



多层片式陶瓷电容器（MLCC）

技 术 交 流

如何理解温度特性 TCC

江门市新会三巨电子科技有限公司

JIANGMEN CITY XINHUI SANJV ELECTRONIC CO., LTD

地址：广东省江门市新会区中心南路 37 号广源大厦 B 座

邮政编码：529100

联系电话：0750-8686169

E-Mail: xhsanjv@163.com

传真：0750-6331711

公司网址： www.sanjv.com



如何理解温度特性 TCC

A. 温度系数（容量—温度特性）:

通过调整配方将居里点尖峰移至室温附近的高 K 介质在 25°C 时展现出极高的介电常数，但同时，不管是升温还是降温，K 值都会出现非常大的变化。而低 K 介质，其配方系统使得居里尖峰被压低和宽化，因此能如人们所希望的那样表现出更佳稳定性。

I 类瓷的温度系数 (T.C.) 用 ppm/°C 表示，而 II 类瓷用 % Δ C。测量温度系数的方法是将片式电容器样品置于温度可控的温度实验室或 “T.C.” 实验室中，精确地读取不同温度（通常为 -55°C、25°C、125°C）下的电容量。显然，精密的夹具和测试仪器就变得非常重要了，特别是测量小电容量时，其 ppm/°C 数值非常小，容量较基准值的变化往往远小于 1 皮法。由于存在去老化性，因此在测高 K 的 II 类介质时就必须注意。如果在加热过程中对去老化的样品进行测量，其 T.C. 结果肯定是错误的；所以 T.C. 测量必须在对电容器去老化后至少一个小时才能进行。

采用下面的表达式就可以计算出任何给定的温度范围内 I 类介质的温度系数，单位为 ppm/°C:

$$\text{T.C. (ppm/°C)} = [(C_2 - C_1) / C_1(T_2 - T_1)]10^6$$

这里： $C_1 = T_1$ 下的电容量

$C_2 = T_2$ 下的电容量

且 $T_2 > T_1$

举例：某一样品的电容量测量值如下：

-55°C, 1997 pF

25°C, 2000 pF

125°C, 2004 pF

则 -55°C 到 25°C 范围内的 T.C. 斜率为：

$$\text{T.C.} = [(2000 - 1997) 10^6] / 1997[25 - (-55)] = 18.7 \text{ ppm/°C}$$

25°C 到 125°C 范围内的 T.C. 斜率为：

$$\text{T.C.} = [(2004 - 2000) 10^6] / 2000(125 - 25) = 20.0 \text{ ppm/°C}$$

II 类介质的温度系数是以在室温基准值上变化的百分数来表示的，其变化量较线性介质大了好几个数量级。

B. 介质的分类

I 类介质由于其采用非铁电（顺电）配方，以 TiO_2 为主要成分（介电常数小于 150），因此具有最稳定的性能。通过添加少量其他（铁电体）氧化物，如 CaTiO_3 或 SrTiO_3 ，构成“扩展型”



温度补偿陶瓷则可表现出近似线性的温度系数，介电常数增加至 500。两种类型的介质都适用于电路中对稳定性要求很高的电容器，即介电常数无老化或老化可忽略不计，低损耗（ $DF < 0.001$ ，或对于扩展型 T.C. 介质 $DF < 0.002$ ），容量或介质损耗随电压或频率的变化为零或可忽略不计以及线性温度特性不超出规定的公差。

用“字母—数字—字母”这种代码形式来表示 I 类陶瓷温度系数的方法已经被广泛应用，并被美国电子工业协会（EIA）标准 198 所采用。

a	b	c	d	e	f
温度系数的有效数字 (ppm/°C)	a 列的代码	a 列的乘数	c 列的代码	误差范围 (ppm/°C)	e 列的代码
0.0	C	-1.0	0	30	G
1.0	M	-10	1	60	H
1.5	P	-100	2	120	J
2.2	R	-1000	3	250	K
3.3	S	-10000	4	500	L
4.7	T	+1	5	1000	M
7.5	U	+10	6	2500	N
		+100	7		
		+1000	8		
		+10000	9		

片式电容器中最常用的 I 类介质是 COG，温度系数为 $0 \text{ ppm/}^\circ\text{C} \pm 30 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ ，也就是 MIL 标准中的 NPO（负—正—零），其具有很平的温度系数。

实际测量的温度系数并非符合完美的线性关系，但只要其数值不超出 EIA 代码最后一个字母所规定的公差范围就可以接受：

举例：

COG $-0 \text{ ppm/}^\circ\text{C} \pm 30 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ (N220)

S2L $-330 \text{ ppm/}^\circ\text{C} \pm 500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ (N330)

U2J $-750 \text{ ppm/}^\circ\text{C} \pm 120 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ (N750)

M7G $-100 \text{ ppm/}^\circ\text{C} \pm 30 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ (P100)

II 类介质由节 H 中所介绍的铁电体所组成。这类介质的介电常数比 I 类介质高得多，但其性能随温度、电压、频率和时间变化的稳定性较差。由于铁电陶瓷性能的多样化，有必要根据



温度特性将此类介质分为两个亚类。

“稳定的中 K” II类瓷,以 25°C 为基准,在 -55°C 到 125°C 的范围内最大温度系数为 $\pm 15\%$ 。此种介质的介电常数在 600 到 4000 之间,与 EIA 中 X7R 的性质相符。

“高 K” II类瓷,温度系数超出 X7R 的水平。这种高 K 介质的介电常数高达 4000~18000,但温度系数曲线非常陡峭,原因在于居里点移动到室温附近,出现了最大的介电常数。

a	b	c	d	e	f
下限工作温度°C	a 列的代码	上限工作温度°C	c 列的代码	最大容量变化率 $\pm \% \Delta C$	e 列的代码
+10	Z	+45	2	1.0	G
-30	Y	+65	4	1.5	H
-55	X	+85	5	2.2	J
		+105	6	3.3	K
		+125	7	4.7	L
		+150	8	7.5	M
				10.0	P
				15.0	R
				22.0	S
				+22-33	T
				+22-56	U
				+22-82	V

用于片式电容器制造的最普遍的中 K 材料为 X7R (-55°C 到 125°C 内 ΔC 最大值 $\pm 15\%$)。而对于高 K 类材料, Z5U (+10°C 到 +85°C 内 ΔC 最大值 +22% ~ -56%) 和 Y5V (-30°C 到 +85°C 内 ΔC 最大值 +22% ~ -82%) 最为常用。