$$

在一般的应用中，电容器的两极板间电势差成为电容器上的电压，用 U_C 表示。这样，由式（7）、式（8）得到电容器的电压、电流的关系式表示如下：

$$u_C = \frac{1}{C} \int i dt \quad (9)$$

电容器的储能为：

$$A = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \quad (10)$$

储能的单位是焦耳，这就是通常表示电容器所具有的储能的公式^[2]，具体推导过程详见附录2。

1.2.2 平板电容器的电容

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{d} \quad (11)$$

其中： S 、 d 和 ϵ_0 、 ϵ 分别为电容器的极板面积、极板间的距离、真空的介电系数和极板间介质的相对真空介电系数。而 ϵ_0 为：

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} = 8.85 \times 10^{-12} (\text{库仑}^2 \cdot \text{牛顿}^{-1} \cdot \text{米}^{-2}) \quad (12)$$

从式（11）可以得知：平板电容器的电容与极板面积成正

比、与极板间距离成反比，并且与介质的相对真空介电系数成正比。因此，欲获得大的电容，应选用尽可能大的极板面积、尽可能小的极板间距和尽可能大的极板间介质的介电系数。这就是制造电容器的准则之一。

2 电子线路中的电容器

从大学课程中可认识到，电容器可以用作放大器的耦合（或称为隔直）、谐振或定时、交流旁路、整流滤波等。除此之外，似乎没有其他的应用了。事实上，电容器应用最多的倒是直流电源旁路功能。

任何电子元件的参数都是根据应用而设置的，电容器也不例外。首先，电容器可以用作功率因数补偿电容器；此外，电容器基本都是用在各种电子线路中。

以下对完成上述功能的电容器所需要的参数给以介绍。

2.1 额定电压 (Rated Voltage)

由于电容器用在电子线路中，电容器上必然会有电压，或者直流电压、或者交流电压。理想电容器是不需要考虑耐压的。但是，实际的电容器为了减小体积、降低成本，必须要把耐压做到满足要求才行，同时，实际的绝缘介质也是有耐压限制的。

耐压远高于工作电压是浪费，如果将耐压400V的电解电容器仅仅用在实际工作电压4V，不仅体积大到不知多少倍，价格也是高出不知多少倍。

2.2 电容量 (Capacitance)

电容量是最基本的参数。

在电子线路中，电容器的电容量必须足够，特别是50Hz单相整流滤波，电容量低了不行；在定时电路、谐振电路中，电容量偏差过大不行，过大的电容量的温度漂移和偏置电压漂移也不行。而电源旁路电容器则对电容量要求不十分严格。

电容量的精度，也可以称为容差（tolerance）。电容器的容差，一般分为电容器的容量误差为J级： $\pm 5\%$ ；K级： $\pm 10\%$ ；M级： $\pm 20\%$ ；S级： $\pm 50\%/-20\%$ ；Z级： $\pm 80\%/-20\%$ 。

整流滤波对电容器电容量的容差要求相对最低，可以是 $\pm 20\%$ 的容差，甚至是 $\pm 30\%$ 也可以。所以，作为整流滤波电容器的电解电容器，最初的容差是 -20% 、 $+50\%$ ，随着电解电容器制造技术的进步，铝电解电容器的电容量大多集中在 -3% ，以尽可能降低电容器成本；薄膜电容器有的容差为 20% （M级），目的是为了降低成本和制造难度；陶瓷电容器中高介电系数的Y5V、Z5U介电电容器的容差是 $+80\%$ 、 -20% ，可以用在电源旁路，整流滤波中；还一些的陶瓷介质（如X7R）的容差也只能做到 $\pm 15\%$ 。

2.3 影响电容量的因素

影响电容器电容量容差的因素，主要有：制造精度、介

质介电系数的温度系数、介质在直流偏置电压下的变化，还有使用过程的衰减等。

2.3.1 制造精度

电解电容器铝箔的比容精度直接影响到电解电容器的容差，现在腐蚀铝箔技术已经相当精确了，因此，好的电解电容器容差在出厂时相当好。薄膜电容器也有制造精度的问题，主要体现在介质膜的厚度一致性或均匀性。

2.3.2 介质介电系数的温度系数

介质的介电系数随温度变化，直接影响到整个使用温度范围的电容值的变化，这个电容值变换范围必须在容差范围内。因此，电解电容器的电容量下限容差为 -20%，是以铝电解电容器寿命终了时电容量下限为标准的。

聚酯薄膜电容器中的聚酯薄膜在整个工作温度范围内的容差变化接近 $\pm 3\%$ 。因此，聚酯薄膜电容器的容差最好只能做到 $\pm 5\%$ (J级)，多数为 10% 和 20% (K级和 M级)，无论如何也不会做出容差 1%，甚至 2% 的容差也做不出来；聚丙烯薄膜的介电系数与温度的关系会好一些，一般也只能做出 J、K、M 容差。

薄膜电容器中也有介电系数稳定的介质，如聚苯乙烯薄膜、聚碳酸酯薄膜。都可以做出电容量稳定的电容器，容差可以做到 1%，甚至优于 1%。

也可以用两种温度系数的薄膜结合，将温度系数相互抵消。如复合膜电容器，电容量的稳定性很好，可以优于 1%，只要制造技术满足要求就可以制造出高精度电容器。

最丰富多彩的是陶瓷电容器。陶瓷介质可以分为稳定级、可用级两类。稳定级的介质介电系数变化极低，如 C0G、NP0，在整个温度范围 (-55℃ ~ +150℃) 电容量变化小于 30PPM；

可用级陶瓷介质分极高介电系数和高介电系数两种。极高介电系数介质的介电系数可以高达数 10 万倍，因此，在相同体积下电容量可以做得非常大，但是这种介质也有很大的缺点，那就是在整个温度范围内 (0℃ ~ +70℃) 的介电系数为 +80%/-20%。

2.3.3 介质介电系数直流偏置电压的影响

薄膜电容器、铝电解电容器、钽电解电容器中，介质的介电系数与直流偏置电压几乎无关。陶瓷电容器中的可用级 (II 类) 介质的介电系数虽然直流偏置电压减小，常见的 X7R 施加额定电压的直流偏置电压，电容量会减少 20% 左右，而 Y5V、Z5U 则可能减小到 20%。

稳定级陶瓷介质 (如 C0G、NP0 介质) 介电系数不随直流偏置电压而变化。

2.3.4 使用过程的额定容量衰变

铝电解电容器应用过程中电解液要消耗 (挥发)，电容量会逐渐降低，当电容量降低到出厂时的 (1%-20%) 时，电

解电容器就寿终正寝了。

可用级陶瓷介质在使用过程中的电容量也会略有衰变。

2.3.5 电容量与频率的关系

多数介质的介电系数与频率无关，或变化不大。铝电解电容器由于自身特点，其电容量随工作频率的升高而降低，降低的程度有时会很明显。

2.3.6 电容量变化对应用的影响

在一般的 50Hz 整流滤波应用中，或者是三相整流滤波应用中，电容量的变化对整流电路的性能影响不大。因此，50Hz 整流滤波应用中对滤波电容器的电容量要求不是很高，允许在容差和温度漂移比较大的电容器应用中使用。

开关电源中的输出整流滤波电容器希望电容量变化不要太大，这是因为开关电源输出整流滤波电路是在输出电压反馈闭环内，电容量的变化会影响输出整流滤波电路对应的极点参数发生变化，不利于稳定性和系统矫正的效果。因此，不建议在输出整流滤波电路中的应用 Y5V、Z5U 电容量变化比较大的陶瓷介质，可以应用电容量变化比较小的 X7R 介质陶瓷电容器。电解电容器、薄膜电容器可以应用在开关电源的输出整流滤波电路。

电子线路中的定时电容器、谐振电容器 (对频率稳定性要求较高的而应用) 要求电容量变化尽可能的低，因此电解电容器、可用级陶瓷电容器均不可以应用。在温度变化不大的环境下，可以应用聚丙烯电容器，聚酯电容器勉强可用。在全温度范围内，稳定级陶瓷电容器、聚苯乙烯电容器、聚碳酸酯电容器都可以应用，云母电容器和空心电容器是绝对没问题的。

2.4 损耗因数 (Dissipation Factor)

由于漏电流、介质吸收、等效串联电阻等原因产生了损耗，它与工作频率有关系。其中介质吸收，通常只要损耗低，其介电系数的变化就可以忽略。由于介质在电场下的极化过程，使分子间的碰撞而消耗能量而产生的损耗，因而也造成了介电系数的下降。在电解电容器中，等效串联电阻是造成损耗的主要原因，而漏电流、介质吸收造成的损耗则可以忽略不计。因此，电解电容器的损耗因数则以串联等效电阻 ESR 同容抗 $1/\omega C$ 之比、有时也称损耗角正切 ($\tan\delta$) 表示。因此，电解电容器的损耗角正切 ($\tan\delta$) 是随频率上升的。

损耗因数标志着电容器本身工作时的自身损耗的大小，这个损耗的大小可以定义为：在电容器被施加交流电时，每个周期电容器产生的损耗与每个周期电容器存储的功率之比，即：

$$\frac{\text{每个周期消耗的功率}}{\text{每个周期存储的功率}} \quad (13)$$

式 (13) 与电工技术中的功率因数相同，因此，有些文献

就将损耗因数译成功率因数，但是二者的意义是不同的，这里还是以损耗因数表述为好。

2.5 工作温度范围 (Operation Temperature)

任何介质都存在工作温度范围，过高的温度会使介质的物理特性发生变化（如熔化、介电强度下降）和化学变化（如碳化），而不再满足电容器介质性能的要求。电解电容器则要避免电解液的蒸发，而造成电容器的永久损坏。

2.6 漏电流 (Leakage Current)

电容器的漏电流主要是介质的绝缘电阻不是无限大和介质存在的缺陷（杂质）而产生的，不同的介质，漏电流不一样。如铝电解电容器的漏电流，主要是由于氯、铁、铜离子的存在而产生对氧化铝介质的破坏，以及微型原电池效应造成的。

2.7 寿命 (Life Test)

多数电容器在理论上没有寿命的问题，只有液态介质（电极）或介质在施加电压后出现介电系数下降而出现寿命问题。最明显的是铝电解电容器，由于铝电解电容器的负电极是电解液，当电解液干涸后铝电解电容器的负电极面积大大缩小，使电容量大大下降，当电容量下降到寿命终了值，铝电解电容器即宣告寿命终了。通常，铝电解电容器均标明最高工作温度和在这个温度下的使用寿命，如 105℃ /2000h。

2.8 等效串联电阻 (ESR)

ESR 是电容器电极到引出端的电阻。一般箔式电容器的 ESR 比金属化电容器的 ESR 小；双金属化和加重金属化的 ESR 比一般金属化的 ESR 小；多引出线的 ESR 比单引出线的 ESR 小；平面电极板的 ESR 比粗糙电极板的 ESR 小等等。

3 电容器参数的表示方式

3.1 电容器的分类

按介质分类，电容器可分为：空气介质电容器、云母电容器、纸介电容器、有机膜电容器（有机膜主要有：聚酯膜（过去称为涤纶），聚丙烯膜，聚碳酸酯膜，聚四氟乙烯膜，等等）、陶瓷介质电容器、电解质电容器（有铝电解电容器，钽电解电容器）、铁电体电容器和双电层电容器（超级电容器）等。

3.2 电容器的电容标称值及精度

电容器的电容标称值通常分为 E6、E12 系列、和 E24 系列，如表 1 所示。

表 1 E6、E12 系列、和 E24 系列的优选值

E6 系列	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8
E12 系列	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
E24 系列	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

3.3 电容量的表示方式

(1) 小电容的标志方式：小容量电容器多以 PF 为单位

标志，所示的数码就是电容量，并且数码后面设有单位（PF），例如 8 表示电容量为 8PF(0.000008 μF)，再如 100 则表示电容量为 100PF (0.0001 μF)。

(2) 中小容量电容的标志方式：中小容量电容器可以纳法（nF 或 n）或以微法（μF）表示。以 nF 表示时，在数码后加 n 表示容量，例如：100n 表示 100nF (0.1 μF)，再如 4n7 表示 4.7nF (0.0047 μF)；以 μF 表示多在数码后不再标志 μF，例如：0.01 表示 0.01 μF，再如 0.47 表示 0.47 μF。

(3) 数码标志的电容量：数码标志电容量的单位是皮法（PF），例如：101 表示 100PF (0.0001 μF)，又如：683 表示 68000PF (0.068 μF)，再如：475 表示 4700000PF (4.7 μF)；钽电解电容器也有用这种表示方式的，如 476 表示 47 μF。

(4) 电容器的色码标志方式：与色环电阻的标志方式相同，所表示的电容量的单位为 PF。

(5) 电解电容器的标志方式：电解电容器的电容量比较大，采用微法（μF）为单位表示，通常数码后面跟 μF 或 μ，如 0.22 μ、4.7 μ、22 μ、470 μ、3300 μ、10000 μ、47000 μ 等等。

(6) 超级电容器的电容量特别大，多以法拉（F）表示，如 0.1F、5F、47F、100F、3300 F、5000F。

3.4 容量误差

电容器的容量误差通常用字符表示：

第一种，绝对误差，通常以电容量值的绝对误差表示，以 PF 为单位，即：B：±0.1PF；C：±0.25PF；D：±0.5PF；Y：±1PF；A：±1.5PF；V：±5PF。这种表达方式通常用于小容量电容器。

第二种，相对误差，以电容量标称值的偏差百分数表示，即：D：±0.5%；P：±0.625%；F：±1%；R：±1.25%；G：±2%；U：±3.5%；J：±5%；K：±10%；M：±20%；S：±50%/-20%；Z：±80%/-20%。其中，小于 5% 容量误差的可以成为精密电容器，而一般电容器多为 J、K、M 级，对于像 II 类陶瓷电容器多为 K 级和 M 级、电解电容器多为 M 级和 S 级，多用于对容量精度要求不高的场合。

3.5 电容器的额定工作电压

按国家标准 GB2472-81 的规定，电容器的额定电压序列如表 2 所示。

表 2 电容器的额定工作电压序列

电解电容器 (V)	4.0、6.3、10、16、25、35、50、63、80V、100、125、160、200V、250、300、350、450、500、630
无极性电容器 (V)	40、50、63、100、160、250、400、630、800、1000、1250、1600、2500V

注：表中的数字的下面带有横线的为不仅常使用的电压等级。

3.6 电容器额定电压的表示方式

(1) 电压直接标志：与电压序列标志一样。

(2) 字母标志: 日本厂商生产电容器的电压代号为: 直流电压: 0E: 2.5V; 0J: 6.3V; 1A: 10V; 1B: 12V; 1C: 16V; 1E: 25V; 1V: 35V; 1H: 50V; 1J: 63V; 1K: 80V; 2A: 100V; 2C: 160V; 2D: 200V; 2E: 250V; 2G: 400V; 2W: 450V; 2H: 500V; 2J: 630V; 2K: 800V; 3A: 1kV; 3D: 2kV; 3F: 3kV; 3C: 4kV; 3H: 5kV; 3J: 6kV; 3K: 8kV; 4A: 10kV; 4B: 12kV; 4C: 15KV。同理 3E 就是额定电压 2500V。同样可以看出 A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、W 分别代表 1.0、1.2、1.6、2.0、2.5、3.0 (3.15)、4.0、5.0、6.3 (6.0)、8.0、4.5, 字符前的数字代表: 0: 10^0 ; 1: 10^1 ; 2: 10^2 ; 3: 10^3 ; 4: 10^4 , 依次类推。与字符为倍乘关系; 交流电压: E2 代表 150V、GB 代表安规电容器的 X2 的 250V、GC 代表安规电容器的 X1、Y2 的 250V、GD 代表安规电容器的 Y3 的 250V。代码与电压的关系如表 3 所示。

表 3 电容器的电压代码与额定电压的关系

代码	电压	代码	电压	代码	电压	代码	电压
		1A	DC10V	2A	DC100V	3A	DC1kV
		1B	DC12V	2B	DC12V	3B	
		1C	DC16V	2C	DC160V	3C	DC1.6kV
		1D		2D	DC200V	3D	DC2kV
0E	DC2.5V	1E	DC25V	2E	DC250V	3E	DC2.5kV
		1F		2F		3F	DC3.15kV
0G	DC4V	1G		2G	DC400V	3G	
		1H	DC50V	2H	DC500V	3H	
0J	DC6.3V	1J	DC63V	2J	DC630V	3J	
		K	DC80V	2K	DC800V	3K	
				YD	DC300V		
				E2	AC250V		
				GB	X2; AC250V		
				GC	X1,Y2; AC250V		
				GD	Y3; AC250V		

3.7 温度特性

温度特性主要是电容量随温度的变化程度, 也是电容器的关键参数之一, 美中电容器产品多表明它的温度系数, 各国都制定了相应的标准。见表 4~ 表 7。

表 4 中国国家标准的温度特性的表示方式

GB (中国国家标准)			
温度范围	后缀数字	整个温度范围的最大容差变化	后缀符号
-55℃到+125℃	1	$\pm 10\%$	2B
-55℃到+85℃	2	$\pm 15\%$	2X 2R
-40℃到+85℃	3	$\pm 20\%$	2C
-25℃到+85℃	4	+20%, -30%	2D
-10℃到+85℃	5	+22%, -56%	2E
-10℃到+70℃	6	+30, -80%	2F

表 5 美国标准的温度特性的表示方式

EIA (美国标准)					
最低温度范围	后缀符号	最高温度范围	后缀数字	整个温度范围的最大容差变化	后缀符号
+10	Z	45℃	2	$\pm 1.0\%$	A
-30	Y	65℃	4	$\pm 1.5\%$	B
-55	X	85℃	5	$\pm 2.2\%$	C
		105℃	6	$\pm 3.3\%$	D
		125℃	7	$\pm 4.7\%$	E
				$\pm 7.5\%$	F
				$\pm 10.0\%$	P
				$\pm 15.0\%$	R
				$\pm 22.0\%$	S
				+22%, -33%	T
				+22%, -56%	U
				+22%, -82%	V

表 6 日本标准的温度特性的表示方式

JIS (日本标准)		
符号	温度范围	整个温度范围的最大容差变化
YA	-25℃到+85℃	$\pm 5\%$
YB	-25℃到+85℃	$\pm 10\%$
YD	-25℃到+85℃	+20%, -30%
YE	-25℃到+85℃	+20%, -55%
YF	-25℃到+85℃	+30%, -80%
ZF	+10℃到+70℃	+30%, -80%

表 7 中国、美国、日本的温度特性标准的比较

EIA (美国标准)	JIS (日本标准)	GB (中国国家标准)
E: $\pm 4.7\%$	A: $\pm 5\%$	
F: $\pm 7.5\%$		
P: ± 10.0	B: $\pm 10\%$	B: $\pm 10\%$
R: $\pm 15.0\%$		X, R: $\pm 15\%$
S: $\pm 22.0\%$		C: $\pm 20\%$
T: +22%, -33%	D: +20%, -30%	D: +20%, -30%
U: +22%, -56%	E: +20%, -55%	E: +22%, -56%
V: +22%, -82%	F: +30%, -80%	F: +30, -80%

例如: 最常见的陶瓷介质 X7P、Z5U, 其中: X7P 为美国标准, 其 X 代表最低工作温度 -55℃, 7 代表最高工作温度 +125℃, 在整个工作温度范围内的最大容差范围是 $\pm 10\%$; 同样, Z5U 也为美国标准, 其 Z 代表最低工作温度 +10℃, 5 代表最高工作温度 +85℃, 在整个工作温度范围内的最大容差范围是 +22%, -56%。因此, X7P 的温度系数为: 整个工作温度范围是 -55 到 +125, 容差范围是: $\pm 10\%$, Z5U 的温度系数为: 整个工作温度范围是 +10℃到 +85℃, 容差范围是: +22%, -56%。

3.8 国产电容器的命名

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, 见表 8。

表 8 我国的电容器型号表示方法

	第一部分	第二部分	第三部分	第四部分
电容器的类型	器件种类 (电容器)	介质种类	分类(字母或数字)	产品序号 (数字)
钽电解	C	A		
聚苯乙烯等非极性薄膜	C	B		
高频陶瓷	C	C		
铝电解	C	D		
其它材料电解	C	E		
合金电解	C	G		
复合介质	C	H		
玻璃釉	C	I		
金属化纸	C	J		
涤纶等极性有机薄膜	C	L		
铌电解	C	N		
玻璃膜	C	O		
漆膜	C	Q		
低频陶瓷	C	T		
云母纸	C	V		
云母	C	Y		
纸介	C	Z		

例如：铝电解电容器用 CD 表示，钽电解电容器用 CA 表示，有 CH 标志的是复合膜电容器，CC 系列是高频瓷介电容器，CBB 则是聚丙烯电容器，等等。

4 电容器的种类

4.1 按介质类型分类

在电子线路中所用的电容器，主要有：薄膜电容器、电解电容器、陶瓷电容器、云母电容器、空心电容器、超级电容器。这些电容器还可以细分如下：

(1) 薄膜电容器

纸介电容器、聚酯薄膜电容器、聚丙烯薄膜电容器、聚苯乙烯薄膜电容器、聚碳酸酯薄膜电容器、其他介质薄膜电容器。

(2) 电解电容器

铝电解电容器（一般用途、低阻、高频低阻、超低阻、聚合物、闪光灯用）；钽电解电容器（液态钽电解电容器、固态钽电解电容器、一般用途钽电解电容器、低阻、超低阻钽电解电容器、聚合物钽电解电容器）；钛电解电容器。

(3) 陶瓷电容器

稳定级介质，常用的主要有 C0G、NP0；可用级，如工业级 X7R、军用级 X8R、商用级 X5R；商用级的 Y5V、Z5U。

(4) 云母电容器

天然岩石的一种，可以分层，具有优异的绝缘性能和极低的介质损耗，是理想的电容器介质材料，由于可以用作电容器的云母资源有限，现在只有其他电容器不能胜任的地方

采用云母电容器。

(5) 空心电容器

电极之间只有空气作为绝缘介质的电容器，如一些可变的容器；真空的容器，将电容器置于真空外壳内，以真空为两个电极绝缘和介质。空心容器的介质介电系数最低，为 1，因此一般不应用。由于空心容器的介质（空气或真空）击穿后只要消除电弧就可以恢复绝缘特性。空心介质、特别是真空介质也是高频性能最佳的，空心介质电容器特别适合于 MHz 以上的应用，特别是高频感应加热。

(6) 超级电容器

这是一种利用双电层原理实现的电容器，具有电容量极大的特点，介质为活性炭电极与电解液之间的 nm 级空间。

4.2 电容器的外型

根据应用要求不同，电容器的外形各式各样、五花八门。小信号的有引线式插脚式表面贴装式。见图 1 ~ 图 15。

陶瓷电容器：可分为圆片型电容器，表面贴装式电容器、微调电容器等。

薄膜电容器：有感式引线式电容器、无感电容器、贴片电容器。

铝电解电容器：引线式电解电容器、贴片式电解电容器、插脚式（俗称“牛角式”）电解电容器。

钽电解电容器：现在的钽电解电容器外形主要是贴片型和水滴引线型。

超级电容器：小容量的有纽扣型和引线型，稍大一点可以是插脚型。

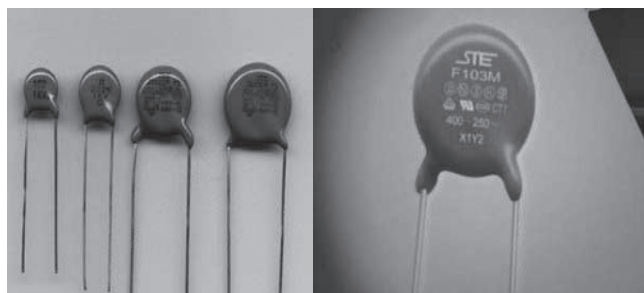


图 1 圆片式陶瓷电容器

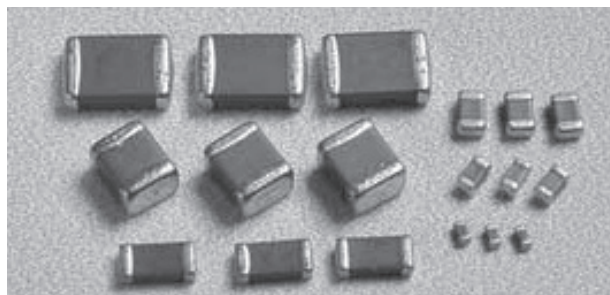


图 2 陶瓷贴片电容器

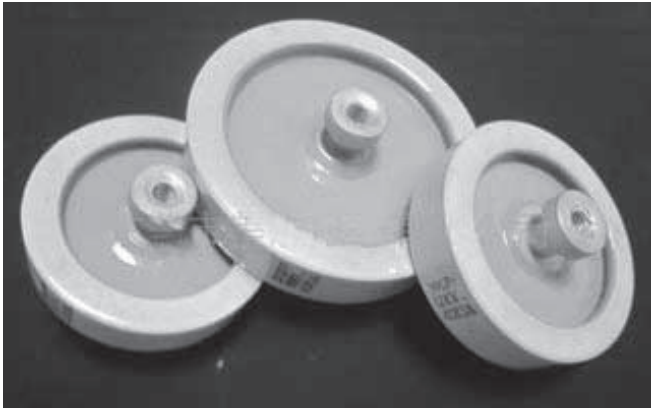


图3 功率陶瓷电容器



图7 螺栓式电解电容器

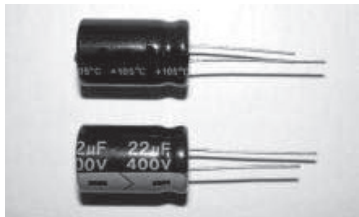


图4 引线式铝电解电容器

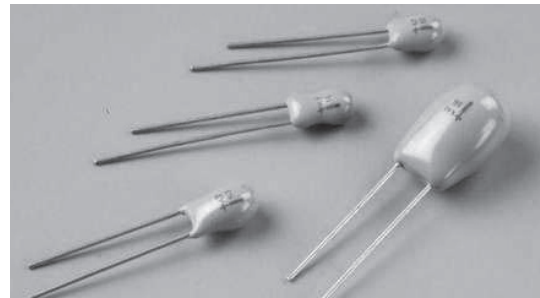


图8 引线式钽电解电容器

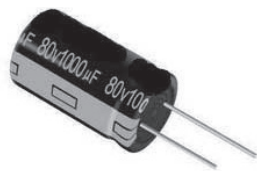


图5 贴片式电解电容器

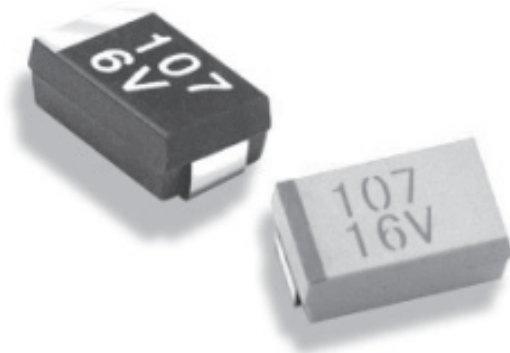


图9 贴片式钽电解电容器



图6 插脚式电解电容器

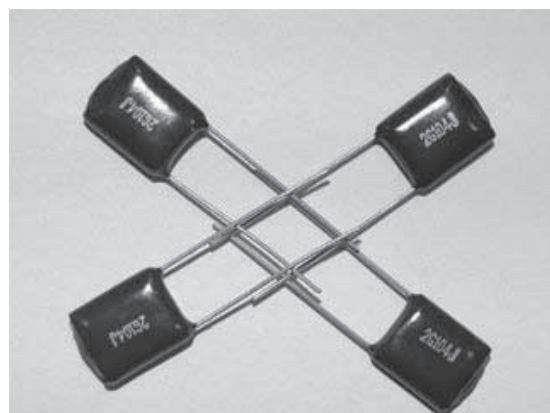


图10 有感聚酯电容器



图 11 无感聚酯电容器



图 12 其他外形聚酯电容器



图 13 无感聚丙烯电容器

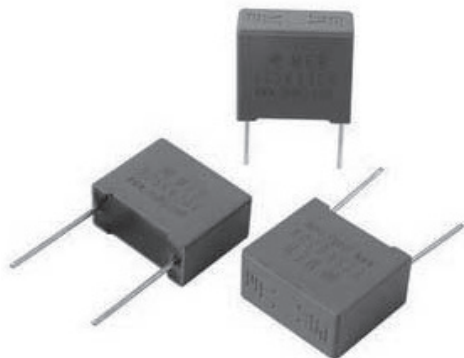


图 14 盒式聚丙烯电容器



图 15 纽扣式超级电容器

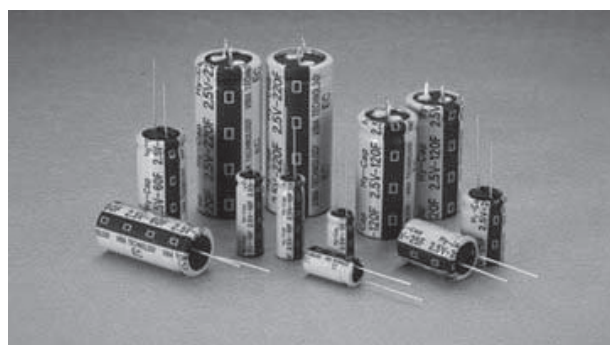


图 15 引脚型和插脚型超级电容器



图 16 大型超级电容器

作者简介

陈永真，1956年生，1982年1月毕业于大连工学院工业自动化专业。辽宁工业大学教授、电力电子与电力传动硕士生导师，中国电源学会常务理事、编辑工作委员会主任、专家委员会副主席、学术工作委员会委员，中国电工技术学会电力电子学会名誉理事。承担国家“863”计划电动汽车重大专项“解放牌混合动力城市客车用超级电容器”，出版专著10部。主要研究课题：高效率功率变换；新型电力电子器件应用；电力电子电容器应用；超级电容器应用；电池的电源管理。

下期推荐

第三讲《与时俱进的电容器——电解电容器》将于《电源世界》2015年1月刊刊出，敬请关注！