

# 液壓混合傳動的排量控制技術



演講人：洪智偉  
大葉大學機械與自動化工程學系



# 大綱

- 液壓混合動力之發展
- 液壓混合動力排量控制方式
- 實驗台測試結果
- 結論



# 混合動力系統之發展

- 混合動力車輛是使用二種能源以上動力來源的車輛，目前混合動力車大多為**油電混合**，能源來自電池及內燃機，作為由純引擎車轉到純電動車的過渡技術。
- 「電動車」幾乎是未來車輛發展主流，但現今電池成本較高，充電、續航力等問題也尚待解決，混合動力車不失為短中期的可行解決方案，但對較大型的車輛需要大功率的電動馬達及電池，還是存在一些需要克服的技術。
- 液壓傳動控制系統常被應用於車輛、工業以及飛機的應用上，它具有大功率、良好的控制性、系統安裝具有較大的彈性以及快速的動態響應等優點，液壓系統已發展相當長的時間，現今已發展出相當多的液壓元件以及各種不同的迴路設計方法。
- 液壓混合系統具有高功率密度的特點，短時間內釋放和儲存能量的能力強，在中、重型車輛和工程機械具有很強的競爭力。



## 液壓混合動力與油電混合動力比較



### ➤ 傳統傳動

- ◆ 無剎車能回收
- ◆ 引擎於啟動後低轉速運轉，效率低
- ◆ 此為傳統傳動車輛能源效率不佳主因



### ➤ 油電混合傳動

- ◆ 由發電機發電進行煞車能回收
- ◆ 低轉速運轉區域以電動馬達驅動，提升效率
- ◆ 以電池儲能



### ➤ 液壓混合傳動

- ◆ 由液壓泵充壓進行煞車能回收
- ◆ 低轉速運轉區域以液壓泵/馬達驅動，提升效率
- ◆ 以蓄壓器儲能

Source: INNAS Ltd., Niederland



# Overview of Hybrid Vehicle

**Hybrid** comes from the Latin and means:

→ “mixed, having two origins”

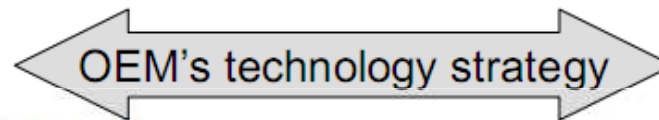
- Hybrid vehicles use two types of energy to achieve optimal propulsion.

## Hydraulic Hybrids:

- Use hydraulic pumps / motors
- Store energy in hydraulic accumulators



Hydraulic domain: Refuse Trucks, Construction Vehicles



## Electric Hybrids:

- Use electric generator / motors
- Store energy in batteries and / ultra-capacitors



Technology overlap

Electric domain: Pass. Cars, Light Comm. Veh.



# 油電混合/電動車的發展難題

- 電池的造價、續航力、充電時間
- 電池製造過程帶來的環境汙染
- 大功率的電動馬達體積、重量較大



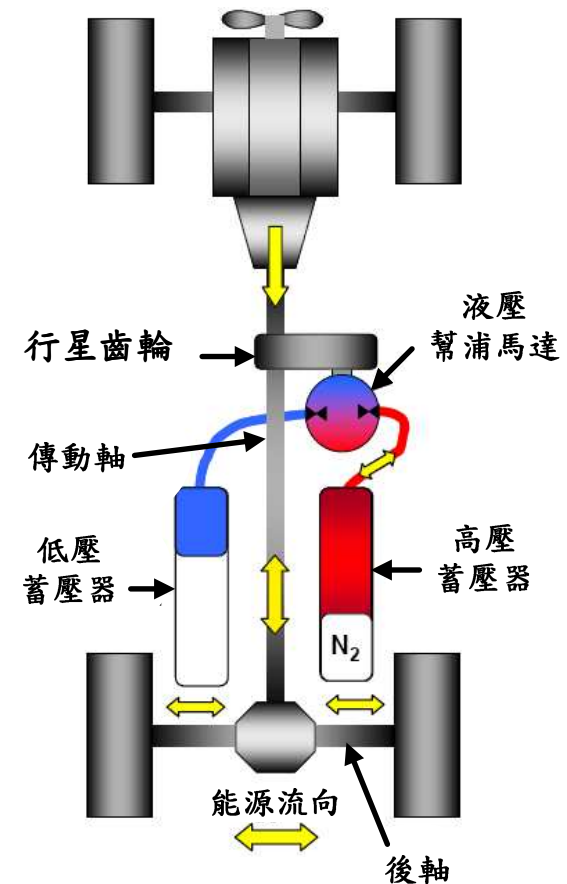
# 液壓混合的發展難題

- 蓄壓鋼瓶儲放能量少，不適合作為主要動力源
- 蓄壓鋼瓶重量、體積大
- 需要高機械效率的液壓泵、馬達



# 串聯式與並聯式系統

- 保留原車引擎驅動能力，液壓系統變為輔助
- 機械結構變動不大，較容易實現
- 控制器設計不需太複雜更動
- 引擎及液壓系統可有加成效果，同時輸出具有較大加速性

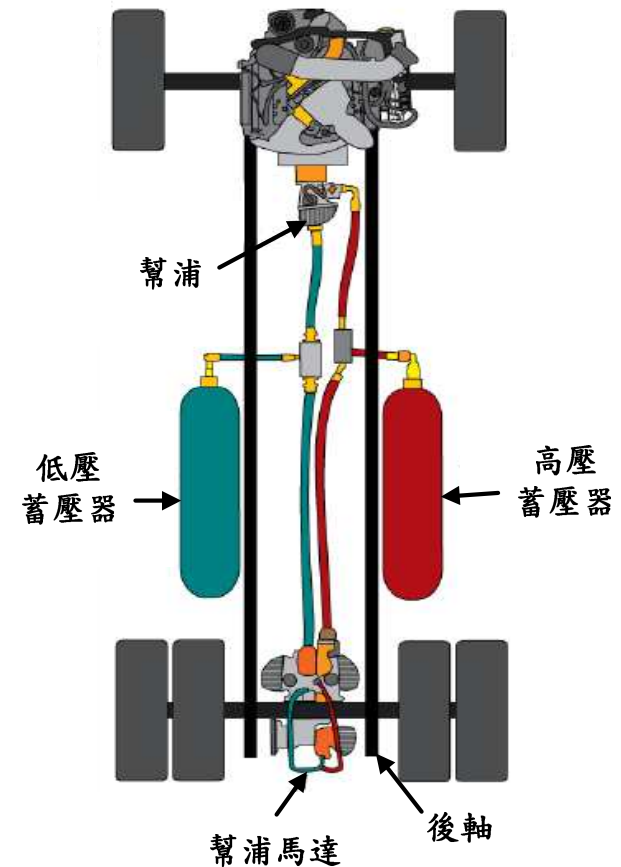


並聯式液壓混合系統  
(有傳動軸) 8



# 串聯式系統

- 引擎運轉直接連接幫浦輸出液壓動力
- 引擎僅負責穩定運轉發電，因此較容易控制其排污程度，引擎配置位置也較彈性
- 引擎操作點控制較容易，油耗表現較並聯式來的好
- 車輛加速性能由液壓馬達提供，無法有較高的加速性能



串聯式液壓混合系統  
(無傳動軸)



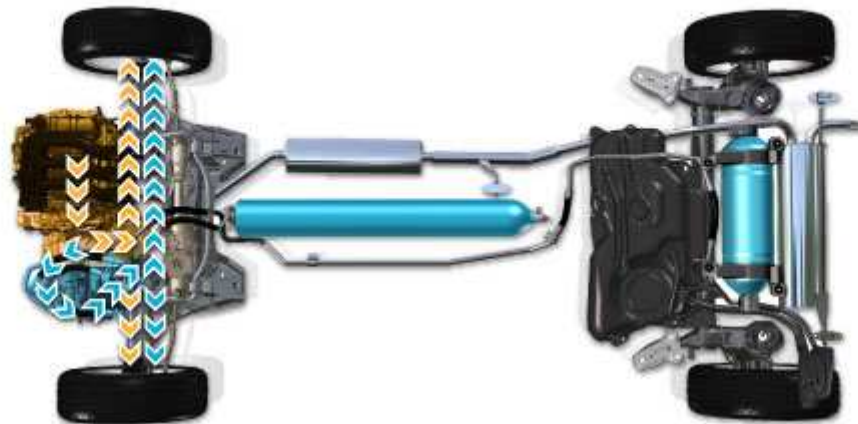
## 近期商用產品發展

- 法國PSA Hybrid Air 空氣/液壓混合動力系統
- 佔用體積小
- 成本較一般油電混合車低廉
- 原廠測試在市區中80%時間採用氣動，綜合油耗降低35%

影片



COMBINED POWER





# 大綱

- 液壓混合動力之發展
- 液壓混合動力排量控制方式
- 實驗台測試結果
- 結論



# 車輛運動模式

速度的變化決定於輸出扭矩

$$M \frac{dV}{dt} = F_{tf} - (F_{rd} + F_w)$$

牽引力

$$T_w - F_{tf} r_d = J_w \frac{d\omega_w}{dt}$$

輸出扭矩

$$F_{rd} = F_f + F_g = Mg (f_r \cos \alpha + \sin \alpha)$$

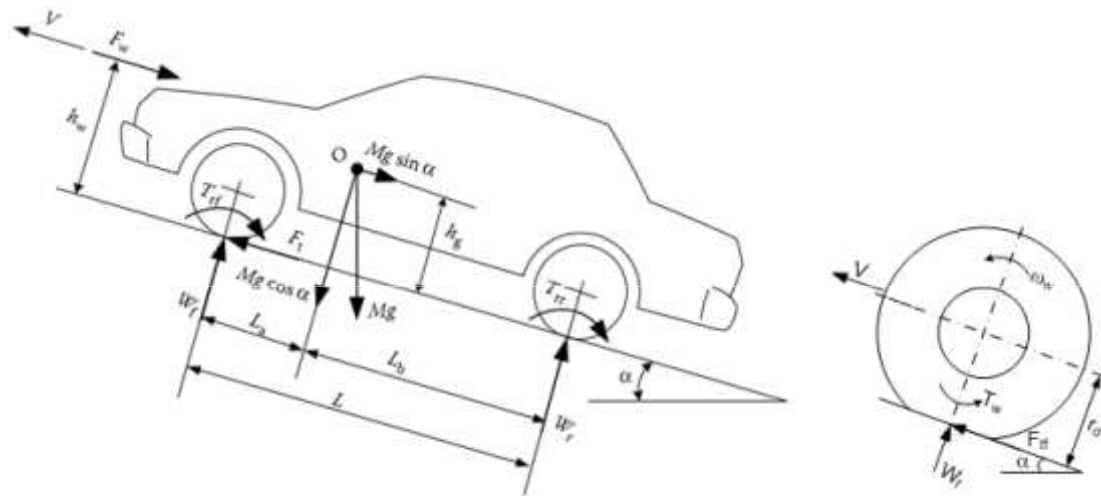
路面阻力

滾動阻力

爬坡阻力

$$F_w = \frac{1}{2} \rho A_f C_D V^2$$

空氣阻力





# 液壓馬達/泵浦排量控制

- 液壓混合動力系統的加減速驅動性能，主要來自：
  - 液壓馬達：加速所需之扭矩
  - 液壓泵浦：減速所需之扭矩
- 液壓元件流率、扭矩之變化可由以下簡化公式：

$$Q = x\omega D\eta_v^{-z}$$

$$T = xD\Delta p\eta_t^z$$

$Q$  : Flow rate [liter/min]

$x$  : displacement factor

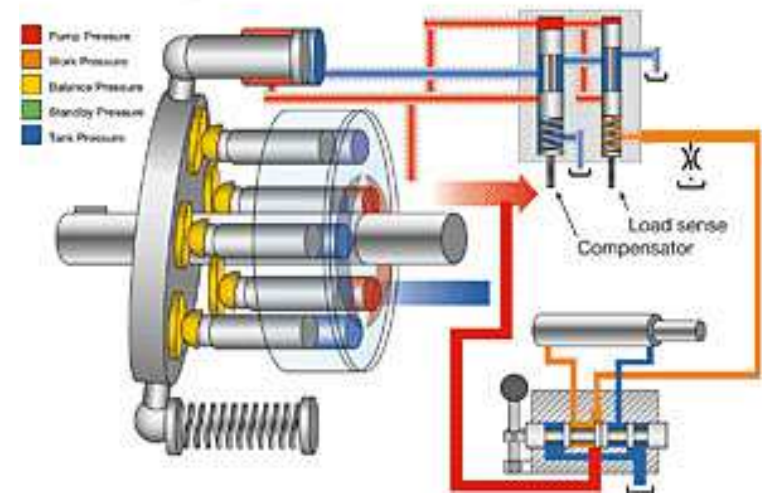
$\omega$  : 角速度 [rpm]

$D$  : displacement [cc/rev] (排量)

$\eta_v$  : 容積效率

$\eta_t$  : 機械效率

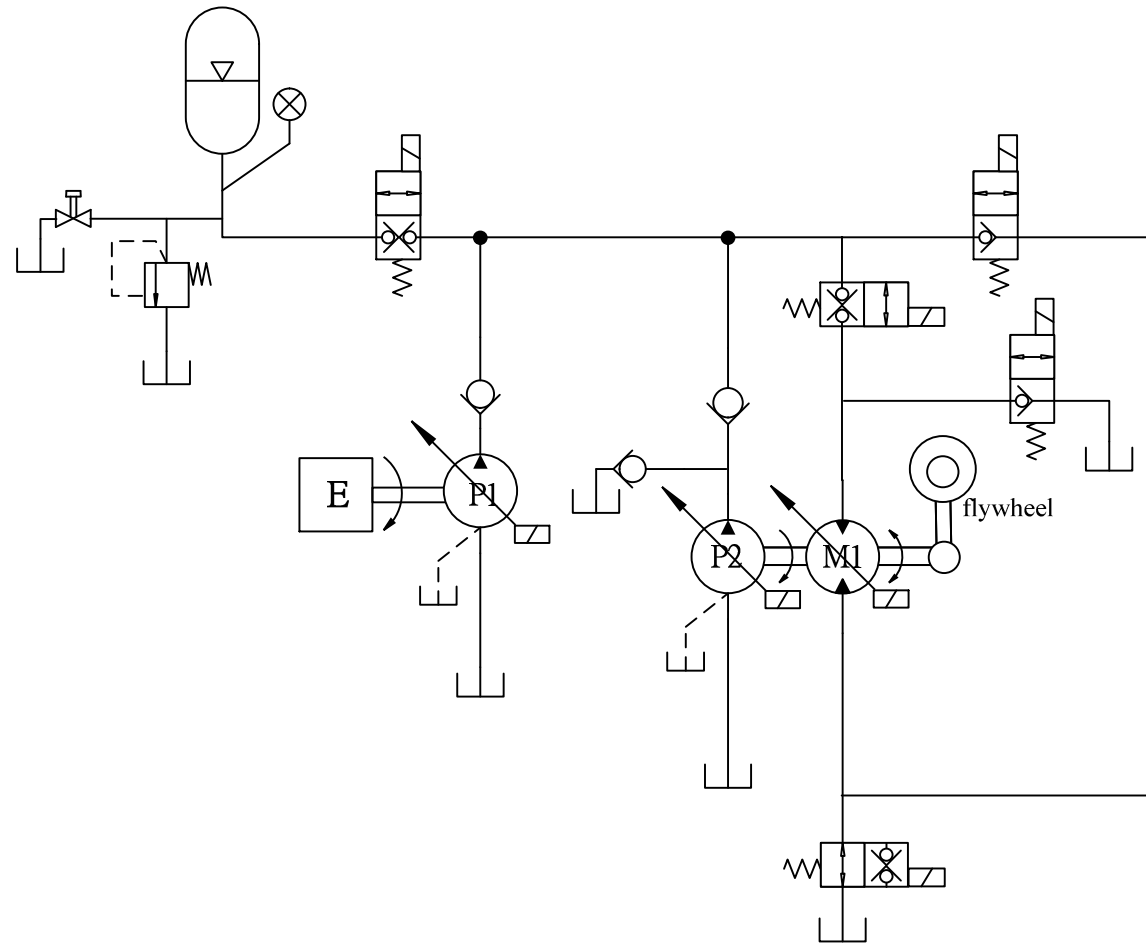
$z = \begin{cases} 1: \text{Motor Mode} \\ -1: \text{Pump Mode} \end{cases}$





# 實驗台油路設計圖

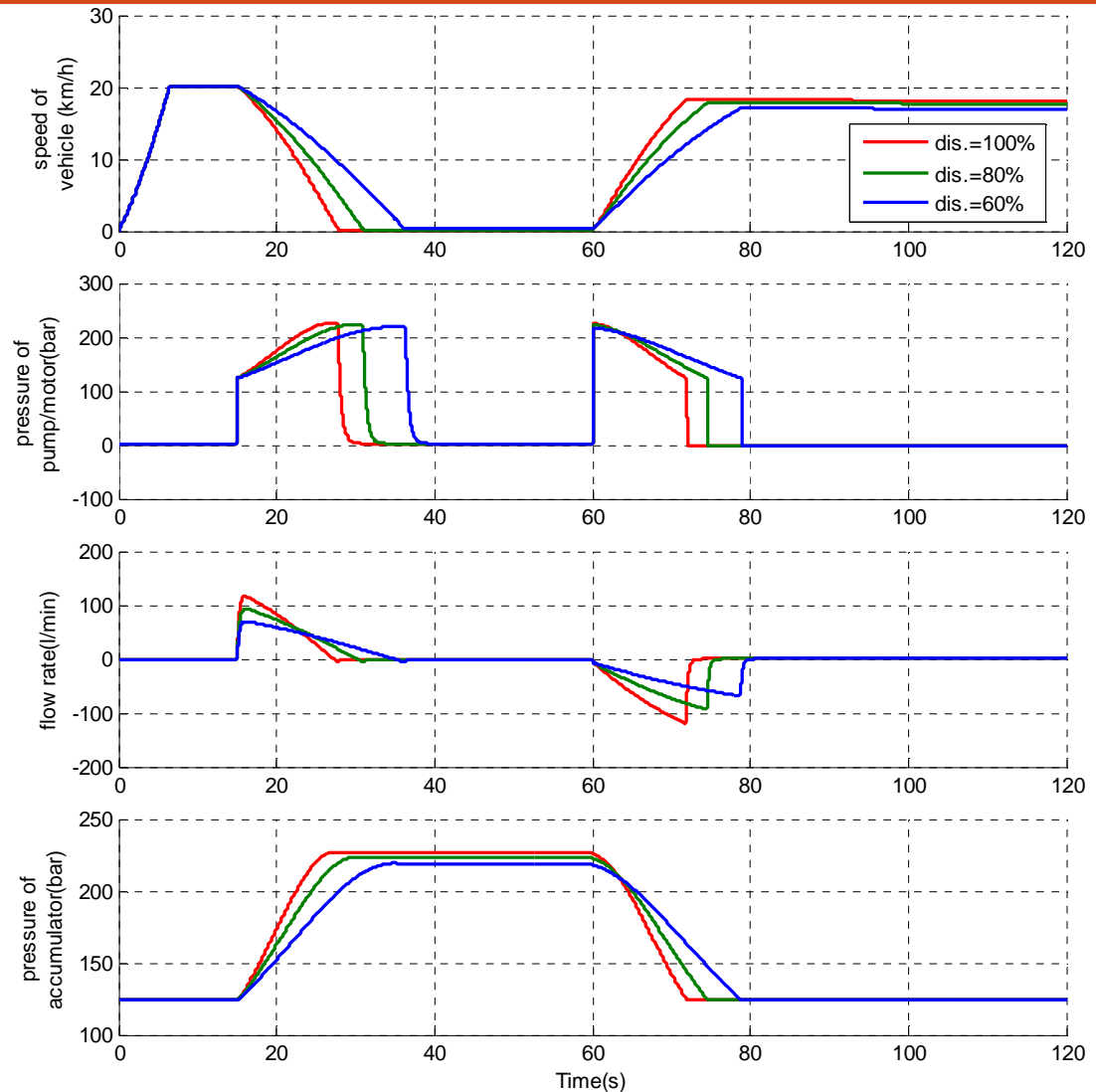
- 使用國內廠商自行生產的可變量泵浦、可變量馬達、高速比例流量控制閥等液壓元件，進行油路之設計。





## 設計油路之數學分析模擬

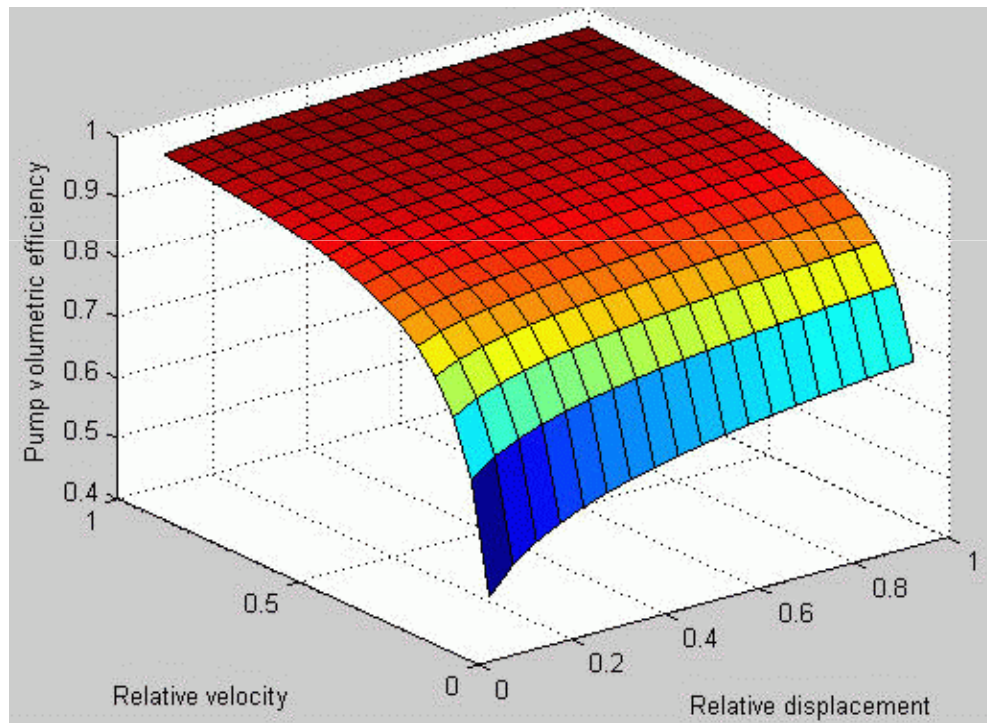
- 液壓泵浦一般最大泵浦效率在100%排量之情況，較低的排量其泵浦效率會較差。
- 因此可發現排量80%所損失的能量較100%來得多，排量60%又更多。
- 考慮較長的煞車時間受到較多摩擦損失，也是回收能量較少的因素。



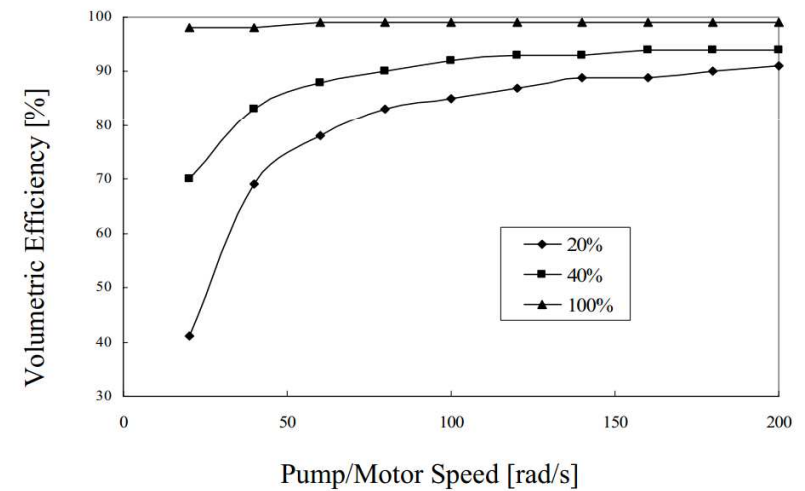


# 液壓元件效率特性

一般液壓元件之容積效率與轉速、排量變化



泵浦/馬達容積效率曲線圖 (固定液壓力)





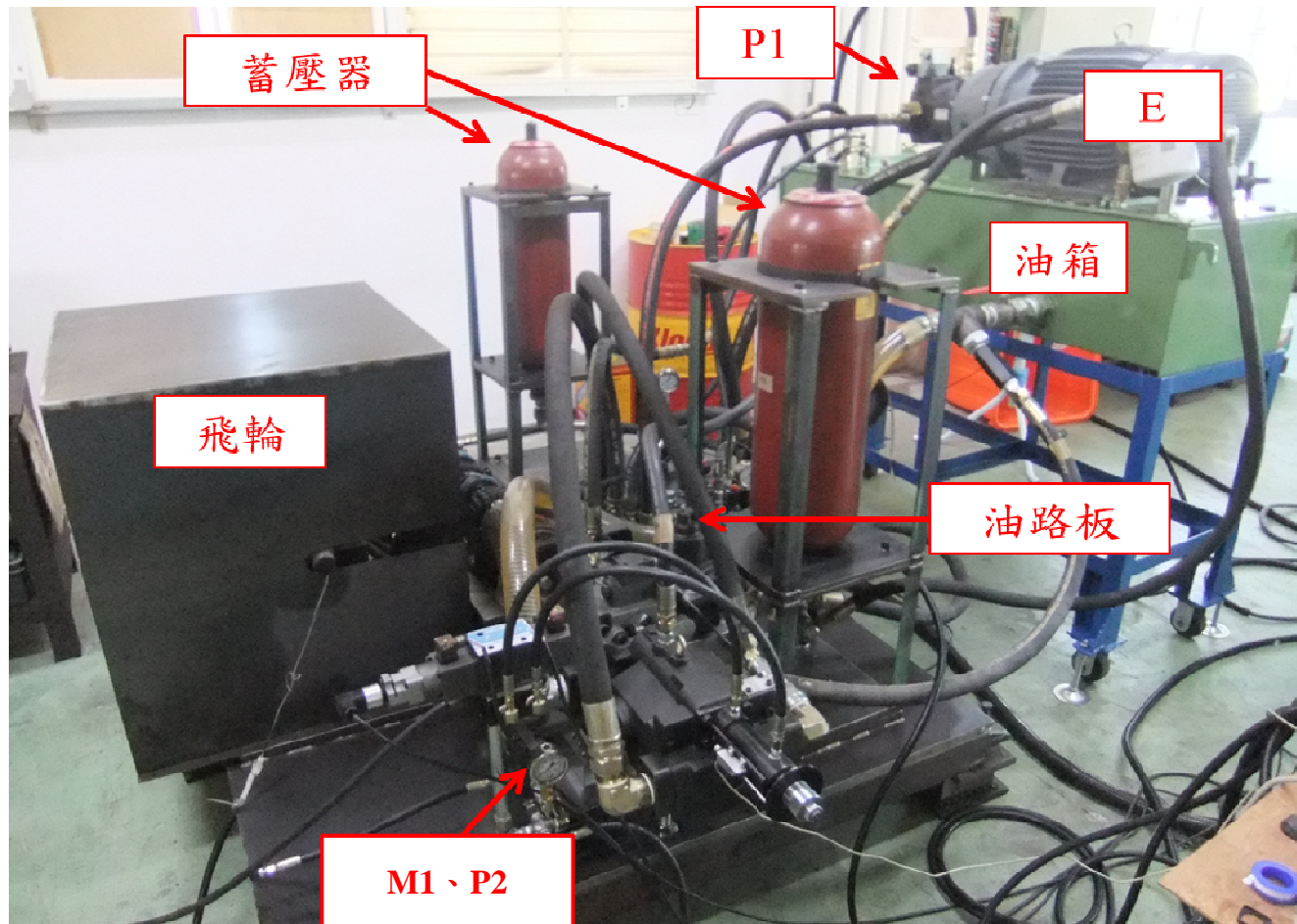


# 大綱

- 液壓混合動力之發展
- 液壓混合動力排量控制方式
- 實驗台測試結果
- 結論



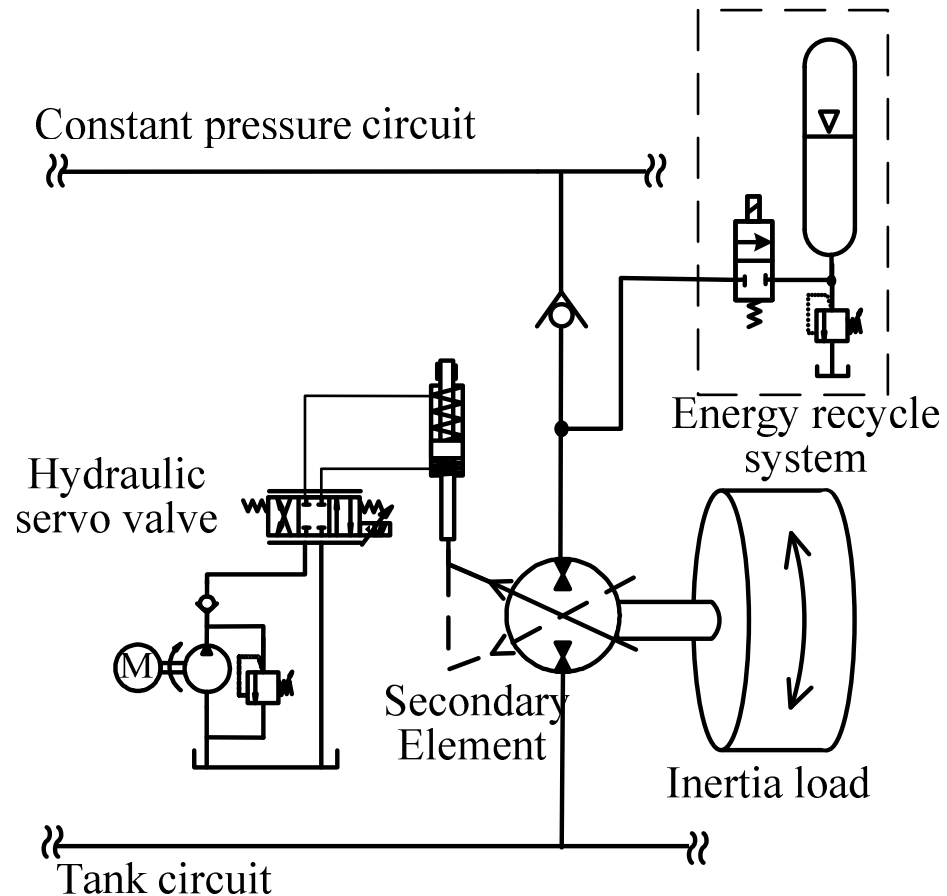
# 液壓混合動力實驗台照片





# 液壓馬達/泵浦伺服控制

- 傳統液壓系統自動控制是以電磁方向閥、節流閥等調控流體方向達成自動化控制。
- 隨著伺服閥發展成功，其響應快且動作精準的特性，可廣泛應用於伺服液壓控制

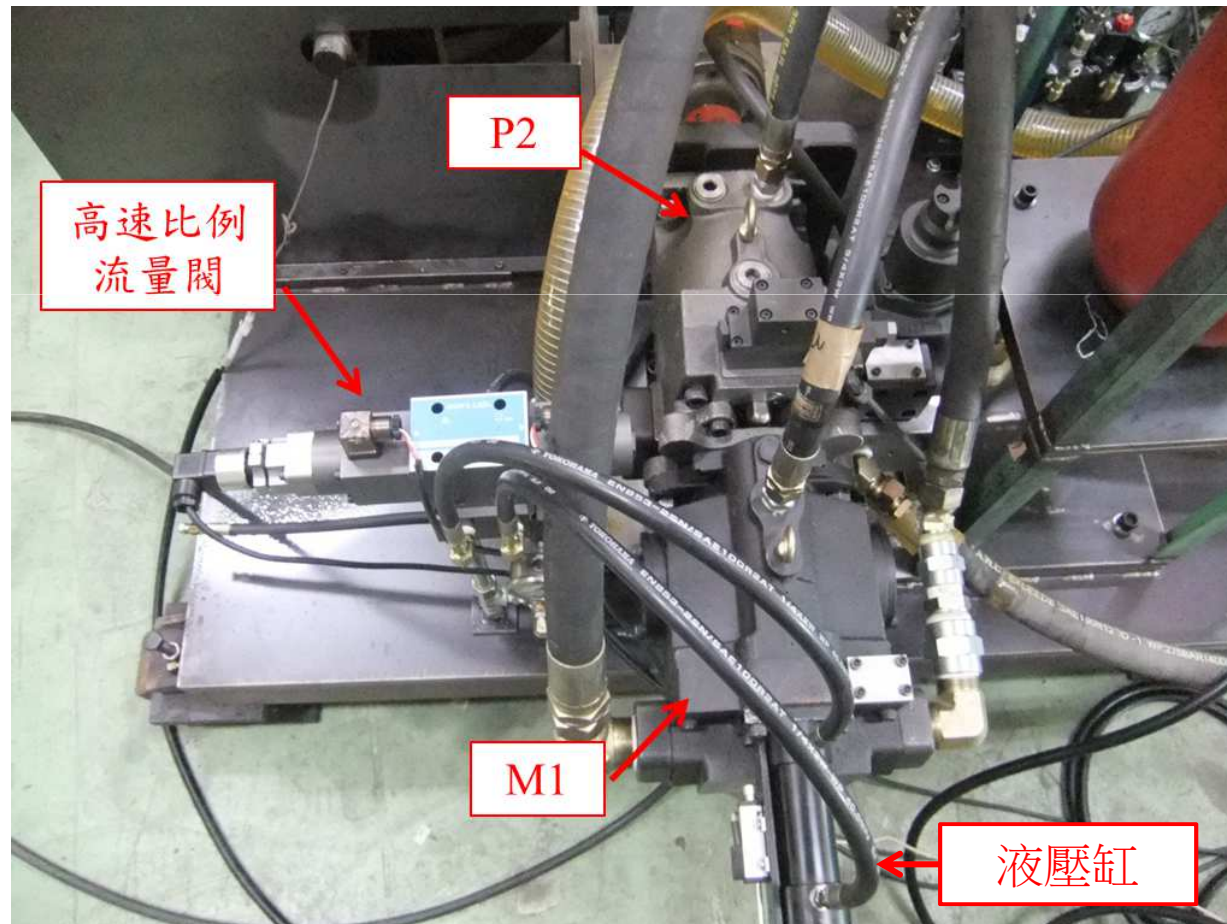


節能可變量液壓二次控制驅動系統 示意圖



## 馬達可變量功能修改

- 目前國內液壓馬達大多為固定排量，因此尋以比例流量伺服器搭配液壓缸來控制斜盤角度



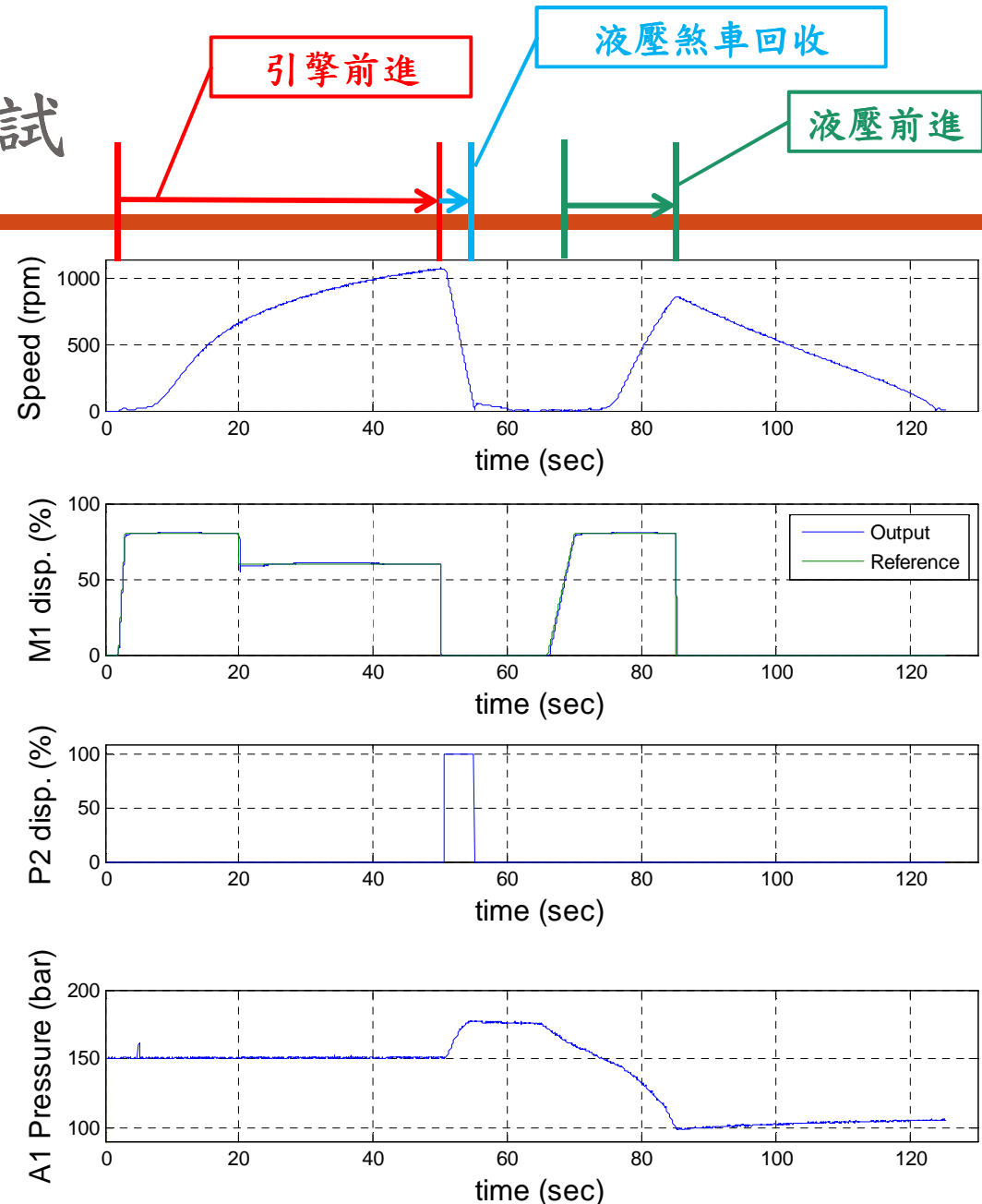


## 簡單加減速測試

以一個單純加速然後減速，接著加速的駕駛循環對實驗平台進行測試，確定所設計之油路各行車模式皆正確。

由圖中顯示可變量液壓馬達M1的排量控制可達到非常精準的控制。

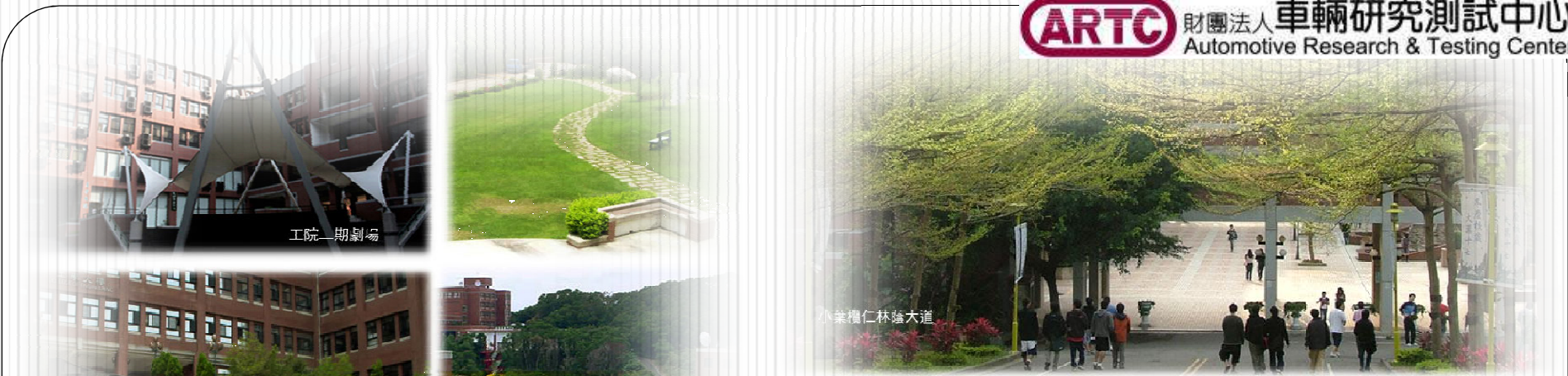
液壓泵浦可變量控制為國內廠商既有成熟技術，可靠度高且已模組化。





## 結論

- 液壓混合動力系統在發展上走的並非是油電/電動車的主流發展方向，而是作為一種讓機械系統工作效率更高的控制技術，並且回收因煞車而散失的車體動能。
- 液壓混合動力系統的研究不僅僅是應用於車輛工業上，液壓傳動為工業界常見且成熟的技術，廣泛應用於各式運輸、工程機械中，相關元件的開發改良皆可應用在各種大型油壓驅動機械的場合上。
- 目前國外許多廠商開發之產品顯見此項技術的可行性，而高效率之元件油壓幫浦/馬達之研發有其必要性，國內油壓界多數為中小企業，如何突破研發困境、如何進行產學合作，也是值得考量的一個方向。



# 報告完畢，感謝聆聽

