

湘潭大学 2016 年硕士研究生入学考试初试正卷

参考答案及评分标准

科目代码: 857 科目名称: 化工原理(二)

适用专业: 专业方向 01-06

一、单项选择题（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

1. 直径为 $\phi 57 \times 3.5$ 的细管逐渐扩到 $\phi 108 \times 4$ 的粗管，若流体在细管内的流速为 4 m/s ，则在粗管内的流速为（ ③ ）。
① 0.25 m/s ② 0.5 m/s ③ 1 m/s ④ 2 m/s
2. 在静止流体内部各点的静压强相等的必要条件是（ ② ）。
① 同一种连续流体 ② 同一水平面上，同一种连续的流体
③ 同一种流体内部 ④ 连通着的两种流体
3. 对间壁两侧流体一侧恒温、另一侧变温的传热过程，逆流和并流时 Δt_m 大小为（ ① ）。
① $\Delta t_{m逆} = \Delta t_{m并}$ ② $\Delta t_{m逆} < \Delta t_{m并}$ ③ $\Delta t_{m逆} > \Delta t_{m并}$ ④ 无法确定
4. 含尘气体通过长 4 m 、宽 3 m 、高 1 m 的降尘室，已知颗粒的沉降速度为 0.25 m/s ，则除尘室的生产能力为（ ① ）。
① $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ② $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ③ $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ ④ $6 \text{ m}^3/\text{s}$
5. 在两灰体间进行辐射传热，两灰体的温度差 50°C ，现因某种原因，两者的温度各升高 100°C ，则此时的辐射传热量与原来的相比，应该（ ④ ）。
① 不变 ② 变小 ③ 不确定 ④ 增大
6. 若板式精馏塔内同一塔截面上的气液两相流的组成相等，则表明该塔的操作回流比为（ ② ）。
① 最小回流比 ② 全回流 ③ 介于①、②之间 ④ 0
7. 传质速率 N_A 等于分子扩散速率 J_A 的条件是（ ① ）。
① 等分子反向扩散 ② 定态过程 ③ 湍流流动 ④ 单向扩散
8. 增加板式塔的板间距，有利于提高板式塔的气相负荷，可有效减少板式塔的（ ① ）。
① 雾沫挟带量 ② 流体阻力 ③ 液面落差 ④ 漏液
9. 提高恒速干燥速率的有效方法是（ ② ），而提高降速干燥速率的有效方法是（ ④ ）。
① 增加干燥介质流量 ② 提高干燥介质温度
③ 降低固体物料的临界含水量 ④ 减小固体颗粒的粒径
10. 对于逆流操作的吸收塔，其它条件不变，当吸收剂用量趋于最小用量时，则（ ③ ）。
① 吸收率最高 ② 吸收推动力趋向最大

③吸收液浓度趋于最高

④出塔气浓度最低

二、填空题（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

11. 转子流量计属于（ ）型流量计，是通过（ ）来反映流量的。（截面）（变动的截面积）
12. 实际流体在直管内流过时，各截面上的总机械能（ ）守恒，因实际流体流动时有（ ）。（不）（摩擦阻力）
13. 热油和水在一套管换热器中换热，水由 30℃ 升至 80℃。若冷流体为最小值流体，热油的入口温度为 130℃，则传热效率为（ ）。（50%）
14. 离心泵启动前需要向泵内充满被输送的液体，否则将可能发生（ ）现象。离心泵的安装高度超过允许吸上高度时，将可能发生（ ）现象。（气缚）（气蚀）
15. 某二元理想物系的相对挥发度为 2.5，全回流操作时，已知塔内某块理论板的气相组成为 0.625，则下层塔板的气相组成为（ ）。（0.4）
16. 在卧式管壳式换热器中，用饱和水蒸气冷凝加热原油，则原油宜在（ ）程流动，总传热系数接近于（ ）的对流传热系数。（管）（原油侧）
17. 在气相的稳定分子扩散中，漂流因数反映（ ）对传质速率的影响。当混合气体中溶质组分的浓度很低时，漂流因数（ ）为 1。（总体流动）、（近似）
18. 气液平衡过程中，泡点方程表达（ ）与泡点温度之间的定量关系，露点方程是表达气相组成与（ ）温度之间的定量关系。（液相组成）（露点）
19. 对流干燥过程中，（ ）干燥器出口气的湿度和（ ）其温度可提高干燥的热效率。（提高）（降低）
20. 填料塔的 $\Delta p/Z-u$ 关系图中下转折点称为（ ），上转折点称为（ ）。（载点）（泛点）

三、简答题（共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分）

21. （4 分）沉降发生的前提条件是什么？其推动力有哪些？

答：沉降发生的前提条件是：分散相和连续相之间存在密度差，同时存在外力场的作用，以造成两相的相对运动。实现沉降操作的作用力可以是重力或离心力，因此，沉降过程有重力沉降和离心沉降两种方式。

22. （4 分）流体在平均直管内作稳态流动时，其平均流速 u 沿流程保持不变，并不因内摩擦而减速，这一说法是否正确？为什么？

答：不正确。根据连续性方程，流体在管内作稳态流动时，其平均流速随管截面积和流体密度而变。但当流体不可压缩时，该说法是正确的。

23. (4分) 室内暖气片(内部为热流体—水或水蒸气, 片外冷流体为冷空气)为什么只把外表面制成翅片状?

答: 因为暖气片外壁与空气的对流传热系数远小于片内水或水蒸气与内壁的对流传热系数, 即片外的对流传热热阻为控制热阻。要增大冷、热介质的换热速率, 改变片外的对流传热状况即减小控制热阻至关重要。暖气的外表面制成翅片状后, 有两种作用: ①明显地增大了外表面的传热面积, 使总传热系数(按光管传热面积计)较原来增大几倍。②安装翅片后, 加剧了空气的湍动程度, 破坏了层流内层, 亦可使总传热系数增大。

24. (4分) 什么叫板式塔的液泛?

答: 由于气液负荷大, 阻力降增加, 使下一层塔板的液体上升到上一层塔板上, 气液完全返混, 气液传质被破坏, 塔不能正常操作, 这种现象称为液泛。

25. (4分) 何谓恒定干燥条件?

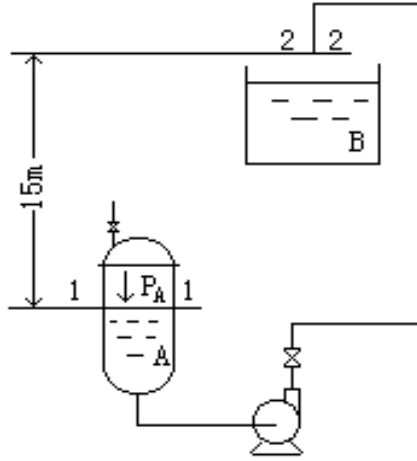
答: 按空气状态变化情况, 干燥过程可分为恒定干燥条件和变动干燥条件。恒定干燥条件是指在整个干燥过程中空气的温度、湿度及流速均保持不变。显然, 只有大量空气通过很小量湿物料时, 从物料中汽化的水分量很少, 才可近似认为空气状态参数维持恒定。在连续操作的干燥设备内不可能保持恒定干燥条件而为变动干燥条件。恒定干燥条件是假定的简化模型。

四、计算题(总共6小题)(任选作5小题并注明题号, 多选将按前面5小题计分, 每小 题18分, 共90分)

26. (18分) 某工艺每小时将 $2 \times 10^4 \text{ kg}$ 、 45°C 氯苯用泵从反应器 A 输送到高位槽 B (如附图所示), 管出口处距反应器液面的垂直高度为 15 m , 反应器液面上方维持 26.7 kPa 的绝压, 高位槽液面上方为大气压, 管子为 $\Phi 76 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ 、长 26.6 m 的不锈钢管, 管壁绝对粗糙度为 0.3 mm 。管线上有两个全开的闸阀、5 个 90° 标准弯头。 45°C 氯苯的密度为 1075 Kg/m^3 , 粘度为 $6.5 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。泵的效率为 70%, 试求泵的轴功率。

附: 各局部阻力系数 全开闸阀 $\zeta_1 = 0.17$, 90° 标准弯头 $\zeta_2 = 0.75$, 摩擦系数计算式

$$\lambda = 0.1 \left(\frac{\varepsilon}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.23}$$



解：如图，取 1-1、2-2 界面，以 1-1 截面为基准面

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g} + H_e = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \sum h_{f,1-2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$p_1 = 26.7 \text{ kPa}, \quad Z_1 = 0, \quad u_1 \approx 0, \quad p_2 = 101.3 \text{ kPa}, \quad Z_2 = 15 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$q_v = \frac{2 \times 10^4}{1075 \times 3600} = 5.17 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$u_2 = \frac{5.17 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0.068^2} = 1.42 \text{ m/s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$R_e = \frac{0.068 \times 1.42 \times 1075}{6.5 \times 10^{-4}} = 1.6 \times 10^5 \quad (1 \text{ 分})$$

$$H_e = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + \sum h_{f,1-2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\sum h_{f,1-2} = h_f + h'_f = h_f + 2h_{f,\text{闸}} + 5h_{f,\text{弯}} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\lambda = 0.1 \times \left(\frac{0.3}{68} + \frac{68}{1.6 \times 10^5} \right)^{0.23} = 0.0293 \quad (1 \text{ 分})$$

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} = 0.0293 \times \frac{26.6}{0.068} \times \frac{1.42^2}{2 \times 9.81} = 1.178 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$h'_f = (0.5 + 2 \times 0.17 + 5 \times 0.75) \times \frac{1.42^2}{2 \times 9.81} = 0.4717 \text{ m} \quad (2 \text{ 分})$$

$$H_e = \frac{(101.3 - 26.7) \times 10^3}{1075 \times 9.81} + 15 + \frac{1.42^2}{2 \times 9.81} + 1.178 + 0.4717 = 23.83 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$N_e = H_e q_v \rho g = 23.83 \times 5.168 \times 10^{-3} \times 1075 \times 9.81 = 1.30 \times 10^3 W \quad (2 \text{ 分})$$

$$N = \frac{N_e}{\eta} = \frac{1.30 \times 10^3}{0.7} = 1.86 \times 10^3 W = 1.86 kW \quad (2 \text{ 分})$$

27. (18 分) 在实验室用一片过滤面积为 $0.1 m^2$ 的滤叶对某种颗粒在水中的悬浮液进行试验, 过滤压强差为 $500 mmHg$, 过滤 5 分钟后得滤液 1 升, 又过滤 5 分钟得滤液 0.6 升。若再过滤 5 分钟, 可再得滤液若干升?

解: 为了解滤液量与过滤时间的变化关系, 需先求出恒压过滤条件下的过滤常数 K 及 q_e 。 (1 分)

恒压过滤方程可写成: $q^2 + 2q_e q = K\theta$ (2 分)

已知: $A = 0.1 m^2$; $\theta_1 = 5 min = 300s$, $V_1 = 1L = 0.001 m^3$; $\theta_2 = 5 + 5 min = 600s$,

$$V_2 = 1 + 0.6L = 0.0016 m^3 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{则有: } (0.001/0.1)^2 + 2q_e \times (0.001/0.1) = K \times 300 \quad (a) \quad (2 \text{ 分})$$

$$(0.0016/0.1)^2 + 2q_e \times (0.0016/0.1) = K \times 600 \quad (b) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立求解上两式得: } q_e = 7 \times 10^{-3} m, K = 8 \times 10^{-7} m^2/s \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{则 } \Delta p = 500 mmHg \text{ 时的恒压过滤方程为: } q^2 + 2 \times 7 \times 10^{-3} q = 8 \times 10^{-7} \theta \quad (2 \text{ 分})$$

当 $\theta_3 = 5 + 5 + 5 min = 900s$ 时, 由 $q^2 + 2 \times 7 \times 10^{-3} q = 8 \times 10^{-7} \times 900$ 解得:

$$q_3 = 2.1 \times 10^{-2} m^3/m^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{则有: } V_3 = (2.1 \times 10^{-2}) \times 0.1 m^3 = 2.1 \times 10^{-3} m^3 = 2.1L \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由此可知, 若再过滤 5 分钟, 可得滤液量为: } 2.1 - (1 + 0.6) = 0.5L \quad (1 \text{ 分})$$

28. (18 分) 某列管换热器由多根 $\Phi 25 mm \times 2.5 mm$ 的钢管组成, 将流量为 $15 \times 10^3 kg/h$ 由 $20^\circ C$ 加热到 $55^\circ C$, 苯在管中的流速为 $0.5 m/s$, 加热剂为 $130^\circ C$ 的饱和水蒸汽在管外冷凝, 其汽化潜热为 $2178 kJ/kg$, 苯的对流传热系数为 $834 W/(m^2 \cdot K)$, 比热容 C_p 为 $1.76 kJ/(kg \cdot K)$, 密度 ρ 为 $858 kg/m^3$, 热损失、管壁热阻及污垢热阻均忽略不计, 蒸汽冷凝时的对流传热系数 α 为 $10 \times 10^4 W/(m^2 \cdot K)$ 。试求:

(1) 水蒸汽用量 kg/h ; (4 分)

(2) 总传热系数 K (以管外表面积为准); (4 分)

(3) 换热器所需管子根数 n ; (3 分)

(4) 求传热面积及单根管子长度 L 。(7 分)

解: (1) 水蒸汽用量 kg/h

$$\text{热负荷: } Q = Wh \cdot r = Wc \cdot Cp(t_2 - t_1) = 15 \times 10^3 \times 1.76 \times (55 - 20) = 9.24 \times 10^5 kJ/h \quad (2 \text{ 分})$$

$$Wh = \frac{Q}{r} = \frac{9.24 \times 10^5}{2178} = 424.2 \text{ kg/h} \quad (2 \text{ 分})$$

(2)总传热系数 K (以管外表面积为准)

基于外表面积的总传热系数 K :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} + \frac{d_o}{\alpha_i d_i}} = \frac{1}{\frac{1}{100000} + \frac{25}{834 \times 20}} = 663 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (4 \text{ 分})$$

(3)换热器所需管子根数 n

$$q_v = n \frac{\pi}{4} d^2 u$$

$$n = \frac{q_v}{\frac{\pi}{4} d^2 u} = \frac{15 \times 10^3}{0.785 \times 0.02^2 \times 0.5 \times 3600 \times 858} = 31 \text{ 根} \quad (3 \text{ 分})$$

(4)单根管子长度 L

由传热基本方程: $Q = KA\Delta t_m$ $A = \frac{Q}{K\Delta t_m}$ (1 分)

$$\Delta t_m = \frac{(130 - 20) - (130 - 55)}{\ln \frac{(130 - 20)}{(130 - 55)}} = 91.4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2 \text{ 分})$$

$$A = \frac{Q}{K\Delta t_m} = \frac{9.24 \times 10^5 \times 1000}{\times 3600 \times 663 \times 91.4} = 4.24 \text{ m}^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$A = \pi d_0 L n$$

单根管子长度 L : $L = \frac{4.24}{\pi \times 0.025 \times 31} = 1.74(\text{m}) \quad (2 \text{ 分})$

29. (18 分) 一连续精馏塔, 泡点进料, 每小时向塔釜加入含甲醇 40% (摩尔分率, 下同) 的水溶液 200 kmol, 要求塔顶馏出液组成为 0.95, 塔釜残液组成为 0.05, 塔顶采用全凝器, 实际操作的回流比为最小回流比的 1.50 倍, 操作条件下物系的平均相对挥发度为 2.50。试求:

(1)塔顶馏出液量及塔底馏出液量, kmol/h; (5 分)

(2)操作的最小回流比; (5 分)

(3)用逐板法计算从精馏塔顶部往下数的第二块理论板上的汽、液相组成。(8 分)

解: (1)塔顶馏出液量, kmol/h

$$q_{n,F} = q_{n,D} + q_{n,W} \quad 200 = q_{n,D} + q_{n,W} \quad (2 \text{ 分})$$

$$q_{n,F} \cdot x_F = q_{n,D} \cdot x_D + q_{n,W} \cdot x_W \quad 200 \times 0.4 = q_{n,D} \times 0.95 + q_{n,W} \times 0.05 \quad (2 \text{ 分})$$

$$q_{n,D} = 77.78 \text{ kmol/h} \quad q_{n,W} = 122.22 \text{ kmol/h} \quad (1 \text{ 分})$$

(2)操作的最小回流比

$$\text{泡点进料: } x_q = x_F = 0.4 \quad y_q = \frac{\alpha x_q}{1 + (\alpha - 1)x_q} = \frac{2.5 \times 0.4}{1 + (2.5 - 1) \times 0.4} = 0.625 \quad (3 \text{ 分})$$

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_q}{y_q - x_q} = \frac{0.95 - 0.625}{0.625 - 0.4} = 1.444 \quad (2 \text{ 分})$$

(3)用逐板法计算从精馏塔顶部往下数的第二块理论板上的汽、液相组成

$$\text{精馏线: } y_{n+1} = \frac{R}{R+1}x_n + \frac{1}{R+1}x_D = \frac{1.5}{1.5+1}x_n + \frac{0.95}{1.5+1} = 0.6x_n + 0.38 \quad (2 \text{ 分})$$

$$y_1 = x_D = 0.95 \quad (1 \text{ 分})$$

$$y_1 = \frac{\alpha x_1}{1 + (\alpha - 1)x_1} = \frac{2.5x_1}{1 + 1.5x_1} = 0.95 \quad x_1 = 0.884 \quad (2 \text{ 分})$$

$$y_2 = 0.6x_n + 0.38 = 0.6 \times 0.884 + 0.38 = 0.9104 \quad (2 \text{ 分})$$

$$y_2 = \frac{2.5x_2}{1 + 1.5x_2} = 0.9104 \quad x_2 = 0.803 \quad (1 \text{ 分})$$

30. (18 分) 在填料层高度为 3 m 的常压逆流操作的吸收塔内, 用清水吸收空气中的氨, 操作的液气比 $L/V = 0.9$ 。原混合气含氨 5% (摩尔分率), 塔顶尾气含氨 0.5% (摩尔分率)。已知在该塔操作条件下, 氨-水系统平衡关系可用 $Y^* = mX$ (m 为相平衡常数, Y 、 X 为摩尔比) 表示, 且通过实验测得与含氨 1.77% (摩尔分数) 的混合气充分接触后的水中氨的浓度为 18.89 g/1000 g 水。试求:

(1)吸收液的出口浓度; (6 分)

(2)该填料塔的气相总传质单元高度, m 。(12 分)

解: (1)吸收液的出口浓度

$$L/V = 0.9$$

$$Y_1 = \frac{0.05}{1 - 0.05} = 0.0526 \quad Y_2 = \frac{0.005}{1 - 0.005} = 0.005 \quad X_2 = 0 \quad (3 \text{ 分})$$

$$X_1 = \frac{V(Y_1 - Y_2)}{L} = \frac{0.0526 - 0.005}{0.9} = 0.0529 \quad (3 \text{ 分})$$

(2)该填料塔的气相总传质单元高度

$$X = \frac{18.89/17}{1000/18} = 0.02 \quad Y = \frac{0.0177}{1 - 0.0177} = 0.018 \quad (2 \text{ 分})$$

$$m = Y^* \div X = 0.018 \div 0.02 = 0.9 \quad (2 \text{ 分})$$

$$Y_1^* = mX_1 = 0.9 \times 0.0529 = 0.0476 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\Delta Y_1 = Y_1 - Y_1^* = 0.0523 - 0.0476 = 0.0047, \Delta Y_2 = Y_2 - Y_2^* = 0.005, \Delta Y_m = 0.0048 \quad (2 \text{ 分})$$

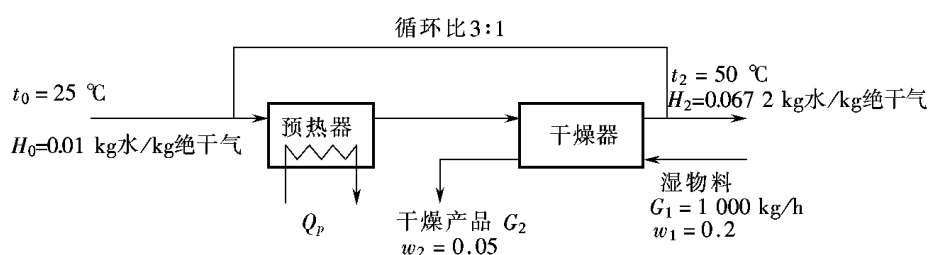
$$N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_m} = \frac{0.0526 - 0.005}{0.0048} = 9.92 \quad (2 \text{ 分})$$

$$H_{OG} = \frac{H}{N_{OG}} = \frac{3}{9.92} = 0.302(m) \quad (2 \text{ 分})$$

31. (18 分) 采用如图所示的废气循环系统干燥湿物料, 已知数据标于本题附图中。假设系统热损失可忽略, 干燥操作为等焓干燥过程。试求:

(1) 新鲜空气的消耗量; (9 分)

(2) 进入干燥器的湿空气的温度及焓。(9 分) ($I = (1.01 + 1.88H)t + 2490H$)



解: (1) 新鲜空气的消耗量

已知: 湿基含水量 $w_1 = 0.2$, $w_2 = 0.05$ (1 分)

$$\text{干基含水量: } X_1 = \frac{w_1}{1 - w_1} = \frac{0.2}{1 - 0.2} = 0.25, \quad X_2 = \frac{w_2}{1 - w_2} = \frac{0.05}{1 - 0.05} = 0.053 \quad (2 \text{ 分})$$

$$G = G_1(1 - w_1) = 1000 \times (1 - 0.2) = 800 \text{ kg 绝干物料/h} \quad (2 \text{ 分})$$

$$W = G(X_1 - X_2) = 800 \times (0.25 - 0.053) = 157.6 \text{ kg 水分/h} \quad (2 \text{ 分})$$

对整个系统进行物料衡算:

$$L_0 = \frac{W}{H_2 - H_0} = \frac{157.6}{0.0672 - 0.01} = 2755 \text{ kg 绝干气/h} \quad (1 \text{ 分})$$

$$L = L_0(1 + H_0) = 2755 \times (1 + 0.01) = 2783 \text{ kg 新鲜空气/h} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 进入干燥器的湿空气的温度及焓

由于干燥过程无热量损失, 干燥过程可以认为是一个绝热等焓过程。(1 分)

$$I_1 = I_2 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2490H_2 = (1.01 + 1.88 \times 0.0672) \times 50 + 2490 \times 0.0672 = 224.6 \text{ kJ/kg 绝干气} \quad (2 \text{ 分})$$

$$L_{\text{循环}} = 3L_0 = 3 \times 2755 = 8265 \text{ kg 绝干气/h} \quad (1 \text{ 分})$$

$$H_m = \frac{L_0 H_0 + L_{\text{循环}} H_2}{L_0 + L_{\text{循环}}} = \frac{2755 \times 0.01 + 8265 \times 0.0672}{2755 + 8265} = 0.0529 \text{ kg / kg 绝干气} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由 } I_1 = (1.01 + 1.88H_m)t_1 + 2490H_m \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{求得: } 224.6 = (1.01 + 1.88 \times 0.0592)t_1 + 2490 \times 0.0592 \quad t_1 = 83.32 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2 \text{ 分})$$