

CPU 散热器换热特性的实验研究

陆正裕 熊建银 屈治国 李惠珍 何雅玲 陶文铨

(西安交通大学动力工程多相流国家重点实验室, 能源与动力工程学院, 陕西西安 710049)

摘要 本文对两种不同类型的 CPU 散热器, 整体平直翅片与分段式的平直翅片, 在不同加热功率、不同流速下的强迫风冷的传热性能进行了实验研究, 得出换热系数主要和来流速度有关, 而与加热功率关系不大的结论, 并将二者的换热性能进行了对比。结果表明, 翅片 2 的换热系数随流速的变化更强烈, 在其他相同条件下, 其换热系数甚至可以达到翅片 1 的两倍。

关键词 CPU 散热器; 强迫风冷; 实验研究

中图分类号: TK124 文献标识码: A 文章编号: 0253-231X(2004)05-0861-03

AN EXPERIMENTAL STUDY ON TWO KINDS OF HEAT SINKS OF CPU

LU Zheng-Yu XIONG Jian-Yin QU Zhi-Guo LI Hui-Zhen HE Ya-Ling TAO Wen-Quan

(State Key Laboratory of Multiphase Flow in Power Engineering; School of Energy and Power Engineering,
Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract The heat transfer characteristics of two kinds of heat sinks, plain plate fins and subsectioned plain plate fins, are experimentally measured to investigate the forced cooling capacity of the heat sinks under different power input and approaching velocity. It is concluded that heat transfer coefficient mainly depends on the approaching velocity, and not much of the power input. The subsectioned plain plate fin has higher heat transfer coefficient at the cost of a little friction increasing.

Key words heat sink of CPU; forced cooling; experimental study

1 引言

随着 IT 工业的发展, 其中央处理器 (CPU) 的体积越来越小, 而频率和集成度却大幅度提高, 所以高热流密度的产生成了一股不可抗拒的趋势, 于是芯片的冷却问题就越来越突出。据有关资料显示, 对于包括 CPU 在内的电子设备, 现在的失效问题的 55% 都是由于过热引起的, 因此, 研究实用高效的电子设备冷却方案成为日益重要和迫切的问题, 而作为 CPU 冷却的主要器件—散热器也得到了显著的关注^[1,2]。采用散热器的目的在于将 CPU 发热量直接传导到更大面积的翅片上, 然后借助强迫空气冷却, 将热量散发至周围环境的空气中, 散热器上的散热片 (翅片) 提供了换热的扩展表面。本文对两种不同结构的散热器 (见图 1) 进行了实验研究, 散热器 1 为平直翅片散热器, 散热器 2 的散热片中间断开, 从中得出了一些有益设计的结论。

收稿日期: 2004-01-09; 修订日期: 2004-07-07

基金项目: 国家 973 重点基础研究发展计划资助项目 (No.G2000026303); 国家自然科学重点基金项目 (No.50236010)

作者简介: 陆正裕 (1978-), 男, 江苏启东人, 硕士研究生, 主要从事强化传热方面的研究。

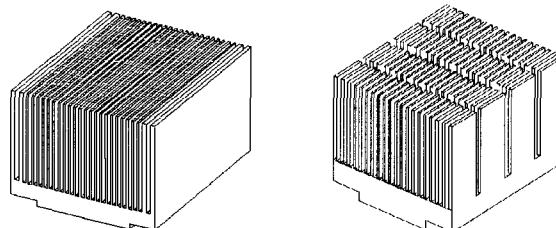


图 1 散热器示意图

2 实验台系统及实验过程

本实验为散热器侧吹的传热特性的测试, 在低速空气传热风洞中进行, 风洞的试件段的迎风面积为 250 mm×300 mm, 散热器安装在其中, 安装布置如图 2 所示, 散热器固定在绝热电木块上, 散热器下表面和埋在该块中加热铜块的上表面的表面接

触，铜块下部分开孔来放置电加热器，加热丝产生的热量通过导热传递到其上表面，来模拟实际的芯片，加热面的尺寸是 $30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ ，位于散热器底面的中央，铜块埋在绝热的电木里，这样保证了与散热器的接触良好同时使电阻产生的热量几乎全部由散热器导出。

在散热器的底部通过区域划分布置若干对热电偶，如图 3 所示，实验的主要目的是得到在不同气体流速和加热功率时的散热器的底面温度分布，以及所关心的表面最高温度，从而获得表面的换热系数和芯片表面与环境的总热阻，为其热设计提供有用的结论。试验主要测量下面的物理量：空气在测试段进出口温度，温度用热电偶及其采集系统来测量，空气流动的阻力用微压计来测量，迎风面流速是通过毕托管来测量的。

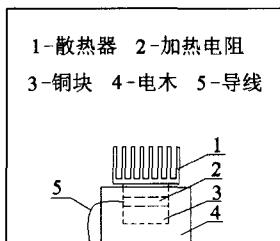


图 2 试件段横截面示意图
1- 散热器 2- 加热电阻
3- 铜块 4- 电木 5- 导线

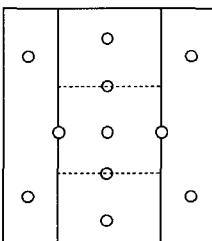


图 3 散热器底部热电偶的分布图

3 表面换热系数和热阻的定义

散热片的散热过程是一个导热和对流的耦合过程，热量由加热面通过导热导给散热片，在散热片表面再以对流的形式被空气带走，因此包括了散热器内部的导热和表面的对流换热两个环节。由于散热片外表面温度分布难以测量，因此本实验只测量了翅片根部的温度分布。针对图 4 所示的简化模型，散热器实际的换热系数的定义^[3]为：

$$\begin{aligned}\phi &= h_o [A_r(T_{w0} - T_m) + A_f(T_s - T_m)] = \\ h_o [A_r(T_{w0} - T_m) + A_f \eta_f (T_{w0} - T_m)] &= \\ h_o (T_{w0} - T_m) A_f \frac{A_r + A_f \eta_f}{a_f} &\quad (1)\end{aligned}$$

实验测定的是散热器底面的温度 T_{w1} ，所以引入折算的换热系数 h'_o ，它满足以下的表达式：

$$\begin{aligned}\phi &= h'_o A_f (T_{w1} - T_m) \left(\eta_f + \frac{A_r}{A_f} \right) = \\ h'_o A_f \eta_s (T_{w1} - T_m) &\quad (2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h'_o &= h_o \frac{(T_{w0} - T_m)}{(T_{w1} - T_m)} = \\ h_o \frac{(T_{w0} - T_m)}{(T_{w1} - T_m) + (T_{w0} - T_m)} &= \\ \frac{1}{\delta + \frac{1}{h_o}} &= \frac{\lambda h_o}{h_o \delta + \lambda} \quad (3)\end{aligned}$$

其中 ϕ 为热负荷产生的热量， h_o 为表面换热系数， η_f 为翅片效率， η_s 为散热器翅片的总效率， A_f 为外表面面积， A_r 为翅片根部面积， T_s 为散热片表面平均温度， T_m 为定性温度，即取进出口温度的平均值， T_{w0} 为翅片根部的温度， T_{w1} 为散热片底面的温度，可以取为散热片底面所测量的温度的平均值，因此本实验得到的 h'_o 是将翅片表面对流换热系数 h_o 折算到 $(T_{w1} - T_m)$ 为计算温差的换热系数，只要知道翅片材料的导热系数以及散热器底面厚度，立即可以得出 h'_o 的值。在电子器件冷却中，散热器底面的最高温度，即芯片表面温度对热设计有着重大意义，因此散热器的平均换热系数还不足以反映芯片的温度状况，为此，引入以芯片最高温度与冷却介质间温差来定义的总热阻：

$$R = (T_c - T_m)/\phi \quad (4)$$

其中， T_c 为散热器底面的最高温度。

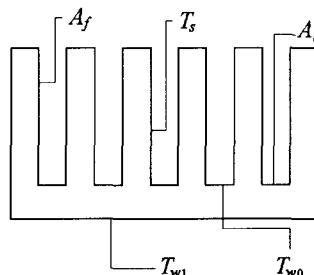


图 4 CPU 散热器的简化模型

4 实验结果与讨论

本文对两种类型的散热器（散热器 1 和散热器 2），分别在热负荷为 30 W 和 60 W 下，在不同流速下进行了实验研究，比较了两种散热片表面换热系数与翅片总效率乘积和迎风面流速的关系，以及热阻和迎风面流速的关系，并分析了热负荷对这两个参数的影响。

图 5(a) 和 (b) 分别表示了两种散热器，在 30 W 和 60 W 的功率下，和迎风面流速的变化关系。可以看出两种散热器的换热都随着流速增加而增加，但是随着流速的提高，增加的程度逐渐减小。对于两

种功率, 在相同的流速下, 大功率的换热系数略小于小功率的换热系数。

图 6 指出了热阻随流速和加热功率变化的关系。由图可知, 热阻随流速增加而减小, 在小风速下减小的程度大, 大风速下减小的程度小。同样, 热负荷对散热器热阻只有很小的影响, 在相同流速时, 功率增大, 热阻会有微小的提高。

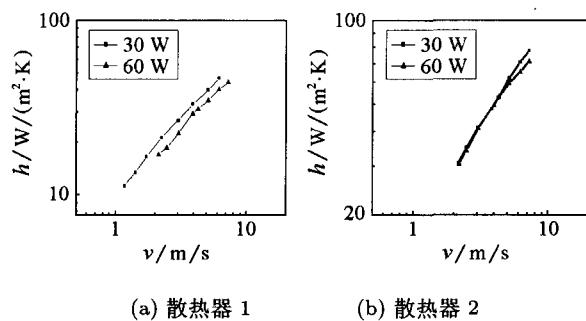


图 5 两种散热器分别在 30 W 和 60 W 时的折算换热系数和流速的关系

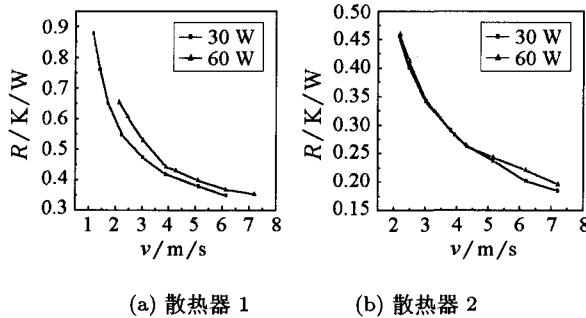
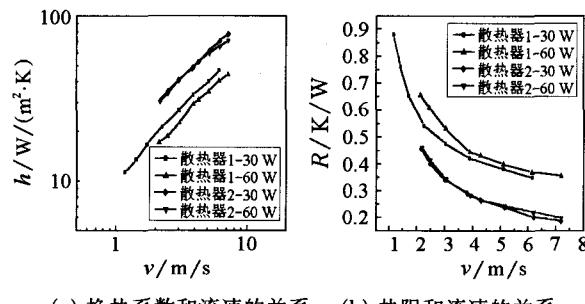


图 6 两种散热器分别在 30 W 和 60 W 时热阻和流速的关系

两种散热器换热和热阻的综合比较结果表示在图 7(a)、(b) 中, 由图中可以看出散热器 2 的换热系数比散热器 1 要在相同流速下要大的多, 甚至可以达到两倍之多, 而散热器 2 的热阻也比散热器 1 要小的多, 总热阻随流速的增加而减小, 在流速较大时热阻减小的趋势变得缓和, 此时散热器的导热

阻力开始变得重要起来。散热器 2 的换热系数明显比散热器 1 的高, 这主要是由于其翅片中间断开, 使得流动的热边界层不断地得到减薄, 使速度场与温度梯度场的协同得到改善^[4]。



(a) 换热系数和流速的关系 (b) 热阻和流速的关系

图 7 两种散热器的综合比较

5 结 论

(1) 两种散热器地换热都随着流速的增加而增加, 随流速的提高增加程度减弱; 总热阻随着流速的增加而减小, 随流速的增加, 热阻减小的幅度趋于缓慢。

(2) 加热功率(热负荷)对换热和热阻的影响很小, 在相同的流速下, 增加热负荷会使换热性能略微有所降低, 而热阻略有增大。

(3) 综合比较两种散热器, 翅片断开的散热器 2 明显优于散热器 1, 这是因为其热边界层不断得到减薄的缘故。

参 考 文 献

- [1] 张兆光. 电子设备冷却设计手册. 电子工业部第十四研究所, 1983. 149-162
- [2] 奎恩 T J. 温度测量. 北京: 中国计量出版社, 1986. 169-183
- [3] 杨世铭, 陶文铨. 传热学(第三版). 北京: 高等教育出版社, 1998. 36-39
- [4] 韩宁, 王世萍, 谢少英. 强迫对流散热器的优化设计. 计算机工程与科学, 2001, 23(4): 66-68