

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(二)：熱
流體實驗』

實驗 6. 真空抽氣性能實驗報告

指導教授：周榮源

班 級：四設計四甲

組 別：第五組

組 員：41023112 王啟騰

41023121 李承翰

41023134 林建維

41023146 洪偉陞

41023147 紀閔翔

實驗六. 真空抽氣性能實驗

壹. 實驗目的

本實驗旨在深入研究真空系統的運行特性，通過真空幫浦的性能測試，了解真空腔體內的壓力變化過程以及各種影響因素。本實驗的核心任務包括評估真空幫浦的抽氣速率、終極壓力以及系統的氣導效能，並探討壓力變化曲線與抽氣效率之間的關係。

在實驗過程中，首先組裝真空系統，並進行密封性檢測，確保真空腔體及管路系統無洩漏問題。通過逐步降低系統內壓力，記錄壓力下降過程中的數據，並繪製壓力下降曲線（Pump Down Curve）。此外，實驗會調整角閥和洩氣閥的開度，研究系統在不同條件下的抽氣和洩氣性能，並利用這些數據計算等效氣導（Conductance）。這些測試不僅幫助理解系統內壓力變化的動態過程，也有助於評估不同條件下的最佳操作參數。

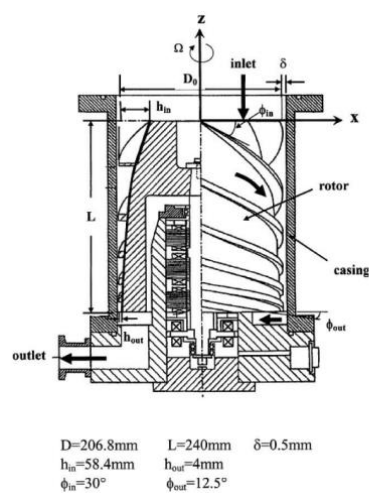
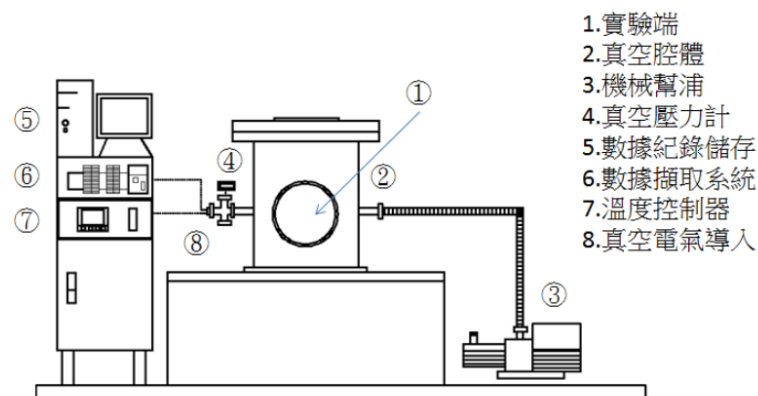
實驗的另一重點是分析真空幫浦的性能指標，包括抽氣速率的穩定性和達到終極壓力所需的時間。這些數據可以用來比較不同類型真空幫浦的性能優劣，從而為選擇適合特定應用的幫浦提供參考。

實驗結果具有廣泛的應用價值，例如在半導體製造、光電

產業和科學研究中的真空技術設計與優化。特別是，這些數據可用於提高真空乾燥、薄膜沉積和氣相製程等操作的效率與精確性。同時，透過本實驗，參與者能更加系統性地掌握真空技術的基本原理，理解壓力、體積與流速之間的數學關係，並運用於實際工程設計中。

總體來說，此實驗不僅是一次性能測試，更是一個學習和理解真空技術在高科技應用中關鍵作用的過程，對於真空系統的優化與創新設計具有重要意義

貳. 儀器與設備

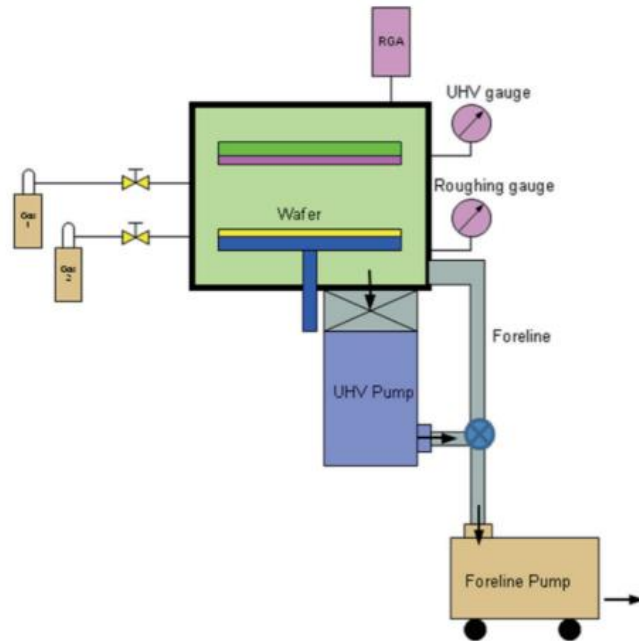


1	實驗端
2	真空腔體
3	機械幫浦
4	真空壓力計
5	數據紀錄儲存
6	數據擷取系統
7	溫度控制器
8	真空電器導入

參. 實驗原理

(一) 真空幫浦抽氣原理

真空幫浦之功能是将一特定空間之氣體抽除，使氣體密度降低，達到某一壓力狀態。但是，氣體在真空系統中之流動特性隨壓力之不同而有很大差異，如表 1 所示。因此，對不同 壓力範圍必須依相對應之抽氣原理來設計不同型態幫浦。同時，針對特定抽氣要求，需組合 搭配不同性能與型態之真空幫浦來使用，才能達到有效又經濟之真空抽氣目的。圖 1 所示為 一真空系統基本架構，主要包括真空腔體、真空幫浦（粗抽幫浦及高真空幫浦）、真空計、抽氣管路系統及壓力調節功能（製程氣體供氣、清洗、壓力控制）等。真空幫浦之抽氣速率（Pumping Speed）係指幫浦進氣口處之容積流率大小，其單位為 L/s, m³ /hr 等型式。在穩定抽氣狀態時，可由氣流通量（Throughput）Q 及壓力 P 來決定，亦即 $S = Q/P$ 。單位時間內通過一導通面積單元之氣體質量稱為質量流率（Mass Flow Rate），事實上與 氣流通量具有相同物理意義，但在真空技術中常以壓力及體積之乘積 PV 值，間接表示氣體 總質量 G。真空幫浦之抽氣量即進氣口處之氣流通量，其單位是 Torr · L/s。如果進氣口壓力為 定值，則氣流通量可寫成 $Q = P \times S$ 。真空幫浦之抽氣量不同於抽氣速率，Q 之大小較具實際



物理意義：氣體密度高時，壓力大，若密度與溫度為定值，則 Q 與 S 成正比；但是，在高真空狀態下，氣體密度很稀薄，此時 Q 之大小較能表示真空幫浦真正性能，抽氣速率本身並不足以完整顯示真空抽氣系統之工作效能。另一個常見的真空系統名詞為氣導

(Conductance, C)，氣導之特性包含：

- (1) 其單位與抽氣速率相同；
- (2) 氣導大小決定於管路幾何形狀及氣壓；
- (3) 真空度高時，氣導與壓力無關。在中低真空度時，與壓力有密切關聯；
- (4) 由於真空系統中有許多孔、閥、管…等元件，會造成氣導降低，因此真空幫浦實際有效抽氣速率 (S_{eff}) 可由下式求得

$$\frac{1}{S_{eff}} = \frac{1}{S_p} + \frac{1}{C}$$

氣導大小可由 $Q = C(P_1 - P_2)$ 關係式求得，在相同壓差下，
氣流通量與氣導成正比。所以，參考表 1 中氣導的計算式可
知，選擇真空管路之原則是長度 (L) 要短，直徑 (D) 要大。

表 1 真空氣流分類：

氣流種類	氣壓範圍	紐森數 Kn	氣導 C
黏滯流 (Viscous)	760~0.75 Torr ($P \geq 760$ Torr : 紊流 $P \leq 9$ Torr : 層流)	$Kn < 0.01$ ($Re > 2200$: 紊流 $Re < 2200$: 層流)	$C = 136.5 \frac{D^4 P}{L}$
過渡流 (Transition)	$0.75 \sim 10^{-3}$ Torr	$1 > Kn > 0.01$	$C = \frac{D^3}{L} \left[136.5 DP + 12.1 \left(\frac{1 + 192 DP}{1 + 273 DP} \right) \right]$
分子流 (Molecular)	$10^{-3} \sim$ Torr	$Kn > 1$	$C = 12.1 \frac{D^3}{L}$

肆. 實驗項目

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，並檢察有無損傷。
- (2) 依照示意圖與實體圖將所有 KF25 接頭包括 O-ring 鎖緊 (要對準不可太用力，避免將 O-ring 壓傷)，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開度調整為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(約20分鐘後達到穩態後)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讓腔體內外壓力達到平衡為止。此時真空計讀數應為1atm(760Torr)左右。
- (5)調整NW25 Angle valve開度調整為其他開度，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讓腔體內外壓力達到平衡為止。

4. Venting實驗：

- (1)將真空幫浦進氣口位置之NW25 Angle valve開度調整為全開。注意Vent valve是否確實關緊。
- (2)啟動真空幫浦，將腔體壓力抽至終極壓力(應與上一實驗一致)。
- (3)將NW25 Angle valve關閉，接著關掉真空幫浦。將Vent valve開度調整為1/4，每5秒紀錄真空計之壓力讀數與時間，直到讀數不再變化(達到穩態後)為止。
- (4)將Vent valve關閉，接著將NW25 Angle valve全開，之後將真空幫浦打開，將腔體壓力抽至終極壓力(應與上一實驗一致)。
- (5)重複(3)-(4)動作，完成其他調整Vent valve開度調整。
- (6)完成後關閉真空幫浦，接著打開Vent valve讓腔體內外壓力達到平衡為止。