

# 中華技術學院 機械工程系

## 熱流 實驗室

---

實習實驗課程：熱流實驗

實習實驗：熱交換器實驗

### 實驗目的

探討利用水對流式熱交換器以不同的流動方式(包括平行流與逆向流)，測量其進口的水溫差，以求其對數平均溫差 LMTD 及熱傳量，進而求出其總熱傳係數  $U$ 。

### 實驗設備

貯水槽、溫度設定器、流量計、熱水循環泵、電熱器、平行流與逆向流選擇旋塞。

### 實驗方法

#### 1. 儲水槽供水測試

將閥②及閥⑨關緊，並打開閥⑩，供給水至下儲水槽，然後再將閥

⑩關緊，打開閥②及⑤，供水至兩個上儲水槽至少許溢流為止。

#### 2. 熱水循環泵測試

關閉閥②及⑤，並打開閥⑦，將熱水循環泵啟動，使下儲水槽之水

供給至上儲水槽(熱水)，讓熱水由溢流至下儲水槽完成一循環。假如泵停止，應關掉閥⑦以防止水倒流。

### 3.清除熱水管道之空氣

- (1) 關閉閥⑧，並打開閥④及③，使水溢流。
- (2) 關閉閥③，並打開閥⑤，使水溢流。
- (3) 關閉閥⑤，並打開閥⑥及⑦，使水溢流。
- (4) 關閉閥⑥及⑦，並打開閥⑧，使熱水流量計顯示超過 100 l/hr 以上。

### 4.清除冷水管道之空氣

- (1) 開啟閥③，關閉旋塞(B)，調整旋塞(A)使其為平行流位置，再打開閥①，使水溢流。
- (2) 關閉閥①，並打開閥②，使水溢流。
- (3) 關閉閥②，並打開閥④，使水溢流。
- (4) 關閉閥④，打開旋塞(B)，使冷水流量超過 100 l/hr 以上。

### 5.電熱器功能測試

使上下儲水槽皆充滿水，打開電熱氣開關，加熱 5 分鐘，若一切正常則關掉電熱氣。

### 6.上述步驟 1~步驟 5 皆確實執行無誤後，按下表所示分別調整旋塞(A)

及(B)使其為平行流或逆向流，並控制閥③及閥④使其流動為層流或

擾流，由類型 A~類型 H 共做八次。

實驗步驟如下

	類型	熱水	冷水
平行流	A	層流	層流
	B	擾流	層流
	C	層流	擾流
	D	擾流	擾流

	類型	熱水	冷水
逆向流	E	層流	層流
	F	擾流	層流
	G	層流	擾流
	H	擾流	擾流

	層流	擾流
熱水流量計	少於 30 l/hr	大於 10030 l/hr
冷水流量計	少於 15030 l/hr	大於 50030 l/hr

- (1)使上下儲水槽皆充滿水，並打開閥①，開啟熱水循環泵。
- (2)啟動電熱氣，並設定溫度在 50°C 左。
- (3)調整旋塞(A)及(B)使其為平行流或逆向流。
- (4)調整流量計閥 3 及閥 4，使其為層流或擾流。
- (5)等  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $t_1$  及  $t_2$  穩定後記錄數據，並記下熱水流量計 W 及冷水流量計 W 之值。

(6)重複(3)至(5)三步驟，分別做類型 A 至類型 H。

7.實驗完畢後，關掉加熱器及熱水循環泵，開啟閥①、⑦及⑨，使水排出。

結果與計算

(一) 雷諾數(Reynolds number)

$$R_e = \frac{DV}{\nu}$$

其中 D：直徑(m)

V：流速(m/sec)， $V=W/A$ ，W 為流量( $m^3/sec$ )，A 為面積( $m^2$ )。

$\nu$ ：動黏度( $m^2/sec$ )

本實驗設備

$D_i$ ：外套內徑， $2.73 \times 10^{-2} m$

$d_i$ ：內管內徑， $1.7 \times 10^{-2} m$

$d_o$ ：內管外徑， $1.9 \times 10^{-2} m$

(1)熱水(內管)

流經斷面積  $A = \pi/4 * d_i^2$

$$\text{雷諾數}(\text{Re})_h = \frac{DV}{\nu_h} = \frac{D \frac{W_h}{A}}{\nu_h} = \frac{D \frac{W_h}{\frac{\pi}{4}(d_i)^2}}{\nu_h} = \frac{4W_h}{\pi d_i \nu_h}$$

$$\text{又 } 1 \ell/hr = \frac{1}{3.6 \times 10^6} m^3/sec$$

$$\therefore (\text{Re})_c = \frac{4 \times 10^{-6} W_c}{(2.73 + 1.9) \times 10^{-2} \times \pi \times 3.6 v_c} = 7.64 \times 10^{-6} \frac{W_c}{v_c}$$

上式中  $W_c$  的單位  $l/hr$ ， $v_c$  為  $m^2/sec$ 。

(二) 對數平均溫差

$$\Delta T_m = \frac{(T_2 - t_2) - (T_1 - t_1)}{\ln \frac{T_2 - t_2}{T_1 - t_1}}$$

(三) 熱交換器效率

熱水為最小流體，只計算  $\eta_h$ 。

對平行流而言

$$\eta_h = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_1}$$

逆向流

$$\eta_h = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_2}$$

(四) 總熱傳係數

$$Q = \frac{Q_h + Q_c}{2}$$

平行流

$$Q_h = W_h C_h (T_1 - t_2)$$

$$Q_c = W_c C_c (t_2 - t_1)$$

$$\therefore Q = UA$$

$$U = Q / A \Delta T_m$$

其中  $A = \pi d_0 L = \pi \times 1.9 \times 10^{-2} m \times 1 m = 5.969 \times 10^{-2} m^2$

## 問題討論

- 1.何謂總熱傳係數？對數平均溫差？
- 2.層流與擾流對總熱傳導係數有何影響？
- 3.你認為熱交換器採平行流或逆向流行是合著為佳？試說明你所採用之理由。