



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

2022.7.19 晚课资料

电容 3

上节课我们介绍了安规电容中的 X 电容，接下来我们来看另外一个安规电容



有知道上图是什么电容的同学吗？对的，上图是安规电容里的 Y 电容，Y 电容的介质为陶瓷。
Y 电容的脚间距常见有：7.5mm，10mm，12.5mm，也就是说你画这几个脚间距的封装是可以买到料件的。

那么 Y 电容的本体也会给出几个信息：容量、精度、耐压等级，额定电压，认证标准。Y 电容的容量一般像贴片电阻一样是用代码来标注，比如 472M 就是 4700pF，M 精度为 ±20%。

Y 电容常用容量有：101，221，331，471，681，102，222，332，472 单位为 PF，Y 电容常用精度有 ±10%，±20%。Y 电容温度等级通常为：-40℃~125℃，Y 电容常见额定电压有：250Vac / 300Vac / 400Vac / 500Vac。Y 电容的绝缘电阻通常为 10 000MΩ 以上。

Y 电容常见常用的有：Y1，Y2 类，Y1，Y2 的工频耐压如下：Y2 类电容耐压可耐压 AC2500V，时间为 60S 且漏电流 < 50mA。那么 Y1 类电容可耐压 AC4000V，时间为 60S 且漏电流 < 50mA

问：刚刚那张图片，怎么一眼就看出来是 Y 电容的呢？

答：电容本体上会写 Y1，还是 Y2

所以 Y1 类比 Y2 类工频耐压明显更高，除了工频耐压有区别，承受脉冲尖峰电压也有区别。
Y2 类电容适用峰值脉冲电压 5kV，Y1 类电容适用峰值脉冲电压 8kV。明显还是 Y1 类比 Y2 类适用峰值脉冲电压更高，大家记住这两类 Y 电容的区别。

Y 电容通常是用来抑制电源电磁干扰用的电容器。上节课讲了 X 电容是接在 L、N 线之间，那么 Y 型电容通常连接在 L 线或 N 线与大地 PE 即外壳之间，用来滤除共模干扰信号。



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

那么什么是共模信号，定义大小相等，方向相同的信号为共模信号，如两个大小相等的干扰信号，分别从 L 线进入，和从 N 线进入，那么方向都是输入。参考为 PE 大地，我们认为这两个信号就是共模干扰信号。

所以 Y 电容分别是接 L 线和 PE，接 N 线和 PE，因此需要两个 Y 电容来滤除这对共模干扰，当 L 线和 N 线的干扰信号流入，那么会通过端口的 Y 电容流入到 PE 即外壳，Y 电容通常放端口为共模干扰信号提供通路，起到滤波的作用，防止共模干扰信号进入产品。

为了不超过相关安全标准限定，通常要求漏电流小于 10mA，所以 Y 电容的容值不能大，通常都是几 nF。那么对于市电供电的产品，应该选择 Y1 还是 Y2，因为安规耐压试验要求 L 线和 N 线对 PE 耐压 1500Vac，而模拟雷电浪涌试验要求共模干扰电压最高为 4kV。

根据刚才介绍 Y2 可以耐压，AC2500V，适用峰值脉冲电压 5kV，所以选择 Y2 就可以，对于 Y 电容常见的认证标志如下表

安规认证

国家	认证组织	标准号	证书号
美国/加拿大	UL CUL	UL60384	E208107
韩国	KTL	K60384-14	SU03031-7002
中国	CQC	GB/T 6346.14-2015	CQC06001018610
德国	VDE	En 60384-14	40025754
欧盟	ENEC	En 60384-14	40025754
国际电工委员会	IEC-CB	IEC 60384-14	US-21746-UL

销往不同的国家，需要满足相应国家的安规认证。

X 电容 Y 电容统称为安规电容，安规电容都有安规认证标志，安规电容是指电容器失效后，不会导致电击，通常是指不允许短路失效，不危及人身安全。所以其他电容是不能替代安规电容，大家要注意。

问：可以代替共模电感吗

答：Y 电容和共模电感都是抑制共模干扰的作用，如果电容能过，可以不用电感，如果电感能过 EMC，也可以不用 Y 电容，也不存在谁替代谁

问：y2 电容击穿了会短路么

答：Y2 属于安规电容，那么安规电容就不允许短路，会短路就认证过不了

问：那安规电容可以代替其他电容吗

答：安规电容代替一般的瓷片电容，更可以，只是可能贵一点，个体也大，没有这个必要，安规电容的工作场合是交流电，瓷片电容之前也讲了，是直流耐压。



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

问：X 和 Y 电容使用上有什么区别吗？

答：X 电容抑制差模干扰，Y 电容抑制共模干扰

问：安规电容是指电容器失效后，不会导致电击，通常是指不允许短路失效，不危及人身安全。这段话怎么理解 许老师

答：就是电容损坏了，不会出现短路损坏，开路损坏是可以接受 ‘

问：这里所说的绝缘电阻什么意思

答：安规电容有两个引脚，你也可以看到引脚间距也还是很大的，两个引脚间距之间的绝缘阻抗很大

问：电容失效为啥不会短路

答：如果市电接一个 Y 电容到外壳，假设允许短路损坏，那么你的产品外壳是不是带市电高压，那么人体触碰外壳是不是有触电风险

问：x 电容 y 电容是不是频率方面也有点不一样的

答：都是用在交流场合

问：请问漏电流是什么概念呢？今天刚加入班级，还没看课😓

答：电容的绝缘阻抗虽然有 10 000MΩ 以上，但是还是有微小的电流通过电容

问：老师，漏电流 10mA 是因为超过 10mA 人体就受不了了吗

答：工业里的要求通常是 10mA 以下，漏电流过大容易触电风险

问：相同规格的但是不同厂家的 Y 电容对传导辐射影响大吗

答：会有偏差，因为不同的厂家，电容材质，寄生参数也会有偏差，不可能完全一样

问：您刚才讲的耐峰值脉冲电压，和 ac 电压，能稍微解释下这两个概念吗，今天刚进群

答：AC 耐压是指我们工频 50HZ 的电压，那么峰值脉冲电压，指的是 1.2uS 宽度的很小的尖峰电压

问：那安规 X 电容，和 CBB 同介质，也都能吸收尖峰电压，那是否可以替换呢

答：虽然都可以吸收尖峰电压，但是 CBB 是没有安规认证，并且 X 电容是用在交流工况下，是有交流额定工作电压，而且可以适用高的尖峰电压，但是 CBB 通常是用在直流场合来吸收尖峰电压，因此肯定不能 替换，安规电容不能用其他任何不是安规的电容来代替。

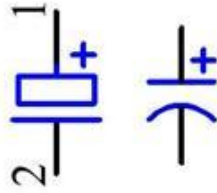
问：请问 x 电容和 y 电容如果是接零线和火线之间的话，电容有隔直通交的作用，接市电交流电的话，电容不会直接通交流进而导致零火线短路吗？

答：隔直通交，通交流的电流很小，因此不会像你所说的那样就成短路了

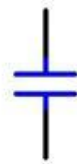


姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

接下来我们来讲电容的应用计算，电容在电路中常见符号如下

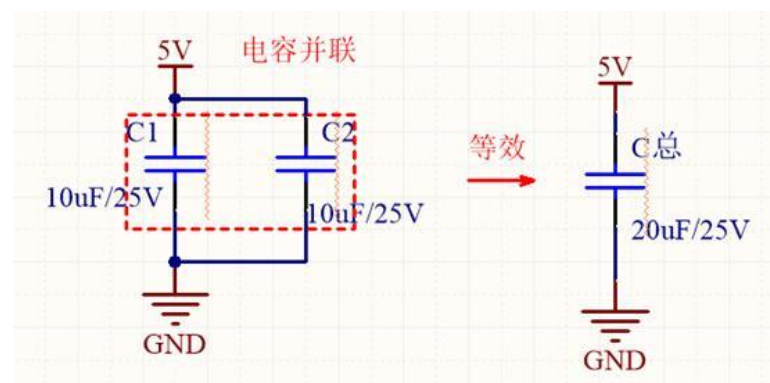


请问这种电容是代表什么电容？这种标识了正极的电容，说明是有方向的有极性电解电容。



这种电容代表什么电容，这种没有标识正极的，说明是无极性电容，是没有方向的，因此这种电容在电路设计中是可以任意接的。但是有极性电容就一定要注意正确连接正负电压，之前在讲电解电容的时候说过，对于高电压大容量是一个极端的电容要求，通常难买到，那么对于极端的电容不好购买，那么我们应该怎么来解决？

我们也可以通过电容的串并联来解决，如下图：



那么并联后的等效电容总容量 $C_{总} = C_1 + C_2 = 10\mu F + 10\mu F = 20\mu F$ ，如果对于多个电容并联，那么 $C_{总并} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$ 。

那么并联后等效电容能承受的耐压 $V = V_1 = V_2 = 25V$ ，对于多个电容并联也一样，等效总电容能承受的电压与单个电容耐压一样，所以我们可以得知：只是电容并联可以解决大容量的需求问题，但是高压应用不能解决。



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

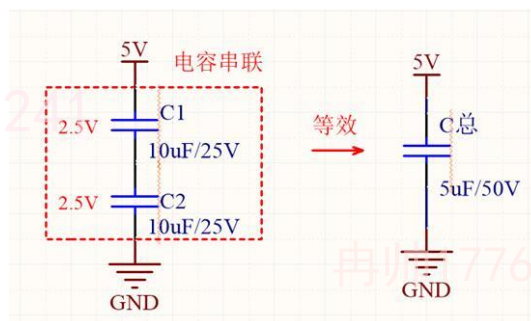
问：这是为什么呢

答：因为电源依然是全部加在每个并联的电容上，原本每个电容可以耐压多少，电源就不能超过每个电容的耐压。比如，我 25V 的 3 个电容并联，请问可以用在 30V 的电源下吗？不能嘛。因为加上 30V，那么并联的所有电容都过压了，所以，无论你并联多少个电容，你的电源都不能超过每个电容的耐压 25V，因此，如果我想要用在 30V 电源下，那么并联 25V 电容解决不了。

问：老师，请问 esl 并联可以等效为单个电容的 esl 除以并联个数吗？

答：可以，可以这么算

接下来我们来看电容串联



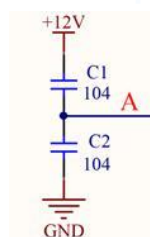
那么串联后的等效电容计算公式

$$\frac{1}{C_{\text{总}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

如果对于多个电容串联，那么

$$\frac{1}{C_{\text{总串}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

串联的等效容量根据公式计算即可，那么串联后单个电容承受的电压如何呢？

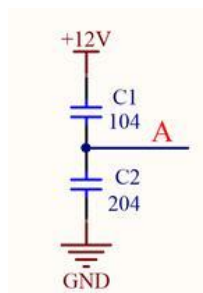


电容和电阻一样，也能串联分压，如果容值一样，A 点的电位多少？对的，6V。

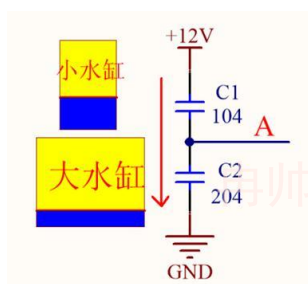


姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

如果我改变一下容值，看下图



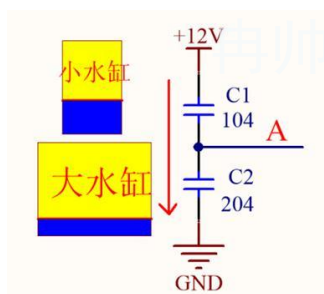
大家看上面这幅图，我们把 C2 改成 204。也就是下面的电容是上面电容容量的 2 倍，请问，A 点的电位现在是多少 V 啊？为了形象理解电容，我们可以把电容理解成一个水缸，电容储能就好比水缸装有水，那么上图的电容串联就好比两个水缸串在一起，看下图



上面容量小是一个小水缸，下面容量大是一个大水缸。下面容量是上面容量的 2 倍，可以等效理解为下面的大水缸高度和上面小水缸一样，但是底面积是上面小水缸底面积的 2 倍。

同一条回路中的电流是一样的，也就是水流的大小都是一样的，所以同一个水流，一边给小水缸的充电，一边给大水缸充电。相同的水流给水缸注水，肯定小水缸的水位会更高，也就是电压更高对吧。

比如同样的电流给 2 个电容充电，C2 充到 1V 时，C1 就会充到 2V，根据水的体积计算可以得知是不是。当 C2 充到 2V 时，C1 就充到 4V，那么此时两个电容串联的电压和是多少 V？对的，加起来是 6V，就等效一个电容充到 6V。充到 6V 充满了吗？



对的，还没有充满，所以就继续充。底面积一大一小，水流速度一样，同时给两个水缸注水。大水缸充到 2V，小水缸冲到 4V，这里理解吗？水的体积相等，底面积为 2 倍，那么高就是一半对吧。



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

当 C2 充到 3V 时, C1 充到多少 V? 对的 6V, 此时 C1、C2 两电容电压和是 3V+6V=9V, 说明还没有充满到 12V, 所以就继续充对吧?

当 C2 充到 4V 时, C1 充到多少 V 啊? 好, 此时 C1 充到 8V, 那么 C1, C2 加起来多少 V, 此时 4V+8V=12V, 是不是已经两电容电压和为电源电压了, 那么此次电源还会继续给电容充吗? 不会对吧, 说明充满了。

所以, 串联后最终 C1 的电压是 8V, C2 的电压是 4V, 对照自己算对了没有, 所以两个电容串联后, 电容的电压计算如下

$$\frac{VC1}{VC2} = \frac{C2}{C1}$$

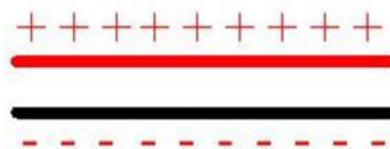
那么为了使得两个电容串联后, 两个电容的分压相等, 那么只需要选择同容量的两个电容串联即可, 所以我们可以得知: 电容串联可以解决高压应用的问题。

问: 电解电容可以串联吗?

答: 可以的, 注意正负极

电阻有阻抗, 那么电容也有容抗。电容的容抗公式为: $X_c = 1 / (2 \pi f C)$, f 是频率, C 是电容容量。频率一定时, 电容 C 越小, 容抗越大, 那么电容量一定时, 交流频率 f 不同, 容抗也会不同。在交流应用中电容和电阻一样。容抗也满足欧姆定律: $I = U / X_c$, 容抗越大, 流过它的电流就越小。所以电容都是隔直流通交流。

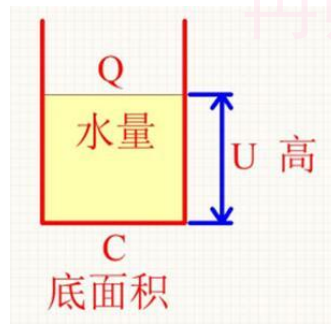
中学我们学过电容的构造有 2 个极板, 分别是正极板, 和负极板。如下图



如果电容的极板上聚集的电荷越多, 电荷量 Q 也就越大, 电荷量我们用 Q 表示, 单位为: 库仑 (C), 电荷量 Q 越多, 那么电压 U 也就越高, 并且 Q 和 U 是线性增长的关系, 我们还把电容比作一个水缸, 用水缸来形象比喻 Q 、 C 、 U 三者关系, 如下图



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

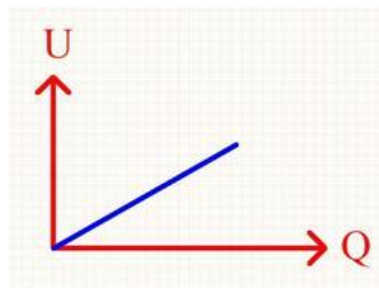


红色的就是水缸，表示电容器；黄色的表示水缸里面的水，表示电荷量，这个水缸大家可以想象成是一个圆柱形的。

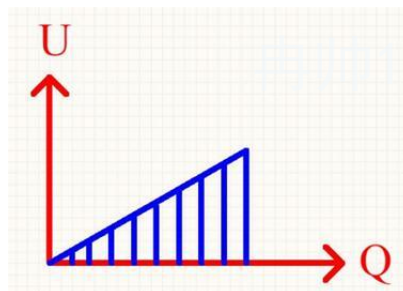
那么，这个圆形底部的面积可以看作是电容的容量 C ，而水位的高度，可以看作是电压 U 。那么电荷量的多少好比水缸存水量的多少，根据水的体积=底面积*高计算，所以 $Q=C*U$ ，这就是电容的电荷量 Q 、 C 、 U 三者的关系式。

另外我们在中学也学过电流的定义，电流 $I=Q/t$ ，所以 $Q=I*t$ ，如果用电流比作水流来理解，其实就犹如均匀的水流注入水缸，经过时间 t 后，水缸里的水有多少就是电荷量为多少。

所以关于电容电荷量的计算公式 $Q=I*t$ 或者 $Q=C*U$ 作为基本公式要记住。既然 Q 和 U 是线性增长的关系，如果电容上没有电荷量，那么电容也就没有电压了。画出线性曲线如就是如下



Q 越大， U 也就越大，随着电荷数的积累，电容的电压也会随之升高



横坐标表示电容的电荷量，纵坐标表示电容的电压，那么，电容存储的电能就是上图中阴影部分的面积



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

根据三角形面积 = $\frac{1}{2}QU$

$Q=C \cdot U$ 代入上式，那么电容存储的电能公式就为

$$E = \frac{1}{2} C \cdot U \cdot U = \frac{1}{2} CU^2$$

单位：焦耳

大家也要把这个公式记住。

问：为什么串联电容，等效电容量反而小了，怎么理解

答：根据公式计算，电容量变小了

问：在直流电路中，电容的容抗是相当于无穷大吗？

答：如果把电容充满，并且不放电保持，那么电容就相等阻抗无穷大断路

问：老师，为什么储能是阴影部分呢

答：用曲线的阴影面积来计算，是方便大家理解，电容充电，电荷移动产生电压形成电能，用积分来推导不好理解

问：频率是电压的频率么

答：对的，是流过电容的电压频率

问：如果一个电容只有 1pF，耐压 1000V，那这个电容可以外加 1000V 电压充到 1000V 吗

答：耐压 1000V，是可以充到 1000V，但已经接近极限耐压，容易损坏电容

问：老师，不同的容值电容并联电路中等效后的电容承受的耐压是最大电容耐压值嘛；串联电容电路中他们的等效电容耐压值是什么呢

答：并联电容中，等效电容承受的耐压取最小耐压，也就是不能超过最小耐压的电容，否则就会有电容损坏，那么串联电容，等效的电容可以承受的耐压与各个电容的容量有关，如果全部是相同的电容，那么可以承受的耐压为所有单个电容耐压相加之和

问：电容可以理解为水缸 容抗这个概念如何形象的理解

答：容抗可以根据频率不同理解成可调电阻

问：电容的通交隔直的概念可以再解释清楚一些吗？老师

答：交流对电容会充电和放电，那么充放电就会有电流流过，但是直流对电容充满了就不会再充也不会放电，所有电容没有电流流过相当断开



姓名	冉帅	学号	H11-043
QQ	2806453417	Phone	17766093241

问：比如一个交流电源,直接接对地接一个足够大的电容.是什么效果?

答：那么电容越大,流过电容的电流就会越大,其实从阻抗角度理解,电容大容抗小,电流大一样的

问：了解电容可以储存多少电能有什么意义?

答：电容可以储能,如果你接触过电子产品,就会发现,市电整流输入都会接一个储能电容,相当蓄水池,可以为负载瞬时提供大电流

那今晚到这。