

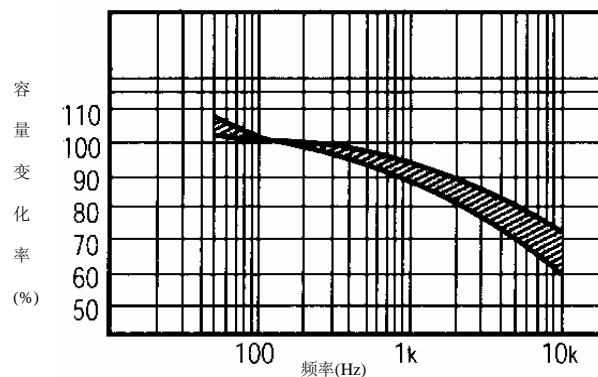


使用指南：

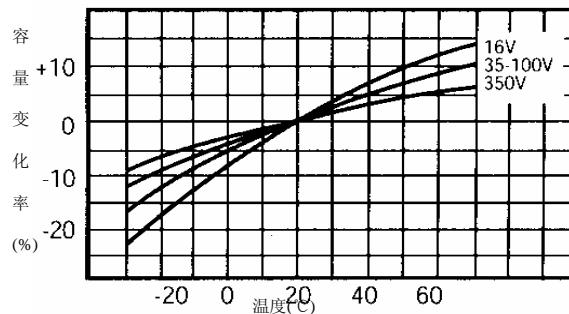
1 铝电解电容器基本的电性能

1.1 电容量

电容器的电容量由测量交流容量时所呈现的阻抗决定。交流电容量随频率、电压以及测量方法的变化而变化。JISC5102 规定：铝电解电容的电容量的测定是在 120Hz 频率，最大交流电压为 0.5Vrms、DC bias 电压为 1.5~2.0V 的条件下进行。铝电解电容器的容量随频率的增加而减小。以下是典型的电容量随频率变化图：



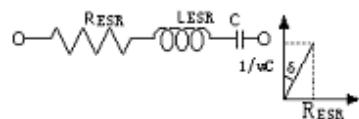
和频率一样，测量时的温度对电容器的容量有一定的影响。随着测量温度的下降，电容量会变小。以下是典型的电容量随频率变化图：



另一方面，直流电容量，可通过施加直流电压而测量其电荷得到，在常温下容量比交流稍微的大一点，并且具有更优越的稳定特性。

1.2 Tan δ (损耗角正切)

在等效电路中，串联等效电阻 ESR 同容抗 $1/\omega C$ 之比称之为 Tan δ，其测量条件与电容量相同。



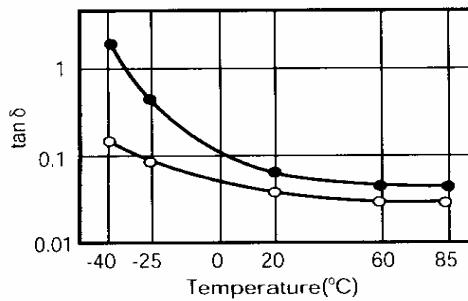
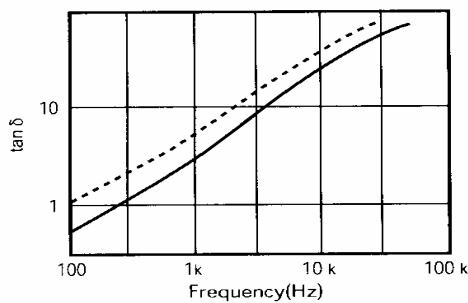
$$\tan \delta = R_{ESR} / (1/\omega C) = \omega C R_{ESR}$$

其中: $R_{ESR} = ESR (120 \text{ Hz})$

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = 120 \text{ Hz}$$

$\tan \delta$ 随着测量频率的增加而变大，随测量温度的下降而增大。以下是典型的电容量随频率变化图：



1.3 阻抗 (Z) :

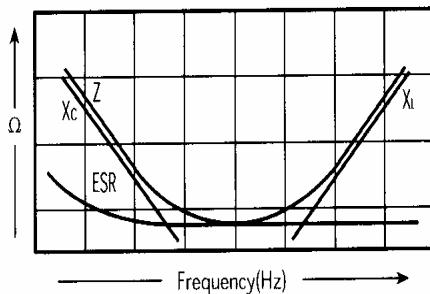
在特定的频率下，阻碍交流电通过的电阻就是所谓的阻抗 (Z)。它与容量以及电感密切相关，并且与等效串联电阻 ESR 也有关系。具体表达式如下：

$$Z = \sqrt{ESR^2 + (X_L - X_C)^2}$$

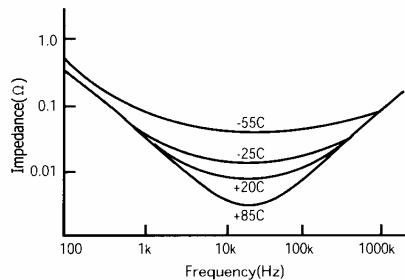
其中: $X_C = 1 / \omega C = 1 / 2\pi f C$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

以下是典型的电容量随频率变化图：

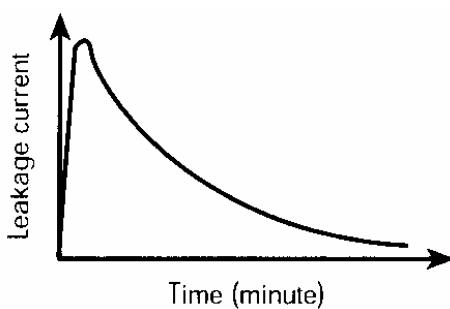


由图可知电容的容抗(X_C)在低频率范围内随着频率的增加逐步减小, 频率继续增加达到中频范围电抗(X_L)降致 ESR。当频率达到高频范围感抗(X_L)变为主导, 所以电抗随着频率的增加而增加。由于电解液电导率随温度改变而改变, 所以阻抗随着温度的变化而变化如下图所示:



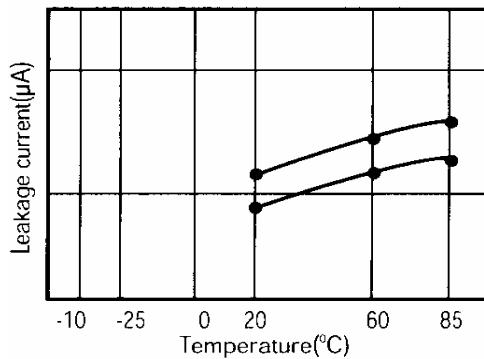
1.4 漏电流:

电容器的介质对直流电具有很大的阻碍作用。然而, 由于铝氧化膜介质上浸有电解液, 在施加电压时, 重新形成以及修复氧化膜的时候会产生一种很小的称之为漏电流的电流, 刚施加电压时, 漏电流较大, 随着时间的延长, 漏电流会逐渐减小并最终保持稳定。



漏电流随时间变化特征图

测试温度和电压对漏电流具有很大的影响。漏电流会随着温度和电压的升高而增大(如下图所示)。



2. 铝电解电容器的寿命

2.1. 忽略纹波电流时的寿命推算

一般而言，铝电解电容器的寿命与周围的环境温度有很大的关系，其寿命可以由以下公式计算。

$$L = L_0 \times 2^{\left(\frac{T_0-T}{10}\right)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

其中， L : 温度 T 时的寿命

L_0 : 温度 T_0 时的寿命

与温度比较，降压使用对电容器的寿命影响很小，可忽略不计。

2.2. 考虑纹波电流时寿命的推算

叠加纹波电流，由于内部等效串连电阻（ESR）引起发热，从而影响电容器的使用寿命，产生的热量可由下式计算

$$P = I^2 R \dots \dots \dots (2)$$

其中， I : 纹波电流 (Arms)

R : 等效串联电阻 (Ω)

由于发热引起的温升如下式所示：

$$\Delta T = \frac{I^2 \cdot R}{A \cdot H} \dots \dots \dots (3)$$

其中， ΔT : 电容器中心的温升 ($^{\circ}\text{C}$)

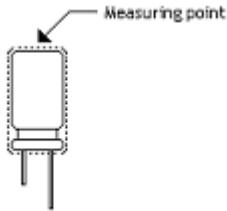
I : 纹波电流 (Arms)

R : ESR (Ω)

A : 电容器的表面积(cm^2)

H: 散热系数 ($1.5\sim2.0 \times 10^{-3} \text{W/cm}^2\text{C}$)

上面公式 (3) 显示电容器的温度上升与纹波电流的平方以及等效串联电阻 ESR 成正比，与电容器的表面积成反比，因此，纹波电流的大小决定着产生热量的大小，且影响其使用寿命，电容器的类型以及使用条件影响着 ΔT 值的大小，般情况下， $\Delta T < 5^\circ\text{C}$ 。下图表示纹波电流引起的温升的测量处



测试结果：

(1) . 考虑到环境温度和纹波电流时的寿命公式

$$L = L_d \times 2^{\left(\frac{T_0 - T}{10}\right)} \times K^{\left(\frac{-\Delta T}{10}\right)} \quad \text{---(4)}$$

其中， L_d : 直流工作电压下的使用寿命

($K=2$, 纹波电流允许的范围内)

($K=4$, 超过纹波电流范围时)

T_0 : 最高使用温度

T : 工作温度

ΔT : 中心温升

(2) 电容器工作在额定的纹波电流和上限温度时，电容器的寿命可通过转化 (4) 式得到，如下：

$$L = L_r \times 2^{\left(\frac{T_0 - T}{10}\right)} \times K^{\left(\frac{\Delta T_0 - \Delta T}{10}\right)} \quad \text{---(5)}$$

其中， L_r : 工作在额定纹波电流和最高工作温度下的寿命 (h)

ΔT_0 : 最高工作温度下的电容器中心容许温升。

(3) 考虑纹波电流，环境温度时可由 (5) 式得到下式：

$$L = L_r \times 2^{\left(\frac{T_0 - T}{10}\right)} \times K^{\left[1 - \left(\frac{|I|}{I_0}\right)^2\right]} \times \frac{\Delta T_0}{10} \quad \text{---(6)}$$

其中， I_0 : 最高工作温度下的额定纹波电流 (A_{rms})

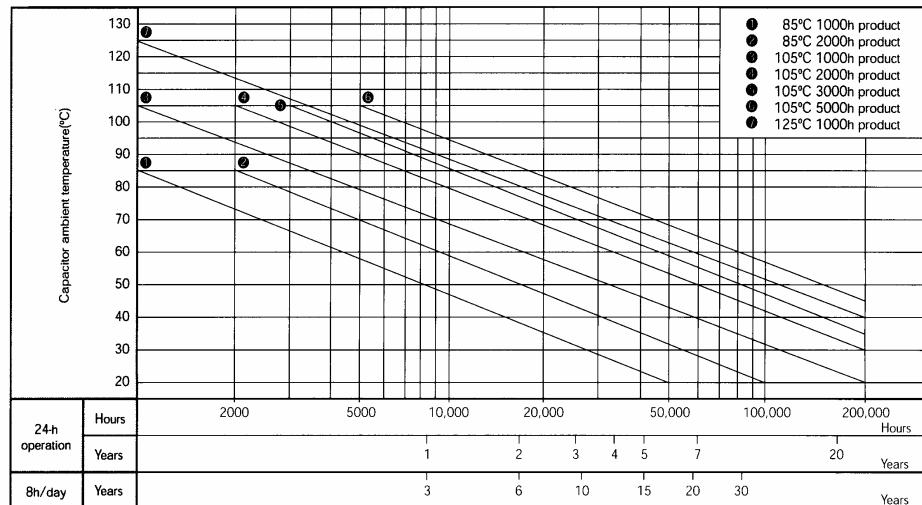
$|I|$: 叠加的纹波电流 (A_{rms})

由于直接测量电容器的内部温升存在着困难，下表列出了表面温度和内部核心温度的换算关系。

电容直径	~10	12.5~16	18	22	25	30	35
中心/表面	1.1	1.2	1.25	1.3	1.4	1.6	1.65

寿命的推算公式，原则上适用于周围环境温度为+40°C 到最高工作温度范围内，但由于封口材料的老化等因素，实际的推算寿命时间一般最大为 15 年。

(表 2-1 寿命推算曲线)



3. 冗余电压

铝电解电容器先充电，再放电，而后再将两引线短接，再将其放置一段时间后，两端子间存在电压上升的现象；由这种现象所引起的电压称之为再生电压。当电压施加在介质之上时，在介质内部引起电子的转移，从而在介质内部产生感应电场，其方向与电压的方向相反，这种现象称之为极化反应。在施加电压引起介质极化后，如果两端子进行放电一直到端子间的电压为零，而后将其开路放置一段时间后，一种潜在的电势将出现在两端子上，这样就引起了再生电压。再生电压在电容器开路放置 10-20 天时达到峰值，然后逐渐降低，再生电压有随元件变大而增大的趋势（基板自立形）如果电容器在产生再生电压后，两端子短路，瞬间高电压放电可能引起组装线上的操作员工的恐惧感，并且，有可能导致一些低压驱动元件（如 CPU，存储器等）被击穿的危险，预防出现这种情况的措施是在使用前加 $100\Omega \sim 1K\Omega$ 的电阻进行放电，或者在产品包装中用铝箔覆盖引起两端子间短路。

4. 极性

铝电解电容器般是有极性的。极性接反是造成铝电解电容器短路及漏液的原因，并可能导致危险的发生。因此在无法辨识的电气回路上或使用于有极性变换设计的回路时，请选用双极性电解电容器。

5. 电解电容器的储存

电解电容器应在温度为5~30℃，湿度为75%以下的室内储存。当电解电容器经过了长时间放置后，由于原电池的作用使其漏电流有增加倾向。因此在使用经过长时间放置的电解电容器以前，需先施加额定电压直至其电气特性恢复正常。

6. 电路设计

6.1 在电路设计及生产过程中，应严格按照铝电解电容器的额定性能范围使用，尽量避免下述情况下使用

- (1) 高温（温度超过最高使用温度）
- (2) 过流（电流超过最高纹波电流）
- (3) 过压（电压超过最高额定工作电压）
- (4) 反向加压或交流电压
- (5) 使用于多次急剧充放电的回路中

6.2 电容器外壳、辅助引出端子与正、负极以及电路板间必须完全隔离；

6.3 当电容器套管的绝缘性能不能保证时，在有绝缘性能特定要求的地方不要使用；

6.4 请不要在下述环境下使用电容器

- (1) 直接与水、盐水及油类相解除或结露的环境；
- (2) 充满有害气体的环境（硫化物、H₂SO₃、HNO₃、Cl₂、氨水等）；
- (3) 置于日照、O₃、紫外线及有放射活性物质的环境；
- (4) 振动及冲击条件超过了样本及说明书的规定范围恶劣环境；

6.5 在设计电容器安装时，必须确认下述内容：

- (a) 电容器正、负极间距必须与线路板孔距相吻合；
- (b) 保证电容器防爆阀上方留有一定的空间；
- (c) 电容器防爆阀上方尽量避免配线及安装其他元件；
- (d) 电路板上，电容器的安装位置，请不要有其他配线；
- (e) 电容器四周及电路板上尽量避免设计、安装发热元件；

6.6 另外，在设计电路时，必须确认以下内容：

- (a) 温度及频率变化的变化不至于引起电性能变化；
- (b) 双面印刷上安装电容器时，电容器的安装位置避免多余的基板孔和过孔；
- (c) 两只以下电容器并联连接时的电流均衡；
- (d) 两只以上电容器串联连接时的电压均衡。

7. 元件安装

7.1 安装时，请遵守以下内容：

- a) 为了对电容器进行点检，测定电气性能时，除了卸下了电容器，装入机器中通过电的电容器请不要再使用。
- b) 当电容器产生再生电压时，需通过约1K左右的电阻进行放电；
- c) 长期保存的电容器，需通过约1K左右的电阻加压处理；
- d) 确认规格(静电容量及额定电压等)及极性后，再安装；
- e) 不要让电容器掉到地上，掉下的电容器请不要再使用。
- f) 变形的电容器不要安装；
- g) 电容器正、负极间距与电路板孔距必须相吻合；
- h) 自动插入机的机械手力量不宜过大；

7.2 焊接时，请确认下面内容：

- a) 注意不要将焊锡附着在端子以外；

b) 焊接条件（温度、时间、次数）必须按规定说明执行；

7.3 焊接后的处理应不产生以下的机械应力：

- a) 电容器发生倾倒、扭转；
- b) 电容器碰到其他线路板；
- c) 使其它物体碰撞到电容器；

7.4 电容器不要用洗净剂洗耳恭听净，不过，在有必要洗净的情况下对电容器进行洗净，必须在产品规格书规定的范围内进行；

7.5 对有必要洗净的电容器，洗净时，须确认下列内容：

- a) 洗净剂污染管理（电导率、PH值、比重、水份等）；
- b) 洗净后，不能保管在洗净液环境中及密闭容器中，要采用（最高使用温度以下的）热风干燥印 刷电路板及电容器，使之不残留洗净液成分。

7.6 不使用含卤素的固定剂、树脂涂层剂。

7.7 使用固定剂、涂层剂时，请确认以下内容：

- a) 电路板与电容器之间，不能残留焊接残渣及污垢；
- b) 固定剂、涂层剂吸附前，尽可能不留洗净成分，进行干燥处理，使印刷孔不堵塞；
- c) 固定剂、涂层剂热硬化条件，按规定说明书要求执行。

8 组装使用

8.1 组装使用时，请遵守以下内容：电容器的端子间不要直接接触，另外，不要让导体物质引起正负极 短路。

8.2 请确认所安装电容器所处环境

- a) 不要与水或油污接触或处于结露状态
- b) 不要让日光、O₃，紫外线及放射线直接照射到电容器上
- c) 不要处于充满有害气体的环境（硫化氢、亚硫酸、亚硝酸、氨水、Cl₂等）
- d) 震动及冲击不要超过样本或规格说明中规定值：

射 频 和 天 线 设 计 培 训 课 程 推 荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材；旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习，能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程，共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解，并多结合设计实例，由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS，迅速提升个人技术能力，把 ADS 真正应用到实际研发工作中去，成为 ADS 设计专家…



课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出，是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装，所有课程都由经验丰富的专家授课，视频教学，可以帮助您从零开始，全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装，还可超值赠送 3 个月免费学习答疑…



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验，
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>