

第四章习题

1) 用平板法测定材料的导热系数，其主要部件为被测材料构成的平板，其一侧用电热器加热，另一侧用冷水将热量移走，同时板的两侧用热电偶测量其表面温度。设平板的导热面积为，厚度为。测量数据如下：

电热器		材料的表面温度 °C	
安培数 A	伏特数 V	高温面	低温面
	140	300	100
	115	200	50

试求：①该材料的平均导热系数。②如该材料导热系数与温度的关系为线性：

$\lambda = \lambda_0(1 + at)$ ，则 λ_0 和 a 值为多

少

$$\begin{aligned}
 \text{[解]1) } Q &= (t_1 - t_2)\lambda S / L = VI \\
 \therefore (300 - 200) \times 0.03\lambda_1 / 0.01 &= 2.8 \times 140 \\
 \lambda_1 &= 0.6533 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \\
 (200 - 50) \times 0.03\lambda_2 / 0.01 &= 2.3 \times 115 \\
 \lambda_2 &= 0.5878 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \\
 \lambda_m &= (\lambda_1 + \lambda_2) / 2 = 0.6206 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \\
 \therefore 0.6533 &= \lambda_0 [1 + a(300 + 100) / 2] \\
 0.5878 &= \lambda_0 [1 + a(200 + 50) / 2] \\
 \text{得 } \lambda_0 &= 0.4786 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \\
 a &= 0.001825
 \end{aligned}$$

2) 通过三层平壁热传导中，若测得各面的温度 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 分别为 500°C 、 400°C 、 200°C 和 100°C ，试求合平壁层热阻之比，假定各层壁面间接触良好。

$$\begin{aligned}
 \text{[解]} Q &= (T_1 - T_2) / R_1 = (T_2 - T_3) / R_2 = (T_3 - T_4) / R_3 \\
 R_1: R_2 &= (500 - 400) : (400 - 200) = 1:2 \\
 R_2: R_3 &= (400 - 200) : (200 - 100) = 2:1 \\
 R_1: R_2: R_3 &= 1:2:1
 \end{aligned}$$

3) 某燃烧炉的平壁由耐火砖、绝热砖和普通砖三种砌成，它们的导热系数分别为 $1.0 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ， $0.1 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 和 $0.92 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ，耐火砖和绝热砖厚度都是 0.2 m ，普通砖厚度为 0.1 m 。已知炉内壁温为 1000°C ，外壁温度为 55°C ，设各层砖间接触良好，求每平方米炉壁散热速率。

$$\begin{aligned}
 \text{[解]} Q/S &= (t_1 - t_2) / \sum (b_i / \lambda_i) \\
 &= (1000 - 55) / [(0.5/112) + (0.5/0.16) + (0.25/0.92)] \\
 &= 247.81 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

4) 在外径 100mm 的蒸汽管道外包绝热层。绝热层的导热系数为 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ，已知蒸汽管外壁 150°C ，要求绝热层外壁温度在 50°C 以下，且每米管长的热损失不应超过 150W/m ，试求绝热层厚度。

$$\begin{aligned}
 \text{[解]} Q/L &= 2\pi\lambda(t_1 - t_2) / \ln(r_2/r_1) \\
 &= 0.16\pi(150 - 50) \ln(r_2/50) = 150 \\
 \therefore r_2 &= 69.9 \text{ mm} \\
 \text{壁厚为: } r_2 - r_1 &= 69.9 - 50 = 19.9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5) $\Phi 38 \times$ 的钢管用作蒸汽管。为了减少热损失，在管外保温。50 第一层是 mm 厚的氧化锌粉，其平均导热系数为 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ；第二层是 10mm 厚的石棉层，其平均导热系数为 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 。若管内壁温度为 180°C ，石棉层外表面温度为 35°C ，试求每米管长的热损失及两保温层界面处的温度

$$\begin{aligned}
 \text{解: } \textcircled{1} \quad r_0 &= \quad , \quad r_1 = 19 \text{ mm} = \text{ m} \\
 r_2 &= r_1 + \quad = \quad \text{ m} \\
 r_3 &= r_2 + \quad = \quad \text{ m} \\
 \lambda_0 &= 45 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})
 \end{aligned}$$

$$\frac{Q}{L} = \frac{2\pi(t_0 - t_3)}{\frac{1}{\lambda_0} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2}} = \frac{2 \times 3.14 \times (180 - 35)}{\frac{1}{45} \ln \frac{19}{16.5} + \frac{1}{0.07} \ln \frac{69}{19} + \frac{1}{0.15} \ln \frac{79}{69}} = 47.1$$

W/m

$$\frac{Q}{L} = \frac{2\pi(t_2 - t_3)}{\frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2}} \quad \text{即} \quad 47.1 = \frac{2\pi(t_2 - 35)}{\frac{1}{0.15} \ln \frac{79}{69}}$$

$\textcircled{2}$ 即

$$\therefore t_2 = \quad ^\circ\text{C}$$

6) 通过空心球壁导热的热流量 Q 的计算式为: $Q = \Delta t / [b/(\lambda A_m)]$ ，其中

$A_m = \sqrt{A_1 A_2}$ ， A_1 、 A_2 分别为球壁的内、外表面积，试推导此式。

解: $dQ = \lambda dS(dt/dn) = 4\pi\lambda r^2 dt/dr$

积分限为: $r = r_1, t = t_1; r = r_2, t = t_2$ 积分得:

$$Q = 4\pi\lambda r_1 r_2 \Delta t / (r_2 - r_1)$$

$$A_1 = 4\pi r_1^2, A_2 = 4\pi r_2^2$$

$$\therefore A_m = 4\pi r_1 r_2$$

$$Q = \lambda A_m \Delta t / b$$

7) 有一外径为 150mm 的钢管, 为减少热损失, 今在管外包以两层绝热层。

已知两种绝热材料的导热系数之比 $\lambda_2/\lambda_1 = 2$, 两层绝热层厚度相等皆为 30mm。

试问应把哪一种材料包在里层时, 管壁热损失小。设两种情况下两绝热层的总温差不变。

解: 若小的 λ 包在里层时:

$$Q = 2\pi L \Delta t / \{ \ln(r_2/r_1) / \lambda_1 + \ln(r_3/r_2) / \lambda_2 \}$$

$$r_1 = 75\text{mm}, r_2 = 75 + 30 = 105\text{mm}, r_3 = 135\text{mm}$$

$$\text{设 } \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 2$$

$$\ln(r_2/r_1) / \lambda_1 + \ln(r_3/r_2) / \lambda_2 = 0.462$$

若大的包在里层是:

$$\ln(r_2/r_1) / \lambda_2 + \ln(r_3/r_2) / \lambda_1 = 0.420$$

\therefore 小的包在里层时, 热损失小。

8) 试用因次分析法推导壁面和流体间强制对流给热系数 α 的准数关联式。

已知 α 为下列变量的函数: $\alpha = f(\lambda, C_p, \rho, \mu, u, l)$ 。式中 λ 、 C_p 、 ρ 、 μ 分别为流体的导热系数、等压热容、密度、粘度, u 为流体流速, l 为传热设备定型尺寸。

解: $\alpha = K\lambda = C_p^b \rho^c \mu^d U^e l^f$

物理量 λ C_p ρ μ U l α

因次 $ML/T\theta^3$ $L^2/T\theta^2$ M/L^3 $M/L\theta$ L/θ L $M/T\theta^3$

根据因次一致性原则, 建立方程

$$M/T\theta^3 = M^{a+c+d} L^{a+2b-3c-d+e+f} \theta^{-3a-2b-d-e} T^{-a-b}$$

$$\therefore a+2b-3c-d+e+f=0$$

$$a+b=1$$

$$a+c+d=1$$

$$3a+2b+d+e=3$$

设已知 c, b, d

$$\text{则 } a=1-b$$

$$e=b-d$$

$$f=3c+2d-2b-1$$

$$\therefore \alpha L/\lambda = K(Lu\rho/\mu)^c (C_p \mu/l)^b$$

9) 水流过 $\phi 60 \times$ 的钢管, 由 20°C 被加热至 60°C 。已知 $l/d > 60$, 水流速为 s , 试求水对管内壁的给热系数。

解: $t = (20 + 60)/2 = 40^\circ\text{C}$ 查水的物性数据得:

$$\rho = 992.2 \text{ Kg/m}^3, C_p = 4.174 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}, \lambda = 0.6338 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\mu = 0.6560 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}, Pr = 4.32$$

$$Re = d_i u \rho / \mu = 0.053 \times 1.8 \times 992.2 / (0.650 \times 10^{-3}) = 144292.5$$

$$\alpha_i = 0.023 \lambda Re^{0.8} Pr^{0.4} / d_i$$

$$= 0.023 \times 0.6338 \times 144292.5^{0.8} \times 4.32^{0.4}$$

$$= 6622 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

10) 空气流过 $\phi 36 \times 2\text{mm}$ 的蛇管, 流速为 15m/s , 从 120°C 降至 20°C , 空气压强 $4 \times 10^5 \text{ Pa}$ (绝压)。已知蛇管的曲率半径为 400mm , $l/d > 50$, 试求空气对管壁的给热系数。空气的密度可按理想气体计算, 其余物性可按常压处理。

$$\text{解 } t = (120 + 20)/2 = 70^\circ\text{C}$$

$$\text{查空气物性得: } Pr = 0.694, \mu = 2.06 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}, \lambda = 0.0297 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\rho = PM/(RT) = 4 \times 10^5 \times 29 / (8.314 \times 10^3 \times 343) = 4.07 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{由 } Re = du\rho/\mu \text{ 得 } Re = 9.48 \times 10^4$$

$$\alpha = 0.023 \lambda Re^{0.8} Pr^{0.3} / d_i = 183.3 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

$$\alpha' = \alpha(1 + 1.77 \times 32/400) = 209.6 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

11) 苯流过一套管换热器的环隙, 自 20°C 升至 80°C , 该换热器的内管规格为 $\phi 19 \times$, 外管规格为 $\phi 38 \times 3\text{mm}$ 。苯的流量为 1800kg/h 。试求苯对内管壁的给热系数。

解: $t = (20 + 80) / 2 = 50^\circ \text{C}$ 查苯的物性得:

$$\rho = 860 \text{ kg/m}^3 \quad C_p = 1.8 \text{ J/kg} \cdot ^\circ \text{C}$$

$$\mu = 0.45 \text{ cPa} \quad \lambda = 0.14 \text{ W/(m} \cdot ^\circ \text{C)}$$

$$d_e = 0.013 \text{ m}$$

$$V_s = 1800 / (3600 \times 860) = 0.00058 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$u = 4V_s / \pi(d_2^2 - d_1^2) = 1.11 \text{ m/s}$$

$$\therefore P_r = 1.8 \times 10^3 \times 0.45 \times 10^{-3} / 0.14 = 5.79$$

$$R_e = 0.013 \times 1.11 \times 860 / 0.45 \times 10^{-3} = 2.78 \times 10^4$$

$$\alpha = 0.023 \lambda R_e^{0.8} P_r^{0.4} / d_e = 1794 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ \text{C)}$$

12) 冷冻盐水 (25%的氯化钙溶液) 从 $\phi 25 \times$ 、长度为 3m 的管内流过, 流速为 s , 温度自 -5°C 升至 15°C 。假设管壁平均温度为 20°C , 试计算管壁与流体之间的平均对流给热系数。已知定性温度下冷冻盐水的物性数据如下: 密度为 1230 kg/m^3 , 粘度为 $4 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 导热系数为 $0.57 \text{ W/(m} \cdot ^\circ \text{C)}$, 比热为 $2.85 \text{ (kg} \cdot ^\circ \text{C)}$ 。壁温下的粘度为 $2 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

解: $d = 25 \times 10^{-3} \text{ m}$

$$\frac{L}{d} = \frac{3}{0.025} = 120$$

$$\therefore u = s \quad \therefore Re = \frac{d u \rho}{\mu} = \frac{0.025 \times s \times 1230}{4 \times 10^{-3}} = 1845$$

< 2000 \therefore 层流

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{\lambda} = \frac{2.85 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-3}}{0.57} = 20$$

$$Re Pr d_i / L = 1845 \times 20 \times 0.025 / 3 = 246 > 100$$

$$\alpha = 186 Re^{1/3} Pr^{1/3} \left(\frac{d_i}{L} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \frac{\lambda}{d}$$

$$= 186 \times 1845^{1/3} \times 20^{1/3} \times \left(\frac{0.025}{3} \right)^{1/3} \times \left(\frac{4}{2.5} \right)^{0.14} \times \left(\frac{0.57}{0.025} \right)$$

$= \text{W/(m}^2 \cdot ^\circ \text{C)}$

13) 室内分别水平放置两根长度相同, 表面温度相同的蒸汽管, 由于自然对流两管都向周围散失热量, 已知小管的 $(Gr \cdot Pr) = 10^8$, 大管直径为小管的 8 倍, 试求两管散失热量的比值为多少

解: \therefore 小管 $Gr \cdot Pr = 10^8$ $\therefore b = 1/3$ 又因 $Gr \propto d^3$, 故大管 $Gr \cdot Pr > 10^8$

$$\frac{Q_{\text{大}}}{Q_{\text{小}}} = \frac{\alpha_{\text{大}} \Delta t \pi d_{\text{大}} L}{\alpha_{\text{小}} \Delta t \pi d_{\text{小}} L} = \frac{\alpha_{\text{大}} d_{\text{大}}}{\alpha_{\text{小}} d_{\text{小}}} = \frac{(Gr_{\text{大}} Pr_{\text{大}})^{1/3} d_{\text{大}}}{(Gr_{\text{小}} Pr_{\text{小}})^{1/3} d_{\text{小}}} = \frac{d_{\text{大}}^2}{d_{\text{小}}^2} = 8^2 = 64$$

则

14) 某烘房用水蒸汽通过管内对外散热以烘干湿纱布。已知水蒸汽绝压为, 设管外壁温度等于蒸汽温度现室温及湿纱布温度均为 20°C , 试作如下计算: ① 使用一根 2m 长、外径 50mm 水煤气管, 管子竖直放于水平放置单位时间散热量为多少②若管子水平放置, 试对比直径 25mm 和 50mm 水煤气管的单位时间单位面积散热之比。(管外只考虑自然对流给热)。

$$\text{解1)定性温度 } t = (20+150)/2 = 85^{\circ}\text{C}$$

$$\text{查空气物性数据: } \lambda = 3.09 \times 10^{-2} \text{ J}(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}) \quad \rho = 0.986 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 2.13 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad P_r = 0.691$$

$$\beta = 1/T = 1/(273+85) = 1/358(1/K)$$

$$\Delta t = 150 - 20 = 130^{\circ}\text{C}$$

$$\nu = \mu/\rho = 2.13 \times 10^{-5} / 0.986 = 2.16 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$G_r = \beta g L^3 \Delta t / \nu^2$$

$$\text{水平管 } G_r = 954301.9 \quad G_r P_r = 6.59 \times 10^5 \Rightarrow b = 1/4, A = 0.54$$

$$\text{垂直管 } G_r' = 6.11 \times 10^{10} \quad G_r' P_r = 4.22 \times 10^{10} \Rightarrow b = 1/3, A = 0.135$$

$$\alpha = \lambda A (G_r P_r)^b / L$$

$$\alpha = 3.09 \times 10^{-2} \times 0.54 \times (661400.66)^{1/4} / 0.05 = 9.51 \text{ W}(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

$$\alpha' = 3.09 \times 10^{-2} \times 0.135 \times (4.23 \times 10^{10})^{1/3} / 2 = 7.26 \text{ W}(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

$$Q = \alpha \pi d L (t - t_w) = 9.51 \times 130 \times 0.05 \times 2 \times \pi = 388.2 \text{ W}$$

$$Q' = \alpha' \pi d L (t - t_w) = 7.26 \times 130 \times 0.05 \times 2 \times \pi = 296.4 \text{ W}$$

2)若管子水平放置

$$Q_{25} / Q_{50} = \alpha_{25} \Delta t / \alpha_{50} \Delta t$$

$$= [(G_r P_r)_{25}^{1/4} / d_{25}] / [(G_r P_r)_{50}^{1/4} / d_{50}]$$

$$= (d_{50} / d_{25}) (d_{25} / d_{50})^{3/4}$$

$$= (d_{50} / d_{25})^{1/4}$$

$$= 1.189$$

15) 油罐中装有水平蒸汽管以加热管内重油, 重油温度为 20°C , 蒸汽管外壁温为 120°C , 在定性温度下重油物性数据如下: 密度为 900kg/m^3 , 比热 $\times 10^3 \text{ J}(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$, 导热系数为 $(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$, 运动粘度为 $2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, 体积膨胀系数为 $3 \times 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$, 管外径为 68mm , 试计算蒸汽对重油的传热速度 W/m^2 。

$$\text{解 } G_r = \beta g L^3 \Delta t / \nu^2$$

$$= 3 \times 10^{-4} \times 9.81 \times 0.068^3 \times 100 / (2 \times 10^{-6})^2 = 2.313 \times 10^7$$

$$P_r = C_p \mu / \lambda = 1.88 \times 10^3 \times 900 \times 2 \times 10^{-6} / 0.175 = 19.34$$

$$G_r P_r = 4.474 \times 10^8 \quad \therefore A = 0.135 \quad B = 1/3$$

$$\alpha = \lambda A (G_r P_r)^B / L = 265.7 \text{ W}(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

$$Q/S = \alpha \Delta t = 265.7 \times (120 - 20) = 26570 \text{ W/m}^2$$

16) 有一双程列管换热器，煤油走壳程，其温度由 230°C 降至 120°C ，流量为 25000kg/h ，内有 $\phi 25 \times$ 的钢管 70 根，每根管长 6m，管中心距为 32mm，正方形排列。用圆缺型挡板（切去高度为直径的 25%），试求煤油的给热系数。已知定性温度下煤油的物性数据为：比热为 $\times 10^3\text{J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ，密度为 $710\text{kg}/\text{m}^3$ ，粘度为 $\times 10^{-4}\text{Pa} \cdot \text{s}$ ，导热系数为 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。挡板间距 $h = 240\text{mm}$ ，壳体内径

$D = 480\text{mm}$ 。

$$\text{解 } A = hD(1 - d_0/t) = 0.24 \times 0.48(1 - 25/32) = 0.0252\text{m}^2$$

$$u = V_s / A = 0.0388\text{m/s}$$

$$d_e = 4(t^2 - \pi d^2/4) / \pi d = 0.027\text{m}$$

$$Re = d_e u \rho / \mu = 2325$$

$$Pr = C_p \mu / \lambda = 6.35 \quad \varphi_{\mu} = 0.95$$

$$\alpha = 0.36 \lambda Re^{0.55} Pr^{1/3} \times 0.95 / d_e$$

$$= 0.36 \times 0.131 \times 2325^{0.55} \times 6.35^{1/3} \times 0.95 / 0.027$$

$$= 218.3\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$$

17) 饱和温度为 100°C 的水蒸汽在长为 l ，外径为 38mm 的竖直圆管外冷凝。管外壁温度为 92°C 。试求每小时蒸汽冷凝量。又若将管子水平放置每小时蒸汽冷凝量又为多少。

$$\text{解: } t_s = 100^{\circ}\text{C} \text{ 时 } r = 2258\text{kJ/kg}$$

定性温度 $t = 96^{\circ}\text{C}$

水的物性: $\lambda = 0.6816 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ $\rho = 961.16 \text{ kg}/\text{m}^3$

$\mu = 0.2969 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

假定为滞流

$$\alpha = 1.13 \times [g\rho^2 \lambda^3 r / (L\mu\Delta t)]^{1/4}$$

$$= 1.13 \times [9.81 \times 961.16^2 \times 0.6816^3 \times 2258 / (2.5 \times 0.2969 \times 8)]^{1/4}$$

$$= 6496.17 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$Q = \alpha S(t_s - t_w) = 6496.17 \pi \times 0.038 \times 2.5 \times 8$$

$$= 15510.32 \text{ W}$$

$$W = Q/r = 0.006869 \text{ kg}/\text{s} = 24.73 \text{ kg}/\text{h}$$

$$\text{核算流型 } M = W / (\pi d) = 0.006869 / 0.038 \pi = 0.0575 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}$$

$$Re = 4M/\mu = 774.67 < 1800 \text{ (符合假设)}$$

管子水平放置: $\alpha' = \alpha \times 0.725 \times (L/d)^{0.25} / 1.13$

$$= 11870 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$Q' = \alpha' S(t_s - t_w) = 11870 \pi \times 0.038 \times 2.5 \times 8$$

$$= 28340.94 \text{ W}$$

$$W' = 0.01255 \text{ kg}/\text{s} = 45.18 \text{ kg}/\text{h}$$

核算流型 $Re' = 1.827 Re = 1415.5 < 1800 \text{ (符合假设)}$

18) 由 $\phi 25 \times 2.5$ 根长 2 米的管子按正方形直列组成的换热器, 用 $\times 10^5 \text{ Pa}$ 的饱和蒸汽加热某液体, 换热器水平放置。管外壁温度为 88°C , 试求蒸汽冷凝量。

解: 查得 $P = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ $t_s = 111.1^{\circ}\text{C}$ $r = 2228.74 \text{ kJ}/\text{kg}$

定性温度 $t = (111.1 + 88) / 2 = 99.55^{\circ}\text{C}$

$\lambda = 0.6820 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ $\rho = 958.7 \text{ kg}/\text{m}^3$ $\mu = 0.2838 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

$$\alpha = 0.725 \times [g\rho^2 \lambda^3 r / (n^{2/3} d \mu \Delta t)]^{1/4}$$

$$= 6486.2 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$Q = \alpha S(t - t_w) = 6486.2 \pi \times 0.025 \times 2 \times 23.1 \times 225$$

$$W = Q/r = 2.375 \text{ kg}/\text{s}$$

19) 设有 A、B 两平行固体平面, 温度分别为 T_1 和 T_2 ($T_1 > T_2$)。为减少辐射散热, 在这两平面间设置 n 片很薄的平行遮热板, 设 A 所有平面的表面积相同, 黑度相等, 平板间距很小, 试证明设置遮热板后 A 平面的散热速率为不装遮热板时的 $1/(n+1)$ 倍。

证明: $C_{1-2} = C_0 / (1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1)$

$\therefore \sum \epsilon$ 不变 C_{1-2} 不变 设 $C = C_{1-2}$

$$\text{放置前 } Q_{A-B} = CS[(T_A/100)^4 - (T_B/100)^4]$$

$$\text{放置后 } Q_{A-1} = CS[(T_A/100)^4 - (T_1/100)^4]$$

$$Q_{1-2} = CS[(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$$

⋮

$$Q_{A-B} = CS[(T_A/100)^4 - (T_B/100)^4]$$

$$\therefore Q_{A-1} + Q_{1-2} + Q_{2-3} + \dots + Q_{n-B} = Q_{A-B}$$

当传热稳定时:

$$Q_{A-1} = Q_{1-2} = Q_{2-3} = \dots = Q_{n-B}$$

$$\therefore Q' = Q/(1+n)$$

20) 用热电偶测量管内空气温度, 测得热电偶温度为 420°C , 热电偶黑度为, 空气对热电偶的给热系数为 $35 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 管内壁温度为 300°C , 试求空气温度。

$$\text{解: } Q = \alpha S(t - t_w) = C_{1-2} S[(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$$

$$35(t - 420) = 5.67 \times 0.6 \times (6.93^4 - 5.73^4)$$

$$t = 539.4^\circ\text{C}$$

21) 外径为 60mm 的管子, 其外包有 20mm 厚的绝热层, 绝热层材料导热系数为 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 管外壁温度为 350°C , 外界温度为 15°C , 试计算绝热层外壁温度。若欲使绝热层外壁温度再下降 5°C , 绝热层厚度再增加多少。

$$\text{解: 1) } \alpha_T = 9.4 + 0.052(t_w - 15)$$

$$\alpha_T(t_w - 15) \times 2\pi r_2^2 L = 2\pi \lambda L(350 - t_w) L n r_2 / r_1$$

$$9.4(t_w - 15) + 0.052(t_w - 15)^2 = 0.1(350 - t_w) / (0.05 L n 50 / 30)$$

$$\text{试差得: } t_w = 91^\circ\text{C}$$

$$2) \alpha_T(86 - 15) r_2' = \lambda(350 - 86) / L n r_2' / r_1$$

$$\text{试差得: } r_2 = 50.6\text{mm}$$

固绝热层厚度在增加 0.6mm

22) 设计一燃烧炉, 拟用三层砖, 即耐火砖、绝热砖和普通砖。耐火砖和普通砖的厚度为和。三种砖的系数分别为 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 、 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 和 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 已知耐火砖内侧为 1000°C , 外壁温度为 35°C 。试问绝热砖厚度至少为多少才能保证绝热砖温度不超过 940°C , 普通砖不超过 138°C 。

$$\text{解: } (1000 - 34) / (0.5/1.02 + b_2/0.14 + 0.25/0.92) = (1000 - t_2) / (0.5/1.02)$$

$$\text{若 } t_2 = 940^\circ\text{C} \text{ 解得 } b_2 = 0.997\text{m}$$

$$(1000 - 35) / (0.5/1.02 + b_2/1.04 + 0.25/0.92) = (t_1 - 35) / (0.25/0.92)$$

$$\text{若 } t_1 = 138^\circ\text{C} \text{ 解得 } b_2 = 0.250\text{m}$$

$$\text{经核算 } t_2 = 814.4^\circ\text{C} < 940^\circ\text{C}$$

以题意应选择 b_2 为 0.250m

23) 为保证原油管道的输送, 在管外设置蒸汽夹。对一段管路来说, 设原油的给热系数为 $420 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 水蒸气冷凝给热系数为 $10^4 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 。管子规格为 $\phi 35 \times 2\text{mm}$ 钢管。试分别计算 K_i 和 K_o , 并计算各项热阻占总热阻的分率。

$$\text{解: } d_m = 0.035 \times 0.031 / \ln(35/31) = 0.033\text{m}$$

$$1/K_o = 1/10^4 + 0.002 \times 0.035 / (45 \times 0.033) + 0.035 / 420 \times 0.031$$

$$= 0.002835 \text{ l}/[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$$

$$K_o = 398.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$1/K_i = 1/\alpha_i + b d_i / \lambda d_m + d_i / \alpha_o d_o$$

$$= 31 / (35 \times 10^4) + 0.002 \times 31 / (45 \times 33) + 1/420$$

$$= 0.002511 \text{ l}/[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$$

$$K_i = 398.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\text{计入污垢热阻 } R_{e0} = 0.8598 \times 10^{-4}$$

$$d_o R_{e0} / d_i = 1.7197 \times 10^{-4} \times 35 / 31 = 1.94 \times 10^{-4}$$

$$\text{污垢热阻占: } (0.8598 + 1.94) \times 10^{-4} / [0.002835 + (0.8598 + 1.94) \times 10^{-4}]$$

$$= 8.9\%$$

$$\text{原油侧热阻占: } 0.035 / (420 \times 0.031) / 0.002835 = 94.8\%$$

$$\text{蒸汽侧热阻占: } 1/10000 / 0.002835 = 3.5\%$$

$$\text{管壁导热热阻占: } 0.002 \times 0.035 / (45 \times 0.033) / 0.002835 = 1.7\%$$

24) 某列管换热器, 用饱和水蒸汽加热某溶液, 溶液在管内呈湍流。已知蒸汽冷凝给热系数为 $10^4 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 单管程溶液给热系数为 $400 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 管壁导热及污垢热阻忽略不计, 试求传热系数。若把单管程改为双管程, 其它条件不变, 此时总传热系数又为多少

解: 1) 单管程

$$1/K_o = 1/\alpha_i + 1/\alpha_o = 1/10^4 + 1/400 = 0.0026 \text{ l}/[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$$

$$K_o = 384.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

2) 改为双管程

管内流速提高一倍, 则:

$$1/K_o = 1/(2^{0.8} \times \alpha_i) + 1/\alpha_o = 1/10^4 + 1/(400 \times 2^{0.8})$$

$$K_o = 651.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

25) 一列管换热器, 管子规格为 $\phi 25 \times$, 管内流体的对流给热系数为 $100 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 管外流体的对流给热系数为 $2000 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, 已知两流体均为湍流流动, 管内外两侧污垢热阻均为 $\text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ 。试求: ①传热系数 K 及各部分热阻的分配; ②若管内流体流量提高一倍, 传热系数有何变化; ③若管外流体流量提高一倍, 传热系数有何变化

$$\text{解: } \textcircled{1} \quad R_i = R_o = \text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \quad \text{钢管} \quad = 45 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$d_m = \frac{d_o - d_i}{\ln \frac{d_o}{d_i}} = \frac{0.025 - 0.020}{\ln \frac{25}{20}} = 0.022$$

$$\frac{1}{K_o} = \frac{1}{\alpha_o} + \frac{b d_o}{\lambda d_m} + \frac{d_o}{\alpha_i d_i} + R_i + R_o$$

$$= \frac{1}{2000} + \frac{0.0025 \times 0.025}{45 \times 0.022} + \frac{0.025}{100 \times 0.02} + 2 \times 0.00118$$

$$= 1/(W/m^2\text{°C})$$

$$K_0 = W/(m^2\text{°C})$$

热阻分配:

$$\text{污垢: } \frac{R_0 + R_i}{1/K_0} = \frac{2 \times 0.00118}{0.01542} = 0.153 = 15.3\%$$

$$\text{管外: } \frac{1/\alpha_0}{1/K_0} = \frac{1/2000}{0.01542} = 3.24\%$$

$$\text{管内: } \frac{d_0/\alpha_i d_i}{1/K_0} = \frac{0.025}{100 \times 0.02} = 81.1\%$$

$$\text{管壁: } \frac{bd_0/\lambda d_m}{1/K_0} = \frac{0.0025 \times 0.025}{45 \times 0.022} = 0.41\%$$

$$\textcircled{2} W_i' = 2W_i, \quad u_i' = 2u_i, \quad \alpha_i' = 2^{0.8}\alpha_i$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_0'} &= \frac{1}{\alpha_0} + \frac{bd_0}{\lambda d_m} + \frac{d_0}{\alpha_i' d_i} + R_i + R_0 \\ \therefore K_0' &= \frac{1}{2000} + \frac{0.0025 \times 0.025}{45 \times 0.022} + \frac{0.025}{2^{0.8} \times 100 \times 0.02} + 2 \times 0.00118 \\ &= m^2\text{°C}/W \end{aligned}$$

$$K_0' = 98.99 \quad W/(m^2\text{°C})$$

$$\textcircled{3} W_0' = 2W_0, \quad \alpha_0' = 2^{0.8}\alpha_0$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_0'} &= \frac{1}{\alpha_0'} + \frac{bd_0}{\lambda d_m} + \frac{d_0}{\alpha_i d_i} + R_i + R_0 \\ \therefore K_0' &= \frac{1}{2^{0.8} \times 2000} + \frac{0.0025 \times 0.025}{45 \times 0.022} + \frac{0.025}{100 \times 0.02} + 2 \times 0.00118 \\ &= m^2\text{°C}/W \end{aligned}$$

$$K_0' = 65.74 \quad W/(m^2\text{°C})$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/695010324233012031>