

# 3D列印氣壓元件之ISO 6358 質流量分析研究

ISO 6358 Mass Flow-rate Analysis of 3D Printing  
Pneumatic valve

報告者：任志強教授

報告日期：2019年11月14日



# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

實驗結果比較

6

結論與未來展望





# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

實驗結果比較

6

結論與未來展望

## 緒論

- 3D列印技術是近年來新發展的製程技術，它的特點為**製作成本低廉、生產快速且不需花費大量的人力**就可以輕鬆地製作出物件。
- 舉凡可繪之物，皆能使用3D列印技術製作出來。



3D列印機械零件



3D列印機械錶

## 研究動機

氣壓閥件是目前自動化產業上最常使用的元件，常應用於自動化產線、物料搬運、零件組合、自動包裝等地方。

本報告將**3D列印技術**應用於製作**氣壓塑膠閥件**之上，並以市售**金屬梭動閥**做為仿製對象，最後使用ISO 6358設備量測並比較二種氣壓閥件之質流量特性。



# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

實驗結果比較

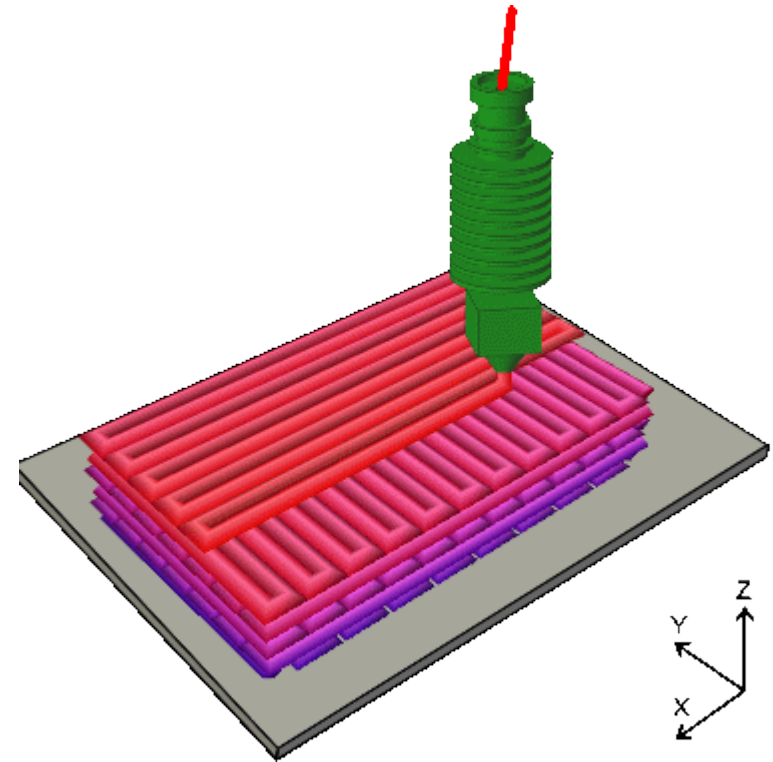
6

結論與未來展望



## 3D列印技術

- 本論文使用的3D列印技術屬於：**熱熔沉積成型技術(FDM)**。
- 此項成形方式主要採用**層層堆疊**的方法將物件製作完成。



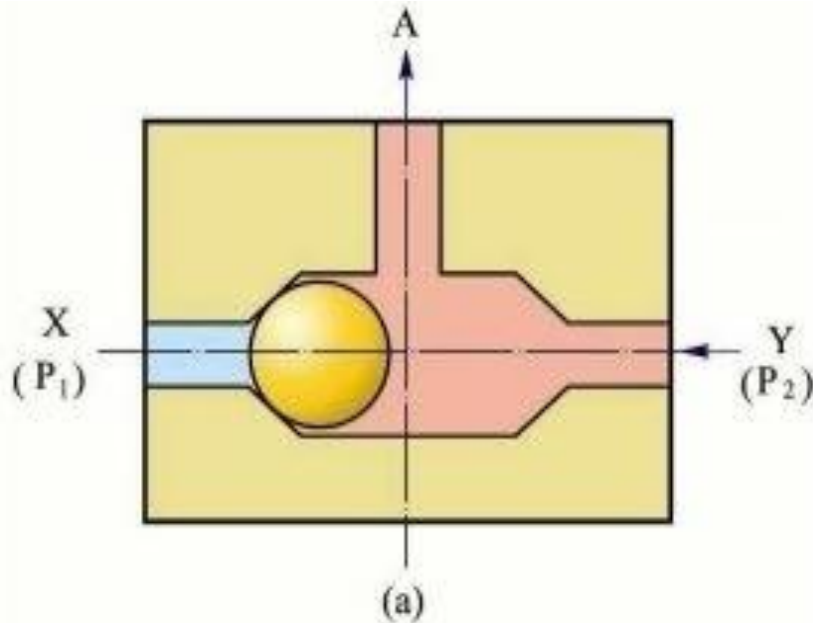
FDM列印方式



## 氣壓閥件: 梭動閥

### ➤ 閥件功能說明：

梭動閥屬方向控制邏輯元件，通常以氣壓的形式達到邏輯”或”的運算功能，而在一般邏輯運算中常稱之為或閘(OR-gate)。

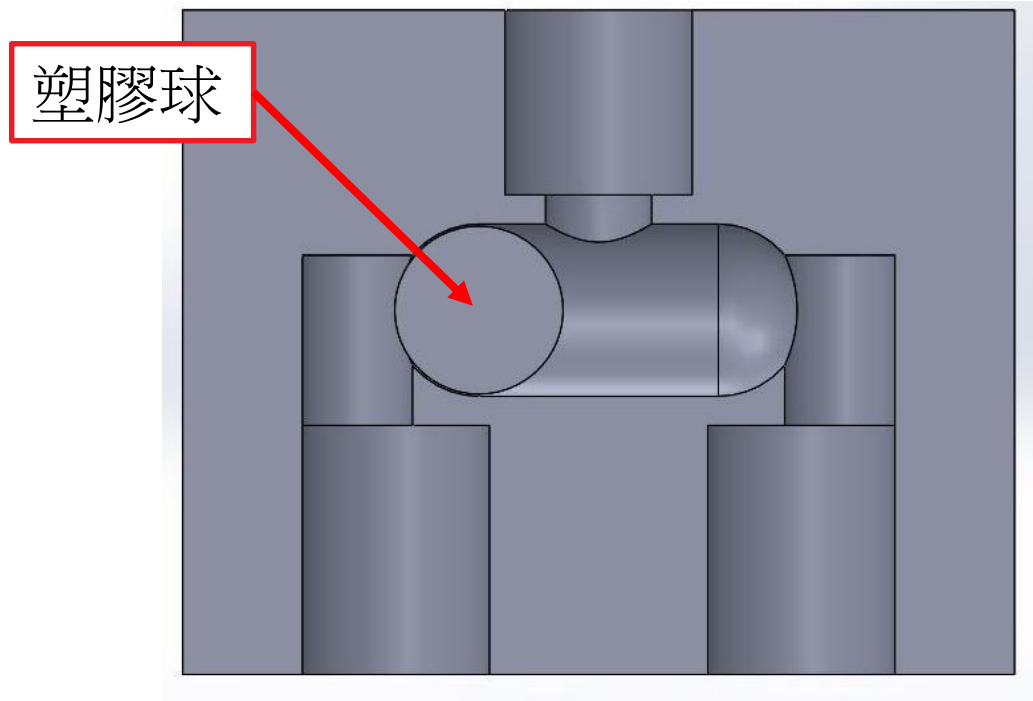




## 梭動閥件設計:



原廠梭動閥



閥件剖面圖



# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

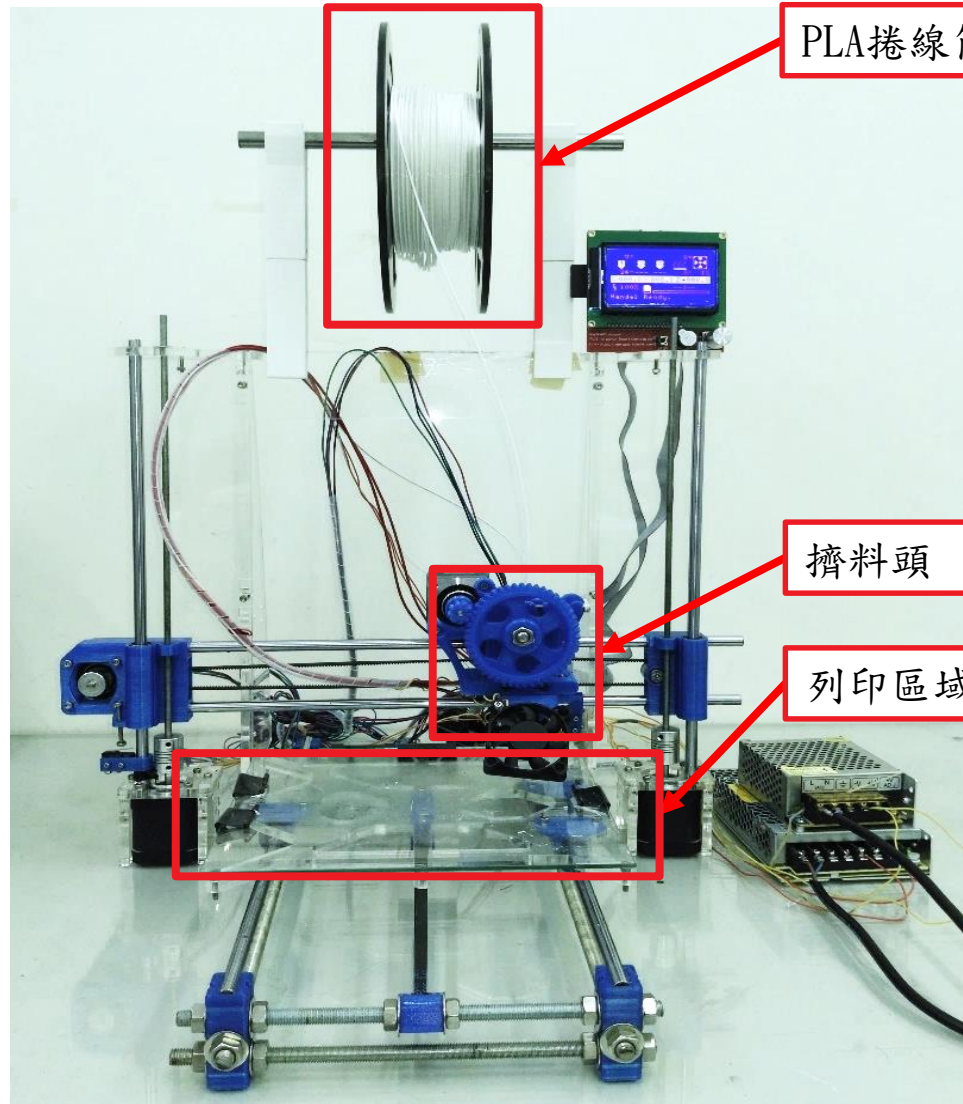
實驗結果比較

6

結論與未來展望



# 3D列印機之硬體架構



3D列印機架構圖

# 3D列印機電控部分



Arduino Mega 2560開發板

控制板型號	Mega2560
工作電壓	5V
輸入電壓	7~12V
Digital I/O	54個
Analog Input	16個
PWM	15個
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Flash Memory	256KB
Clock Rate	16MHZ
控制板大小	10.2 cm * 5.3 cm





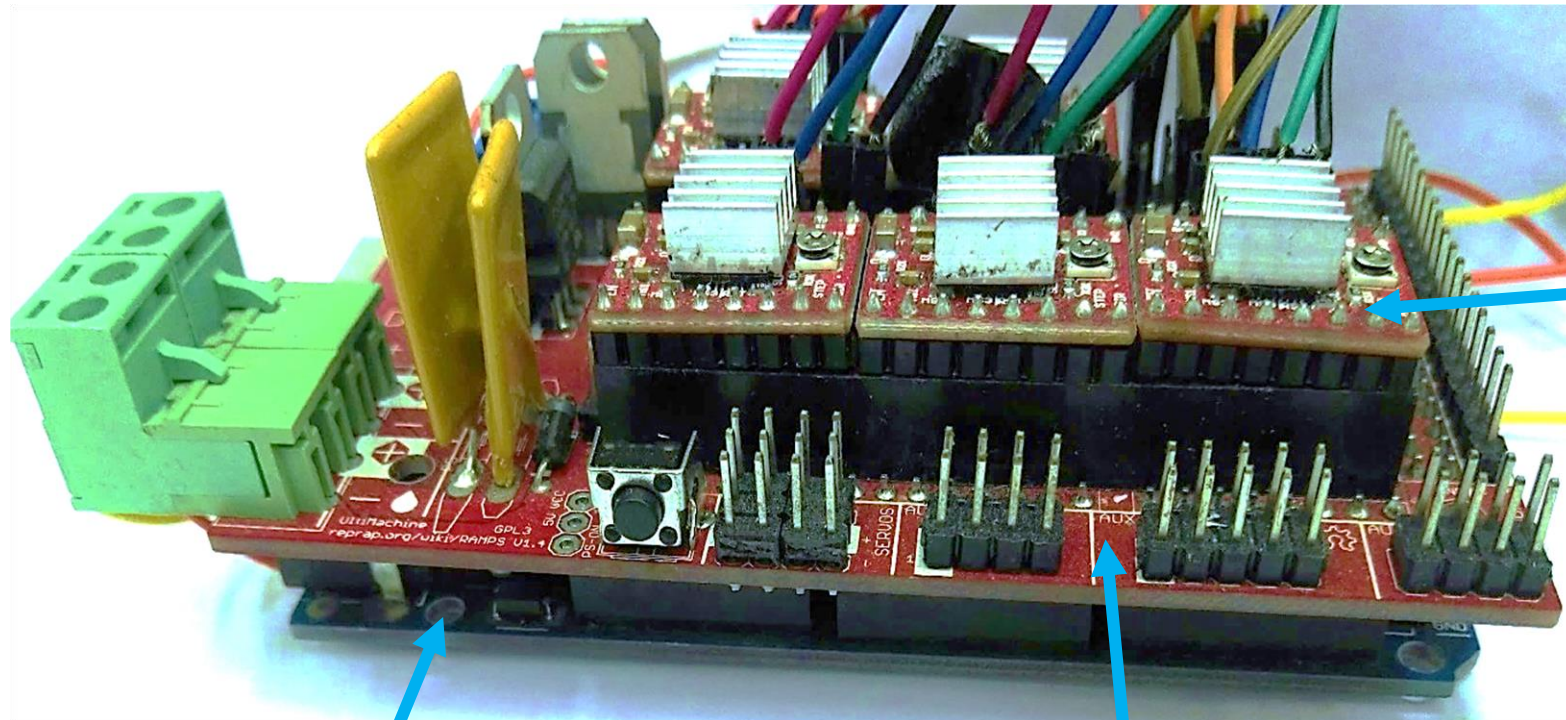
Ramps 1.4控制板

- 此控制板具有整合3D列印機感測元件之功能。
- 它能將Arduino Mega 2560版擴充功能並應用於控制步進馬達。



A4988馬達驅動板

# 3D列印機控制核心

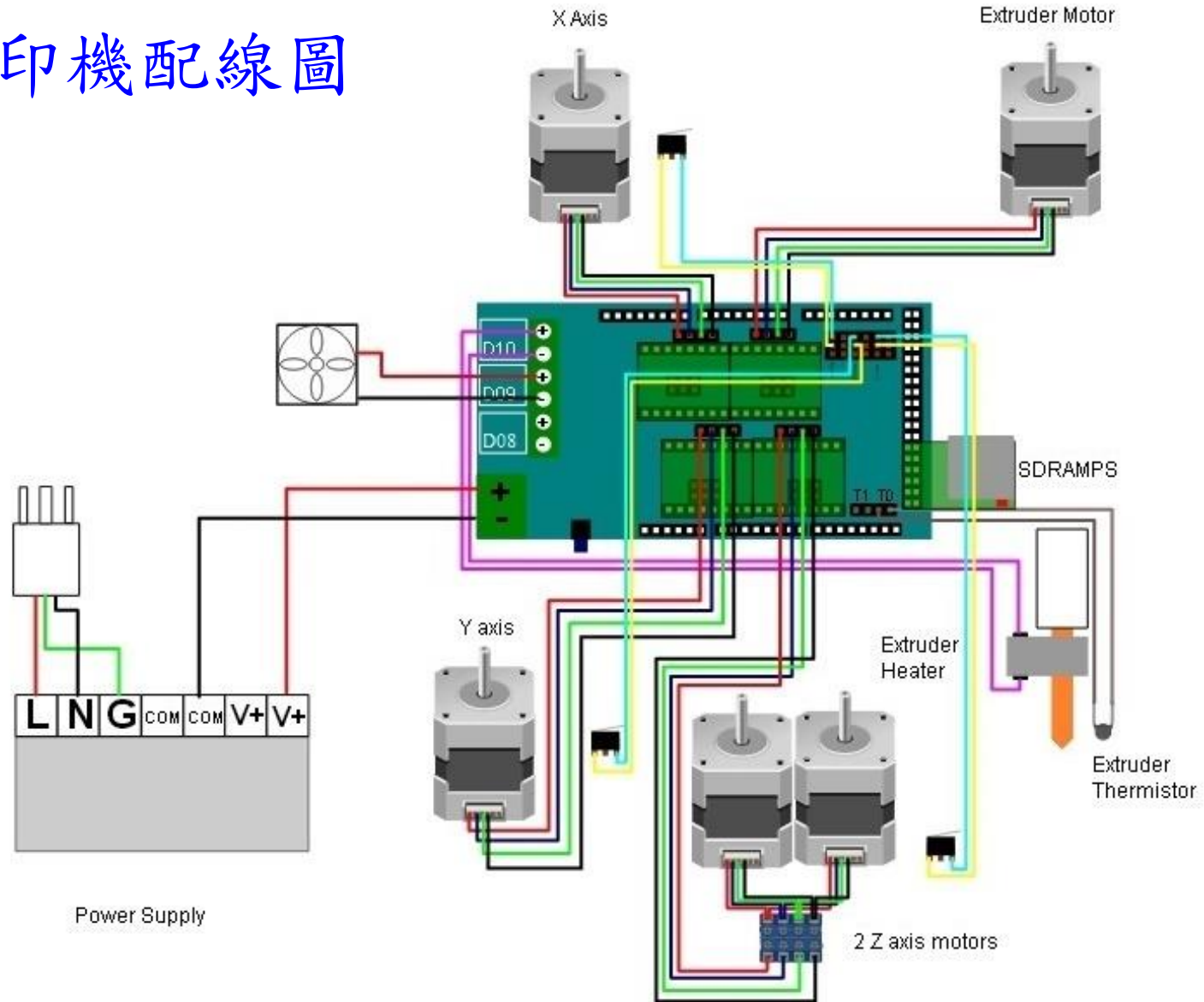


A4988馬達  
驅動板

Arduino Mega  
2560開發板

Ramps 1.4擴充控制板

## 3D列印機配線圖





## 3D列印機之線材



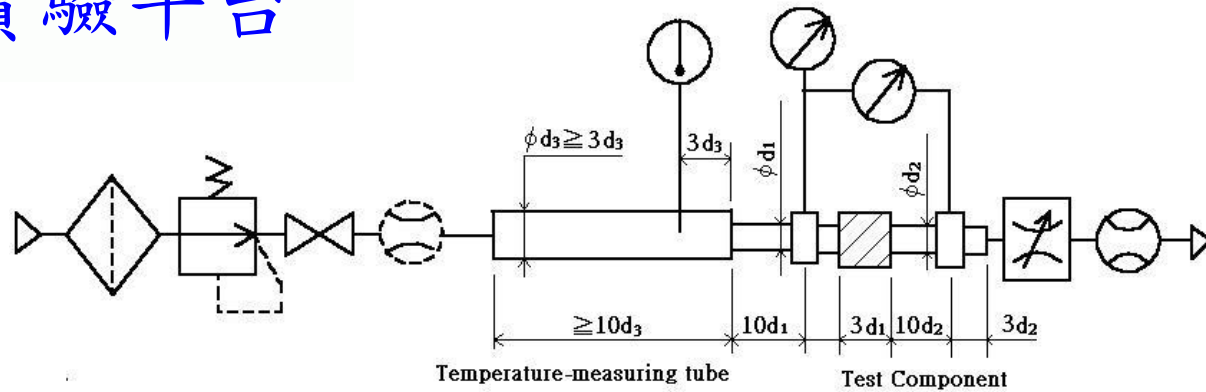
PLA線材

PLA 線材的原料為玉米、馬鈴薯等天然原料，產品廢棄後可以通過微生物快速分解回歸大地，因此被認為是一種具備良好使用性能的綠色環保塑料。

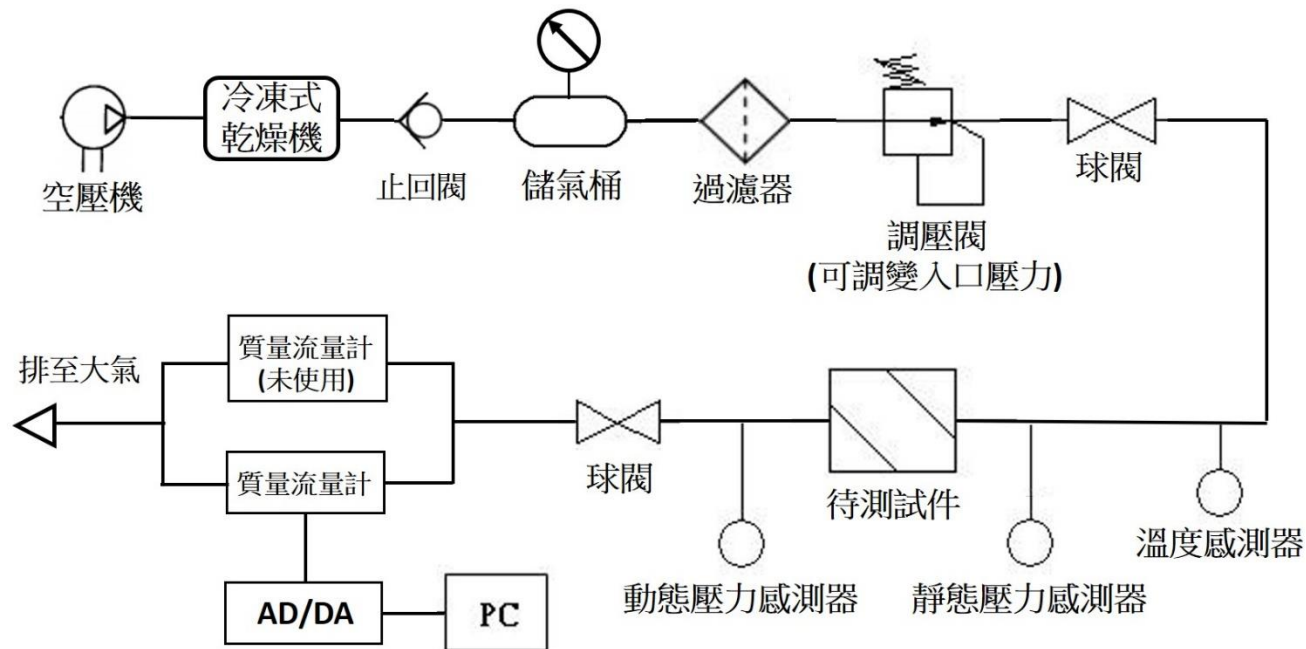
圖片來源

[https://www.google.com.tw/search?q=PLA%E7%B7%9A%E6%9D%90&num=100&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiw86mT9M\\_bAhUBerwKHVo7DFIQ\\_AUICigB&biw=1536&bih=734&dpr=1.25#imgrc=hpemAgt4mZqzdM:](https://www.google.com.tw/search?q=PLA%E7%B7%9A%E6%9D%90&num=100&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiw86mT9M_bAhUBerwKHVo7DFIQ_AUICigB&biw=1536&bih=734&dpr=1.25#imgrc=hpemAgt4mZqzdM:)

# ISO 6358 實驗平台

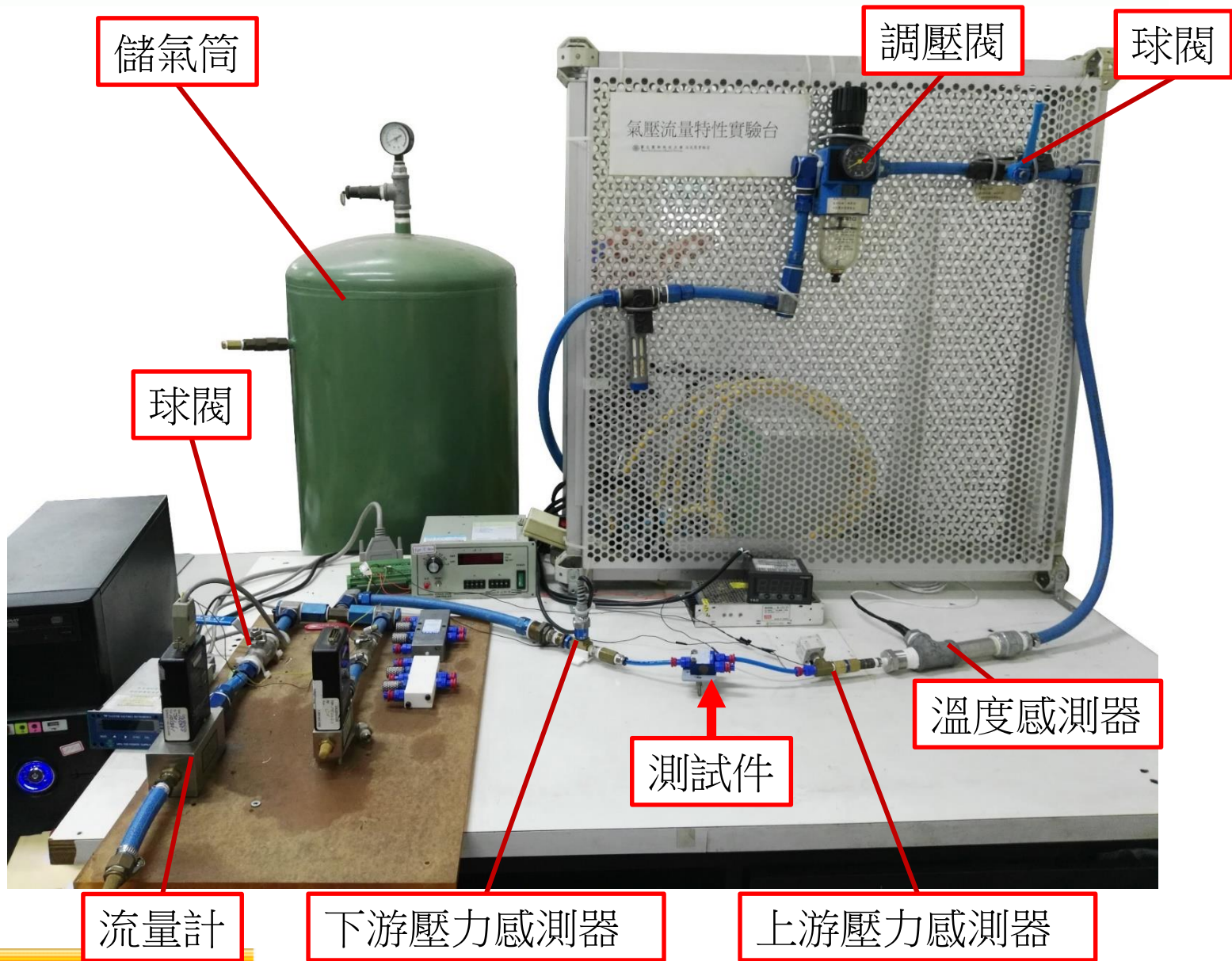


ISO 6358 設備規範示意圖



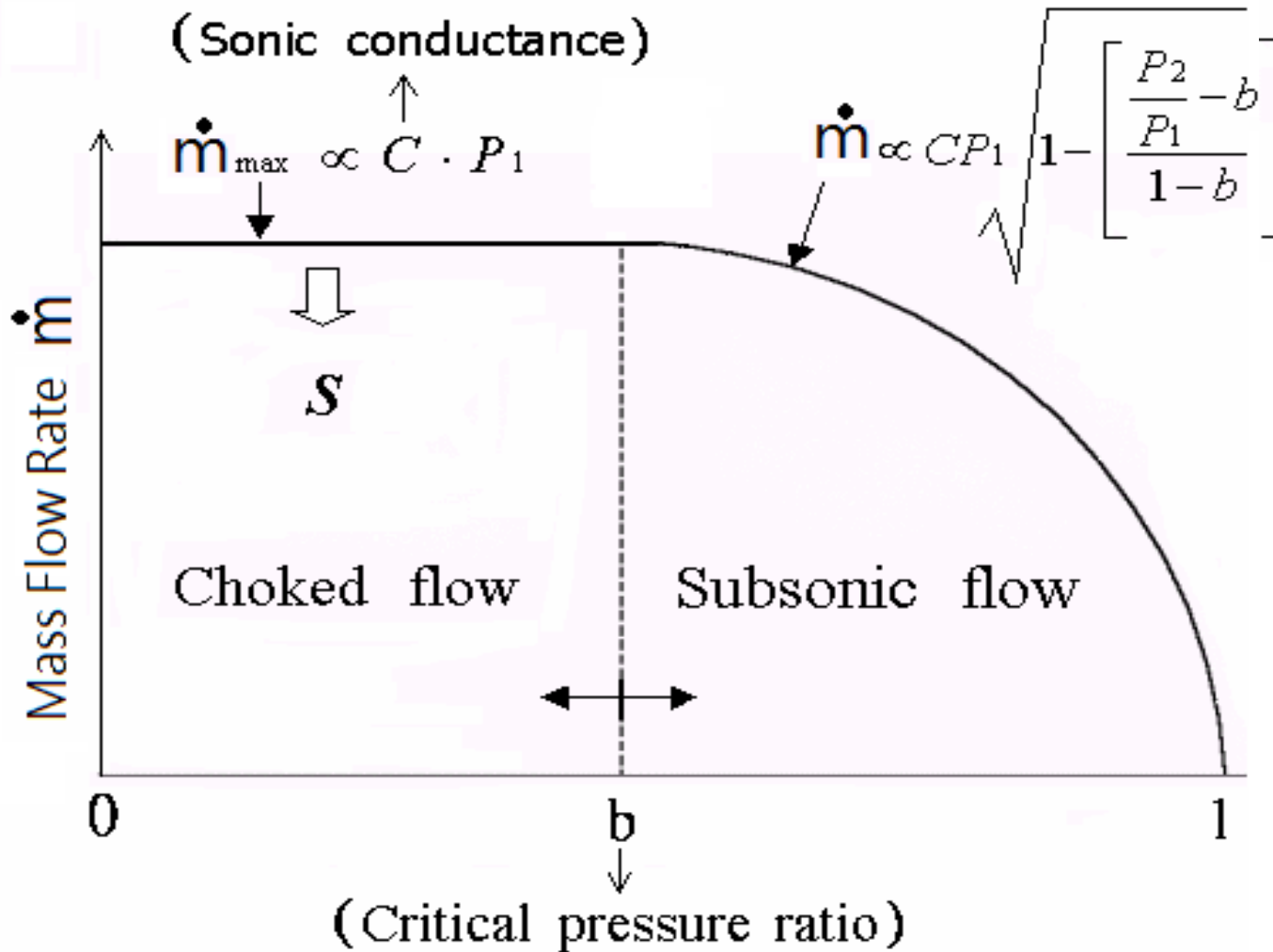
氣壓質流量特性實驗設備氣壓迴路示意圖

# ISO 6358 實驗平台





# 氣壓閥件質量流率(質流量)特性



質量流率與壓力比之理想關係圖



## 液氣壓實驗室-ISO6358測試平台

控制盤1 控制盤二

紀錄最大流量  
0

紀錄最大C  
0

紀錄最大M  
0

P2/P1(x)  
0

目前流量計數值  
0

開始紀錄

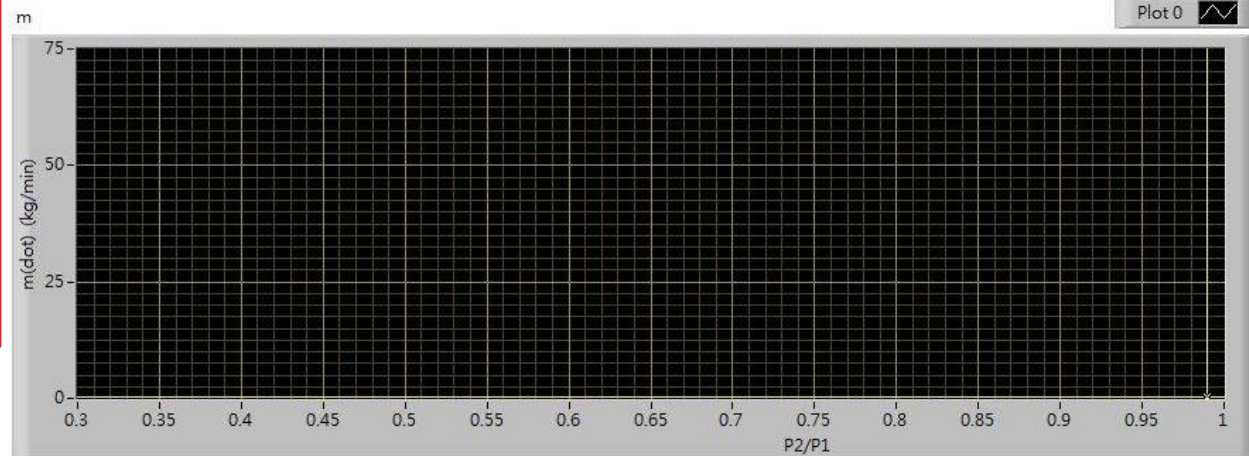
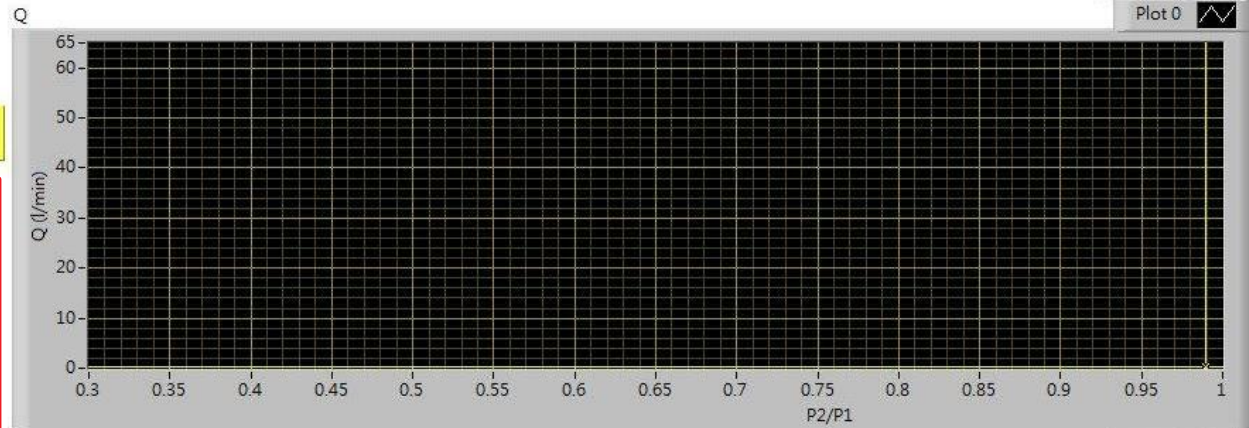
開始測試

觀察數值

stop

清除歷史資料

控制面板



Labview人機介面



# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

實驗結果比較

6

結論與未來展望

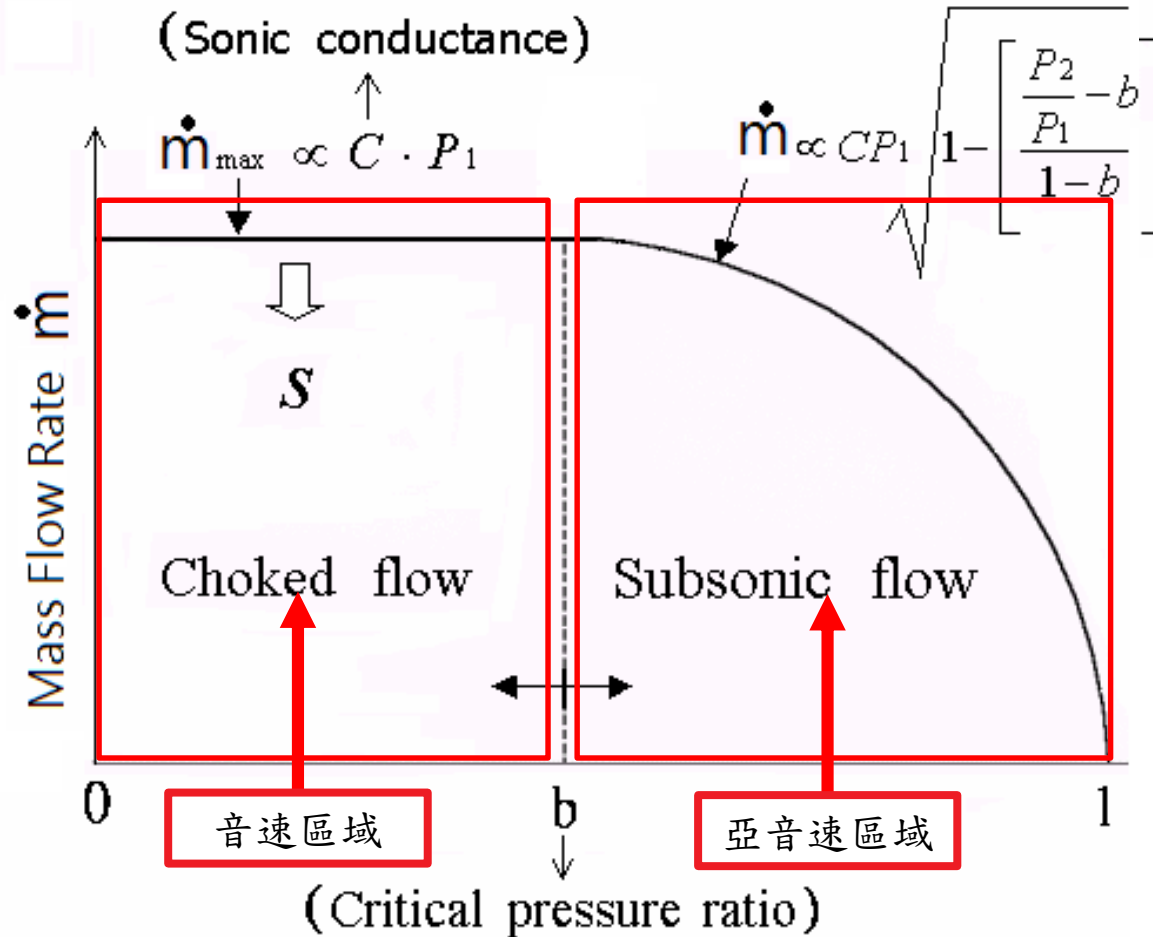


## 實驗方法說明：流量之檢測方法

- 實驗入口壓力(絕對壓力)：2、3、4 bar
- 使用資料擷取卡(AD/DA)卡擷取流量計、壓力表之數值回傳至電腦，再透過**Labview**軟體讀取數值並記錄後，即可繪成流量曲線圖。

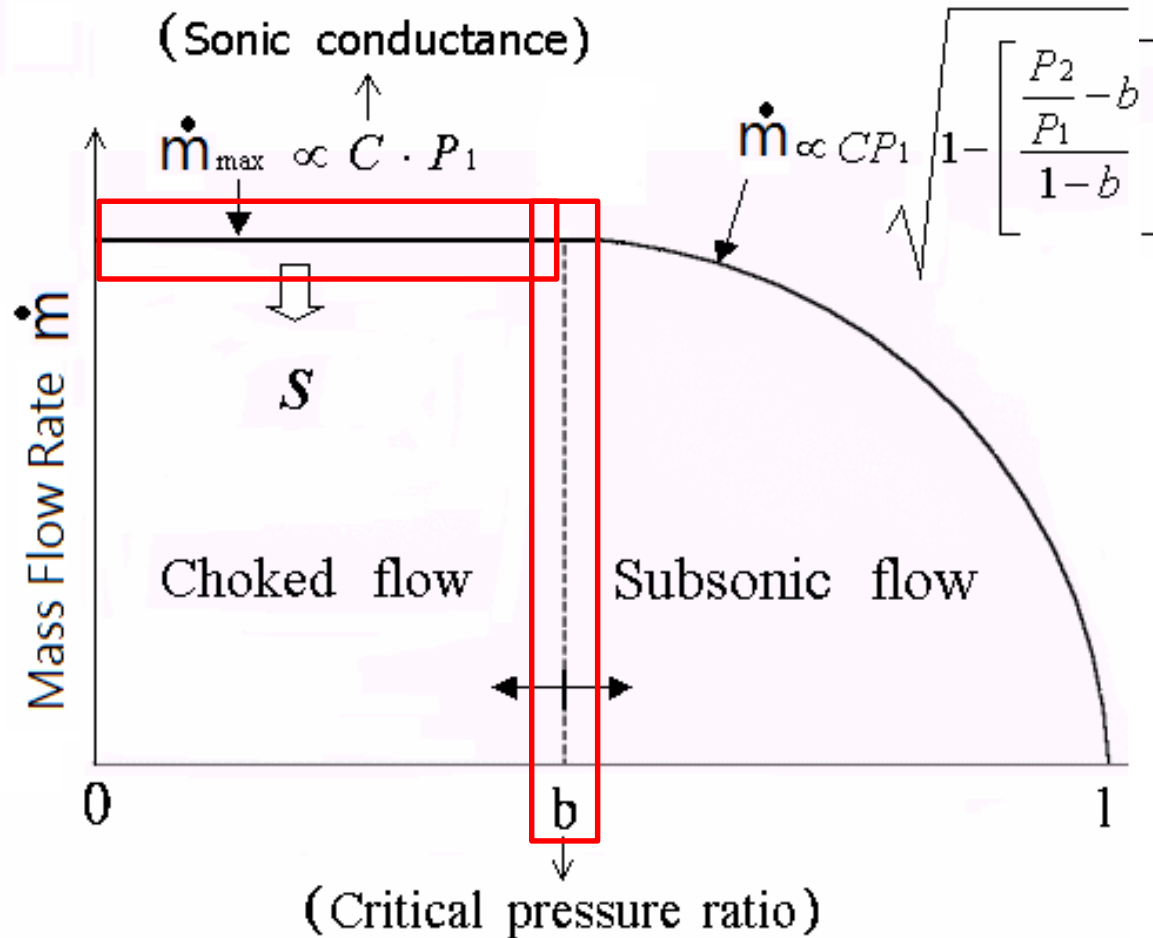


質量流率之計算方法 = 流量 \* 空氣密度 (1.185 kg/m<sup>3</sup>)



質量流率與壓力比之理想關係圖

## 臨界壓力比b值之求得方法



質量流率與壓力比之關係圖

## 傳導值之計算方法

$$\dot{m}_{max} = CP_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \xrightarrow{\text{進行反算}} C = \frac{\dot{m}_{max}}{P_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}}$$

- 此公式內之 $T_1$ 、 $T_2$ 為實驗的上游、下游溫度，在ISO 6358規範中為 $20^\circ\text{C}$ 。
- 實驗溫度高出 $20^\circ\text{C}$ 一些，在計算上影響相當微小，為了利於數值上的計算過程，可以假設 $T_1 = T_2$ ，且溫度均為 $20^\circ\text{C}$ 。

# 梭動閥流量特性試驗



3D列印塑膠梭動閥



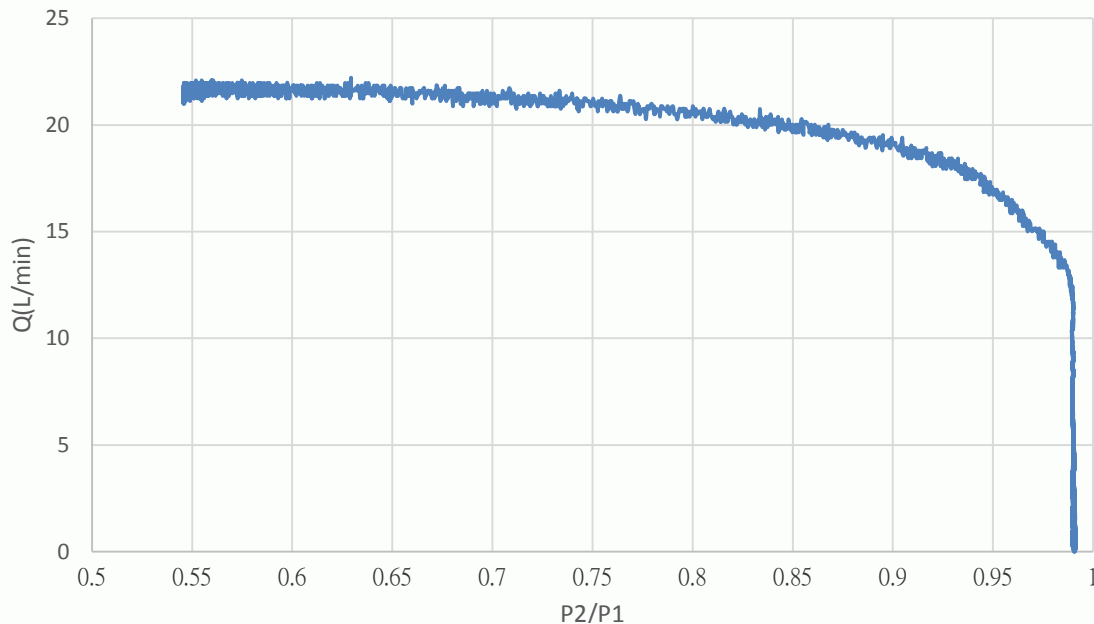
金屬梭動閥

## (I) 流量特性試驗—3D列印塑膠梭動閥



梭動閥

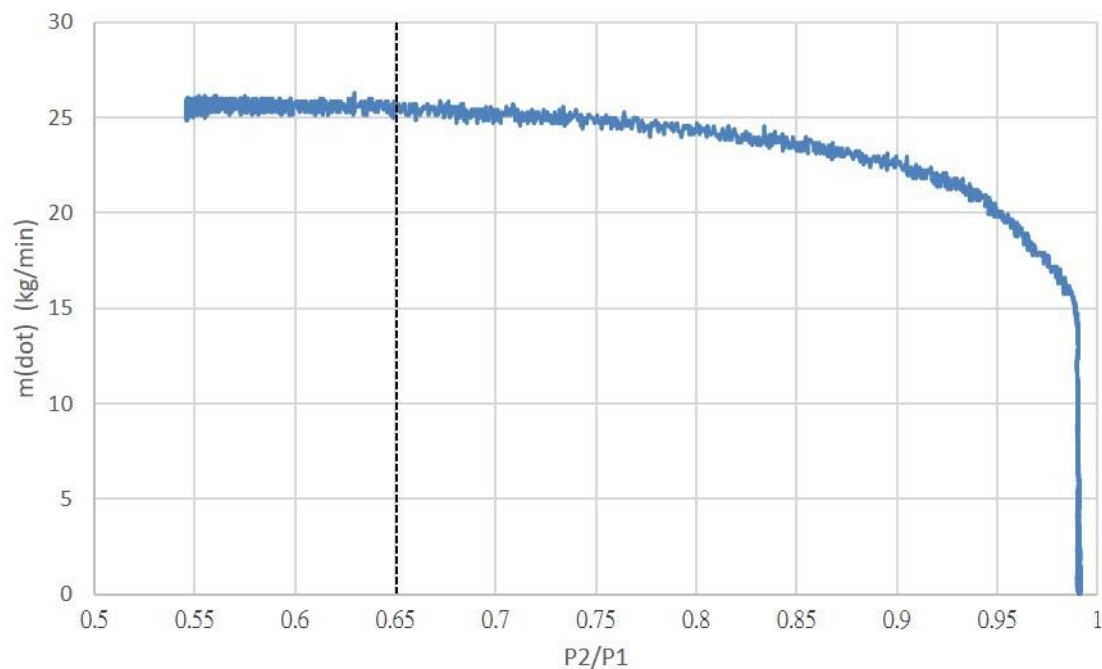
### 3D列印梭動閥-2bar



最大流量Q值 : 22.2 (L/min)

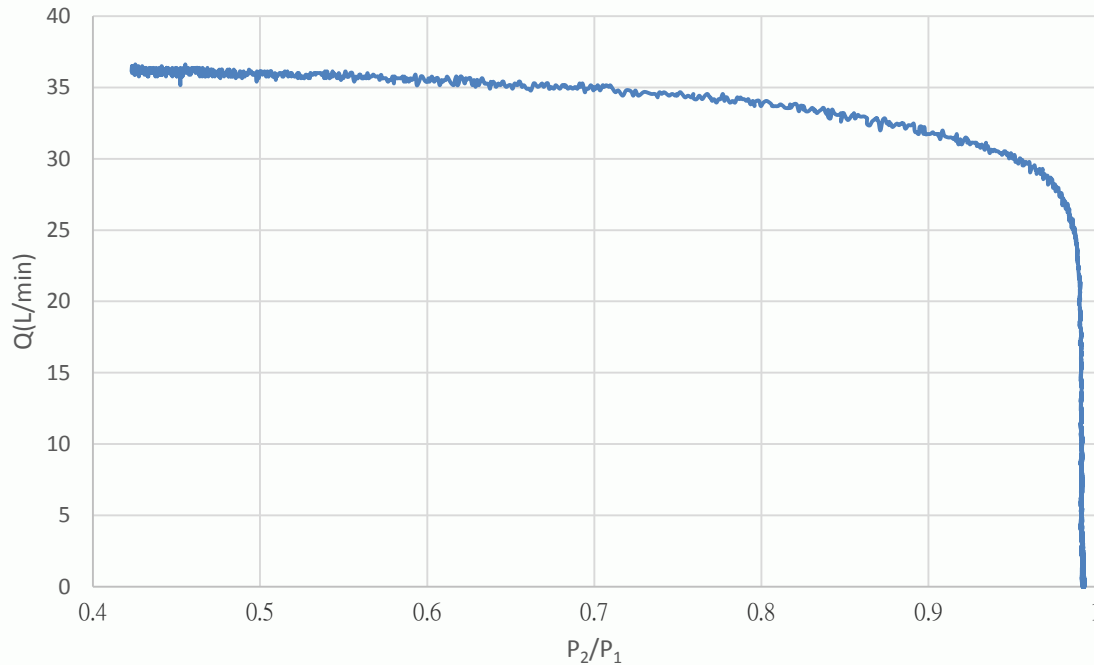
質量流率 $\dot{m}_{max}$  : 26.3 (kg/min)

傳導值C : 10.4 ( $m^3/s \cdot bar$ )



臨界壓力比b : 0.65

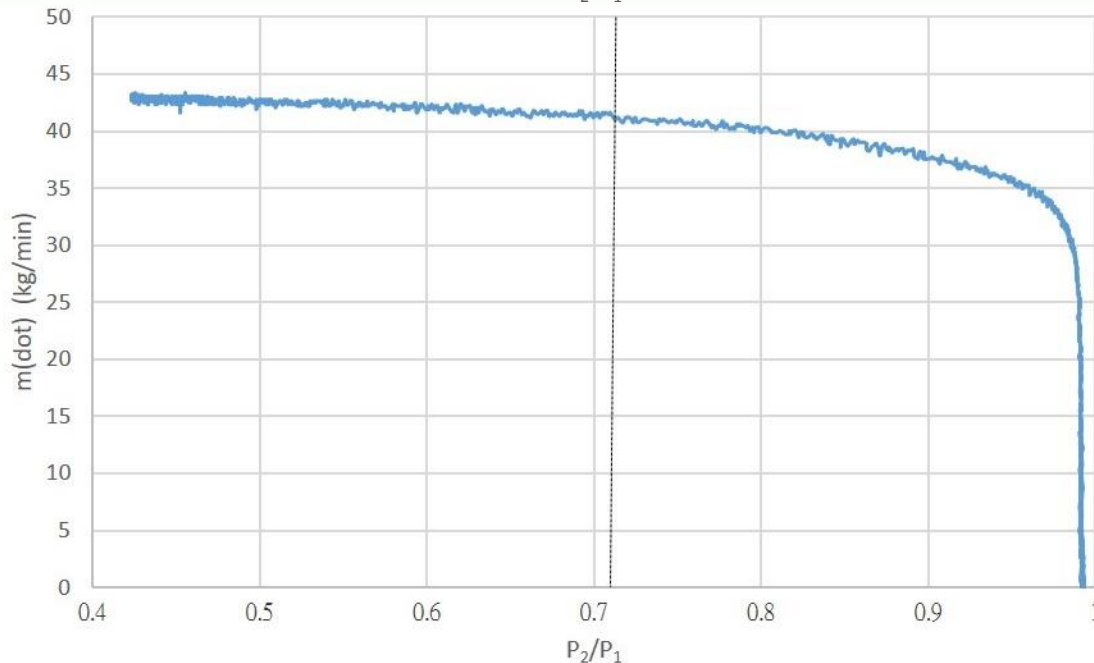
### 3D列印梭動閥-3bar



最大流量Q值 : 36.6 (L/min)

質量流率 $\dot{m}_{max}$  : 43.3 (kg/min)

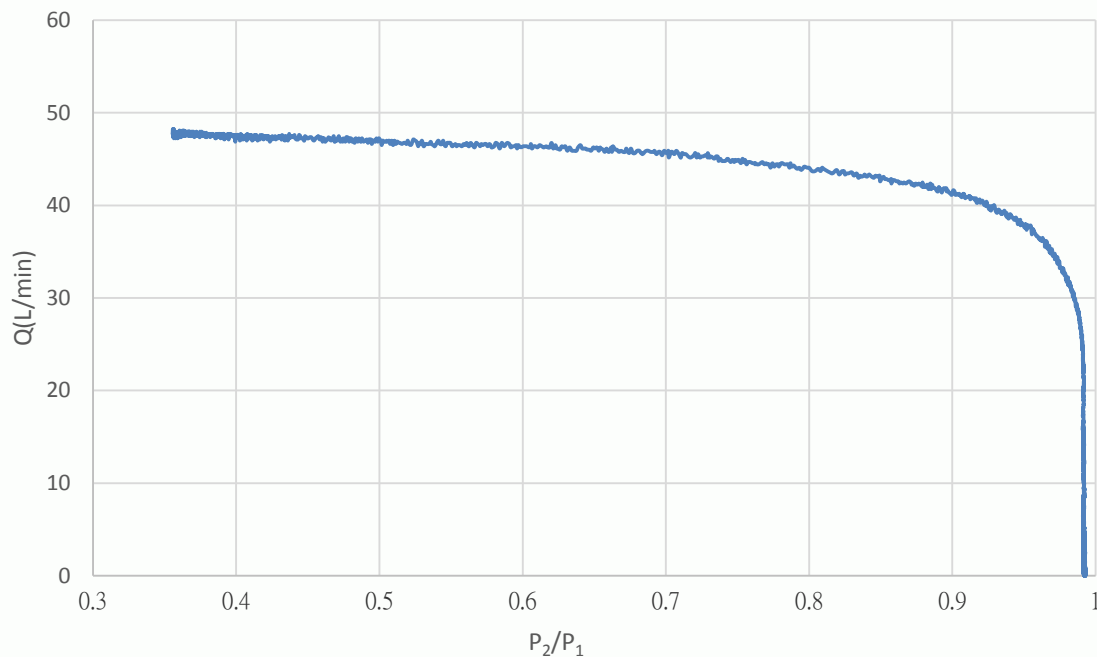
傳導值C : 11.4 ( $m^3/s \cdot bar$ )



臨界壓力比b : 0.71



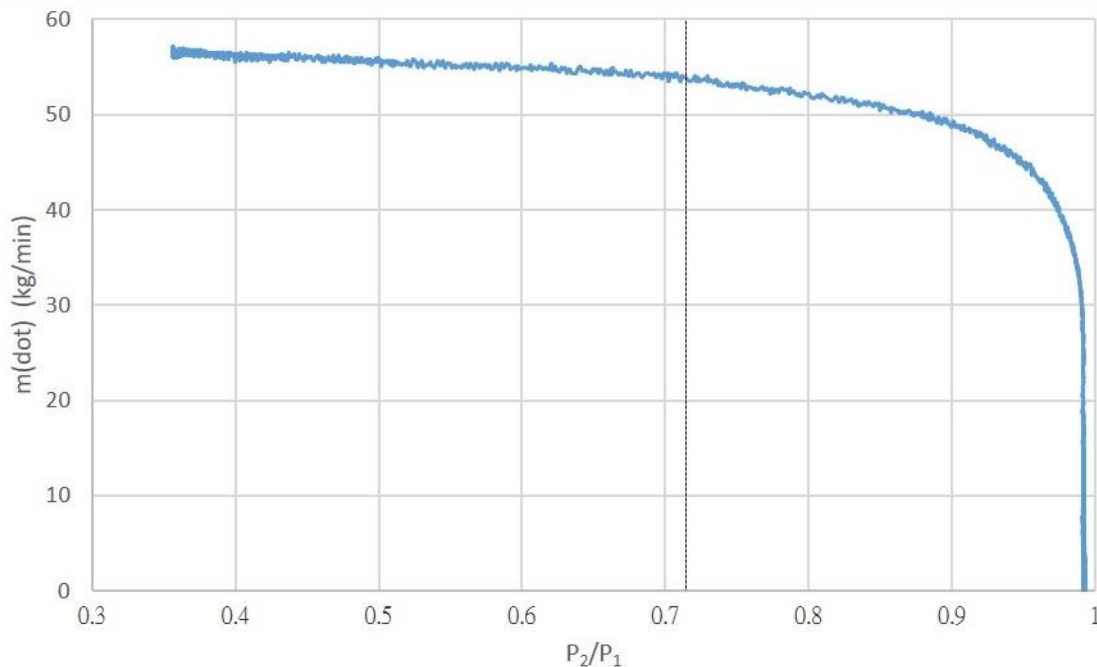
### 3D列印梭動閥-4bar



最大流量 $Q$ 值 : 48.2 (L/min)

質量流率 $\dot{m}_{max}$  : 57.1 (kg/min)

傳導值 $C$  : 12.5 ( $m^3/s \cdot bar$ )



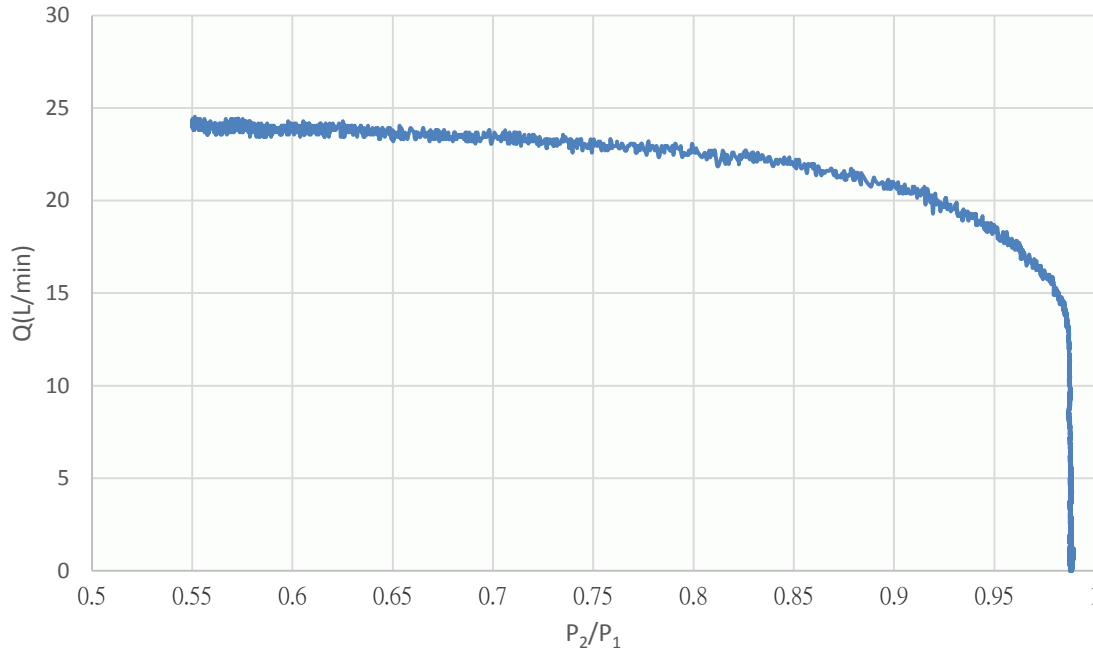
臨界壓力比 $b$  : 0.72

## (II) 流量特性試驗—金屬梭動閥



金屬梭動閥

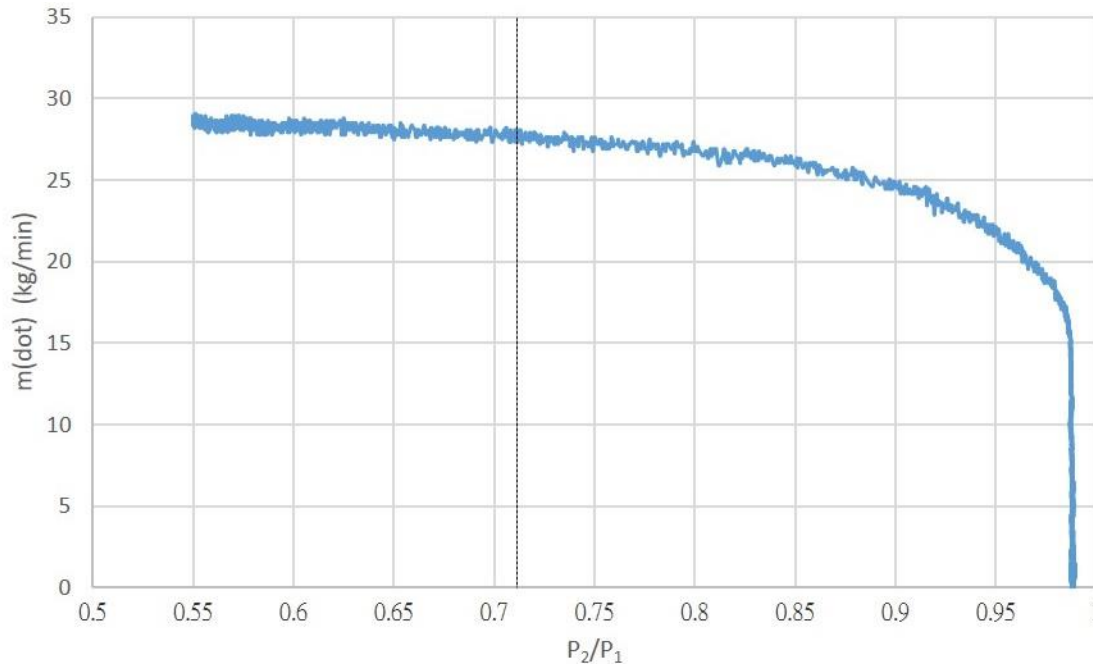
# 金屬梭動閥-2bar



最大流量 $Q$ 值 : 24.5 (L/min)

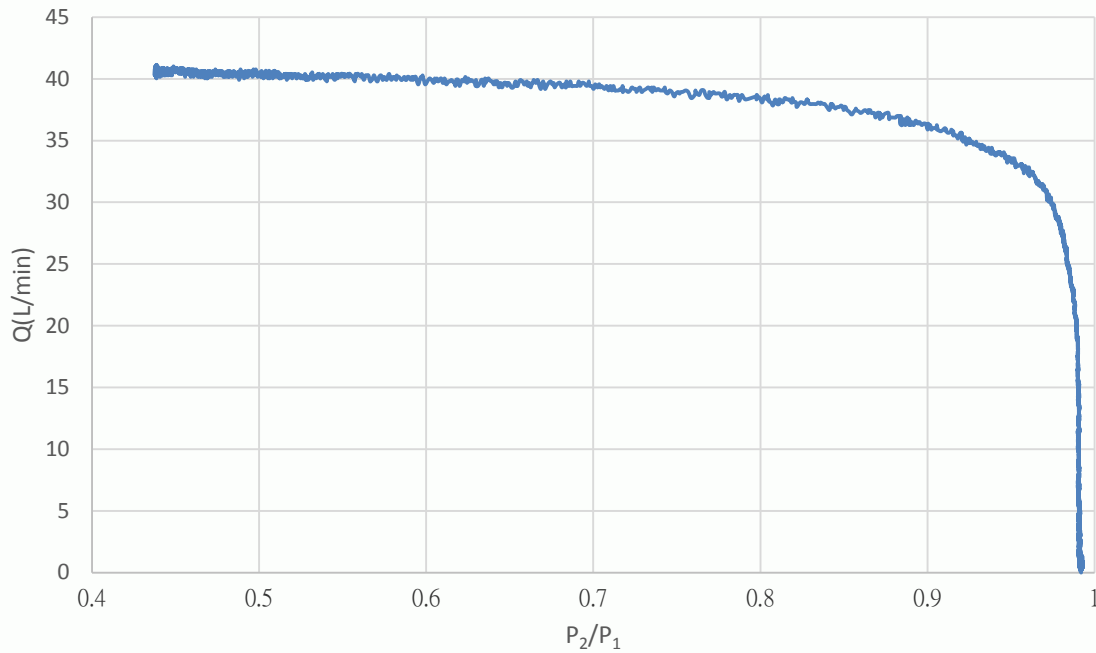
質量流率 $\dot{m}_{max}$  : 29.0 (kg/min)

傳導值 $C$  : 10.9 ( $m^3/s \cdot bar$ )



臨界壓力比 $b$  : 0.71

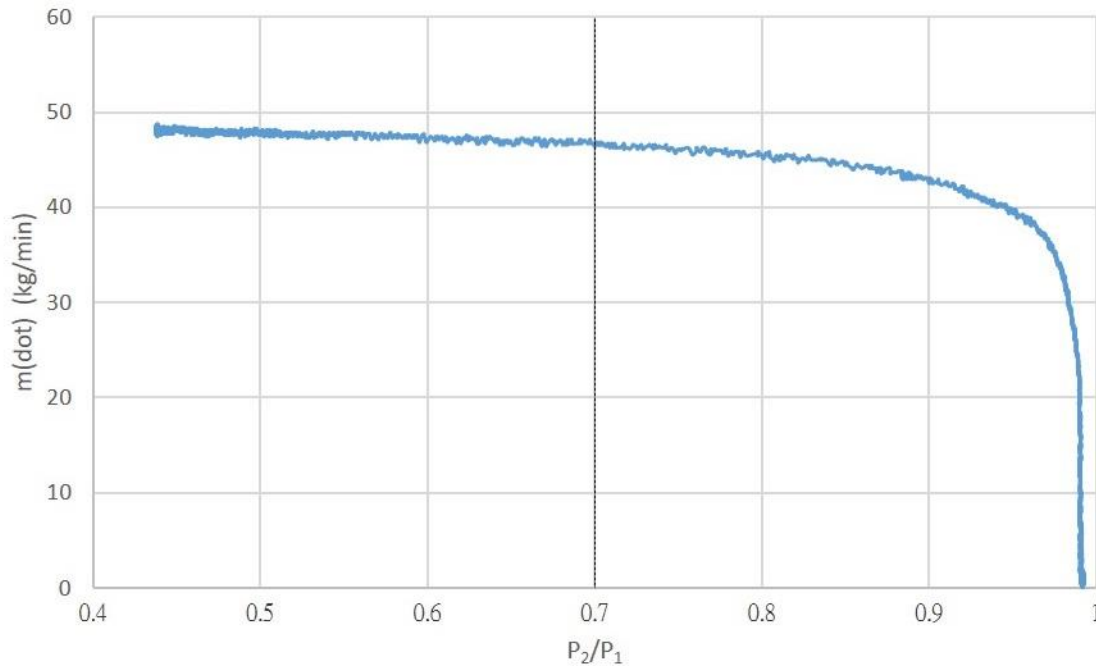
# 金屬梭動閥-3bar



最大流量Q值 : 40.7 (L/min)

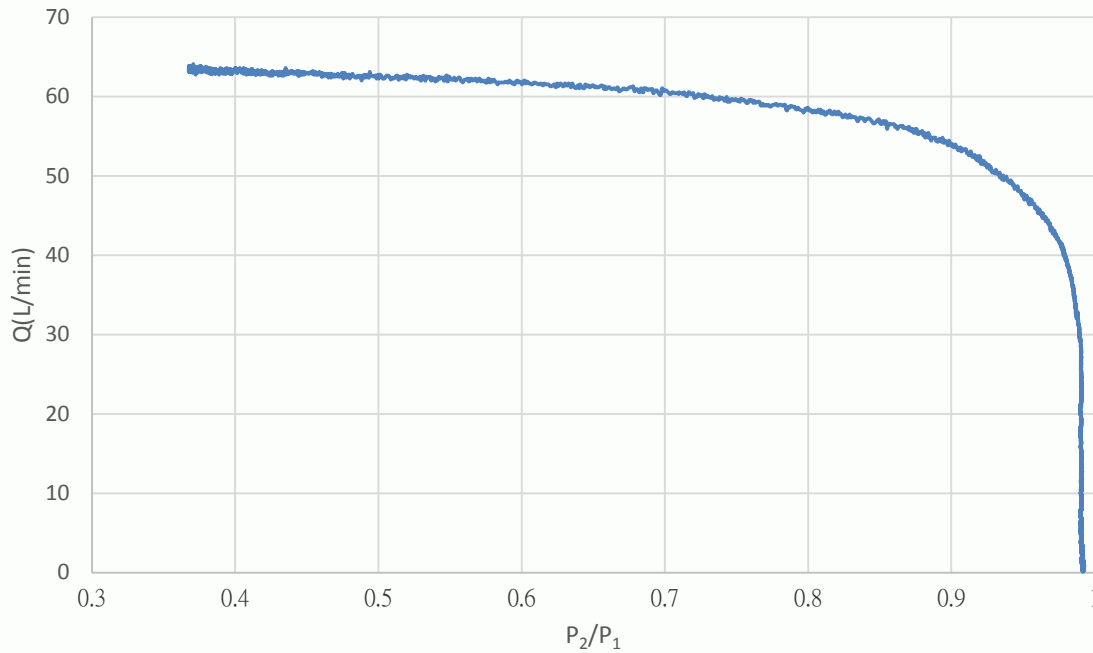
質量流率 $\dot{m}_{max}$  : 48.2 (kg/min)

傳導值C : 13.7 ( $m^3/s \cdot bar$ )



臨界壓力比b : 0.70

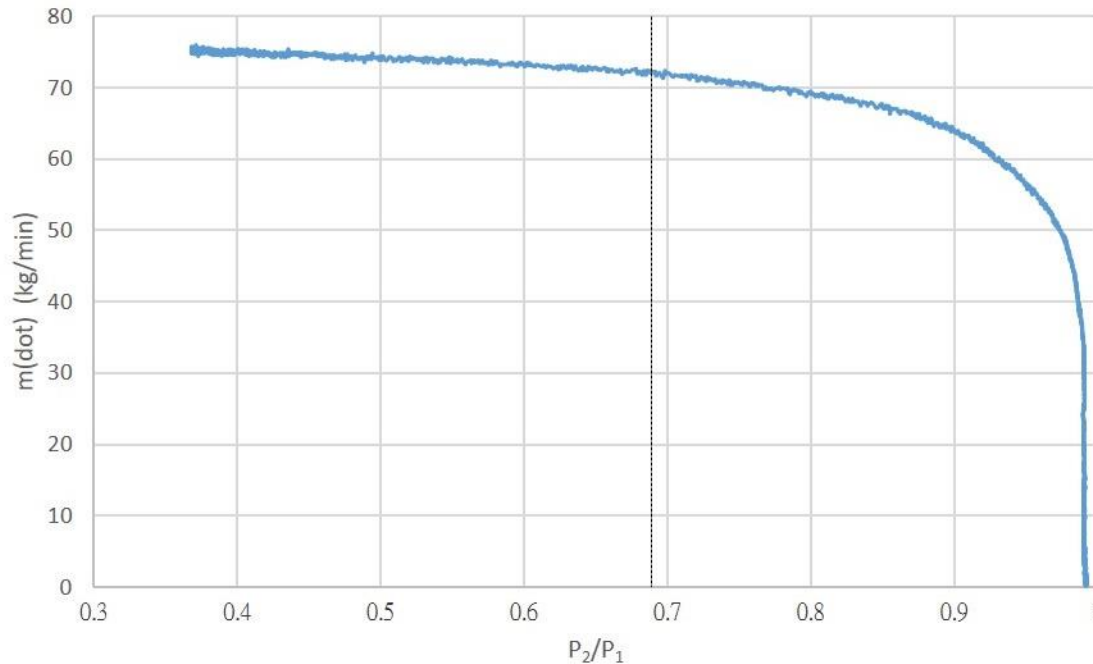
# 金屬梭動閥-4bar



最大流量Q值 : 64.0 (L/min)

質量流率 $\dot{m}_{max}$  : 75.6 (kg/min)

傳導值C : 15.2 ( $m^3/s \cdot bar$ )



臨界壓力比b : 0.69



# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

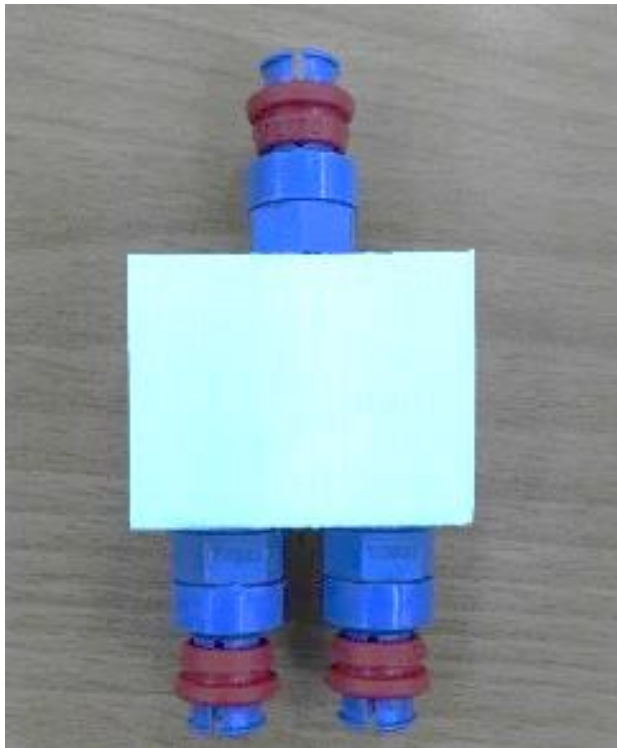
實驗結果比較

6

結論與未來展望



## 流量特性結果比較



3D列印塑膠梭動閥

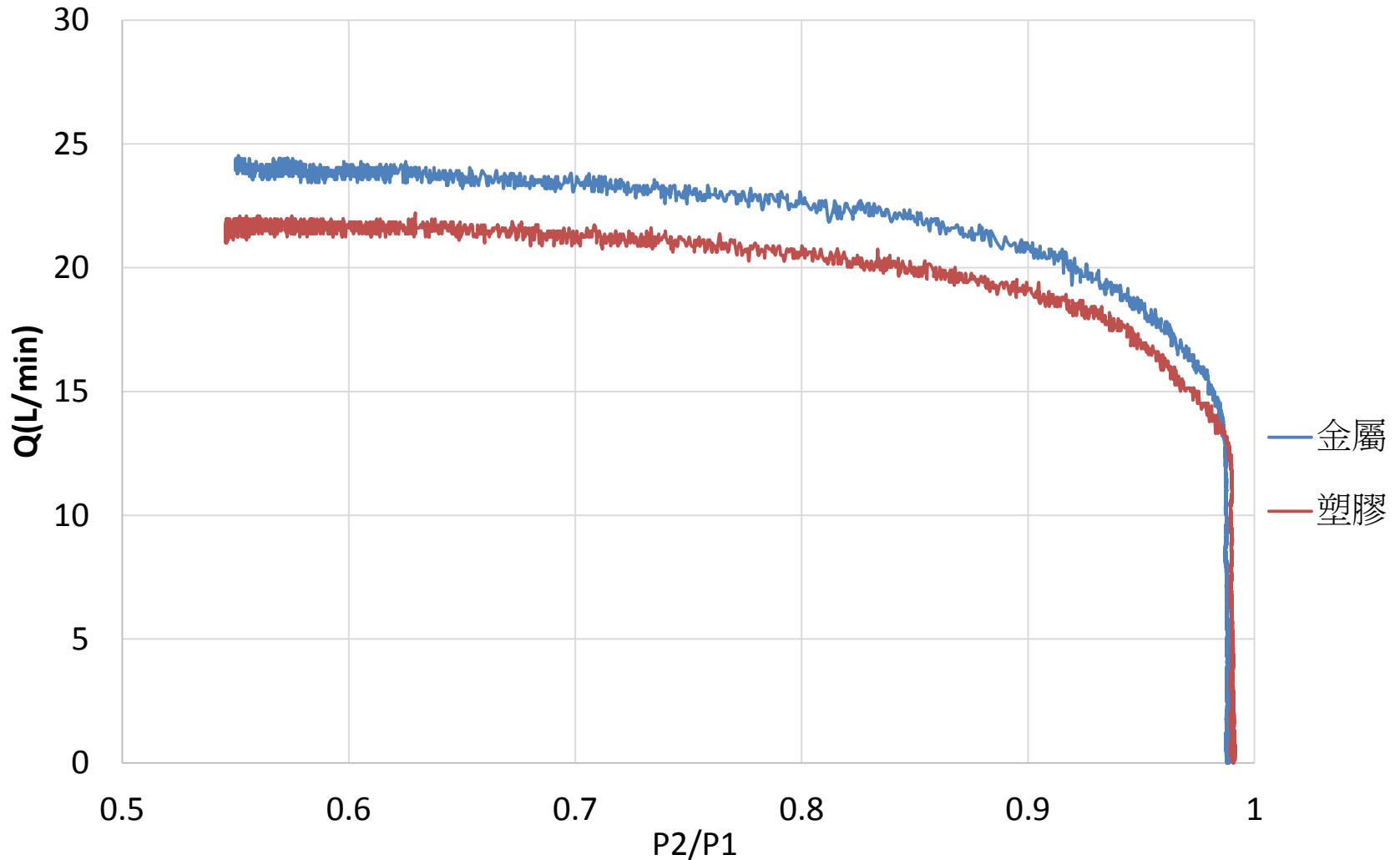


金屬梭動閥



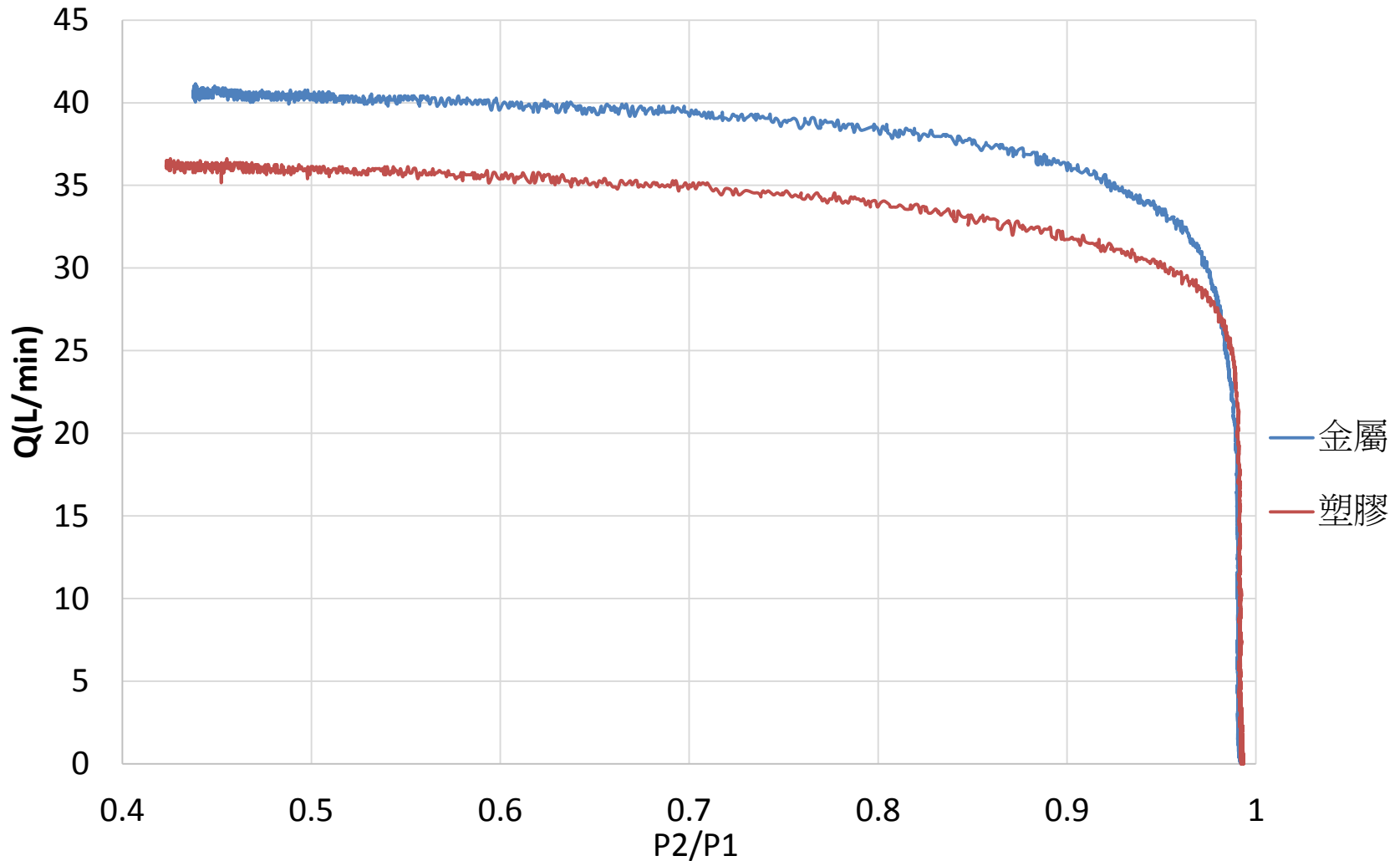
梭動閥流量比較圖-2bar

流量相差2.3(L/mm)



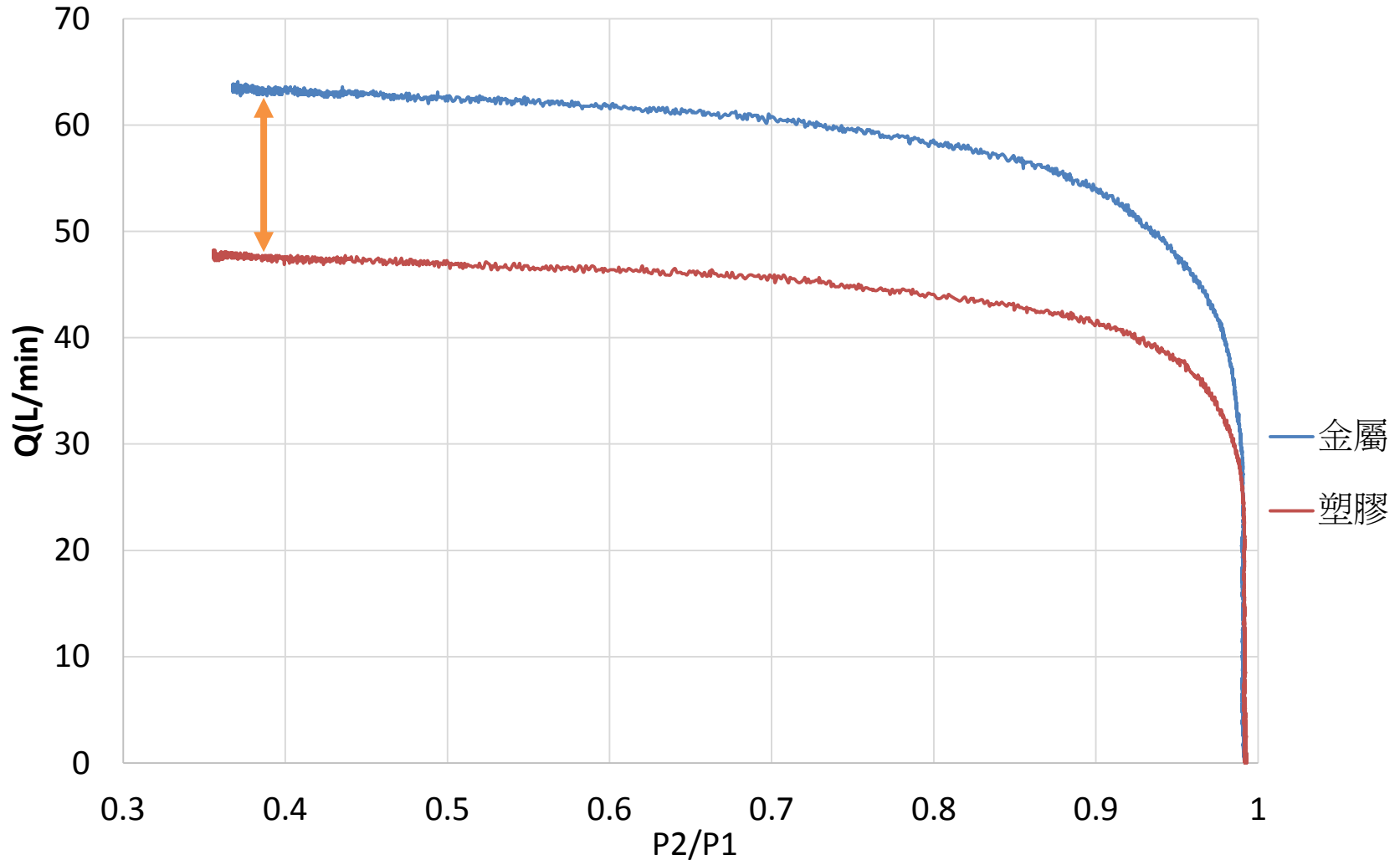
梭動閥流量比較圖-3bar

流量相差4.1 (L/min)



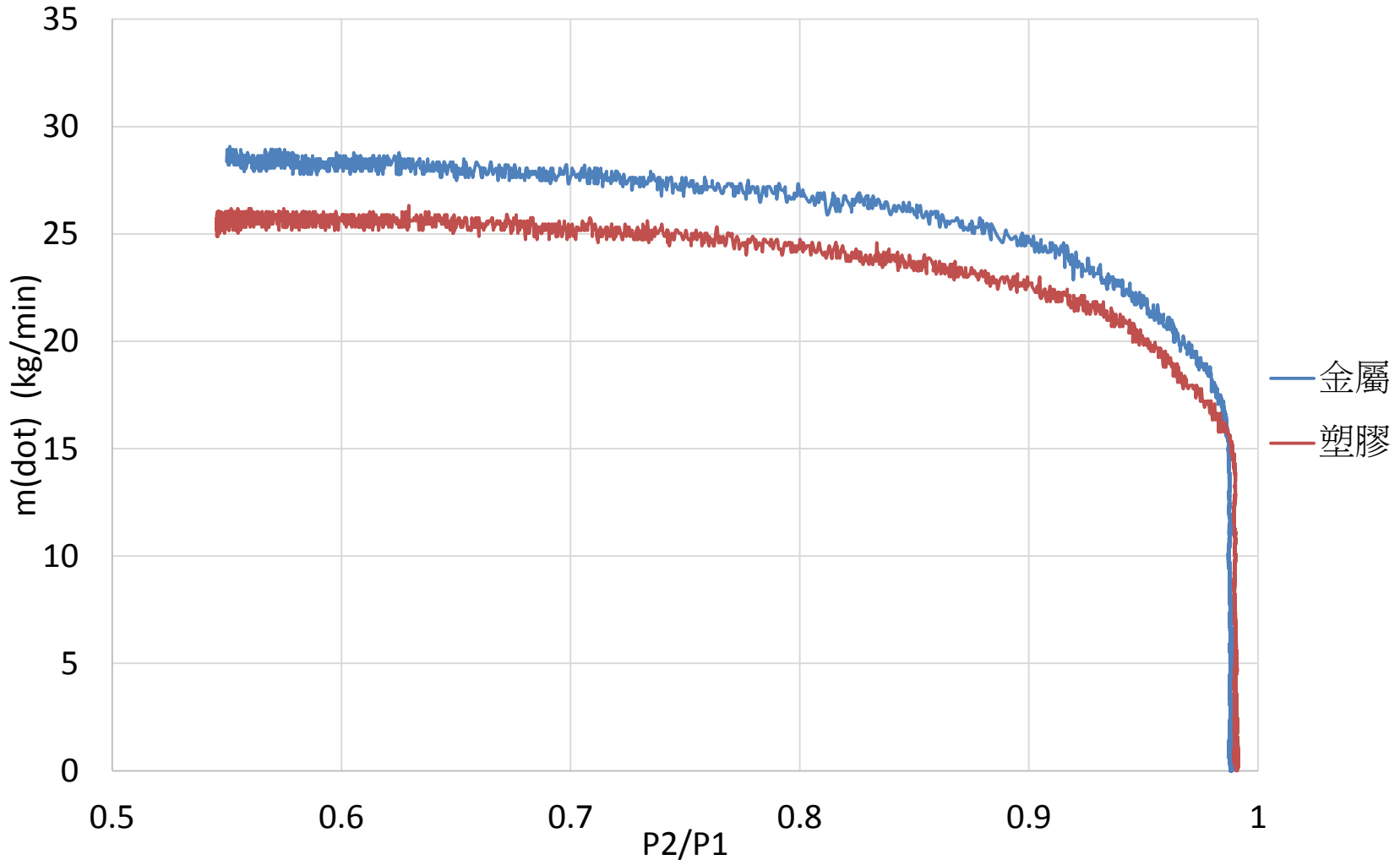
梭動閥流量比較圖-4bar

流量相差15.8 (L/min)



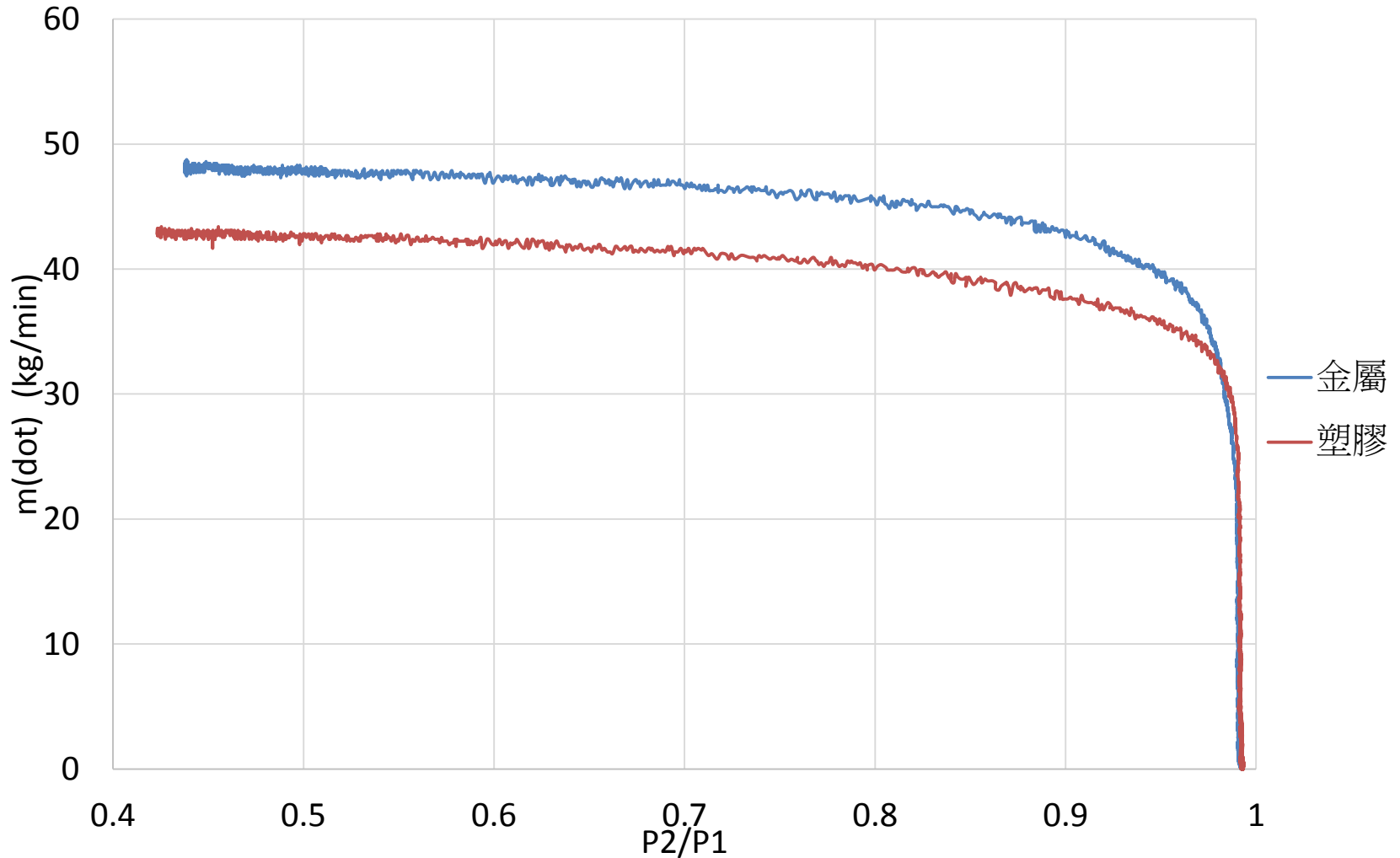
梭動閥質量流率比較圖-2bar

質量流率相差2.7(kg/min)



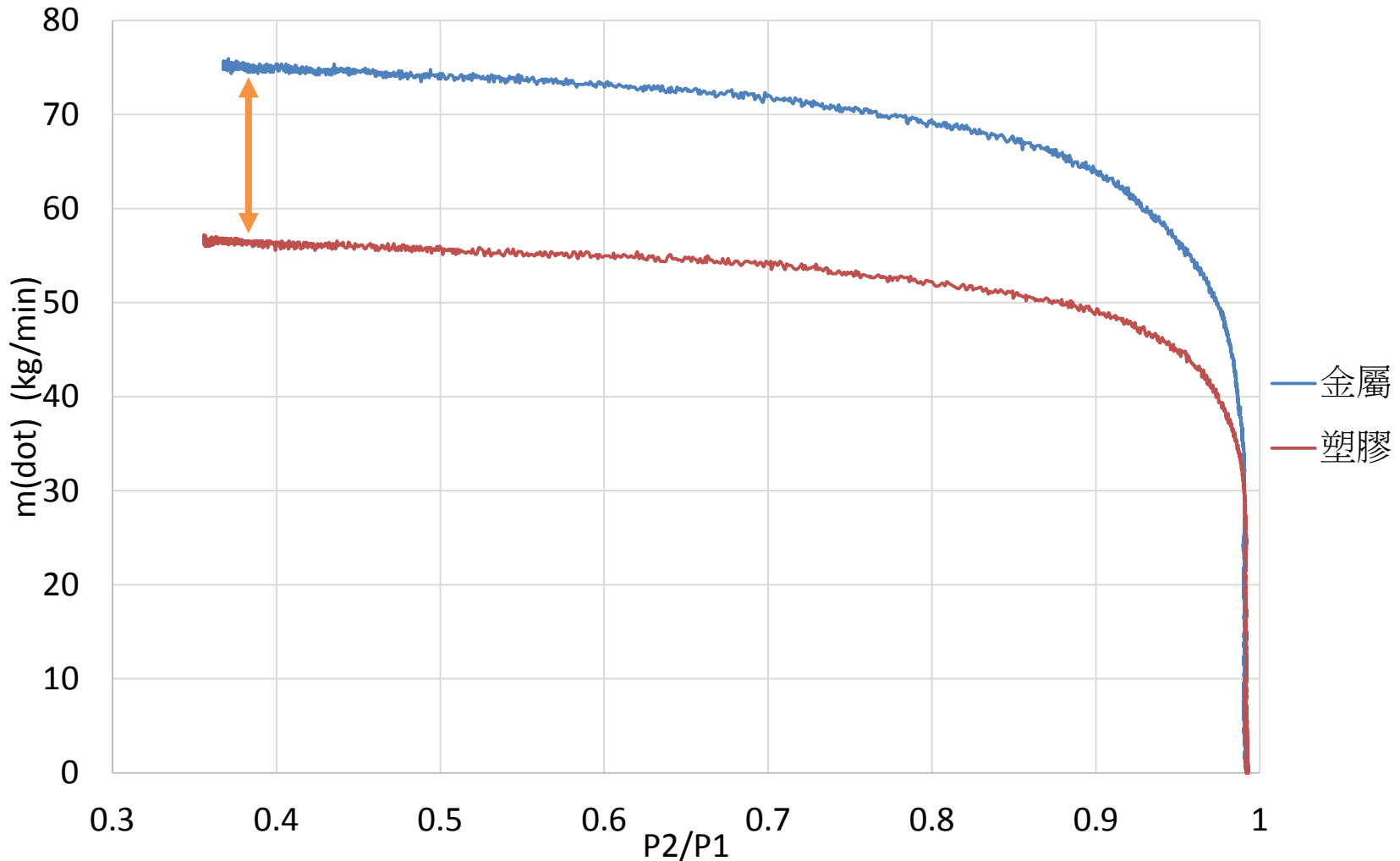
梭動閥質量流率比較圖-3bar

質量流率相差4.9 (kg/min)



# 梭動閥質量流率比較圖-4bar

質量流率相差18.5(kg/min)





## 梭動閥傳導值比較表

種類 \ 壓力	塑膠梭動閥	金屬梭動閥
在2bar壓力下	10.4	10.9
在3bar壓力下	11.4	13.7
在4bar壓力下	12.5	15.2

單位皆為： $(\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{bar})$



# 論文大綱

1

緒論與研究動機

2

3D列印技術及閥型設計

3

實驗設備介紹

4

3D列印閥件與金屬閥件之實驗分析

5

實驗結果比較

6

結論與未來展望





## 結論

### ◆ 本論文研究之結果可總結為以下二點：

1. 本研究以市售的金屬梭動閥作為範本進行設計後，成功使用3D列印技術製作出具有相同氣壓閥件功能之塑膠氣壓閥件。
2. 將自製、市售的氣壓閥件經由ISO 6358實驗平台量測並比較其流量特性結果後，發現3D列印閥件不論是在何種壓力下，其閥件性能皆略低於市售閥件，其原因應與閥體洩漏相關。

## 未來展望(1/2)

1. 未來期望能使用較高精密度3D列印機製作氣壓閥件，**提高產品表面精細度，縮減閥件間隙，減少洩漏之情形。**
2. 本論文目前使用之線材為PLA，此線材擁有**成本低廉、熔點溫度較低等優點**，但因材質為塑膠緣故，將來可能有質變之情形，未來期望能使用**金屬填充線材**進行列印，**讓氣壓閥件更加地堅固。**
3. 目前本論文使用的3D列印方式為：**熱熔沉積成型(FDM)**此種列印方式雖然**能非常快速將物件製作出來**，但在物件成形精細度程度上並非最好，未來希望能使用精細度更高的列印方式，比如：**雷射積層製造(AM)技術**來列印氣壓閥件，藉此增加列印閥件的品質。

## 未來展望(2/2)

4. 將來希望能配合使用**流量模擬分析軟體(CFD)**，用以**觀察氣壓閥件內的氣流、壓力變化**，了解自製的氣壓閥件的內部流場變化，反復驗證實驗結果。

# Thank you for your attention

感謝各位的聆聽

Q & A