



套管式熱交換器

(double pipe heat
exchanger)



單元學習內容

- 何謂熱交換器
- 熱交換器的區分
- 熱交換器的能量平衡
- 套管式熱交換器的特點
- 套管式熱交換器的流動方式
- 總包熱傳送係數



何謂熱交換器

- 將冷熱流體導入熱輸送裝置中，在不互相混合的情況下，不另外浪費去加熱或冷卻流體，使熱量由高溫傳至低溫，以達到熱交換的目的。



熱交換器依構造區分

- 套管式

- 殼管式

- 鰭管式

- 板式

- 夾層式

- 盤管式



熱交換器依用途區分

- 預熱器
- 過熱器
- 冷凝器
- 蒸發器
- 熱交換器
- 加熱器
- 冷卻器
- 深冷器
- 重沸器



能量平衡-無相變化(1)

■ 熱流體釋出的熱量

$$q_h = \dot{m}_h C_{p_h} (T_{hi} - T_{ho})$$



能量平衡-無相變化(2)

■ 冷流體接收的熱量

$$q_c = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{co} - T_{ci})$$



能量平衡-無相變化(3)

- 在達熱穩定下(即無熱損失)

$$q_h = q_c$$

$$\dot{m}_h C_{p_h} (T_{hi} - T_{ho}) = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{co} - T_{ci})$$



能量平衡-有相變化(1)

- 熱流體釋出的熱量

$$q_h = \dot{m}_s \lambda_s$$



能量平衡-有相變化(2)

■ 冷流體接收的熱量

$$q_c = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{co} - T_{ci})$$



能量平衡-有相變化(3)

- 在達熱穩定下(即無熱損失)

$$q_h = q_c$$

$$\dot{m}_s \lambda_s = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{co} - T_{ci})$$



套管式熱交換器構造



套管式熱交換器的特點

- 構造簡單
- 價格便宜
- 維護容易
- 適用於熱傳面積小
- 不適合高傳熱速率的流體



順向流動

- 兩流體在套管中的流動方向是相同的



順向流動說明-1

- 熱交換器兩端的入出口溫度差分別為

- 入口溫度 $\Delta T_1 = T_{hi} - T_{ci}$

- 出口溫度 $\Delta T_2 = T_{ho} - T_{co}$



順向流動說明-2

■ 對數平均溫度

$$\begin{aligned}\Delta T_{\ln} &= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \\ &= \frac{(T_{hi} - T_{ci}) - (T_{ho} - T_{co})}{\ln \frac{T_{hi} - T_{ci}}{T_{ho} - T_{co}}} = \frac{(T_{ho} - T_{co}) - (T_{hi} - T_{ci})}{\ln \frac{T_{ho} - T_{co}}{T_{hi} - T_{ci}}}\end{aligned}$$



逆向流動

- 兩流體在套管中的流動方向是相反的



逆向流動說明-1

- 熱交換器兩端的入出口溫度差分別為

➤ 入口溫度 $\Delta T_1 = T_{ho} - T_{ci}$

➤ 出口溫度 $\Delta T_2 = T_{hi} - T_{co}$

逆向流動說明-2

■ 對數平均溫度

$$\begin{aligned}\Delta T_{\ln} &= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \\ &= \frac{(T_{ho} - T_{ci}) - (T_{hi} - T_{co})}{\ln \frac{T_{ho} - T_{ci}}{T_{hi} - T_{co}}} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln \frac{T_{hi} - T_{co}}{T_{ho} - T_{ci}}}\end{aligned}$$



總包熱傳送係數

- 套管式熱交換器的熱交換速率與總包熱傳係數 U_o ，內管的表面積 A_o 及冷熱流體的對數平均溫度成正比

即

$$q = U_o A_o \Delta T_{\ln}$$



總包熱傳送係數的意義

- 表示熱交換器傳熱性能高低的指標



計算例

- 潤滑油以 0.5kg/s 的流率在套管式熱交換器中用水來冷卻，油進入熱交換器的溫度為 375K ，離開的溫度為 350K ；冷卻水以 0.5kg/s 的流率進入熱交換器，其進入的溫度為 280K ，求冷卻水出口的溫度為何？

(潤滑油 $C_p=2090\text{J/kg-K}$ ，水 $C_p=4177\text{J/kg-K}$)



例題解

$$\dot{m}_h C_{ph} (T_{hi} - T_{ho}) = \dot{m}_c C_{pc} (T_{co} - T_{ci})$$

$$0.5 \times 2090 \times (375 - 350)$$

$$= 0.201 \times 4177 \times (T_{co} - 280)$$

$$\therefore T_{co} = 311\text{K}$$



逆向流動計算例

- 潤滑油以 0.5kg/s 的流率在套管式熱交換器中用水來冷卻，油進入熱交換器的溫度為 375K ，離開的溫度為 350K ；冷卻水以 0.5kg/s 的流率進入熱交換器，其進入的溫度為 280K ，冷卻水出口的溫度為 311K ，若兩流體呈現逆向流動且總包熱傳送係數為 $250\text{W/m}^2\text{-K}$ ，求需要多少 m^2 的內管表面積？

(潤滑油 $C_p=2090\text{J/kg-K}$ ，水 $C_p=4177\text{J/kg-K}$)



逆向流動例題解

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co} = 375 - 311 = 64\text{K}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci} = 350 - 280 = 70\text{K}$$

$$q = U_0 A_0 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$26125 = 250 \times A_0 \times \frac{64 - 70}{\ln \frac{64}{70}}$$

$$A_0 = 1.56\text{m}^2$$



順向流動計算例

- 潤滑油以 0.5kg/s 的流率在套管式熱交換器中用水來冷卻，油進入熱交換器的溫度為 375K ，離開的溫度為 350K ；冷卻水以 0.5kg/s 的流率進入熱交換器，其進入的溫度為 280K ，冷卻水出口的溫度為 311K ，若兩流體呈現順向流動且總包熱傳送係數為 $250\text{W/m}^2\text{-K}$ ，求需要多少 m^2 的內管表面積？
(潤滑油 $C_p=2090\text{J/kg-K}$ ，水 $C_p=4177\text{J/kg-K}$)



順向流動例題解

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{ci} = 375 - 280 = 95\text{K}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{co} = 350 - 311 = 39\text{K}$$

$$q = U_0 A_0 \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$26125 = 250 \times A_0 \times \frac{95 - 39}{\ln \frac{95}{39}}$$

$$A_0 = 1.66\text{m}^2$$