

國立虎尾科技大學  
機械設計工程系  
機械工程實驗(二)  
熱流力實驗

## 實驗 3. 伯努利文氏管實驗

指導教授：周榮源老師

班級：四設四乙

學生：詹耀賢 41023241

陳璿維 41023228

葉桓亞 41023240

莊雨薰 41023203

陳靚芸 41023205

組別：第5組

中華民國 113 年 11 月 8 日 星期五

## 目錄

實驗目的-----	2
儀器與設備-----	3
實驗原理-----	4
實驗步驟-----	6
實驗結果-----	8
參考文獻-----	11

## 一、 實驗目的

流體力學中，伯努利方程式描述流體沿著一條穩定、非粘滯性及不可壓縮的流線移動，其壓力、速度及高度的變化形成一關係式，此一關係式對於流體力學中許多運動的特性做了合理的解釋，例如：棒球的運動軌跡，飛機機翼的昇力等。而本裝置的目的為幫助致力於流體力學學習的學員，藉由文氏管的壓力與速度的量測，來檢驗伯努利方程式能量守恆與質量守恆的概念，如此對流體運動中速度與壓力的關係有較深刻的認識與了解。另外，本裝置所使用的標準風量產生裝置，係根據國際規範 AMCA 210-16 製造而得，其精確度的可在 3 % 以內，其結構及流量計算原理與目前廣泛應用於工業界風扇及系統阻抗測試之 AMCA 風洞是一致的，而學員透過實際量測，可對風洞流量量測的原理與方法做深入的了解。

因此，學習者若能活用部份流體及熱傳遞學裡的知識，並且按部就班學習、測試及體會，同時這個架構是 IT 產業界在研發及實際生產中正在使用的工業技術，將使學習者產學的認知關係更加密切，必能裨益不少。

## 二、儀器與設備

### 0 設備全景



- 1 乾溼球溫度計
- 2 控制箱與操作面板
- 3 測試段與測試件
- 4 標準流量產生裝置
- 5 標準流量產生器用 AMCA 噴嘴
- 6 水柱壓力計

### 三、實驗原理

#### 風量計算原理

AMCA-210 為美國空氣移動控制協會訂立之標準，符合美國國家標準。

本項標準風量產生裝置的所有外觀、尺寸及量測硬體，均依據美國空氣移控協會標準 AMCA 210-16 規範的 Fig. 15 結構設計製造，規範中規定了風洞腔體相關尺寸、量測點位置、整流網 (settling means) 配置原則等。

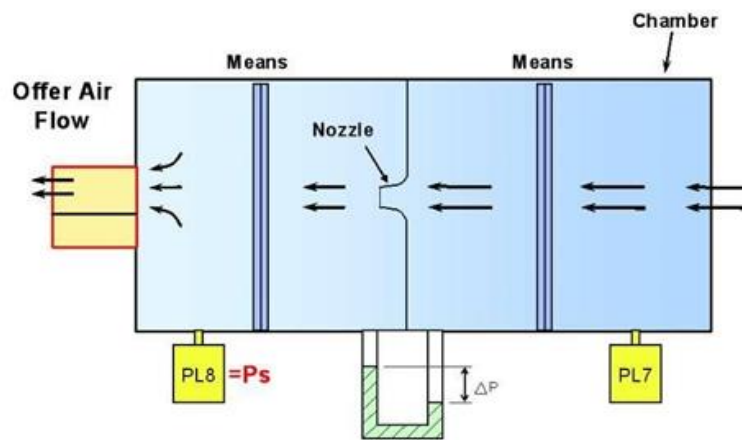


圖 1. AMCA 210-16 規範 Fig. 15 示意圖

其中，對於關鍵元件——噴嘴(Nozzle)的設計，也有其依據的準則，其尺寸、表面粗糙度都受到規範的限制。噴嘴為一特殊設計的漸縮管，具有較高且穩定的  $C_d$  值，在不同的雷諾數狀態下，可達 0.95 ~ 0.99，表示流體通過時會有較小的摩擦損失，可有效用做流量計算。

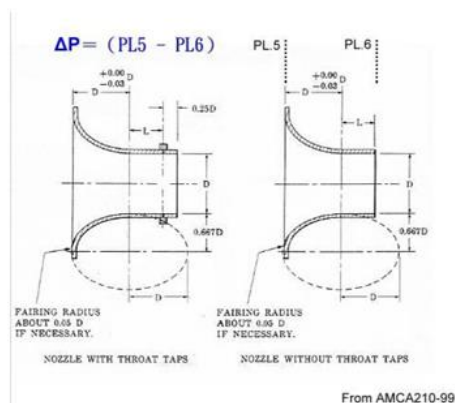


圖 2. AMCA 210-16 規範噴嘴規格示意圖

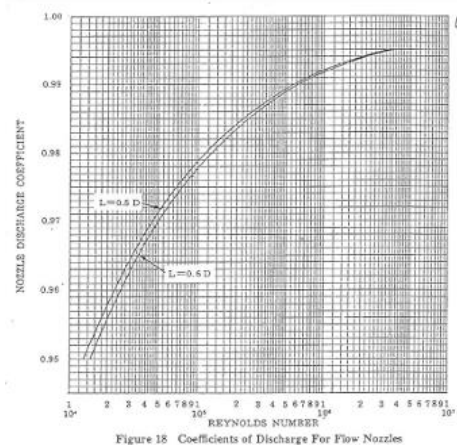


圖 3. 不同規格噴嘴之流量係數與雷諾數的關係

噴嘴流量計屬於差壓式流量計，進行流量量測時，首先需要得到噴嘴喉部的速度。在流體水平流動而不考慮位能變化的情況下，符合伯努利方程式(Bernoulli' s equation)的公式可寫為

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_{\text{air}} U_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_{\text{air}} U_2^2$$

由於噴嘴上游腔室可視為均壓型壓力腔室，其流體速度遠小於喉部速度，故  $U_1 \ll U_2$ ，則伯努利方程式可簡化為

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho_{\text{air}} U_2^2$$

$$\text{移項後可得 } U_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{\text{air}}}}$$

根據符合質量守恆的連續方程式(Continuous equation)，通過噴嘴喉部的理論流量為：

$$Q_{\text{th}} = A \times U_2$$

實際流量則需要考慮流量係數  $C_d$ ：

$$Q = C_d \times A \times U_2$$

由於風洞設計係依 AMCA 210-16 之規範條件設計，則  $C_d$  值計算可參考規範中之經驗公式，其為雷諾數的函數，如下：

$$\text{當 } Re > 12000 \text{ 時， } C_d = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{Re}} + \frac{134.6}{Re}$$

$$\text{當 } Re < 12000 \text{ 時， } C_d = 0.9976 - \frac{5.922888}{\sqrt{Re}}$$

藉由以上公式推導，可以了解此流量產生裝置的計算方法。

## 四、實驗步驟

- Step 1 :啟控制面板上的 1.1 System Power：系統源開關。
- Step 2 :認乾溼求溫度計的濕球水箱有水。
- Step 3 :統開機後需暖機 10 分鐘後方可開始 測試。 紀錄乾溼球溫度及大氣壓力。
- Step 4 :認輔助風機頻率調整旋鈕旋鈕逆時針 旋轉至底 輔助風機頻率顯示器：顯示目前輔助風 機運轉頻率值 0.0 Hz。
- Step 5 :據所需實驗的風量選擇合適的噴嘴 後，於標準流量產生器安裝噴嘴，噴嘴 安裝方式可參考 3.2 標準風量產生裝置 操作。
- Step 6 :5.4PL6 噴嘴腔室往前輕推，關閉噴嘴 前後腔室。並且將噴嘴腔室兩側 5.8 固 定扣柑扣上，以固定噴嘴腔室。
- Step 7 :擇欲測試之測試件，以及相對應之手 輪，如左圖中選擇孔口板測試件。
- Step 8 :測試件安裝於標準流量產生器上之測 試段。
- Step 9 :下面板 RUN 按鍵，使變頻器與風機產 生連動關係。 調整變頻器旋鈕，使 P56 顯示為一定值， 如：35 mmAq。
- Step 10 :察噴嘴前後差壓（P56）並記錄，將此 數值與 Step2 中紀錄的環境狀態，輸入 AMCA210 軟體中，計算出當前流量。
- Step 11:記錄其他溫度、壓力的參數數值，以利 帶入 AMCA 210 風

量計算軟體。 Pb:大氣壓力,mmHg。 P56:噴嘴差壓,mmAq。 Ps(P8):PL8

腔室壓力, mmAq。 Tc(T8):PL8 腔室溫度, °C。 Td:乾球溫度, °C。

Tw:濕球溫度, °C。

Step 12 :錄水柱壓力計之壓力分佈數值。 或使用 dP 表紀錄其顯示值。

Step 13 :標準流量產生裝置參數值輸入 AMCA 210 軟體, 得到標準流

量值。 Pb:大氣壓力, mmHg。 P56:噴嘴差壓, mmAq。 P5 腔室壓力

=Ps(P8+P56), mmAq。 T8:PL8 腔室溫度=T5 溫度, °C。 Td:乾球溫度,

°C。 Tw:濕球溫度, °C。



## 五、實驗結果

實驗數據

初始：



第一組實驗：



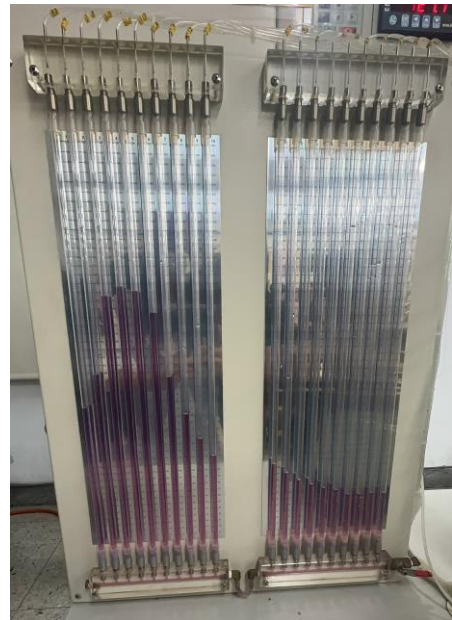
第二組實驗：



第三次實驗：



#### 第四組實驗：



## 六、參考資料

無