

第三章 电容器

电容器是电路的基本元件之一，在各种电子产品和电力设备中，有着广泛的应用。本章重点是介绍电容器的参数和种类、电容的概念、电容器的串并联及电容器中的电场能量。

第一节 电容器与电容

第二节 电容器的参数与种类

第三节 电容器的连接

第四节 电容器中的电场能



§3-1 电容器与电容

一、电容器

是由两个导体电极中间夹一层绝缘体（又称电介质）所构成。

基本特性：

能够存储电荷。

用途：

具有“隔直通交”的特点，在电子技术中，常用于滤波、移相、旁路、信号调谐等；在电力系统中，电容器可用来提高电力系统的功率因数。



3-1

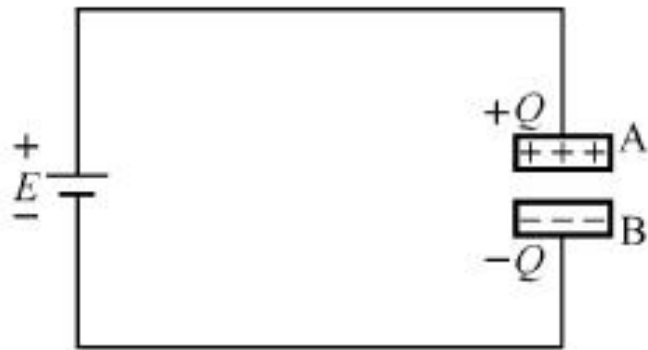
一、电容器

工作原理：

把电容器的两个极板分别接到电源 E 的正、负极上，电容器的两极板间便有电压 U ，在电场力的作用下，自由电子定向运动，

使得A板带有正电荷，B板带有等量的负电荷，如图3-1所示。电荷的移动直到两极板间的电压与电源电动势相等时为止。这样，在两个极板间的介质中建立了电场，电容器储存了一定量的电荷和电场能量。

单位：电容器的SI（国际单位制）单位是法拉，简称法，通常用符号“F”表示。



3-1

二、电容

不同电容器存储电荷的本领是不同的，我们用电容来表征电容器这个本领的大小。

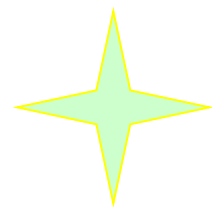
含义：

电容器任一极板所储存的电荷量，与两极板间电压的比值是一个常数，不同的电容器，这一比值则不同。将这一比值定义为电容器的电容量，简称电容。来表示电容器存储电荷的本领大小。用字母 C 表示，电容定义式为：

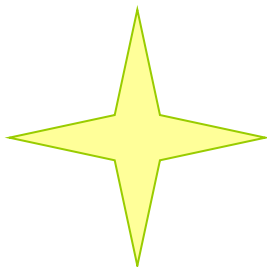
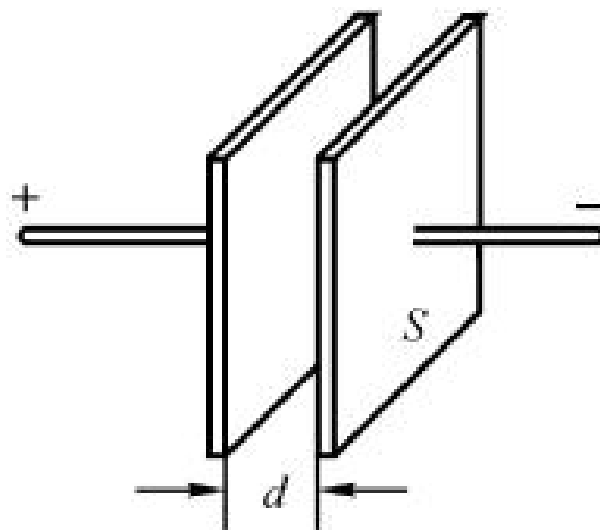
$$C = \frac{Q}{U}$$

单位：电容的单位有法拉(F)、微法(μF)、皮法(pF)，它们之间的关系为 $1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{ pF}$

三、平行板电容



由两块相互平行、靠得很近、彼此绝缘的金属板所组成的电容器，叫平行板电容器。是一种最简单的电容器。下图给出了平板电容器的示意图。



三、平行板电容器

理论与实验证明，平行板电容器的电容量与极板面积 S 及电介质介电常数 ε 成正比，与两极板之间的距离成反比。

其数学表达式为

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

上式说明：对某一个平行板电容器而言，它的电容是一个确定值，其大小仅与电容器的**极板面积大小**、**相对位置**以及**极板间的电介质**有关；与两极板间电压的大小、极板所带电荷量多少无关。



几种常用介质的相对介电常数

表1 几种常用介质的相对介电常数

介质名称	相对介电常数 (F/m)	介质名称	相对介电常数/(F/m)
石英	4.2	聚苯乙烯	2.2
空气	1.0	三氧化二铝	8.5
硬橡胶	3.5	无线电瓷	6 ~ 6.5
酒精	35	超高频瓷	7 ~ 8.5
纯水	80	五氧化二钽	11.6
云母	7.0		



说明

1. 电容是电容器的固有特性，它只与两极板正对面积、板间距离及板间的介质有关，与电容器是否带电、带电多少无关。
2. 任何两个导体之间都存在电容。
3. 电容器存在耐压值，当加在电容器两极板间的电压大于它的额定电压时，电容器将被击穿。

§3-2 电容器的参数和种类

一、电容器的参数

1、额定工作电压

一般叫做耐压，它是指使电容器能长时间地稳定工作，并且保证电介质性能良好的直流电压的数值。

必须保证电容器的额定工作电压不低于工作电压的最大值。（交流电路，考虑交流电压的峰值。）

2、标称容量和允许误差

电容器上所标明的电容量的值叫做标称容量。

批量生产中，不可避免的，实际电容值与标称电容值之间总是有一定误差。国家对不同的电容器，规定了不同的误差范围，在此范围之内误差叫做允许误差。



二、电容器的种类

按照电容量是否可变，可分为规定电容器和可变电容器（包括半可变电容器）。

- 1、**固定电容器**：常用的介质有云母、陶瓷、金属氧化膜、纸介质、铝电解质等等。
- 2、**可变电容器**：电容量在一定范围内可调节的电容器，常用电介质有薄膜介质、云母等。
- 3、**半可变电容器**：又叫微调电容，在电路中常被用作补偿电容。容量一般都只有几皮法到几十皮法。常用的电介质有瓷介质、有机薄膜等。

几种常用电容



瓷片电容



钽质电容



电解电容



可调电容



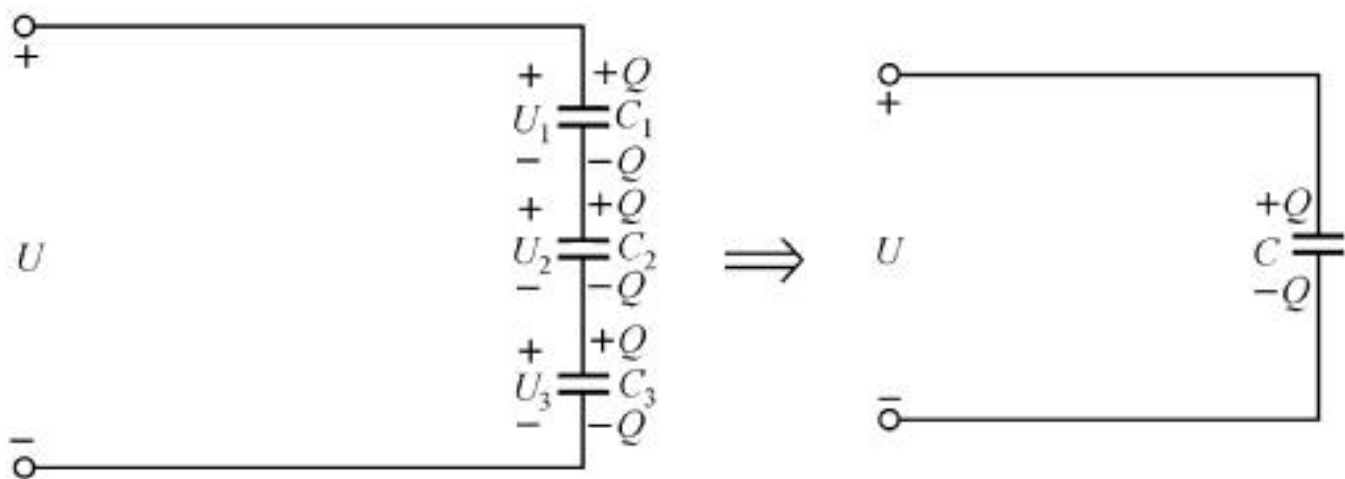
子母电容



§3-3 电容器的连接

一、电容器的串联

与电阻串联类似，将两个或两个以上的电容器，连接成一个无分支电路的连接方式。



适用情形：当单独一个电容器的耐压不能满足电路要求，而它的容量又足够大时，可将几个电容器串联起来，再接到电路中使用。

串联电容的计算

串联时每个极板上的电荷量都是 q 。

设每个电容器的电容分别为 C_1 、 C_2 、 C_3 ，电压分别为 U_1 、 U_2 、 U_3 ，则

$$U_1 = \frac{q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{q}{C_2}, \quad U_3 = \frac{q}{C_3}$$

总电压 U 等于各个电容器上的电压之和，所以

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

设串联总电容(等效电容)为 C ，则由 $C = \frac{q}{U}$ ，可得

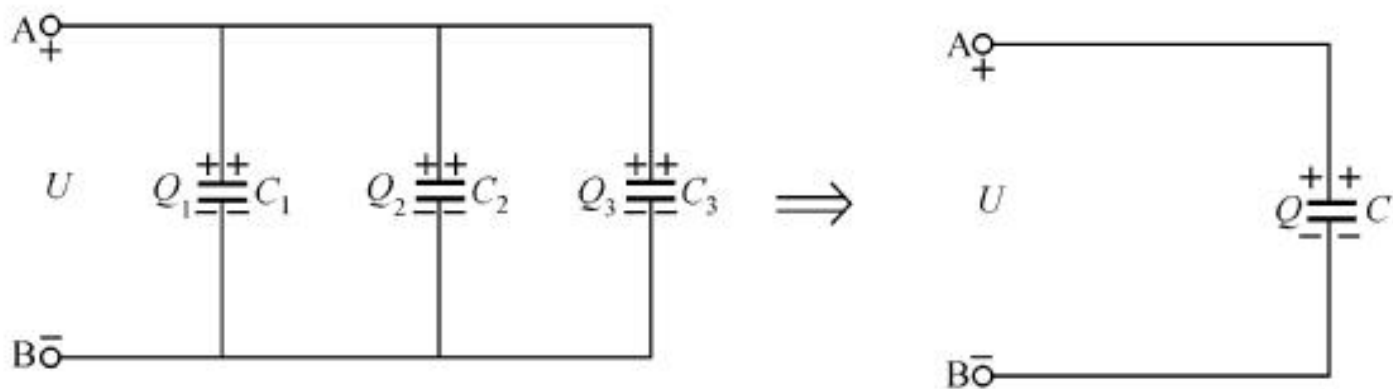
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

即串联电容器总电容的倒数等于各电容器电容的倒数之和。



二、电容器的并联

电容的并联：把几只电容器接到两个节点之间的连接方式。



适用情形：当单独一个电容器的电容量不能满足电路的要求，而其耐压均满足电路要求时，可将几个电容器并联起来，再接到电路中使用。

并联电容的计算

电容器并联时，加在每个电容器上的电压都相等。设电容器的电容分别为 C_1 、 C_2 、 C_3 ，所带的电量分别为 q_1 、 q_2 、 q_3 ，则

$$q_1 = C_1 U, \quad q_2 = C_2 U, \quad q_3 = C_3 U$$

电容器组储存的总电量 q 等于各个电容器所带电量之和，即

$$q_1 + q_2 + q_3 = (C_1 + C_2 + C_3) U$$

设并联电容器的总电容(等效电容)为 C ，由 $q = CU$ ，得

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

即并联电容器的总电容等于各个电容器的电容之和。

§3-4 电容器中电场能

一、电容器的充电和放电

电容在充电过程中，电容器储存了电荷，也储存了能量；在放电过程中，电容器将正、负电荷中和，也随之放出了能量。

1、电容器的充电

充电过程中，随着电容器两极板上所带的电荷量的增加，电容器两端电压逐渐增大，充电电流逐渐减小，当充电结束时，电流为零，电容器两端电压

$$U_C = E$$

2、电容器的放电

放电过程中，随着电容器极板上电量的减少，电容器两端电压逐渐减小，放电电流也逐渐减小直至为零，此时放电过程结束。

3、电容器的充放电电流

充放电过程中，电容器极板上储存的电荷发生了变化，电路中有电流产生。其电流大小为

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

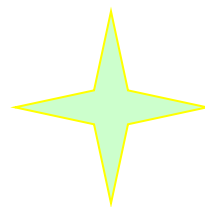
由 $q = Cu_C$ ，可得 $\Delta q = C\Delta u_C$ 。所以

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = C \frac{\Delta u_C}{\Delta t}$$

需要说明的是，电路中的电流是由于电容器充、放电形成的，并非电荷直接通过了介质。

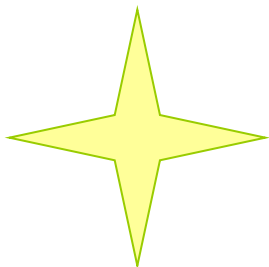
电容充放电 - 注意事项

(1) 若电容两端加直流, $i_C = C \frac{\Delta u_C}{\Delta t} = 0$



, 电容器相当于开路, 所以电容器具有隔直流的作用。

(2) 若将交变电压加在电容两端, 则电路中有交变的充发电流通过, 即电容具有通交流作用。



二、电容器中的电场能

1. 能量来源

电容器在充电过程中，两极板上有电荷积累，极板间形成电场。电场具有能量，此能量是从电源吸取过来储存在电容器中的。

从能量转化角度看，电容器的充放电过程，实质上是电容器与外部能量的交换过程。在此过程中，电容器本身不消耗能量，所以说电容器是一种储能元件。

2. 储能大小的计算

$$W_C = \frac{1}{2} CU^2$$

