RPT

Servise & Integration & Innovation

油壓原理及基本迴路介紹

專有名詞

- **油壓泵浦：**一種能將機械能轉變為油壓壓力能的裝置
- **油　　箱：**油壓系統中儲存液壓油的容器，具有散熱、清潔、消除氣泡的功用。
- **壓 縮 性：**液壓油承受單位壓力產生變化時，單位體積的壓縮量。
- **黏　　度：**液壓油流動時，油分子間因磨擦所產生的阻力量度。
- **年度係數：**液壓油的黏度對溫度之相關係數，黏度係數與液壓油的黏度受溫度之影響程度成反比，即黏度係數愈大，則液壓油的黏度受溫度之影響愈小。
- **層　　流：**液壓油在流動時，油分子成整齊排列，分子間沒有碰撞、干擾之狀況，亦即液壓油在流動時成穩定流的狀態。
- **亂　　流：**液壓油在流動時，油分子成雜亂排列，分子間有相互碰撞、干擾之狀況亦即液壓油在流動時成不穩定流狀態。
- **添 加 劑：**為使液壓油增加特定性能所添加的化學合成劑。
- **抑 制 劑：**為使液壓油減緩或抑止氧化、酸化等不良變化所添加的化學合成劑。
- **閥　　：**液壓系統中用以控制液壓油之壓力、流量、流向的元件。

油壓系統的基本組成

一個基本的液壓系統是由液壓油、儲油箱、液壓產生單元（液壓泵）、液壓控制單元（液壓控制閥）、液壓作動單元（液壓制動器）及一些輔助附件所組成。

其功能是將電能（馬達）或化學能（引擎）轉換為機械能，再由液壓泵將機械能轉換為油壓之壓力能，藉液壓控制閥引導具有壓力之液壓油，將壓力能傳送至各液壓制動器，最後由液壓致動器以機械能之形式對特定目標做功。

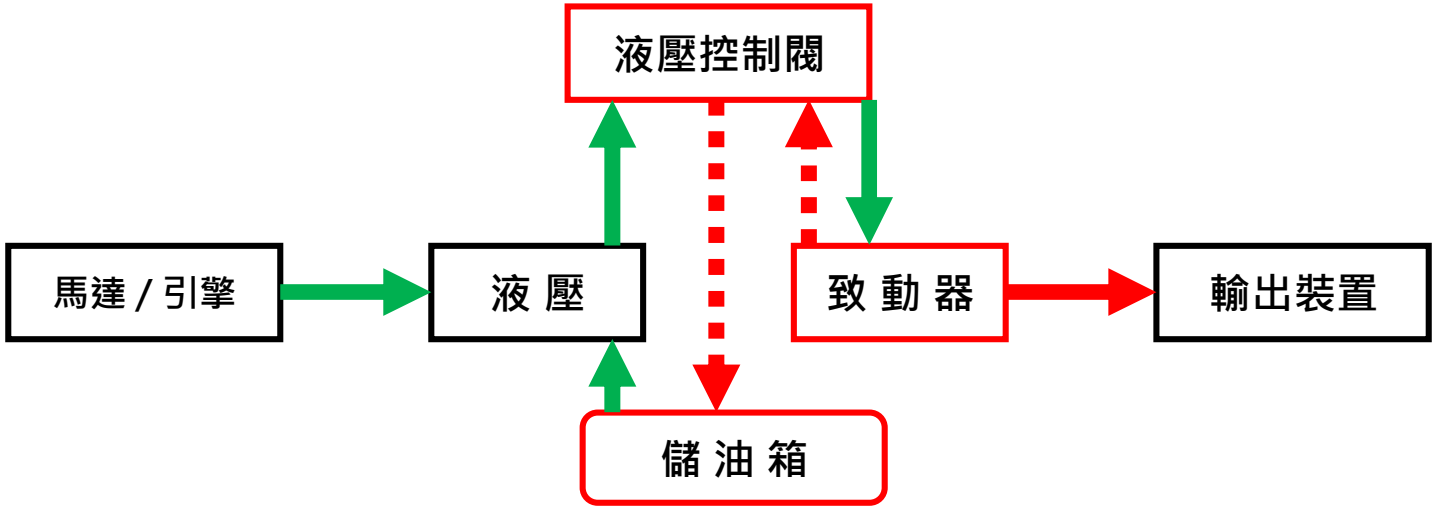

圖 1-1 油壓系統方塊圖

- **液壓油 (Hydraulic Oil)**

液壓油是油壓系統的工作媒介，液壓油依使用條件可分為石油系液壓油、含水系液壓油及合成系液壓油。

- **儲油箱 (Oil Tank)**

其主要功能是儲存液壓油，調節油壓迴路的油量，並兼具有使液壓油散熱、沉澱雜質及過濾異物的功能。

- **油壓產生單元**

主要的元件是油壓泵 (Hydraulic Pump)，其功能是吸取儲油箱內之液壓油，經壓縮後給予適當的壓力能，亦即將機械能轉換為液壓油之壓力能。

常用的油壓泵有齒輪泵 (Gear Pump)、輪葉泵 (Van Pump)、螺旋泵 (Screw Pump)、柱塞泵 (Plunger Pump)。

- **油壓控制單元**

主要的元件為油壓控制閥 (Hydraulic Control Valve)，其功能是控制油壓系統的壓力、流量及流向，油壓控制閥可分為油壓壓力控制閥 (Hydraulic Pressure Control Valve)、油壓流量控制閥 (Hydraulic Flow Control Valve)、油壓流向控制閥 (Hydraulic Direction Control Valve)。

- **油壓作動單元**

主要的元件為油壓制動器 (Hydraulic Actuator)，其功能是將油壓的壓力能轉換為機械能，以達到對外作功的目的。

可分為作線性往復運動的油壓缸 (Hydraulic Cylinder)、作迴轉運動的油壓馬達 (Hydraulic Motor)、作搖擺運動的搖擺馬達 (Rotary Oscillating Torque Actuators) 。

▪ 油壓輔助元件

主要功能是使油壓系統能更精確及持久操作運轉，如冷卻器、濾清器、蓄壓器、增壓器、加熱器。

油壓系統基本組成	油壓產生單元		電動機、油壓泵、儲油箱、油壓油	
	油壓控制單元	壓力控制閥	卸載閥、安全閥、溢流閥、配衡閥、順序閥 減壓閥、壓力開關	
		流向控制閥	手動閥、機械閥、油壓閥、氣壓閥、電磁閥	
			電磁油壓閥、止回閥、減速閥	
		流量控制閥	單向節流閥、雙向節流閥、壓低補償流量閥	
			溫度補償流量閥、壓力溫度補償流量閥	
		油壓作動器	線性運動	油壓缸
			迴轉運動	油壓馬達
			搖擺運動	擺動馬達
	操作機構	手動控制	按鈕、手柄、踏板	
		機械控制	輥輪、柱塞、凸輪	
		油壓導引	油壓導引式	
		氣壓導引	氣壓導引式	
		電磁控制	電磁導引式	
		電磁油壓控制	電磁驅動油壓導引	
	油壓輔助元件		濾清器、冷卻器、蓄壓器、增壓器、加熱器	

油壓系統之總成表

油壓系統的優點

- **輸出力較大、構造較小**

氣壓系統使用壓力每平方公分約 3 至 10 公斤，而油壓系統使用壓力每平方公分約 50 至 150 公斤，因此若需要出力超過 200 公斤以上，就必須採用油壓系統。

- **出力調節設定容易**

氣壓系統的工作媒介為空氣，而空氣容易壓縮的，因此氣壓系統在出力的調節即設定上就顯得困難和欠缺穩定性。而油壓系統的工作媒介為液壓油，液壓油受每平方公分 200 公斤以下的壓力時，其壓縮率微乎其微，因此出力調節穩定而容易。

- **速度調節容易、可無段變速**

液壓油具有微乎其微的壓縮率，因此在速度的調節上具有精確及穩定之特色，只要藉由油壓流量控制閥的微細調節，即可達到無段變速的功能。

- **不會有壓力過載造成機具損壞的危險**

一般機械或電機遇到過載時常會導致破壞或故障，但油壓系統因具有油壓卸載閥或安全閥，一旦負載到達設定限度時，油壓卸載閥或安全閥便會打開，引導液壓油流回油箱，避免壓力過載的危險。

- **慣性小、動作圓滑**

一般機械體積較大，因此動作時慣性亦大，尤其作往復或正反轉之運動容易產生震動，但是油壓系統的工作媒介是液壓油，液壓油本身是撓性介質，可吸收震動、緩和衝擊。

- **易於控制**

機械傳動易受空間限制，而油壓系統則不受空間限制，只要配管能達到的地方，油壓系統就能夠將壓力能傳遞至此。

- **經濟性、耐久性高**

相較於機械、電機控制，愈是複雜的動作愈能顯現油壓系統的單純結構及小體積，因此成本亦較經濟。且液壓油具潤滑性所以機件不易磨耗，耐久性較高。

- **容易自動化**

油壓系統具有彈性，因此很容易與機械、電機、電子等控制設備整合，達成完全自動化的控制系統。

油壓系統的缺點

- **液壓油為可燃性、具有危險性**

石油系液壓油的燃點約攝氏二百度左右，因此在高溫的環境下必須注意火災之危險性。

- **液壓油易受溫影響**

液壓油的黏度會隨溫度上升而下降，液壓油的黏度改變則會使液壓油的流量改變，造成速度控制上的困難，而且在酷寒地區會有液壓油結冰的困擾。

- **配管複雜、漏油問題需要克服**

油壓系統靠配管將許多油壓組件連結成一套完整的系統，但是配管接頭容易因高壓而洩漏，而且漏油易汙染環境及造成人員滑倒的危險。

- **受管線限制、液壓油流速受限**

管線孔徑受閥體限制，造成液壓油在管路中流速無法提高，不適合高速運動。

- **能量損失大、效率降低**

液壓油幾乎不可壓縮，因此無法如氣壓系統般對空氣作壓縮能，且液壓油黏度高，高壓流動時油分子間摩擦激烈，所以能量損失大，油溫容易升高，效率降低。

液壓油的種類

- **石油系液壓油**

石油系液壓油是由原油中提煉而得，且為符合油壓系統的工作性能需求，必需添加如抗氧化劑、耐磨劑、消泡劑、防鏽劑、流動劑等的添加劑以改善石油系液壓油的性能。

- **含水系液壓油 (含水系液壓油可分為兩大類)**

(1) 乙二醇與水混合的液壓油：

其成分為 40% ~ 50% 的水加 35% ~ 45% 的乙二醇及適量的聚二醇稠化劑增加黏度，並添加防鏽劑、抗氧化劑、消泡劑等結合而成，含水性液壓油對油封相容性較佳，但油膜強度較弱，因此只適合油壓壓力在每平方公分 105 公斤以下。

(2) 乳化劑液壓油：

按照油與水混合的比例可分為 O/W 型乳化系液壓油及 W/O 型乳化系液壓油，O/W 型的成分是由液壓油 5% ~ 10%、水 90% ~ 95% 和適量界面活性劑、抗磨耗劑等。 W/O 型的成分是由 40% ~ 60% 的液壓油、35% ~ 60% 的水和適量的界面活性劑、抗磨耗劑等，前者含水量高散熱性、防燃性較佳，但潤滑性、耐磨耗性較差。

▪ 合成系液壓油

合成系液壓油有分純合成液壓油與合成基液壓油二種。純合成液壓油是經化學合成的磷酸酯 (Phosphate Ester)，種類有單一磷酸酯液壓油、添加氯化碳化氫液壓油及添加磷酸酯液壓油三種；合成基液壓油是磷酸酯與高黏度及較低揮發性油混合而成的液壓油；其特點為壓縮率、蒸氣壓較小，潤滑性較佳，耐高壓，但成本較高及具有毒性是其缺點。

液壓油之種類 / 特　性	石油系液壓油	難燃性液壓油		合成液壓油
		油中含水乳化系 (W/O 形)	水 - 乙二醇系	磷酸酯系
比重	0.85~0.90	0.92~0.94	1.05~1.1	1.1~1.28
黏度 (cSt , 38℃)	40~70	76~97	43	43
黏度指數 (VI)	95~100	130~150	140~165	32
流動點 (℃)	-20 以下	-8～-25	-30～52	-20
水分 (重量 %)	—	40	35~45	—
高溫使用界限 (℃)	100	65	65	150
熱氧化安定性	70°C 以下	65°C 以下	65°C 以下	70°C 以下最好
耐火性	不好	相當好	好	好
潤滑性	非常良好	相當好	好	好
壓縮性	高	高	低	低
金屬之腐蝕	只 Cu 不可	Cd, Mg, Zn, Cu 不可	Cd, Mg, Zn, Cu 不可	Cd, Cu 不可
對於橡膠之影響	好	好	稍差	不好
消泡性	好	好	好	良好
引起孔蝕之現象	普通	易發生	易發生	少
價格比	1	1.5	4	5

主要液壓油特性比較表

液壓油的功能

- **散熱的功能**

油壓系統運轉中會因機械的磨擦、液壓油分子的磨擦及液壓油分子與管內壁的磨擦等，而產生高熱。液壓油的熱傳導性優良，以散除部分的熱量。

- **潤滑的功能**

油壓系統為防止高壓洩漏，油壓組件均採精密配合並以塑性材料保護，因此油壓組件間作相對運動之磨擦面需靠液壓油提供有效的潤滑，以減低磨耗及動力的損失。

- **密封的功能**

液壓油具有適當的黏度，因此對油壓組件的活動元件之間的縫隙具有適當程度的密封功能，且黏度愈高則密封性愈大。

液壓油的特性

優質的液壓油除需具備前述功能外，更應具備更多的特性，其主要特性如下：

- 具備防止液壓油氧化或酸質化的特性。
- 具備防止液壓油起泡的特性。
- 具備防止液壓油與汙物合成油泥的特性。
- 具備防止油壓組件鏽蝕的特性。
- 具備耐高溫及黏度不會過度降低的特性。
- 具有長期使用而不變質的特性。
- 具有良好的油、水分離的特性。
- 具有良好的流動性及低溫不結冰的特性。
- 具有不易燃燒的特性。
- 具有極耐壓油膜的特性。
- 具有優良吸震的特性。

油壓系統的巴斯喀原理

油壓系統所應用最基本的物理原理首推巴斯喀原理，所謂巴斯喀原理的內涵就是『在密閉容器內之靜止流體，當流體受壓時會產生下列反應：(1) 壓力會經由流體向四面八方傳遞，且壓力強度不會改變。(2) 流體內任一點在任何方向所受的壓力都相等。(3) 密閉容器的內壁會受到相同的垂直壓力。』

巴斯喀原理第一個特徵：『壓力會經由流體向四面八方傳遞，且壓力強度不會改變』亦即在密閉容器內，流體受壓時，因油分子間無間隙，因此壓力會經由油分子鏈的作用，向四面八方傳遞，如圖 1–2 所示，在一個容器內裝滿液體，上方放置一活塞而成一密閉容器 (容器內不可存有空氣)，該活塞截面積為一平方公分，若在活塞上放置一個重量為一公斤的重物，密閉容器內的液體不論任何點都會產生每平方公分一公斤的壓力，此即為巴斯喀原理最主要的特徵。而油壓系統是以管線將各油壓元件連結成一密閉迴路，因此油壓系統即符合巴斯喀原理。

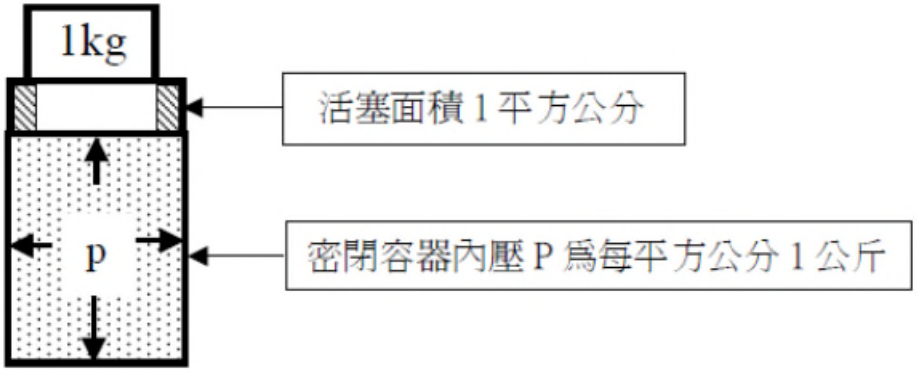

圖1-2 巴斯喀原理圖

巴斯喀原理的第二個特徵：『流體內任一點在任何方向所受的壓力都相等』必須注意的重點是巴斯喀原理只適用於密閉容器中的靜止流體，非密閉容器或非靜止流體即不適用。流體受壓時，流體分子會均勻分散壓力，並將壓力透過油壓油分子向四面八方傳遞，因此密閉容器內壁單位面積所受到的作用力均勻一致，其所受到的作用力 (F) 的大小等於壓力 (P) 乘以作用面積 (A)，此種作用就相當於槓桿原理。如圖 1-3 所示。

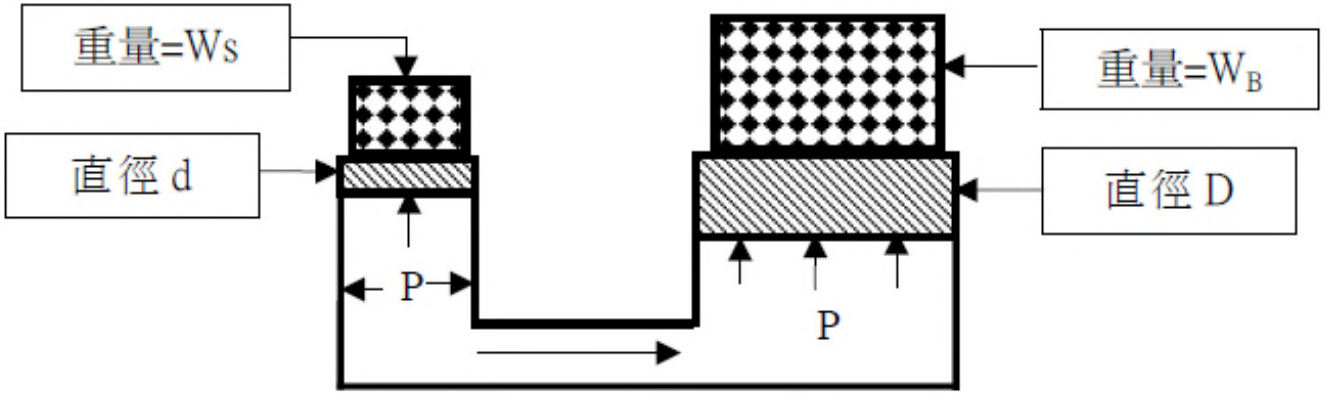

圖1-3 巴斯喀油壓槓桿原理圖

圖 1-3 之油壓槓桿裝置有兩個直徑不同的活塞，小活塞截面積設為 a ，大活塞截面積設為 A ，在小活塞上放置一重量為 Ws 的砝碼，而在大活塞上放置一重量為 W_B 的砝碼，若大小兩活塞達到平衡，則此時具有下列的平衡關係：

$$W_S / a = W_B / A = P$$

巴斯喀原理的第三個特徵：『密閉容器的內壁會受到相同的垂直壓力』，亦即如外力作用於密閉容器，不論容器內部的形狀是怎麼樣，液壓油所傳遞的壓力都會以與容器內壁垂直的方向作用於容器內壁上，油壓系統能在複雜的油壓管路中傳遞油壓壓力，完全是因為這一特性所產生的作用。如圖 1-4 所示：

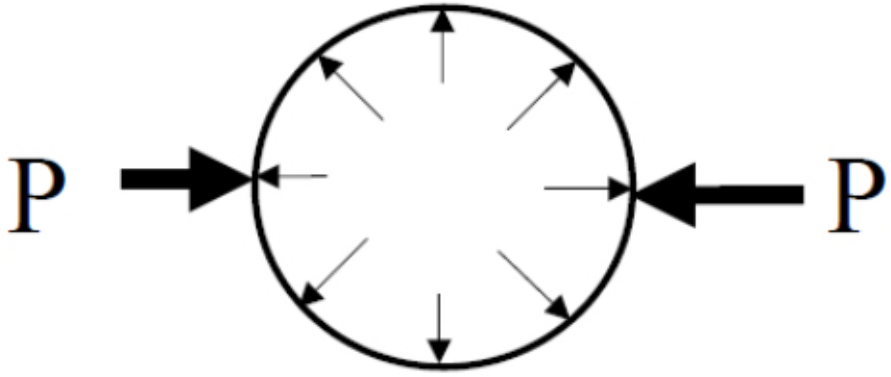

圖 1-4

油壓系統的連續流原理

液壓油在管線中以穩定流狀態 (所謂穩定流就是當流體在流動狀態時，其流動狀態不會隨時間而變化) 流動時，管線中不論任何截面積在同一時間所流過的液壓流量唯一常數，此原理稱之為連續流原理。如圖 1-5 所示：

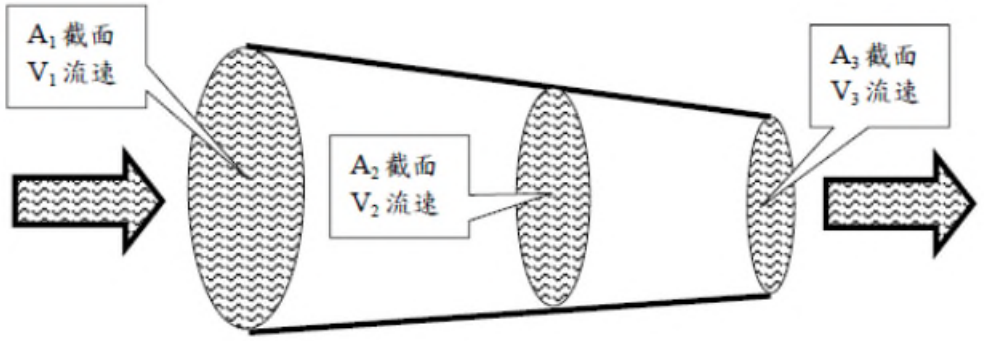

圖 1-5 連續流原理

如上圖，油壓管路中的任意三個截面，分別以 A_1 截面、 A_2 截面、 A_3 截面稱之，A_1 截面的液壓油流速為 V_1， A_2 截面積的液壓流流速 V_2， A_3 截面的液壓流流速 V_3，在穩定流狀態下的關係式為：

$$A_1\ V_1 = A_2\ V_2 = A_3\ V_3 = Q = \text{常數}$$

油壓系統的伯努力定律

伯努力定律 (Bernoulli's theorem) 即說明，油壓系統管路內液壓油以穩定流狀態流動時，液壓油的能量型態主要有動能、位能、壓力能及熱能四種，液壓油在油壓管路中流動，受到管路孔徑、管路內壁磨擦、管路位置高低等因素的影響，液壓油流經不同位置時其所具有的能量型態、個能量型態大小亦會有所變動，但無論各種能量型態、大小如何改變，油壓系統管路任何一點內的能量總和不會改變，這就是稱之為「伯努力定律」。

由伯努力定律可推算出油壓系統管路內液壓油以穩定流狀態流動時，管路內部各點的壓力與流動速度並非恆定，在管路口徑較小的位置，液壓油流速較高同時動能亦較高，壓力能變低；在管路口徑較大的位置，液壓流流速較低同時動能亦較低，壓力能變高；但當油壓系統的液壓油停止流動，油壓系統管路內的能量便只剩下壓力能及熱能兩種而已。如圖 1-6 及圖 1-7 所示

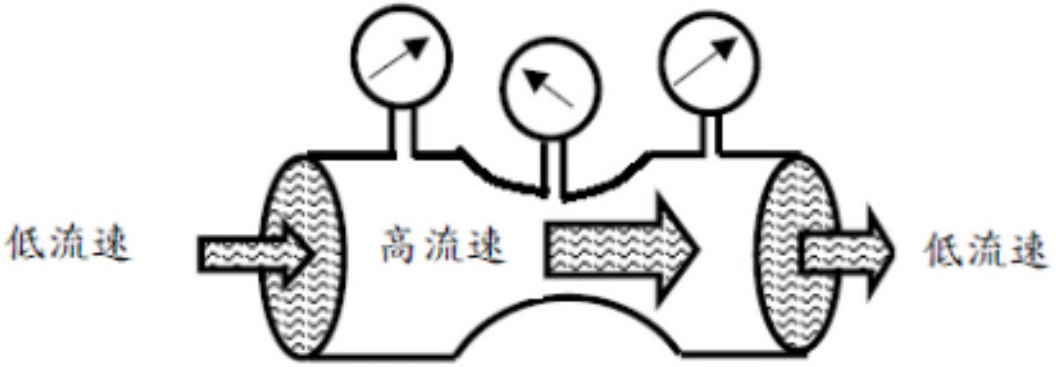

圖 1-6 液壓油在館內流動時，在管徑較小處會有較高的油流速及較低的油壓力

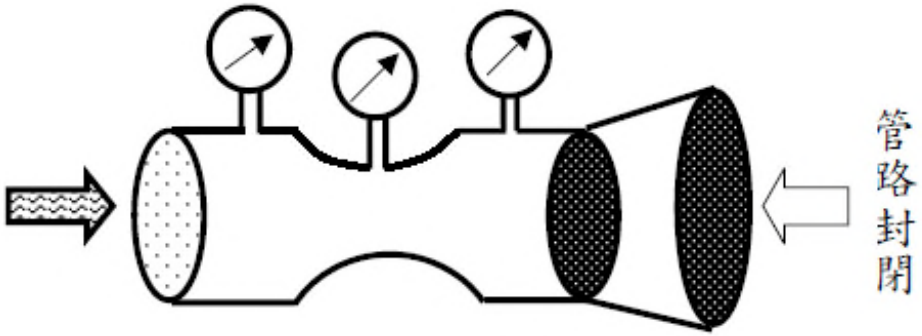

圖 1-7 管路內液壓油靜止時，在管路內部各點只存有油壓壓力能和部分熱能

換言之伯努力定律就是油壓系統的能量不滅定律，在油壓管路中，液壓油所具有的動能 (EK) 大小與液壓流流動速度 (V) 的平方成正比，即 KE = 1/2 x mV² (註: m 表示流體質量) ；液壓油所具有的位能 (PE) 大小與液壓油的位置或形態的變化有關，即 PE = m x g x h (註 : m 表示流體質量，g 表示重力加速度，h 表示高度) ; 液壓油所具有的熱能大小與液壓油的溫度成正比；液壓油所具有的熱能大小與液壓油的溫度成正比。

由前述的伯努力定律可知，在油壓系統管路中各截面之液壓油具有的能量總合恆為一定的特徵，因此可以下列公式與圖 1-8 得知：

$$P_1/\gamma + H_1 + V_1^2/2g = P_2/\gamma + H_2 + V_2^2/2g = P_3/\gamma + H_3 + V_3^2/2g = \text{常數}$$

註：公式中，**P/γ** 表示液壓油壓力能，**H** 表示液壓油的位能，**V** 表示液壓流流動速度，**γ** 表示液壓油的比重，**g** 表示重力加速度，**V² / 2g** 表示液壓油的動能。

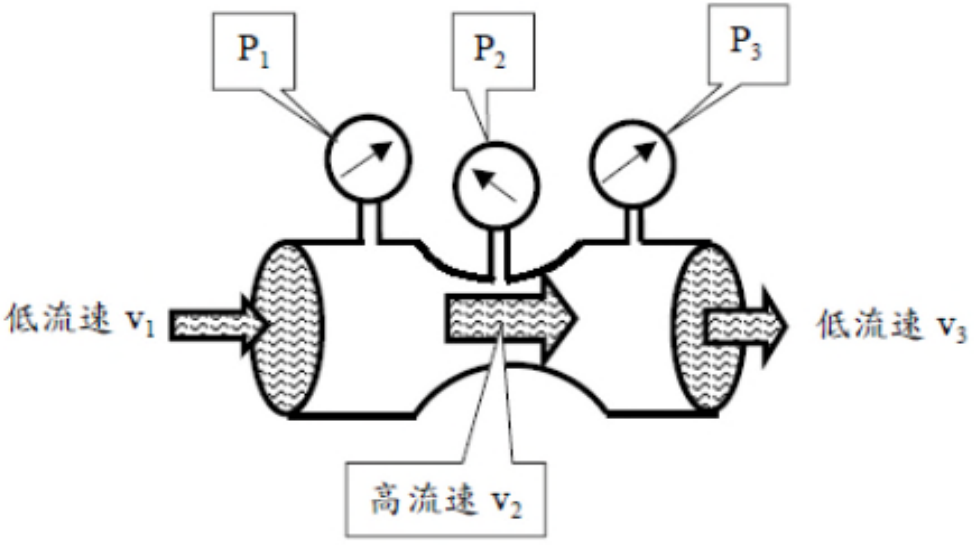

圖 1-8

由連續流原理可知，當油壓系統中液壓油流經較大截面積時，液壓油流速較慢，而液壓油流經較小截面時，液壓油流速較快，因此圖 1-8 中縮頸部位液壓油的流動速度最快，而此縮頸部位液壓油的壓力亦最低。

油壓系統的雷諾數

雷諾數 (Reynold's number)，在油壓管路中液壓油流動的型態大致可分為三種：

(1) 層流 – 當油壓管路內的液壓流流動時是以穩定、整齊且規律的型態流動即稱之層流。

(2) 亂流 - 當油壓管路內的液壓油流動是以不穩定、雜亂的型態流動即稱之為亂流。

(3) 不安定流 – 當油壓管路內的液壓油流動時是以介於層流與亂流之間的型態即稱之為不穩定流。

如圖 1-9 所示：

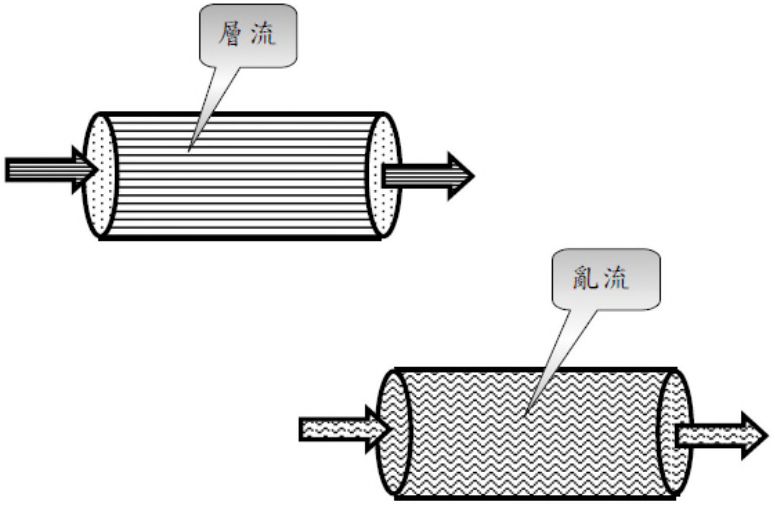

圖 1-9 層流與亂流示意圖

液壓油在管路中若以亂流方式流動時，會產生較嚴重的能量損失，而且不易操控。若是將其改善為層流，便能減少能量的損失，且易於控制，而用以界定油壓管路中液壓油流動的型態是層流抑或是亂流，便要採用雷諾數作判斷，雷諾數的計算公式如下：(註：公式中 R_e 表示雷諾數， V 表流速，d 表管內徑，ν 表液壓油動黏度，Q 表流量)

$$R_e = d \times V \div \nu = d \times Q/A \div \nu = d \times Q \div (\pi d^2/4) \div \nu = 4Q/\pi d \nu$$

以上式求得的雷諾數並無單位，若雷諾數數值小於 2000，則該液壓油的流動狀態可判斷為**層流**，若雷諾數數值大於 4000 ，則該液壓油的流動狀態可判斷為**亂流**，若雷諾數數值介於 2000 ~ 4000，則該液壓油的流動狀態可判斷為**不穩定流**，，不穩定流的液壓油流速稱為**臨界流速**。

油壓系統常用的物理單位

名稱	符號	國際度量衡單位	公制	工程公制
長度	L	公尺（m）	公分（cm）	公尺（m）
面積	A	平方公尺（m^2）	平方公分（cm^2）	平方公尺（m^2）
體積	V	立方公尺（m^3）	立方公分（cm^3）	立方公尺（m^3）
質量	M	公斤（kg）	公克（g）	公斤（kg）
時間	T	秒（sec）	秒（sec）	秒（sec）
速度	V	公尺/秒（m/s）	公分/秒（cm/s）	公尺/秒（m/s）
流量	Q	立方公尺（m^3/s）	立方公分（cm^3/s）	立方公尺（m^3/s）
力	F	牛頓（N）	達因（dyne）	kgf
壓力	P	牛頓/平方公尺(N/m^2)	$dyne/cm^2$	Kg/m^2
溫度	T	Kelvin（° K）	攝氏（℃）	攝氏（℃）
功	W	焦耳（J）	爾格（erg）	Kg - m
功率	P	瓦特（W）	達因 - 公分/秒	Kg – m / s
動黏度	ν	平方公尺/秒（m^2/s）	Cm^2/s	平方公尺/秒
轉矩	M	牛頓.公尺（Nm）	達因.公分	Kg – m

油壓系統中單位意義及量之大小

- 牛頓 (Newton) : 國際度量衡「力」的單位，簡寫為 N，1 公斤約等於 9.806 牛頓。
- 焦耳 (Joule) : 國際度量衡「功」的單位，簡稱為 J，1 焦耳等於 1 牛頓 • 公尺。
- 瓦特 (Watt) : 國際度量衡「功率」的單位，簡稱 W ，1 瓦特等於每秒作 1 焦耳的功。
- 達因 (dyne) : 功制 (C. G. S) 力的單位，1 達因等於 1.02 x 10^{-6} Kgf。
- 爾格 (erg) : 公制 (C. G. S) 功的單位，1 爾格等於 1 達因 • 公分。
- 凱氏溫度 (Kelvin) : 國際度量衡「溫度」的單位，凱氏溫度零度 (0° K) 等於攝氏零下 273 度，即 0° K = -273°C。
- Kgf / cm^2 : 此單位表示「每平方公分承受多少 Kgf 」的負荷。
- Pa (Pascal) 巴斯喀 : 此單位為國際度量衡之「微小壓力」單位，1 Pa = 1 N / m^2。
- Bar 巴 : 此單位為國際度量衡之「壓力」單位，1 bar = 10^5 Pa = 1.02 Kgf / cm^2 。
- PSI (lb / in^2) : 此單位為「英制之壓力」單位，1 PSI = 0.07 Kgf / cm^2 ，1 Kgf / cm^2 = 14.22 PSI。

在油壓系統中常用的單位應屬壓力單位，壓力 (P) 乃單位面積所受的負荷，(P = F / A ，F 表示所受之負荷， A 表示受力面積) 壓力與負荷成正比，但與受力面積成反比。

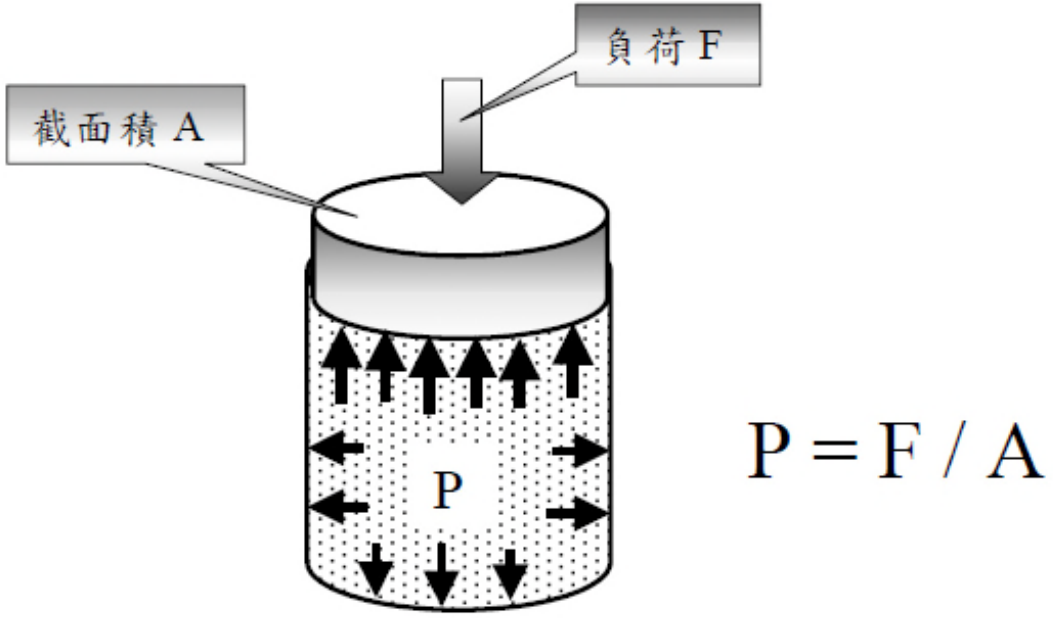

圖 1-10 壓力與負荷及受力面積圖

油壓系統的壓力使用範圍

一般氣壓系統所使用的壓力範圍介於 6 Kgf / cm² 至 12 Kgf / cm² 之間，若壓力超過 12 Kgf / cm² 則應改採油壓系統較為適宜，油壓系統所使用的壓力範圍較大，一般依油壓泵浦之類型及油壓系統之需求大致區分為三級，亦即低壓系統、中壓系統、高壓系統。敘述如下：

- **低壓系統**：油壓系統中的工作壓力小於 70 Kgf / cm² 可視為低壓系統，如工作母機、汽車煞車系統、產業機械、千斤頂等。
- **中壓系統**：油壓系統的工作壓力介於 70 Kgf / cm² 至 150 Kgf / cm² 可視為中壓系統如建設機械、搬運機械、塑性加工機械等。
- **高壓系統**：油壓系統的工作壓力高於 150 Kgf / cm² 可視為高壓系統，如航空機械、太空機械、軍事機械、船艦等。

一般而言，油壓系統所使用的油壓泵浦是決定其工作壓力之主要關鍵，各種油壓泵浦所產生的油壓壓力如下頁圖表所示：

各型油壓泵浦性能表

油壓泵浦型式	輸出壓力範圍	輸出流量範圍	最高運轉轉速	運轉效率範圍
齒輪泵浦	20-175 kgf/cm^2	7-570 l/min	1800-7000rpm	75-90%
輪葉泵浦	20-175 kgf/cm^2	2-950 l/min	2000-4000rpm	75-90%
軸向活塞泵浦	70-350 kgf/cm^2	2-1700 l/min	600-6000rpm	85-95%
徑向活塞泵浦	50-250 kgf/cm^2	20-700 l/min	700-1800rpm	80-92%

常見的油壓基本迴路

1. 壓力控制迴路
2. 方向控制迴路
3. 速度控制迴路
4. 流量控制迴路
5. 油壓馬達控制迴路

- **壓力控制迴路**：

我們使用各種壓控制閥，來調節迴路內的壓力，以獲得所需要的油壓缸出力或油壓馬達扭矩大小。

這其中又可分為：調壓迴路、減壓迴路、卸載迴路、順序迴路、抗衡迴路、蓄壓迴路、曾壓迴路，等七種。

- **方向控制迴路**：

我們使用各種方向控制閥，來改變液壓油的流動方向即可控制油壓致動器的運動方向，並可使油壓缸或油壓馬達，於運動中途隨時停止、固定、運動方向之遙控及自動運轉等。

這其中又可分為：固鎖迴路、自動運轉迴路，等兩種。

- **速度控制迴路**：

我們使用各種流量控制閥，來調節控制油壓致動器運動速度的快慢，這包括了直線運動或迴轉運動，因為流量控制閥可作無段變化之調整，是簡單容易的，也是油壓裝置最大特色。其中可分為：差動迴路、安全迴路、減速迴路、同步迴路。

- **流量控制迴路**：

  我們使用各種流量控制閥，來調節控制油壓致動器運動速度之快慢的同時，更可針對流量控制閥件的安裝位置，加以考慮，以獲得不同之效果。這其中又可分為：量入式迴路、量出式迴路、分流式迴路，等三種。

- **油壓馬達控制迴路**：

  我們使用各種油壓馬達時，一般可透過壓力閥或流量閥的控制，來調整油壓馬達的扭矩大小或旋轉速度之快慢。這其中又可分為：定轉矩驅動迴路、定出力迴路、串列配置迴路、致動迴路，等五種。

報告結束

Thank you