



廣東工業大學
Guangdong University of Technology

加热过程炯经济分析

小组成员：陈景煜、黄鸿霓、陈瑜芬、李佳璇、马修华、吕英豪、王平

汇报人：

本组题目为：

为完成预定的冷流加热任务，有两种热源可供选择：

一种为高温热源，如饱和蒸汽：1MPa；另一种为低温热源，如饱和水1MPa。

其组成相同，压力相同，总用能相同，即， $E = m(h-h_0)$ 。

请问你们会选择那一种？

已知

- 待加热物流进出口 $T=80/160^{\circ}\text{C}$
- 待加热负荷10kW
- $C=3800+1020A^{0.86}$
- $K_{\text{蒸汽}}=4\text{kW}/\text{m}^2\text{K}$
- $K_{\text{热水}}=1\text{kW}/\text{m}^2\text{K}$
- 蒸汽200元/吨；热水50元/吨
- 高温热源出口工质为饱和水1MPa，低温热源出口工质为1MPa 150℃的水

要求

- 换热器寿命按15年计算，年利率8%；
- 计算炯效率、炯成本；总成本对比

应用背景

换热器在石油、化工、轻工、制药、能源等工业生产中，常常用作把低温流体加热或者把高温流体冷却，把液体汽化成蒸汽或者把蒸汽冷凝成液体。换热器既可是一种单元设备，如加热器、冷却器和凝汽器等；也可是某一工艺设备的组成部分，如氨合成塔内的换热器。换热器是化工生产中重要的单元设备，根据统计，热交换器的吨位约占整个工艺设备的20%有的甚至高达30%，其重要性可想而知。

按冷热流体流动方向来分：顺流式、逆流式、错流式、混流式。



加热过程焓经济分析

(1) 高温热源：1Mpa 饱和蒸汽

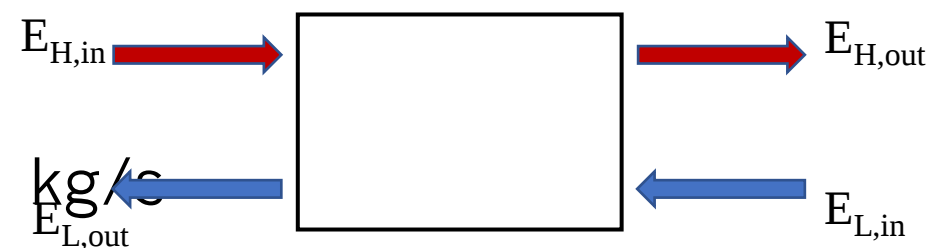
加热物	焓值 (KJ/kg)	温度 (°C)
饱和蒸汽 (入口)	2776.16	180
饱和水 (出口)	762.6	180

待加热物	焓值 (KJ/kg)	温度 (°C)
未饱和水	335.71	80
	675.8	160

热负荷： $E = 10 \text{ kW}$

$$e_1 = h_1 - h_2 = 2013.56 \text{ kJ/kg}$$

蒸汽流量： $q_{m1} = E / e_1 = 10 / 2013.56 = 0.005 \text{ kg/s}$



由热源相变潜热供热，采用传热单元数法计算传热有效度 ε ，从而得出A。

传热有效度 ε ：实际传热量与最大可能传热量之比。 $\varepsilon = Q/Q_{\max}$

当热流体的热容流率较小时：

$$(WC_p)_{\min} = W_h c_{p,h}$$

$$\varepsilon = \frac{W_h c_{p,h} (T_1 - T_2)}{W_h c_{p,h} (T_1 - t_1)} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_1}$$

若冷流体的热容流率较小时：

$$(W_h c_{p,h})_{\min} = W_c C_{pC}$$

$$\varepsilon = \frac{W_c C_{pC} (t_2 - t_1)}{W_c C_{pC} (T_1 - t_1)} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$Q = \varepsilon Q_{\max} = \varepsilon (WC_p)_{\min} (T_1 - t_1)$$

两流体的初始温差

$$\varepsilon = \frac{160 - 80}{180 - 80} = 0.8$$

加热过程焓经济分析

$$\text{顺流传热有效度: } \varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 + R_c)]}{1 + R_c}$$

$$\text{逆流传热有效度: } \varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - R_c)]}{1 - R_c \exp[-NTU(1 - R_c)]}$$

其中: $NTU = \frac{KA}{W_{\min}}$, 表示换热能力的大小。

$$R_c = \frac{W_{\min}}{W_{\max}}$$

其中一种流体是在相变中传热, $W_{\max} \rightarrow \infty$, $R_c = 0$, 以上式子均可以简化成: $\varepsilon = \frac{1 - \exp(-\frac{KA}{W_2})}{1}$

$$W_2 = \frac{E}{160 - 80} = \frac{10}{80} = 0.125 \text{ KW/K}$$

$A \approx 0.32 \text{ m}^2$

0.8

ε

$\frac{KA}{W_2}$

$$C_1 = 3800 + 1020 \times 0.32^{0.86} \approx 0.42w \text{ (元)}$$

$$C_2 = 0.005 \times 15 \times 365 \times 24 \times 3600 \times 200 \approx 47.3w \text{ (元)}$$

$$\text{十五年总费用} \times 1.08^{15} = 47.72 \times 1.08^{15} \approx 151.3w \text{ (元)}$$

加热过程炯经济分析



I	J	K	L	M	N	O	P
蒸汽方案							
	数值	单位					
热负荷Q	10	kW					
待加热物流入口温度 T_3	353	K	80	T_L	393		
待加热物流出口温度 T_4	433	K	160				
热源入口温度 T_1	453	K	180	T_H	453		
热源出口温度 T_2	453	K	180				
环境温度 T_0	300	K	27				
所以TH处热量火用为: $E_{Q_H} = (1 - \frac{T_0}{T_H})Q$			3.377483444	kW			
所以TL处热量火用为: $E_{Q_L} = (1 - \frac{T_0}{T_L})Q$			2.366412214	kW			
火用损失E1为: $E_L = E_{Q_H} - E_{Q_L}$			1.01107123	kW			
火用效率: $\eta = \frac{E_{x, get}}{E_{x, Q_1}}$			0.700643616				

(2) 低温热源: 1Mpa 饱和水

加热物	焓值 (KJ/kg)	温度(°C)
饱和水 (入口)	763.05	180
未饱和水 (出口)	632.18	150

待加热物	焓值 (KJ/kg)	温度 (°C)
未饱和水	335.71	80
	675.8	160

热负荷: $E = 10 \text{ kW}$

$$e_2 = h_2 - h_0 = 130.87 \text{ kJ/kg}$$

水流量: $q_{m2} = E / e_2 = 10 / 130.87 = 0.076 \text{ kg/s}$

$$E = K_2 A_2 \Delta T$$

换热器面积 A_2 , $A_2 = 0.333 \text{ m}^2$

$$C_1 = 3800 + 1020 \times 0.333^{0.86} \approx 0.42w \text{ (元)}$$

$$C_2 = 0.076 \times 15 \times 365 \times 24 \times 3600 \times 50 \approx 179.75w \text{ (元)}$$

$$\text{十五年总费用} \times 1.08^{15} \approx 180.17 \times 1.08^{15} \approx 571.5w \text{ (元)}$$

加热过程炯经济分析



1	水方案					
2		数值	单位			
3	热负荷Q	10	kW			
4	待加热物流入口温度 T_3	353	K	80	T_L	393
5	待加热物流出口温度 T_4	433	K	160		
6	热源入口温度 T_1	453	K	180	T_H	438
7	热源出口温度 T_2	423	K	150		
8	环境温度 T_0	300	K	27		
9						
10						
11						
12	所以TH处热量火用为: $E_{Q_H} = (1 - \frac{T_0}{T_H})Q$			3.150684932	kW	
13						
14						
15						
16	所以TL处热量火用为: $E_{Q_L} = (1 - \frac{T_0}{T_L})Q$			2.366412214	kW	
17						
18						
19	火用损失E1为: $E_L = E_{Q_H} - E_{Q_L}$			0.784272718	kW	
20						
21						
22	火用效率: $\eta = \frac{E_{x, get}}{E_{x, Q_1}}$			0.751078659		
23						
24						

对比总结

过热蒸汽方案

总费用	151.3w
焓成本	
焓效率	0.70

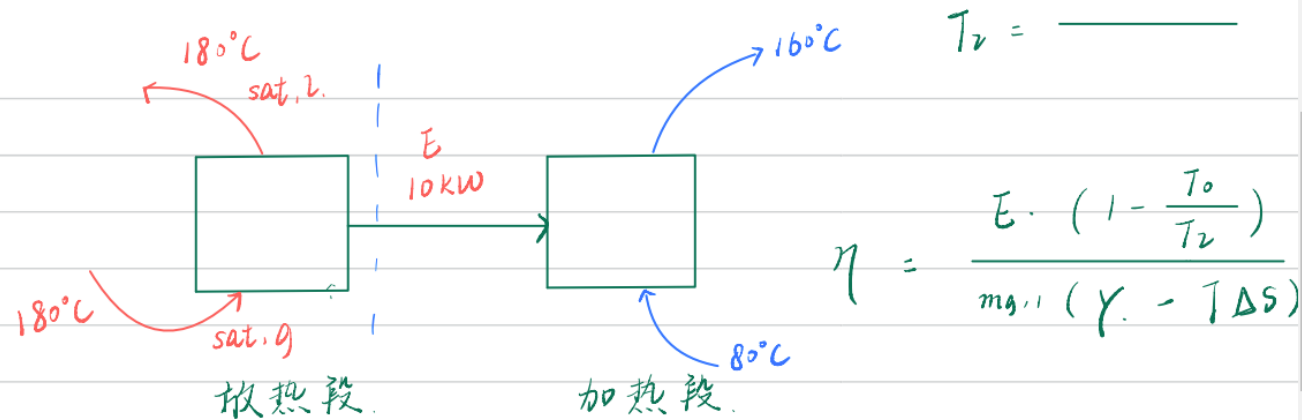
饱和水方案

总费用	571.5w
焓成本	
焓效率	0.75

小组分工

计算	陈景煜 黄鸿霓 王平
ppt制作	李佳璇 陈瑜芬 马修华
ppt汇报	吕英豪

加热过程焓经济分析



1. 饱和蒸汽: (1MPa)

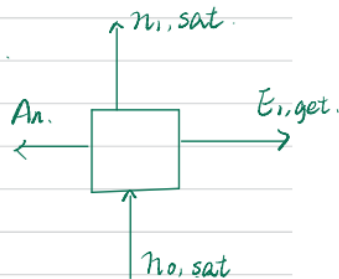
1) 放热段: 蒸汽放出 1MPa 下汽化潜热

$$\gamma = h_{1, \text{sat}, g} - h_{1, \text{sat}, l} = 2013.56 \text{ kJ/kg}$$

在 1MPa 下, 饱和气态水 $S_{0, \text{sat}} = 6.585 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$
 饱和液态水 $S_{1, \text{sat}} = 2.138 \text{ kJ/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$
 $T_0 = 27^\circ\text{C}$

若只针对流体进出过程焓变, 即黑箱模型

收益焓 $E_{1, \text{get}} = m_{g,1} (\gamma - T_0 \Delta S)$
 $= m_{g,1} [2013.56 - 27 \times (6.585 - 2.138)]$
 $= 1893.5 \cdot m_{g,1}$
 $m_{g,1} = \text{蒸汽流量}$



供给焓 视为 180°C 蒸汽中, 全部有用能

$$E_{1, \text{support}} = m_{g,1} (h_{0, \text{sat}} - T_0 \cdot S_{0, \text{sat}})$$

$$= m_{g,1} (2776.16 - 27 \times 6.585)$$

$$= 2598.365 \cdot m_{g,1}$$

故黑箱模型中, 放热段, 焓效率为

$$\eta_{1, \eta} = \frac{E_{1, \text{get}}}{E_{1, \text{support}}} = \frac{1893.5}{2598.365} = 72.8\%$$

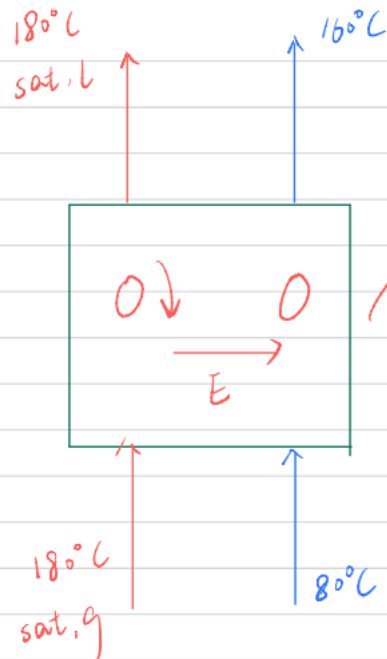
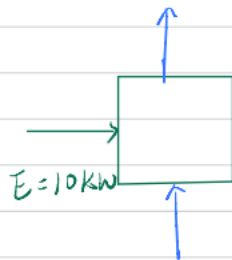
加热过程焓经济分析



2) 吸热段 水从 80°C 升到 160°C (假设环境温度 $T_0 = 27^{\circ}\text{C}$)

$$E_{\text{get},2} = E \times \left(1 - \frac{T_0}{T_2}\right) \Rightarrow E_{\text{get},2} = 10 \times \left(1 - \frac{27}{80}\right) = 6.625 \text{ kW}$$

T_2 : 进出口平均温度.



收益
式析

$$\eta = \frac{E \times \left(1 - \frac{T_0}{T_2}\right)}{Y - A_{n+1}} \rightarrow \text{if } = E$$

$$\eta = \frac{6.625}{1893.5 \cdot \text{mg. l}}$$

$$= \frac{0.00349881}{\text{mg. l}}$$

THANKS

敬请老师和同学们指导