

# 热特性参数可变时环形肋片传热的 最优化研究(Ⅲ)\*

## 梯形截面环肋传热的最优尺寸

杨 翔 翔

(化工与生化工程系)

### 摘 要

梯形截面环肋是最常使用在热交换设备上的一种肋片. 为了经济起见, 有必要研究肋片传热的最优化问题. 本文应用不变插值原理, 研究了当热特性参数可变时梯形截面环肋传热的最优几何尺寸, 同时对三个主要的物理参数, 即斜率参数  $\lambda$ 、导热系数变化参数  $\alpha$  和放热系数变化指数  $m$  对最优几何尺寸的影响进行研究, 所得结果对工程设计具有现实的指导意义.

### 一、最优化问题的分析公式

考虑(I)篇论文中图1所示的梯形环肋<sup>[1]</sup>, 其控制微分方程式可表示为

$$\frac{d}{dr} \left[ k(T) r y(r) \frac{dT}{dr} \right] - h(r) r T = 0 \quad (1)$$

式中,  $T$  是肋片的相对温度,  $T = t - t_\infty$ ,  $t$  是肋片的温度,  $t_\infty$  是周围流体的温度,  $k(T)$  是导热系数,  $r$  是肋片的径向坐标,  $h(r)$  是放热系数,  $y(r)$  是肋片从中部计算的半厚度坐标.

边界条件是

$$T \Big|_{r=r_0} = \text{常数} = T_b \quad (2a)$$

$$\frac{dT}{dr} \Big|_{r=r_0} = 0 \quad (2b)$$

式中,  $T_b$  是肋片根部的相对温度,  $T_b = t_b - t_\infty$ ,  $t_b$  是肋片根部的温度,  $r_0$  是肋片的内半径,  $r_0$  是径片的外半径.

对于梯形截面的环肋, 其特征尺寸可用下列三个参数表示, 即肋片根部的半厚度  $b$ ,

本文1986年11月27日收到.

• 本文第(I)、(II)部分论文已分别发表在本学报1987年第3、4两期.

肋片的斜率参数  $\lambda$  和肋片的长度  $(r_0 - r_b)$ , 这些参数应当如此选择, 以便使肋片在稳定条件下能够传递最大的传热量。这个最优条件要求如下的热量必须最大

$$q = -4\pi r_b b k(T) \frac{dT}{dr} \Big|_{r=r_b} \quad (3)$$

其限制条件要求

$$q > q_{nf} \quad (4)$$

和

$$q_{nf} = 4\pi r_b b h_{nf} T_{nf} \quad (5)$$

式中,  $q_{nf}$  表示无肋片存在时换热表面上的传热量;  $h_{nf}$  和  $T_{nf}$  分别代表换热表面上的放热系数和温度。

假定导热系数随温度作线性变化, 放热系数随肋片的半径作指数函数的变化, 它们分别表示为

$$k(T) = k_a(1 + \alpha\theta) \quad (6)$$

$$h(r) = h_a H(r, m) \quad (7)$$

式中,  $\theta$  是无因次温度,  $T/T_b$ ;  $\alpha$  是导热系数变化参数;  $k_a$  是参考的导热系数;  $h_a$  是平均放热系数;  $H$  是肋片半径  $r$  和指数  $m$  的函数。

无因次变数定义为

$$\zeta = r/r_b \quad (8)$$

$$\beta = y(r)/b \quad (9)$$

同时, 引入无因次长度参数

$$L = r_0/r_b \quad (10)$$

将式(6)、(7)、(8)、和(9)代入式(1), 此时控制微分方程式变成

$$\frac{d}{d\zeta} \left[ (1 + \alpha\theta) \beta \zeta \frac{d\theta}{d\zeta} \right] = W^2 H \zeta \theta \quad (11)$$

式中,  $W$  代表一个无因次参数函数, 即

$$W = r_b \left( \frac{h_a}{k_a b} \right)^{1/2} = W(b) \quad (12)$$

现在, 边值条件式(2)可改写成无因次的形式

$$r = r_b, \quad \zeta = 1, \quad \theta = 1 \quad (13a)$$

$$r = r_0, \quad \zeta = L, \quad \frac{d\theta}{d\zeta} = 0 \quad (13b)$$

肋片的无因次体积  $V$  定义为

$$V = \frac{k_a V}{4\pi r_b^4 h_a} = \frac{g(L)}{W^2} \quad (14)$$

式中,  $V$  是肋片的给定体积, 即

$$V = 4\pi \int_{r_b}^{r_0} y(r) r dr \quad (15)$$

和

$$g(L) = \int_1^L \beta \zeta d\zeta \quad (16)$$

肋片的无因次传热量定义为

$$Q_k = \frac{q}{4\pi r_b^2 h_a T_b} = \frac{-(1+\alpha)\theta'(1)}{W^2} \quad (17)$$

式中  $\theta'(1) = \left. \frac{d\theta}{d\zeta} \right|_{\zeta=1}$ .

## 二、求解方法

控制微分方程式(11)是一个二阶非线性微分方程式, 它可以转化成如下两个一阶微分方程式

$$\frac{dX_1}{d\zeta} = \frac{X_2}{[\beta\zeta(1+\alpha X_1)]} = f(X_1, X_2, \zeta) \quad (18a)$$

$$\frac{dX_2}{d\zeta} = W^2 H \zeta X_1 = g(X_1, X_2, \zeta) \quad (18b)$$

式中  $X_1 = \theta$ ,  $X_2 = (1+\alpha\theta)\beta\zeta \frac{d\theta}{d\zeta}$ .

边值条件是

$$X_1|_{\zeta=1} = 1 \text{ 和 } X_2|_{\zeta=L} = 0 \quad (19)$$

对于具有梯形截面的肋片,  $y(r)$  坐标有如下关系

$$y(r) = \delta + \frac{(b-\delta)(r_0-r)}{(r_0-r_b)} \quad (20)$$

如果定义斜率参数  $\lambda$  为

$$\lambda = \delta/b \quad (21)$$

那末, 式(20)可以写成

$$\beta = \lambda + (1-\lambda) \frac{(L-\zeta)}{(L-1)} \quad (22)$$

注意, 当  $\lambda=0$  时, 这时肋片具有三角形截面; 而当  $\lambda=1$  时, 肋片具有矩形截面; 对于  $0 < \lambda < 1$ , 肋片具有不同斜率的梯形截面。

根据式(7)知

$$H = \frac{h(r)}{h_a} = K \left[ \frac{r-r_b}{r_0-r_b} \right]^m = K \left[ \frac{\zeta-1}{L-1} \right]^m \quad (23)$$

式中  $K$  可以是  $L$  和  $m$  的任意函数, 它反映放热系数的变化. 本文已假设  $K(L, m)$  具有如同文献[2]一样的关系式

$$K(L, m) = \frac{(L+1)(m+1)(m+2)}{2[(m+1)L+1]} \quad (24)$$

用它来定量研究指数  $m$  对最优化条件的影响. 当然, 对于具体的工程设计来说, 必须具有放热系数  $h$  的变化规律的完整知识, 具体  $h$  的数值可借助对传热的物理过程和肋片周围流体流动状况的了解来获得。

当确知如式(22)所示的  $\beta$  表达式后, 根据式(16)的定义可得

$$g(L) = \frac{(L-1)}{6} [(1-\lambda)(L+2) + 3\lambda(L+1)] \quad (25)$$

对于肋片总的传热量 $Q_A$ 的新的表达式可以通过独立变量 $X_1$ 和 $X_2$ 求得。根据式(18), 当 $\zeta=1$ 时, 有

$$X_2(1) = (1+\alpha)\theta' \quad (26)$$

因此, 定义 $Q_A$ 的式(17)变成

$$Q_A = \frac{-X_2(1)}{W^2} \quad (27)$$

将式(25)代入式(14), 可得

$$W^2 = \frac{(L-1)}{6U} [(1-\lambda)(L+2) + 3\lambda(L+1)] \quad (28)$$

现在应用不变插值原理<sup>[3]</sup>, 其控制微分方程式(18)可借助计算机求解。在这种情况下函数 $f$ 和 $g$ 分别为

$$f(X_1, X_2, \zeta) = \frac{X_2(L-1)}{\zeta(1+\alpha X_1)[\lambda(L-1) + (1-\lambda)(L-\zeta)]} \quad (29a)$$

$$g(X_1, X_2, \zeta) = \frac{(L-1)}{6U} [(1-\lambda)(L+2) + 3\lambda(L+1)] \cdot$$

$$\frac{(L+1)(m+1)(m+2)}{2(m+1)L+2} \left( \frac{\zeta-1}{L-1} \right)^m \zeta X_1 \quad (29b)$$

边值条件式(19)可转化成为更普遍的形式

$$X_1(a) = c \text{ 和 } X_2(L) = 0 \quad (30)$$

式中,  $a$  表示独立复数 $\zeta$ 的初始值,  $a \leq \zeta \leq L$ 。通过改变初始值 $a$ , 可以改变过程的区间;  $c$  表示过程的初始状态。过程的未知初始条件 $X_2(a)$ 不仅是过程的初始值 $a$ 的函数, 而且也是过程的初始状态 $c$ 的函数。因此, 过程的未知初始条件可表示为如下的函数

$$X_2(a) = r_m(c, a) \quad (31)$$

如果假设 $a$ 具有一系列不同的离散值, 如 $a=1, \dots, L-2\Delta, L$ , 式中 $\Delta$ 代表增量, 这样原始问题便形成一连串具有不同区间的类似问题。为寻求未知初始条件 $r_m$ 而控制不变插值过程的方程式可表示为

$$r_m(c, a) = r_m(c + f(c, r_m(c, a + \Delta), a)\Delta, a + \Delta) - g(c, r_m(c, a + \Delta), a)\Delta \quad (32)$$

式中函数 $f$ 和 $g$ 由式(29)给出, 因此, 方程式(32)可重写成

$$r_m(c, a) = r_m(c + \frac{r_m(c, a + \Delta)(L-1) \cdot \Delta}{a(1+\alpha c)[\lambda(L-1) + (1-\lambda)(L-a)]}, a + \Delta) - \left( \frac{L-1}{6U} \right) \cdot [(1-\lambda)(L+2) + 3\lambda(L+1)] \cdot \left[ \frac{(L+1)(m+1)(m+2)}{2(m+1)L+2} \left( \frac{a-1}{L-1} \right)^m \right] ac\Delta \quad (33)$$

为了对上式进行求解, 首先需要有一个初始条件, 才可以开始执行向后递归的计算过程。这个初始条件可从式(30)中得到

$$X_2(L) = r_m(c, a) |_{a=L} = 0 \quad (34)$$

递归过程的第一步是去求解邻近的过程。当 $a=L-\Delta$ 时的未知初始条件 $r_m(c, L-\Delta)$ , 根据方程式(33)即可求得

$$r_m(c, L-\Delta) = r_m(c) + \frac{r_m(c, L)(L-1)\Delta}{(L-\Delta)(1+\alpha c)[\lambda(L-1) + (1-\lambda)(L-\alpha)]}, L) \\ - \left(\frac{L-1}{6U}\right)[(1-\lambda)(L+2)] + 3\lambda(L+1)] \\ \cdot \left[\frac{(L+1)(m+1)(m+2)}{2(m+1)L+2} \left(\frac{L-\Delta-1}{L-1}\right)^m\right](L-\Delta)c\Delta \quad (35)$$

式(35)右边的第一项, 根据式(34)必须为零, 因此  $r_m(c, L-\Delta)$  可以对不同的  $c$  值计算. 本文对  $c$  值取为 0, 0.1, 0.2, ..., 1.0. 增量值取为  $\Delta = 0.01$ . 从式(35)可以求得  $a = L-\Delta$  和各种不同  $c$  值下的全部  $r_m(c, L-\Delta)$  值, 然后将  $r_m$  值以表格的形式存贮在计算机里, 所有这些  $r_m$  值将被使用在下一步邻近过程的计算中.

下一步是求解当  $a = L-2\Delta$  时的未知初始条件  $r_m(c, L-2\Delta)$ . 根据式(33), 可求得如下

$$r_m(c, L-2\Delta) = r_m(c) + \frac{r_m(c, L-\Delta)(L-1)\Delta}{(L-2\Delta)(1+\alpha c)[\lambda(L-1) + (1-\lambda)2\Delta]}, L-\Delta) \\ - \left(\frac{L-1}{6U}\right)[(1-\lambda)(L+2)] + 3\lambda(L+1)] \\ \cdot \left[\frac{(L+1)(m+1)(m+2)}{2(m+1)L+2} \left(\frac{L-2\Delta-1}{L-1}\right)^m\right](L-2\Delta)c\Delta \quad (36)$$

式(36)右边的第一项  $r_m(c) + \dots, L-\Delta$  需要求解, 可借助上述  $r_m(c, L-\Delta)$  的列表数值应用内插方法求得. 因此, 对各种不同  $c$  值下的全部  $r_m(c, L-2\Delta)$  值可以求得并再次以表格形式存贮在计算机里. 同样, 这些  $r_m$  值将被使用在下一步邻近过程的计算中.

这样的递归过程将以向后的方式, 通过每一步减小  $\Delta$  的数值进行下去, 一直到  $a = 1.0$  为止. 在计算过程中需要所有  $c$  值下的  $r_m(c, 1)$  数值, 然而, 在最后结果中只有  $r_m(c, 1)|_{c=1}$  才是我们感兴趣的数值. 换句话说, 感兴趣的只是未知的初始条件  $r_m(1, 1) = X_2(1)$ .

在进行计算求解时, 首先选择无因次肋片体积  $V$ , 最优化的计算过程通过假设一个无因次长度参数  $L$  开始, 根据式(28)可以求出  $W^2$  的数值. 应用不变插值原理, 代表肋片根部处的温度梯度, 即未知的初始条件  $X_2(1)$  可以求得. 现在, 函数  $X_1(\zeta)$  和  $X_2(\zeta)$  可根据方程式(29a)和(29b), 当初值问题具有初始状态  $X_1(1) = 1$  和  $X_2(1) = r_m(1, 1)$  时求得. 从式(27)可知,  $r_m(1, 1)$  数值也同样被用来计算肋片的总传热量  $Q_h$ . 其次, 无因次长度参数  $L$  增加  $\Delta$  值,  $Q_h$  再次被计算, 如此重复计算直到最大的传热量  $Q_{h,opt}$  被得到为止. 对应的  $L$  和  $W$  的最优值分别用  $L_{opt}$  和  $W_{opt}$  表示, 根据某种直观的或计算的的经验, 可以选择到相当接近于最优值的  $L$  数值, 于是计算时间可以大大减少.

### 三、结果与讨论

所编写的最优化传热问题的计算机程序, 不仅被用来求解梯形截面环肋的最优化几何尺寸, 而且还用来研究三个重要的物理参数, 即导热系数变化参数  $\alpha$ , 放热系数变化指数  $m$  和肋片截面的斜率参数  $\lambda$ , 对最优几何尺寸的影响.

$\alpha$  值在  $(-0.4)$  到  $(+0.4)$  之间变化,  $\lambda$  值在  $\lambda = 0$  的三角形截面到  $\lambda = 1$  的矩形截面之间选择五种不同数值,  $m$  值选择 0, 0.5, 1.0 和 2.0 等四种不同数值. 当  $\alpha = 0$  时是定导热系

数, 当  $m=0$  时是定放热系数。

### 1. 基本情况

计算机程序首先运行在  $\Delta=0.01$ ,  $\delta=0.10$ ,  $\lambda=0.5$ ,  $\alpha=0.0$  和  $m=0.0$  的情况, 称之为基本情况, 对于以后讨论的其它各种不同的  $\lambda$ 、 $\alpha$  和  $m$  值下所获得的结果, 将同这个基本情况进行比较。

可以求出各种不同肋片体积下的最大肋片传热量  $Q_{hopt}$ , 肋片体积从 0.01—400 之间变化, 求得的  $U_{opt}^{1/2}$ ,  $W_{opt}$  和  $L_{opt}$  对  $Q_{hopt}$  的结果如已藉助计算机作画在图 1 上。由图可见, 最大的肋片传热量  $Q_{hopt}$  增大时, 所要求的肋片体积  $U_{opt}^{1/2}$  也随之增大; 与

肋片根部厚度有关的参数  $W_{opt}$  则随之减小。 $W_{opt}$  的减小意味着最优肋片根部厚度  $b$  的增加。这是因为大部分传热都是发生在靠近肋片的根部上, 因此, 肋片根部厚度的变化在传热过程中起着重要的作用。当  $Q_{hopt}$  增大时, 肋片长度参数  $L_{opt}$  也随之增大。但是, 对于一定的传热量  $Q_{hopt}$  的变化,  $W_{opt}$  的变化要比  $L_{opt}$  的变化大得多。

### 2. $\lambda$ 斜率参数的影响

图 2、图 3 分别表示斜率参数  $\lambda$  对最优肋片体积  $U/U_b$  和最优肋片根部厚度  $b/b_b$  的影响。此处下标  $b$  代表基本情况,  $U_b$  和  $b_b$  是从图 1 或从计算结果的内插值得到的。由图可见, 当  $\lambda$  减小时,  $U/U_b$  随之减小, 换言之, 当肋片的截面形状从矩形变化成三角形时, 为了传递相同

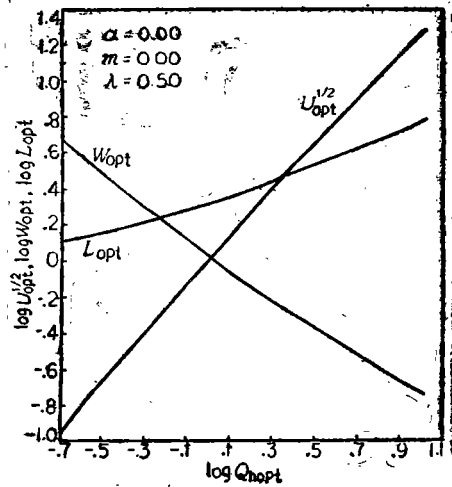


图 1

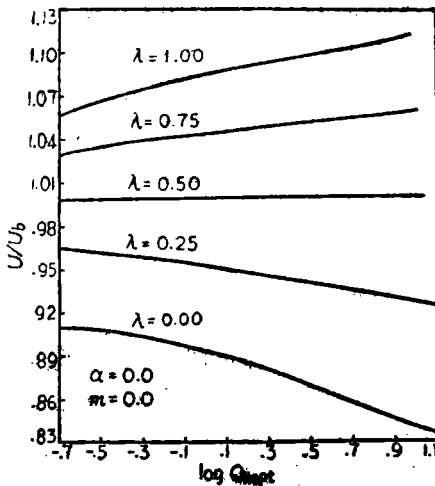


图 2

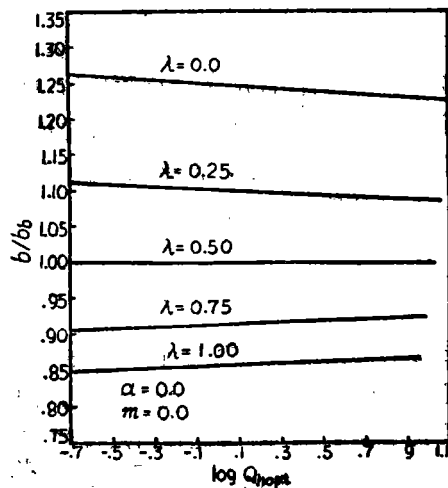


图 3

的热量,所需要的肋片体积减少了。这种情况并不难理解,因为对于最少重量的肋片是端部为尖端的抛物线。因此,三角形肋片(即  $\lambda = 0$ )具有最小的最优体积和最大的最优肋片根部厚度。此外,由图3还可看出,在  $Q_{hoq}t$  值较高的情况下,  $\lambda$  值变化对  $U/U_b$  的影响更为显著。

### 3. 导热系数变化参数 $\alpha$ 的影响

图4表示导热系数变化参数  $\alpha$  对最优肋片体积  $U/U_b$  和最优肋片根部厚度  $b/b_b$  的影响。由图可见,两者曲线都有一个负的斜率,而且两条曲线都通过(0,1)点。因此,在一定的传热量下,如  $\alpha < 0$ , 那末梯形截面肋片比起它的基本情况需要更大的最优肋片体积。相反的,如  $\alpha > 0$ , 则梯形截面肋片比它的基本情况需要较小的最优肋片体积。至于最优肋片根部厚度也具有以上类似的结论。

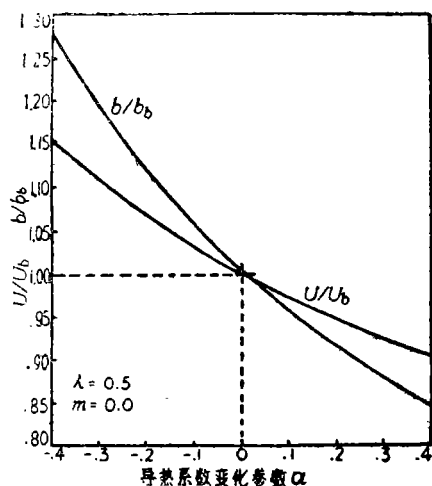


图4

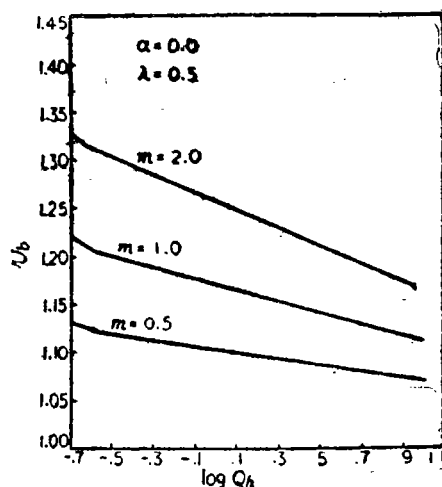


图5

### 4. 放热系数变化指数 $m$ 的影响

图5、6分别表示指数  $m$  对最优体积和最优厚度的影响。对于一定的传热量来说,最优体积和最优厚度都随着指数  $m$  的增加而增加,这是由于放热系数已经减小的缘故。

### 5. 限制条件

为了评价肋片的适用范围,有必要去计算一个无因次量,即  $h_a T_b / h_{nf} T_{nf}$ 。重写限制条件不等式(4)

$$Nr = \frac{q}{q_{nf}} = \frac{Q_n W^2}{Br} \left( \frac{h_a T_b}{h_{nf} T_{nf}} \right) > 1 \quad (37)$$

式中,  $Nr$  称为热量移走数;  $Br$  是一个无因次参数,定义为

$$Br = \frac{h_a x_b}{k_a} \quad (38)$$

由于在肋片和壁面的交接处存在着温度的降落,因此有  $T_b < T_{nf}$ , 而且已有证明<sup>[2]</sup>, 当肋片长度对肋片根部厚度的比率变化在2—20之间时,  $T_b/T_{nf}$  比率的变化一般在0.77—0.92

之间。本文选取中间数值0.8, 可获得更加保守的结果。

图 7 表明当  $N_r = 1$  和几种不同的  $\lambda$  和  $m$  值下  $Q_{hopt}$  的变化关系, 这个图给出任意  $Br$  值下  $Q_{hopt}$  的极限值。实际上,  $N_r$  必须是大于1, 因此,  $Q_{hopt}$  的操作值应当位于图 7 所示曲线的左下方。当  $Br$  减小或导热系数  $k_a$  增加时, 肋片的最大传热量随之增大。

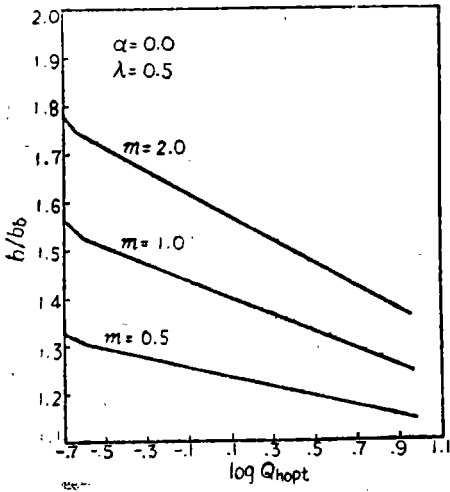


图 6

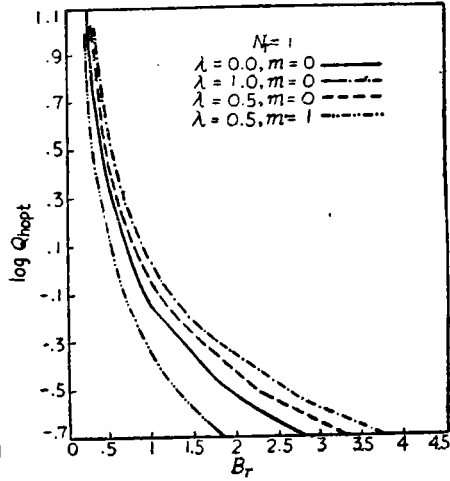


图 7

6. 设计实例

该考虑具有内半径为0.05m的环肋, 要求传递500W的热量。平均放热系数为200W/m<sup>2</sup>·K, 肋片根部和周围环境的温差为100K。肋片分别由铜, 铝和铸铁等三种不同的材料所制成, 并且分别研究三种不同的情况, 它们是: 矩形截面环肋( $\lambda = 1.0$ ), 梯形截面环肋( $\lambda = 0.5$ )和三角形截面环肋( $\lambda = 0.0$ ), 计算结果已分别列在表 1、2 和 3 中。这些结果可供工程设计上参考。

表 1 环形肋片的最优尺寸

$q = 500\text{W}, \quad r_b = 0.05\text{m}, \quad h_a = 200\text{W/m}^2 \cdot \text{K}, \quad T_b = 100\text{K}, \quad Q_b = 0.7958$									
矩形截面 $\lambda = 1.0$									
材 料	$\frac{k}{(\text{W/m} \cdot \text{K})}$	$Br$	$V_{opt}$	$U_{opt}^{1/2}$	$B_{opt}$	$\frac{2b}{[\text{cm}]}$	$\frac{V}{[\text{cm}^3]}$	$Bi$	$Nr$
情况 1.1 $m = 0.0$									
铜	400	0.0250	1.3827	0.8423	1.9508	0.1308	27.87	0.0003	48.69
铝	200	0.0500	1.3827	0.8423	1.9508	0.2615	55.72	0.0013	24.34
铸 铁	50	0.2000	1.3827	0.8423	1.9508	1.0461	222.89	0.0209	6.09
情况 1.2 $m = 0.5$									
铜	400	0.0250	1.1884	0.9646	1.8617	0.1770	36.54	0.0004	35.96
铝	200	0.0500	1.1884	0.9646	1.8617	0.3540	73.07	0.0018	17.98
铸 铁	50	0.2000	1.1884	0.9646	1.8617	1.4161	292.30	0.0283	4.50



表 1(续)

情况 1.3		$m = 2.0$							
铜	400	0.0250	1.0094	1.1808	1.8219	0.2454	54.76	0.0006	25.95
铝	200	0.0500	1.0094	1.1808	1.8219	0.4907	109.50	0.0025	12.97
铸 铁	50	0.2000	1.0094	1.1808	1.8219	1.9629	438.02	0.0393	3.24

表 2 环形肋片的最优尺寸

$q = 500W, \quad r_b = 0.05m, \quad h_a = 200W/m^2 \cdot K, \quad T_A = 100K, \quad Q_A = 0.7958$									
梯形截面		$\lambda = 0.5$							
材 料	$[W/m \cdot K]$	$Br$	$V_{o,t}$	$U_{o,t}^{1/2}$	$B_{o,t}$	$\frac{2b}{[cm]}$	$\frac{V}{[cm^3]}$	$Bi$	$Nr$
情况 2.1		$m = 0.0$							
铜	400	0.0250	1.2932	0.7680	1.8820	0.1495	23.16	0.0004	42.59
铝	200	0.0500	1.2932	0.7680	1.8820	0.2990	46.33	0.0015	21.29
铸 铁	50	0.2000	1.2932	0.7680	1.8820	1.1959	185.30	0.0239	5.32
情况 2.2		$m = 0.5$							
铜	400	0.0250	1.1189	0.8888	1.8985	0.1997	31.02	0.0005	31.88
铝	200	0.0500	1.1189	0.8888	1.8985	0.3994	62.05	0.0020	15.94
铸 铁	50	0.2000	1.1189	0.8888	1.8985	1.5976	248.19	0.0320	3.99
情况 2.3		$m = 2.0$							
铜	400	0.0250	0.9500	1.0323	1.9510	0.2770	41.85	0.0007	22.98
铝	200	0.0500	0.9500	1.0323	1.9510	0.5540	83.69	0.0028	11.49
铸 铁	50	0.2000	0.9500	1.0323	1.9510	2.2160	334.77	0.0425	2.87

表 3 环形肋片的最优尺寸

$q = 500W, \quad r_b = 0.05m, \quad h_a = 200W/m^2 \cdot K, \quad T_A = 100K, \quad Q_A = 0.7958$									
三角形截面		$\lambda = 0.0$							
材 料	$[W/m \cdot K]$	$Br$	$V_{o,t}$	$U_{o,t}^{1/2}$	$B_{o,t}$	$\frac{2b}{[cm]}$	$\frac{V}{[cm^3]}$	$Bi$	$Nr$
情况 3.1		$m = 0.0$							
铜	400	0.0250	1.2292	0.6551	2.0125	0.1655	16.86	0.0004	38.48
铝	200	0.0500	1.2292	0.6551	2.0125	0.3310	33.71	0.0017	19.24
铸 铁	50	0.2000	1.2292	0.6551	2.0125	1.3240	134.86	0.0265	4.81
情况 3.2		$m = 0.5$							
铜	400	0.0250	1.0469	0.7310	2.0816	0.2281	20.98	0.0006	27.91
铝	200	0.0500	1.0469	0.7310	2.0816	0.4562	41.97	0.0023	13.95
铸 铁	50	0.2000	1.0469	0.7310	2.0816	1.8250	167.89	0.00365	3.49

表 3(续)

情况 3.3		$m = 2.0$							
铜	400	0.0250	0.8185	0.9500	1.9840	0.3732	35.44	0.0009	17.06
铝	200	0.0500	0.8185	0.9500	1.9840	0.7463	70.88	0.0037	8.53
铸 铁	50	0.2000	0.8185	0.9500	1.9840	2.9852	283.52	0.0597	2.13

## 参 考 文 献

- [1] 杨翔翔, 热特性参数可变时环形肋片传热的最优化研究(I)不同截面环肋传热的比较, 华侨大学学报, 8, 3 (1987).
- [2] Razelos, P., Imre, K., The Optimum Dimensions of Circular Fins with Variable Thermal Parameters, ASME Journal of Heat Transfer, 102, 3(1980), 420—425.
- [3] Sparrow, E.M., Hennecke, K.D., Temperature Depression at the base of a fin, ASME Journal of Heat Trasfer, 91, 1(1970), 204—206.

## Optimization of Heat Transfer in Circular Fins with Variable Thermal Parameters(III)

### Optimum Dimensions of Heat Tranfer in Circular Fins of Trapezoid Section

Yang Xiangxiang

#### Abstract

The circular fins of trapezoid section, among those with variable thermal parameters used frequently in heat exchange devices, merits special attention. For economic purpose, the optimum geometric dimensions of heat transfer in this shape of circular fins are studied particularly in this paper by applying the principle of invariant imbedding.

The effects of three pertinent physical parameters—slope  $\lambda$ , conductivity factor  $\alpha$ , and index of heat transfer coefficient variation  $m$ —on the optimum geometric dimensions are also studied here.

The results obtained may serve as a reference for engineering design.