

浪涌抑制 NTC 热敏电阻的选用指南

——大功率设备浪涌抑制 NTC 热敏电阻选用

为了避免电子电路中在开机瞬间产生的浪涌电流,在电源电路中串接一个功率型 NTC 热敏电阻,能有效的抑制开机时的浪涌电流,并在完成浪涌电流抑制作用后,由于通过其电流的持续作用,功率型热敏电阻的阻值将下降的一个非常小的程度,它消耗的功率可以忽略不计,不会对正常的工作电流造成影响,所以在电源回路中使用功率型 NTC 热敏电阻,是抑制开机浪涌电流保护电子设备免遭破坏的最为简便而有效的措施。

功率型 NTC 热敏电阻器的选用原则

1.电阻器的最大工作电流> 实际电源回路的工作电流

2.功率型电阻器的标称电阻值

$$R \geq 1.414 * E / I_m$$

式中 E 为线路电压 I_m 为浪涌电流

对于转换电源, 逆变电源, 开关电源, UPS 电源, I_m=100 倍工作电流

对于灯丝, 加热器等回路 I_m=30 倍工作电流

3.B 值越大, 残余电阻越小, 工作时温升越小

4.一般说, 时间常数与耗散系数的乘积越大, 则表示电阻器的热容量越大, 电阻器抑制浪涌电流的能力也越强。

功率型 NTC 热敏电阻, 主要应用于开关电源, UPS, 大功率电子产品的开机防浪涌



SC MF72 功率型 NTC 热敏电阻

0.1A~11A



SCD 大功率型 NTC 热敏电阻

2A~32A



MF74 超大功率型 NTC 热敏电阻

10A~36A

其中 SC 系列为常规热敏电阻常见的有 D5, D7, D9, D11, D13, D15, D20, D25 系列, 如 5D5, 5D7, 5D9, 10D11, 10D15, 5D20, 5D25 等

具体规格型号和参数等信息参见: <http://www.sinochip.net/ntcremin/sc.htm>

SCD 系列是 SCD 系列大功率 NTC 热敏电阻是华巨电子工程师花费数年时间研制出来的

专利产品，产品选用纳米材料等高科技产品作为原材料联合南京东南大学和理工大学等几所学校和科研院所联合研发的新一代抑制浪涌的功率型 NTC 热敏电阻，生产中采用新工艺新技术生产的新一代防浪涌 NTC 热敏电阻，SCD 系列热敏电阻具有抑制浪涌能力强，最大稳态电流大，性能稳定，性价比高等特点。广泛应用于各种大功率电源，充电器，工业设备，汽车电子，航空航天领域，对于抑制浪涌冲击，防止因电流浪涌损坏设备的正常运行起到很好地保护作用。SCD 系列具有大稳态电流最大可以达到 35A,大阻值，大电流，耐高温的特点。相比 SC 系列的 1 欧的热敏电阻最大稳态电流 10A 的热敏电阻，SCD 系列可以做到 1 欧姆 35A，SCD 系列的防浪涌能力更强。

具体规格型号和参数等信息参见：<http://www.sinochip.net/ntcremin/scd.htm>

MF74 系列热敏电阻是特殊安装方式的大功率热敏电阻，除少数场合基本被 SCD 系列替代。

具体规格型号和参数等信息参见：<http://www.sinochip.net/ntcremin/mf74.htm>

下图为使用 MF72 热敏电阻前后浪涌电流得比较曲线图，虚线为使用热敏电阻前，实线为使用热敏电阻后。

功率型NTC热敏电阻器典型的应用线路：



下图为使用 MF72 热敏电阻前后浪涌电流得比较曲线图，虚线为使用热敏电阻前，实线为使用热敏电阻后。

功率型 NTC 热敏电阻器在电路中抑制浪涌电流示意图:

Sketch Map of Surge Current Protection In Circuit of Power NTC Thermistor



随着电子产品对可靠性要求的不断提高和能源资源的日益紧缩,高可靠性和高效节能的电子产品将是未来电子产品发展的一个方向,因此在产品的电源设计上,必须要充分考虑其可靠性能和电源使用效率。

本文首先分析电子产品为什么会有开机浪涌,然后以典型的电源电路为例分析如何使用热敏电阻抑制浪涌电流,最后介绍热敏电阻在实际应用中应如何选型。

开机浪涌电流产生的原因

图 1 是典型的电子产品电源部分简化电路, C1 是与负载并联的滤波电容。在开机上电的瞬间,电容电压不能突变,因此会产生一个很大的充电电流。根据一阶电路零状态响应模型所建立的一阶线性非齐次方程可以求出其电流初始值相当于把滤波电容短路而得到的电流值。这个电流就是我们常说的输入浪涌电流,它是在对滤波电容进行初始充电时产生的,其大小取决于启动上电时输入电压的幅值以及由桥式整流器和电解电容其所形成的回路的总电阻。



图 1 电源示意图

假设输入电压 V_1 为 220Vac，整个电网内阻（含整流桥和滤波电容） $R_s=1\Omega$ ，若正好在电源输入波形达到 90 度相位的时候开机，那么开机瞬间浪涌电流的峰值将达到 $I=220 \times 1.414/1=311(A)$ 。这个浪涌电流虽然时间很短，如果不加以抑制，会减短输入电容和整流桥的寿命，还可能造成输入电源电压的降低，让使用同一输入电源的其它动力设备瞬间掉电，对临近设备的正常工作产生干扰。

浪涌电流的抑制

浪涌电流的抑制方法有很多，一般中小功率电源中采用电阻限流的办法抑制开机浪涌电流。图 2 是一个常见的 110V/220V 双输入电源示意图，以此为例，我们分析一下如何使用 NTC 热敏电阻进行浪涌电流的抑制。



图 2 110/220Vac 双输入电源示意图

NTC 热敏电阻，即负温度系数热敏电阻，其特性是电阻值随着温度的升高而呈非线性的下降。NTC 在应用上一般分为测温热敏电阻和功率型热敏电阻，用于抑制浪涌的 NTC 热敏电阻指的就是功率型热敏电阻器。

图 2 中 $R_1 \sim R_4$ 为热敏电阻浪涌抑制器通常放置的位置。对于同时兼容 110Vac 和 220Vac 输入的双电压输入产品，应该在 R_1 和 R_2 位置同时放两个 NTC 热敏电阻，这样可使在 110Vac 输入连接线连接时和 220Vac 输入连接线断开时的冲击电流大小一致，也可单独在 R_3 或 R_4 处放置一个 NTC 热敏电阻。对于只有 220Vac 输入的单电压产品，只需在 R_3 或 R_1 位置放 1 个 NTC 热敏电阻即可。

其工作原理如下：

在常温下，NTC 热敏电阻具有较高的电阻值（一般选用 5Ω 或 10Ω ），即标称零功率电阻值。参考图 1 的例子，串接 10Ω NTC 时，开机浪涌电流为： $I=220 \times 1.414/(1+10)=28(A)$ ，比未使用 NTC 热敏电阻时的 311A 降低了 10 倍，有效的起到了抑制浪涌电流的作用。

开机后，由于 NTC 热敏电阻迅速发热、温度升高，其电阻值会在毫秒级的时间内迅速

下降到一个很小的级别，一般只有零点几欧到几欧的大小，相对于传统的固定阻值限流电阻而言，这意味着电阻上的功耗因为阻值的下降随之降低了几十到上百倍，因此这种设计非常适合对转换效率和节能有较高要求的产品，如开关电源。

断电后，NTC 热敏电阻随着自身的冷却，电阻值会逐渐恢复到标称零功率电阻值，恢复时间需要几十秒到几分钟不等。下一次启动时，又按上述过程循环。

改进型电源设计

上述使用 NTC 浪涌抑制器的电路与使用固定电阻的电路相比，已经具备了节能的特性。对于某些特殊的产品，如工业产品，有时客户会提出如下要求：1、如何降低 NTC 的故障率以提高其使用寿命？2、如何将 NTC 的功耗降至最低？3、如何使串联了 NTC 热敏电阻的电源电路能适应循环开关的应用条件？

对于第 1、2 两点，因为 NTC 热敏电阻的主要作用是抑制浪涌，产品正常启动后它所消耗的能量是我们不需要的，如果有一种可行的办法能将 NTC 热敏电阻从正常工作的电路中切断，就可以满足这种要求。

对于第 3 点，首先分析为什么使用了 NTC 热敏电阻的产品不能频繁开关。从电路工作原理的分析我们可以看到，在正常工作状态下，是有一定电流通过 NTC 热敏电阻的，这个工作电流足以使 NTC 的表面温度达到 $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。当产品关断时，NTC 热敏电阻必须要从高温低阻状态完全恢复到常温高阻状态才能达到与上一次同等的浪涌抑制效果。这个恢复时间与 NTC 热敏电阻的耗散系数和热容有关，工程上一般以冷却时间常数作为参考。所谓冷却时间常数，指的是在规定的介质中，NTC 热敏电阻自热后冷却到其温升的 63.2% 所需要的时间（单位为秒）。冷却时间常数并不是 NTC 热敏电阻恢复到常态所需要的时间，但冷却时间常数越大，所需要的恢复时间就越长，反之则越短。

在上述思路的指导下，产生了图 3 的改进型电路。产品上电瞬间，NTC 热敏电阻将浪涌电流抑制到一个合适的水平，之后产品得电正常工作，此时继电器线圈从负载电路得电后动作，将 NTC 热敏电阻从工作电路中切去。这样，NTC 热敏电阻仅在产品启动时工作，而当产品正常工作时是不接入电路的。这样既延长了 NTC 热敏电阻的使用寿命，又保证其有充分的冷却时间，能适用于需要频繁开关的应用场合。



图3 带继电器旁路电路的电源设计示意图

NTC 热敏电阻的选型

NTC 热敏电阻的选型要考虑以下几个要点：

最大额定电压和滤波电容值

滤波电容的大小决定了应该选用多大尺寸的 NTC。对于某个尺寸的 NTC 热敏电阻来说，允许接入的滤波电容的大小是有严格要求的，这个值也与最大额定电压有关。在电源应用中，开机浪涌是因为电容充电产生的，因此通常用给定电压值下的允许接入的电容量来评估 NTC 热敏电阻承受浪涌电流的能力。对于某一个具体的 NTC 热敏电阻来说，所能承受的最大能量已经确定了，根据一阶电路中电阻的能量消耗公式 $E=1/2 \times CV^2$ 可以看出，其允许的接入的电容量与额定电压的平方成反比。简单来说，就是输入电压越大，允许接入的最大电容值就越小，反之亦然。

NTC 热敏电阻产品的规范一般定义了 220Vac 下允许接入的最大电容值。假设某应用条件最大额定电压是 420Vac，滤波电容值为 200 μF ，根据上述能量公式可以折算出在 220Vac 下的等效电容值应为 $200 \times 420^2 / 220^2 = 729 \mu F$ ，这样在选型时就必须选择 220Vac 下允许接入电容值大于 729 μF 的型号。

产品允许的最大启动电流值和长期加载在 NTC 热敏电阻上的工作电流

电子产品允许的最大启动电流值决定了 NTC 热敏电阻的阻值。假设电源额定输入为 220Vac，内阻为 1 Ω ，允许的最大启动电流为 60A，那么选取的 NTC 在初始状态下的最小阻值为 $R_{min} = (220 \times 1.414 / 60) - 1 = 4.2(\Omega)$ 。至此，满足条件的 NTC 热敏电阻一般会有一个或多个，此时再按下面的方法进行选择。

产品正常工作时，长期加载在 NTC 热敏电阻上的电流应不大于规格书规定的电流。根据这个原则可以从阻值大于 4.2 Ω 的多个电阻中挑选出一个适合的阻值。当然这指的是在常温情况下。如果工作的环境温度不是常温，就需要按下文提到的原则来进行 NTC 热敏电阻

的降额设计。

NTC 热敏电阻的工作环境

由于 NTC 热敏电阻受环境温度影响较大，一般在产品规格书中只给出常温下（25℃）的阻值，若产品应用条件不是在常温下，或因产品本身设计或结构的原因，导致 NTC 热敏电阻周围环境温度不是常温的时候，必须先计算出 NTC 在初始状态下的阻值才能进行以上步骤的选择。

当环境温度过高或过低时，必须根据厂家提供的降功耗曲线进行降额设计。将功耗曲线一般有两种形式，如图 4 所示。

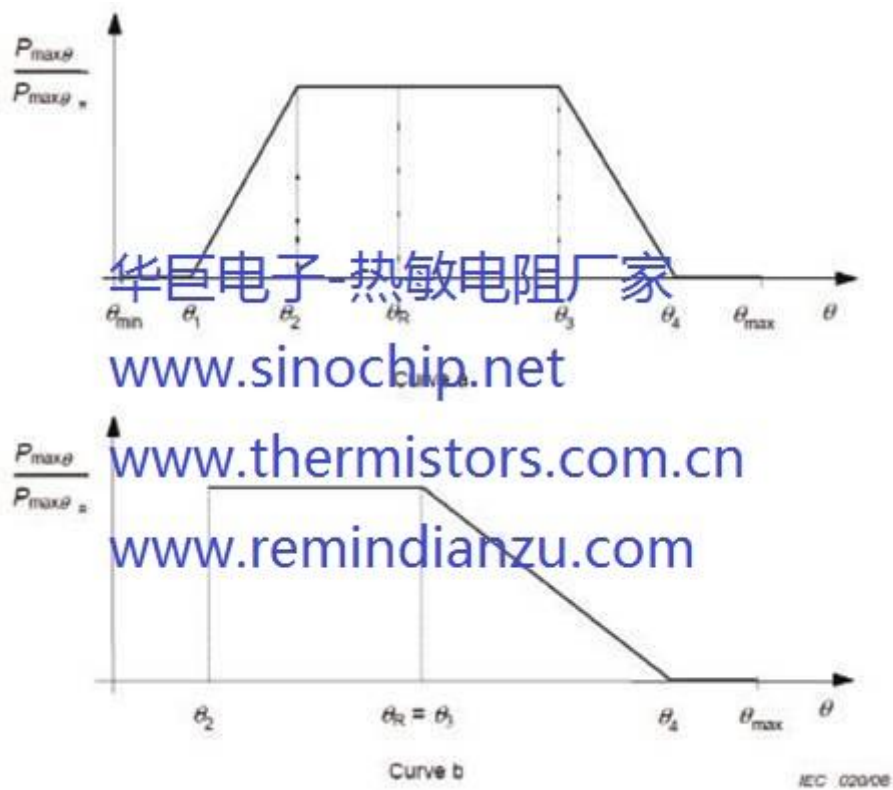


图 4 降功耗曲线

对曲线 a，允许的最大持续工作电流可用以下公式表示：

$$\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2, I_{max,\theta} = I_{max,25} \times (\theta - \theta_1) / (\theta_2 - \theta_1)$$

$$\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2, I_{max,\theta} = I_{max,25} \times (\theta_2 - \theta) / (\theta_2 - \theta_1)$$

对曲线 b，允许的最大持续工作电流可用以下公式表示：

$$\theta_2 \leq \theta \leq \theta_4, I_{max,\theta} = I_{max,25} \times (\theta_4 - \theta) / (\theta_4 - \theta_2)$$

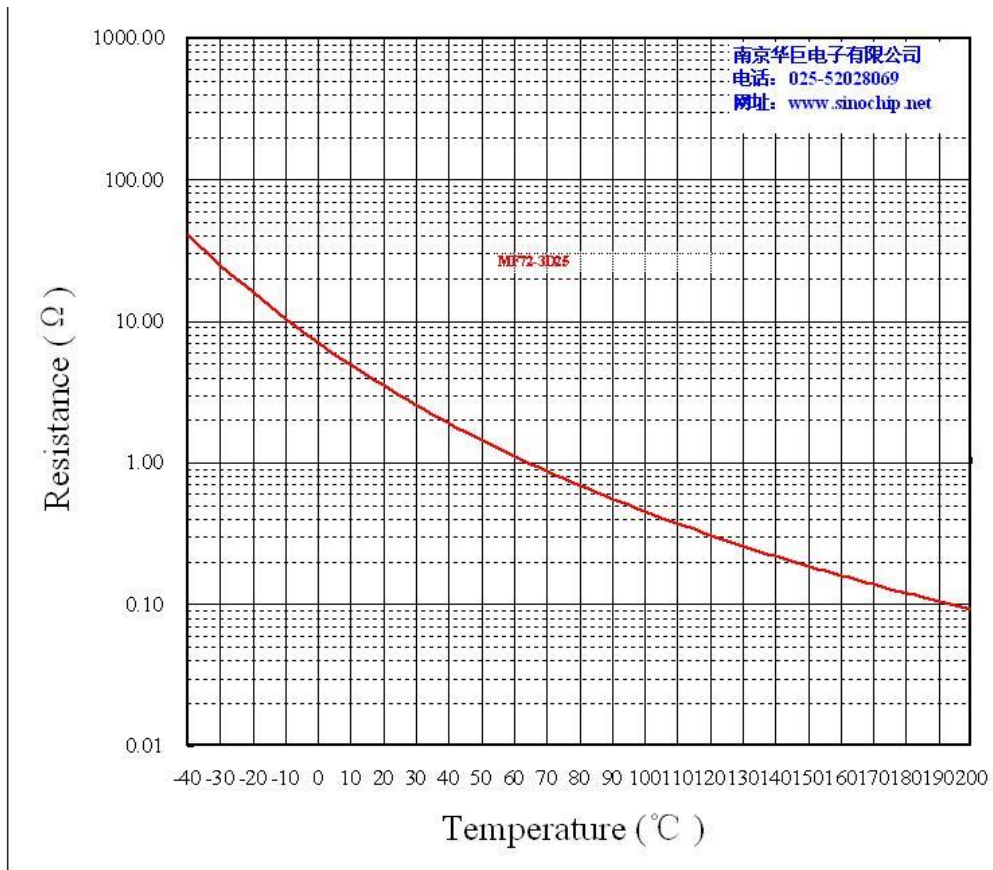
事实上，不少生产厂家都对自己的产品定义了环境温度类别，在实际应用中，应尽量

使 NTC 热敏电阻工作的环境温度不超出厂家规定的上/下限温度。同时，应注意不要使其工作在潮湿的环境中，因为过于潮湿的环境会加速 NTC 热敏电阻的老化。

结论

通过以上分析可以看出，在电源设计中使用 NTC 热敏电阻型浪涌抑制器，其抑制浪涌电流的能力与普通电阻相当，而在电阻上的功耗则可降低几十到上百倍。对于需要频繁开关的应用场合，电路中必须增加继电器旁路电路以保证 NTC 热敏电阻能完全冷却恢复到初始状态下的电阻。在产品选型上，要根据最大额定电压和滤波电容值选定产品系列，根据产品允许的最大启动电流值和长时间加载在 NTC 热敏电阻上的工作电流来选择 NTC 热敏电阻的阻值，同时要考虑工作环境的温度，适当进行降额设计。

下图为 MF72-3D25 的 R-T 阻温特性曲线



华巨电子与 AMETHERM 互换对照表

Sinochip (华巨)	AMETHERM	R	SSI	Joules
Part	Part		Max	Max
SCD-0R230-30	SL32 0R230	0.2	30	100

SCD-0R516-22	SL22 0R516	0.5	16	160
SCD-0R530-30	SL32 0R530	0.5	30	150
SCD-0R536-30K	AS32 0R536-100	0.5	36	300
SCD-0R530-30K	AS32 0R530-100	0.5	30	300
SCD-0R536-30	SL32 0R536	0.5	36	150
SCD-0R536-30K1	MS32 0R536	0.5	36	250
SCD-0R540-30K1	MS32 0R540	0.5	40	250
SCD-0R550-35K1	MS35 0R550	0.5	50	900
SCD-0R550-35K	AS35 0R550	0.5	50	800
SCD-0R712-22	SL22 0R712	0.7	12	120
SCD-1R010-15	SL15 1R010	1.0	10	45
SCD-1R010-13	SL12 1R010	1.0	10	28
SCD-1R020-20	SL22 1R020	1.0	20	65
SCD-1R025-25	/	1.0	25	120
SCD-1R030-30	SL32 1R030	1.0	30	160
SCD-1R030-30K	AS32 1R030	1.0	30	300
SCD-1R030-30K	AS32 1R030-100	1.0	30	300
SCD-1R036-30	SL32 1R036	1.0	36	160
SCD-1R036-30K1	MS32 1R036	1.0	36	300
SCD-1R036-30K	AS32 1R036-100	1.0	36	300
SCD-1R040-35K1	MS35 1R040	1.0	40	800
SCD-1R040-35K	AS35 1R040	1.0	40	800
SCD-1R308-13	SL12 1R308	1.3	8	40
SCD-2R05-8	SL10 2R005	2.0	5	30
SCD-2R018-25	SL22 2R018	2.0	18	90
SCD-2R023-30	SL32 2R023	2.0	23	250
SCD-2R025-30K	SL32 2R025	2.0	25	300
SCD-2R025-30K1	MS32 2R025	2.0	25	300
SCD-2R025-30K	AS32 2R025	2.0	25	300
SCD-2R035-35K1	MS35 2R035	2.0	35	750
SCD-2R035-35K	AS35 2R035	2.0	35	700
SCD-2R53-8	SL08 2R503	2.5	3	10
SCD-2R55-10	SL10 2R505	2.5	5	30
SCD-2R55-12	SL12 2R505	2.5	5	36
SCD-2R56-15	SL15 2R506	2.5	6	40
SCD-2R58-13	SL15 2R507	2.5	7	40
SCD-2R58-20	SL22 2R508	2.5	8	90
SCD-2R58-20	SL18 2R508	2.5	8	90
SCD-2R58-13	SL15 2R508	2.5	8	40
SCD-2R59-15	SL15 2R509	2.5	9	40

SCD-2R512-20	SL22 2R510	2.5	10	90
SCD-2R515-20	SL22 2R515	2.5	15	90
SCD-3R030-35K1	MS35 3R030	3.0	30	750
SCD-3R030-35K	AS35 3R030	3.0	30	600
SCD-4R03-05	SL05 4R003	4.0	3	5
SCD-4R03-08	SL08 4R003	4.0	3	10
SCD-4R04-10	SL10 4R004	4.0	4	20
SCD-4R08-15	SL15 4R008	4.0	8	40
SCD-4R014-20	SL22 4R014	4.0	14	100
SCD-4R023-30	SL32 4R023	4.0	23	200
SCD-5R01-05	SL05 5R001	5.0	1	5
SCD-5R08-08	SL08 5R002	5.0	2	10
SCD-5R03-10	SL10 5R003	5.0	3	20
SCD-5R03-08	SL08 5R003	5.0	3	10
SCD-5R04-13	SL12 5R004	5.0	4	40
SCD-5R06-20	SL22 5R006	5.0	6	50
SCD-5R06-20	SL18 5R006	5.0	6	75
SCD-5R06-15	SL15 5R006	5.0	6	50
SCD-5R012-20	SL22 5R012	5.0	12	100
SCD-5R020-30	SL32 5R020	5.0	20	200
SCD-5R020-30K1	MS32 5R020	5.0	20	300
SCD-5R020-30K	AS32 5R020	5.0	20	300
SCD-5R025-35K	AS35 5R025	5.0	25	600
SCD-5R025-35K1	MS35 5R025	5.0	25	600
SCD-7R02-09	SL08 7R002	7.0	2	8
SCD-7R05-15	SL15 7R005	7.0	5	60
SCD-7R05-15	SL15 7R005	7.0	5	60
SCD-7R07-15	SL15 7R007	7.0	7	50
SCD-7R010-20	SL22 7R010	7.0	10	100
SCD-7R015-30K	MS32 7R015	7.0	15	250
SCD-8R03-13	SL12 8R003	8.0	3	25
/	SL03 10001	10.0	1	2
SCD-10R02-11	SL10 10002	10.0	2	10
SCD-10R02-9	SL08 10002	10.0	2	10
SCD-10R03-11	SL10 10003	10.0	3	17
SCD-10R04-13	SL12 10004	10.0	4	40
SCD-10R04-11	SL10 10004	10.0	4	17
SCD-10R05-20	SL22 10005	10.0	5	90
SCD-10R05-20	SL18 10005	10.0	5	75
SCD-10R05-13	SL12 10005	10.0	5	60

SCD-10R06-13	SL12 10006	10.0	6	40
SCD-10R06-15	SL15 10006	10.0	6	55
SCD-10R06-13	SL12 10006-03	10.0	6	40
SCD-10R07-20	SL22 10007	10.0	7	90
SCD-10R08-20	SL22 10008	10.0	8	90
SCD-10R08-20K1	MS22 10008	10.0	8	200
SCD-10R09-25	SL22 10009	10.0	9	100
SCD-10R10-25	/	10.0	10	105
SCD-10R15-30	SL32 10015	10.0	15	150
SCD-10R15-30K1	MS32 10015	10.0	15	250
SCD-10R15-30K	AS32 10015	10.0	15	250
SCD-10R18-35K1	MS35 10018	10.0	18	500
SCD-10R18-35K	AS35 10018	10.0	18	500
SCD-14R05-20	SL22 14005	14.0	5	75
SCD-14R07-20	SL22 14007	14.0	7	75
SCD-15R04-15	SL12 15004	15.0	4	40
SCD-15R12-30K	MS32 15012	15.0	12	250
SCD-16R04-20	SL22 16004	16.0	4	100
SCD-16R04-15	SL15 16004	16.0	4	50
SCD-16R05-20	SL22 16005	16.0	5	1
SCD-17R04-13	SL12 17004	17.0	17	30
SCD-20R02-09	SL08 20002	20.0	2	8
SCD-20R03-13	SL12 20003	20.0	3	35
SCD-20R05-20	SL22 20005	20.0	5	125
SCD-20R05-20K1	MS22 20005	20.0	5	180
SCD-20R07-20K	SL22 20007	20.0	7	125
SCD-20R08-30K1	MS32 20008	20.0	8	250
SCD-20R09-30	/	20.0	9	250
SCD-20R10-30K1	MS32 20010	20.0	10	250
SCD-20R10-35K1	MS35 20010	20.0	10	500
SCD-20R10-30K	AS32 20010	20.0	10	250
SCD-20R10-35K	AS35 20010	25.0	10	500
SCD-25R02-13	SL12 25002	25.0	2	30
SCD-25R02-11	SL10 25002	25.0	2	20
SCD-25R03-15	SL15 25003	25.0	3	50
SCD-25R03-13	SL12 25003	25.0	3	45
SCD-25R04-15	SL15 25004	25.0	4	50
/	SL05 30001	30.0	1	3
SCD-30R04-15	SL15 30004	30.0	4	40
SCD-30R04-15K1	MS15 30004	30.0	4	135

SCD-30R05-20	SL22 30005	30.0	5	80
SCD-30R05-20K1	MS22 30005	30.0	5	150
SCD-30R06-20	SL18 30006	30.0	6	65
SCD-33R01-09	SL08 33001	33.0	1	8
SCD-40R02-13	SL12 40002	40.0	2	20
SCD-40R03-11	SL10 40002	40.0	2	15
SCD-40R04-15	SL15 40004	40.0	4	35
SCD-40R04-15K1	MS15 40004	40.0	4	135
SCD-40R05-20	SL22 40005	40.0	5	63
SCD-47R03-15	SL15 47003	47.0	3	50
SCD-47R03-20	SL18 47003	47.0	3	75
SCD-50R01-09	SL08 50001	50.0	1	12
SCD-50R01-11	SL10 50001	50.0	1	18
SCD-50R02-11	SL10 50002	50.0	2	18
SCD-50R02-13	SL12 50002	50.0	2	20
SCD-50R04-20	SL22 50004	50.0	4	80
SCD-50R04-20K1	MS22 50004	50.0	4	240
SCD-50R06-30K1	MS32 50006-L	50.0	6	250
SCD-50R06-30K1	AS32 50006	50.0	6	250
SCD-50R06-30K1	MS32 50006	50.0	6	250
SCD-60R02-15	SL15 60002	60.0	2	50
SCD-60R03-22	SL22 60003	60.0	3	72
SCD-60R04-15	SL15 60004	60.0	4	50
SCD-75R04-20K1	MS22 75004	75.0	4	240
SCD-80R02-13	SL12 80002	80.0	2	30
SCD-80R02-15	SL15 80002	80.0	2	45
SCD-121R01-09	SL08 12101	120.0	1	10
/	SL05 12101	120.0	1	12
SCD-121R01-11	SL10 12101	120.0	1	14
SCD-121R01-13	SL12 12101	120.0	1	25
SCD-121R02-20	SL22 12102	120.0	2	80
SCD-121R02-20K1	MS22 12102	120.0	2	220
SCD-121R02-15	SL15 12102	120.0	2	40
SCD-121R02-13	SL12 12102	120.0	2	25
SCD-121R03-20	SL22 12103	120.0	2	80
SCD-121R03-20K1	MS22 12103	120.0	3	220
SCD-121R04-20K1	MS22 12104	120.0	4	220
SCD-151R02-13K1	MS12 15102	150.0	2	110
SCD-151R02-13	SL12 15102	150.0	2	10
/	SL03 22101	220.0	1	2

SCD-221R01-13	SL12 22101	220.0	1	30
SCD-221R02-20	SL22 22102	220.0	2	72
SCD-221R02-15	SL15 22102	220.0	2	40
SCD-221R3.5-20K1	MS22 22103	220.0	3.5	75

华巨电子与 RTI 互换对照表

RTI	Sinochip Part	R@25°C	D	Max	I _{max}	RT _{max}
Part Number	华巨型号	(Ohms)	(mm)		(AMPS)	(Ohms)
SG260	SCD-0R530-30	0.5	20		30	0.01
SG326	SCD-0R530-30	0.5	20		30	0.01
SG100	SCD-1R020-20	1	15		20	0.015
SG301	SCD-1R020-20	1	15		20	0.015
SG405	SCD-1R030-30	1	25		30	0.015
SG328	SCD-1R030-30	1	25		30	0.015
SG416	SCD-1R38-13	1.3	25		8	0.05
SG110	SCD-2R018-20	2	15		18	0.03
SG302	SCD-2R018-20	2	15		18	0.03
SG420	SCD-2R023-30	2	25		23	0.025
SG355	SCD-2R023-30	2	25		23	0.025
SG120	SCD-2R53	2.5	15		3	0.15
SG303	SCD-2R53	2.5	15		3	0.15
SG130	SCD-2R57-13	2.5	15		7	0.05
SG304	SCD-2R57-13	2.5	15		7	0.05
SG140	SCD-2R59-15	2.5	15		9	0.04
SG305	SCD-2R59-15	2.5	15		9	0.04
SG150	SCD-2R510-20	2.5	15		10	0.04
SG306	SCD-2R510-20	2.5	15		10	0.04
SG160	SCD-2R515-20	2.5	15		15	0.03
SG307	SCD-2R515-20	2.5	15		15	0.03
SG170	SCD-4R08-15	4	15		8	0.07
SG308	SCD-4R08-15	4	15		8	0.07
SG32	SCD-4R14-20	4	20		14	0.05
SG330	SCD-4R14-20	4	20		14	0.05
SG190	SCD-5R04-11	5	15		4	0.15
SG310	SCD-5r04-11	5	15		4	0.15
SG200	SCD-5R07-13	5	15		7	0.07
SG311	SCD-5R07-13	5	15		7	0.07

SG44	SCD-5R08-15	5	20	8	0.05
SG332	SCD-5R08-15	5	20	8	0.05
SG26	SCD-5R12-20	5	15	12	0.06
SG333	SCD-5R12-20	5	15	12	0.06
SG210	SCD-7R04-13	7	15	4	0.2
SG312	SCD-7R04-13	7	15	4	0.2
SG64	SCD-7R10-20	7	15	10	0.08
SG336	SCD-7R10-20	7	15	10	0.08
SG337	SCD-10R02-7	10	15	2	0.3
SG220	SCD-10R03-9	10	15	3	0.2
SG313	SCD-10R03-9	10	15	3	0.2
SG42	SCD-10R05-11	10	15	5	0.2
SG338	SCD-10R05-11	10	15	5	0.2
SG27	SCD-10R06-13	10	15	6	0.15
SG314	SCD-10R06-13	10	15	6	0.15
SG40	SCD-10R08-20	10	20	8	0.1
SG320	SCD-16R04-13	16	25	4	0.25
SG230	SCD-20R1.75-11	20	15	1.75	0.6
SG315	SCD-20R1.75-11	20	15	1.75	0.6
SG240	SCD-40R02-13	40	15	2	0.6
SG316	SCD-40R02-13	40	15	2	0.6
SG250	SCD-121R03-15	120	15	3	0.9
SG317	SCD-121R03-15	120	15	3	0.9

华巨电子与 EPCOS 互换对照表

EPCOS Part	Sinochip Part	R@25°C	I _{max}	RI _{max}	D Max
	华巨型号	(Ohms)	(AMPS)	(Ohms)	(mm)
B57464S0109M000	SCD-1R20-25	1	20	0.018	25
B57464S0209M000	SCD-2R18-25	2	18	0.026	25
B57464S0509M000	SCD-5R14-25	5	14	0.047	25
B57464S0100M000	SCD-10R10-25	10	10	0.084	25
B57364S0109M000	SCD-1R016-20	1	16	0.027	20
B57364S0209M000	SCD-2R014-20	2.0	14	0.035	20
B57364S0259M000	SCD-2R515-20	2.5	15	0.046	20
B57364S0409M000	SCD-4R12-20	4.0	12	0.043	20
B57364S0509M000	SCD-5R12-20	5	12	0.047	20
B57364S0100M000	SCD-10R8-20	10	8	0.085	20

B57238S0259M000	SCD-2R59.5-15	2.5	9.5	0.044	15
B57238S0309M000	SCD-3R9-16-15	3.0	9.0	0.046	15
B57238S0479M000	SCD-4R79-15	4.7	9.0	0.055	15
B57238S0509M000	SCD-5R9-15	5.0	9.0	0.058	15
B57238S0709M000	SCD-7R7-15	7.0	7.0	0.078	15
B57238S0809M000	SCD-8R7-15	8.0	7.0	0.084	15
B57238S0100M000	SCD-10R7-15	10.0	7.0	0.098	15
B57238S0150M000	SCD-15R6-15	15.0	6.0	0.125	15
B57238S0160M000	SCD-16R6-15	16.0	6.0	0.129	15
B57238S0200M000	SCD-20R6-15	20.0	6.0	0.136	15
B57238S0250M000	SCD-25R5-15	25.0	5.0	0.185	15
B57237S0109M000	SCD-1R09-13	1	9	0.032	13
B57237S0229M000	SCD-2R28-13	2.2	8	0.038	13
B57237S0259M000	SCD-2R58-13	2.5	8	0.048	13
B57237S0479M000	SCD-4R77-13	4.7	7	0.064	13
B57237S0509M000	SCD-5R7-13	5	7	0.068	13
B57237S0709M000	SCD-7R6-13	7	6	0.098	13
B57237S0100M000	SCD-10R6-13	10	6	0.126	13
B57237S0150M000	SCD-15R4-13	15	4	0.155	13
B57237S0220M000	SCD-22R3.5-13	22	3.5	0.192	13
B57237S0330M000	SCD-33R3-13	33	3	0.237	13
B57237S0600M000	SCD-60R2.5-13	60	2.5	0.420	13

NTC 负温度系数热敏电阻专业术语

零功率电阻值 R_T (Ω)

R_T 指在规定温度 T 时，采用引起电阻值变化相对于总的测量误差来说可以忽略不计的测量功率测得的电阻值。

电阻值和温度变化的关系式为：

$$R_T = R_N \exp B(1/T - 1/T_N)$$

R_T ：在温度 T （ K ）时的 NTC 热敏电阻阻值。

R_N ：在额定温度 T_N （ K ）时的 NTC 热敏电阻阻值。

T ：规定温度（ K ）。

B ：NTC 热敏电阻的材料常数，又叫热敏指数。

\exp ：以自然数 e 为底的指数（ $e = 2.71828 \dots$ ）。

该关系式是经验公式，只在额定温度 T_N 或额定电阻阻值 R_N 的有限范围内才具有一定的精确度，因为材料常数 B 本身也是温度 T 的函数。

额定零功率电阻值 R_{25} (Ω)

根据国标规定，额定零功率电阻值是 NTC 热敏电阻在基准温度 25°C 时测得的电阻值 R_{25} ，这个电阻值就是 NTC 热敏电阻的标称电阻值。通常所说 NTC 热敏电阻多少阻值，亦指该值。

最大稳态电流

在环境温度为 25°C 时允许施加在热敏电阻器上的最大连续电流。

25°C 下最大电流时近似电阻值 (Ω)

25°C 下最大电流时近似电阻值就是在环境温度 25°C 时，对热敏电阻施加允许的最大连续电流时，热敏电阻剩余的阻值，亦称最大残余电阻值。

材料常数（热敏指数） B 值 (K)

B 值被定义为：

$$B = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_{T1}}{R_{T2}}$$

R_{T1} ：温度 T_1 (K) 时的零功率电阻值。

R_{T2} ：温度 T_2 (K) 时的零功率电阻值。

T_1, T_2 ：两个被指定的温度 (K)。

对于常用的 NTC 热敏电阻， B 值范围一般在 $2000K \sim 6000K$ 之间。

零功率电阻温度系数 (α_T)

在规定温度下，NTC 热敏电阻零功率电阻值的相对变化与引起该变化的温度变化值之比。

$$\alpha_T = \frac{1}{R} \frac{dR_T}{dT} = \frac{B}{T^2}$$

α_T ：温度 T (K) 时的零功率电阻温度系数。

R_T ：温度 T (K) 时的零功率电阻值。

T ：温度 (T)。

B ：材料常数。

耗散系数 (δ)

在规定环境温度下，NTC 热敏电阻耗散系数是电阻中耗散的功率变化与电阻体相应的温度变化之比值。

$$\delta = \frac{\Delta P}{\Delta T}$$

δ ：NTC 热敏电阻耗散系数，（mW/ K）。

ΔP ：NTC 热敏电阻消耗的功率（mW）。

ΔT ：NTC 热敏电阻消耗功率 ΔP 时，电阻体相应的温度变化（K）。

热时间常数 (τ)

在零功率条件下，当温度突变时，热敏电阻的温度变化了始末两个温度差的 63.2% 时所需的时间，热时间常数与 NTC 热敏电阻的热容量成正比，与其耗散系数成反比。

$$\tau = \frac{C}{\delta}$$

τ ：热时间常数（S）。

C：NTC 热敏电阻的热容量。

δ ：NTC 热敏电阻的耗散系数。

额定功率 P_n

在规定的技术条件下，热敏电阻器长期连续工作所允许消耗的功率。在此功率下，电阻体自身温度不超过其最高工作温度。

最高工作温度 T_{max}

在规定的技术条件下，热敏电阻器能长期连续工作所允许的最高温度。即：

$$T_{max} = T_0 + \frac{P_n}{\delta}$$

T_0 —环境温度。

测量功率 P_m

热敏电阻在规定的环境温度下，阻体受测量电流加热引起的阻值变化相对于总的测量误差来说可以忽略不计时所消耗的功率。

一般要求阻值变化大于 0.1%，则这时的测量功率 P_m 为：

$$P_m = \frac{\delta}{1000\alpha}$$