

# 斜盤式油壓柱塞泵流體動態 分析與設計應用

報告人: 陳志鏗 教授  
台北科技大學 車輛工程系  
2017/10/18

- 
- 一、斜盤式柱塞泵簡介
  - 二、柱塞泵結構與參數設計
  - 三、PV046柱塞泵的模擬與分析
  - 四、結論

# 一、斜盤式柱塞泵簡介

---

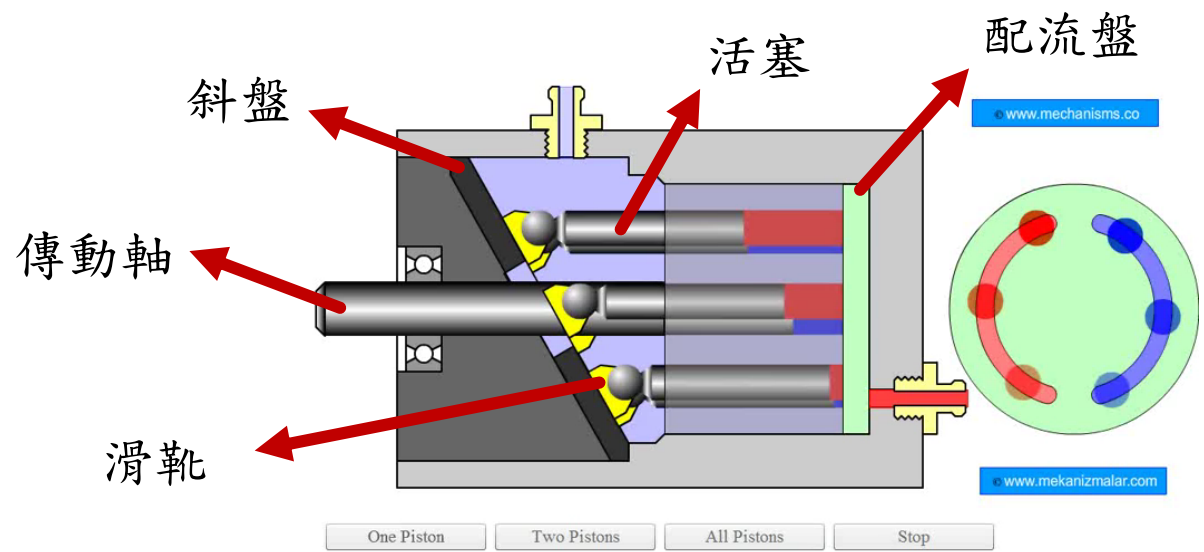
➤ 柱塞泵是通過柱塞在柱塞孔內往復運動時密封工作容積的變化來進行吸油和排油的動作；依柱塞的排列方向不同，分為軸向柱塞泵和徑向柱塞泵兩大類，軸向柱塞泵又分為斜盤式柱塞泵和斜軸式柱塞泵，而斜盤式柱塞泵為此研究主題。

# 一、斜盤式柱塞泵簡介

---

➤斜盤與缸體間有一傾斜角  $\alpha$ ，斜盤和配流盤固定不動，柱塞在底部彈簧和油壓力的作用下，其頭部始終保持與斜盤緊密接觸。當缸體由傳動軸帶動旋轉時，在斜盤、彈簧和液壓油壓力的共同作用下，迫使柱塞在缸體內作往復運動，這樣各柱塞與缸體間的密封容積便發生增大或縮小的變化。

# 一、斜盤式柱塞泵簡介



# 一、斜盤式柱塞泵簡介

---

- 為了降低其出口流量脈動和減少噪音值，以及增加流動的穩定性，將針對高壓柱塞泵進行模擬分析。
- 使用 PumpLinx 軟體，用以分析斜盤式柱塞泵。PumpLinx 是款用於分析流體泵、電機、壓縮機、閘門、螺旋槳、液壓系統和其它具有旋轉或滑動部件的流體裝置的三維計算流體動力學軟體。

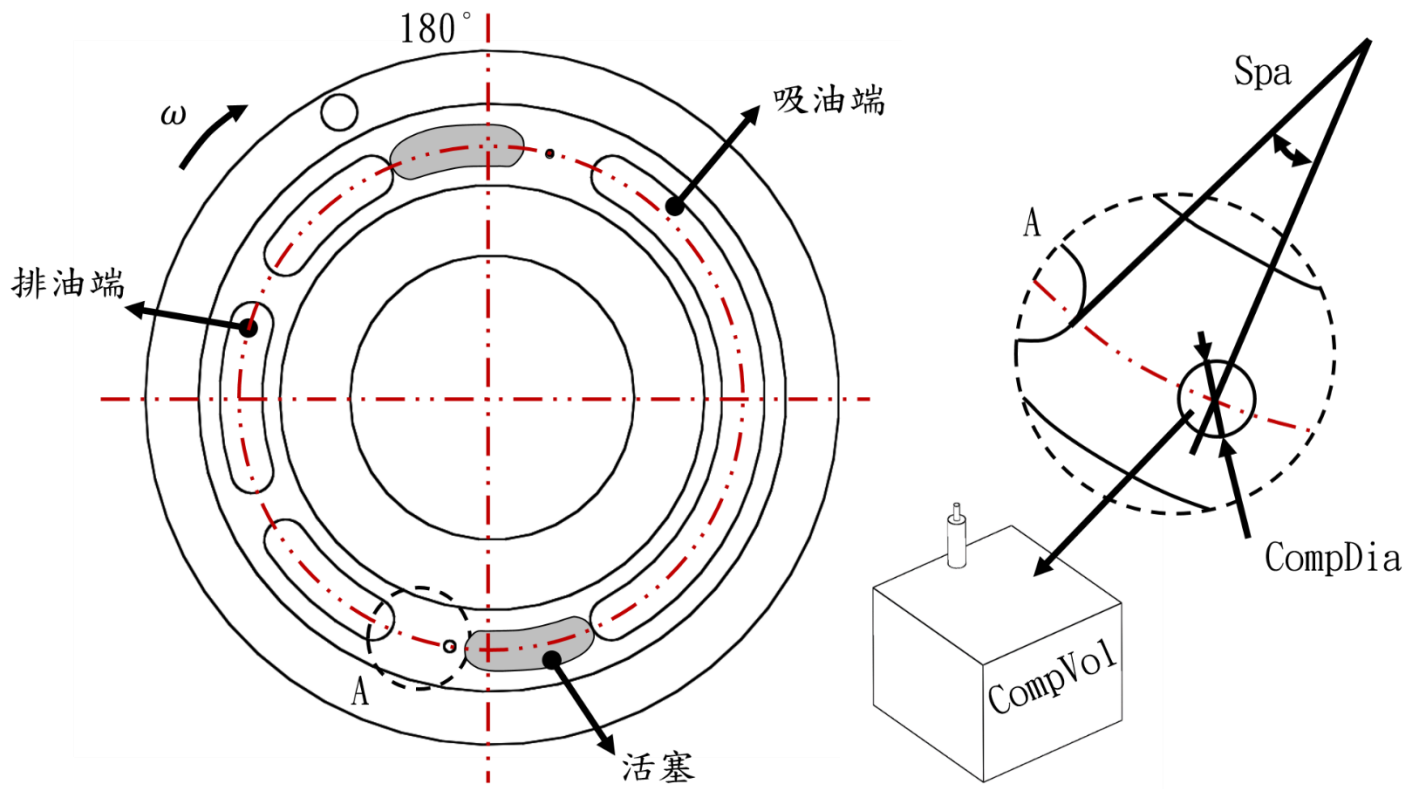
# 一、斜盤式柱塞泵簡介

---

有許多因素會影響出口流量脈動的比值，將針對以下5點做參數設計並模擬分析：

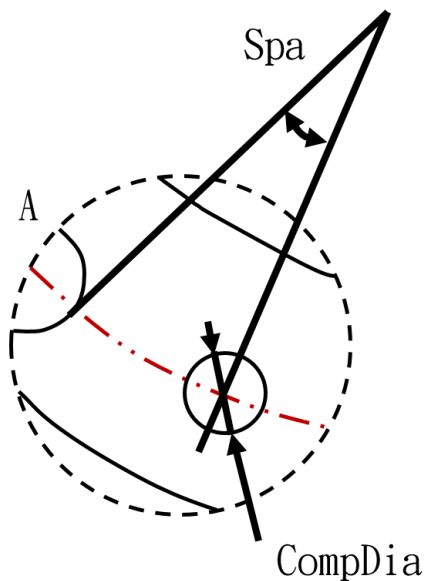
1. 負載壓力
2. 轉速
3. 預壓腔阻尼孔直徑
4. 預壓腔體積
5. 預壓腔阻尼孔角度

# 二、柱塞泵結構與分析



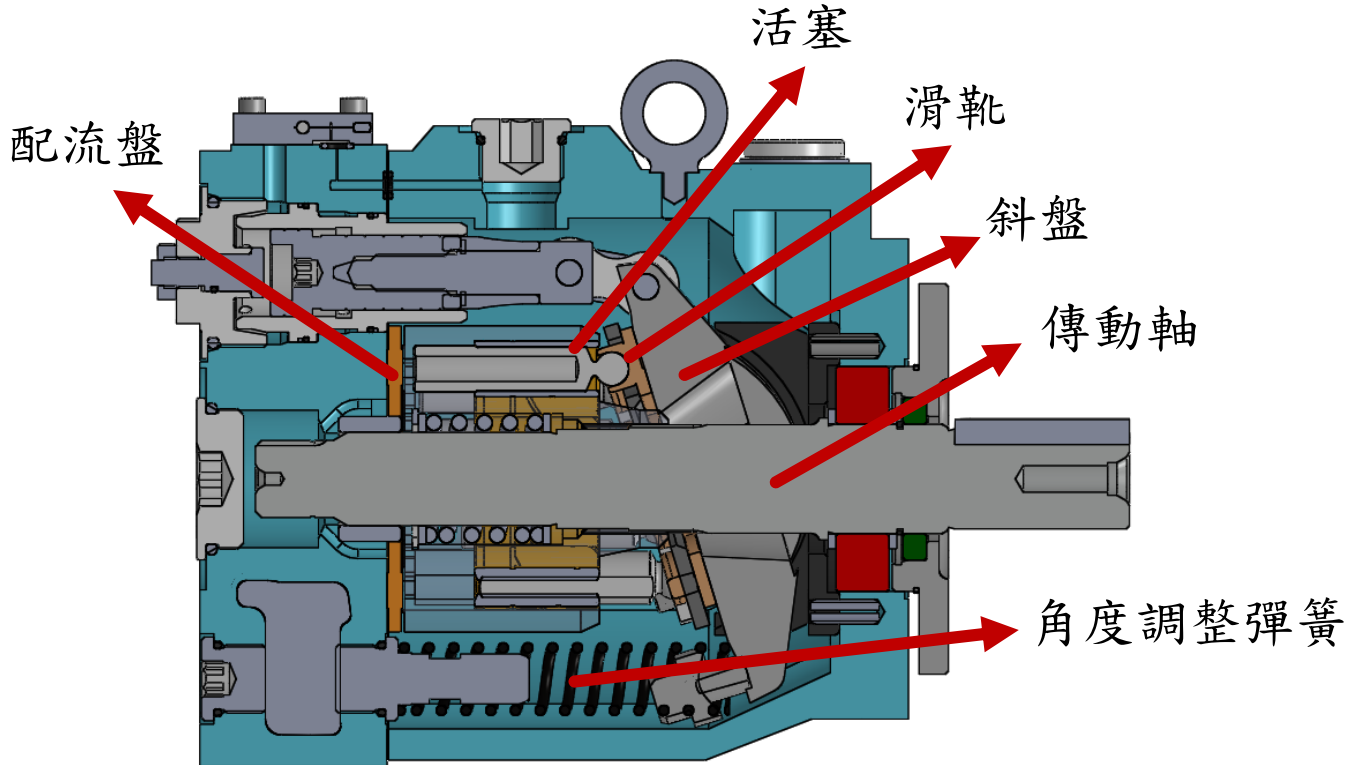


# 二、柱塞泵結構與分析



參數設計	描述
CompDia	預壓腔阻尼孔直徑
CompVol	預壓腔容積
Spa	預壓腔阻尼孔角度

# 二、柱塞泵結構與分析



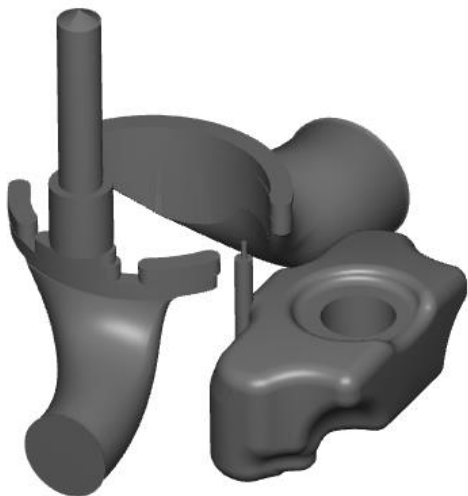
## 二、柱塞泵結構與分析

---

1. 繪製STL檔案：使用SolidWorks繪製流體圖型，並另存為STL格式檔案
2. 導入檔案並處理曲面：使用STL檔案匯入，並分割與合併曲面
3. 活塞設定：轉子類型-Swash Plate Piston
4. 其餘網格設定：設定除了柱塞以外的網格
5. 設定斜盤柱塞泵

# 二、柱塞泵結構與分析

---



## 二、柱塞泵結構與分析

Property [屬性]	Value [值]
Rotor Type [轉子類型]	Swash Plate Piston [斜盤活塞]
Rotational Axis Vector [旋轉軸向量]	[ 0 0 -1 ]
Number of Pistons [活塞數量]	9
Swash Plate Center [斜盤中心]	[ 0 0 -0.09 ]

## 二、柱塞泵結構與分析

Property [屬性]	Value [值]
Time Definition [時間定義]	Revolutions [公轉]
Number of Revolutions [公轉圈數]	1
Time Steps Per Piston Rotation [每個柱塞旋轉時間]	60
Swash Plate Center [斜盤中心向量]	[ 0 0 -0.09]
Swash Plate Normal [斜盤垂直向量]	[ 0 0.3 -1]
Rotational Direction [旋轉方向]	Clockwise [順時針]
Rotation Speed [旋轉速度]	1500 rpm

# 二、柱塞泵結構與分析

6. 設定壓力：設定出入口、吸油端容積和排油端容積端壓力

7. 定義MGI

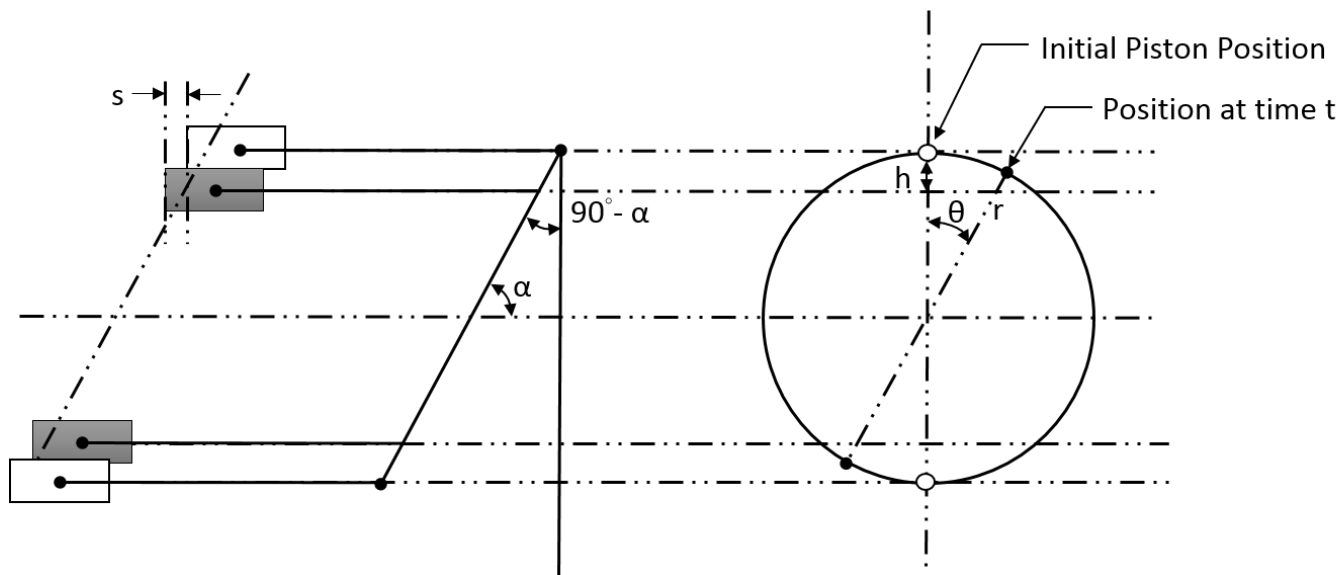
8. 設置監控點

9. 進行模擬

Port	Pressure (bar)
Inlet [入口]	10
Inlet_volume [吸油端容積]	10
Outlet [出口]	160
Outlet_volume [排油端容積]	160

# 二、柱塞泵結構與分析

## • 流量方程式





# 二、柱塞泵結構與分析

## • 流量方程式

$r$  = 活塞中心點所形成的圓之半徑  
= 35.5 (mm)

$\alpha$  = 斜盤與傳動軸之夾角 =  $73^\circ$

$S_{max}$  = 最大行程

$r_p$  = 活塞半徑 = 8.75 (mm)

$A_p$  = 活塞截面積

$Q$  = 活塞轉一圈之排量

$$S_{\max} = h \tan \alpha = r(1 - \cos \theta) \tan(90^\circ - \alpha)$$

$$S_{\max} = 2r \tan(90^\circ - \alpha)$$

$$S_{\max} = 71 * \tan(17^\circ) = 21.3(\text{mm})$$

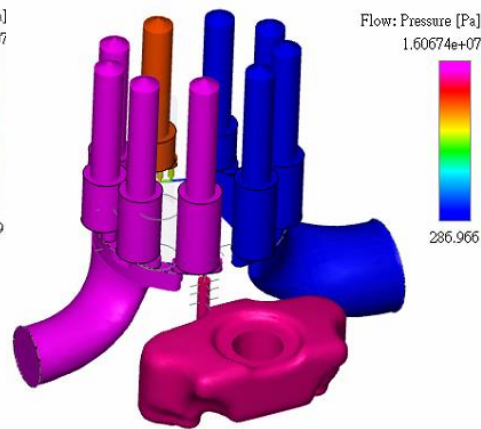
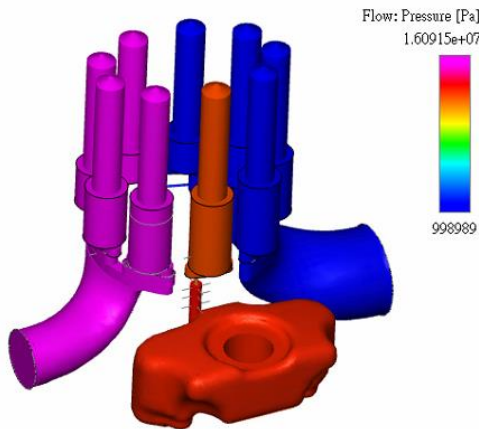
$$A_p = \pi * r^2$$

$$A_p = 3.14 * 8.75^2 = 240.4 (\text{mm}^2)$$

$$Q = 9 * A_p * S_{\max}$$

$$Q = 9 * 2.4 * 2.13 = 46.008 (\text{cm}^3)$$

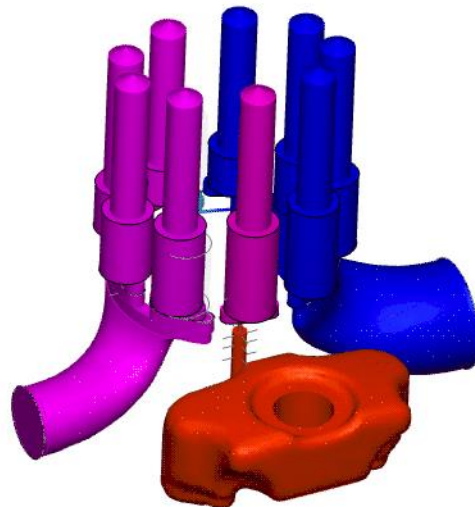
# 三、PV046的模擬與分析



# 三、PV046的模擬與分析

## PV046柱塞泵的模擬動畫

Simerics



Flow: Pressure [Pa]  
1.60935e+07



998992

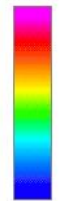


# 三、PV046的模擬與分析

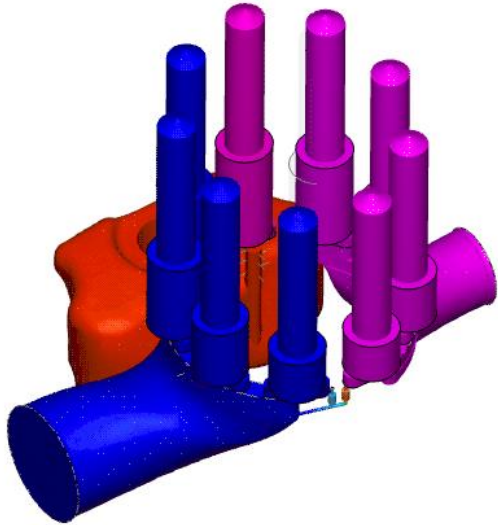
## PV046柱塞泵的模擬動畫



Flow: Pressure [Pa]  
1.60935e+07



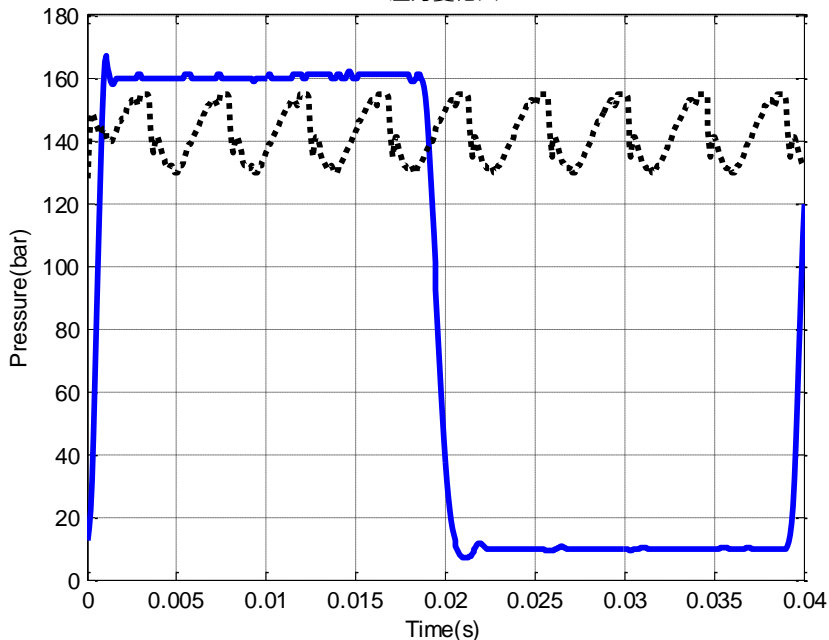
998992



# 三、PV046的模擬與分析

## • 壓力變化曲線

壓力變化圖



— 柱塞腔壓力  
- - - 預壓腔壓力

預壓腔阻尼孔直徑：1.6mm  
壓力：160bar  
轉速：1500rpm  
預壓腔容積：93cc

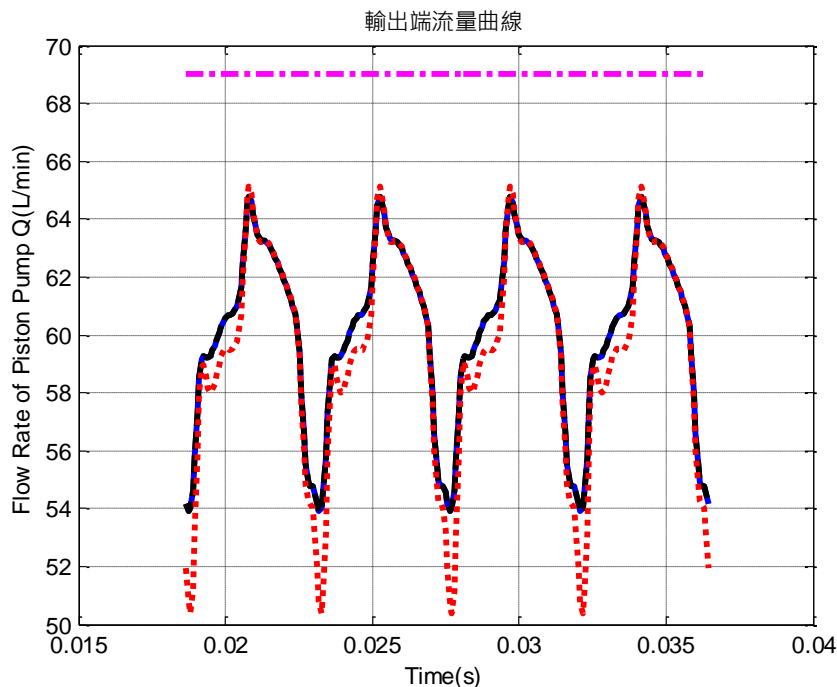
# 三、PV046的模擬與分析

- 將針對以下5點做參數設計，再進行模擬，並分析出最適當的數值。

項目	參數設計							單位	
負載壓力	120		160		210			bar	
轉速	1000		1500		2000			rpm	
預壓腔阻尼孔直徑	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2	mm	
預壓腔容積	50		93		100		150	200	cc
預壓腔阻尼孔角度	11.78	12.78	13.78	14.78	15.78			°	

# 三、PV046的模擬與分析

## • 負載壓力影響流量脈動



- 輸出端壓力120bar
- 輸出端壓力160bar
- 輸出端壓力210bar
- 69L/min

預壓腔阻尼孔直徑：1.6mm

轉速：1500rpm

預壓腔容積：93cc

# 三、PV046的模擬與分析

## • 負載壓力影響流量脈動

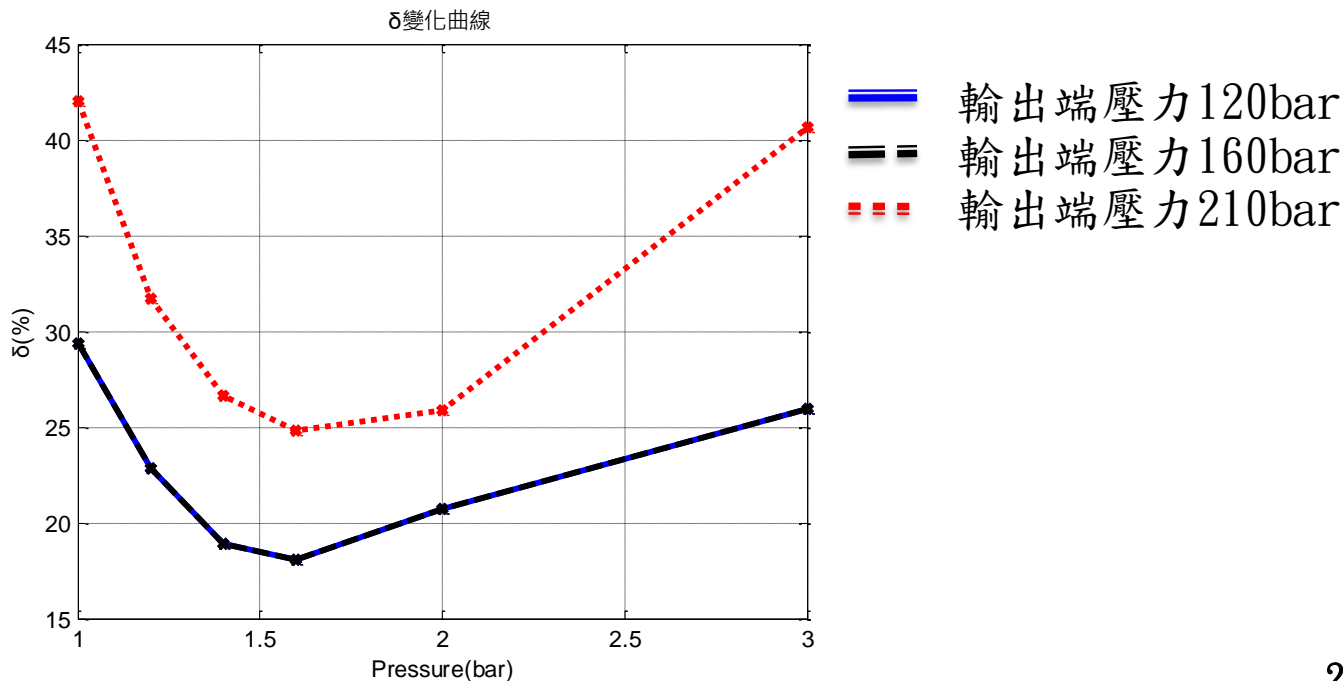
由結果顯示出更大的壓力，會導致活塞腔和出油端之間有更大的壓力差。

Pressure (bar)	Q <sub>max</sub> (L/min)	Q <sub>min</sub> (L/min)	Q <sub>ave</sub> (L/min)	Δ (L/min)	δ (%)
120	64.77	53.9	60.16	10.87	18.06%
160	64.77	53.9	60.16	10.87	18.06%
210	65.11	50.35	59.46	14.76	24.82%
260	65.46	46.92	58.79	18.54	31.54%



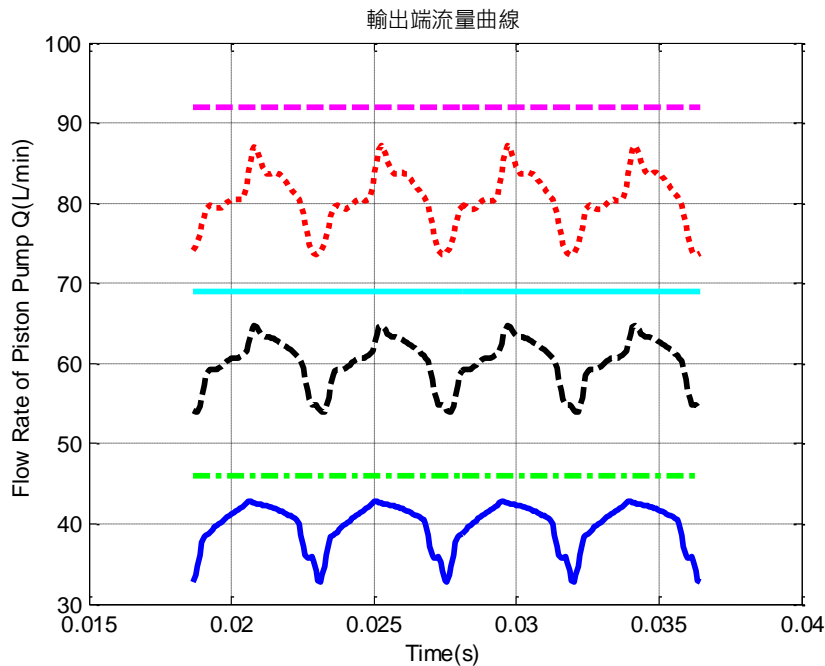
# 三、PV046的模擬與分析

## • 輸出端壓力之 $\delta$ 變化



# 三、PV046的模擬與分析

## 轉速影響流量脈動



- 轉速為1000rpm
- 轉速為1500rpm
- 轉速為2000rpm
- 46L/min
- 69L/min
- 92L/min

預壓腔阻尼孔直徑：1.6mm

壓力：160bar

預壓腔容積：93cc

角度：13.78°

# 三、PV046的模擬與分析

## • 轉速影響流量脈動

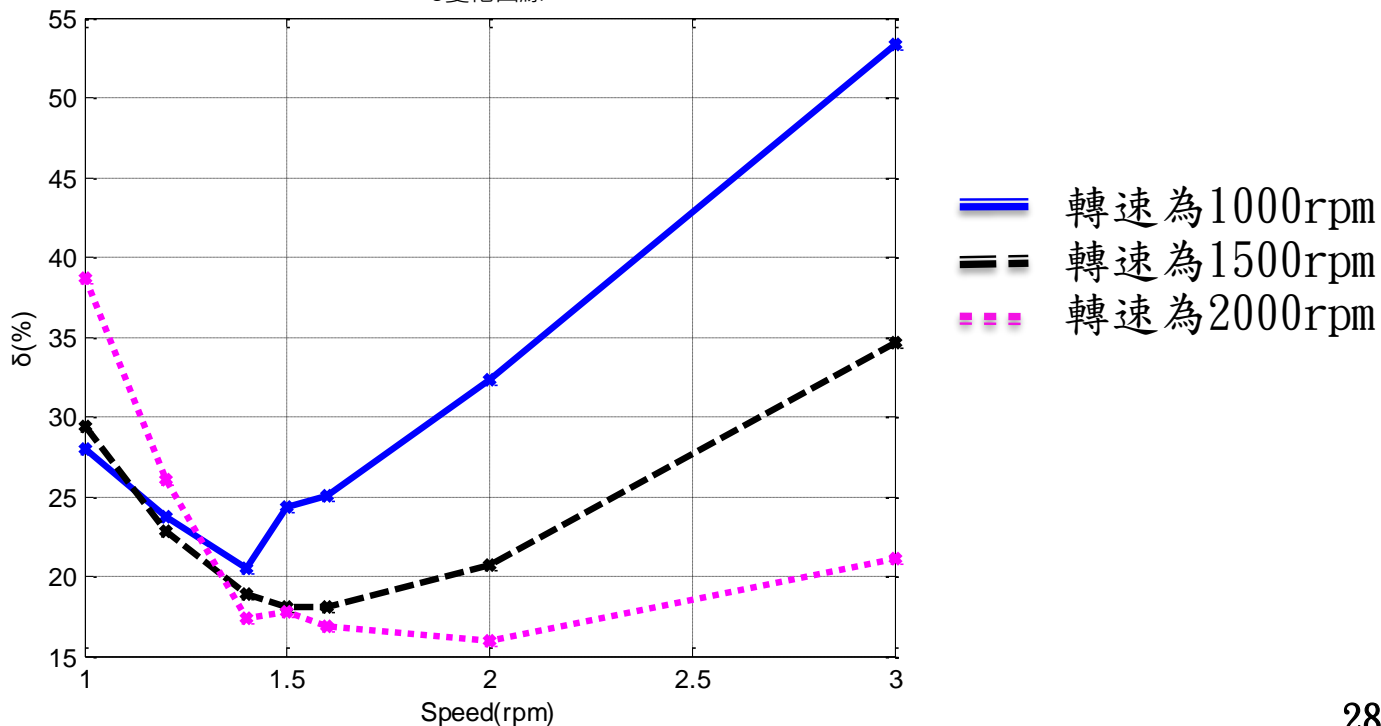
結果顯示出當轉速持續增加時，其最大流量值和最小流量值都持續加大，而流量脈動比值持續下降。

Speed (rpm)	Q <sub>max</sub> (L/min)	Q <sub>min</sub> (L/min)	Q <sub>ave</sub> (L/min)	Δ (L/min)	δ (%)
1000	42.76	32.79	39.84	9.97	25.03%
1500	64.77	53.9	60.16	10.87	18.06%
2000	87.11	73.58	80.46	13.54	16.83%

# 三、PV046的模擬與分析

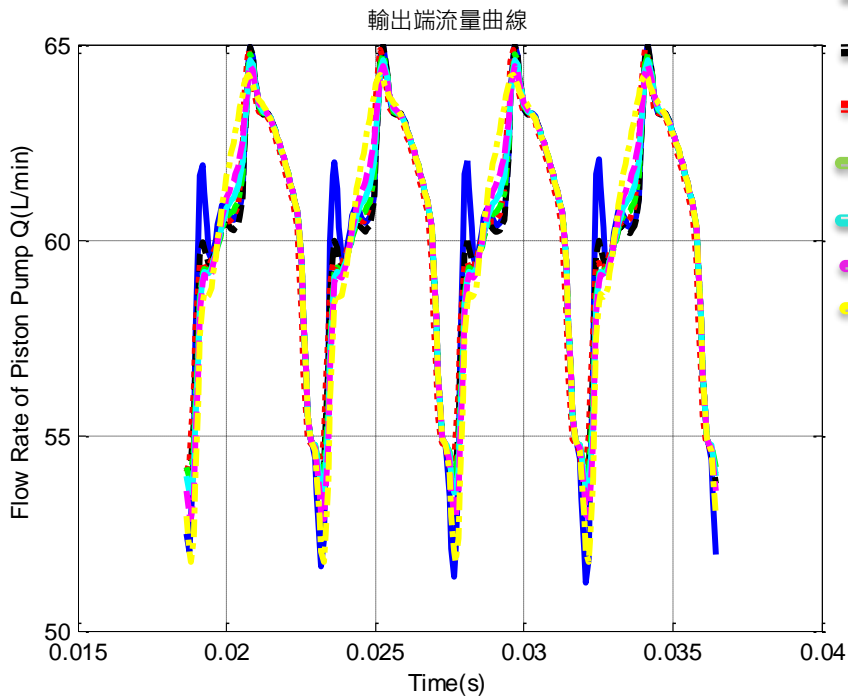
## • 轉速之 $\delta$ 變化

$\delta$ 變化曲線



# 三、PV046的模擬與分析

## • 預壓腔阻尼孔直徑影響流量脈動



- 阻尼孔直徑為1.2mm
- - 阻尼孔直徑為1.4mm
- · - · 阻尼孔直徑為1.5mm
- 阻尼孔直徑為1.6mm
- 阻尼孔直徑為1.7mm
- · - · 阻尼孔直徑為1.8mm
- · - · 阻尼孔直徑為2mm

轉速：1500rpm

壓力：160bar

預壓腔容積：93cc

角度：13.78°。

# 三、PV046的模擬與分析

---

- 預壓腔阻尼孔直徑影響流量脈動

由結果顯示預壓腔阻尼孔直徑為1.5mm或1.6mm時最佳，越小或越大的預壓腔阻尼孔直徑會導致越大的流量脈動比值。

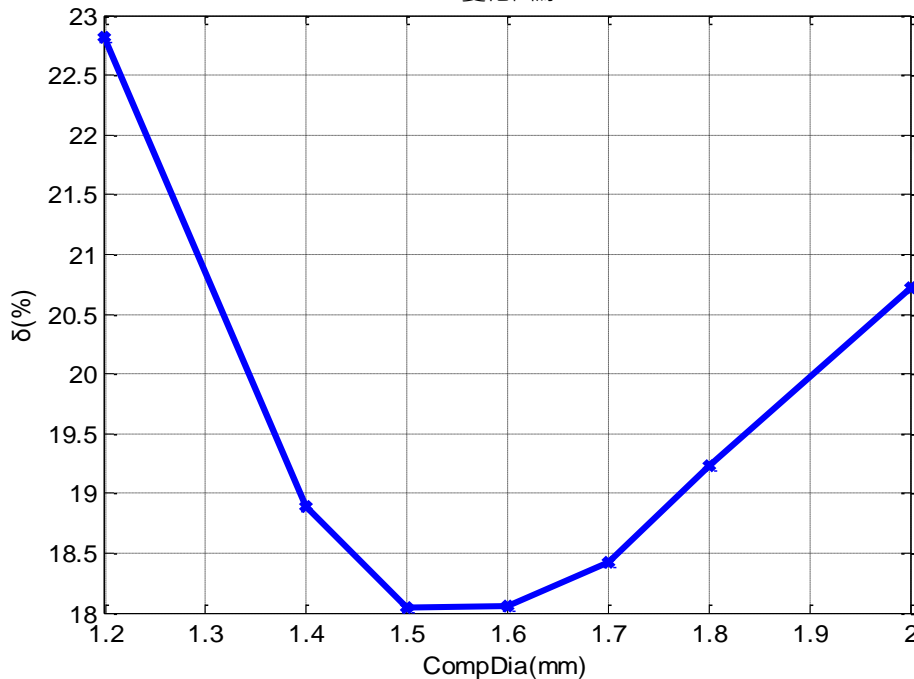
# 三、PV046的模擬與分析

CompDia (mm)	Qmax (L/min)	Qmin (L/min)	Qave (L/min)	$\Delta$ (L/min)	$\delta$ (%)
1.2	64.99	51.24	60.25	13.75	22.82%
1.4	64.98	53.61	60.18	11.37	18.89%
1.5	64.87	54	60.16	10.86	18.05%
1.6	64.77	53.9	60.16	10.87	18.06%
1.7	64.61	53.53	60.16	11.08	18.42%
1.8	64.44	52.88	60.16	11.57	19.23%
2	64.23	51.76	60.16	12.47	20.72%

# 三、PV046的模擬與分析

## • 預壓腔阻尼孔直徑之 $\delta$ 變化

$\delta$ 變化曲線

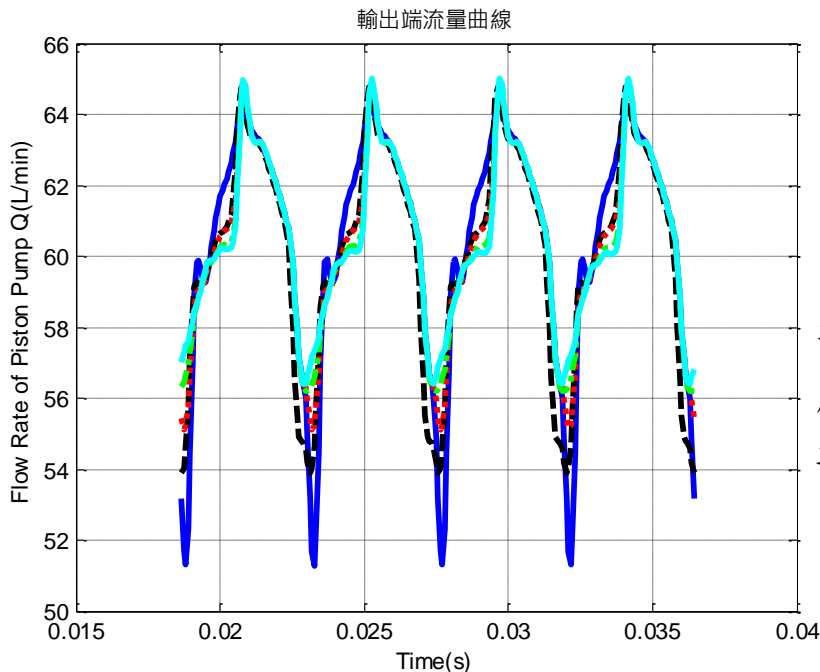


預壓腔阻尼孔直  
徑為  
1.2/1.4/1.5/1.6  
/1.7/1.8/2 (mm)



# 三、PV046的模擬與分析

## • 預壓腔容積影響流量脈動



- 容積為50cc
- 容積為93cc
- 容積為100cc
- 容積為150cc
- 容積為200cc

預壓腔阻尼孔直徑：1.6mm

壓力：160bar

轉速：1500rpm

角度：13.78°

# 三、PV046的模擬與分析

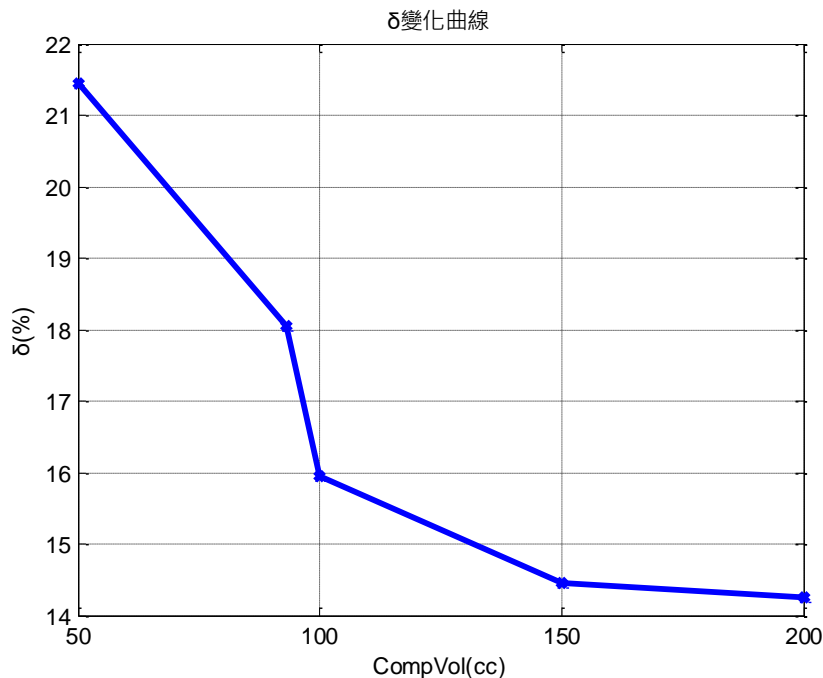
## • 預壓腔容積影響流量脈動

因體積的限制，所以選擇93cc或100cc是最佳預壓腔容積選擇。

Volume (cc)	Q <sub>max</sub> (L/min)	Q <sub>min</sub> (L/min)	Q <sub>ave</sub> (L/min)	Δ (L/min)	δ (%)
50	64.26	51.29	60.43	12.96	21.45%
93	64.77	53.9	60.16	10.87	18.06%
100	64.75	55.11	60.45	9.64	15.95%
150	64.94	56.2	60.44	8.74	14.46%
200	65.03	56.41	60.49	8.62	14.25%

# 三、PV046的模擬與分析

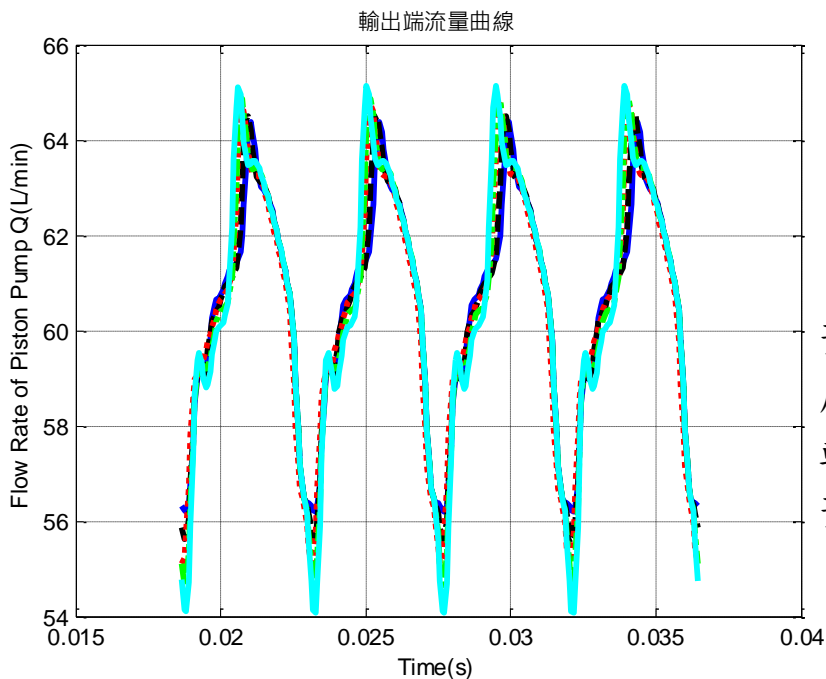
## • 預壓腔容積之 $\delta$ 變化



容積為  
50/93/100/150/  
200 (cc)

# 三、PV046的模擬與分析

## • 預壓腔阻尼孔角度影響流量脈動



- 角度為 $11.78^\circ$
- - 角度為 $12.78^\circ$
- - 角度為 $13.78^\circ$
- 角度為 $14.78^\circ$
- 角度為 $15.78^\circ$

預壓腔阻尼孔直徑：1.6mm

壓力：160bar

轉速：1500rpm

預壓腔容積：100cc。

# 三、PV046的模擬與分析

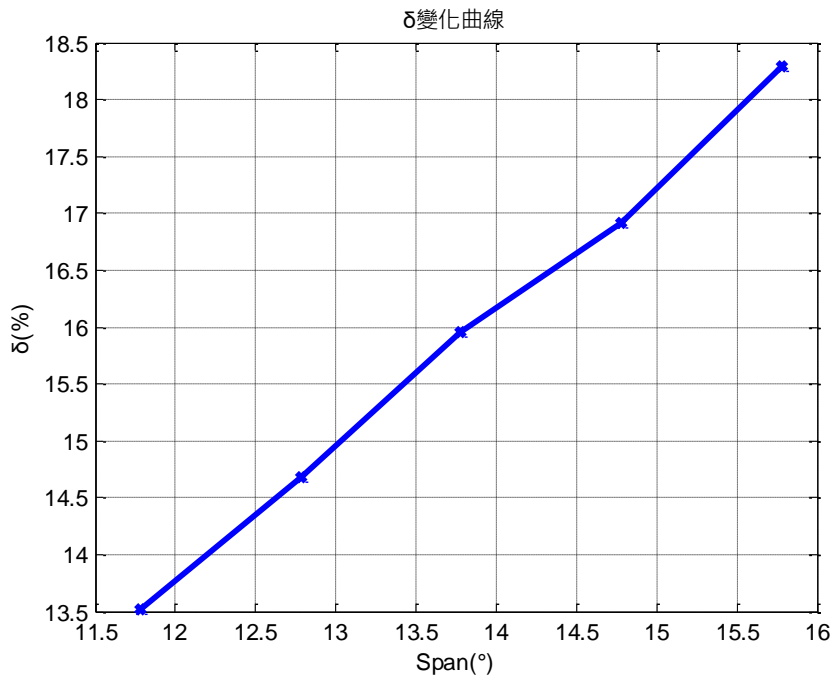
## • 預壓腔阻尼孔角度影響流量脈動

由結果顯示預壓腔阻尼孔角度越接近出油端，其流量脈動比值越佳。

Span ( $^{\circ}$ )	Qmax (L/min)	Qmin (L/min)	Qave (L/min)	$\Delta$ (L/min)	$\delta$ (%)
11.78	64.36	56.19	60.45	8.17	13.52%
12.78	64.5	55.62	60.45	8.87	14.68%
13.78	64.75	55.11	60.45	9.64	15.95%
14.78	64.88	54.66	60.44	10.22	16.91%
15.78	65.13	54.07	60.43	11.02	18.29%

# 三、PV046的模擬與分析

## • 預壓腔阻尼孔角度之 $\delta$ 變化



— 預壓腔阻尼孔角度為  
11.78/12.78/13.78/  
14.78/15.78 (°)

## 四、結論

---

➤針對PV046斜盤式柱塞泵做參數設計並模擬分析，結果顯示，負載壓力、轉速、預壓腔阻尼孔直徑、預壓腔阻尼孔角度以及預壓腔容積，以上所有參數都均須選擇適當且最佳的設計，才能有效的降低流量脈動比值和噪音值，並達到流動的穩定性。

**Thank You for Your Attention!**