6.6.4换热器操作型计算

1.操作型两类命题（A已定）

	已知	待求
第一类	$q_{m1}c_{p1},T_1,t_1,q_{m2},c_{p2}$	T_2,t_2
第二类	$q_{m1}c_{p1},T_1,t_1,T_2$	q_{m2},t_2

2.基本思路与方法——试差法

（1）传热计算三个基本方程

热量衡算：$$Q=q_{m1}c_{p1}(T_1-T_2)=q_{m2}c_{p2}(t_2-t_1)$$ ①

传热速率：$$Q=KA\Delta t_m=KA\frac{\Delta t_2-\Delta t_1}{\ln\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$ ②

热阻：$$\frac{1}{K}=\frac{1}{\alpha_i}+\frac{1}{\alpha_0}$$ ③

（2）试差法

试差原因：Δt_m计算式非线性

第一类命题：

已知：$\frac{q_{m2}c_{p2}}{q_{m1}c_{p1}}$ ，T_1，t_1，逆流

∵q_{m1}，q_{m2}均已知，所以α_1，α_2，K都可计算

$$A_{计}=\frac{Q}{K\Delta t_m}=\frac{(q_m c_p)_1(T_1-T_2)}{K\Delta t_m}$$

试差步骤：

设T_2 $\xrightarrow{由(1)}$ t_2计 $\xrightarrow{由(2)}$ $A_{计}$ $\xrightarrow{校验}$ $A_{已知}$

第二类命题：

已知： $q_{m1}c_{p1},T_1,t_1,T_2$

求： q_{m2} , t_2

由于K=f（q_{m2}）使问题更复杂。

试差步骤：

设q_{m2} → { 由(3) $K_{计}$; 由(1) $t_{2计}$ } → $A_{计}$ 校核 $A_{已知}$

第二类命题只能试差。

3.第一类命题精确解

消元法：

以逆流，无相变为例

$$q_{m1}c_{p1}(T_1-T_2)=KA\frac{(T_1-t_2)-(T_2-t_1)}{\ln\dfrac{T_1-t_2}{T_2-t_1}}$$

$$=KA\frac{(T_1-T_2)-(t_2-t_1)}{\ln\dfrac{T_1-t_2}{T_2-t_1}}$$

移项处理

$$\ln\frac{T_1-t_2}{T_2-t_1}=\frac{KA}{q_{m1}c_{p1}}\left[1-\frac{t_2-t_1}{T_1-T_2}\right]$$

对第一类命题已知 q_{m1cp1}，q_{m2cp2}

由热量衡算式得 $q_{m1}c_{p1}(T_1-T_2)=q_{m2}c_{p2}(t_2-t_1)$

$$\frac{q_{m2}c_{p2}}{q_{m1}c_{p1}}=\frac{T_1-T_2}{t_2-t_1}$$

$$\ln\frac{T_1-t_2}{T_2-t_1}=\frac{KA}{q_{m1}c_{p1}}\left[1-\frac{q_{m1}c_{p1}}{q_{m2}c_{p2}}\right]$$

因而便可联立

速率式 $$\ln\frac{T_1-t_2}{T_2-t_1}=\frac{KA}{q_{m1}c_{p1}}\left[1-\frac{q_{m1}c_{p1}}{q_{m2}c_{p2}}\right]$$

衡算式 $$\frac{t_2-t_1}{T_1-T_2}=\frac{q_{m1}c_{p1}}{q_{m2}c_{p2}}$$

求得冷、热流体的进、出口温度

例：已知：T=110℃ 饱和蒸汽，t_1=30℃, t_2=100℃, q_{m2}'=1.5q_{m2}

求：(1)t_2'(2) t_2'维持100℃的措施

解：(1) $$Q = q_{m2}c_{p2}(t_2 - t_1) = KA\frac{t_2 - t_1}{\ln\frac{T - t_1}{T - t_2}}$$

$$\ln\frac{T - t_1}{T - t_2} = \frac{KA}{q_{m2}c_{p2}}$$

又新工况下 q_{m2}'=1. 5q_{m2}

$$\ln\frac{T - t_1}{T - t_2}' = \frac{K'A}{q_{m2}'c_{p2}}$$

∵饱和水蒸气冷凝，管壁热阻可忽略

∴ $K \approx \alpha_2 \propto q_{m2}^{0.8}$

∴ $K' = (\frac{q_{m2}'}{q_{m2}})^{0.8} K = 1.5^{0.8} K$

∴ $\ln \frac{T - t_1}{T - t_2'} = \frac{K'A}{q_{m2}' c_{p2}} = \frac{1.5^{0.8} KA}{1.5 q_{m2} c_{p2}}$

$= \frac{1}{1.5^{0.2}} \ln \frac{T - t_1}{T - t_2}$

$= \frac{1}{1.5^{0.2}} \ln \frac{110 - 30}{110 - 100} = 1.92$

即 $\dfrac{110-30}{110-t_2'}=6.8$

解得 $t_2'=98.2℃$

(2) t_2'维持100℃，必须提高T的温度

即 $\dfrac{T-30}{T-100}=6.8$

$\therefore T=112.1℃$（习题6－30）

例：q_{m1}=1.5kg/s，r=395kJ/kg，T=60℃，管束n根ϕ25×2.5mm,管内河水t_1=25℃，不计管外冷凝、管壁、垢层热阻，N_p=1求：(1)q_{m2}；(2)n，L（u=1m/s），(3) n不变，N_p'=2，q_{m1}'

解：(1) **从Δt_m>10℃及防止水中盐类析出为原则，选t_2=38℃**

$$\bar{t} = (25+38)/2 = 31.5\,℃$$

查附录得ρ=995kg/m³，c_{p2}=4.1kJ/kg·℃，λ=0.619W/m·℃，μ=77.9×10⁻⁵Pa·s，Pr=5.25

由热量衡算得$q_{m1}r = q_{m2}c_{p2}(t_2-t_1)$

$$q_{m2} = \frac{q_{m1}\cdot r}{c_{P2}(t_2-t_1)} = \frac{1.5\times 395}{4.17\times(38-25)} = 10.9(kg/s)$$

(2) 取水在管内流速为1m/s左右，则

$$n=\frac{q_{m2}}{0.785d^2\rho u}=\frac{10.9}{0.785\times0.02^2\times995\times1}=35$$

取n=36根

$$G=\rho u=\frac{q_{m2}}{0.785d^2n}=\frac{10.9}{0.785\times0.02^2\times36}$$

$$=964kg/m^2\cdot s$$

$$Re=\frac{dG}{\mu}=\frac{0.02\times964}{77.9\times10^{-5}}=2.47\times10^4>10^4$$

$$\alpha=0.023\frac{\lambda}{d}Re^{0.8}Pr^{0.4}=0.023\times\frac{0.619}{0.02}\times(2.47\times10^4)^{0.8}\times5.25^{0.4}$$

$$=4.52\times10^3W/m^2\cdot K$$

$$\therefore K=\alpha=4.52\times10^3W/m^2\cdot K$$

$$q_{m2}c_{p2}(t_2-t_1)=KA\frac{t_2-t_1}{\ln\frac{T-t_1}{T-t_2}} \quad 得 \frac{T-t_1}{T-t_2}=exp\left(\frac{KA}{q_{m2}c_{p2}}\right) \qquad (1)$$

$$即 A=\frac{q_{m2}c_{p2}}{K}\ln\frac{T-t_1}{T-t_2}$$

$$=\frac{10.9\times4.17\times10^3}{4.52\times10^3}\ln\frac{60-25}{60-38}=4.67(m^2)$$

$$L=\frac{A}{n\pi d}=\frac{4.67}{36\times3.14\times0.02}=2.06(m)$$

验L/d=103>30~40

(3) 改为双管程，流速变化，K也变化

$$K = \alpha \propto u^{0.8} \propto N_P^{0.8}$$

$$\therefore \frac{K'}{K} = \left(\frac{N_P'}{N_P}\right)^{0.8} \quad \therefore K' = 2^{0.8}K = 1.74K$$

由（1）式得

$$\frac{T - t_1}{T - t_2'} = exp\left(\frac{K'A}{q_{m2}c_{P2}}\right)$$

$$= exp\left(\frac{1.74KA}{q_{m2}c_{P2}}\right) = \left(\frac{T - t_1}{T - t_2}\right)^{1.74}$$

$$\therefore \frac{60 - 25}{60 - t_2'} = \left(\frac{60 - 25}{60 - 38}\right)^{1.74}$$

$$t_2' = 44.4°C$$

$$\because q_{m1} r = q_{m2} c_{p2} (t_2 - t_1)$$

$$\therefore \frac{q'_{m1}}{q_{m1}} = \frac{t_2' - t_1}{t_2 - t_1} = \frac{44.4 - 25}{38 - 25} = 1.49$$

$$q'_{m1} = 1.49 \times 1.5 = 2.24 kg/s$$

习题：

26,27,28,31,36