

在复杂边值条件下非稳态肋片传热的最优化(Ⅲ)*

樊未军 杨翔翔

(华侨大学化工与生化工程系, 泉州 362011)

摘要 研究在辐射和对流同时作用下肋根温度作周期性变化时矩形肋片的传热特性, 分析肋片的热流密度和肋片有效度与各种热特性参数的变化规律。

关键词 传热特性, 热流密度, 肋片有效度

分类号 TK 124

文[1]已对处在这种复杂边值条件下, 肋片的温度分布与各种热特性参数的变化规律进行了详细的讨论, 本文将继续分析肋片的热流密度及其有效度与各种热特性参数的变化规律。

1 对热流密度 q 的分析

1.1 热流密度 q 随时间 τ 的变化

如图1所示, 热流密度是随时间作剧烈波动的。当 T_m 较大时, 在曲线中部其波动幅度还将会更大。应该注意, 曲线下方的面积就是一个周期内总的散热量。

1.2 辐射换热量 q_{rz} 与对流换热量 q_h 的比较

为了便于比较, 我们首先选取肋根温度为常数。这样两者之间的关系比较明显。从图2

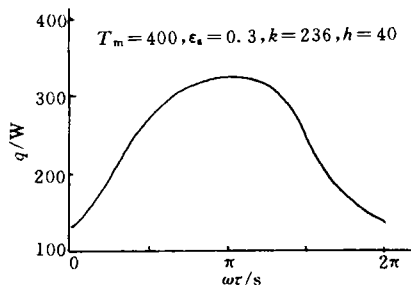


图1 q 随 τ 的变化曲线

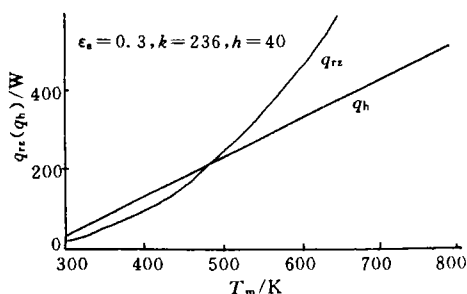


图2 q_{rz} 和 q_h 随 T_m 的变化曲线

中可以清楚显示出 q_{rz} 和 q_h 随肋根温度 T_m 变化的情况。当 T_m 增加时这两种散热量都有所增

* 本文 1995-02-20 收到; 振兴中华教育科学基金会启动基金资助项目

加,但是 q_{rz} 的增加幅度要大于 q_h 的增加幅度. 这也就是说,随着 T_m 的增加总辐射换热热量 q_{rz} 所起的作用将愈来愈大. 因此,在工程计算中,如果肋片和环境温度很高时,对流换热热量反而可以被忽略. 这与传统的计算中经常忽略辐射换热是完全相反的. 因此,无论所研究的物体温度如何,忽略辐射换热是不切实际的. 由此而造成的误差也是不能容忍的.

1.3 辐射换热热量 q_{rz} 与对流换热热量 q_h 随时间 τ 的变化

由图 3 中可见, q_h 曲线近似于一条直线,它在 q_h 等于 60 上下做 0.25 幅度的波动,可以认为波动很小近乎是常数. 也就是说对流换热热量几乎不随肋根温度而发生波动的. 这是因为,虽然肋片内部的温度是随时间作波动的,但对 q_h 做算术平均处理之后总效果几乎是不变的. 然而, q_{rz} 却有很大不同,它有温度四次方的关系,当温度略有变化时, q_{rz} 就会发生剧烈的波动.

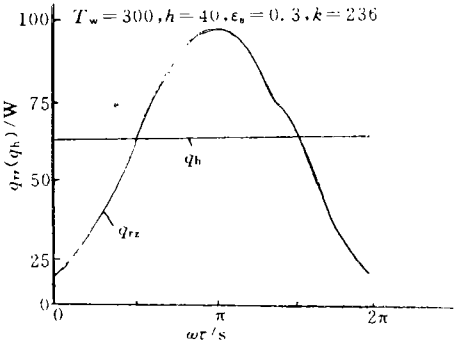


图 3 q_{rz} 和 q_h 随 τ 的变化

1.4 辐射换热热量 q_{rz} 随黑度 ϵ 的变化

肋片黑度增加时辐射换热热量会有所增加(图 4),但增加幅度是有限的. 黑度对辐射换热热量的影响不象温度那样敏感.

1.5 辐射换热热量 q_{rz} 随导热系数 k 的变化

如图 5 所示,随着导热系数 k 的增加,辐射换热热量也会增加. 这是因为 k 愈大,肋片内部

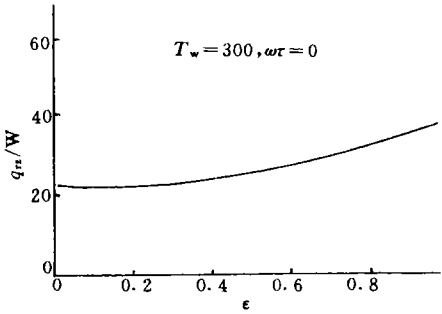


图 4 q_{rz} 随 ϵ 的变化

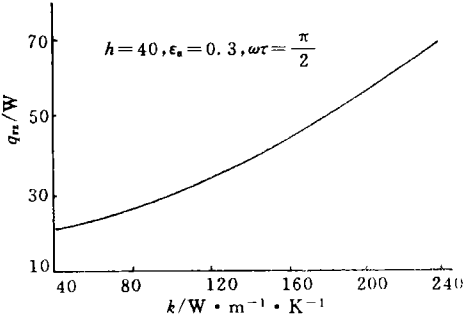


图 5 q_{rz} 随 k 的变化

的温度相应也愈高,导致辐射换热热量也增大.

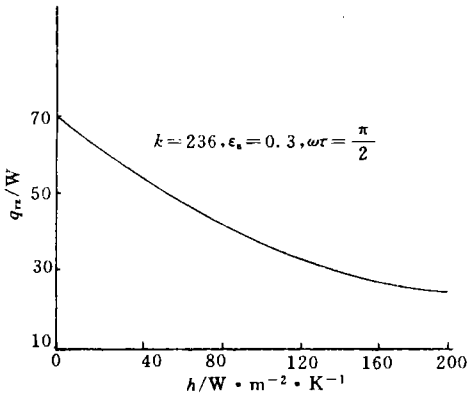
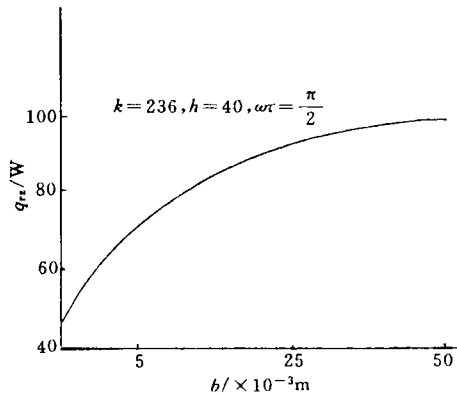
1.6 辐射换热热量 q_{rz} 随对流换热系数 h 的变化

如图 6 所示,随着对流换热系数 h 的增大,辐射换热热量 q_{rz} 将会降低. 这是因为当 h 增大时,肋片内部相应的温度将会降低,导致 q_{rz} 也会降低.

1.7 辐射换热热量 q_{rz} 随肋根厚度 b 的变化

如图 7 所示,当肋片根部厚度 b 增加时,从肋片根部导入的热量也将增加,但是对流换热热量并无明显变化,所以只有辐射换热热量增加.

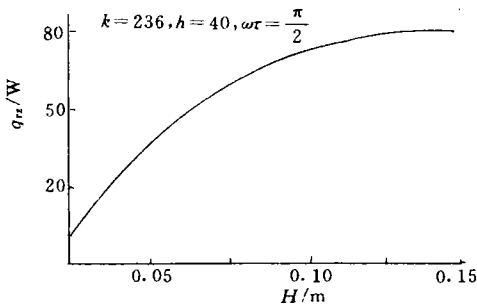
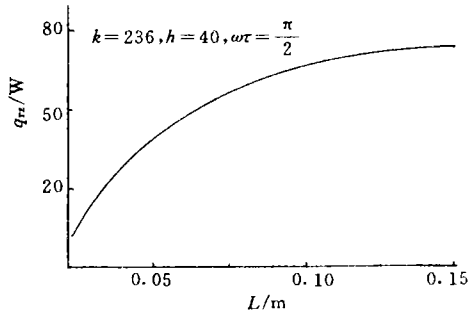
1.8 肋高 H 对辐射换热热量 q_{rz} 的影响

图6 q_{r1} 随 h 的变化图7 q_{r1} 随 b 的变化

如图8所示,当肋高 H 增加时,辐射换热量会有所增加.但是这种增加是有限的,工程中一般不会采用肋高太大的肋片.因为肋片太高,会给材料性能和机加工带来很多困难.

1.9 肋间距 L 对辐射换热量 q_{r1} 的影响

如图9所示,当 L 增加时辐射换热量 q_{r1} 也会增加.

图8 q_{r1} 随 H 的变化图9 q_{r1} 随 L 的变化

2 对肋片有效度 ϵ_f 的分析

为了评价肋片的散热性能,我们一般采用肋效率或有效度.但是在有辐射的情况下,一般采用肋片有效度的概念对肋片性能进行评价.肋片的有效度定义为

$$\epsilon_f = \frac{Q_r}{Q_0}$$

2.1 肋片有效度 ϵ_f 随肋根温度 T_m 的变化

如图10所示,肋片有效度 ϵ_f 随肋根温度 T_m 的增加而逐渐减小.当 T_m 大于 500 K 时, ϵ_f 几乎不随 T_m 的增加而发生变化.

2.2 肋片有效度 ϵ_f 随时间 τ 的变化

如图11所示,在一个周期内肋片有效度 ϵ_f 随时间 τ 的增加而发生波动.当 $\omega\tau = \pi$ 时,肋

片有效度 ϵ_f 达到最大值.

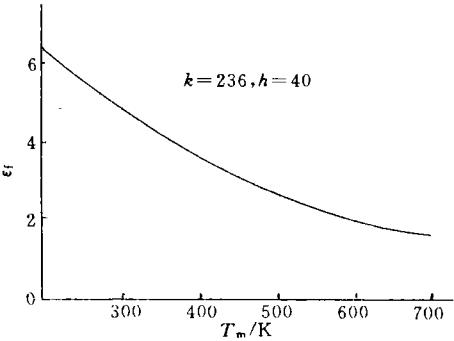


图 10 ϵ_f 随 T_m 的变化

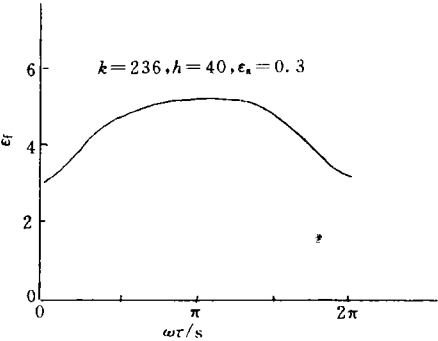


图 11 ϵ_f 随 τ 的变化

2.3 肋片有效度 ϵ_f 随肋高 H 的变化

如图 12 所示,肋片有效度 ϵ_f 随肋高 H 增大而增大.肋高的增加会提高肋片有效度.

2.4 肋片有效度 ϵ_f 随肋间距 L 的变化

如图 13 所示,当肋间距 L 增大时,将使肋片的有效度 ϵ_f 随时间的波动性加大.当 L 愈大

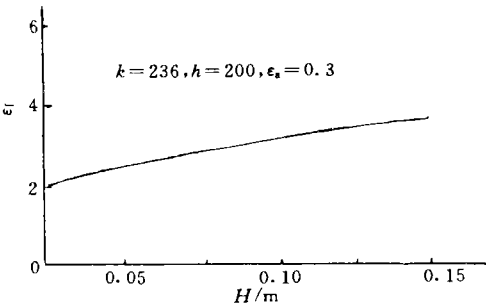


图 12 ϵ_f 随 H 的变化

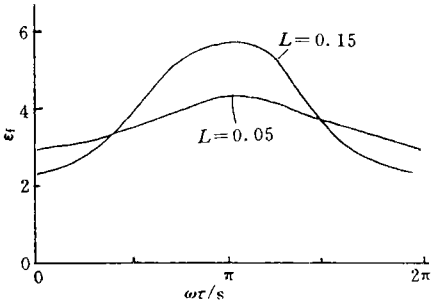


图 13 ϵ_f 随 L 的变化

且时间愈接近 0 和 2π 处时,肋片有效度 ϵ_f 愈小,但是当时间在 π 处时 ϵ_f 却最大.

2.5 肋片有效度 ϵ_f 随温度波动系数 ϵ_a 的变化

如图 14 所示,当温度波动系数 ϵ_a 增加时,肋片有效度 ϵ_f 却减小.当 ϵ_a 成倍增加时, ϵ_f 的波动也随着增强.

2.6 肋片有效度 ϵ_f 随对流换热系数 h 的变化

如图 15 所示,对流换热系数 h 的增加,将使 ϵ_f 下降.

2.7 肋片有效度 ϵ_f 随导热系数 k 的变化

如图 16 所示,随着导热系数 k 增加,肋片有效度 ϵ_f 会有相应提高,但是提高并不大.

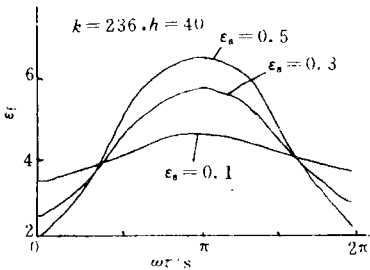


图 14 ϵ_f 随 ϵ_a 的变化

文中符号意义分别表示: b 为肋片根部厚度, m ; H 为肋高, m ; h 为对流换热系数, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$; k 为导热系数, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$; L 为肋间距, m ; Q_0 为无肋片时总换热量, W ; Q_r

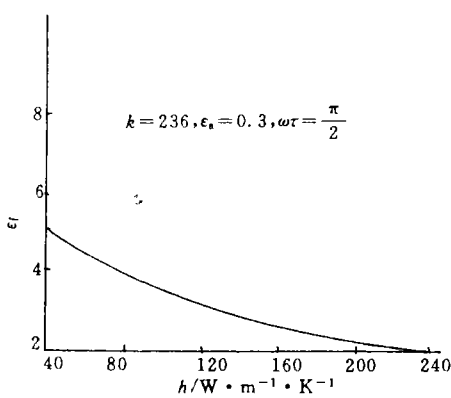


图 15 ϵ_f 随 h 的变化

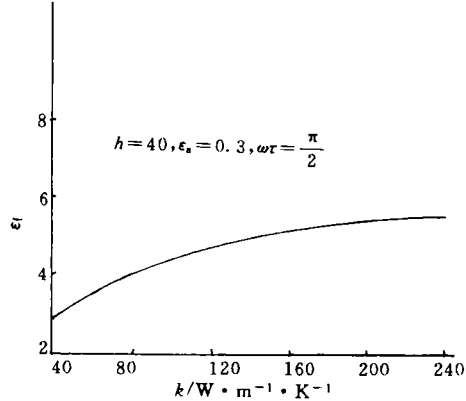


图 16 ϵ_f 随 k 的变化

为无因次辐射换热量; Q_r 为有肋片时总换热量, W ; q_h 为对流换热量, W ; q_r 为辐射热流密度, W ; q_{rx} 为辐射换热量, W ; T 为肋片温度, K ; T_f 为环境温度, K ; T_m 为肋根平均温度, K ; T_w 为肋片根部温度, K ; τ 为时间变量, s ; ω 为波动频率; ϵ_s 为温度波动系数; ϵ_f 为肋片有效度; θ 为无因次肋片温度。

参 考 文 献

- 1 樊未军, 杨翔翔. 在复杂边值条件下非稳态肋片传热的最优化(Ⅰ). 华侨大学学报(自然科学版), 1995, 16(3): 328~332

Optimization of Unsteady Heat Transfer of a Fin under Complex Boundary Value Conditions (Ⅲ)

Fan Weijun Yang Xiangxiang

(Dept. of Chem. & Biochem. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract The heat transfer performance of a rectangular fin during periodic fin base temperature change is studied under simultaneous action of radiation and convection. In this third part, the regular pattern of the change of heat flow density and effective range of the fin with various thermal characteristic parameters is analyzed in detail.

Keywords heat transfer performance, heat flow density, effective range of the fin