

根据下列公式，热抗曲线可以表达为一系列指数函数之和：

$$\Delta T(t) = P_m \cdot \sum_{\nu} R_{th\nu} \left[1 - \exp(-t/\tau_{th\nu}) \right]$$

和 $Z_{thha}(t) = \Delta T(t)/P_m$

即 $Z_{thha}(t) = \sum R_{th\nu} \left[1 - \exp(-t/\tau_{th\nu}) \right]$

元件的数目 ν 及 $R_{th\nu}$ 与 τ_{ν} 数值的选取与具体的物理结构无关。在计算工作量允许的前提下，它们应该尽可能地逼近曲线的走势。在 [266] 中介绍了一个迭代方法。

为了方便用户进行仿真计算，SEMIKRON 的技术手册给出了具有四个时间常数的热路模型 ($\nu=4$)。在下面的章节中，它们还将会被提到。

3.3.3 自然空冷（自然对流）

自然空冷多用于功耗低于 50W 的系统，以及不允许应用风扇或者器件的散热面积特别大的大功率系统。

一般来说，在自由对流时散热器的热阻往往大于功率模块的内部热阻。所以，芯片 (125°C) 与冷却空气 (45°C) 之间的温度差大部分降落在散热器上。在接近模块的散热器处，温度常常高于采用强制风冷时，例如，在 90°C 到 100°C 之间。由于功耗通常比较小，所以根部和翼片相对较薄，而且材料的传导系数对热性能的影响不是十分重要。翼片之间的距离应当足够地大，以便在空气的升力 (温度差/密度) 和空气的摩擦之间取得较好的折衷。将散热器黑化可以有效地改善热辐射性能。在安装面和环境空气之间的温差为 50K 时，黑化后的散热器热阻约降低 15% [266]。值得注意的是，上述表面处理并不影响模块底板和散热器之间的传热界面。

3.3.4 强制风冷

与自然空冷相比较，强制风冷时散热器的热阻可降低到 1/5 至 1/15。图 3.16 比较了两种冷却方式下的热抗曲线 $Z_{thha}(t)$ 。图中采用的 SEMIKRON 散热器为不同长度的 P16 型，稳态值为 R_{thha} 。