

液壓彎管機節能設計

國立雲林科技大學

產業精密機械研究所

演講者：鄭秦亦

大綱

1

液壓彎管機基本架構

2

液壓動力單元之閥控與泵控介紹

3

液壓節能動力單元介紹

4

發展低成本之開迴路節能控制策略

5

液壓彎管機節能效率分析

6

結論

液壓彎管機基本架構

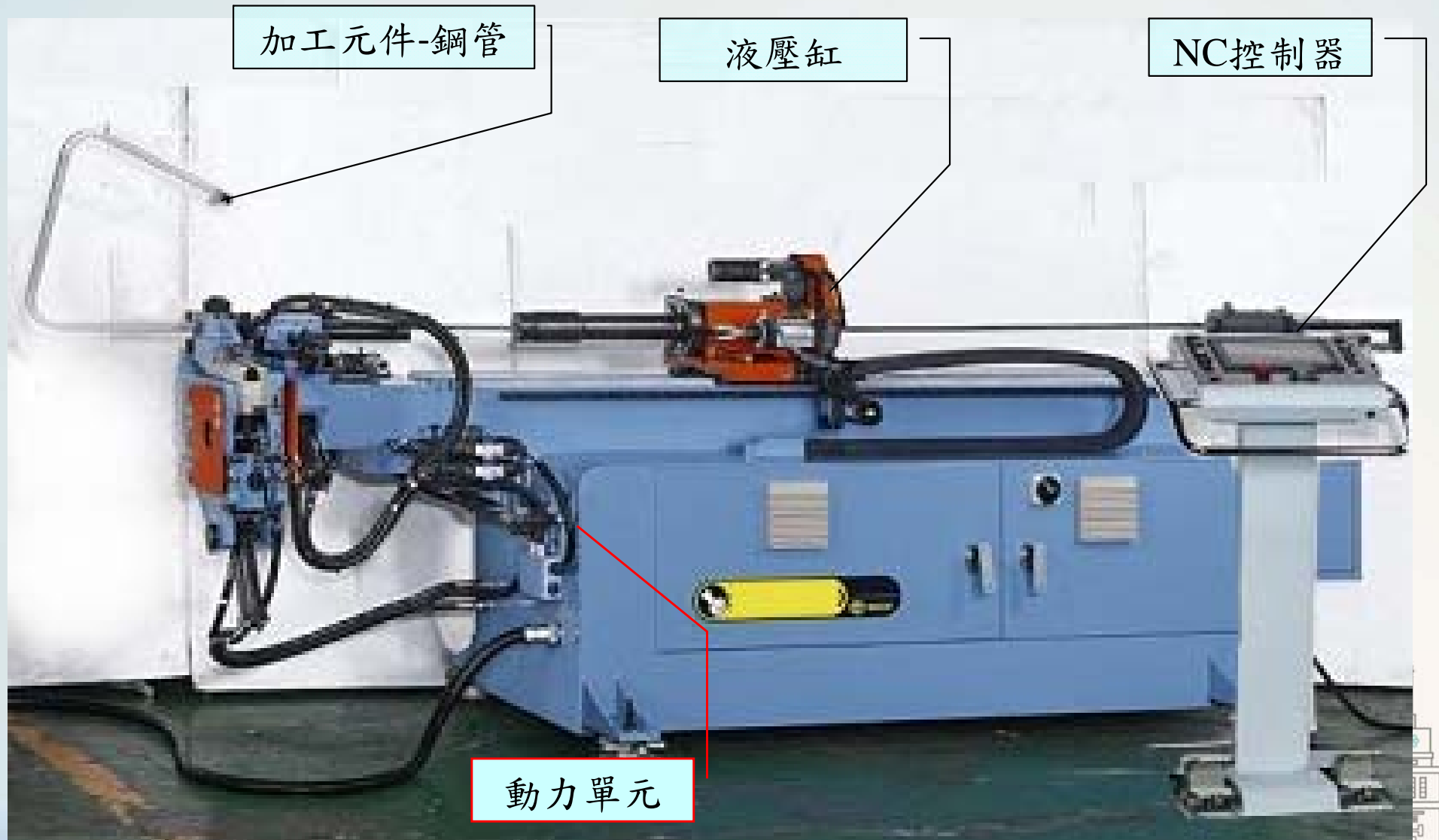


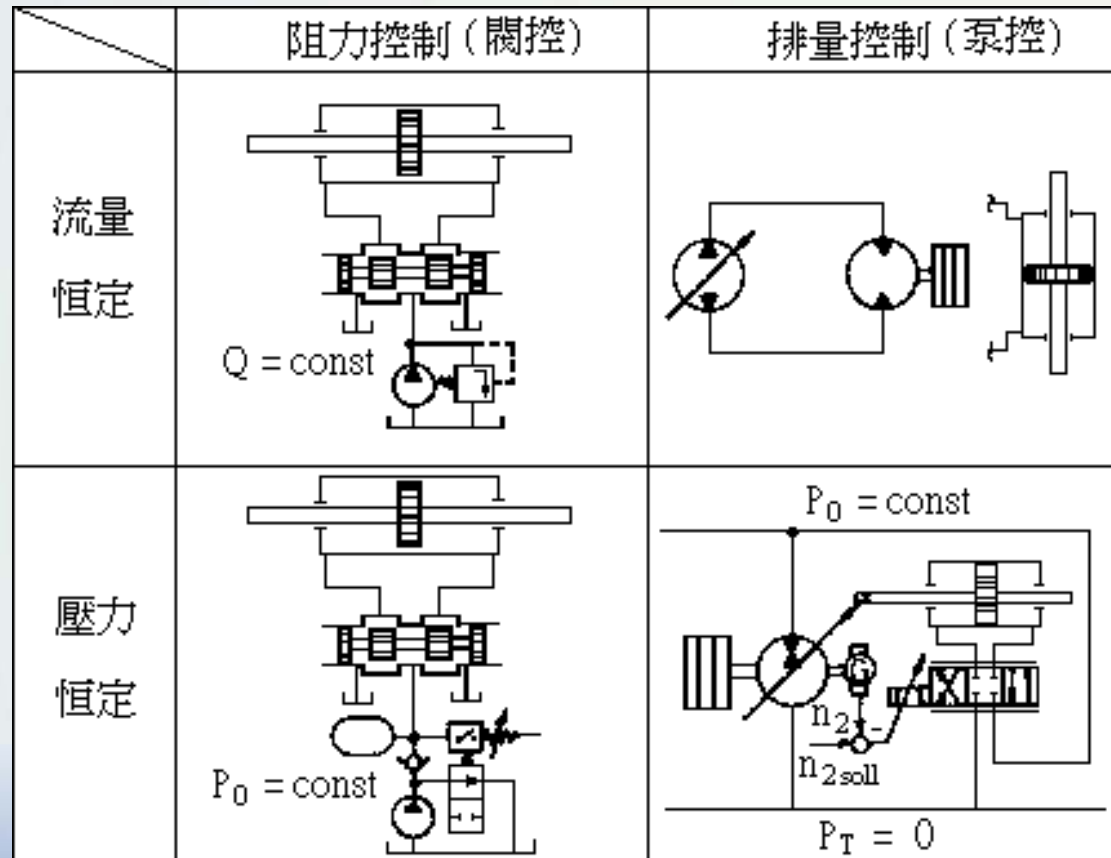
圖1：液壓彎管機實體圖

液壓動力單元之閥控與泵控介紹

由於**泵控液壓系統**，優點為**能源效率高**(理論上接近100%)，故近年來廣泛受到學術界及業界重視。

泵控的缺點為：泵控系統動態響應較閥控系統來得慢。

閥控的特性：閥控液壓系統-動態響應速度較快但其能源效率不佳。



閥控系統上本身上仍有一些的缺陷存在，使得在應用上受到了限制：

- (1) 伺服閥的加工精度高，價格貴，維修不方便。而且受污染的液壓油容易產生油泥而加快伺服閥的磨損並容易使閥口阻塞，進而降低閥控系統工作可靠性和性能穩定性。因此，必須要有完善的過濾設備，才能提升液壓油的清潔度，如此也增加了伺服系統的成本。
- (2) 閥控伺服系統需要一組泵浦系統提供穩定液壓油源，因此增大了系統的體積，提升了系統的複雜程度，增加了系統的成本。
- (3) 當液壓油經過伺服閥時，因閥口有流阻作用(Flow Resistance)，使部分液壓在此被消耗能量而產生節流損失，傳統使用定轉速定排量泵及釋壓閥之閥控系統，其最佳效率僅達約37%[1]，因此系統能量浪費嚴重。

泵控液壓系統可區分兩種調節方式：
變排量控制及變轉速控制。

變排量泵控系統控制

為調整柱塞泵之斜盤角度，達到控制泵排量及流量，進而可進行液壓致動器之伺服控制。

- 變排量泵控系統雖然較多被採用，且其能源效率理論上可接近100%，然而其響應仍遠低於閥控系統，故只能被應用於較大功率響應較慢之液壓伺服控制系統。

變轉速泵控系統控制

其作動方式是藉由改變原動機的轉速，泵的流量與壓力隨著系統負載之變化而作調適。

- 傳統泵控伺服系統大部分由**AC感應馬達及變頻器所驅動**，而AC感應馬達之響應慢，故使得變轉速泵控系統之響應慢，當在系統產生劇烈變化時，卻無法及時反應系統的需求，故變轉速泵控系統較少被採用。

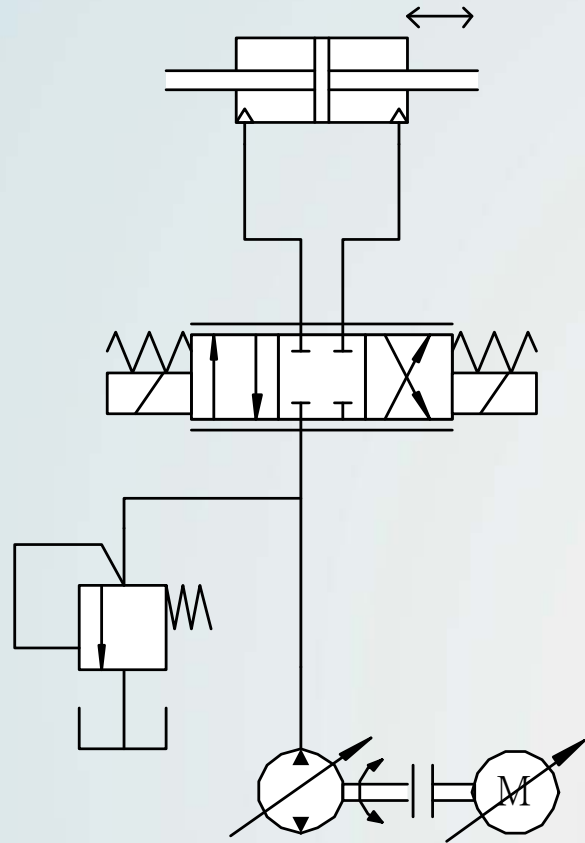


圖2(a)：閥控液壓系統

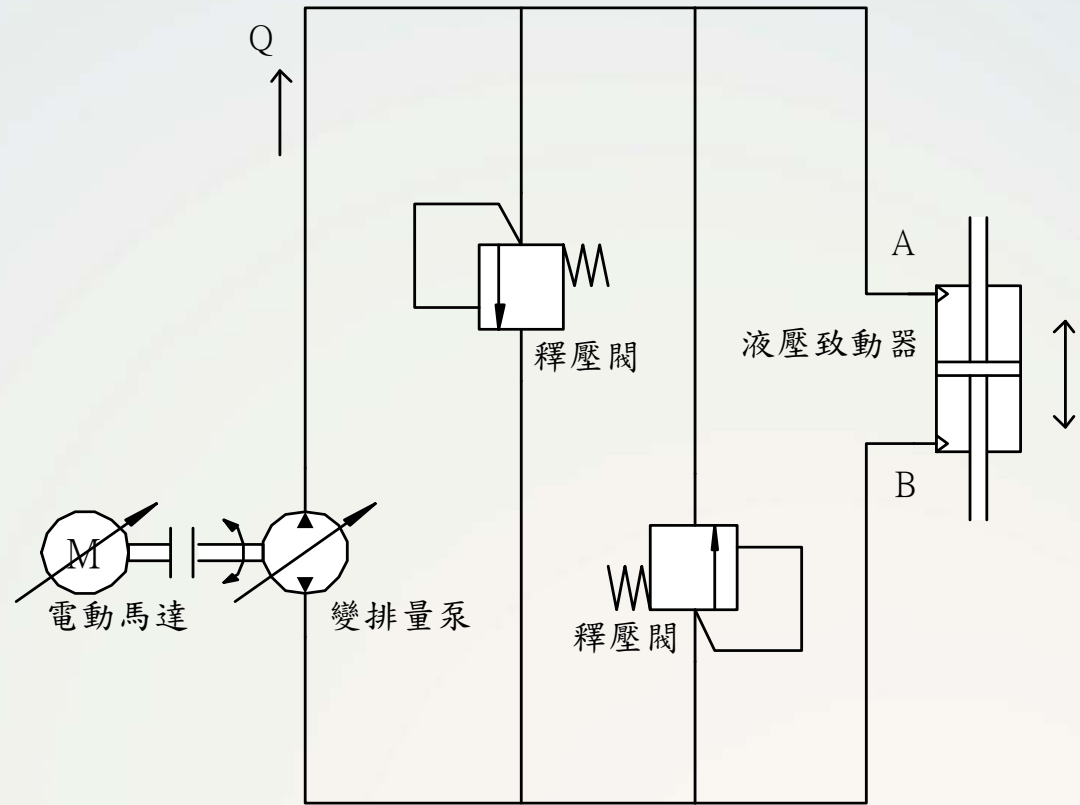


圖2(b)：泵控液壓系統

液壓節能動力單元介紹

因傳統閥控液壓系統的能源效率表現不佳，因此必須**結合液壓節能泵控動力單元**方能改善。目前閥控液壓系統之節能控制主要有三種不同之方式：

(1) **負載感測控制**

(Load-Sensing Control)

(2) **定供油壓力控制**

(Constant Supply Pressure Control)

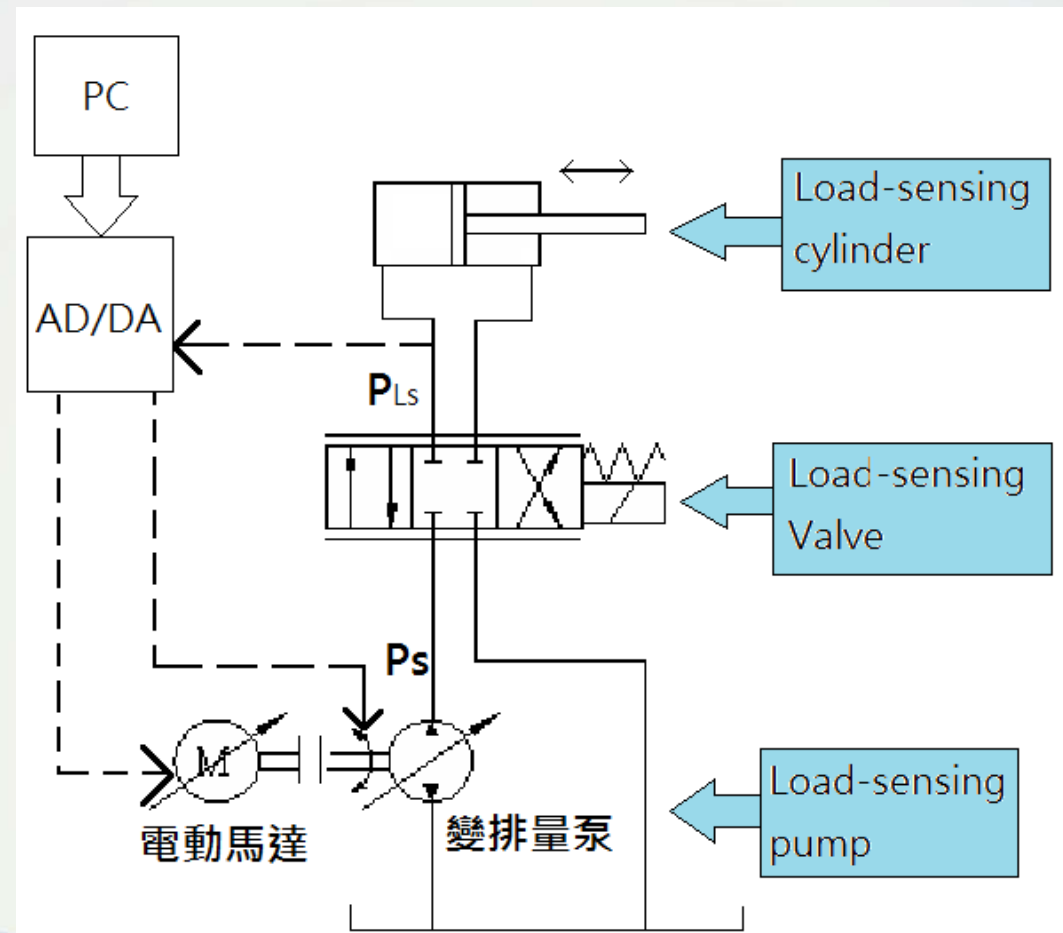
(3) **定功率控制**

(Constant Power Control)

閥控系統節能控制-負載感測控制

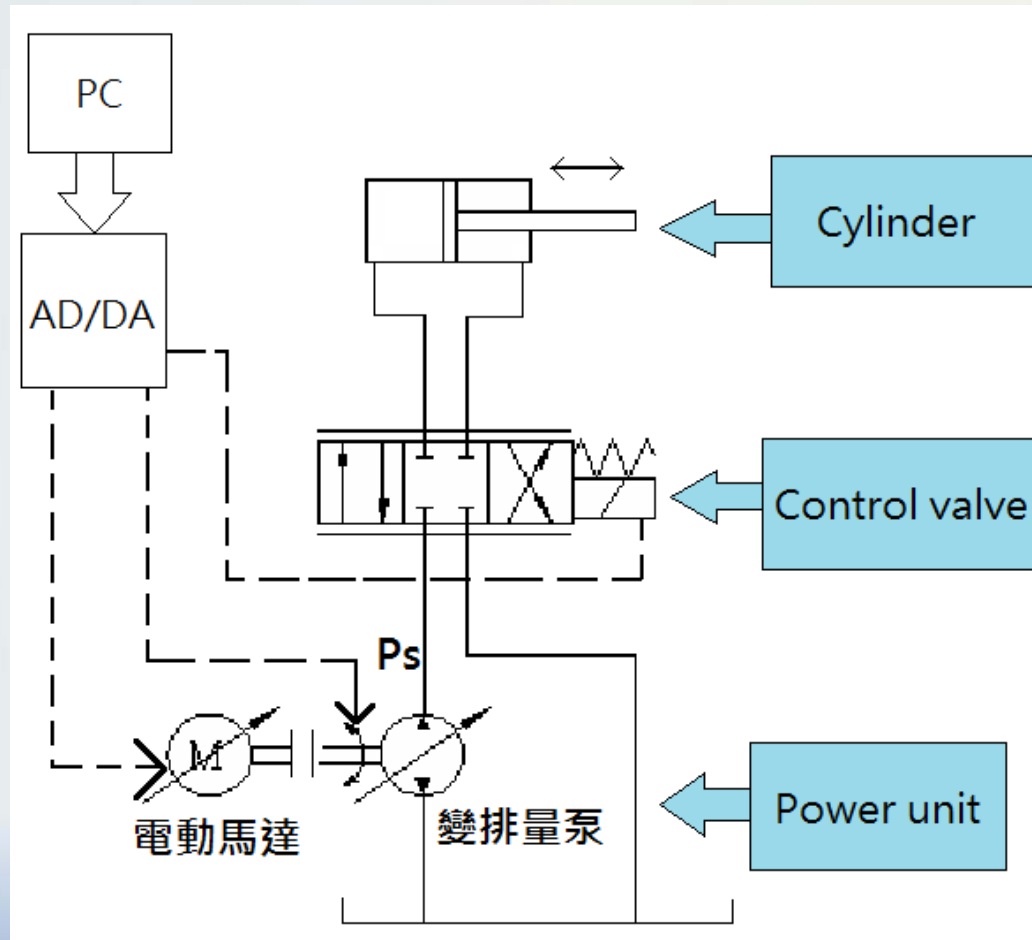
負載感測控制系統乃是能隨著液壓缸在驅動不同負載所需之實際負載壓力 P_{Ls} 時，並應用閉迴路控制 **改變AC伺服馬達之轉速**，來調整泵之供油壓力 (P_s)，使得AC伺服馬達可以僅提供適當的能量輸出，以降低能量損耗，達到節能效果。

此節能控制在歐美地區已被應用於車輛液壓系統(Mobile hydraulic system)、液壓挖掘機(Hydraulic excavator)、營建機械、射出成型機(Injection molding machine)等，而亞洲國家仍少用。



閥控系統節能控制-定供油壓力控制

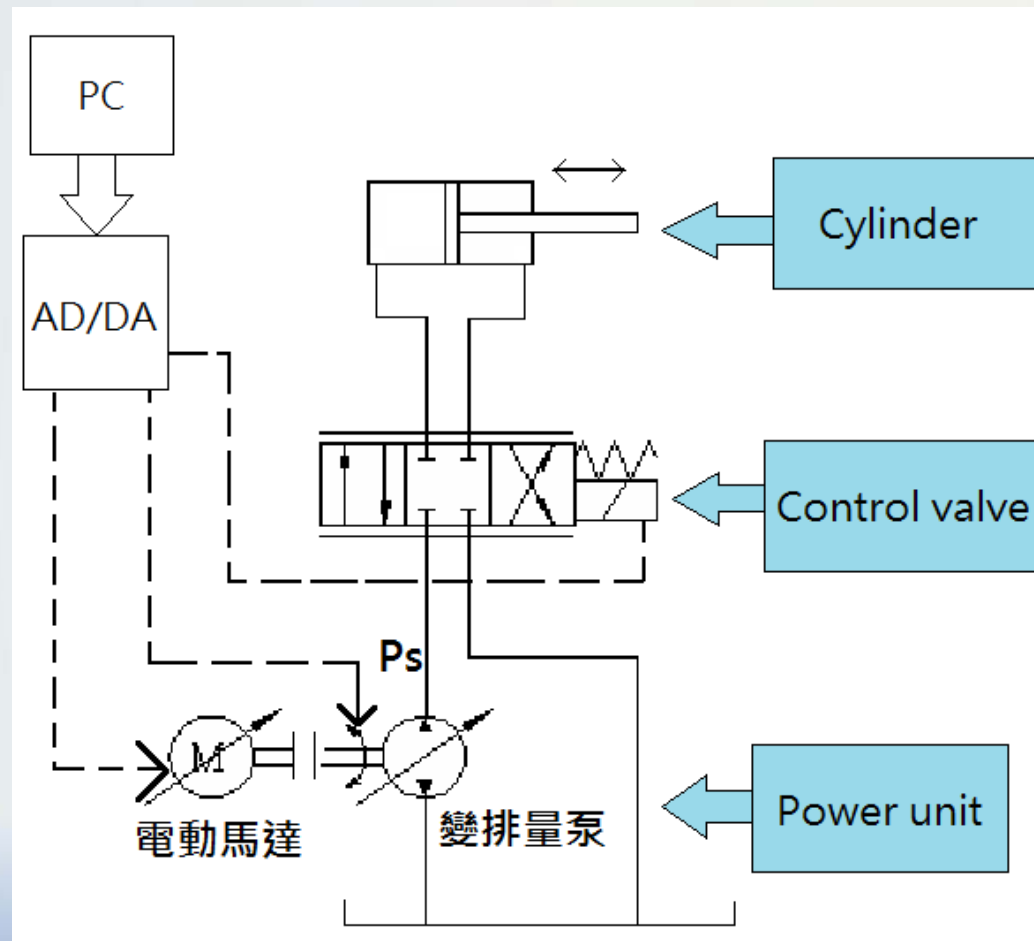
定供油壓力控制系統回授液壓泵之供油壓力(P_s)訊號，並藉由**改變AC伺服馬達之轉速**而改變液壓泵之輸出流量，進而來調整液壓泵之供油壓力(P_s)，使其維持於所設定之**供油壓力值($P_s = \text{Constant}$)**，可避免由**洩壓閥**(relief valve)限制供油壓力的方式，免得過多液壓油流回至油箱，造成能源損失。



資料參考來源：2011機械月刊，7月號，汪茂雄，淺談液壓節能控制

閥控系統節能控制-定功率控制

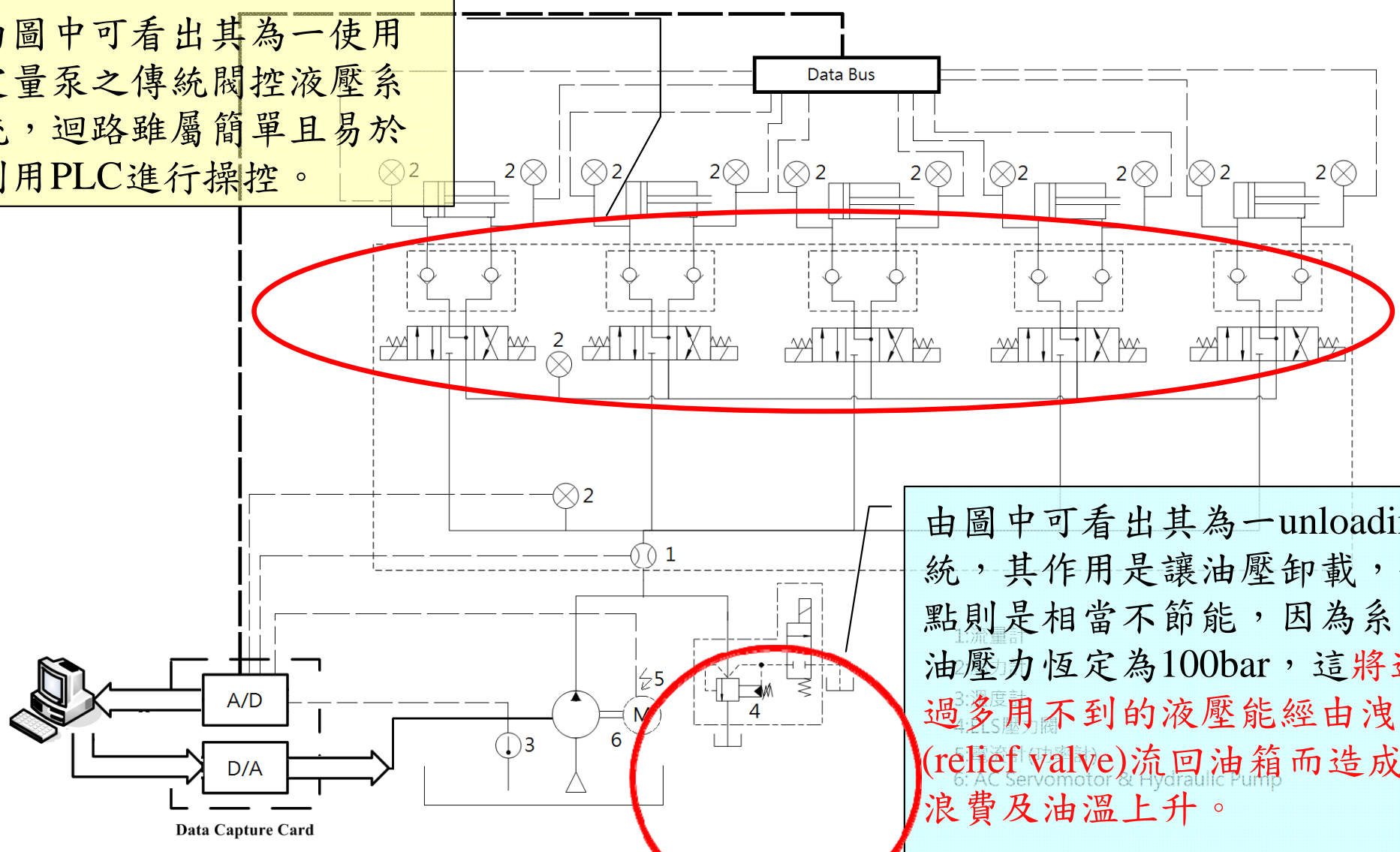
定功率控制是對系統消耗之功率進行控制，而系統消耗功率可由液壓泵之供油壓力(P_s)與流量相乘計算得知，因此在節能系統上，回授供油壓力(P_s)與液壓泵之流量，來調整液壓泵之輸出功率，使其維持於設定功率值($P_{set} = \text{Constant}$)，因而提高系統的能源使用效益。



資料參考來源：2011機械月刊，7月號，汪茂雄，淺談液壓節能控制

液壓彎管機-節能系統架構迴路圖

由圖中可看出其為一使用定量泵之傳統閥控液壓系統，迴路雖屬簡單且易於利用PLC進行操控。



由圖中可看出其為一unloading系統，其作用是讓油壓卸載，但缺點則是相當不節能，因為系統供油壓力恆定為100bar，這將造成過多用不到的液壓能經由洩壓閥 (relief valve) 流回油箱而造成能源浪費及油溫上升。

如圖3所示為液壓彎管機作動時各順序控制步驟之壓力分佈情形，並根據在不同的下來輸出所需求的壓力輸出。

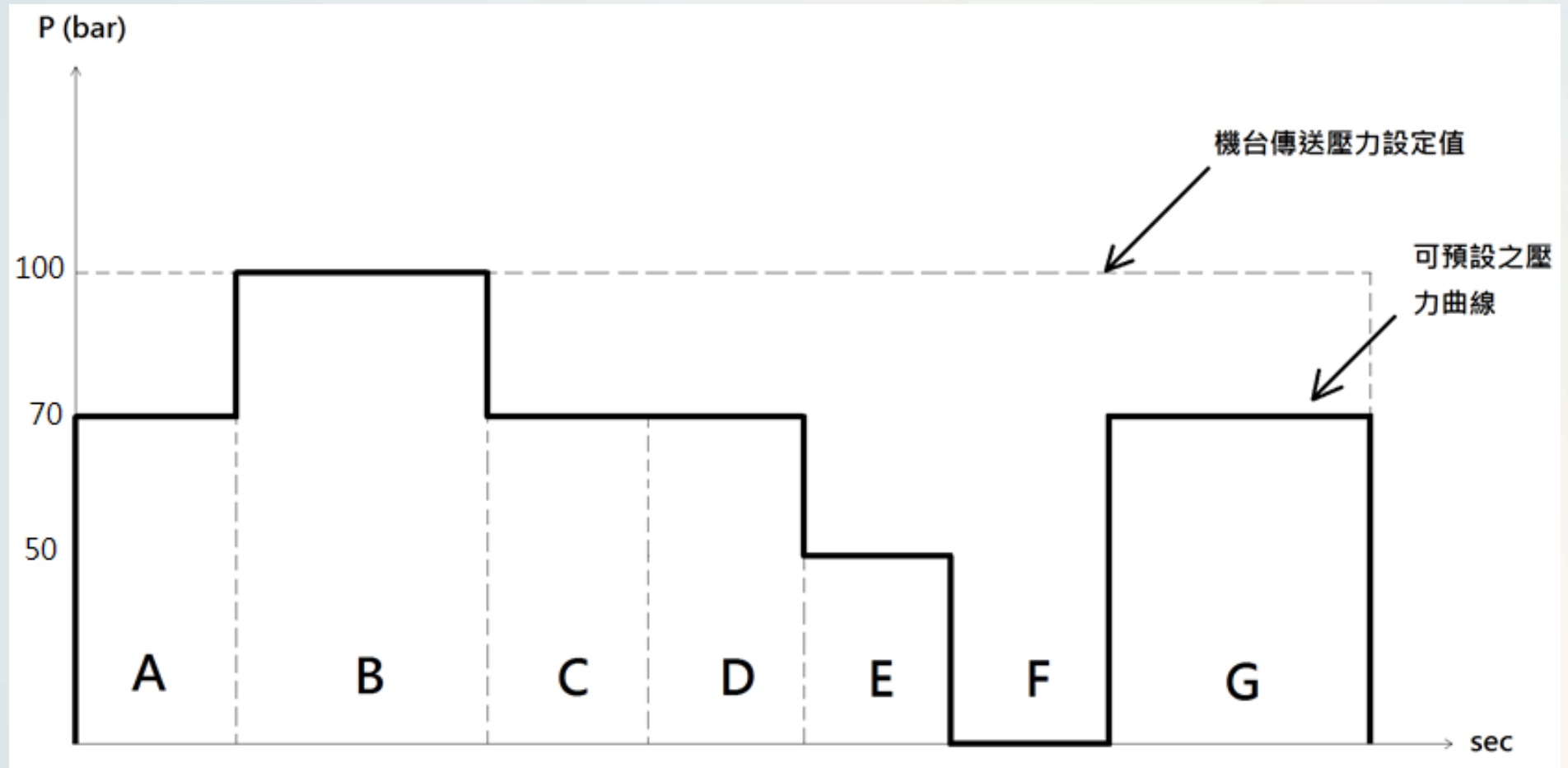


圖3：各個順序控制步驟所對應的壓力分佈圖

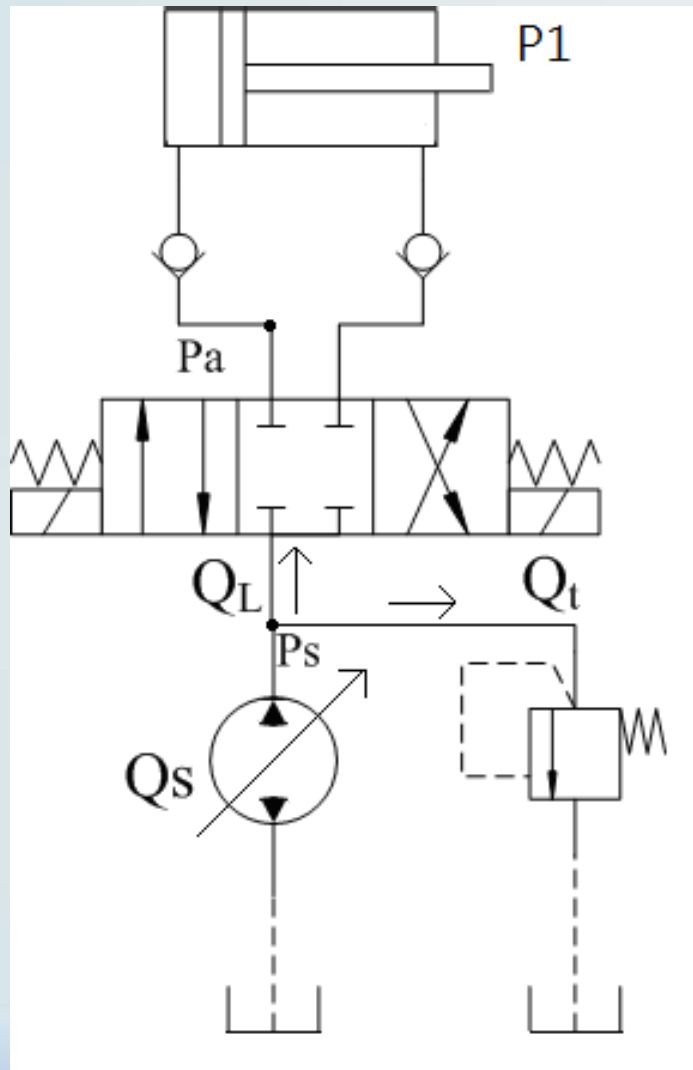
低成本之開迴路節能控制策略

低成本節能機台將不採用壓力感測器進行負載壓力量測，也將維持原先搭配既有PLC控制器進行操控。

因為彎管機在進行特定鋼管彎曲加工時所需之**負載壓力曲線均為已知且可預設**，其負載變動量也不大，再配合既有的limit switch，故控制策略將採預先規劃方式，**亦即可根據已知的負載壓力曲線先行預設系統工作週期中各個順序控制步驟所對應的供油壓力值以及AC伺服馬達輸出轉速值**。

液壓彎管機-節能效率分析

功率計算公式



本文採用較低成本的定供油壓力節能控制技術以及最低成本的開迴路控制節能方案於傳統液壓彎管機上，進行計算其節能效率。

$$Q_L = Q_S - Q_t \quad (1)$$

液壓缸所作動的功率： $P_1 = P_a * Q_L$

假設閥口壓降為5 bar，供給壓力之公式如下：

$$P_s = P_a + 5(\text{bar}) \quad (2)$$

壓力曲線下之功率，可由下列公式來表示：

$$\text{損失的功率} = P (\text{Kw}) = \frac{P_s (\text{bar}) * Q_t (\text{l} / \text{min})}{600} \quad (3)$$

圖4：供應液壓缸作動所需流量之示意圖

溫升計算公式

能量損失=(液壓泵輸入之功率-實際輸出所作的功率)*時間，可由下列的公式來表示：

$$Energy\ loss(J) = 746 \times (I_{hp} - O_{hp}) \times t \quad (4)$$

而溫度變化可以下列公式表示：

$$Temperture\ increase(^{\circ}C) = \frac{Heat\ Generation\ Rate(kJ/min)}{Oil\ Specific\ heat(kJ/kg/^{\circ}C) \times Oil\ Mass\ Flow\ Rate(kg/min)} \quad (5)$$

以下將進行溫升公式的計算：

假設

$$\rho_{oil} = 0.85(g/cm^3) = 850kg/m^3 = 0.85kg/\ell \quad , \quad Q = 41.4(\ell/min)$$

$$Oil\ mass\ flow\ rate = \rho_{oil} \times Q = 9.52 \frac{kg}{min} \quad (6)$$

液壓彎管機-節能效率分析

以固定壓力來進行計算，假設流量固定(30L/min)

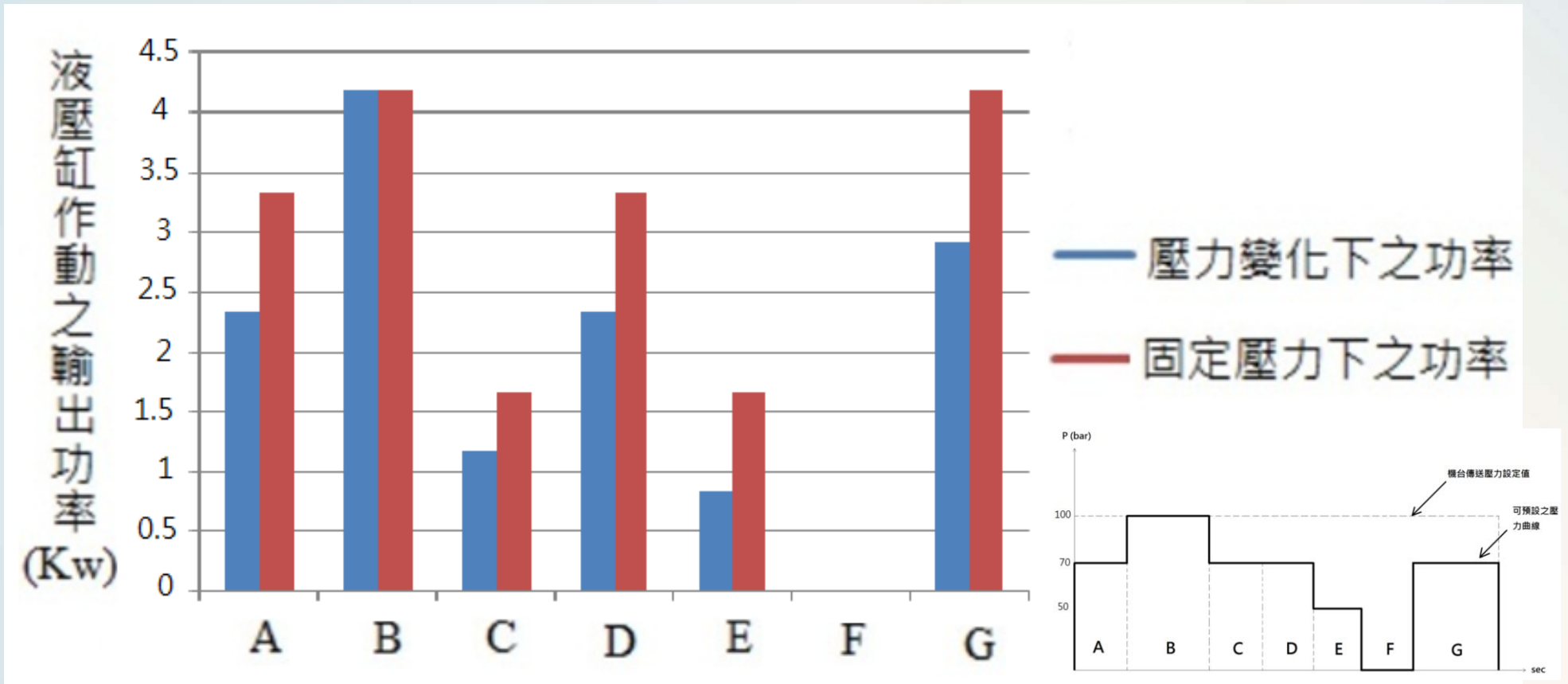
步驟	P_a (bar)	P_s (bar)	Q_L (l/min)	Q_t (l/min)	溫升($^{\circ}C$)	液壓缸之輸出 功率(Kw)	流回油箱之損失 功率(Kw)
A	100	105	20	10	6.72	3.33	1.75
	100	105			6.72		
B	100	105	25	5	6.72	4.17	0.88
	100	105			6.72		
C	100	105	10	20	6.72	1.67	3.5
D	100	105	20	10	6.72	3.33	1.75
	100	105			6.72		
E	100	105	10	20	6.72	1.67	3.5
F	0	0	0	30	0	0	0
G	100	105	25	5	6.72	4.17	0.88
各順序步驟之總和					60.48	18.34	12.26
					總功率	30.6Kw	

液壓彎管機-節能效率分析

根據**順序控制中各個步驟壓力調節**下來進行計算，假設流量固定(30L/min)。

步驟	P_a (bar)	P_s (bar)	Q_L (l/min)	Q_t (l/min)	溫升(°C)	液壓缸之輸出功率(Kw)	流回油箱之損失功率(Kw)
A	70	75	20	10	4.71	2.33	1.25
	70	75			4.71		
B	100	105	25	5	6.72	4.17	0.88
	100	105			6.72		
C	70	75	10	20	4.71	1.17	2.5
D	70	75	20	10	4.71	2.33	1.25
	70	75			4.71		
E	50	55	10	20	3.36	0.83	1.83
F	0	0	0	30	0	0	0
G	70	75	25	5	4.71	2.92	0.63
各順序步驟之總和					45.06	13.75	8.34
					總功率	22.09Kw	

固定壓力與調變壓力之輸出功率比較圖



結論

節能方案彙總表

節能方案	各步驟壓力固定 供應流量固定	各步驟壓力調節 供應流量固定
總功率	30.6Kw	22.09Kw
溫升	60.48°C	45.06°C
節能比例	0%	27.8%

結論

1. 完成液壓彎管機模擬分析並計算出節能比例具體數據。
2. 完成建立定供油壓力閉迴路節能控制機台以及開迴路節能控制技術。透過所建議方式來進行性能分析計算，根據計算結果得知可節省電功率達10%~20%，油溫降低達10°C~20°C。
3. 隨著能源飆漲，液壓系統能源效率問題將於未來更被重視，如何有效提升液壓系統能源效率及性能，也將是產學界值得努力方向。

Thank you for your attention

報告結束
謝謝聆聽