

传热学（一）

- 计算题（本大题共 2 小题，每小题 12 分，共 24 分）

28. 一内径为 300mm、厚为 10mm 的钢管表面包上一层厚为 20mm 的保温材料，钢材料及保温材料的导热系数分别为 $48 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 和 $0.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，钢管内壁及保温层外壁温度分别为 $220 \text{ }^\circ\text{C}$ 及 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ，管长为 10m。试求该管壁的散热量。

29. 一内径为 75mm、壁厚 2.5mm 的热水管，管壁材料的导热系数为 $60 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，管内热水温度为 $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ，管外空气温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 。管内外的换热系数分别为 $500 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 和 $35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。试求该热水管单位长度的散热量。

传热学（一）参考答案

- 计算题（本大题共 2 小题，每小题 12 分，共 24 分）

28. 解：已知 $d_1 = 300 \text{ mm}$ $d_2 = 300 + 2 \times 10 = 320 \text{ mm}$ $d_3 = 320 + 2 \times 20 = 360 \text{ mm}$ $l = 10 \text{ m}$

$$\lambda_1 = 48 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) \quad \lambda_2 = 0.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K}) \quad t_{w1} = 220 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{w2} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{t_{w1} - t_{w3}}{\frac{1}{2\pi\lambda_1 l} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_2 l} \ln \frac{d_3}{d_2}} \\ &= \frac{220 - 40}{\frac{1}{2\pi \times 48 \times 10} \ln \frac{320}{300} + \frac{1}{2\pi \times 0.1 \times 10} \ln \frac{360}{320}} \end{aligned}$$

$$= 9591.226 \text{ W}$$

29. 解: 已知 $d_1 = 75\text{mm} = 0.075\text{m}$ $d_2 = 75 + 2 \times 2.5 = 80\text{mm} = 0.08\text{m}$

$\lambda = 60\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ $t_{f1} = 90\text{ }^\circ\text{C}$ $t_{f2} = 20\text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha_1 = 500\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

$\alpha_2 = 35\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$

$$q_1 = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \pi d_2}}$$

$$= \frac{90 - 20}{\frac{1}{500\pi \times 0.075} + \frac{1}{2\pi \times 60} \ln \frac{0.08}{0.075} + \frac{1}{35\pi \times 0.08}}$$

$$= 572.2\text{W/m}$$

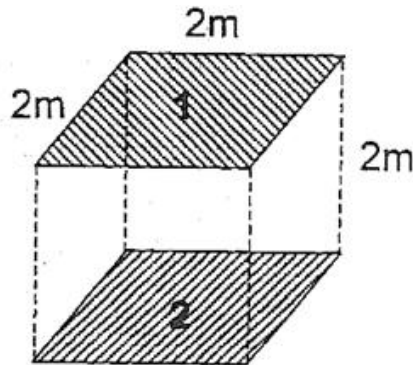
传热学 (二)

五、计算题 (本大题共 2 小题, 每小题 12 分, 共 24 分)

28. 两块平行放置的平板 1 和 2, 相关尺寸如图示。已知: $t_1 = 177\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $t_2 = 27\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $\varepsilon_1 = 0.8$ 、

$\varepsilon_2 = 0.4$ 、 $X_{1,2} = 0.2$ 。试用网络法求:

- 两平板之间的辐射换热量;
- 若两平板均为黑体表面, 辐射换热量又等于多少?



29. 一台逆流式换热器用水来冷却润滑油。流量为 2.5kg/s 的冷却水在管内流动，其进出口温度分别为 15℃ 和 60℃，比热为 4174J/(kg·k)；热油进出口温度分别为 110 和 70，比热为 2190 J/(kg·k)。传热系数为 400W (m²·k)。试计算所需的传热面积。

五、计算题（本大题共 2 小题，每小题 12，共 24 分）

28. 【参考答案及评分标准】

$$(1) \quad \Phi = \frac{E_{w1} - E_{w2}}{\frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1 F_1} + \frac{1}{F_1 X_{1,2}} + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_2 F_2}} = \frac{5.67 \left[\left(\frac{t_1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1 F_1} + \frac{1}{F_1 X_{1,2}} + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_2 F_2}} \quad (3 \text{ 分})$$

$$= \frac{5.67 \left[\left(\frac{177+273}{100} \right)^4 - \left(\frac{27+273}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1-0.8}{0.8 \times 2 \times 2} + \frac{1}{2 \times 2 \times 0.2} + \frac{1-0.4}{0.4 \times 2 \times 2}} \quad (2 \text{ 分})$$

$$= 1105.65 \text{ W} \quad (1 \text{ 分})$$

• 若两表面为黑体表面，则

$$\Phi = \frac{E_{w1} - E_{w2}}{\frac{1}{F_1 X_{1,2}}} = \frac{5.67 \left[\left(\frac{t_1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{F_1 X_{1,2}}} \quad (3 \text{ 分})$$

$$= \frac{5.67 \left[\left(\frac{177+273}{100} \right)^4 - \left(\frac{27+273}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{2 \times 2 \times 0.2}}$$

(2 分)

$$= 1492.63 \text{ W} \quad (1 \text{ 分})$$

若不写单位，扣 0.5 分若直接把值代入而没写出公式，也可给分。

29 . 【参考答案及评分标准】

已知: $q_{m2} = 2.5 \text{ kg/s}$ $t_1' = 100^\circ\text{C}$ $t_1'' = 70^\circ\text{C}$ $t_2' = 15^\circ\text{C}$ $t_2'' = 60^\circ\text{C}$

$$c_1 = 2190 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \quad c_2 = 4174 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \quad k = 400 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- 计算平均温差 Δt_m

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{(t_1'' - t_2') - (t_1' - t_2'')}{\ln \frac{t_1'' - t_2'}{t_1' - t_2''}} = \frac{(70 - 15) - (100 - 60)}{\ln \frac{70 - 15}{100 - 60}} = 52.46^\circ\text{C} \quad (5 \text{ 分})$$

(2) 计算水所吸收的热量

$$\Phi = q_{m2} c_2 (t_2'' - t_2') = 2.5 \times 4174 \times (60 - 15) = 469575 \text{ W} \quad (3 \text{ 分})$$

(3) 计算传热面积

由 $\Phi = kF\Delta t_m$ 得

$$F = \Phi / k\Delta t_m = 469575 / (400 \times 52.46) = 22.38 \text{ m}^2 \quad (4 \text{ 分})$$

若不写单位, 扣 0.5 分若没写公式, 直接把值代入, 也可给分。

传热学 (三)

四、简答题 (本大题共 2 小题, 每小题 8 分, 共 16 分)

26. 气体辐射有哪些特点?

27. 为什么高温过热器一般采用顺流式和逆流式混合布置的方式?

五、计算题 (本大题 2 小题, 每小题 12 分, 共 24 分)

28. 某炉墙由耐火砖和保温板组成, 厚度分别为 200mm 和 80mm, 导热系数分别为 $0.8 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 和 $0.11 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, 炉墙内外侧壁温分别为 600°C 和 70°C 。求炉墙单位面积的热损失和两层材料间的温度。

29. 以0.8m/s的流速在内径为2.5cm的直管内流动，管子内表面温度为60。C，水的平均温度为30。管长2m。试求水所吸收的热量。（已知30。C时，水的物性参数为： $C_p = 4.17 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ， $\lambda = 61.8 \times 10^{-2} \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ， $\rho = 995.7 \text{ kg}/\text{m}^3$ ， $\mu = 0.805 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ， $Pr = 5.42$ ，水60。C时的 $\nu = 469.9 \times 10^{-6} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ）。已知水在管内流动时的准则方程式为

$$(1) \quad Nu_f = 0.027 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.4} \varepsilon_1 \varepsilon_R$$

适用条件： $Re_f = 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$ ， $Pr_f = 0.6 \sim 120$ ，水与壁面间的换热温差 $t \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$

$$(2) \quad Nu_f = 0.027 Re_f^{0.2} Pr_f^{1/3} (\mu_f / \mu_w)^{0.11} \varepsilon_1 \varepsilon_R$$

适用条件： $Re_f = 10^4 \sim 1.75 \times 10^6$ ， $Pr_f = 0.6 \sim 700$ ，水与壁面间的换热温差 $t > 30$

以上两个准则方程式的定性温度均为流体的平均温度（ μ_w 的定性温度为管内壁温度），特性尺度为管内径。

传热学（三）参考答案

四、简答题（本大题共2小题，每小题8分，共16分）

26. 【参考答案及评分标准】

(1) 气体的辐射（和吸收）对波长有强烈的选择性，即它只能辐射和吸收某些波长范围内的能量。

(2) 气体的辐射（和吸收）是在整个容积中进行的。固体和液体不能穿透热射线，所以它们的辐射（和吸收）只在表面进行。

评分标准：(1) 答出4分；(2) 答出4分。

27. 【参考答案及评分标准】

(1) 因为在一定的进出口温度条件下，逆流的平均温差最大，顺流的平均温差最小，即采用逆流方式有利于设备的经济运行。

(2) 但逆流式换热器也有缺点，其热流体和冷流体的最高温度集中在换热器的同一端，使得该处的壁温较高，即这一端金属材料要承受的温度高于顺流型换热器，不利于设备的安全运行。

(3) 所以高温过热器一般采用顺流式和逆流式混合布置的方式，即在烟温较高区域采用顺流布置，在烟温较低区域采用逆流布置。

评分标准：(1) 答出 2 分；(2) 答出 2 分；

(3) 答出 3 分。

五、计算题（本大题共 2 小题，每小题 12 分，共 24 分）

• 28 . 【参考答案及评分标准】

29 . 【参考答案及评分标准】

传热学（四）

四、简答题（每小题 3 分，共 9 分）

43 . 简述物性参数导热系数和粘度对表面传热系数的影响。

44. 蒸汽凝结换热中有不凝结气体存在时，对凝结换热有什么影响？

45. 角系数有哪些特性？

五、计算题（每小题 5 分，共 15 分）

46. 平壁，厚度 $\delta=80\text{mm}$ ，两表面温度分别维持在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $0\text{ }^\circ\text{C}$ ，平壁的高温面受到流体的加热，流体温度 $t_f=100\text{ }^\circ\text{C}$ ，表面传热系数 $\alpha=200\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$ 。当处于稳态时，试确定平壁材料的导热系数。

47. 压缩空气在中间冷却器的管外横掠流过， $\alpha_0=90\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$ ，冷却水在管内流过 $\alpha_1=6000\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{k})$ 。冷却管是外径为 16mm ，厚 1.5mm 的黄铜管。求：

1) 此时的传热系数；

2) 若管外表面传热系数增加一倍，传热系数有何变化；

3) 若管内表面传热系数增加一倍，传热系数又作何变化。

48. 一顺流换热器，其冷流体进出口温度分别为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，热流体进出口温度分别为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，试比较对数平均温差和算术平均温差，并说明能否用算术平均温差代替对数平均温差？

六、综合计算（每小题 8 分，共 32 分）

49. 一平壁水泥泡沫砖构成，厚度为 50cm ，导热系数 $\lambda = 0.1 + 0.002t\text{ W/(m}\cdot\text{k)}$ ，高温面维持 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、低温面为 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试求：

(1) 通过平壁的热流密度；

(2) 维持热流密度不变时，计算在墙壁内温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处，距离高温墙面的厚度为多少？

50. $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的大铜板，被置于 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的炉中加热 10 分钟后，测得铜板温度上升到 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。已知铜板两侧与周围环境间的表面传热系数为 $125\text{ W/(m}^2\cdot\text{k)}$ ，铜板的 $\rho = 8440\text{ kg/m}^3$ ， $C_P = 377\text{ J/(kg}\cdot\text{k)}$ ， $\lambda = 110\text{ W/(m}\cdot\text{k)}$ 。试估算铜板的厚度是多少？

51. 水以 1.5 m/s 的速度流过内径为 25mm 的加热管。管的内壁温度保持 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，水的进口温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。若要使水的出口温度达到 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，求单位管长换热量。（不考虑修正）

[提示： $N_{Nu} = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4}$ ，已知： $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水

$$\lambda_f = 0.648\text{ W/(m}\cdot\text{k)}$$

$$\nu_f = 0.566 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}, Pr_f = 3.54]$$

52. 抽真空的保冷瓶胆是双壁镀银的夹层结构，外壁内表面温度为 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，内壁外表面温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，镀银壁黑度为 0.03 。计算由于辐射换热单位面积人散热量。

传热学（四）答案及评分标准

四、简答题（每小题 3 分，共 9 分）

43. （1）导热系数大，则流体内部、流体与壁面间的导热热阻小，表面传热系数就大。

（2）粘度大，流速就低，表面传热系数就小。

44. 形成气体热阻，使表面传热系数大大减少。

45. （1）角系数的相对性 $A_1 x_{12} = A_2 x_{21}$ （2 分）

（2）角系数的完整性 $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$ （1 分）

（3）角系数的可加性 $A_1 x_{1(2+3)} = A_1 x_{21} + A_1 x_{31}$ （1 分）

五、计算题（每小题 5 分，共 15 分）

46. 由 $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t = \alpha(t_f - t_w)$ （3 分）

$$\text{得 } \lambda = \frac{\alpha(t_f - t_w)\delta}{\Delta t} = \frac{200(100 - 20)}{(20 - 0)} \cdot 0.08 = 64 \text{ W/(m} \cdot \text{k)} \quad (2$$

分)

47. 1) 对于管外表面积的传热系数为

$$K = \frac{1}{\frac{1}{6000} \times \frac{16}{13} + \frac{0.016}{2 \times 111} \ln \frac{16}{13} + \frac{1}{90}} = 88.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)} \quad (2 \text{ 分)}$$

2) 略计算壁热阻，传热系数为

$$K = \frac{1}{0.000205 + \frac{1}{180}} = 174 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{k)}$$

传热系数增加了 96%

3)
$$K = \frac{1}{\frac{1}{12000} \times \frac{16}{13} \times 0.0111} = 89.2 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{k)}$$

传热系数增加还不到 1%

∴抓住分热阻最大的那个环节进行强化,才能收到显著效果。

48. 对数
$$\Delta t_{m1} = \frac{(80-10) - (50-30)}{\ln \frac{80-10}{50-30}} = 39.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

算术
$$\Delta t_{m2} = \frac{1}{2} [(80-10) + (50-30)] = 45 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (1 分)}$$

差别
$$\frac{\Delta t_{m2}}{\Delta t_{m1}} = \frac{4.5}{39.9} = 1.128 \text{ (1 分)}$$

六、综合计算 (每小巧玲珑题 8 分, 共 32 分)

49.
$$\lambda = 0.1 + 0.002 \times \left(\frac{200 + 50}{2} \right) = 0.125 \text{ W / (m} \cdot \text{k)} \text{ (2 分)}$$

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t = \frac{0.125}{0.5} \times (200 - 50) = 37.5 \text{ W / m}^2 \text{ (2 分)}$$

由
$$q = \frac{\lambda}{\delta_x} \Delta t_x = 37.5 \text{ W / m}^2 \text{ (1 分)}$$

有
$$\delta_x = \frac{\lambda}{q} \Delta t_x$$

$$\frac{0.125}{37.5} \times (200 - 70) = 0.433m = 433mm \quad (2 \text{ 分})$$

50. ①设 $B_i < 0.1$, 采用集总数法

$$\frac{\theta}{\theta_0} = e^{-\frac{aA}{FV} \tau}$$

$$\frac{150 - 400}{30 - 400} = e^{-\frac{125 \times 10 \times 60}{8440 \times 377L}}$$

$$0.6757 = e^{-0.0226/L}$$

$$L = 0.06m = 60mm, 2L = 120mm$$

②校核假设 $B_i = \frac{125 \times 0.06}{110} = 0.068 < 0.1$ 假设正确 (2

分)

51. 定性温度 $t_f = \frac{15 + 85}{2} = 50^\circ\text{C}$

$$R_{ef} = \frac{ud}{\nu_f} = \frac{1.5 \times 0.025}{0.556 \times 10^{-6}} = 6.74 \times 10^4 > 10^4$$

流动为紊流

$$N_{ef} = 0.023 R_{ef}^{0.8} P_r^{0.4} = 0.023 \times (6.74 \times 10^4)^{0.8} \times (3.54)^{0.4} = 278.3$$

$$\Phi_1 = \pi d \alpha (t_w - t_f) = 3.14 \times 0.025 \times 7213 (100 \times 50) = 28312W/m \quad (2 \text{ 分})$$

52.
$$q_{12} = \frac{E_{\delta 1} - E_{\delta 2}}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_1} - 1}$$

$$= \frac{5.67 \times (3.03^4 - 2.73^4)}{\frac{1}{0.03} + \frac{1}{0.03} - 1} \quad (2 \text{ 分})$$

$$= 2.48 \text{ W/m}^2$$

传热学（五）

三. 简答题（共 28 分）

1. 试比较准则数 Nu 和 Bi 的异同。（6 分）

得分

2. 应用准则关联式求管内对流换热系数时，定性温度如何确定？确定定性温度有何用处？（6 分）

得分

3. 用热电偶测量炉膛出口的烟气温度，有哪些因素会引起误差？对此可采取哪些措施？（8 分）

得分	4. 有一钢管换热器，热水在管内流动，空气在管间作多次折流，横向冲刷管束以冷却管内热水。拟改造采用管外加肋片并换钢管为铜管来增加冷却效
	果，试从传热角度来评价这个方案。（8分）

评分	阅卷人

四. 计算题（共 32 分）

得分	1. 一温度为 20℃ 的园钢，长 0.3m，直径为 0.06m，热导率为 35 W/(m·K)，
	密度为 7800 kg/m ³ ，比热容为 460J/(kg·K)，通过长 6m、温度为 1250℃ 的加热炉时表面传热系数为 100 W/(m ² ·K)。如欲将园钢加热到 850℃，试求园钢通过加热炉

的速度。（共 8 分）

得分

2. 用实验测定一薄壁管的流体平均对流换热系数。蒸汽在管外凝结并维持

管内壁温度为 100°C 。水在管内流动，流量为 $G=0.5\text{kg/s}$ ，水温从 15°C 升到 45°C 。管的内径 $d=50\text{mm}$ ，长 $L=4.5\text{m}$ 。试求管内流体与壁面间的平均换热系数。（已知水

在 30°C 时 $c_p=4174\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$)（6 分）

得分

3. 如图所示的一矩形受热面接受一加热器的辐射加热。该矩形表面长 3m ，宽

1m ，温度 $T_2=600\text{K}$ ， $\varepsilon_2 = 0.5$ 。加热器温度 $T_1=1000\text{K}$ ， $\varepsilon_1 = 0.8$ 。两表面互相平

行，相距为 1m。加热系统置于一大房间之中，房间壁温为 300K。试求受热面接受的辐射

换热量。（假设加热器表面及受热面均是漫射的灰体表面， $X_{1,2}=X_{2,1}=0.32$ ）（8 分）

得分

4. 在一逆流式水-水换热器中，管内为热水，进口温度 $t_1' = 100^\circ\text{C}$ ，

出口温度 $t_1'' = 80^\circ\text{C}$ ；管外流过冷水，进口温度 $t_2' = 20^\circ\text{C}$ ，出口温度 $t_2'' = 70^\circ\text{C}$ 。总换热量 $\Phi = 350\text{kW}$ ，共有 53 根内径为 16mm、壁厚为 1mm 的管子，管壁导热系数 $\lambda = 40\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，管外流体的表面传热系数 $h_0 = 1500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，管内流体为一个流程。假设管子内、外表面都是洁净的，试确定所需的管子长度。（10 分）

准则方程：

$$Nu_u = 0.023 R_e^{0.8} \cdot P_r^{0.3} \dots\dots\dots (\text{旺盛湍流 } R_e \geq 10^4)$$

$$Nu_u = 1.86 (R_e \cdot P_r \cdot d/L)^{1/3} \left(\frac{\eta_f}{\eta_w} \right)^{0.14} \dots\dots\dots (\text{层流 } R_e < 2300)$$

水的物性简表：

$t_f / ^\circ\text{C}$	$\frac{c_p}{\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})}$	$\frac{\rho}{\text{kg}/\text{m}^3}$	$\frac{\lambda \times 10^2}{\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})}$	$\frac{\eta \times 10^6}{\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})}$	$\frac{\nu \times 10^6}{\text{m}^2/\text{s}}$	P_{rf}
20	4.183	998.2	59.9	1004	1.006	7.02
45	4.174	990.1	64.15	601.4	0.608	3.93
70	4.187	977.7	66.8	406.1	0.415	2.55
80	4.195	971.8	67.4	355.1	0.365	2.21

90	4.208	965.3	68.0	314.9	0.326	1.95
100	4.220	958.4	68.3	282.5	0.295	1.75

传热学（五）答案及评分标准

一. 填空题（共 20 分，每题 2 分）

1. 热流密度，物体温度沿 n 方向的变化率；
2. 无关；
3. 厚，薄；
4. 珠状凝结和膜状凝结；
5. 导热系数小；

6. $P_r = \frac{\nu}{a}$ ，动量扩散厚度（流动边界层）与能量扩散厚度（热边界层厚度）；

7. 电磁波，真空；
8. 最强，最强；
9. 减小对流换热；
10. 平均温差法和效能-传热单元数法

二. 选择题（共 20 分，每题 2 分）

- 1.A; 2.C 3.B; 4.C; 5.B;
6.D; 7.B; 8.A; 9.B; 10.A

三. 简答题（共 28 分）

1. 答：从形式上看，Nu 数($N_u = \frac{hl}{\lambda}$)与 Bi 数($B_i = \frac{hl}{\lambda}$)完全相同，但二者物理意义却不同。

(1) Nu 数中的为流体的 λ 导热系数，而一般 h 未知，因而 Nu 数一般是待定准则。Nu 数的物理意义表示壁面附近流体的无量纲温度梯度，他表示流体对流换热的强弱。（3 分）

(2) Bi 数中的 λ 为导热物体的导热系数，且一般情况下 h 已知，Bi 数一般是已定准则。Bi 数的物理意义是导热物体内部导热热阻($\frac{l}{\lambda}$)与外部对流热阻($\frac{1}{h}$)的相对大小。（3 分）

2. 答：定性温度是指计算流体物性时所采用的温度。（2分）

应用准则关联式求管内对流换热系数时，定性温度原则上取进出口截面流体温度

的平均值。（2分）

定性温度用以计算流体的物性。在整理实验数据时按定性温度计算物性，则整个

流场中的物性就可认为是相应与定性温度下的值，即相当于把物性视为常数，于是物

性场相似的条件即自动满足。对同一批实验数据，定性温度不同使所得的准则方程

也可能不同。（2分）

3. 答：热电偶测温产生误差的原因主要有两个：

（1）由于热电偶本身向根部导热引起的；（2分）

（2）由于热电偶与周围冷表面辐射传热造成的。（2分）

针对上述两个原因，有效措施为：

（1）热电偶的插入深度足够长，第一种测温误差即可避免；（2分）

（2）采用抽气遮热罩式热电偶，减少热电偶的辐射散热量。（2分）

4. 答：传热效果增强，分析如下：

（1）强化传热时，对热阻比较大的一侧流体换热下功夫，往往能收到显著的效果。

即在传热温差不变时，改变传热过程中热阻大的那一环节的热阻，可以大大增加传

热过程的传热量。（2分）

（2）一般来说，如果要采取加肋片的方式强化传热过程的话，在 h 较小的一侧加肋

片才能收到显著的强化效果。（2分）

（3）铜的导热系数（纯铜为 399W/mK ）比钢的导热系数(碳钢约为 36.7W/mK)大（2分）。

（4）横向冲刷时表面传热系数大。（横向冲刷时热边界层薄且存在由于边界层

分离而产生的漩涡，增加了流体的扰动，因而换热强。) (2分)

四. 计算题 (共 32 分)

1、解: (1) 特征尺寸

$$l_c = \frac{V}{A} = \frac{\frac{1}{4}\pi d^2 l}{\pi d l + 2 \times \frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{\frac{\pi}{4} \times (0.06m)^2 \times 0.3m}{\pi \times 0.06m \times 0.3m + 2 \times \frac{\pi}{4} \times (0.06m)^2} = 0.0136m$$

(2分)

(2)用毕渥数来判断 (2分)

$$Bi_V = \frac{hl_c}{\lambda} = \frac{100 W / (m^2 \cdot K) \times 0.0136 m}{35 W / (m \cdot K)} = 0.039 < 0.1M$$

此处近似取 $M = \frac{1}{2}$ ，所以本题可用集总参数法分析。

(3)

$$\rho c v \frac{dt}{d\tau} = -hA(t - t_\infty) \text{ ("-" 表示物体被冷却)}$$

$$\theta = t - t_\infty$$

$$\rho c V \frac{d\theta}{d\tau} = -hA\theta$$

$$\theta(0) = t_0 - t_\infty = \theta_0$$

$$\text{分离变量并积分: } \ln \frac{\theta}{\theta_0} = -\frac{hA}{\rho c V} \tau$$

通过加热炉所需时间

$$\frac{\theta}{\theta_0} = \frac{t - t_\infty}{t_0 - t_\infty} = \exp\left(-\frac{hA}{\rho c V} \tau\right)$$

代入已知数据得

$$\frac{850 - 1250}{20 - 1250} = \exp\left[-\frac{100 W / (m^2 \cdot K)}{7800 kg / m^3 \times 460 J / (kg \cdot K) \times 0.0136 m} \tau\right]$$

求解得

$$\tau = 548.14s \quad (2分)$$

(4) 圆钢通过加热炉的速度

$$v = \frac{6m}{548.14s} = 0.0109m/s \quad (2 \text{ 分})$$

2. 解：水的定性温度 $t_f = (15+45)/2 = 30^\circ\text{C}$

水侧吸热量为 $\Phi = Gc_p(t_f'' - t_f')$ (2 分)

管内换热面积为 $A = \pi dL = \pi \times 0.05 \times 4.5 = 0.707\text{m}^2$

园管内对流换热的进出口换热温压：

$$\Delta t' = 100 - 15 = 85^\circ\text{C}$$

$$\Delta t'' = 100 - 45 = 55^\circ\text{C}$$

平均换热温压 $\Delta t_m = (\Delta t' + \Delta t'')/2 = (85 + 55)/2 = 70^\circ\text{C}$ (2 分)

所以
$$h = \frac{\Phi}{A\Delta t_m} = \frac{Gc_p(t_f'' - t_f')}{A\Delta t_m} = \frac{0.5 \times 4174 \times (45 - 15)}{0.707 \times 70} = 1265 / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$
 (2 分)

3. 解：本题属 3 表面组成封闭系的辐射换热问题，因房间表面积 A_3 很大，其表面热阻

$$\frac{1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_3 A_3} \text{ 可取为零。因此，} J_3 = E_{b,3} \text{ 是个已知量，其辐射网络图如下：}$$

(2 分)

其中

$$\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_{1,1}} = \frac{1 - 0.8}{0.8 \times 3} = \frac{1}{12};$$

$$\frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2} = \frac{1 - 0.5}{0.5 \times 3} = \frac{1}{3}$$

又因 $X_{1,2} = X_{2,1} = 0.32$

$$X_{1,3} = X_{2,3} = 1 - 0.32 = 0.68$$

$$E_{b1} = \sigma T_1^4 = 56700W/m^2$$

$$E_{b2} = \sigma T_2^4 = 7348.32W/m^2$$

$$E_{b3} = \sigma T_3^4 = 5.67 \times 10^{-8} \times 300^4 = 459.27W/m^2$$

$$A_1 = 1 \times 3 = 3m^2$$

$$A_2 = 3m^2$$

(共 2 分)

则节点方程组:

$$\frac{E_{b1} - J_1}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_1}} + \frac{J_2 - J_1}{\frac{1}{A_1 X_{1,2}}} + \frac{E_{b3} - J_1}{\frac{1}{A_1 X_{1,3}}} = 0$$

(1 分)

$$\frac{E_{b2} - J_2}{\frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2}} + \frac{J_1 - J_2}{\frac{1}{A_2 X_{1,2}}} + \frac{E_{b3} - J_2}{\frac{1}{A_2 X_{2,3}}} = 0$$

(1 分)

带入已知值, 得:

$$J_1 = 46143.25; J_2 = 11212.5$$

$$\Phi_2 = \frac{E_{b2} - J_2}{\frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 \cdot A_2}} = -11593W$$

(1 分)

$$\Phi_1 = \frac{E_{b1} - J_1}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 \cdot A_1}} = 126719W$$

(1 分)

表面辐射净换热量为负值表示该表面获得热量。

5. 解:

(a) 计算管内平均换热系数: (共 4 分)

$$t_f = \frac{1}{2}(100 + 80) = 90^\circ \text{C} \Rightarrow \lambda, \nu, P_r, c_p, \rho \text{见表} \dots (1 \text{分})$$

$$q_{m1} = \frac{\Phi}{c_p \Delta t} = \frac{350 \times 10^3}{4208 \times 20} = 4.159 (\text{kg} / \text{s}) \dots (1 \text{分})$$

$$R_e = \frac{4q_{m1}}{\pi d \eta} = \frac{4 \times 4.159}{3.14 \times 0.016 \times 965.3 \times 0.326 \times 10^{-6}} = 19844 > 10^4 \dots (1 \text{分})$$

$$h_i = 0.023 R_e^{0.8} \text{Pr}^{0.3} \frac{\lambda}{d} = 3275 \text{W} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}) \dots (1 \text{分})$$

(b) 计算传热系数：（2分）

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{h_0} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{d_2}{d_m} + \frac{1}{h_i} \frac{d_2}{d_1}} = \frac{1}{\frac{1}{1500} + \frac{0.001}{40} \times \frac{18}{17} + \frac{1}{3275} \times \frac{18}{16}} = 964.7$$

(c) 计算传热平均温差：（2分）

$$\Delta t_m = \frac{(80 - 20) - (100 - 70)}{\ln(60/30)} = 43.28$$

(d) 计算传热面积及管子长度：（2分）

$$A = \frac{\Phi}{k_0 \cdot \Delta t_m} = n \pi d l$$

$$l = \frac{A}{n \pi d} = \frac{350 \times 10^3}{964.7 \times 43.28} = 2.797 (\text{m})$$

传热学（六）

三简答题（共 28 分）

1. 试比较准则数 Nu 和 Bi 的异同。（6分）

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/147022113122010012>