

电磁干扰滤波电容器使用方法

电容器是电路中最基本的元件之一，利用电容滤除电路上的高频骚扰和对电源解耦是所有电路设计人员都熟悉的。但是，随着电磁干扰问题的日益突出，特别是干扰频率的日益提高，由于不了解电容的基本特性而达不到预期滤波效果的事情时有发生。本文介绍一些容易被忽略的影响电容滤波性能的参数及使用电容器抑制电磁骚扰时需要注意的事项。

1 电容引线的作用

在用电容抑制电磁骚扰时，最容易忽视的问题就是电容引线对滤波效果的影响。电容器的容抗与频率成反比，正是利用这一特性，将电容并联在信号线与地线之间起到对高频噪声的旁路作用。然而，在实际工程中，很多人发现这种方法并不能起到预期滤除噪声的效果，面对顽固的电磁噪声束手无策。出现这种情况的一个原因是忽略了电容引线对旁路效果的影响。

实际电容器的电路模型如图 1 所示，它是由等效电感（ESL）、电容和等效电阻（ESR）构成的串联网路。



图 1 实际电容器的等效电路

理想电容的阻抗是随着频率的升高降低，而实际电容的阻抗是图 1 所示的网络的阻抗特性，在频率较低的时候，呈现电容特性，即阻抗随频率的增加而降低，在某一点发生谐振，在这点电容的阻抗等于等效串联电阻 ESR。在谐振点以上，由于 ESL 的作用，电容阻抗随着频率的升高而增加，这是电容呈现电感的阻抗特性。在谐振点以上，由于电容的阻抗增加，因此对高频噪声的旁路作用减弱，甚至消失。

电容的谐振频率由 ESL 和 C 共同决定，电容值或电感值越大，则谐振频率越低，也就是电容的高频滤波效果越差。ESL 除了与电容器的种类有关外，电容的引线长度是一个十分重要的参数，引线越长，则电感越大，电容的谐振频率越低。因此在实际工程中，要使电容器的引线尽量短，电容器的正确安装方法和不正确安装方法如图 2 所示。

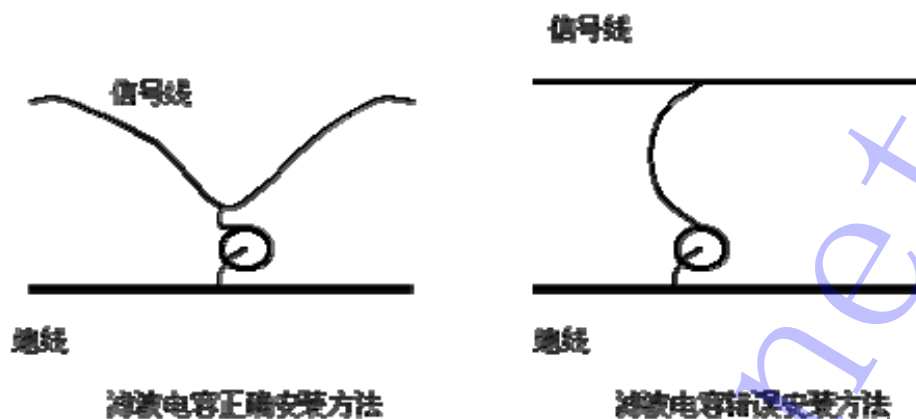


图 2 滤波电容的正确安装方法与错误安装方法

根据 LC 电路串联谐振的原理，谐振点不仅与电感有关，还与电容值有关，电容越大，谐振点越低。许多人认为电容器的容值越大，滤波效果越好，这是一种误解。电容越大对低频干扰的旁路效果虽然好，但是由于电容在较低的频率发生了谐振，阻抗开始随频率的升高而增加，因此对高频噪声的旁路效果变差。表 1 是不同容量瓷片电容器的自谐振频率，电容的引线长度是 1.6mm（你使用的电容的引线有这么短吗？）。

表 1

电容值	自谐振频率 (MHz)	电容值	自谐振频率 (MHz)
1 μ F	1.7	820 pF	38.5
0.1 μ F	4	680 pF	42.5
0.01 μ F	12.6	560 pF	45
3300pF	19.3	470 pF	49
1800 pF	25.5	390 pF	54
1100pF	33	330 pF	60

尽管从滤除高频噪声的角度看，电容的谐振是不希望的，但是电容的谐振并不是总是有害的。当要滤除的噪声频率确定时，可以通过调整电容的容量，使谐振点刚好落在骚扰频率上。

2. 温度的影响

由于电容器中的介质参数受到温度变化的影响，因此电容器的电容值也随着温度变化。不同的介质随着温度变化的规律不同，有些电容器的容量当温度升高时会减小 70%以上，常用的滤波电容为瓷介质电容，瓷介质电容器有超稳定型：COG 或 NP0，稳定型：X7R，和通用型：Y5V 或 Z5U 三种。不同介质的电

容器的温度特性如图 2 所示。

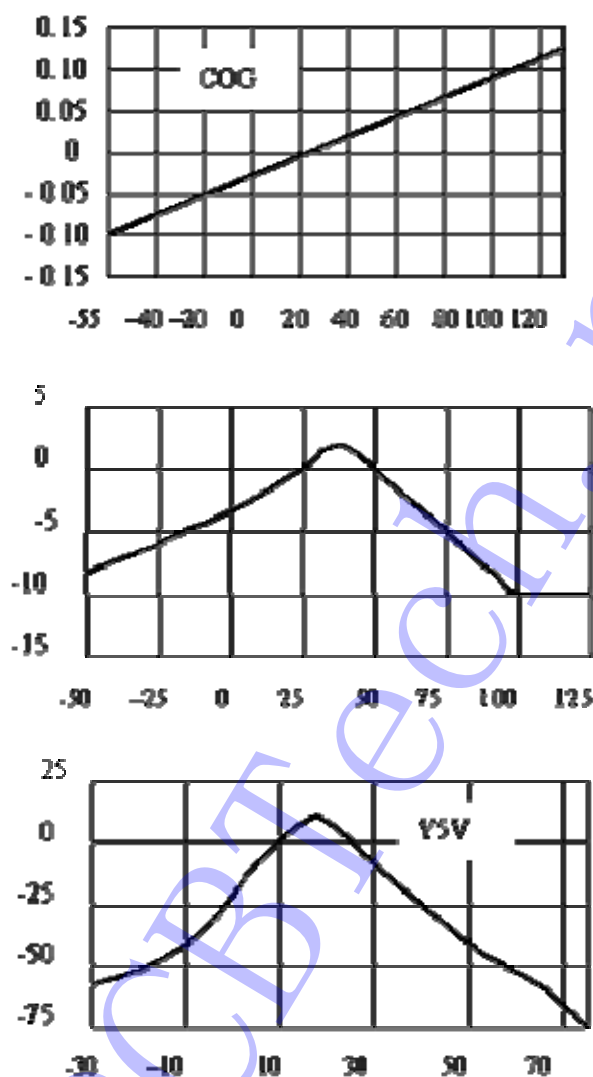


图 3 不同介质电容器的温度特性

从图中可以看到，COG 电容器的容量几乎随温度没有变化，X7R 电容器的容量在额定工作温度范围变化 12% 以下，Y5V 电容器的容量在额定工作温度范围内变化 70% 以上。这些特性是必须注意的，否则会出现滤波器在高温或低温时性能变化而导致设备产生电磁兼容问题。

COG 介质虽然稳定，但介质常数较低，一般在 10~100，因此当体积较小时，容量较小。X7R 的介质常数高得多，为 2000 ~ 4000，因此较小的体积能产生较大的电容，Y5V 的介质常数最高，为 5000 ~ 25000。

许多人在选用电容器时，片面追求电容器的体积小，这种电容器的介质虽然具有较高的介质常数，但温度稳定性很差，这会导致设备的温度特性变差。这在选用电容器时要特别注意，尤其是在军用设备中。

3. 电压的影响

电容器的电容量不仅随着温度变化，还会随着工作电压变化，这一点在实际工程必须注意。不同介质材料的电容器的电压特性如图 3 所示。从图中可以看出，X7R 电容器在额定电压状态下，其容量降为原始值的 70%，而 Y5V 电容器的容量降为原始值的 30%！了解了这个特性，在选用电容时要在电压或电容量上留出余量，否则在额定工作电压状态下，滤波器会达不到预期的效果。

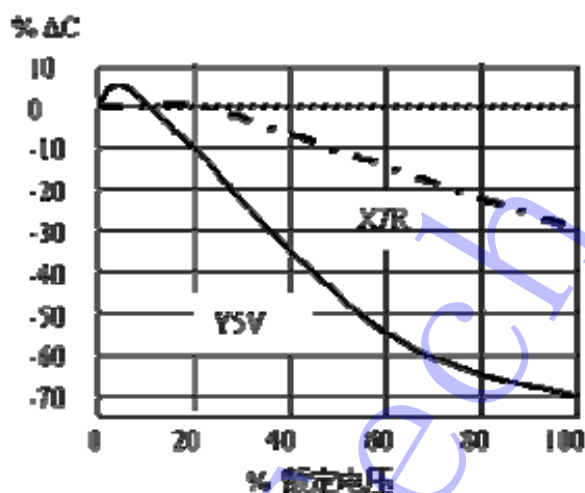
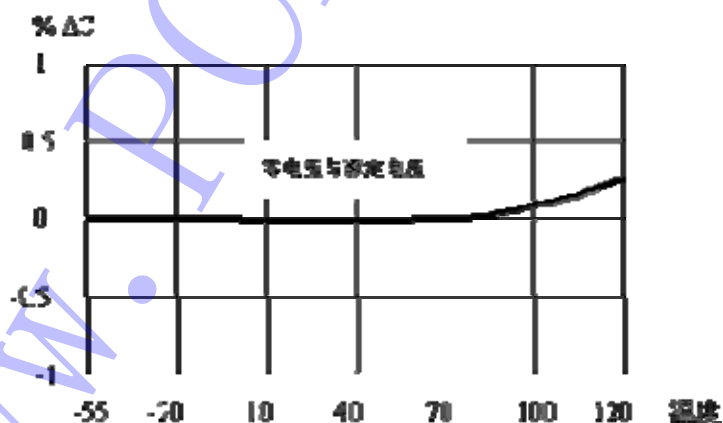


图 4 电容器的电压特性

综合考虑温度和电压的影响时，电容的变化如图 4 所示。



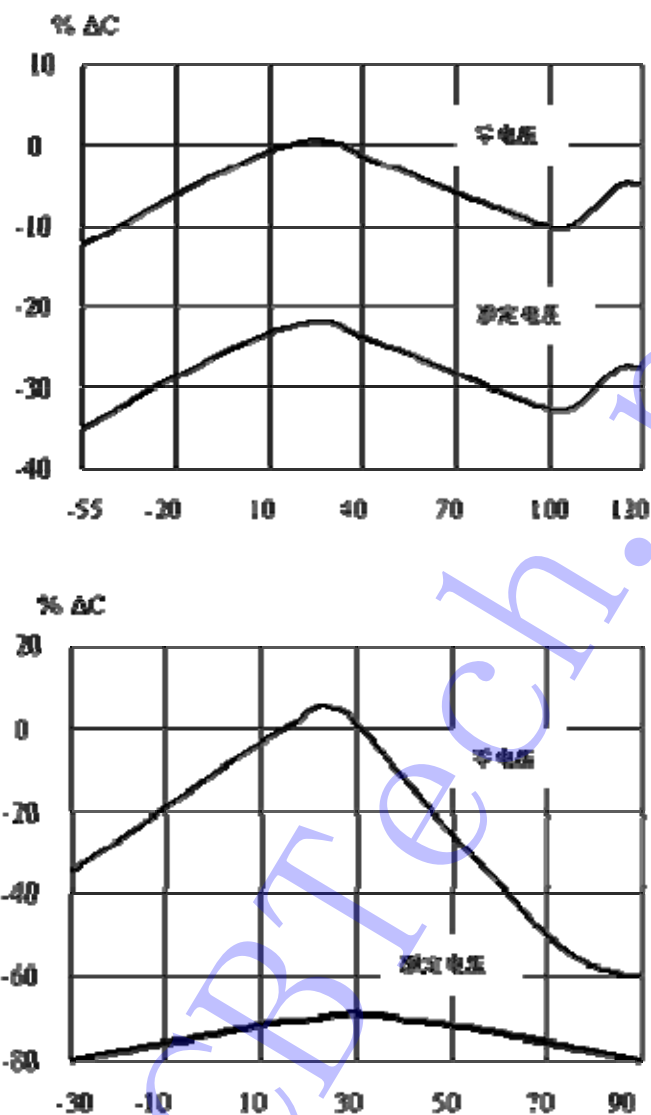


图 5 电容器的温度/电压特性

5. 穿心电容的使用

在实际工程中，要滤除的电磁噪声频率往往高达数百 MHz，甚至超过 1GHz。对这样高频的电磁噪声必须使用穿心电容才能有效地滤除。普通电容之所以不能有效地滤除高频噪声，是因为两个原因，一个原因是电容引线电感造成电容谐振，对高频信号呈现较大的阻抗，削弱了对高频信号的旁路作用；另一个原因是导线之间的寄生电容使高频信号发生耦合，降低了滤波效果，如图 5 所示。

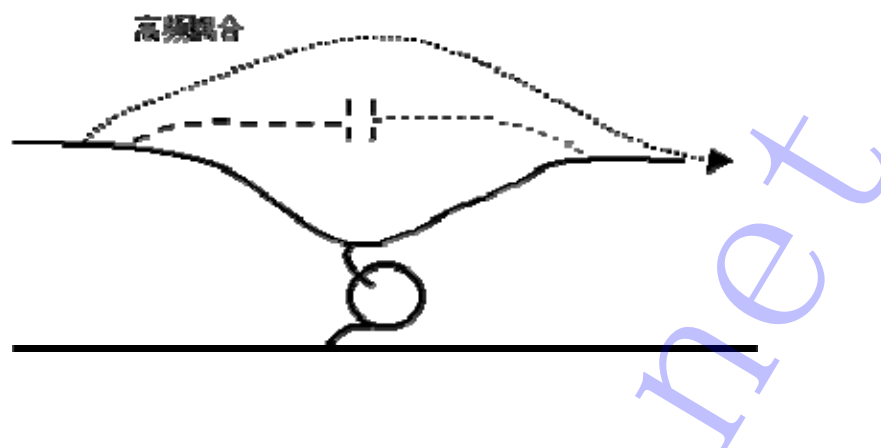


图 6 普通电容在高频滤波中的问题

穿心电容之所以能有效地滤除高频噪声，是因为穿心电容不仅没有引线电感造成电容谐振频率过低的问题，而且穿心电容可以直接安装在金属面板上，利用金属面板起到高频隔离的作用。但是在使用穿心电容时，要注意的问题是安装问题。穿心电容最大的弱点是怕高温和温度冲击，这在将穿心电容往金属面板上焊接时造成很大困难。许多电容在焊接过程中发生损坏。特别是当需要将大量的穿心电容安装在面板上时，只要有一个损坏，就很难修复，因为在将损坏的电容拆下时，会造成邻近其它电容的损坏。

随着电子设备复杂程度的提高，设备内部强弱电混合安装、数字逻辑电路混合安装的情况越来越多，电路模块之间的相互骚扰成为严重的问题。解决这种电路模块相互骚扰的方法之一是用金属隔离舱将不同性质的电路隔离开。但是所有穿过隔离舱的导线要通过穿心电容，否则会造成隔离失效。当不同电路模块之间有大量的连线时，在隔离舱上安装大量的穿心电容是十分困难的事情。为了解决这个问题，国外许多厂商开发了“滤波阵列板”，这是用特殊工艺事先将穿心电容焊接在一块金属板构成的器件，使用滤波阵列板能够轻而易举地解决大量导线穿过金属面板的问题。但是这种滤波阵列板的价格往往较高，每针的价格约 30 元。

1999 年，北京天亦通公司开发成功了 TLZ - 1 系列滤波阵列板（专利申请中）。这种滤波阵列板的滤波性能接近国外产品，但价格仅为国外产品的 1/10 以下。TLZ - 1 系列滤波阵列板的密度是标准 2.54mm，可以直接与扁平电缆插座配合，便于安装，可广泛用于电子设备的滤波隔离（图 6）。

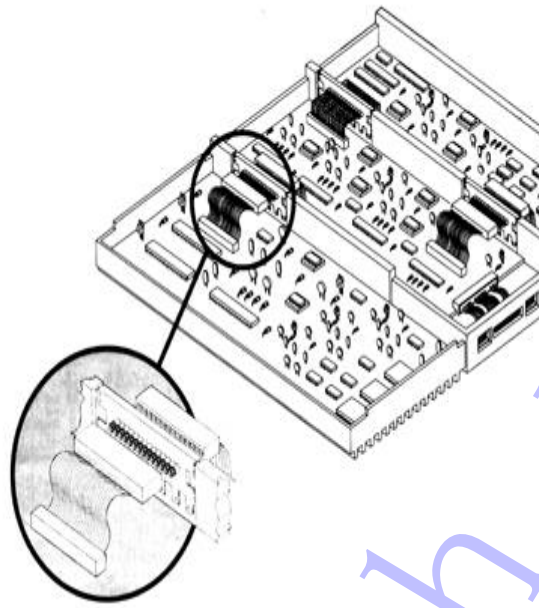


图 7 滤波阵列板用于电路隔离