

SJ

中华人民共和国电子行业军用标准

FL 0113

SJ 20077—92

热 设 计 指 南



中国热管理网

WWW.REGUANLI.COM

1992-11-19 发布

1993-05-01 实施

<https://www.reguanli.com>
中国电子工业总公司 批准

中华人民共和国电子行业军用标准

微电路应用热设计指南

SJ 20077—92

Guide of thermal design for microcircuit application

1 范围

1.1 主题内容

本标准提供了微电路应用的热设计要求、方法和热性能评价。

1.2 适用范围

本标准适用于微电路应用的热设计。

2 引用文件

- GB/T 14278—93 电子设备热设计术语
GJB 548—88 微电子器件试验方法和程序
GJB 597—88 微电路总规范

3 定义

本标准采用 GB/T 14278 和 GJB 597 中规定的术语定义。

4 一般要求

- 4.1 微电路应用热设计应与电路设计和机械设计同时进行,并互相兼顾。
- 4.2 应根据微电路应用的工作特性进行热设计(包括常温、恒温、制冷和加热等各种温度控制技术),并互相协调,处理好彼此之间的矛盾。
- 4.3 微电路应用热设计,应考虑工作环境条件、微电路特性、采用的冷却方法和设备组装结构特点等因素的影响,并具备充分的适应能力。
- 4.4 当微电路处于最高的工作温度时,微电路所承受的热应力,应满足可靠性规定的要求。
- 4.5 应根据热设计的低热阻路径原则,正确处理微电路在印制板组装件或设备中的热安装技术。
- 4.6 微电路应用的热分析与计算,应与必要的模拟试验(样机或模型)相结合。
- 4.7 应对微电路应用的热性能进行评价。
- 4.8 应从热控制装置的外形尺寸、重量、能源消耗、结构工艺、维修性、投资费用等各项指标,评价热设计的经济性和可靠性。

5 详细要求

中国电子工业总公司 1992-11-19 发布

1993-05-01 实施

5.1 冷却方法的选择

5.1.1 微电路应用时,应根据使用的工作环境按表 1 选择适当的冷却方法。

表 1

使用环境	地 面	舰 载	机 载	字 航
冷却方法	A、B、D、E、F、G	A、B、D、E、F、G	B、C、D、E	A、G、H

- 注:A——空气自然对流及辐射;
 B——强迫空气冷却(无安装插件);
 C——强迫空气冷却(有安装插件);
 D——气冷式冷壁(有安装插件);
 E——空气换热器换热(有安装插件);
 F——气冷式冷板;
 G——液冷式冷板;
 H——液体自然对流。

5.1.2 微电路应用时,各种冷却方法可能达到的热流密度,如表 2 所示。

表 2

冷 却 方 法	热 流 密 度 W/m ²
空气自然对流及辐射	500
强迫空气对流	1550
液体自然对流	1550
强迫液体对流	7.5×10 ³
气冷式冷板	8×10 ³
液冷式冷板	8×10 ⁴

5.2 微电路应用热设计

微电路应用热设计,主要是控制微电路的结温(t_j)不超过可靠性规定的指标,即:

$$t_j < [t_j] \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: t_j ——微电路的结温,℃;

$[t_j]$ ——微电路允许的结温,℃。

微电路允许的结温($[t_j]$)应根据使用的环境条件、设备的组装特点、可靠性要求等条件而定。

5.2.1 微电路离散热源의结温为:

$$t_j = t_s - \Delta t_c \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中: t_j ——微电路离散热源의结温,℃;

t_s ——微电路的表面温度,℃;

Δt_c ——由集聚效应引起的温差,℃。

对于无限导热介质的圆形热源(如图 1 所示),其 Δt_c 为:

$$\Delta t_c = \frac{\phi}{2\pi a \lambda} \dots\dots\dots(3)$$

式中： ϕ ——微电路的耗热量，W；
 a ——离散热源的半径，m；
 λ ——微电路材料的导热系数，W/(m·K)。

微电路的扩展热阻为：

$$R_x = \frac{1}{2\pi a \lambda} \dots\dots\dots(4)$$

式中： R_x ——微电路的扩展热阻，K/W。

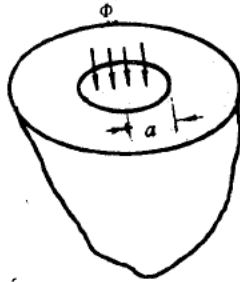


图 1

5.2.2 微电路的外热阻(微电路封装外壳至热沉之间传热路径的热阻)，表示为：

$$R_{ex} = \frac{\Delta t_{ca}}{\phi} \dots\dots\dots(5)$$

式中： R_{ex} ——微电路的外热阻，K/W；
 Δt_{ca} ——外壳与环境的温差，℃；

$$\Delta t_{ca} = t_c - t_a$$

t_c ——微电路的壳温，℃
 t_a ——微电路的工作环境温度，℃。

5.2.2.1 微电路的结温为：

$$t_j = t_a + \Delta t_{ca} + R_x \phi \dots\dots\dots(6)$$

式中： t_j ——微电路的结温，℃。

5.2.2.2 当微电路安装于印制板组装件上时(如图 2 所示)其结温为：

$$t_j = t_a + \Delta t_{ba} + (R_x + R_{cb})\phi \dots\dots\dots(7)$$

式中： t_{ba} ——印制板组装件上的平均温度与环境温度之差，℃；
 R_{cb} ——器件外壳与印制板之间的接触热阻，K/W。

5.2.2.3 当装有微电路的印制电路板安装在气冷式冷壁时(如图 3 所示)，其结温为：

$$t_j = t_a + \frac{0.03\phi_i}{q_m} + \Delta t_{ce} + \phi_i \left(\frac{0.0761}{B} + 0.25 \right) + \phi(R_x + R_{cb}) \dots\dots\dots(8)$$

式中： ϕ_i ——印制板组装件上的总耗热量，W；
 q_m ——空气的质量流量，Kg/min；
 Δt_{ce} ——印制板组装件中心至边缘的温差，℃；
 B ——印制板组装件的宽度，m。

注：①式(8)中的 0.0761(K/W)为印制电路板边缘至导轨接合面的单位宽度热阻值；

②式(8)中的 0.25(K/W)为冷壁的对流热阻。

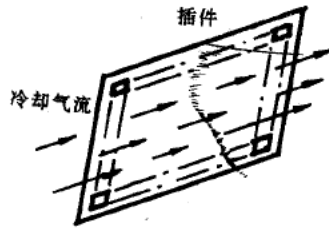


图 2

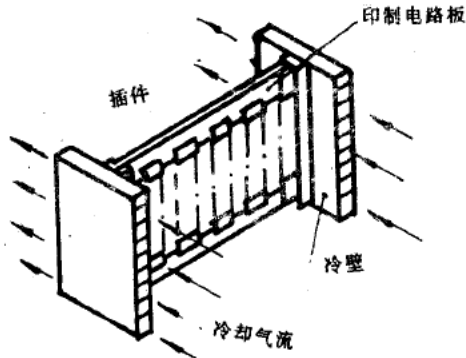


图 3

5.2.2.4 当微电路安装于冷板换热器时(如图 4 所示),其结温为:

$$t_j = t_a + \Delta t_{ca} + (R_{jc} + R_{cb})\phi \quad \dots\dots\dots(9)$$

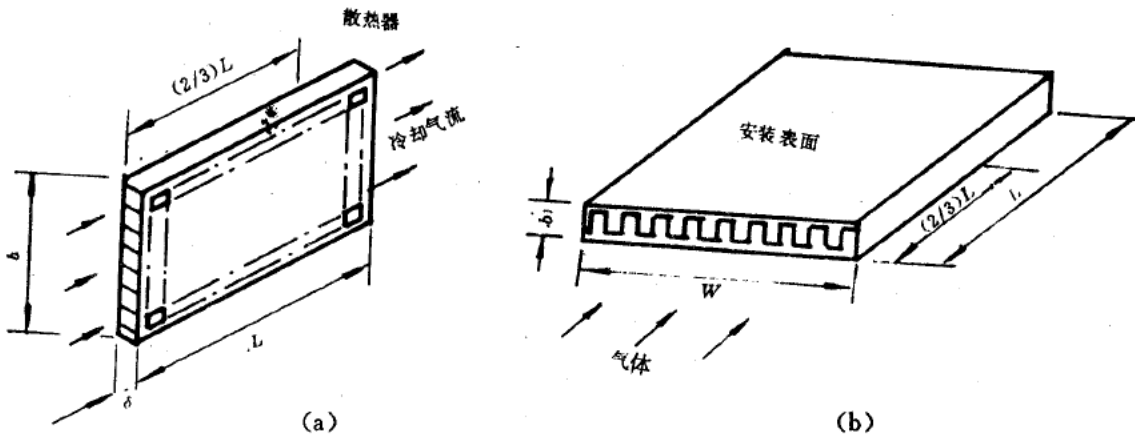


图 4

式中: Δt_{ca} ——换热器至冷空气进口处的温差, $^{\circ}\text{C}$ 。

注: 换热器至冷空气进口处的温差(Δt_{ca})一般取自空气进口至出口处 2/3 距离的温差值。

5.2.3 大功率多芯片高热流密度的微电路可采用下述液体冷却模式,以控制其结温。

- a. 导热冷却模式, (如图 5(a)、(b)所示);
- b. 陶瓷芯片基板用液冷式冷板, 如图 5(c)所示;
- c. 陶瓷芯片基板用微通道冷板, 如图 5(d)所示;

d. 柔性导热体冷却芯片,如图 5(e)所示。

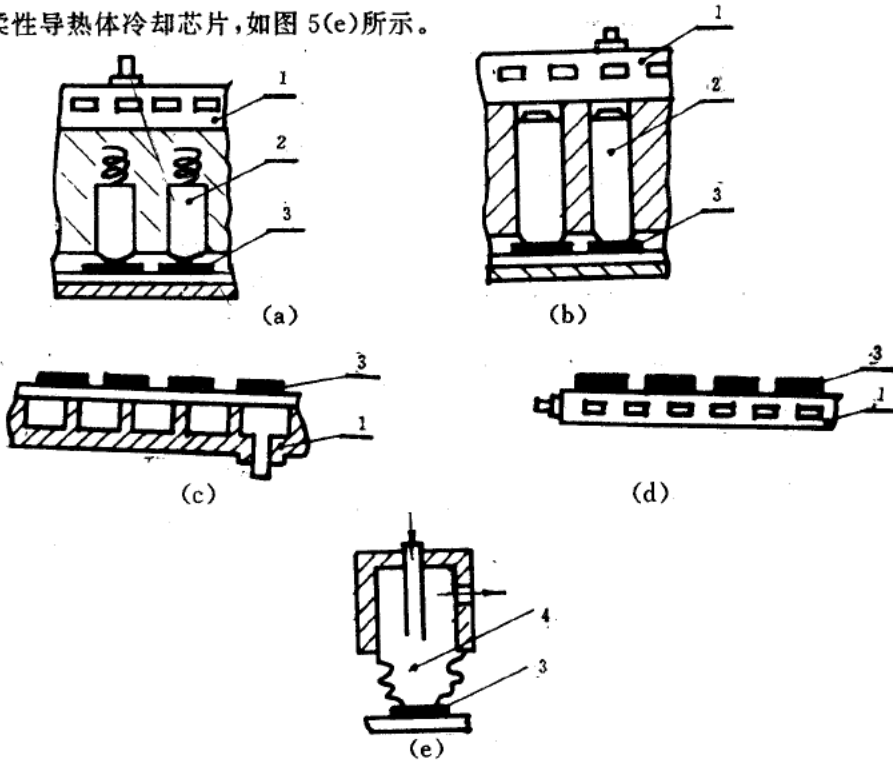


图 5

图注: 1——冷板;2——导热装置;3——芯片;4——柔性导热体。

5.3 微电路的热安装技术

5.3.1 应使耗热的器件均匀地布设于印制板组装件上,对温度敏感的器件应避免靠近耗热的器件。

对于采用自然对流冷却的设备,应避免将对温度敏感的器件放置于耗热器件上方。

对于采用强迫对流冷却的设备,应对温度敏感的器件置于冷却剂的进口处(冷风口)。

5.3.2 对微电路应采用正确的安装方法(如图 6 所示)。

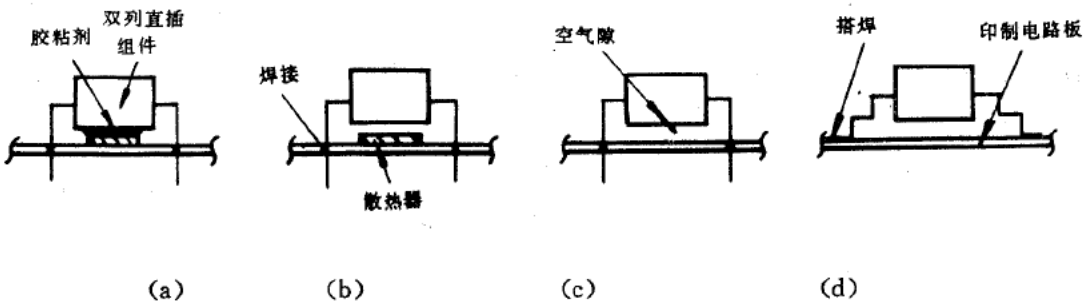


图 6

5.3.3 采用冷板冷却的印制板组装件,应对温度敏感的器件放置于紧靠冷板的两端边缘。

5.3.4 应采取有效措施减少接触热阻:

- a. 加大界面的接触压力;
- b. 加大界面的接触面积;

- c. 在界面之间填充具有良好导热性能的材料,如导热硅脂、导热膏、导热胶片等;
 - d. 减小界面的粗糙度。
- 5.3.5 应采取有效措施减小导热热阻:
- a. 尽量缩短传热路径的长度;
 - b. 增大导热面积;
 - c. 采用导热系数高的材料;
 - d. 对某些大功率的混合微电路,可将其芯片装在较大的铜片上(如图 7 所示)。

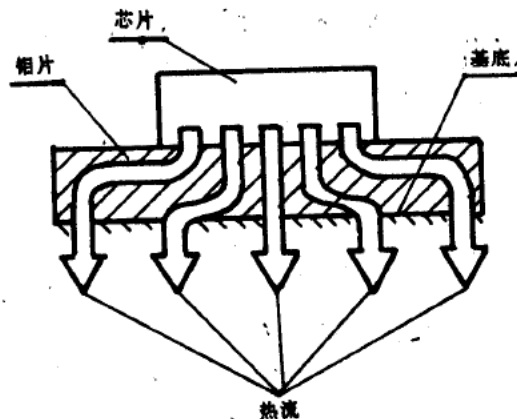


图 7

5.4 冷却剂的选择

5.4.1 采用液体冷却的微电路应正确选择冷却剂和避免冷却剂的泄漏。

5.4.1.1 对于采用直接浸渍冷却的微电路应注意冷却剂与电气性能的兼容性问题。

5.4.1.2 组装件外壳应保证其密封性(防止冷却剂泄漏)和有足够的强度。

5.4.1.3 采用液冷冷板间接冷却时,应尽量减小器件与冷板之间的接触热阻。

5.4.1.4 间接液冷用的换热器,应结构紧凑、传热效率高、便于维修。

5.4.2 采用蒸发冷却的微电路或其组装件,应注意蒸发冷却剂的选择、微电路的安装方向、换热器的选择、压力效应和温度控制等问题。

5.5 热性能评价

5.5.1 微电路及其组装件的热性能试验,应按 GJB 548 中的方法 1012 规定进行。

5.5.2 热性能评价应包括热分析和热测量。

5.5.2.1 热分析

- a. 建立设备稳态工况的热模型;
- b. 建立模型的热阻网络图;
- c. 利用有限差分法或有限元法建立热平衡方程,求解热阻网络节点的温度值和温度分布情况;
- d. 当热阻网络中的节点较多时,可利用电子计算机进行辅助热分析。

5.5.2.2 热测量:

- a. 热测量的目的在于检验热设计的正确程度,暴露热设计中的问题,为热分析提供数据;

- b. 热测量应包括微电路的结温、热阻、壳温或封装表面温度、热时间常数等参数；
- c. 测量所得的数据,应进行整理和汇集。

5.5.3 编写热性能评价报告时,应根据分析和测量的结果,对热性能进行评价,并提出结论性的意见。

附加说明:

本标准由中国电子工业总公司科技质量局提出。

本标准由中国电子标准化研究所归口。

本标准由东南大学和中国电子标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人:谢德仁、苏翔。

计划项目代号:B04009。

