

电子元器件系列知识--电容篇

电容器的参数与分类

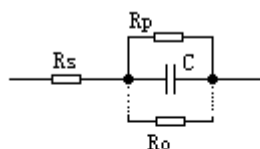
参数

1. 标称电容量 (CR)。电容器产品标出的电容量值。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器居中 (大约在 0.005uF~1.0uF); 通常电解电容器的容量较大。这是一个粗略的分类法。

2. 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。

3. 额定电压 (UR)。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。电容器应用在高电压场和时, 必须注意电晕的影响。电晕是由于在介质/电极层之间存在空隙而产生的, 它除了可以产生损坏设备的寄生信号外, 还会导致电容器介质击穿。在交流或脉动条件下, 电晕特别容易发生。对于所有的电容器, 在使用中应保证直流电压与交流峰值电压之和不得超过电容器的额定电压。

4. 损耗角正切 ($\text{tg}\delta$)。在规定频率的正弦电压下, 电容器的损耗功率除以电容器的无功功率为损耗角正切。在实际应用中, 电容器并不是一个纯电容, 其内部还有等效电阻, 它的简化等效电路如附图所示。对于电子设备来说, 要求 R_S 愈小愈好, 也就是说要求损耗功率小, 其与电容的功率的夹角要小。



R_p --介质的绝缘电阻
 R_o --介质的吸收等效电阻
 R_s --是电容器的串联等效电阻
 C --电容器的实际电容

这个关系为: $\text{tg}\delta = R_S / X_C = 2 * 3.14 * f * C * R_S$ 。因此, 在应用当中应注意选择这个参数, 避免自身发热过大而影响寿命。

5. 电容器的温度特性。通常是以 20°C 基准温度的电容量与有关温度的电容量的百分比表示。

6. 使用寿命。电容器的使用寿命随温度的增加而减小。主要原因是温度加速化学反应而使介质随时间退化。

7. 绝缘电阻。由于温升引起电子活动增加, 因此温度升高将使绝缘电阻降低。

电容的分类

电容器包括固定电容器和可变电容器两大类。其中固定电容器又可根据其介质材料分为云母电容器、陶瓷电容器、纸/塑料薄膜电容器、电解电容器和玻璃釉电容器等; 可变电容器也可以是玻璃、空气或陶瓷介质结构。以下附表列出了常见电容器的字母符号。

附表

字母	电容器介质材料	字母	电容器介质材料
A	钽电解	L	聚脂等极性有机薄膜
B	聚苯乙烯等非极性有机薄膜	N	铌电解
C	高频陶瓷	O	玻璃膜
D	铝电解	Q	漆膜
E	其他材料电解	T	低频陶瓷
G	合金电解	V	云母纸
H	纸膜复合	Y	云母
I	玻璃釉	Z	纸
J	金属化纸		

电容的耐压和绝缘电阻

电容长期可靠地工作，它能承受的最大直流电压，就是电容的耐压，也叫做电容的直流工作电压。如果在交流电路中，要注意所加的交流电压最大值不能超过电容的直流工作电压值。表 1 是常用固定电容直流工作电压系列。有*的数值，只限电解电容用。

常用固定电容的直流电压系列

1.6 4 6.3 10 16 25 32* 40 50 63
 100 125* 160 250 300* 400 450* 500 630 1000

由于电容两极之间的介质不是绝对的绝缘体，它的电阻不是无限大，而是一个有限的数值，一般在 1000 兆欧以上。电容两极之间的电阻叫做绝缘电阻，或者叫做漏电阻。漏电阻越小，漏电越严重。电容漏电会引起能量损耗，这种损耗不仅影响电容的寿命，而且会影响电路的工作。因此，漏电阻越大越好。

电容的种类区分

电容的种类也很多，为了区别开来，也常用几个拉丁字母来表示电容的类别，如图 1 所示。第一个字母 C 表示电容，第二个字母表示介质材料，第三个字母以后表示形状、结构等。上图是小型纸介电容，下图是立式矩开密封纸介电容。表 1 列出电容的类别和符号。表 2 是常用电容的几项特性。

表 1 电容的类别和符号

电容种类	容量范围	直流工作电压 (V)	运用频率 (MHz)	准确度	漏电阻 (MΩ)
中小型纸介电容	470pF~0.22μF	63~630	8 以下	1~10	>5000
金属壳密封纸介电容	0.01μF~10μF	250~1600	直流、脉动直流	1~10	>1000~5000
中、小型金属化纸介电容	0.01μF~0.22μF	160、250、400	8 以下	1~10	>2000
金属壳密封金属化纸介电容	0.22μF~30μF	160~1600	直流、脉动电流	1~10	>30~5000
薄膜电容	3pF~0.1μF	63~500	高频、低频	1~10	>10000
云母电容	10pF~0.51μF	100~7000	75~250 以下	0.2~10	>10000
瓷介电容	1pF~0.1μF	63~630	低频、高频 50~3000 以下	0.2~10	>10000
铝电解电容	1μF~10000μF	4~500	直流、脉动直流	IV V	
钽、铌电解电容	0.47μF~1000μF	6.3~160	直流、脉动直流	I~IV	
瓷介微调电容	2/7pF~7/25pF	250~500	高频		>1000~10000
可变电容	最小>7pF 最大<1100pF	100 以上	低频、高频		>500

使用指针式万用表判定电容的极性.

不知道极性的电解电容可用万用表的电阻挡测量其极性。

我们知道只有电解电容的正极接电源正（电阻挡时的黑表笔），负端接电源负（电阻挡时的红表笔）时，电解电容的漏电流才小（漏电阻大）。反之，则电解电容的漏电流增加（漏电阻减小）。

测量时，先假定某极为“+”极，让其与万用表的黑表笔相接，另一电极与万用表的红表笔相接，记下表针停止的刻度（表针靠左阻值大），然后将电容器放电（既两根引线碰一下），两只表笔对调，重新进行测量。两次测量中，表针最后停留的位置靠左（阻值大）的那次，黑表笔接的就是电解电容的正极。

测量时最好选用 R*100 或 R*1K 挡。

铝电解电容器的套管颜色与其特性

铝电解电容器的铝壳外面有一个塑料套管。塑料套管的颜色有多种，例如浅蓝色的、橙色的、黄色的等。生产厂家之所以把铝电解电容器的套管制成五颜六色，其目的并非仅仅为了美观，而

是具有特定的意义，在选用和更换铝电解电容器时应重视这一特点。现给出常见铝电解电容器的套管颜色与含义如下表所示，

附表：铝电解电容器的套管颜色与其代表的特性

系列	特点	通用 品	小型 化	薄型 化	低阻 抗	双极 性	低漏 电	用途	电压范围	容量范围	套管颜色
MG	小型标准品	y	y					一般电路	6V3~250V	0y22~10000 μF	黑
MT	105℃小型标准品	y	y					高温一电路	6V3~100V	0y22~1000 μF	橙
SM	高度为 7 mm	y	y	y				微型机	6V3~63V	0y1~190 μF	蓝
MG-9	高度为 9 mm	y	y	y				薄型机	6V3~50V	0y1~470 μF	黑
BP	双极性品		y			y		极性反转回路	6V3~50V	0y47~470 μF	浅蓝
EP	高稳				y		y	定时电路	16~50V	0y1~470 μF	浅蓝
	定品							代替钽电容			
LL	低漏电流		y				y	定时电路, 小信号电路	10~50V	0y1~1000 μF	黄
BPC	耐高波纹电流		y		y	y		电视机 S 校正用	25~50V	1~12 μF	深蓝
BPA	音质改善用		y	y	y	y		音频电路	25~63V	1~10 μF	海蓝
HF	低阻抗		y		y			开关电路	6V3~63V	22~2200 μF	灰
HV	高耐压							高压电路	160~4000V	1~100Mf	西太青蓝

铝电解电容器使用须知

- 1、直流电解电容器只能使用在直流电路上，其极性必须标明在适当的位置或在导针/端子旁边。
- 2、在电路回路中如不清楚或不明确线路的极性时，则建议使用无极性电解电容器。
- 3、电解电容器的工作环境温度不能超过规定的使用温度范围。
- 4、电解电容器应储存于低温及干燥场所，如储存期较长，则使用前应用额定电压对其重新老练。
- 5、通过电解电容器的纹波电流不应超过其允许范围，如超过了规定值，需选用耐大纹波电流的电解电容器。
- 6、使用时，电解电容器的工作电压不应超过其额定电压。
- 7、电烙铁等高温发热装置应与电解电容器塑料外壳保持适当的距离，以防止过热造成塑料套管破裂。
- 8、在焊接电解电容器时，其焊接时间和焊接温度不应超过 10 秒钟及 260 摄氏度。
- 9、对导针、端子，如施加超过规定的力，将会破坏电解电容器的内部结构。

浅谈电源滤波用电解电容

电容器(capacitor)在音响组件中被广泛运用，滤波、反交连、高频补偿、直流回授...随处可见。但若依功能及制造材料、制造方法细分，那可不是一朝一夕能说得明白。所以缩小范围，本文只谈电解电容，而且只谈电源平滑滤波用的铝质电解电容。

每台音响机器都要吃电源—除了被动式前级，既然需要供电，那就少不了「滤波」这个动作。

不要和我争，采用电池供电当然无必要电源平滑滤波。但电池充电电路也有整流及滤波，故滤波电容器还是会存在。

我们现在习用的滤波电容，正式的名称应是：铝箔乾式电解电容器。就我的观察，除加拿大 Sonic Frontiers 真空管前级，曾在高压稳压线路中选用 PP 塑料电容做滤波外，其它机种一概都是采用铝箔乾式电解电容；

面对电源稳压线路中担任电源平滑滤波的电容器，你首先想到的会是什麼？—容量？耐压？电容器的封装外皮上一定有容量标示，那是指静电容量；也一定有耐压标示，那是指工作电压或额定电压。

工作电压(working voltage)简称 WV，为绝对安全值；若是 surge voltage(简称 SV 或 Vs)，就是涌浪电压或崩溃电压；超过这个电压值就保证此电容会被浪淹死—小心电容会爆！根据国际 IEC 384-4 规定，低於 315V 时， $V_s=1.15 \times V_r$ ，高於 315V 时， $V_s=1.1 \times V_r$ 。Vs 是涌浪电压，Vr 是额定电压(rated voltage)。

电容器的电荷能量是以 $Q=CV$ 来表示，Q 是库伦，C 是静电容量，V 是电压；故当电压值不变时，加大静电容量就能增高电荷能量。请注意，电容器的容量单位应是 F(farad)，可是因计量太高造成数值偏低，故多改用 μF ， $1F=一百万 \mu F$ 。国外也有用 mF 表示 μF ，其实 mF 不十分贴切，但机械式打字机上没有 μ 键，故用 m 代表 micro。

有了静电容量及工作耐压两个参数，若你正在选购电容，接下来你会考虑什麼？直觉上是价钱。嗯，这个参数很重要，而且数值愈低愈佳。也有人先想到品牌，并坚持日本货打死不用—还存著八年抗战情结？美国货也仅能排第二，瑞典或德国制造的才能排第一。嗯，这个参数也很重要。但既然谈到品牌，那就不能忽略系列型号；因为一个制造厂会生产许多不同系列的产品，系列不同，品质及价格就会不同。OK，我们先整理一下，有关电源平滑滤波电容器的参数已知有：静电容量、额定工作电压、涌浪崩溃电压、价格、品牌、型号系列。

不应该只有小猫两三只，外型尺寸也应该很重要，因为与它相关的有重量及接脚型态，snap-in 是插焊 PC 板式，screw 是锁螺丝式。至於重量，同容量同耐压，但品牌不同的两个电容做比较，重量一定不同；而外型尺寸更与机箱规划有关。有些电容不是全圆型，有点像是多角型，Philips、BHC 都有这种看起来似乎很高级的系列。现在我们再整理一下，加上重量、外型尺寸、接脚型态—已有九个参数。

外皮颜色？这是谁提出来的？很妙。因白色、黑色、蓝色塑胶封装都有厂商在用，它有时也具有某些意义，例如日规黑底金字常代表高级 for audio 音响级电容。仅凭外观还能想到哪些？制造日期，9627 就是 1996 年第 27 周出厂；近年来日制电容似乎逐渐有意省略制造日期的标示。但外皮颜色及文字印刷不直接与品质有关，故仅加上制造日期参数。还有，别忘了适用工作温度，因为 105 度 C 比 85 度 C 更适用於真空管机。若机器要摆在南极，最好选耐负 55 度 C 的品种。

容量误差也别遗漏，当采多颗并联，为求得单只特性均匀，误差当然是愈低愈佳。现在再加上工作温度及容量误差，咱们手上已有 12 个参数，对电容器应有三成以上了解。

请别会错意，电容的工作温度不是指环境或表面温度—不管几度，封装塑胶外皮都是一样，它是指铝箔工作温度，所以装管机选用 85 度 C 品种也绝对 OK，只要将电容器远离管仔就一定安全。

可是真正有关电容器品质的几个重要参数，却都只存在原厂规格书中，完全不会显露在成品

封装外皮上，而这些重要参数才是本文谈论的重点。

散逸因数—损失角：

散逸因数 dissipation factor(DF)存在於所有电容器中，有时 DF 值会以损失角 $\tan\delta$ 表示。想想，损失角，既有损失，当然愈低愈好。塑料电容的损失角很低，但铝电解电容就相当高。DF 值是高还是低，就同一品牌、同一系列的电容器来说，与温度、容量、电压、频率……都有关系；当容量相同时，耐压愈高的 DF 值就愈低。举实例做说明，同厂牌同系列的 10000 μ F 电容，耐压 80V 的 DF 值一定比耐压 63V 的低。所本刊选用滤波电容常会找较高耐压者，不是没有道理。此外温度愈高 DF 值愈高，频率愈高 DF 值也会愈高。

但许多电容器制造厂，在规格书上常不注明散逸因数 DF 值，因为数值甚高很难看。以瑞典 RIFA 为例，其蓝色 PHE-420 系列是 MKP 塑料电容，它的 DF 值最低是 0.00005/最高是 0.0008。但白色顶级 PEH169 系列铝质电解电容，就未标示损失角规格。若真注明 DF 值，可能会是 1.0000，小数点是在 1 的後面。

漏...漏电流：

哇！漏电！最好没有。可是没办法，铝电解电容在工作时一定会产生漏电流。

漏电流(leakage current)当然要低，它的计算公式大致是： $I=K\times CV$ 。漏电流 I 的单位是 μ A，K 是常数，例如是 0.01 或 0.03，每家制造厂会选择不同的常数。但不论如何，电容器容量愈高，漏电流就愈大。如果你有容量愈大平滑效果愈好的想法，这个「漏电流」也请考虑在内。从计算式可得知额定电压愈高，漏电流也愈大，因此降低工作电压亦可降低漏电流。

但降低电容器的漏电流并不容易，低漏电流 low leakage current-LL 系列价格高昂，我曾向国内厂商订制一批低漏电流 LL 系列电容，价格比许多进口电容还贵。漏电流规格，铝电解电容就比钽电解电容差许多，钽质电容也有乾式及湿式两种，不过它的容量及耐压都较低。

除特别定制外，面对一般品，想要降低它的漏电流可设法提高 V_s 对 V_r 的比值。 V_s 是涌浪电压，其值当然比 V_r 额定电压高，但施加电压(真正的工作电压)还应该比 V_r 低，例如取 V_r 的 90%；找高耐压品种可说是完全正确。

等效串联电阻 ESR：

一只电容器会因其构造而产生各种阻抗、感抗，比较重要的就是 ESR 等效串联电阻及 ESL 等效串联电感—这就是容抗的基础。电容器提供电容量，要电阻干嘛？故 ESR 及 ESL 也要求低...低；但 low ESR/low ESL 通常都是高级系列。

ESR 的高低，与电容器的容量、电压、频率及温度...都有关，当额定电压固定时，容量愈大 ESR 愈低。有人习用将多颗小电容并接成一颗大电容以降低阻抗，其理论是电阻并联阻值降低。但若考虑电容接脚焊点的阻抗，以小并大，不见得一定会有收获。

反过来说，当容量固定时，选用高 WV 额定电压的品种也能降低 ESR；故耐压高确实好处多多。频率的影响：低频时 ESR 高，高频时 ESR 低；当然，高温也会造成 ESR 的提升。

串联等效电阻 ESR 的单位是 $m\Omega$ ，高级系列电容常是 low ESR 及 low ESL。若比较低内阻及低漏电流两种特性，则低内阻容易达成，故标示 low ESR 的电容倒很常见。ESR 与损失角有关联，

$ESR = \tan\delta / (\omega \times C_s)$, C_s 是电容量。

有时电容器规格上会有 Z , 它与 ESR 的意义不同, 但 Z 的计算示与 ESR 有关, 同时也考虑到容抗及感抗, 是真正的内阻。刚才提到电容的 ESR 单位是 $m\Omega$, 那是指大电容, 若是 $220\mu F$ 小容量电容, 其 ESR 单位就不是 $m\Omega$ 而是 Ω 。何种电容器的 ESR 最低? 答案只有一个: Sanyo 的 OS 有机半导体电容!

涟波电流 I_{rac}

前面谈到的散逸因数 DF -损失角 $\tan\delta$ 、漏电流、 ESR -串联等效电阻...等, 其值都是愈低愈好, 但现在要提的涟波电流 **ripple current** 却是愈高愈好。特别是现在都特别讲究後级扩大机要有大电流输出, 电源平滑滤波电容器的涟波电流 I_{rac} (或 I_{ac})就显得格外突出。

涟波电流 I_{rac} 的标示至少应有低频及高频工作时两种规格数字, 低频大约是以 $120Hz$ 做标准, 高频大概是以 $10KHz$ 做标准, 但不同制造厂商可能会有略微的差别。

涟波电流与频率刚好成正比, 因此低频时涟波电流也比较低。可是对我们音响迷来说, 低频段的 I_{rac} 值才是重要。所以在采购电容器时, 涟波电流数字高低是极为重要的依据。在一般状况下, 同品牌时, 锁螺丝式电容的涟波电流通常比 **snap-in** 插 PC 板式来得高。

曾经有一种说法: RIFA 的 $10000\mu F$ 相当於其它厂牌 $15000\mu F$, 因为大部份日制电容的涟波电流都不高, 而 RIFA 又特别高, 故好像可以一个当两个用。德国 Siemens、英国 BHC 电容, 在 I_{rac} 这项特性上也常优於日制品。就笔者所知, I_{rac} 最大的电容, 是 Siemens SIKOREL 系列电容为最高, $6800\mu F/63V$ 就高达 $20A$! 若是小容量电容, I_{rac} 最大的是 Sanyo OS 电容。

就後级扩大机的动作来说, 很多人会认定低频时吃电流。有个方法可以试: 以电表直流电压 $-DCV$ 最低档量任一只射极电阻压降, 最好是指针电表, 播放唱片, 将前级音量转大, 注意电表指针的摆动, 你就会发现低频固然会吃电流, 四把吉它连弹也会猛吃电流! 什麼音乐最适合 **run-in** 後级扩大机? Holst 的《行星组曲》第一曲 MARS。

现在你应该已经明了六成以上, 或许你想问: 有没有体型不大, 漏电低、 ESR 低、 $\tan\delta$ 低、误差低、价格低, 但涟波电流高、适用温度范围高的铝电解电容? 嗯..., 没有!

关于容量误差, 近年来铝质电解电容颇有进步, 以往是 $-20\% \sim +40\%$, 现在大多是 $\pm 20\%$ 。但其容量常偏+而不是偏-, 故 $10000\mu F$ 测量起来有可能会接近 $12000\mu F$ 。

精确量取大容量电容器的静电容量, 是我多年来一直想做的事。不要怀疑, 这种测试仪器很难买到, 美国曾制造过, 可量至 $99999\mu F$, 并能同时显示 DF 值及 ESR 值; 而且电容量是 $100Hz$ 、 $1KHz$ 、 $10KHz$ 三段 (不是两段) 频率测试的平均值。这种仪器国内市场曾出现过, 小卖新台币十万元一只差漏电流的测试。

额定工作电压的安全度, 在我的标准是: 至少理让 15% 。例如某电容的额定电压是 $50V$, 虽然涌浪电压可能高至 $63V$, 但我最高只会施加 $42V$ 电压。让电容器的额定电压具有较多的余裕, 能降低内阻、降低漏电流、降低损失角、增加寿命, 一举数得何乐不为? 以前曾看过日制扩大机, $\pm 48V$ 工作电压配上 $10000\mu F/50V$ 滤波电容; 短时间内当然不会烧坏, 但时日长久, 寿命有可能降低, 那就得更换新品或另购新机。所以日制品常有「时间到了, 该走了」的宿命, 你也不能指责它是偷工减料, 毕竟做生意总要图利, 若一辈子只能卖你一次, 如何赚钱?

容量愈高哼声愈低?

自己装，最讨厌的就是哼声除不掉。有人将滤波电容加大，哼声就没了。我是不十分相信，因扩大机的哼声常是因地回路不当引起，来自电容器微乎其微。但是理论上，容量愈高，电源平滑效果也就愈佳，所以大容量的做法，是许多设计者及 DIY 迷亦深信不疑。

因此不少後级扩大机，特别是美国产品 Krell、Mark Levinson，最爱采用大水塘—大电容；丹麦的 Dynaudio，连前级扩大机都用到十数万 μF 之容量。至於 AC & DC 交直流，也比较倾向於「大容量」派，但尚适可而止。

可是也有不少名厂走低容量路子，例如美国 Amcron 有台 250W \times 2 专业後级扩大机，两声道合计 500W，只用了 2 只 8200 μF 小滤波电容器(好像是小了点)。瑞士 Goldmund 算是 Hi-End 品牌，产品送到各杂志社试听，没有一个评论员胆敢说它坏，它的大後级就是采用小电容。瑞士 FM Acoustics 更是贵到毙，一台立体声後级後级可换一部 Benz 车。它的 220W \times 2 专业後级，号称数十 A 电流输出，本人亲眼得见，全机只使用 2 只 10000 μF /100V 滤波电容。

大容量滤波与低容量滤波两种理论基本上是对立的，但却同时存在於音响圈。以低容量论点设计扩大机，也可以完全没有哼声，而且低频表现也不比「大水塘」机差。重点是什麽？Irac 涟波电流。如果你如今还是满脑子的大容量，那你还不了解电解电容！

给大家一个建议：组装後级若采用低容量滤波电容时，千万要配用高功率电源变压器。也就是「瘦了电容器、肥了变压器」，这可能就是扩大机好声的秘绝。以这几年详细之观察，後级扩大机若要好声，采用大功率电源变压器比采用大容量滤波电容有效多了。

一颗大的？多颗小的？

OK，有人放心不下，滤波电容坚持要大 μF —那是找一个大的，还是用十来个小的并接？又有人说用小颗并，不但内阻可以降低，反应速度也会也快，透明度及解析度都比较好。

Mark Levinson 及 Krell 的後级不是以小并大，但有谁认为它反应速度慢、不透明有雾？面对此问题，我自己都长期陷入迷阵中。就机箱规划来说，用多颗小电容并联似乎比较理想，而且进货量大价格也便宜，甚至前级、後级、综合机，都可采用同一种电容。

进口机与国产机的命运有些不同，当消费者面对数十万元进口机采用多颗小电容时，他会自我解释：这个很有道理；但面对国产品时，他可能会有另一套恶毒的说法：偷工减料！

就音质表现，大水塘 or 小水塘、一颗大的 or 多颗小的，应该没有绝对关系。邓小平说得好：管它黑猫、白猫，会捉老鼠的就是好猫。

制造厂牌也关乎品质特性，前述有人终其一生不用日制品。美国原本有两大电容器品牌 Mallory 及 Sprague，现在 Sprague 已成绝响，因为它被日本 Nippon Chemi-con 收购，且公司名称注册 United Chemi-Con/简称 UCC。但只要是仍在美国制造，外皮印有 made in USA，商标更改与制造品质应无关联。

不过外界已有耳语：UCC 比 Sprague 差，可能性如何？日本商社一旦接手，行销政策自然会大幅改变，为了提高出货量必得降低售价；但假格下滑也会导致品质下滑。询问本地代理商瑞普公司，UCC 电容销售量比 Sprague 低，显示国内厂商有排斥 UCC 的反映。若比较 UCC 及 Sprague 的规格特性，果然是一付 Japanese 样—体型大为缩水，原本 40mm \times 80mm 的改成 40mm \times 50mm，价格可能较低廉，但 ESR 增加、Irac 减小—怎不令人掷笔三叹？

你对日制品有疑虑？没办法，非但美国如此，德国也需要日本资金进入来个德日合作，Siemens 就和松下 Matsushita 共同生产 S+M 电容器。这是未来趋势，几乎不可避免。RIFA 也早就被 EVOX 吃下，EVOX 是大集团，到处设厂，本刊 SigEnd 单端前级有用到 $1\mu\text{F}$ 电容，就是 EVOX 品牌，虽然自美国进口，但一付台制品模样。

储存及工作寿命：

比起电阻、IC、电晶体、塑料电容这些半永久性元件，铝电解电容的寿命就值得重视。一是储存年限，自然与寿命有关，10~20 年应无问题。存放过久的电容不宜立刻使用，利用 power supply 先将它 aging(活化)；夹上端子，缓慢调整 power supply 电压，由低至高，最高可调至此电容的额定电压。

工作寿命就很难说得明白，所谓长寿命 LL-long life 电容，通常是表示涟波电流 I_{rac} 稳定。前面曾谈到电容的 I_{rac} 与工作温度及频率都有关，例如同是 10KHz，40 度 C 时是 15A，85 度 C 时是 9A； $15\text{A}/9\text{A}=1.67$ 。此数字就是电容的寿命因数（本人临时想出来的），数字愈高寿命愈低，数字愈接近 1 寿命愈长。

如果没记错，1.93 表示 10 万小时，1.85 表示 20 万小时，故 1.67 至少 50 万小时！但电容器的主要功用是充、放电特性，因此不宜经常快速充、放电。有两个方法可有效延长电容器寿命：一是减少开机、关机次数，二是设法降低开机时的瞬间充电电流—你听懂了吗？本刊也注意到此问题，故多年来都是这样做。

即令是如此，若问：到底是哪一种电容的音质较好？这也实在难以回答。基本上，不同品牌、系列的电容，它的声音表现自然也是不同。我个人不会「日制品打死不用」，只要处理得当，日制品也不输欧美货。多年前曾用过 ELNA 高级 Cerafine 音响级电容，它的 ESR 虽然低，但 I_{rac} 也不高，装在 amp. 上，低频很厚实，但雾气较重，不够透明。可是并上 speed-up 小电容後，就豁然开朗。

故实际装配时，记得一定要在主滤波电容上加并 speed-up 小电容，此举「至少」会改善高频响应。数值是多少？最好是一大一小，大的 $1\mu\text{F}$ 、小的 $0.1\mu\text{F}$ ，MKP 是最低要求。

有时并上小电容会发现助益不大，这可能是小电容未选对。RIFA 的电解及塑料电容，若想加并 speed-up，奉劝你不要找 WIMA，建议各位试试 MIT 的 PPFX-S 锡箔或 RTX 系列 $0.1\mu\text{F}$ 。写这篇文章的同时，也留意各杂志的广告，美国 Krell 及加拿大 Class'e Audio 的 Hi-End 後级新机种竟然都采用日本 Nichicon 电容做主电源平滑滤波！但杂志评论员有谁敢说它差？！

前级扩大机吃不了数百 mA 电流，故滤波电容较易选择。高瓦数、高输出电流扩大机就很难伺候，此时滤波电容的 I_{rac} 特性就要考虑在内。

对于滤波用电解电容，有几点值得网友注意：一、大致上来说，日制品的 I_{rac} 比欧美品低；二、低漏电流比低 ESR 更重要；三、大滤波电容宜并接小电容；四、尽量选高耐压电容；五、最顶级的电容，容量及耐压都不高，故数百瓦的大 power 通常声音粗糙，不是没有道理。

只要用得恰当，每种电容都可发出好声。至於刻意强调电容、电阻、焊锡、保险丝非 xxx 品牌不用的人，绝对是不懂线路结构的外行人！

关于铝质电解电容的构造：

电容器依其元件构造大致可分成：一、卷绕型，二、积层型，三、电解型。而电解型又分铝质及钽质两类，铝质再分成液态电解质及固态电解质。若说液态电解质是铝箔湿式、固态电解质是铝箔乾式，那就错了，因铝箔乾式及铝箔湿式都是液态电解质电容。

铝质电解电容是以经过蚀刻的高纯度铝箔做为阳极，以其表面经阳极氧化处理之化成薄膜做为电介质，再以浸有电解液的薄纸或布做阴极。由於电解液是用吸浸式，故称铝箔乾式电解电容。

何谓铝箔湿式？在电容器内直接加电解液—例如硼酸胺+乙二醇混合液，这种用手电容摇一摇还会发出流水声，瑞典 RIFA 的 PEH169 系列就是这种电容。

即使是欧洲名厂，做为阳极的铝箔也非自行生产，而是统一由某公司供应，就好像瑞士表厂甚多，但只有少数几家会做油心。大约 10 年前义大利某公司无法正常供应阳极铝箔时，全球各名厂如 Mallory/RIFA/Sprague 或 Rubycon/Philips...就只得拖延交货时间，没原料怎麽生产交货？至於吸浸电解液的纸，也绝非在一般文具店即可购得，最大供应商是在马来西亚。

一般电容的检验项目及标准

1. 外观

1.1 检验设备

放大镜(50 倍)

1.2 检验方法及要求

用酒精棉球抹擦无损伤, 标志内容有温度组别, 额定工作电压, 标称电容量, 电容量偏差范围, 如客户另有要求则按客户要求执行.

1.3 判定

抹擦后标志不清, 内容不齐全者为不合格品.

1.4 缺陷分类

轻微缺陷

2. 外形尺寸

2.1 检验设备

千分尺, 测微器

2.2 检验方法及要求

按国标详细规范执行, 尺寸需符合国标要求.

2.3 判定

测量结果超出国标要求者为不合格品.

2.4 缺陷分类

一般缺陷

3. 电容量

3.1 检验设备

TH2615C, HP4278, YY2814

3.2 检验方法

CT81: $f=1\text{KHz}$

$V: 1 \pm 0.02\text{V}$

CC81: $f=1\text{MHz}$

$V \leq 5\text{V}$

3.3 测试环境条件

温度: $25 \pm 5^\circ\text{C}$

相对湿度: $60 \pm 5\%$

3.4 要求

需符合国标或企标的要求.

3.5 缺陷分类

严重缺陷

4. 损耗角正切值($\tan \delta$)

4.1 检验设备

TH2615C, HP4278, YY2814

4.2 检验方法

CT81: $f=1\text{KHz}$

V: $1 \pm 0.02\text{V}$

CC81: $f=1\text{MH}$

4.3 测试环境条件

温度: $25 \pm 5^\circ\text{C}$

相对湿度: $60 \pm 5\%$

4.4 要求

需符合国标或企标的要求.

4.5 缺陷分类

严重缺陷

5. 绝缘电阻

5.1 检验设备

绝缘电阻测仪

5.2 检验方法

$V_R < 10\text{KV}$

测试量电压 500V

充电电流 $< 0.05\text{A}$

5.3 要求

绝缘电阻值 $\geq 10\text{E}4\text{M}\Omega$

5.4 缺陷分类

严重缺陷

6. 耐压

6.1 检验设备

耐压测试仪 CJ2671C, CJ2672A, CJ2678

6.2 检验方法

直流: $V_R < 500\text{V}$ 时 $V_t = 3V_R$

$1\text{KV} < V_R$

$V_R \geq 6\text{KV}$ 时 $V_t = 1.5V_R$

交流: $V_t = (6-10)V_R$ 或按客户要求

6.3 要求

试验引出端间耐压测试 1min, 要求无击穿, 或飞弧.

6.4 缺陷分类

致命缺陷

7. 可焊性

7.1 检验设备

焊锡槽, 放大镜(50倍)

7.2 检验方法

将电容器的引脚以纵轴方向浸渍到 $235 \pm 5^\circ\text{C}$ 的焊槽中, 保持 $2 \pm 0.5\text{sec}$ 取出.

7.3 要求

电容器的引脚经过浸渍过, 表面必须覆盖有一层光滑明亮的焊锡, 引脚表面只允许有少量分

散的针孔或未上锡的缺陷,且这些缺陷不得集中在同一区域.

7.4 缺陷分类

严重缺陷

7.5 表面贴装其可焊性. 具体检验方法参见国标

8. 电容量温度特性(系数)

8.1 检验设备

高温箱, 容量仪, 冰箱, 温度计

8.2 检验方法

按以下条件测量其温度特性(系数)

$T_1=20\pm 2^{\circ}\text{C}$ $T_2=0\pm 2^{\circ}\text{C}$ $T_3=20\pm 2^{\circ}\text{C}$ $T_4=85\pm 2^{\circ}\text{C}$

在各温度点保温 30-40min 后, 分别测试其电容量

8.3 要求

$\Delta c/c$ 应不超过以下范围:

2B4: $\pm 10\%$

2R4: $\pm 15\%$

2E4: $+20\sim 55\%$

2F4: $+30\sim 85\%$

SL: $+140\sim 1000\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$

8.4 缺陷分类

严重缺陷

电容的置信度:

- 1、I 类: NPO (COG) 及 II 类 X7R (2X1)、Y5V (2F4) 其置信度均为 60%
- 2、固体电解质片式钽电容其置信度为 75%
- 3、普通铝电解电容其置信度为 60%