

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 3. 伯努利文氏管實驗報告

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

實驗三. 伯努利文氏管實驗

壹. 實驗目的

流體力學中，伯努利定理描述流體沿著一條穩定、非粘滯性，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，飛機機翼的升力等。藉由此實驗來檢驗伯努利方程式中能量守恆的概念，如此對於流體運動中速度與壓力的關係能有較深刻的認識。

本標準型流量產生裝置，係依據 AMCA210-16 規範之標準所建立，此 AMCA210-16 規範為工業界所採用之標準風量量測單元，而本設備之核心架構就是以此一基礎上所建立之標準風量產生器。

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。

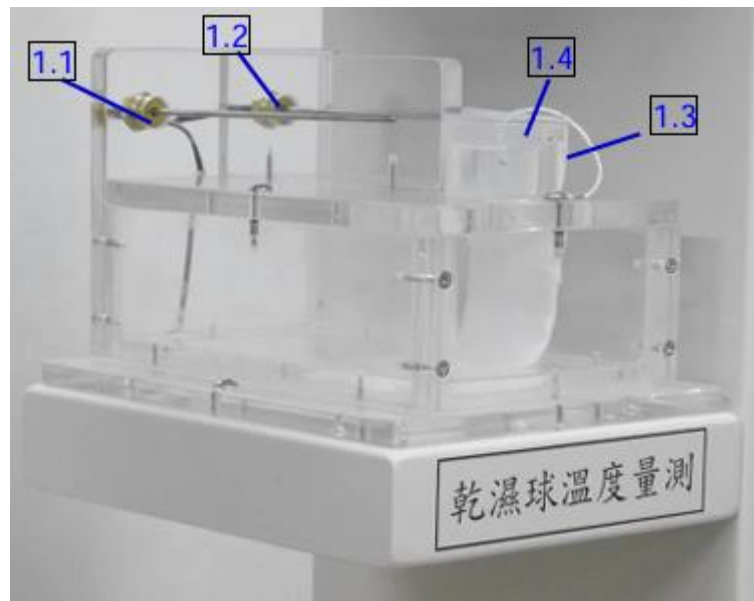
因此，學習者若能活用部份流體及熱傳遞學裡的知識，並且按部就班學習、測試及體會，同時這個架構是 IT 產業界在研發及實際生產中正在使用的工業技術，將使學習者產學的認知關係更加密切，必能裨益不少。

貳. 儀器與設備



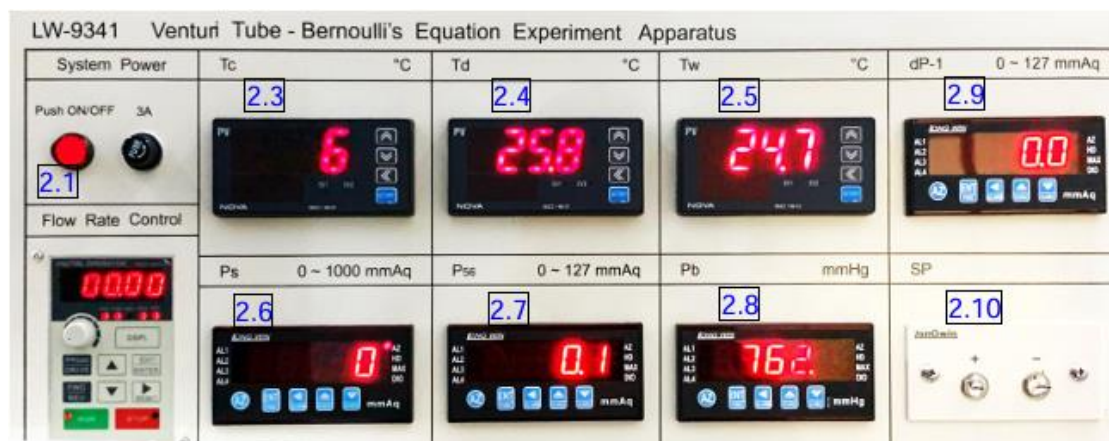
1	乾溼球溫度計
2	控制箱與操作面板
3	測試段與測試件
4	標準流量產生裝置
5	標準流量產生器用AMCA噴嘴

一. 乾溼球溫度計



1.1	乾球溫度感測器：量測 T_w 溫度。
1.2	濕球溫度感測器：量測 T_d 溫度，上方包圍一層吸水紗布。
1.3	濕球儲水槽：儲水用於保持吸水紗布潮濕狀態。
1.4	濕球儲水槽加水孔：用於儲水槽加水用，需定期檢查儲水槽儲水量，建議儲水量約為1/3滿。

二. 控制箱與操作面板



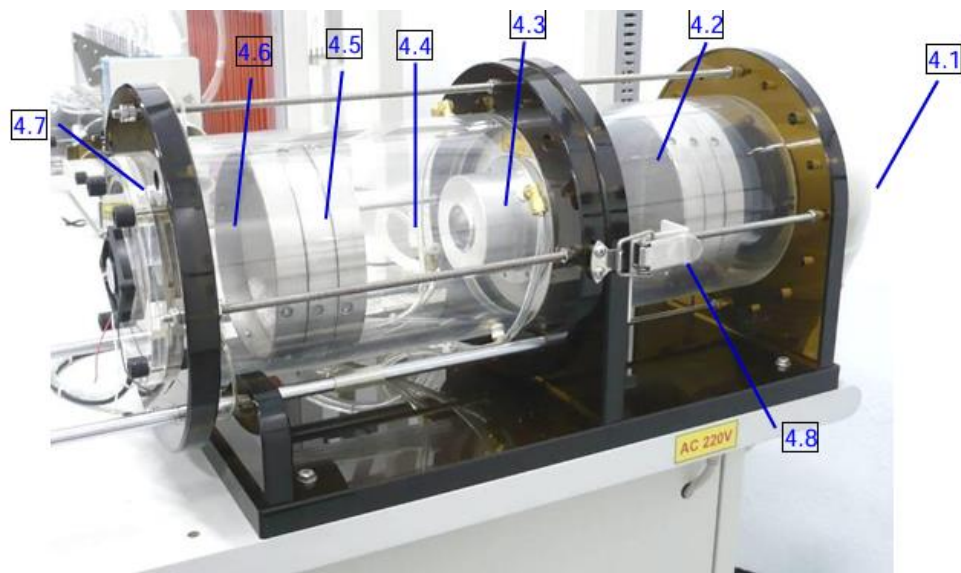
2.1	標準流量產生器電源開關：用於開關標準流量產生器之電源。
2.2	輔助風機控制器：調整旋鈕控制輸出風量。
2.3	Tc溫度：顯示PL8腔室溫度值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。
2.4	Td溫度：顯示乾球溫度值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。
2.5	Tw 溫度：顯示濕球溫度值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。
2.6	P8壓力：顯示PL8腔室壓力值，單位mmAq。
2.7	P56壓力：顯示噴嘴前後壓力差值，單位mmAq。
2.8	大氣壓力Pb：顯示目前大氣壓力值，單位mmHg。
2.9	9402(dP1)壓差計：顯示量測壓力差。
2.10	9402 取壓孔：壓力量測取壓孔。

三. 文氏管測試件



3.1	文式管#1（喉直徑Ø17.5，入口角度4.17°，出口角度4.46°）
3.2	文式管#2（喉直徑Ø14.14，入口角度9.86°，出口角度4.5°）
3.3	文式管#3（喉直徑Ø10.14，入口角度22.5°，出口角度9.1°）
3.4	文式管#4（喉直徑Ø5，入口角度45°，出口角度18.67°）

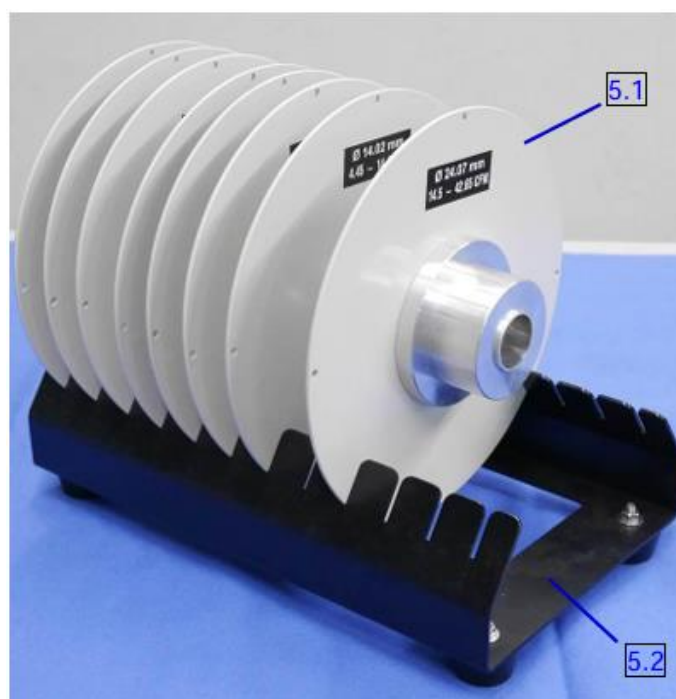
四. 準流量產生裝置



4.1	輔助風機入風口：用於連接輔助風機，提供風量。
4.2	PL5腔室：噴嘴前腔室。
4.3	AMCA用噴嘴：依照AMCA 210規範制定所製作出的噴嘴， 本裝置所提供噴嘴請參考規格表內容。
4.4	PL6腔室：噴嘴後腔室。
4.5	不鏽鋼整流網：依照AMCA 210規範制定之整流網。
4.6	PL8腔室：出風口腔室。

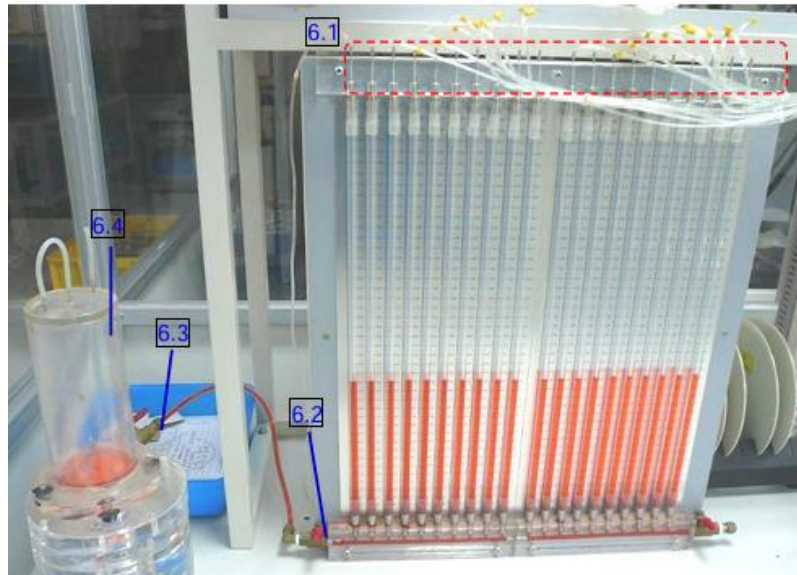
4.7	出風口：標準流量產生器之流量出風口。
4.8	固定夾扣：用於固定噴嘴前後腔室。

五. 標準流量產生器用AMCA噴嘴



5.1	標準流量用AMCA噴嘴：依照AMCA 210規範所製作之噴嘴， 噴嘴上方貼有噴嘴尺寸標示貼紙，噴嘴相關尺寸如下表所示。			
	噴嘴直徑 (mm)	實際尺寸 [mm]	流量範圍 (CFM)	流量範圍 (CMM)
	φ8	φ8.05	2.31 ~ 4.66	0.065 ~ 0.131
	φ14	φ14.00	4.45 ~ 14.40	0.126 ~ 0.406
	φ24	φ24.02	14.5 ~ 42.65	0.408 ~ 1.201
	φ34	φ34.04	26.8 ~ 85.90	0.755 ~ 2.420
5.2	AMCA噴嘴擺放架：用於擺放AMCA噴嘴。			

六. 水柱壓力計



6.1	壓力連接口：用於連接壓力管，以讀取水柱高度得知壓力值大小。
6.2	水柱壓力計側關斷閥：用於開關填充液體，控制填充液體是否流入水柱壓力管中。
6.3	填充液體槽側關斷閥：用於開關填充液體，控制填充液體是否由填充液體槽中流出。
6.4	填充液體槽：用於儲放填充液體，除進行液體填充外，建議將此置於水柱壓力計後方。

[實驗儀器規格與尺寸]

1. 標準流量產生裝置，流量精度3%以內，得做為流體實驗室之流量基準。
2. 噴嘴法標準流量計，使用AMCA210 Fig.15構造，流量範2.31~85.9 CFM。

噴嘴	流量範圍 LPM	流量範圍 CFM
φ8	65.4 ~ 132	2.31 ~ 4.66
Φ14	126 ~ 408	4.45 ~ 14.4
Φ24	410 ~ 1207	14.5 ~ 42.65
Φ34	758 ~ 2432	26.8 ~ 85.9

2.1 共用腔體： φ 150 mm

2.2 共用量測裝置：乾球溫度 T_d 、濕球溫度 T_w 、腔室溫度 T_c 、大氣壓力 P_b 、

腔室靜壓 P_s 、噴嘴前後壓差 P_{56} 。

2.3 數位儀表顯示數值

2.4 差壓 P_{56} 量測儀錶，做差壓顯示。

A. 壓力轉換器精度 $\pm 0.25\%$ 以內。

B. 壓力差範圍：0 ~ 127 mmAq。

C. 附壓差轉換器原廠報告。

3. 精確流量產生器以4組可交換之噴嘴機構及吹氣鼓風機，於管路中形成氣流。

- 3.1 於文氏管中間距位置量測壓力，壓力孔位置10組以上。
- 3.2 附20水柱壓力計，有效水柱高480 mm。
- 3.3 選配LW-9402差壓量測模組，作模型任二壓力孔之差壓顯示。
- a. 壓力轉換器精度 $\pm 0.25\%$ 以內。
 - b. 壓力差範圍：0~127 mmAq。
 - c. 差壓力數字顯示器及RS-485通訊介面(未外接)。
- 3.4 調節變頻器調節流量。
- 4. 文氏管入口角度有四種， 45° 、 22.5° 、 10° 及 4.2° 。
- 5. 附操作檯：1.2 (L) X 0.7 (D) X 1.6 (H) m。
- 6. 使用電力：AC220V，單相，5A。

參. 實驗原理

AMCA (Air Movement and Control Association) 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。

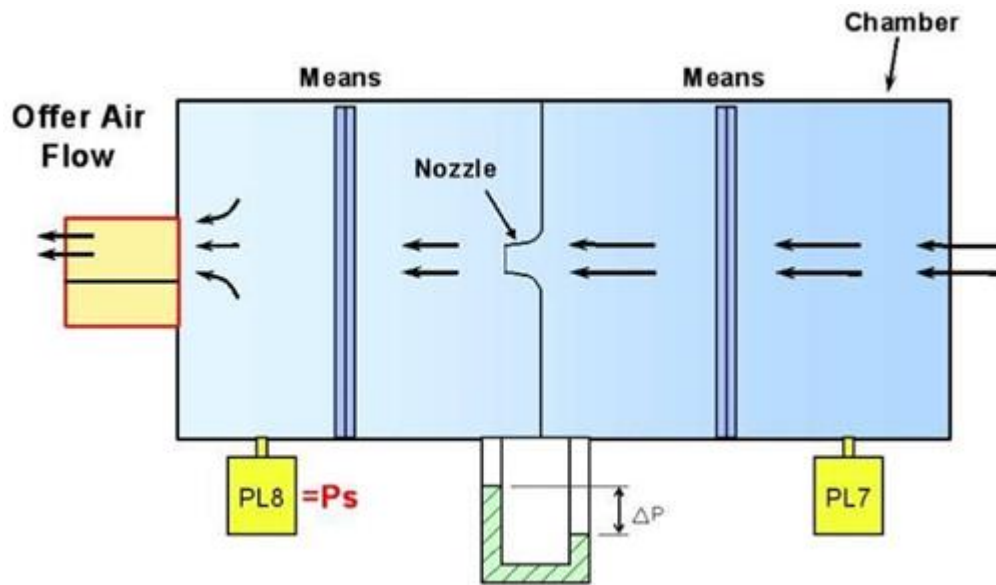


圖 1. AMCA 210-16 規範 Fig. 15 示意圖

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Cd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。

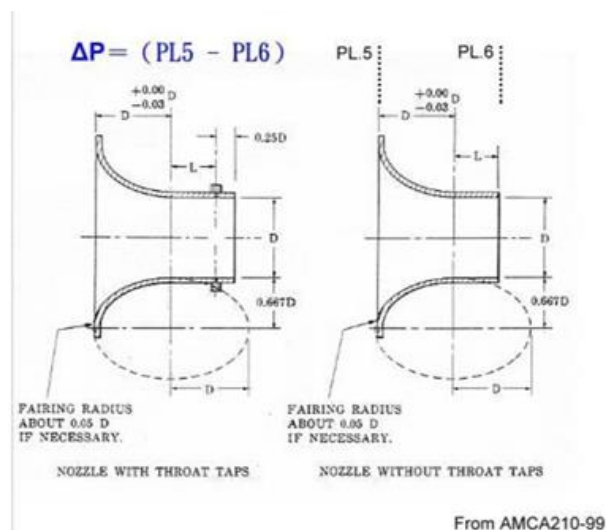


圖 2. AMCA 210-16 規範噴嘴規格示意圖

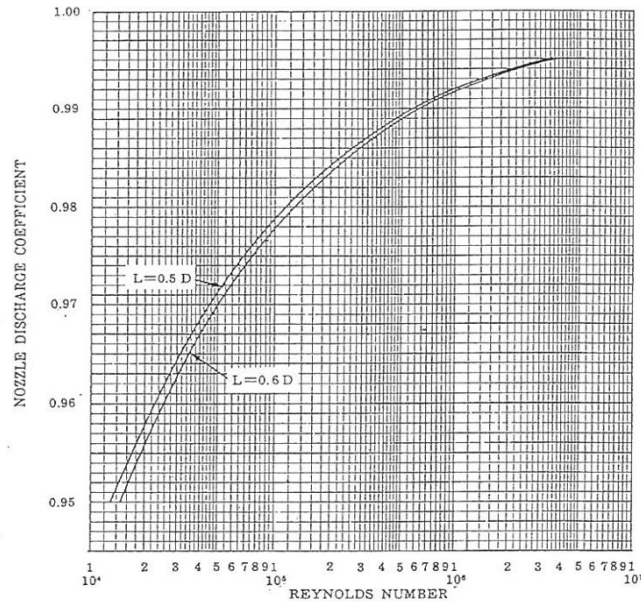


圖 3. 不同規格噴嘴之流量係數與雷諾數的關係

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

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

ρ_{air} ：空氣密度，與當時環境之溫度、濕度及大氣壓力有關。

P_1 ：噴嘴上游壓力； U_1 ：噴嘴上游速度

P_2 ：噴嘴下游壓力； U_2 ：噴嘴下游(喉部)速度

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

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

$$\text{移項後可得 } U_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{\text{air}}}} \quad (3)$$

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：

$$Q_{th} = A \times U_2 \quad (4)$$

A：噴嘴喉部的截面積

實際流量則需要考慮流量係數 C_d ：

$$Q = C_d \times A \times U_2 \quad (5)$$

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：

$$\text{當 } Re > 12000 \text{ 時，} \quad C_d = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{Re}} + \frac{134.6}{Re} \quad (6)$$

$$\text{當 } Re < 12000 \text{ 時，} \quad C_d = 0.9976 - \frac{5.922888}{\sqrt{Re}} \quad (7)$$

藉由以上公式推導，可以了解此流量產生裝置的計算方法。

軟體計算流量範例

本裝置附有 AMCA 210 軟體，手動輸入參數值後，自動計算出該狀態下的標準流量。

		狀態流率	標準狀態流率	指定狀態流率
輸入Td乾球溫度	Dry Bull Temperature	Td [°C]	24.90	20.00
輸入Tw濕球溫度	Wet Bull Temperature	Tw [°C]	22.20	14.00
輸入PL5腔室溫度	Chamber #5 Temperature	T5 [°C]	24.60	20.00
輸入Pb大氣壓力	Barometric Pressure	Pb [mmHg]	737.00	760.00
輸入P56噴嘴壓差	Nozzle Pressure Difference	dP [mmAq]	5.00	
輸入P5腔室壓力	Chamber #5 Pressure	Ps5 [mmAq]	86.00	
輸入腔室寬度	Chamber Diameter	D5 [mm]	150.00	150.00
輸入噴嘴直徑	Nozzle Diameter	D6 [mm]	34.14	34.14
輸入Ps風扇靜壓	Fan Static Pressure	Ps [mmAq]	0.00	
相對濕度RH	Relative Humidity	%	79.80	50.00

	airflow	STP airflow rate	assign airflow
Q5 [CMM]	0.4841	0.4841	0.4841
Q5 [CFM]	17.095	17.095	17.095
Ps(mmAq)	0.00	0.00	0.00
Ps(lnAq)	0.000	0.000	0.000

需要手動輸入的參數值如下(紅色虛線框所示)：

1. 環境乾球溫度 Td
2. 環境濕球溫度 Tw
3. 腔室溫度 T5 (T5=T8)
4. 大氣壓力 Pb
5. 噴嘴上下游差壓 P56
6. 腔室靜壓 P5 (P5=P8+P56)
7. 標準流量產生裝置腔室內徑 D5 (=150mm)
8. 使用噴嘴直徑 D6

輸入完成後，自動計算出以 CFM 及 CMM 單位表示的流量(藍色虛線框

所示)。

手動計算流量範例



流量=1.1484 CMM

輸入	單位	顯示值	標準狀態流量	設定狀態流量
輸入Td乾球溫度	Dry Bulb Temperature	Td [°C]	23.20	20.00
輸入Tw濕球溫度	Wet Bulb Temperature	Tw [°C]	18.60	14.00
輸入P5腔室壓力	Chamber #5 Pressure	P5 [mmHg]	22.40	20.00
輸入Pb大氣壓力	Barometric Pressure	Pb [mmHg]	741.00	760.00
輸入P56噴嘴差壓	Nozzle Pressure Difference	ΔP [mmHg]	115.50	
輸入P5腔室壓力	Chamber #5 Pressure	P5 [mmHg]	272.50	
輸入腔室直徑	Chamber Diameter	D5 [mm]	150.00	150.00
輸入噴嘴直徑	Nozzle Diameter	Dn [mm]	24.02	24.02
輸入P+風扇靜壓	Fan Static Pressure	P+ [mmHg]	0.00	
相對濕度RH	Relative Humidity	%	64.72	50.00

OS [CMM] 1.1481 1.1481
OS [CFM] 40.544 40.544
P+ [mmHg] 0.00 0.00
P+ [inHg] 0.000 0.000

輸入參數如下：

$$T_d = 23.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_w = 18.6^{\circ}\text{C}$$

$$T_5 = T_8 = 22.4^{\circ}\text{C}$$

$$P_b = 741.0\text{mmHg}$$

$$P_{56} = 115.5\text{mmHg (噴嘴差壓)}$$

$$P_5 \text{ 腔室壓力} = 272.5\text{mmHg} (P_5 = P_{56} + P_8)$$

$$\text{腔式寬度 } D = 150\text{mm}$$

$$\text{噴嘴尺寸 } D_n = 24.02\text{mm}$$

試算當時流量為多少？

計算步驟：

1. 先求出 Atmospheric Air Density

$$\rho_o = \frac{(P_b - 0.378 \cdot P_p)}{R \cdot (T_{dry} + 273.15)}$$

$$P_e = 3.25 \cdot T_{wet}^2 + 18.6 \cdot T_{wet} + 692 = 3.25 \times 18.6^2 + 18.6 \times 18.6 = 2162.33$$

$$P_p = P_e - P_b \left(\frac{T_{dry} - T_{wet}}{1500} \right) = 2162.33 - (741 \times 13.6 \times 9.81) \times \left(\frac{23.2 - 18.6}{1500} \right) = 1859.155$$

$$\rho_o = \frac{(P_b - 0.378 \cdot P_p)}{R \cdot (T_{dry} + 273.15)} = \frac{((741 \times 13.6 \times 9.81) - 0.378 \times 1859.155)}{287.1 \times (23.2 + 273.15)} = 1.15369 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

2. 計算 Chamber Air Density

$$\rho_s = \rho_o \times \left(\frac{T_{dry} + 273.15}{T_g + 273.15} \right) \cdot \left(\frac{P_s + P_b}{P_b} \right) = 1.15369 \times \left(\frac{23.2 + 273.15}{22.4 + 273.15} \right) \times \left[\frac{(272.5 \times 9.81) + (741 \times 13.6 \times 9.81)}{(741 \times 13.6 \times 9.81)} \right]$$

$$= 1.15369 \times 1.02704 = 1.185 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

3. 計算 Air Viscosity

$$\mu = (17.23 + 0.048 \cdot T_{drv}) \times 10^{-6} = (17.23 + 0.048 \times 23.2) \times 10^{-6} = 1.834 \times 10^{-5} \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$$

4. Alpha Ratio

$$\alpha = 1 - \frac{P_{56}}{\rho_s \cdot R \cdot (T_g + 273.15)} = 1 - \frac{(115.5 \times 9.81)}{1.1881 \times 287.1 \times (22.4 + 273.15)} = 1 - 0.01124 = 0.98876$$

Btea Ratio

$$\beta = \frac{D_N}{D} = \frac{24.02}{150} = 0.16013$$

5. Expansion Factor

$$Y = 1 - (0.548 + 0.71 \cdot \beta^4) \cdot (1 - \alpha) = 1 - (0.548 + 0.71 \times 0.16013^4) \cdot (1 - 0.98876) = 0.99384$$

6. Reynolds Number & Discharge Coefficient

$$Re = \frac{\sqrt{2}}{\mu} \cdot C_d \cdot D_N \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{P_{56} \cdot \rho_5}{1 - E\beta^4}}$$

$$C_d = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{Re}} + \frac{134.6}{Re}$$

第一次迭代

假設 $C_d=0.95$

$$Re = \frac{\sqrt{2}}{\mu} \cdot C_d \cdot D_N \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{P_{56} \cdot \rho_5}{1 - E\beta^4}} = \frac{\sqrt{2}}{1.834 \times 10^{-5}} \times 0.95 \times \left(\frac{24.02}{1000}\right) \times 0.99384 \times \sqrt{\frac{(115.5 \cdot 9.81) \cdot 1.185}{1 - 1 \times 0.16013^4}} \quad Re = 64170.51$$

$$C_d = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{Re}} + \frac{134.6}{Re} = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{64170.51}} + \frac{134.6}{64170.51} = 0.97304$$

第二次迭代令 $C_d=0.97304$

$$Re = \frac{\sqrt{2}}{\mu} \cdot C_d \cdot D_N \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{P_{56} \cdot \rho_5}{1 - E\beta^4}} = \frac{\sqrt{2}}{1.834 \times 10^{-5}} \times 0.97304 \times \left(\frac{24.02}{1000}\right) \times 0.99384 \times \sqrt{\frac{(115.5 \cdot 9.81) \cdot 1.185}{1 - 1 \times 0.16013^4}}$$

$$Re = 65726.87$$

$$C_d = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{Re}} + \frac{134.6}{Re} = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{65726.87}} + \frac{134.6}{65726.87} = 0.97332$$

第三次迭代令 $C_d=0.97332$

$$Re = \frac{\sqrt{2}}{\mu} \cdot C_d \cdot D_N \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{P_{56} \cdot \rho_5}{1 - E\beta^4}} = \frac{\sqrt{2}}{1.834 \times 10^{-5}} \times 0.97332 \times \left(\frac{24.02}{1000}\right) \times 0.99332 \times \sqrt{\frac{(115.5 \cdot 9.81) \cdot 1.185}{1 - 1 \times 0.16013^4}}$$

$$Re = 65745.99$$

$$C_d = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{Re}} + \frac{134.6}{Re} = 0.9986 - \frac{7.006}{\sqrt{65745.99}} + \frac{134.6}{65745.99} = 0.97332$$

$$\text{比較第二次與第三次迭代之 } C_d \text{ 值 } e = \left| \frac{C_{d2} - C_{d3}}{C_{d3}} \right| \times 100 = 0.00\% \text{ (收斂)}$$

所以 $C_d = 0.97332$ $Re = 65745.99$

7. 最後 Flow Rate for Chamber Nozzles

$$Q_5 = Y \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{56}}{\rho_5}} \cdot C_d \cdot A_N = 0.99384 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (115.5 \times 9.81)}{1.1881}} \cdot 0.97332 \cdot \left(\frac{\pi \cdot (24.02/1000)^2}{4}\right)$$





$$Q_5 = 0.01914 \text{ (CMS)}$$

$$Q_5 = 0.01914 \times 60 = 1.1484 \text{ (CMM)} = 1.1484 \times 35.3 = 40.54 \text{ (CFM)}$$

操作步驟

測試件安裝與量測

	<p>Step 1 開啟控制面板上的 1.1 System Power : 系統源開關。</p>
	<p>Step 2 確認乾溼球溫度計的濕球水箱有水。</p>
	<p>Step 3 系統開機後需暖機 10 分鐘後方可開始 測試。紀錄乾溼球溫度及大氣壓力。</p>
	<p>Step 4 確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。</p>

	<p>Step 5 根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。</p> <p>注意，安裝噴嘴時請勿使噴嘴受碰撞， 須小心安裝，以免造成噴嘴表面刮傷。</p>
	<p>Step 6 將 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 定扣扣上，以固定噴嘴腔室。</p>
	<p>Step 7 選擇欲測試之測試件，以及相對應之手輪，如左圖中選擇孔口板測試件。</p>
	<p>Step 8 將測試件安裝於標準流量產生器上之測試段。</p>

	<p>Step 9 按下面板 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。</p>
	<p>Step 10 觀察噴嘴前後差壓 (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。註：當 P56 低於 12.7mmAq 時候，請更換小一號之噴嘴。</p>
	<p>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，$^{\circ}\text{C}$。Td:乾球溫度，$^{\circ}\text{C}$。Tw:濕球溫度，$^{\circ}\text{C}$。</p>



Step 12

記錄水柱壓力計之壓力分佈數值。

或使用 dP 表紀錄其顯示值。

AMCA 210 99 air flow rate calculator
Sep 24 2008

輸入Td乾球溫度	Dry Bull Temperature	Td [°C]	狀態流率	標準狀態流率	指定狀態流率
輸入Tw濕球溫度	Wet Bull Temperature	Tw [°C]	28.00	20.00	20.00
輸入PL5腔室溫度	Chamber #5 Temperature	T5 [°C]	25.10	14.00	14.00
輸入Pb大氣壓力	Barometric Pressure	Pb [mmHg]	28.20	20.00	
輸入P56噴嘴差壓	Nozzle Pressure Difference	dP [mmAq]	733.60	760.00	760.00
輸入P5腔室壓力	Chamber #5 Pressure	P5 [mmAq]	5.00		
輸入腔室寬度	Chamber Diameter	D5 [mm]	227.00		
輸入噴嘴直徑	Nozzle Diameter	D6 [mm]	150.00	150.00	
輸入P=風扇靜壓	Fan Static Pressure	Ps [mmAq]	34.14	34.14	
相對溼度RH	Relative Humidity	%	0.00		
			80.23	50.00	50.08

	airflow	STP airflow rate	assign airflow
OS [CMM]	0.4851	0.4851	0.4851
OS [CFM]	17.132	17.132	17.132
Ps[mmAq]	0.00	0.00	0.00
Ps[InAq]	0.000	0.000	0.000

Exit

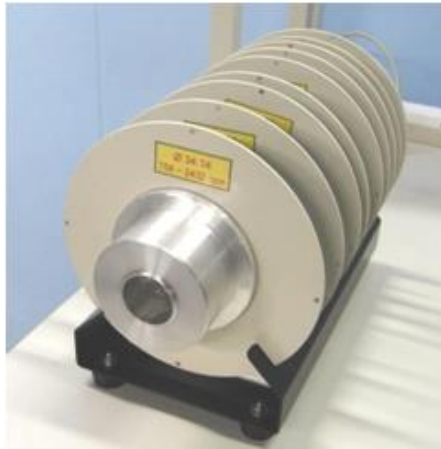
Step 13 將標準流量產生裝置參數值輸入 AMCA 210 軟體，得到標準流量值。

Pb:大氣壓力，mmHg。P56:噴嘴差壓，mmAq。P5腔室壓力= $P_s(P_8+P_{56})$ ，mmAq。T8:PL8 腔室溫度=T5 溫度， $^{\circ}\text{C}$ 。Td:乾球溫度， $^{\circ}\text{C}$ 。Tw:濕球溫度， $^{\circ}\text{C}$ 。



Step 14 更換不同測試件，進行實驗。

標準流量產生裝置操作



Step 1 根據噴嘴上標示的流量範圍，選擇所需風量的噴嘴。



Step 2 開啟標準風量產生裝置兩邊的扣鉗，將 PL8 腔室分離。



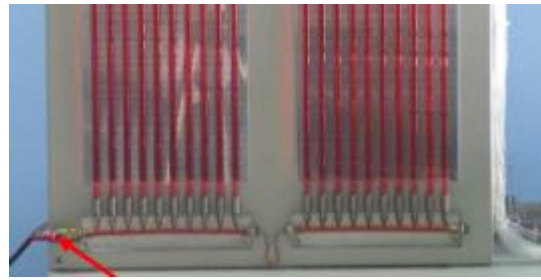
Step 3 於標準流量產生器安裝噴嘴，此範例中所安裝的噴嘴直徑為 24.09 mm。將噴嘴板定位孔徑對準定位銷，並請小心安裝。注意，安裝噴嘴時請勿使噴嘴受碰撞，須小心安裝，以免造成噴嘴表面刮傷。



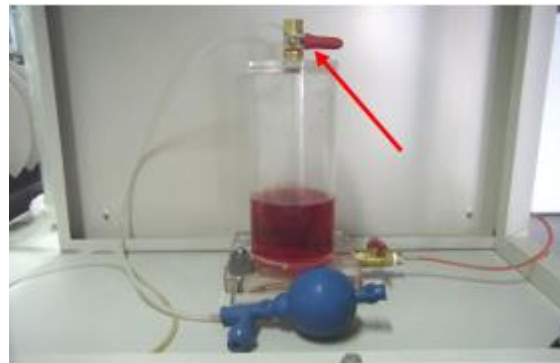
Step 4 將 5.4PL6 噴嘴腔室往前輕推，關閉噴嘴前後腔室。

	<p>Step 5 將噴嘴腔室兩側 5.8 固定扣掛扣上，以 固定噴嘴腔室。</p>
	<p>Step 6 確認裝置內無風後，將 P56 及 P8 壓力 表歸零，歸零方式如下。</p>
	<p>Step 7 歸零方式為按下 AZ 按鍵兩次，直到右上 角 AZ 燈亮起並數字顯示為 0。</p>
	<p>Step 8 順時針轉動輔助風機變頻器旋鈕，並觀 察噴嘴前後差壓 P56。</p>
	<p>Step 9 將儀表上的環境條件 T_d、T_w、P_b 以及 噴嘴前後差壓 P56，輸入至 AMCA210 軟體中，算出目前流量。</p>
	<p>Step 10 根據實驗需求，調整變頻器頻率，或更 換噴嘴，重複計算流量。</p>

多管水柱壓力計充填與排放充填液體操作步驟



Step1 打開液柱計閥門。 注意：水平方向為開啟，垂直方向為關閉。



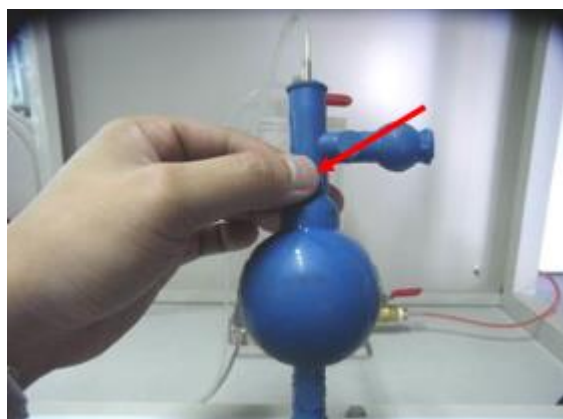
Step2 關閉液柱儲存槽上方閥門。 注意：水平方向為關閉，垂直方向為開啟。如需補充儲存桶內的液體，需將上方閥門打開，才可補充液體，填充完畢後，必須關上，才可調整水柱計的液面高度。



Step3 打開液柱儲存槽閥門開關。 注意：水平方向為開啟，垂直方向為關閉。



Step4 手動式擠壓幫浦主要分為S點與A點。 兩點閥門控制。 S點為施加正壓或負壓力，到水柱計的閥門。 A點為球囊之吸氣或排氣的閥門。



Step5 左手按住手動式擠壓幫浦的 S 點。



Step6 右手輕輕擠壓球囊，產生壓力使水柱高度上升。



Step7 水柱壓力高度開始上升。左邊的水柱因靠進壓上源位置，因此上升高度較快，待壓力平均後，20 支的水柱高度將會一致。



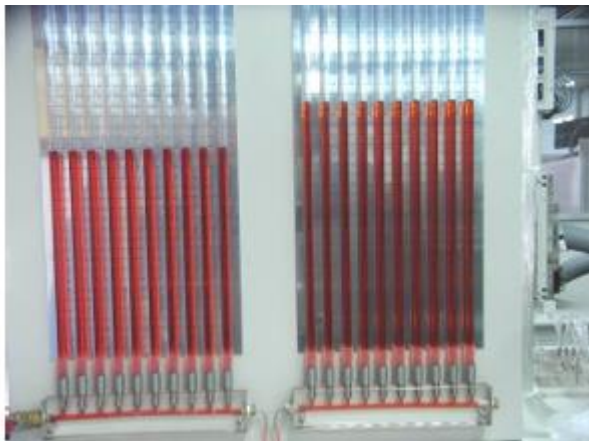
Step8 如要降低水柱高度。將左手按壓在球囊上，右手按壓在 A 點閥門的位置。



Step9 接著左手擠壓球囊，使球囊空氣排出，再放開 A 點閥門，使球囊呈現壓縮狀態。



Step10 接著左手按壓 A 點閥門，使水柱計因負壓的關係，使高度降低。



Step11 水柱壓力高度開始下降。左邊的水柱因靠進壓上源位置，因此下升高度較快，待壓力平均後，20 支的水柱高度將會一致。



Step12 水柱壓力高度調整完畢後，關閉儲水槽閥門。並將手動式擠壓幫浦放回原位。注意：水柱計刻度最高為 500mm。建議最佳高度為 250mm。也就是水柱計最高刻度的一半。

4.1 文氏管提供種類

本裝置共提供四種文氏管，量測點位與截面直徑關係如下，如下表所示：

文式管編號		1		2		3		4	
入口直徑	[mm]	35		35		35		35	
入口角度	[°]	4.17		9.86		22.51		45.00	
喉口直徑	[mm]	17.5		14.14		10.14		5	
出口角度	[°]	4.47		4.53		9.10		18.67	
出口直徑	[mm]	30		30		30		30	
取樣點位	距入口法蘭端面	截面公稱直徑	距入口法蘭端面	截面公稱直徑	距入口法蘭端面	截面公稱直徑	距入口法蘭端面	截面公稱直徑	
	[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		
	5	13	32.81	13	30.48	3	30.86	8	15.00
	6	23	31.35	23	27.00	13	22.57	18	5.00
	7	33	29.90	33	23.53	23	14.28	28	5.00
	8	43	28.44	43	20.05	33	10.14	38	8.38
	9	53	26.98	53	16.57	43	10.14	48	15.14
	10	63	25.52	63	14.14	53	11.74	58	21.89
	11	73	24.06	73	14.14	63	14.94	68	28.65
	12	83	22.60	83	14.62	73	18.15		
	13	93	21.15	93	16.20	83	21.35		
	14	103	19.69	103	17.79	93	24.55		
	15	113	18.23	113	19.37	103	27.76		
	16	123	17.50	123	20.96				
	17	133	17.50	133	22.55				
	18	143	18.28	143	24.13				
	19	153	19.84	153	25.72				
	20	163	21.41	163	27.30				
	21	173	22.97	173	28.89				
	22	183	24.53						
	23	193	26.09						
	24	203	27.66						

4.2 實驗記錄表

伯努力定理實驗											
實驗日期：2024 年 11 月 04 日											
科(系)級：				同組實驗者：							
組別：				座(學)號:41023147							
姓名:紀閔翔				評分：							
LW-9341 Venturi-TubeTest Data 側邊壓力孔											
位置	喉部	漸縮段									入口
Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
dP(mmAq)											
Area (cm ²)											
Uc (m/sec)											
P (N/m ²)											
1/2ρv ² (N/m ²)											
ρgh (N/m ²)											
P+1/2ρv ² (N/m ²)											
Qstate= CMM						QSTP= CMM					

4.3 實驗結果

(1) 伯努力定理實驗

本計算範圍以文氏管入口至喉部為主，速度計算方式如下：

入口面積為 $2 \times 10 = 20 \text{ cm}^2$ ，喉部面積為 $2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$ ，已知流量產生器提供 1.189 CMM 的流量

根據連續方程式： $\rho V A = Q_{\text{constant}}$

在空氣密度 ρ 假設為恒定的狀態下 ($\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$)，

以 $V * A = Q_{\text{constant}}$ ，可以算出入口與喉部的速度 V 。

$$V_{\text{入口}} = \frac{1.148 * \frac{1}{60}}{20 * \frac{1}{10000}} = 9.60 (\text{m/sec})$$

$$\therefore V_{\text{入口}} * A_{\text{入口}} = V_{\text{喉部}} * A_{\text{喉部}}$$

$$\Theta V_{\text{喉部}} = \frac{9.6 * 20}{4} = 47.8 (\text{m/sec})$$

$$A_{\text{漸縮段}} = 0.25 * \pi * d^2$$

$$V_{\text{漸縮段}} = \frac{Q}{A_{\text{漸縮段}}}$$

驗證伯努利方程式

假設文氏管上各點的位能相同而忽略不計，伯努利方程式可表示為

靜壓孔與流速方向成正交： $P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$

將本實驗之 4 組文氏管的測試數據列於下表中，提供參考。

LW-9341 Venturi-Tube Ø 17.5 Test Data 側邊壓力孔 20191017

[illegible]

LW-9341 Venturi-Tube Ø 14.14 Test Data 側邊壓力孔 20191017

位置 ^①	入口 ^②	漸縮段 ^③						喉部 ^④
Position ^①	4 ^②	5 ^②	6 ^②	7 ^②	8 ^②	9 ^②	10 ^②	
dP(mmAq) ^⑤	27.0 ^⑥	24.4 ^⑥	20.8 ^⑥	14.3 ^⑥	2.0 ^⑥	-34.0 ^⑥	-78.9 ^⑥	
A (mm ²) ^⑤	962.1 ^⑥	729.7 ^⑥	572.7 ^⑥	434.7 ^⑥	315.7 ^⑥	215.7 ^⑥	157.0 ^⑥	
V (m/sec) ^⑤	6.8 ^⑥	8.9 ^⑥	11.3 ^⑥	14.9 ^⑥	20.6 ^⑥	30.1 ^⑥	41.4 ^⑥	
P (N/m ²) ^⑤	264.3 ^⑥	238.9 ^⑥	203.6 ^⑥	140.0 ^⑥	19.6 ^⑥	-332.9 ^⑥	-772.4 ^⑥	
1/2ρv ² (N/m ²) ^⑤	27.0 ^⑥	46.9 ^⑥	76.1 ^⑥	132.1 ^⑥	250.5 ^⑥	536.5 ^⑥	1012.7 ^⑥	
ρgh (N/m ²) ^⑤	-7.5 ^⑥	1.5 ^⑥	2.7 ^⑥	3.8 ^⑥	5.0 ^⑥	6.1 ^⑥	7.3 ^⑥	
P+1/2ρv ² +ρgh(N/m ²) ^⑤	283.8 ^⑥	287.3 ^⑥	282.4 ^⑥	276.0 ^⑥	275.1 ^⑥	209.8 ^⑥	247.5 ^⑥	
QSTP=	0.3897	CMM ^⑦						

LW-9341 Venturi-Tube Ø 10.14 Test Data 側邊壓力孔 20191017

位置	入口	漸縮段			喉部
Position	4	5	6	7	8
$dP(\text{mmAq})$	81.4	81.2	78.8	64.3	-32.4
$A (\text{mm}^2)$	962.1	830.3	461.0	199.6	80.8
$V (\text{m/sec})$	3.7	4.2	7.6	17.7	43.7
$P (\text{N/m}^2)$	796.9	795.0	771.5	629.5	-317.2
$1/2\rho v^2 (\text{N/m}^2)$	7.9	10.7	34.6	184.7	1127.9
$\rho gh (\text{N/m}^2)$	-7.5	0.3	1.5	2.7	3.8
$P+1/2\rho v^2+\rho gh (\text{N/m}^2)$	797.3	806.0	807.6	816.8	814.5
QSTP=	0.2115	CMM			

LW-9341 Venturi-Tube Ø 5 Test Data 側邊壓力孔 20191017

位置	入口	漸縮段	喉部
Position	4	5	6
$dP(\text{mmAq})$	76.3	75.9	1.3
$A (\text{mm}^2)$	962.1	283.5	19.6
$V (\text{m/sec})$	0.9	3.0	43.0
$P (\text{N/m}^2)$	747.0	743.1	12.7
$1/2\rho v^2 (\text{N/m}^2)$	0.5	5.2	1092.0
$\rho gh (\text{N/m}^2)$	-7.5	0.9	2.1
$P+1/2\rho v^2+\rho gh (\text{N/m}^2)$	739.9	749.2	1106.8
QSTP=	0.0506	CMM	