

第十章习题与参考答案

10-1 一大气压下，20℃的空气以 15m/s 的流速流过平板，板面温度为 60℃，求距板端 0.1m，0.5m 处的 δ 和 δ_t ，以及 0.1m 和 0.5m 前单位板宽的传热量。

已知 40℃时空气的物性： $\nu = 16.96 \times 10^{-6} m^2/s$ ，

$\lambda = 2.76 \times 10^{-2} W/m \cdot ^\circ C$ ， $Pr = 0.699$

答： $\delta_{0.1} = 1.56 \times 10^{-3} m$ ， $\delta_{t0.1} = 1.71 \times 10^{-3} m$

$\delta_{0.5} = 3.49 \times 10^{-3} m$ ， $\delta_{t0.5} = 3.83 \times 10^{-3} m$

$\alpha_{0.1} = 48.3 W/m^2 \cdot ^\circ C$ ， $\alpha_{0.5} = 21.6 W/m^2 \cdot ^\circ C$

$Q_{0.1} = 193.2 W/m$ ， $Q_{0.5} = 432.0 W/m$

10-2 平板加热器的温度为 84℃，尺寸为 0.3×0.3 m²，由于其端部安装了促使附面层扰动的线圈，而使附面层完全为紊流。已知流体为水，温度为 16℃，流速为 2.2m/s，试计算板与水之间的传热量。

已知 50℃水的物性参数： $\lambda = 64.8 \times 10^{-2} W/m \cdot ^\circ C$

$\nu = 0.556 \times 10^{-6} m^2/s$ ， $Pr = 3.54$

(提示 $Nu = 0.037 Pr^{1/3} Re^{4/5}$ ， $Q = 53950 W$)

10-3 一大气压下 20℃的空气以 35m/s 的速度流过平板。板长 0.75m 宽 1m，表面温度维持为 60℃。求板给空气的对流传热量。

已知 40℃空气的物性参数： $\lambda = 2.76 \times 10^{-2} W/m \cdot ^\circ C$

$\nu = 16.96 \times 10^{-6} m^2/s$ ， $Pr = 0.699$

$$\left(\text{提示: } Nu = \left(0.037 Re^{\frac{4}{5}} - 850 \right) Pr^{\frac{1}{3}}, Q = 2411W \right)$$

10-4 一水平管的管径 $d=0.02m$, $L=1.5m$, 平均水温 25°C 的水以 $u=0.05m/s$ 的速度在管中流动。当壁温为 $t_w = 55^\circ\text{C}$ 时, 求对流传热系数。

$$\text{已知 } t_f = 25^\circ\text{C} \text{ 的水的物性参数: } \lambda = 0.6085W/m^\circ\text{C},$$

$$\nu = 9.05 \times 10^{-7} m^2/s, \beta = 3.21 \times 10^{-4} 1/^\circ\text{C}, Pr_f = 6.22$$

$$\mu_f = 9.027 \times 10^{-4} kg/m \cdot s$$

$$t_w = 55^\circ\text{C} \text{ 时, } Pr_w = 3.26, \mu_w = 5.096 \times 10^{-4} kg/m \cdot s$$

$$\left(\text{提示: } Nu_f = 0.15 Re_f^{0.32} Pr_f^{0.33} (Gr \cdot Pr)_f^{0.1} \left(\frac{Pr_f}{Pr_m} \right)^{0.25} \varepsilon_L \right)$$

$$\alpha = 437.6W/m^\circ\text{C}$$

10-5 在 $d=0.05m$ 的长直管中, 壁温保持 50°C , 试分别计算水和空气从 15°C 时对流传热系数。管中水流速度为 $0.267m/s$, 空气流速为 $4.00m/s$ 。

$$\text{已知: } 20^\circ\text{C} \text{ 时水的物性参数: } \lambda = 0.599W/m^\circ\text{C},$$

$$\nu = 1.006 \times 10^{-6} m^2/s, Pr = 7.02$$

$$20^\circ\text{C} \text{ 时空气的物性参数: } \lambda = 2.59 \times 10^{-2} W/m^\circ\text{C}$$

$$\nu = 15.06 \times 10^{-6} m^2/s, Pr = 0.703$$

(提示: $Nu_f = 0.023 Re_f^{0.8} Pr^n$, 液体被加热 $n=0.4$, 气体被加热 $n=0.3$)

$$\text{答: 对水: } \alpha = 1194W/m^2^\circ\text{C}, \text{ 对空气: } \alpha = 21.3W/m^2^\circ\text{C}$$

10-6 流量为 $3600kg/h$ 的水在直径为 $25mm$ 的光滑直管中自 15°C 加热到 65°C , 壁温 90°C , 求所需管长。

已知 $t_f = 40^\circ\text{C}$ 时水的物性参数: $C_p = 4174\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$

$$\lambda = 0.635\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}, \quad \nu = 0.659 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}, \text{Pr} = 4.31$$

$$\mu_f = 6.54 \times 10^{-4}\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$$

$t_w = 90^\circ\text{C}$ 时, $\mu_m = 3.147\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$

$$\text{(提示: } Nu = 0.023 Re_f^{0.8} Pr^{0.4} \left(\frac{\mu_f}{\mu_m}\right)^{0.11}$$

$$\alpha = 9240\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}, L=5.75\text{m})$$

10-7 一小型炉的炉壁高 0.6m, 宽 2.4m, 壁温 38°C , 周围空气温度为 22°C , 求该炉壁自然对流散热量。

已知: $t_m = 30^\circ\text{C}$ 时空气的物性参数: $\lambda = 0.262\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

$$\nu = 16.0 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}, \text{Pr} = 0.701$$

(提示: $Gr \cdot Pr < 10^9$ 层流, 查表 $C = 0.59, n = \frac{1}{4}$

$$\alpha = 3.41\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$$

$$Q = \alpha(t_w - t_f)A = 78.6\text{W})$$

10-8 427°C 的短金属棒经加热处理后, 垂直放于地面上, 棒高 0.9m, 直径 0.15m, 空气温度为 27°C 。计算棒曲面和空气的对流传热系数。

已知: $t_m = 227^\circ\text{C}$ 时空气的 $\lambda = 4.357 \times 10^{-2}\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$

$$\nu = 44.34 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}, \text{Pr} = 0.680$$

(提示: $Gr \cdot Pr > 10^9$ 紊流, 查表 $C = 0.10, n = \frac{1}{3}$

$$\alpha = 3.08\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

10-9 205℃的油以 0.30m/s 的速度流过长 3.00m, 宽 0.9m 的平板, 板温为 216℃, 试计算距板端 1m 和 3m 处的 δ, δ_t , 再计算板油间对流传热量。油的相关物性为: $\lambda = 0.120\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$

$$\nu = 2.0 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}, \text{Pr} = 40$$

答: 12.0, 3.14, 20.8, 5.19mm, 1.81kW

10-10 平均温度为 60℃的水以 1.0m/s 的流速在 $d=40\text{mm}, L=10\text{m}$, 壁温 100℃的管中流过, 实测压力降为 $\Delta P = 2.06\text{kPa}$, 试用 1) 经验式; 2) 雷诺类比律关系, 3) 柯尔本类比关系式计算对流传热量。

答: 1) $2.70 \times 10^5\text{W}$, 2) $4.32 \times 10^5\text{W}$, 3) $2.09 \times 10^5\text{W}$

10-11 将上题中的水改为流速 10m/s 的空气, 平均温度仍为 60℃, 其它条件不变, 用经验式计算对流传热量, 并与上题结果比较。

答: $2.16 \times 10^3\text{W}$

10-12 $D=200\text{mm}$ 的螺旋感应加热线圈, 用内径 $d=12\text{mm}$ 的铜管弯成, 内通水冷却, 平均水温 50℃, 流速 0.5m/s, 若管壁温度为 100℃, 求水与线圈的对流传热量。

答: 7.16kW/m

10-13 试分别计算 20℃的空气和 20℃的水横向流过 $t_w = 60^\circ\text{C}$, $d=0.05\text{mm}$ 思丝时的对流传热通量, 流体流速均为 $u=5\text{m/s}$ 。

答: 7.19kW/m, 1.41kW/m

10-14 直径 12.5mm 的滚珠从热处理炉中取出后, 用 27℃的空气以 6.1m/s 的速度吹风冷却。若滚珠表面平均温度为 173℃, 求滚珠表面和空气间的初始平均对流传热系数。

答: 122.9W/m²℃

10-15 $t_f = 800^\circ\text{C}$ 的烟气横向流过四排顺排的管束, 管间最小流

通截面处, $u_f = 5\text{m/s}$, 若管径 $d=80\text{mm}, S_1=160\text{mm}, S_2=240\text{mm}$,

$t_w=400^\circ\text{C}$, 求烟气与管束间的对流传热系数。

答：38.0W/m²°C

10-16 包扎有一层保温层的圆管散热，如忽略管壁热阻，则总热

阻可写为： $R_{\Sigma} = \frac{1}{a_{\Sigma_1} \pi d_1 L} + \frac{1}{2\pi L} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{a_{\Sigma_2} \pi d_2 L}$ 当包扎层外径

d_2 小于某一数值时， R_{Σ} 反而随 d_2 增加而减小，这一数值为临界直径。试由上式导出临界直径的表达式。

答： $d_2 = \frac{2\lambda}{a_{\Sigma_2}}$