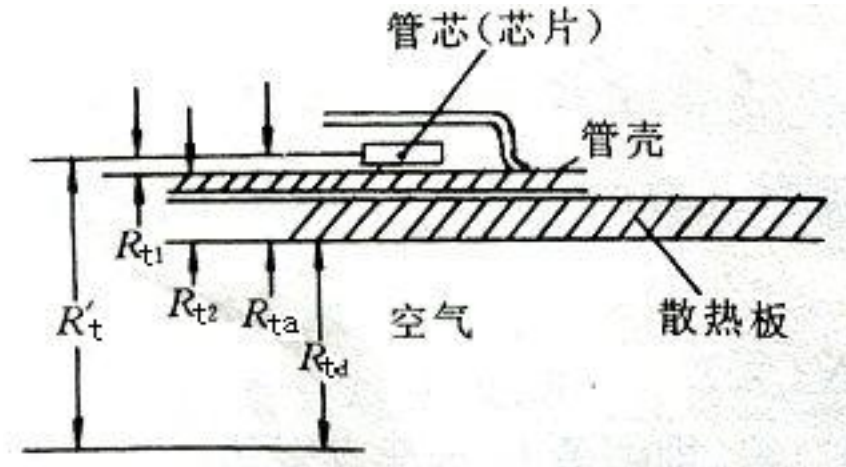


半导体器件的热阻和散热器设计

一、半导体器件的热阻：功率半导体器件在工作时要产生热量，器件要正常工作就需要把这些热量散发掉，使器件的工作温度低于其最高结温 T_{jm} 。器件的散热能力越强，其实际结温就越低，能承受的功耗越大，输出功率也越大。器件的散热能力取决于热阻，热阻用来表征材料的热传导性能，以单位功耗下材料的温升来表示，单位是 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。材料的散热能力越强则热阻越小，温升高则表示散热能力差，热阻大。



二、半导体器件热阻的分布：

R_{t1} 表示从结到外壳的热阻

R_{t2} 表示外壳到器件表面的热阻

R_{ta} 表示从结到器件表面的热阻，即 $R_{ta} = R_{t1} + R_{t2}$

R_{td} 为散热板到周围空气的热阻

设未加散热板时的总热阻为 R_t ，加散热板后的总热阻为 R_{ts} ，则有： $R_{ts} = R_{ta} + R_{td} \ll R_t$

设半导体器件的最高允许结温为 T_{jm} ，最高环境结温为 T_{am} ，加散热板后器件的实际功耗为 P_d ：

$$P_d = \frac{\Delta T}{R_{ts}} = \frac{T_{jm} - T_{am}}{R_{ta} - R_{td}}$$

令 P_{dd} 为设计功耗， P_{dm} 为最大允许功耗，则： $P_d \leq P_{dd} \leq P_{dm}$

可以得到 R_{td} ： $R_{td} = \frac{T_{jm} - T_{am}}{P_{dd}} - R_{ta}$

在确定散热板面积时要用到 R_{td} 值。

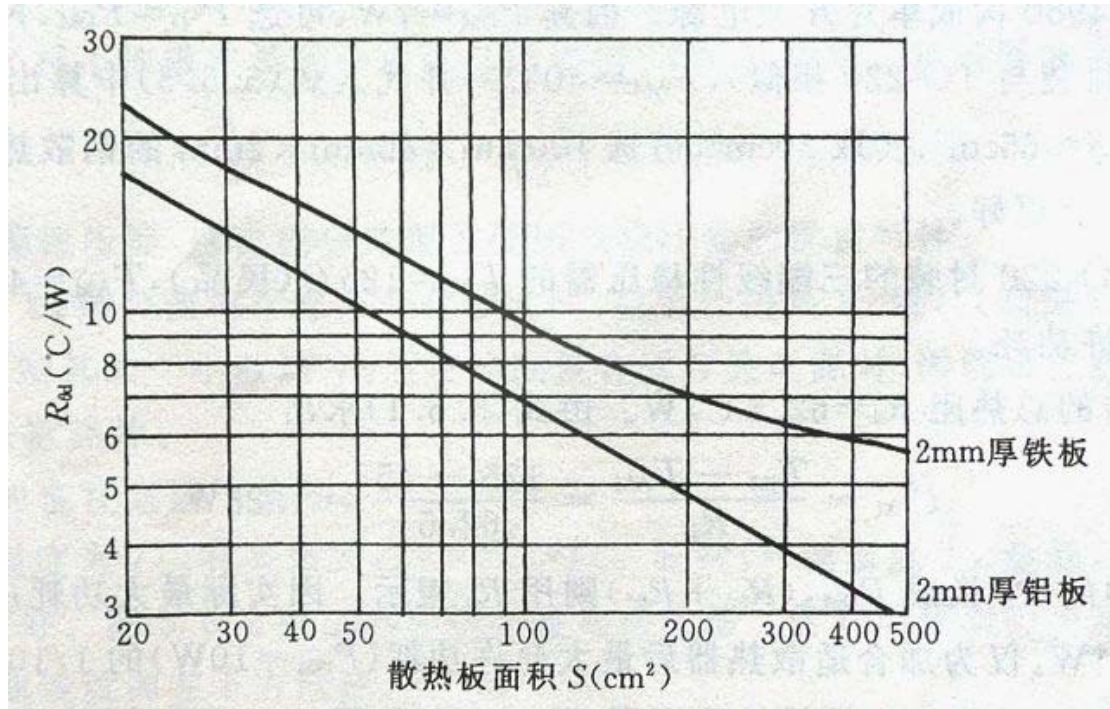
三、常见功率器件封装的热学参数：

国外封装		TO-220	TO-3	TO-66	TO-39
国内封装		S-7	F-2	F-1	B-4
结到外壳的热阻 R_{t1} ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)		3	3	3	11
最大允许功耗 P_{dm} (W)		10	20	10	0.7
不加散热片时结到周围空气的总热阻 R_t ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)		62.5	40	50	210
加散热片后结到器件表面的热阻 R_{ta} ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	直接与散热板接触	7	6	6.5	26
	涂导热硅脂	1	1	1	
	加 0.05mm 厚的云母绝缘衬垫	1.8	1.8	1.8	
常见器件型号		7800	7800	78M00	79L00
		7900	7900	79M00	79L00

四、自然冷却下散热板热阻与表面积的关系：

图中给出铝板和铁板的曲线，板厚均为 2mm，散热板垂直放置，自然冷却，器件装在散热板中心位置。可见，散热板的面积越大热阻越小，二者近似成反比，在相同表面积和厚度情况下，铝板的热阻较小，且其

密度仅为铁板的 1/3，又不易生锈，所以铝板性能优于铁板。紫铜板的散热性能更好，但密度大，价格高。



五、散热板的设计步骤:

1. 已知条件:

功率器件的封装

稳压器的实际功耗 P_d 、设计功耗 P_{dd} 、最大允许功耗 P_{dm} : $P_d \leq P_{dd} \leq P_{dm}$

允许最高结温 T_{jm} : 即器件工作结温的上限值, 一般为 125°C (民品)、 150°C (军品), 要查手册

最高环境温度 T_{am} : 根据当地年最高气温或工作现场温度而定

所选板材及厚度

2. 查出器件的 R_{ta} 值: 要根据封装形式和散热板接触方式来查表确定

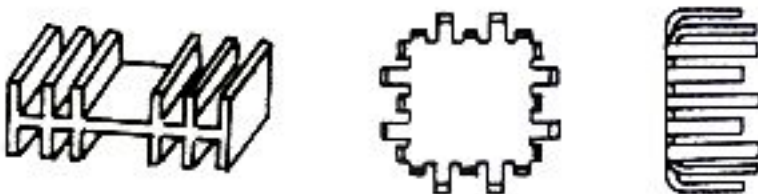
3. 计算散热板对空气的热阻 R_{td} : $$R_{td} = \frac{T_{jm} - T_{am}}{P_{dd}} - R_{ta}$$

4. 根据 R_{td} 值查曲线确定散热板表面积: 实际面积应留出 1/3 余量, 并由面积确定外形尺寸

5. 计算效率: 总功率 P 为器件消耗 P_d 功率和输出功率 P_o 之和 $P = P_d + P_o$

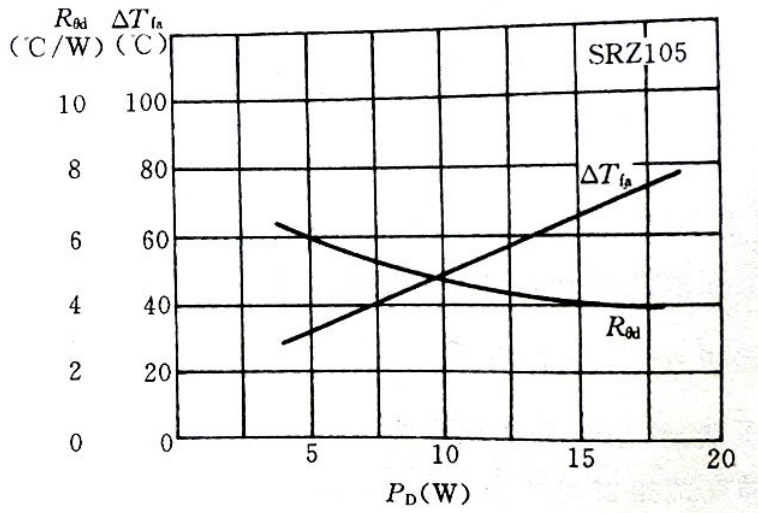
效率: $k = P_o / P$

六、成品散热器的选择: 常见成品散热器有筋片式、叉指式两种



基本计算公式:
$$R_{td} = \frac{T_{jm} - T_a}{P_d} - R_{t1}$$
 管壳与周围空气的温差 $\Delta T_{fa} = T_{jm} - T_a - P_d R_{t1}$

每种型号的散热器都有与之对应的曲线, 如 SRZ105 型叉指式散热器就有 $R_{td}-P_d$ 和 $\Delta T_{fa}-P_d$ 特性曲线。选取散热器时可根据器件功耗 P_d 查出 R_{td} 或 ΔT_{fa} 的值, 若查得之值略小于或等于按公式计算出来的数值, 则该散热器符合要求, 否则要另选其他规格的散热器。



附例：

1. 已知 TO-220 封装的 7805 稳压器的 $T_{jm}=125^{\circ}\text{C}$ ， $T_a=45^{\circ}\text{C}$ ，求不加散热器时的最大功耗：

解：TO-220 封装的总热阻 $R_t=62.5^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，

$$P_{dm} = \frac{T_{jm} - T_{am}}{R_t} = \frac{125 - 45}{62.5} = 1.28\text{W}$$

2. 用 TO-3 封装的 7809， $V_i=20\text{V}$ ， $I_o=1\text{A}$ ， $P_{dm}=20\text{W}$ ， $T_{jm}=150^{\circ}\text{C}$ ， $T_{am}=40^{\circ}\text{C}$ 。用 2mm 铝板散热，确定不涂硅脂与涂硅脂情况下的散热板外形尺寸：

解：计算实际功耗 $P_d = (V_i - V_o)I_o = (20 - 9) \times 1 = 11\text{W}$ 选 $P_{dd}=11\text{W}$

在不涂硅脂时 $R_{ta}=6^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ：
$$R_{td} = \frac{T_{jm} - T_{am}}{P_{dd}} - R_{ta} = \frac{150 - 40}{11} - 6 = 4^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

查曲线得 $S=300\text{cm}^2$ ，留出 1/3 余量后为 400cm^2 ，外形取 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 。

在涂硅脂时 $R_{ta}=1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，求得 $R_{td}=9^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，查曲线得 $S=62\text{cm}^2$ ，实取 84cm^2 ，外形 $10\text{cm} \times 8.4\text{cm}$

3. 用 TO-3 封装的 7809， $T_{jm}=125^{\circ}\text{C}$ ， $R_{t1}=3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ， $T_a=35^{\circ}\text{C}$ ，取 $P_d=12.5\text{W} < P_{dm}$

$$R_{td} = \frac{T_{jm} - T_a}{P_d} - R_{t1} = \frac{125 - 35}{12.5} - 3 = 4.2^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$\Delta T_{fa} = T_{jm} - T_a - P_d R_{t1} = 125 - 35 - 12.5 \times 3 = 52.5^{\circ}\text{C}$$

可选用 SRZ105 型叉指式散热器。

注：散热片制成圆形或正方形时散热效果比较理想，若制成长方形则长宽比不要超过 2:1 器件尽量安装在散热板中心处，如要求绝缘需加云母衬垫和绝缘套管，也可选聚酯薄膜作绝缘衬垫。散热片应尽量远离工频变压器、功率管等热源。

（本文主要摘自《新型开关电源的设计与应用》沙占友等编著 电子工业出版社 2001 年版 dwenzhao 整理）