

# 使用 HyPneu 模擬分析塑膠射出成型機

## 液壓控制系統動態特性

莊耀隆 維美系統公司

### 一、前言

本文利用 HyPneu for Windows(液氣壓動態模擬分析軟體)完整地建立塑膠射出成型機之油壓控制系統。並對其關模、昇壓、洩壓、開模、及差動開模等所組成的一個完整作動循環，進行動態特性分析。所得之結果與實際測量結果相當吻合。在本系統中，除了模夾單元為特殊元件必須自行建立外，其餘所有元件均可於 HyPneu 模式庫中直接取用，並且所需之元件特性值完全由商業上之元件型錄上取得，以反映實際之元件特性。除驗證原設計之可行性外，本文亦假設使用不當大小之邏輯閥，探討所造成系統不穩定情形及壓力脈衝之大小。藉由簡易地在電腦上更換元件，本文使用 HyPneu 所建立之塑膠射出成型機模式，將可用來探討油控系統之設計、改良、及故障排除。

### 二、液壓系統設計、分析與模擬

進行液壓系統設計開發時，其實是有一定程序的，此開發程序及步驟如圖 1 所示。通常設計目標確立後(例如欲開發一塑膠射出成型機之液壓系統)，工程師即可開始著手設計工作。設計流程大致上可分為以下 7 個步驟：

1. 定義系統需求：依設計目標及設計觀念的整合，進行系統迴路開發，並訂定系統操作規範，此時系統迴路已初步設計完成。
2. 元件之選擇及規格計算：工程師必須進行元件之選擇及規格計算，通常進行元件之選擇及規格計算時，首先應以作動原件根據系統需求計算起，其次是控制元件，然後是動力元件，最後才是調整元件。
3. 電腦模擬及分析：當系統迴路已初步設計完成，所有元件規格也已計算完成，最好能經由電腦分析及模擬，以充分瞭解系統之穩態特性及動態特性，以確認之前的設計工作。
4. 建造一原型機(Prototype)：工程師依照所選用之元件及規格建造一原型機。系統之效能是否能達到原來之設計目標與規範，完全靠工程師之設計經驗。如果原型機之效能無法達到設計目標與規範，則必須更改設計並修改原型機。

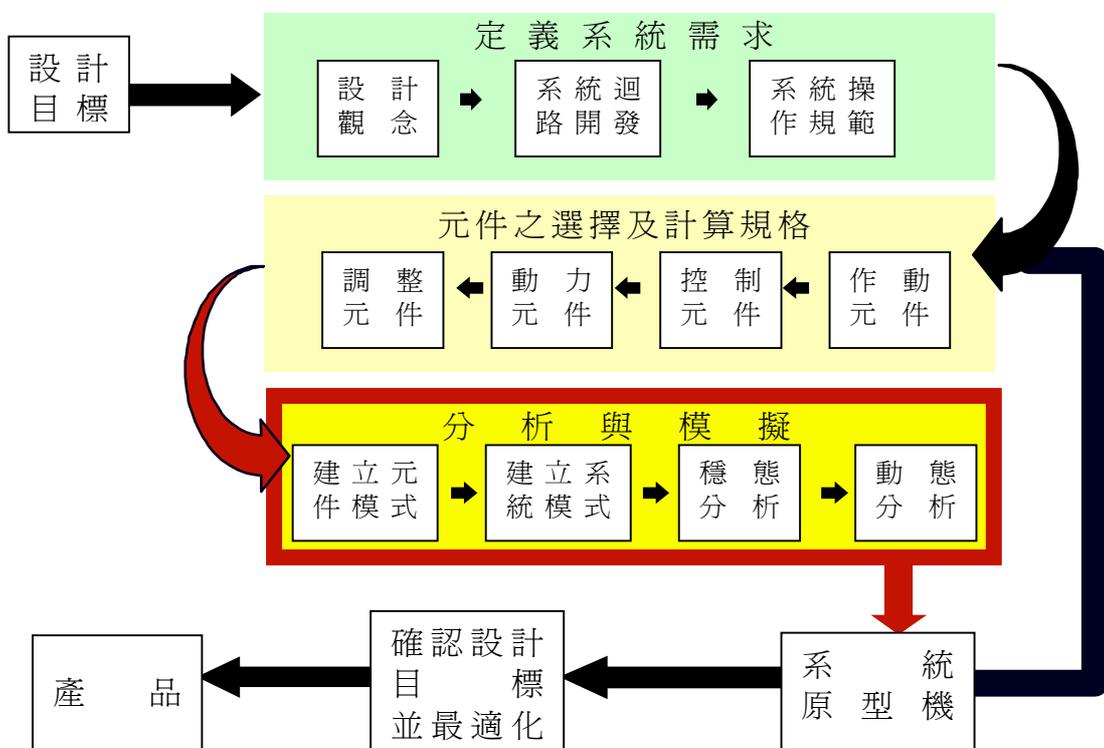


圖 1、液壓系統設計開發程序

5. 修改原型機：如果原型機無法達到設計目標與規範，則必須修改設計直到完全符合設計目標與規範為止。
6. 確認設計並進行最適化。
7. 推出新產品。

上述之設計流程第三步驟，運用電腦進行液壓系統之模擬分析，可有效避免導致一而再再而三地來回修改原型機、縮短開發時程、節省人力及金錢。然而有效分析液壓系統，工程師除了對液壓元件特性及系統設計原理要非常熟悉外，還必須是一個數學天才及電腦專家(尤其分析動態現象時)。另外液壓系統牽扯多種學科技術(機械、液壓、氣壓、電子、控制)的整合，要進行電腦模擬分析其實並不容易。所幸目前市面上已有此類液氣壓系統模擬軟體可利用。本文即利用此類電腦輔助設計軟體 HyPneu 針對塑膠射出成型機液壓系統進行模擬分析。

### 三、塑膠射出成型機之液壓迴路系統

塑膠射出成型機在塑膠加工業佔有很重要的地位，以目前的塑膠射出成型機不斷地提高速度及精度的要求下，要同時控制產品的形狀、大小及良好的材料性質，不是容易的事。除了模具設計為重要關鍵外，機器本身的控制及液壓迴路設計亦非常重要。事實上液壓系統是提供塑膠射出成型機最主要之動力來源。並且也是因為液壓系統的關係，使塑膠射出成型機具有更多的操作彈性，應付不同產品的需求。由於塑膠射出成型機通常被設計成多用途的機器，因此具有多用途、多變化並且容易維修的邏輯閥(logic valve 或 cartridge valve)則可用來取代原先使用的方向閥。圖2 即為塑膠射出成型機使用邏輯閥所設計之液壓迴路圖。

整個塑膠射出成型機操作步驟大致可分為以下6步驟：1.關模、2.昇壓、3.洩壓、4.開模、5.差動開模、6.完成。如圖3所示。

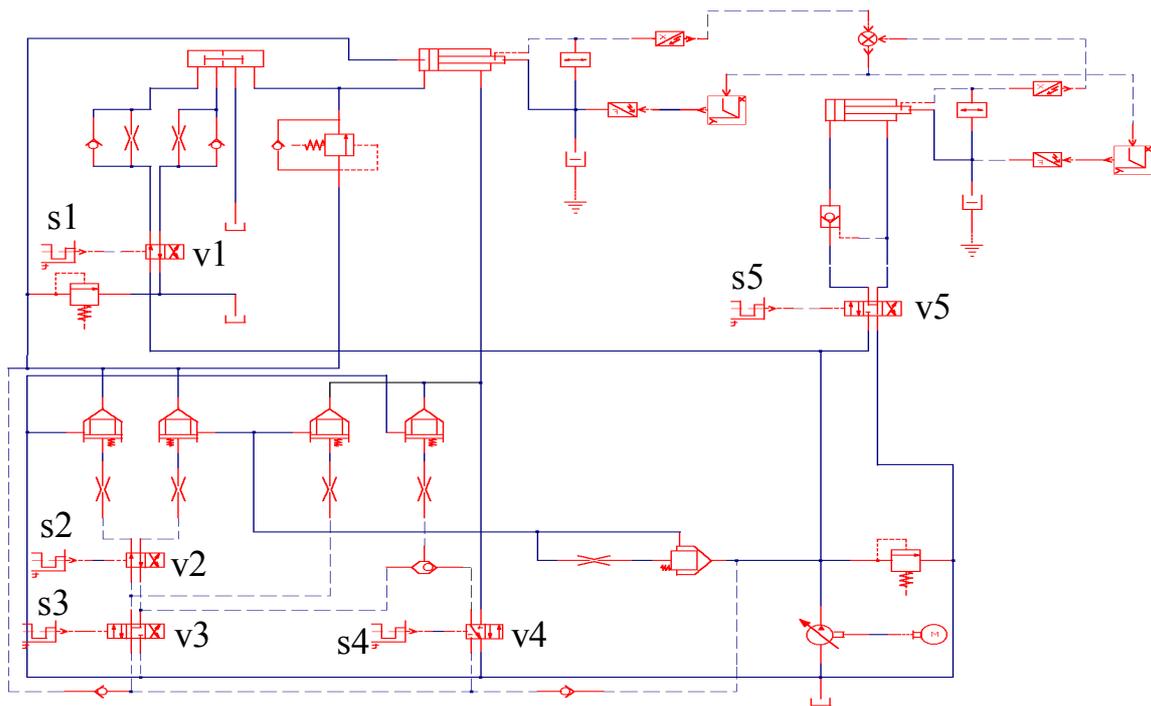


圖 2、塑膠射出成型機之液壓迴路圖

圖2之迴路圖作動邏輯完全由5個訊號產生器(s1、s2、s3、s4和s5)所控制，其中s2、s3、s4用來控制v2、v3、v4方向閥，以影響邏輯閥的前導壓力。s1和s5則分別控制v1和v5以驅動前導液壓缸及主作動液壓缸。一個工作流程之作動邏輯如圖3所示。另外表一則說明方向閥接受控制訊號時，作動位置。

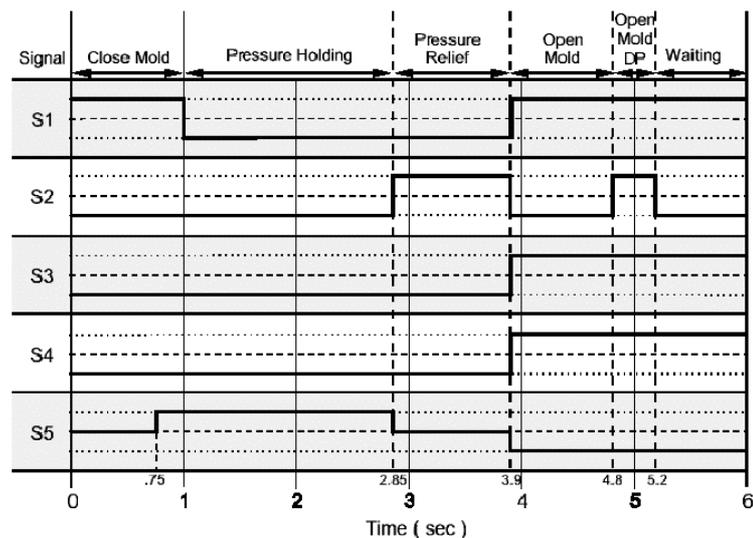


圖 3、工作流程及控制訊號關係圖

表 1、控制訊號及方向閥作動關係

方向閥		控制訊號		
		< 0	= 0	> 0
v1				
v2				
v3				
v4				
v5				

由於模具的作動元件為一組合式液壓缸，意即由一前導缸(pilot cylinder)及一主作動缸(main cylinder)所組成，如圖 4 所示。為正確模擬此組合缸作動情形，吾人將之分解為 2 個液壓缸，如圖 5 所示。其中前導缸

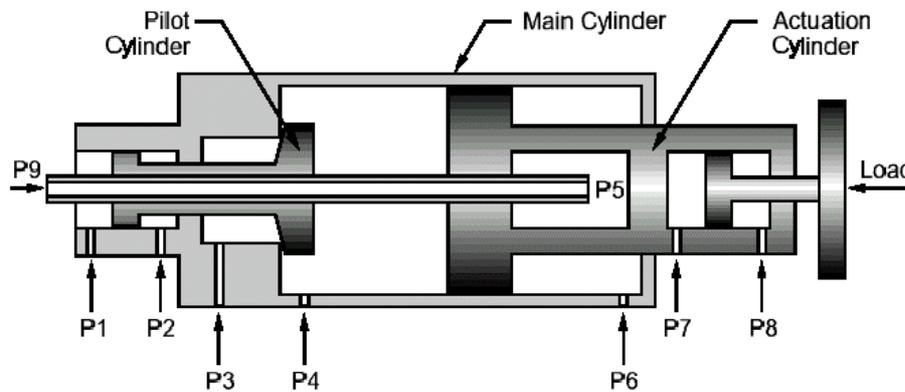


圖 4、模具作動液壓缸

有 4 個口(P1、P2、P3、P4)，中間滑桿部份介於 P3 和 P4 間為 Poppet，此部份由圖 5(a)之圖示表示。另外主缸主要由 P4 和 P6 作動，其中又內含由 P7 和 P8 所作動之液壓缸，由圖 5(b)之圖示代表。將前導缸與主缸結合時，P9 由一導管引入主缸內部視為 P5，主缸之 P4 與前導缸之 P4 為同一壓力點，因此互相連接。因此整個組合缸可如圖 5(c)所示。最後由於 P7 和 P8 所作動之液壓缸僅用於換模，因此將部份簡化。圖 5(c)之組合便簡化為圖 5(d)所示。

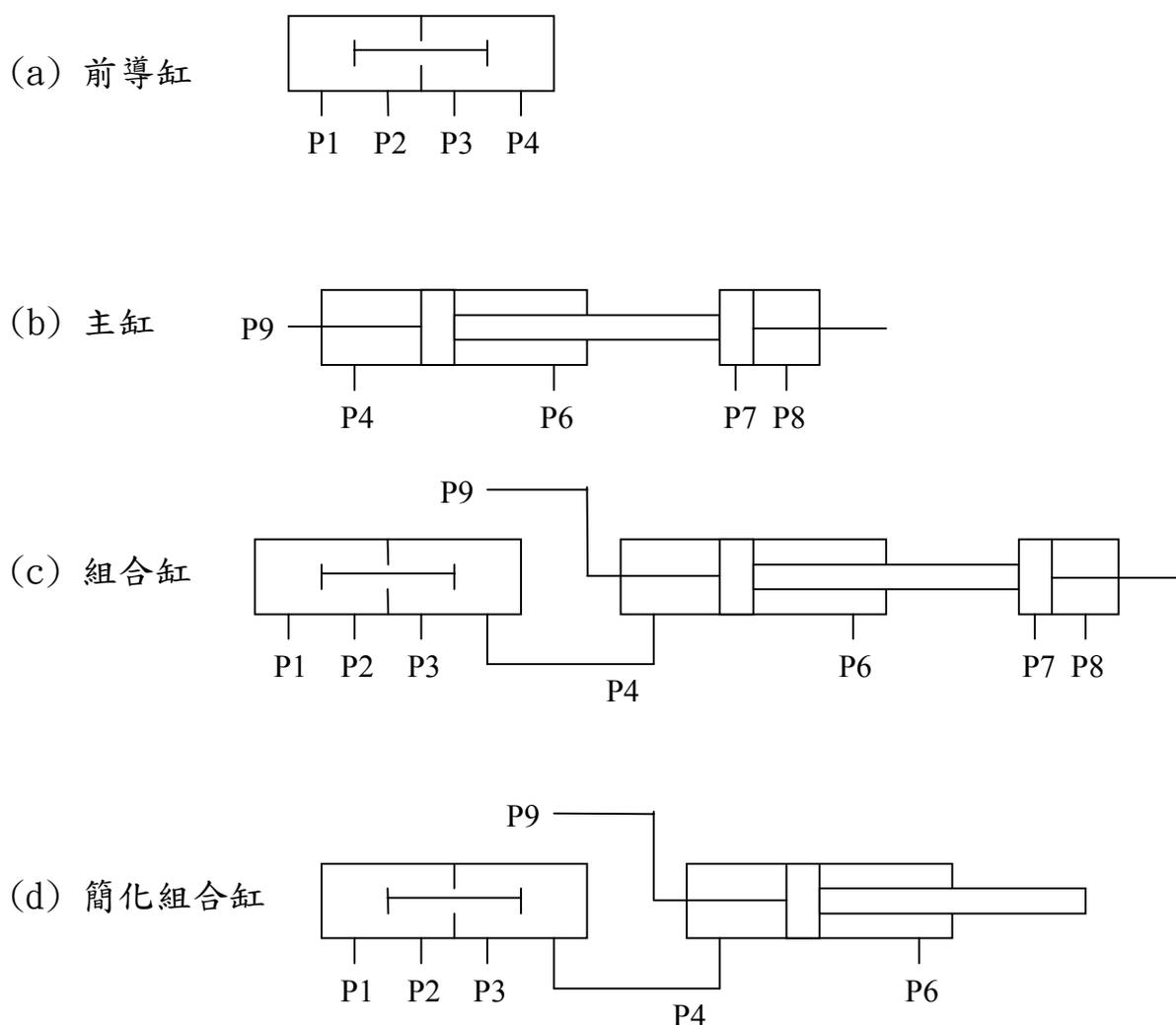


圖 5、組合缸之分解迴路示意圖

另外，進行模擬時模具反作用力回授系統之模擬方法，如圖 2 右上方之迴路所示，利用 2 個位移轉成訊號元件(位置感測計)，分別將 2 個液壓缸之位移訊號取出，然後相加取得相對位移後，再分別經由不同的函數運算(此函數代表位移及反作用力之關係)計算出反作用力大小，最後將計算出之結果轉換成力，作用在液壓缸上，利用此方法可模擬模具回授之位置及其反作用力之關係。

#### 四、塑膠射出成型之液壓系統模擬

進行液氣壓系統模擬時，除模擬迴路圖外，尚須有每一個元件的特性值或特性曲線。此部份因太繁瑣，將另文詳述，如果讀者有興趣亦歡迎隨時與作者聯繫討論。依上述之迴路及選用之元件特性，輸入 HyPneu 進行模擬。可得結果主缸之壓力及速度如圖 6 所示。一般來說，電腦模擬結果如未經實驗或真實情況驗證前，沒人敢說其正確性如何或準確度多高。但由圖 6 可看出整個操作過程模擬所得之結果與實際量測之結果相當吻合。無論是每個操作步驟的切換及每一個步驟中液壓缸之壓力及速度均可正確模擬。因此吾人建立之塑膠射出成型機之模擬，確實可正確地描述真實機器之現象，並表現出整個系統的動態特性。

一旦建立好塑膠射出成型機電腦模擬模式，便可輕易地運用 HyPneu 在電腦中更改迴路設計或選用其他元件，以尋找更好的設計或改良，甚至於用來進行故障排除及發現潛在的不良設計。例如，當選用不當之元件大小時，則可能造成系統壓力或機件震動之不穩定現象。圖 7 即顯示，因為未正確選定邏輯閥大小，所造成之系統壓力震盪不穩定情形。

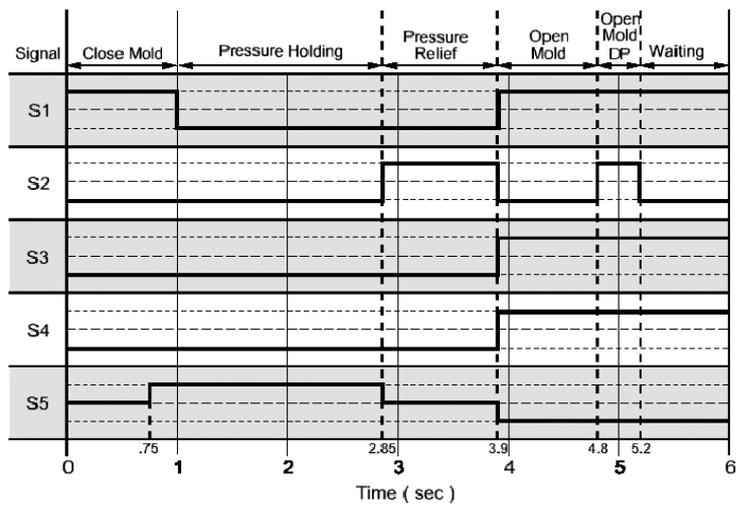
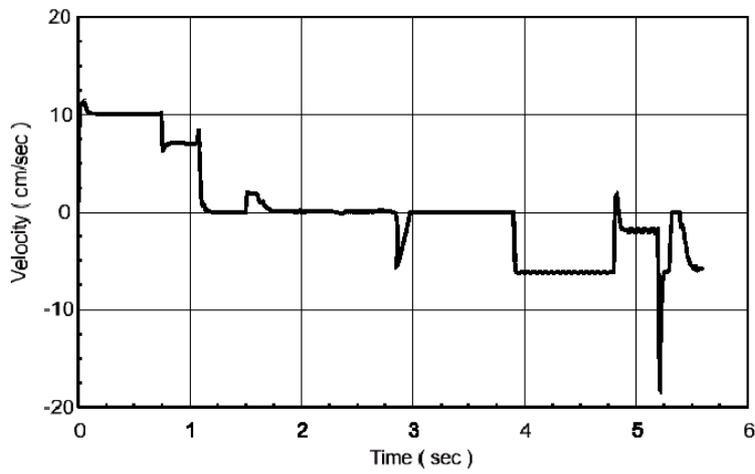
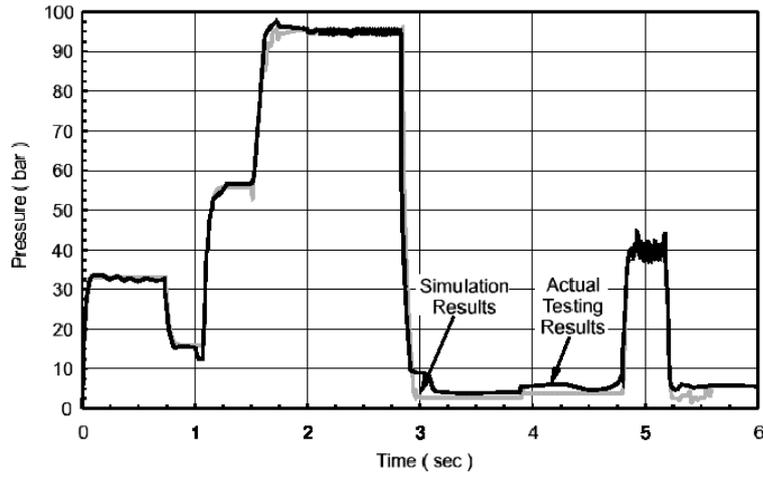


圖 6、使用 HyPneu 模擬塑膠射出成型機液壓控制系統之結果及實際機台測得之數據比較

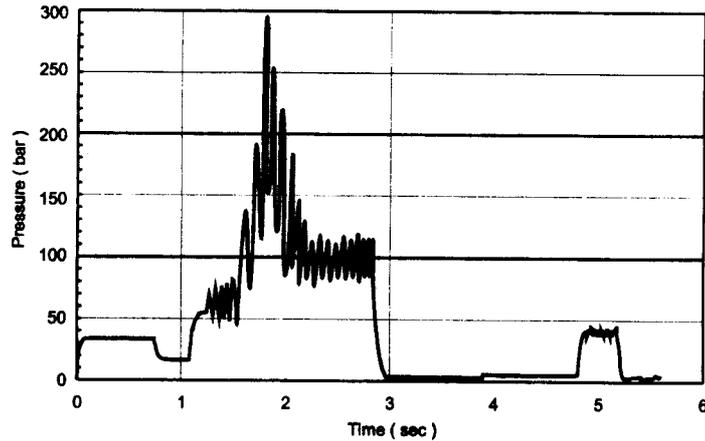


圖 7、選用不適當之邏輯閥造成系統壓力震盪情形

## 五、結論

長久以來，工程師便希望能藉由電腦模擬，協助分析液壓系統之動態行為，但是因為計算煩複並且必須自行撰寫電腦語言程式才能完成此項工作，因此耗費人力及時間。本文利用 HyPneu 簡易有效的電腦模擬工具，針對塑膠射出成型機液壓控制系統進行模擬。其中說明如何建立模擬迴路圖、如何模擬控制系統、如何模擬模具反作用之回受系統、及如何模擬組合缸部份，然後藉由 HyPneu 提供之元件模式，簡易組合成系統迴路，最後進行模擬分析。所得之模擬結果與實際之數據甚為吻合。

HyPneu 為專門應用在液氣壓系統及元件設計之模擬分析軟體。雖然本文僅利用 HyPneu 進行塑膠射出成型機液壓控制系統之模擬，事實上幾乎所有液氣壓系統均可用 HyPneu 進行模擬分析。因為 HyPneu 提供了 400 多個液壓、氣壓、機械及電子元件模式。藉由這些元件可簡易組合成所有包含控制之系統迴路，並進行分析模擬。電腦進步神速的今天，藉由電腦模擬分析，將可用來設計更精密之控制系統，使系統的功能及速度均能有效提高。更重要的是可縮短系統開發時間、節省資源浪費並掌握商機。