

电容降额规范

(内部)

Prepared by 拟制	付世勇	Date 日期	2021年3月2日
Reviewed by 审核	朱晓明	Date 日期	2021年3月15日
Reviewed by 审核		Date 日期	
Approved by 批准		Date 日期	

目 录

1.电容.....	4
1.1.非固体铝电解电容器.....	4
1.2. 固体电解电容器.....	6
1.3. 薄膜电容器.....	8
1.4. 陶瓷电容.....	10
1.5. 穿心和可变电容.....	12
1.6. 超级电容.....	13

硬件十问个为什么

表目录

表1	非固体铝电解电容器降额要求	4
表2	固体电解电容器降额要求.....	6
表3	薄膜电容器降额要求	8
表4	陶瓷电容器降额要求	10
表5	陶瓷电容封装、功耗及热阻表	12
表6	穿心和可变电容降额要求.....	12
表7	超级电容降额要求.....	13

图目录

未找到目录项。

硬件十五个为什么

1. 电容

电容存在稳态、瞬态工作条件两种工作状态。划分电应力稳态、瞬态工作条件的依据是：

稳态工作条件为脉宽大于等于1S，或周期性出现的电压或电流。存在某一点（或区域），对应器件某项参数的最大应力，称为稳态条件下该项应力的最坏情况；

瞬态工作条件为脉宽小于1S，且周期性出现的电压或电流。

划分环境温度的稳态、瞬态工作条件的依据是：在一定时间内（一般以天为单位），异常温度（通常为高温）时间不超过整个时间的1%情况下为瞬态温度，在该区域中的某一点对应器件某项参数的最大应力，称为瞬态条件下的该项应力最坏情况；反之则为稳态工作环境条件。

1.1. 非固体铝电解电容器

非固体铝电解电容主要分为插装和贴片两种，两种电容的内部结构和原理基本相同，只是在外部封装上有所不同，因此在降额要求上，两者相同

表1 非固体铝电解电容器降额要求

器件	降额参数	条件	降额要求
非固体插装铝电容	环境稳态	稳态最坏情况	≤最高工作温度-10℃
		瞬态[1]最坏情况	≤最高工作温度
非固体SMD铝电容	工作电压	持续工作电压	额定电压≤315V时：≤0.90*额定电压
		【稳态最坏情况】	额定电压>315V时：≤0.95*额定电压
	非周期性浪涌电压 【瞬态最坏情况（≤1S）】	额定电压≤315V时：≤1.15*额定电压（Peak）	
		额定电压>315V时：≤1.10*额定电压（Peak）	
纹波电流 流[2]（Irms）	应按照频率系数，将纹波电流（即充放电电流）折算到额定纹波电流同一频率。		

	<p>估算寿命[5]</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="548 1528 815 1633"> <p>芯温法（适用于焊片型和螺栓型）[3]</p> </td> <td data-bbox="815 1528 1385 1633"> <p>≥1.25倍单板设计寿命</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="548 1633 815 1736"> <p>纹波电流法（适用于表贴型和引线型）[4]</p> </td> <td data-bbox="815 1633 1385 1736"></td> </tr> </table>	<p>芯温法（适用于焊片型和螺栓型）[3]</p>	<p>≥1.25倍单板设计寿命</p>	<p>纹波电流法（适用于表贴型和引线型）[4]</p>	
<p>芯温法（适用于焊片型和螺栓型）[3]</p>	<p>≥1.25倍单板设计寿命</p>					
<p>纹波电流法（适用于表贴型和引线型）[4]</p>						

【1】铝电容瞬态温度情况，是指不超过1%的计算时间内，一般以天为单板，即1天内出现的时间总和不超过0.24小时的异常温度，可以认为是瞬态温度，与瞬态电压不一样。

【2】电容器在应用中的纹波电流可以大于额定值，但不应超出安全应用区域，如果应用中电

容器的充放电电流超出安全应用区域，需具体评估应用风险。

【3】芯温法：将电容器芯子的核心温度（ T_{core} ）作为输入条件，计算电容器寿命的方法。对于体积较大焊片型（Snap-in）和螺栓型（Screw）高压铝电解电容器，推荐采用芯温法估算寿命。

【4】纹波电流法：将电容器工作时的充放电电流和环境温度作为输入条件，计算电容器寿命的方法。对于体积较小的表贴型（V-chip）和引线型（Radical）铝电解电容器，推荐采用纹波电流估算寿命。

【5】对于液体铝电解电容，应根据实际应力条件估算应用寿命。寿命计算的基本理论模型是“10度法则”，即应用温度每降低10度，电容器的应用寿命翻倍。

1.2. 固体电解电容器

固体电解电容器主要有钽电容、插装固体铝电解电容和表贴固体铝电解电容。

表贴固体铝电解电容有两种外形：塑封外形和圆柱形（V-chip）。塑封外形表贴固体铝电容内部为叠层结构，圆柱形（V-chip）表贴固体铝电容内部为卷绕结构。

钽电容目前包括以 MnO_2 为阴极材料的普通钽电解电容、以导电聚合物Polymer钽电解电容。

总的来说，从降额设计角度，固体电解电容主要可分为 MnO_2 钽电解电容，Polymer钽电解电容、固体铝电解电容三大类。

表2 固体电解电容器降额要求

器件	降额参数	条件		降额要求
MnO ₂ 固体钽电解电容	工作电压 V_a [1]	稳态最坏情况		$\leq 50\%$ [2]
		瞬态最坏情况		$\leq 55\%$
	环境温度 T_a	稳态、瞬态最坏情况		$\leq T_{max}-20^\circ C$
	反向电压 V_{re} [3]	稳态最坏情况		禁止施加持续反向电压
		瞬态最坏情况		$\leq 2\%$ 额定工作电压
	电压变化 dv/dt	瞬态最坏情况		$\leq 10V/ms$ [4]
	纹波电流 I_a	当应用环境温度 $T_a \leq 85^\circ C$ 时		$\leq 100\%$
		当应用环境温度 $T_a \leq 95^\circ C$ 时		$\leq 80\%$
当应用环境温度 $T_a \leq 105^\circ C$ 时		$\leq 60\%$		
Polymer 固体钽电解电容	工作电压 V_a [6]	$V_r \leq 10 (V)$	稳态最坏情况	$\leq 85\%$ 额定电压
			瞬态最坏情况	$\leq 90\%$ 额定电压
	$10 < V_r \leq 25 (V)$	稳态最坏情况	$\leq 70\%$ 额定电压	
		瞬态最坏情况	$\leq 80\%$ 额定电压	

		Vr>25 (V)	稳态最坏情况	≤60%额定电压
			瞬态最坏情况	≤80%额定电压
	环境稳态Ta	-	稳态最坏情况	≤Tmax-20℃
			瞬态最坏情况	≤Tmax
	反向电压Vre	-	稳态最坏情况	禁止施加持续反向电压
			瞬态最坏情况	≤2%额定工作电压
	电压变化dv/dt	-	瞬态最坏情况	≤15V/ms
	纹波电流Ia		当应用环境温度Ta≤85℃时	≤100%
			当应用环境温度Ta≤95℃时	≤80%
			当应用环境温度Ta≤105℃时	≤70%
固体插件 铝电解电 容 固 体 SMD 铝 电容	工作电压Va	Vr≤10 (V)	稳态最坏情况	≤90%额定电压
			瞬态最坏情况	≤95%额定电压
		10<Vr≤25 (V)	稳态最坏情况	≤85%额定电压
			瞬态最坏情况	≤90%额定电压
		Vr>25 (V)	稳态最坏情况	≤70%额定电压
			瞬态最坏情况	≤80%额定电压
	环境稳态Ta	-	稳态最坏情况	≤Tmax-20℃
			瞬态最坏情况	≤Tmax
	反向电压Vre	-	稳态最坏情况	禁止施加持续反向电压
			瞬态最坏情况	≤0.5V (peak)
脉冲电流 (Ipeak) t	-	瞬态最坏情况	≤10A或10倍额定纹波电流，取较小者	
纹波电流 (Irms)	稳态最坏情况		≤100%	

【1】MnO₂固体钽电解电容最终工作电压降额的选取还与稳定、电源回路的阻抗、电源上下电等有关，表中提供的考核原则仅为最低要求，实际的降额选取应根据电路应用条件来做调整。从实际应用统计及钽电容自身结构分析，高压系列的高CV值MnO₂ (≥25V/10uF) 可靠性相对于低压钽电容要差。不建议12V以上的电路使用MnO₂钽电容，除了某些高阻抗、限流或控制电路中，12V以上耐压可以考虑选择25V以上耐压电容外，一般低阻抗电源滤波不建议使用高压系列MnO₂钽电容，即使是在低压电路中。

【2】对于可能出现的3.3V电压采用6.3V耐压或5.2V采用10V耐压等稍微超出50%降额的情况

（如降到额定电压的53%），只允许用在高阻抗、限流和控制电路中，在低阻抗大电流电压滤波（输出电流 $\geq 5A$ ）电路中不允许。

【3】对于固体钽电解电容而言，反向电压在一般情况下是绝对不能允许出现的。

【4】MnO₂钽电容对于快速变化的电压或电流冲击敏感，因此应严格限制钽电容器的电压变化速率dv/dt，在电压上升或下降曲线的任何一段，不能超过10V/ms。

【6】在正常工作中，温度长期超过85℃时，Polymer钽电容的电压降额需要进行进一步增加，所有电压降额都在原来的基础上再降额80%，例如在长期超过85℃时，额定电压在10V以下的Polymer钽电容只能用在 $10*85%*80%=6.8V$ 以下的电路中。

1.3. 薄膜电容器

薄膜电容器件可分为插装和表贴两种封装形式。常用的薄膜电容大多使用如下四种介质材料，其中PET膜和PP膜是应用最为广泛的薄膜电容器用介质材料：PEN膜和PPS膜的熔点温度较高，一般用于制作耐高温薄膜电容器和SMD薄膜电容器。

PET——Polyethylene terephthalate film dielectric（聚乙烯对苯二甲酸酯介质膜）

PP——Polyethylene film dielectric（聚丙烯介质膜）

PEN——Polyethylene naphthalate film dielectric（聚萘乙烯介质膜）

PP——Polyethylene Sulfide film dielectric（聚苯硫醚介质膜）

表3 薄膜电容器降额要求

类型	用途	降额参数	条件	降额要求
	安规薄膜电容器[1]（专指X、Y电容）	工作电压	稳态最坏情况	Y电容工作电压： $\leq 100*$ 额定电压； X电容工作电压： a) 275-310Vac标称电压X电容：适用于240Vac（或以下）标称工频电网； b) 330-350Vac标称电压X电容：适用于277Vac（或以下）标称工频电网； c) 440-480Vac标称电压X电容：适用于380Vac（或以下）标称工频电网；
		浪涌电压	瞬态最坏情况	按IEC60384-14规定，不允许超额应用
		环境温度		\leq 最高工作温度-10℃
	交流薄膜电容器[2]	交流工作电压	稳态最坏情况	$\leq 85%*$ 额定交流电压

			瞬态最坏情况	$\leq 100\% \times \text{额定交流电压}$
		浪涌电压	非周期性浪涌电压（持续时间 $\leq 10\text{ms}$ ）	$\leq 95\% \times \text{最大脉冲电压}$ （当规格书未规定最大脉冲电压时，按1.25倍额定直流电压计算）
		环境温度		$\leq \text{最高工作温度}[3] - 10^\circ\text{C}$
		热点温度[4]		$\leq \text{最高工作温度} - 5^\circ\text{C}$
		Dv/dt	瞬态最坏情况	$\leq 80\%$
		纹波电流	稳态最坏情况	$\leq 90\%$
	直流与脉冲薄膜电容器	直流工作电压	稳态最坏情况	$\leq 90\% \times \text{额定直流电压}$
			瞬态最坏情况	$\leq 100\% \times \text{额定直流电压}$
		浪涌电压	非周期性浪涌电压（持续时间 $\leq 10\text{ms}$ ）	$\leq 95\% \times \text{最大脉冲电压}$ （当规格书未规定最大脉冲电压时，按1.25倍额定直流电压计算）
		环境温度		$\leq \text{额定温度} - 10^\circ\text{C}$
		热点温度[3]		$\leq \text{额定温度} - 5^\circ\text{C}$
		dv/dt	瞬态最坏情况	$\leq 80\%$
		纹波电流	稳态最坏情况	$\leq 90\%$

【1】安规电容器：符合IEC60384-14、UL1414、UL1283等‘电磁干扰抑制电容器’标准，经过安规机构认证的可跨接于50~60Hz交流市电的火线、零线和地线之间的电容器，即X电容和Y电容。X电容和Y电容仅可用于EMC用途，不可用做逆变电路的平滑电容，也不可用电容式降压电路的降压电容。

【2】交流薄膜电容器：专为交流应用设计的薄膜电容器，交流电容器的典型应用是逆变电路

的平滑电容。电容式降压电路必须采用专门设计的降压电容器，不能使用一般用途的交流薄膜电容器，

【3】额定温度：额定温度可能低于上限工作温度，也可能等于上限工作温度。当规格书总没有说明额定温度时，默认额定温度等于上限工作温度。

【4】对于大型薄膜电容器（10A以上额定电流的薄膜电容器），需要测量电容内部热点温度，或依据电容器的热阻和充放电电流计算热点温度（说明：当无法测量或计算时，需要找厂商确认），热点温度不得超过规定；对于小型薄膜电容器，额定电流是按照内部热点温度不超过上限类别温度提示的，不需另外计算热点温度。

1.4. 陶瓷电容

陶瓷电容主要有单层陶瓷电容、MLCC电容、MLCC电容排。

表4 陶瓷电容器降额要求

器件	类型	降额参数	材料类别	环境温度	额定电压	条件	降额要求
插装多层陶瓷，片式电容排	普通	工作电压	NPO (COG) U2J,X7R, X7S,X7T, X7U	$\leq 85^{\circ}\text{C}$	$V_r < 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 85\%$
						瞬态最坏情况	$\leq 100\%$
					$V_r \geq 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 75\%[1]$
						瞬态最坏情况	$\leq 100\%$
				$> 85^{\circ}\text{C}, \leq 125^{\circ}\text{C}$	$V_r < 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 70\%$
						瞬态最坏情况	$\leq 80\%$
			X5R, X6R/S, Y5V	$V_r \geq 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 60\%$	
					瞬态最坏情况	$\leq 80\%$	
					稳态最坏情况	$\leq 60\%$	
					瞬态最坏情况	$\leq 80\%$	

						情况		
		环境温度 Ta	所有	-	所有	稳态最坏情况	$\leq T_{max}-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]	
						瞬态最坏情况	$\leq T_{max}$	
插装单层陶瓷， SMD陶瓷	普通	工作电压	NPO (COG) U2J,X7R, X7S,X7T, X7U	$\leq 85^{\circ}\text{C}$	$V_r < 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 85\%$	
						瞬态最坏情况	$\leq 100\%$	
					$V_r \geq 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 75\%$ [1]	
						瞬态最坏情况	$\leq 100\%$	
					$V_r < 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 70\%$	
						瞬态最坏情况	$\leq 80\%$	
		$V_r \geq 25\text{V}$	稳态最坏情况	$\leq 60\%$				
			瞬态最坏情况	$\leq 80\%$				
			稳态最坏情况	$\leq 60\%$				
			瞬态最坏情况	$\leq 80\%$				
			环境温度 Ta	所有	-	所有	稳态最坏情况	$\leq T_{max}-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]
							瞬态最坏情况	$\leq T_{max}$
	安规	工作电压 Va	所有	-所有	所有	稳态最坏情况	$\leq 100\%$	

						瞬态最坏情况	≤ 100
		环境温度 Ta	所有	-	所有	稳态最坏情况	$\leq T_{max}-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]
						瞬态最坏情况	$\leq T_{max}$

【1】对于-48V的接口电路，电压波动范围为-36V~-72V的情况下，可以使用100V的X7R陶瓷电容滤波，但是瞬态最坏情况建议不超过额定值。

【2】如果环境温度比较难获得，可以采用电容表面温度进行降额，其中壳温降额为稳态不超过额定温度 T_{max} ，瞬态不超过 $T_{max}+5\text{ }^{\circ}\text{C}$

下表为陶瓷电容各种封装允许功耗和热阻表。其中最大允许功耗单位为mW，在常温+25 $^{\circ}\text{C}$ ，20 $^{\circ}\text{C}$ 温升条件下得到。部分尺寸型号可根据长X宽，依据附件的热阻来大致判断，如1810可参看1210和1812的热阻大致确定。

实际上，陶瓷电容功耗和焊盘尺寸及覆铜面积相关，焊盘尺寸及覆铜面积越大，允许的功耗就越大。下表标称的热阻值为典型值，仅作参考。

表5 陶瓷电容封装、功耗及热阻表

EIA尺寸	长 X 宽 (mm)	普通MLCC		高Q电容	
		允许功耗mW	热阻 Rth($^{\circ}\text{C}$ /W)	允许功耗mW	热阻 Rth($^{\circ}\text{C}$ /W)
0201	0.6 X 0.3	77	260	/	/
0402	1.0 X 0.5	87	230	91	219
0603	1.6 X 0.8	93	216	138	145
0805	2.0 X 1.25	97	207	177	113
1206	3.2 X 1.6	103	194	/	/
1210	3.2 X 2.5	136	147	282	70.9
1812	4.5 X 3.2	185	108	/	/
1111	2.97 X 2.97 X 2.54	/	/	400	50

1.5. 穿心和可变电容

表6 穿心和可变电容降额要求

器件	降额参数	工作条件	降额要求	
穿心电容型EMI滤波器	工作电压V	瞬态最坏情况	$\leq 60\%$	
		稳态最坏情况	$\leq 65\%$	
三端电容型EMI滤波器	环境稳态	稳态、瞬态最坏情况	$\leq T_{max}-10^{\circ}C$	
		工作电流I	稳态最坏情况	$\leq 60\%$
			瞬态最坏情况	$\leq 60\%$
云母电容	工作电压V	稳态最坏情况	$\leq 60\%$	
		瞬态最坏情况	$\leq 65\%$	
	环境温度	稳态、瞬态最坏情况	$\leq T_{max}-10^{\circ}C$	

1.6. 超级电容

表7 超级电容降额要求

器件	降额参数	条件	降额要
超级电容	工作电压Va[1]	稳态、瞬态最坏情况[1]	$\leq 100\%$
	环境温度Ta[2]	稳态最坏情况	$\leq T_{max}-5^{\circ}C$
		瞬态最坏情况	$\leq T_{max}$
	最低温度	稳态、瞬态最坏情况	$\geq T_{max}+10^{\circ}C$
	反向电压Vre[5]	稳态最坏情况	禁止施加反向电压
		瞬态最坏情况	$\leq 2\%$ 额定工作电压
	充放电电流Ia		$\leq 100\%$
预估寿命[3]		\geq 单板寿命*0.8[3][4]	
水系电解质超级电容	工作电压Va	稳态、瞬态最坏情况	$\leq 70\%$
	环境稳态Ta	稳态、瞬态最坏情况	$\leq T_{max}-20^{\circ}C$
	最低温度	稳态、瞬态最坏情况	$\geq T_{max}+20^{\circ}C$

【1】超级电容厂家在设计过程中，厂家已经加入降额冗余，因此实际工作中，电压只要满足规格就可以。但瞬态电压也不允许超过规格值。

【2】超级电容在任何情况下，都不允许超温应用。

【3】厂家在电容设计过程中，会留有一定余量，计算结果和实际寿命会有一定差别。因此估算寿命须不小于单板设计寿命的80%

【4】很多厂家会直接提供工作环境下的寿命，如45℃下寿命4年，这个4年可以作为结果，认

为满足单板寿命要求为5年的需求。

【5】 超级电容虽然加反压不会直接短路，但是会导致寿命减少。因此即使是小于2%额定电压的反压，也不能频繁施加。

硬件十个为什么
