

國立虎尾科技大學機械設計工程系

113 學年度機械工程實驗(三):熱流實驗

實驗報告

實驗六：真空抽氣性能實驗

41023210 鄭翊均

41023222 陳奕倫

41023242 廖旭宏

41023252 鄭煜橙

41023255 徐佑寧

一、實驗目的

1. 評估真空泵的抽氣性能

- 測試真空泵的抽氣速率及極限壓力。
- 驗證真空泵的工作效率是否達到設計要求。
- 分析泵的性能在不同壓力範圍或抽下的表現。

2. 測試真空系統的密封性能

- 評估真空系統的密封性，確定是否存在漏氣現象。
- 分析系統中各元件的密封質量對真空度的影響。

3. 研究氣體流動特性

- 探討氣體在真空系統中不同壓力範圍下的流動機制，如黏性流、過渡流和分子流。
- 理解氣體流動與抽氣速率之間的關係

二、儀器與設備

三、 1. 自製真空系統乙套

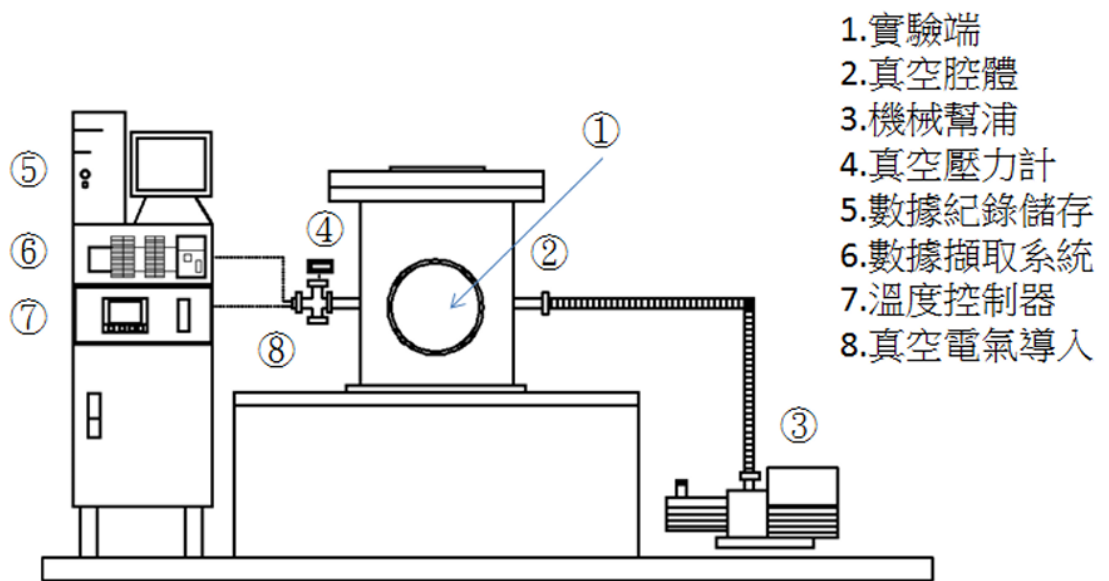
四、 2. 水氣 Trap 乙個

五、 3. 計時器乙個

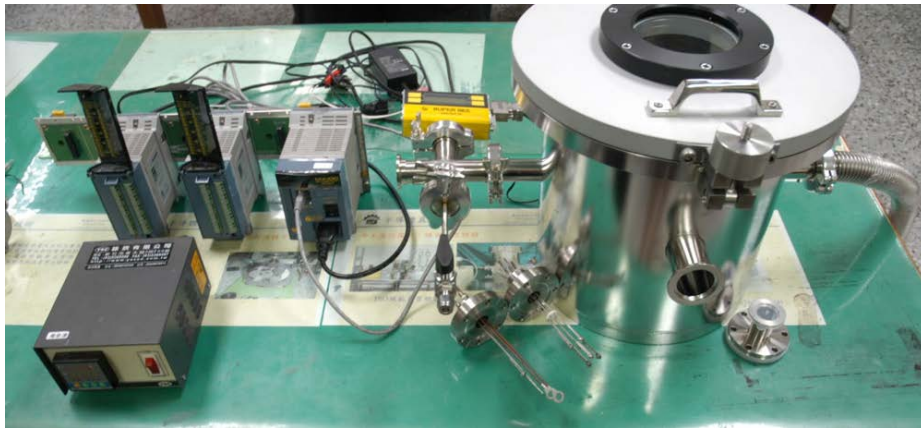
六、 4. 水盤乙個

七、 5. 吸水紙數張

八、 6. 精密天平乙台



- 1.實驗端
- 2.真空腔體
- 3.機械幫浦
- 4.真空壓力計
- 5.數據紀錄儲存
- 6.數據擷取系統
- 7.溫度控制器
- 8.真空電氣導入



三、實驗原理

1. 真空的概念

真空是指系統內的壓力低於大氣壓力的狀態，分為低真空、高真空和超高真空。

透過真空幫浦移除系統中的氣體，達到所需的真空度。

2. 抽真空過程的基本原理

真空幫浦利用機械或物理的方式抽除氣體，使系統壓力逐漸下降。

在抽真空過程中，壓力隨時間呈指數下降，依賴於系統的體積、幫浦的抽氣速率以及氣體導流特性。

3. 壓力變化模型

抽真空過程中的壓力變化可以表示為：

$$P(t) = P_0 e^{-\frac{S}{V}t}$$

其中：

- $P(t)$: 時間 t 時的壓力
- P_0 : 初始壓力
- S : 幫浦的抽氣速率
- V : 系統的體積

4. 漏氣檢測

真空系統中可能存在微小漏氣，影響真空性能。

使用壓力觀察法和酒精測試法檢測系統的密封性。

5. 壓力測量

壓力分為穩態壓力和暫態壓力：

穩態壓力：系統達到穩定時的最低壓力。

暫態壓力：抽真空過程中壓力隨時間的變化。

使用真空計測量不同開度下的壓力變化，分析壓力曲線。

6. 等效氣導 (Conductance)

系統中管路的氣體導通性影響抽氣效率，等效氣導可用公式計算，

表示管路對氣體流動的限制程度。

真空氣導(conductance)

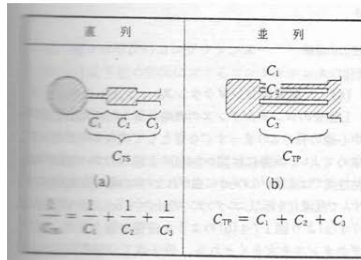
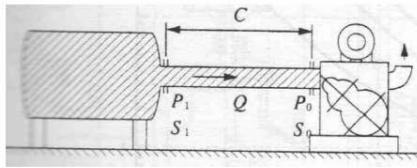


表1-7-1 粘性流, 分子流の円管コンダクタンス: 長さ l (m), 直径 d (m), 平均圧力 $\bar{P} = (P_1 + P_2)/2$ (Pa), 20℃の空気について

粘性流	分子流
$\bar{P}d > 0.8 \text{ (Pa}\cdot\text{m)}$ $[\bar{P}d > 0.6 \text{ (Torr}\cdot\text{cm)}]$ の領域で気体分子の平均自由行程が管径 d に比べて小さく気体分子同士が衝突しあい流れに影響を与える。	$\bar{P}d < 0.02 \text{ (Pa}\cdot\text{m)}$ $[\bar{P}d < 0.015 \text{ (Torr}\cdot\text{cm)}]$ の領域で気体分子の平均自由行程が管径 d に比べて大きく気体分子は他の分子とぶつかわずほとんど管壁にだけ衝突しながら流れる。
$C = 1349 \frac{d^4}{l} \bar{P} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	$C = 121 \frac{d^3}{l} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$

過渡流(transitional flow)

$$C = 121 \frac{d^3}{l} J(\bar{P}d)$$

$$J(\bar{P}d) = \frac{1 + 201(\bar{P}d) + 2647(\bar{P}d)^2}{1 + 236(\bar{P}d)}$$

四、實驗步驟

1. 真空系統組裝：

- (1)以擦拭紙沾酒精將所有 O-ring 及封合面清潔乾淨。
- (2)依照示意圖與實體圖將所有 KF25 接頭包括 O-ring 鎖緊，完成真空系統組裝。

2. 簡易測漏方法：

- (1)開啟真空幫浦，並注意真空計之讀值，若壓力一直無法下降，則立刻關閉真空幫浦電源。
- (2)檢查各個接頭有無確實鎖好，必要時拆開接頭重新鎖緊。
- (3)當真空幫浦能順暢運作後，觀察真空計之讀值能一直往下降，表示抽真空功能正常。
- (4)關閉真空幫浦電源準備進行後續實驗。

3. 真空壓力量測：

- (1)將真空幫浦進氣口位置之 NW25 Angle valve 開口調整為 1/4。
注意 Vent valve 是否確實關緊。
- (2)準備好可以計時之計時器，啟動真空幫浦，每 5 秒紀錄真空計之壓力讀數與時間，總計錄時間為 10 分鐘。
- (3)重複(2)之動作，直到讀數不再變化為止。記錄下最後壓力讀數，此為終極壓力。

(4)將真空幫浦關閉，接著打開 Vent valve 讓體內外壓力達到平衡為止。此時真空計讀數應為 1atm 左右。

(5)調整 NW25 Angle valve 開口調整為其他開口，並重複上述步驟進行實驗。注意 Vent valve 是否確實關緊。

(6)完成後關閉真空幫浦，接著打開 Vent valve 讓體內外壓力達到平衡為止。

五、實驗數據

圖

(Pumping 前 10min 之壓力降，以每 5sec 記錄乙筆)

Pumping down:

Valve 1/4 open		Valve 1/2 open		Valve full open	
時間 (t)	真空度 (P)	時間 (t)	真空度 (P)	時間 (t)	真空度 (P)
sec	Torr	sec	Torr	sec	Torr
5		5	9.9	5	9.8
10		10	8.6	10	8.3
		15	7.8	15	7.2
		20	7.6	20	6.9
		25	7.2	25	6.3
		30	6.8	30	6.1
		35	6.7	35	5.8
		40	6.6	40	5.3
600		600		600	

