

油氣壓自卸押制工程能本位訓練教材

瞭解油壓原理

編號：PMT-HPC1301

編者：張訓可

審稿者：戴立雄、張才群

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

刊製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十一年十一月

單元 PMT-HPC1301 學習指引

當你學習本單元前，你必須已經完成氣壓控制所有單元之學習，而且成績達到合格標準。假如未符合前述條件，則請按下列之指示進行學習：

- (1) 假如你尚未學習任何氣壓控制單元，請將本單元教材放回原位，並請取出編號 PMT-HPC0101 教材開始學習,或請教任教老師。
- (2) 假如你已學習並通過氣壓控制單元之學習，本單元將引導你學習油壓原理，為獲得良好的學習效果，請你依照下列學習指引開始學習。

引言

本單元名稱-瞭解油壓原理，油壓(Hydraulics)泛指利用液體為工作媒介，將機械能轉換為壓力能，藉以傳遞動力及運動而達到對外作功之系統或機械。

油壓發展的歷史最早之文獻記載為一千九百多年前阿基米德發明的水泵浦；十八世紀中葉英國工業革命後，開始建立以水為工作媒介之中央系統式水壓泵浦工廠，這是較具規模應用油壓之開始。

至十九世紀電力普及，油壓被應用到工具機及軍事裝備上，更由於第二次世界大戰軍備之需求，油壓之發展便一日千里。時至今日，油壓科技已達成熟及完備，其應用範圍亦更廣泛諸如工具機、建設機械、農業機械、船艦、車輛、飛機、太空梭...。

定義

當你學習本單元時會遇到以下一些專有名詞，今定義如下以供參考：

油壓泵浦：一種能將機械能轉變為油壓壓力能的裝備。

油箱：油壓系統中儲存油壓油的容器，兼具有散熱、清潔、除氣泡的功能。

壓縮性：油壓油承受單位壓力產生變化時，單位體積的壓縮量。

黏度：油壓油流動時，油分子間因磨擦所產生的阻力之量度。

黏度係數：油壓油的黏度對溫度之相關係數，黏度係數與油壓油的黏度受溫度之影響程度成反比，即黏度係數愈大，則油壓油的黏度受溫度之影響愈小。

層流：油壓油在流動時，油分子成整齊排列，分子間沒有碰撞、干擾之狀況，亦即油壓油在流動時成穩定流狀態。

亂流：油壓油在流動時，油分子成雜亂排列，分子間有相互碰撞、干擾之狀況，亦即油壓油在流動時成不穩定流狀態。

添加劑：為使油壓油增加特定性能所添加的化學合成劑。

抑制劑：為使油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：油壓系統中用以控制油壓油之壓力、流量、流向的元件。

學習目標

- 一、 不使用參考資料，你能夠以你自己的話正確地說出油壓系統的組成。
- 二、 不使用參考資料或書籍，你能正確說出油壓系統的優點及缺點。
- 三、 不使用參考資料及書籍，你能正確說出油壓系統所使用各種控制媒介的種類、功能與特性。
- 四、 不使用參考資料或書籍，你能正確說出油壓系統常用的物理原理。
- 五、 不使用參考資料或書籍，你能正確說出油壓系統常用的物理單位。
- 六、 不使用參考資料或書籍，你能正確說出油壓系統所用的壓力範圍。
- 七、 不使用參考資料或書籍，你能正確說出油壓控制系統的應用。

學習活動

請閱讀本教材第 5 頁至第 58 頁。

本單元的第一個學習目標是

不使用參考資料，你能夠以你自己的話正確地說出油壓系統的組成。

油壓系統的基本組成

一個基本的油壓系統是由油壓油、儲油箱、油壓產生單元(油壓泵)、油壓控制單元(油壓控制閥)、油壓作動單元(油壓致動器)及一些輔助附件所組成。其功能是将電能(馬達)或化學能(引擎)轉換為機械能，再由油壓泵將機械能轉換為油壓之壓力能，藉油壓控制閥引導具有壓力之油壓油，將壓力能傳送至各油壓致動器，最後由油壓致動器以機械能之形式對特定目標作功。油壓系統之方塊圖如圖 1-1 所示

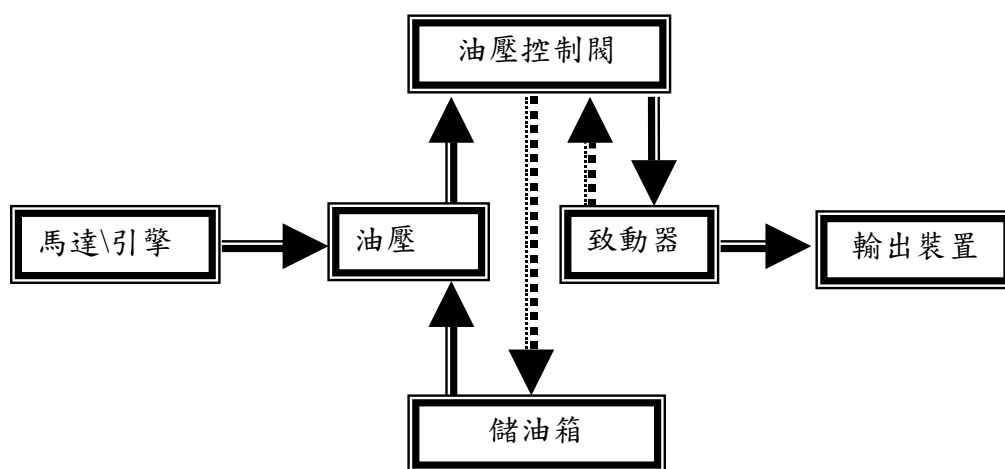


圖 1-1 油壓系統方塊圖

油壓系統的基本組成分述如下:

1. 油壓油(Hydraulic Oil)

油壓油是油壓系統的工作媒介，猶如人體血液相當重要，油壓油依使用條件可分為石油系油壓油、含水系油壓油及合成系油壓油。

2. 儲油箱(Oil Tank)

簡稱為油箱，其主要功能是儲存油壓油，調節油壓迴路的油量，並兼具有使油壓油散熱、沉澱雜質及清潔油質的功能。

3. 油壓產生單元

主要為油壓泵(Hydraulic Pump)，其功用是吸取儲油箱內之油壓油，經壓擠後賦予適當的壓力能，亦即將機械能轉換為油壓油之壓力能。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)。

4. 油壓控制單元

主要為油壓控制閥(Hydraulic Control Valve)，其功用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)。

5. 油壓作動單元

主要為油壓致動器(Hydraulic Actuator)，其功用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)。

6. 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。

油壓系統之總成如表 1-1 所示:

表 1-1

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		輓輪、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			

學習評量一

請不要使用參考資料或書籍，於十分鐘內以你自己學得的觀念，寫出油壓系統的組成。

你的答案應包括下列要點

- 一. 油壓系統的組成包含油壓油、儲油箱、油壓產生單元、油壓控制單元、油壓作動單元、及一些輔助元件。
- 二. 油壓系統的組成詳細總成如下表所示:

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	輓輪、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			

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已完成第一個學習目標，請翻至第 11 頁繼續下一個學習活動。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 5 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，確定瞭解後，才可以翻至第 11 頁繼續下一個學習活動。

如今你已能正確地敘述油壓系統的組成，請接著學習第二個學習目標——油壓系統的優點及缺點。

本單元的第二個學習目標是

不使用參考資料或書籍，你能正確說出油壓系統的優點及缺點。

油壓系統的優點及缺點

在學習油壓系統時，應對油壓系統的優點及缺點有所瞭解，如此才能順應油壓系統之特性，並獲得最大的效益。茲將油壓系統的優點及缺點分述如下：

1. 油壓系統的優點：

(1) 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，則必需採用油壓系統。

(2) 出力調節設定容易

氣壓系統的工作媒介為空氣，而空氣是容易壓縮的，因此氣壓系統在出力的調節及設定上就顯得困難和欠穩定。而油壓系統的工作媒介為油壓油，油壓油受每平方公分 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。

(3) 速度調節容易，可作無段變速

如前述油壓系統的工作媒介-油壓油具有微乎其微的壓縮率，因此在速度的調節上亦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。

(4) 不會有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，但油壓系統因都具有油壓卸載閥或安全閥，一旦負載達到設定限度時，油壓卸載閥或安全閥便會打開，引導油壓油流回油箱，可免除過載的危險。

(5) 慣性小、作動圓滑

一般機械體積較大，因此作動時慣性亦大，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油壓油，油壓油本身撓性介質，可吸收震動、緩和衝擊。

(6) 易於遙控

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。

(7) 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。且油壓油具潤滑性所以機件不易磨耗，耐久性較高。

(8) 容易自動化

油壓系統甚具彈性，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。

2. 油壓系統的缺點:

(1) 油壓油為可燃性，具有危險性

石油系油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。

(2) 油壓油易受溫度影響

油壓油的黏度會隨溫度上升而下降，油壓油黏度改變則會使油壓油的流量改變，造成速度精密控制的困難，而且在酷寒地區會有油壓油結冰的困擾。

(3) 配管複雜,漏油問題不易克服

油壓系統靠配管將許多油壓組件聯結成一完整系統，但配管接頭容易因高壓而洩漏，而漏油易污染環境，及造成人員滑倒的危險。

(4) 受管線限制，油壓油流速受限

管線孔徑受閥體限制，造成油壓油在管路中流速無法提高，不能適合高速運動。

(5) 能量損失大，效率較低

油壓油近乎不可壓縮，因此無法如氣壓系統般對空氣作壓縮儲能，且油壓油黏度高，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，效率較低。

為瞭解你對學習活動二的學習成效，請翻至下一頁接受學習評量二的測驗。

學習評量二

請不要使用參考資料或書籍，以你自己的思維在十分鐘內說出油壓系統的優點及缺點。

你的答案應該包括下列要點

1.油壓系統的優點

- (1)輸出力較大，構造較小。
- (2)出力調節設定容易。
- (3)速度調節容易，可作無段變速。
- (4)不會有過載造成機具損壞的危險。
- (5)慣性小、作動圓滑。
- (6)易於遙控。
- (7)經濟性、耐久性高。
- (8)容易自動化。

2.油壓系統的缺點:

- (1)油壓油為可燃性，具有危險性。
- (2)油壓油易受溫度影響。
- (3)配管複雜，漏油問題不易克服。
- (4)受管線限制，油壓油流速受限。
- (5)能量損失大，效率較低。

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已完成第二個學習目標，請翻至第 17 頁繼續下一個學習活動。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 12 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 17 頁繼續下一個學習活動。

如今你已能正確地敘述油壓系統的優點與缺點，請接著學習第三個學習目標 — 油壓系統控制媒介的種類、功能與特性。

本教材的第三個學習目標是

不使用參考資料及書籍，你能正確說出油壓系統所使用控制媒介的種類、功能與特性。

假如你能勝任這個目標，則請翻至第 21 頁進行測驗，假如你需要多學習點，請翻至下一頁。

油壓系統控制媒介的種類、功能與特性

油壓系統的控制媒介泛指油壓油，油壓油在油壓系統中如同人體血液對人體般之重要；油壓系統必需依靠油壓油傳遞壓力能，一種符合油壓系統工作需求的油壓油，是使油壓系統發揮高效率的必要依靠。

一、油壓油的種類：

目前在油壓系統中使用的油壓油，依工作條件區分為石油系油壓油、含水系油壓油及合成系油壓油，且依其燃點的高低可區分為可燃性油壓油、難燃性油壓油及非燃性油壓油，茲分述如下：

依工作條件區分：

1. 石油系油壓油

石油系油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，必需添加諸如抗氧化劑、耐磨劑、消泡劑、防鏽劑、流動劑...等添加劑，以改善石油系油壓油的性能。

2. 含水系油壓油

含水系油壓油可分為二大類：

(1) 乙二醇與水混合的油壓油

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、抗磨耗劑、消泡劑...等結合而成，含水性油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) 乳化劑油壓油

按照油與水混合的比例可分為 O/W 型乳化系油壓油及 W/O 型乳化系油壓油，O/W 型的成分是由油壓油 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%的油壓油、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、耐磨性較差，而後者的特性與前者恰成相反。

3. 合成系油壓油

合成系油壓油有純合成油壓油與合成基油壓油二種，純合成油壓油是經化學合成的磷酸酯(Phosphate Ester)，種類有單一磷酸酯油壓油、添加氯化碳氫油壓油及添加磷酸酯油壓油三種；合成基油壓油是磷酸酯與高黏度及較低揮發性油混合而成的油壓油；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。

二、油壓油的功能

良好的油壓油除需擔當傳遞油壓壓力能外，更需具備以下幾種功能:

(1) 散熱的功能

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

(2) 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佐以塑性材料，因此油壓組件間作相對運動之磨擦面需靠油壓油提供有效的潤滑，以減低磨耗及動力的損失。

(3) 密封的功能

油壓油具有適當的黏度，因此對油壓組件的活動元件之間的隙縫具有適當程度的密封功能，且黏度愈高則密封功能愈大。

三、油壓油的特性

優質的油壓油除需具備前述功能外，更應具備更多的特性以滿足高效率油壓系統的需求，其主要特性如下:

1. 具有防止油壓油氧化或酸質化的特性。
2. 具有防止油壓油起泡沫的特性。
3. 具有防止油壓油與污垢化合成油泥的特性。
4. 具有防止油壓組件鏽蝕的特性。

5. 具有耐高溫而黏度不過度降低的特性。
6. 具有長期使用而不變質的特性。
7. 具有良好的油、水分離特性。
8. 具有良好的流動性及低溫不結冰的特性。
9. 具有不易燃燒的特性。
10. 具有耐極壓油膜的特性。
11. 具有優良吸震的特性。

學習評量三

1. 請不要使用參考資料或書籍，你能夠以你自己學得的觀念，寫出油壓油的種類。
2. 請不要使用參考資料或書籍，你能夠以你自己學得的觀念，寫出油壓油的功能。
3. 請不要使用參考資料或書籍，你能夠以你自己學得的觀念，寫出油壓油的任意六個特性。

你的答案應該包括下列要點

1 油壓油的種類:

依工作條件區分:

- (1)石油系油壓油。
- (2)含水系油壓油。

含水系油壓油可分為二大類：

- a. 乙二醇與水混合的油壓油。
- b. 乳化劑油壓油

- (3)合成系油壓油。

2 油壓油的功能

良好的油壓油除需擔當傳遞油壓壓力能外，更需具備以下幾種功能:

- (1) 散熱的功能。
- (2) 潤滑的功能。
- (3) 密封的功能。

3 油壓油的特性

油壓油主要特性如下: (任寫其中 6 項)

- (01)具有防止油壓油氧化或酸質化的特性。
- (02)具有防止油壓油起泡沫的特性。
- (03)具有防止油壓油與污垢化合成油泥的特性。
- (04)具有防止油壓組件鏽蝕的特性。
- (05)具有耐高溫而黏度不過度降低的特性。
- (06)具有長期使用而不變質的特性。
- (07)具有良好的油、水分離特性。
- (08)具有良好的流動性及低溫不結冰的特性。
- (09)具有不易燃燒的特性。
- (10)具有耐極壓油膜的特性。
- (11)具有優良吸震的特性。

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已完成第三個學習目標，請翻至第 23 頁繼續下一個學習活動。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 18 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 3 頁繼續下一個學習活動。

如今你已能正確地敘述油壓控制媒介的種類、功能與特性，請接著學習第四個學習目標 — 油壓系統常用的物理原理。

本單元的第四個學習目標是

不使用參考資料及書籍，你能正確說出油壓系統常用的物理原理。
註：油壓系統常用的物理原理有 1.巴斯喀原理 2.連續流原理 3.伯努力定律 4.雷諾數

油壓系統常用的物理原理

油壓系統是一門結合機械、電機、電子、流體力學的科技，所應用的原理相當多，其中較重要的有巴斯喀原理、連續流原理、伯努力定律、雷諾數。

茲分述如下：

1. 巴斯喀原理(Pascal's Principle)

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，且其壓力強度不會改變。(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。』

巴斯喀原理的第一個特徵：『**壓力會經由流體向四面八方傳遞，且其壓力強度不會改變。**』，亦即在密閉容器內，流體受壓時，因油分子間無空隙，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，上端加置一活塞而成一密閉容器(容器內不可存有空氣)，活塞截面積為一平方公分，若在活賽上放置一個重量為一公斤的法碼，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。

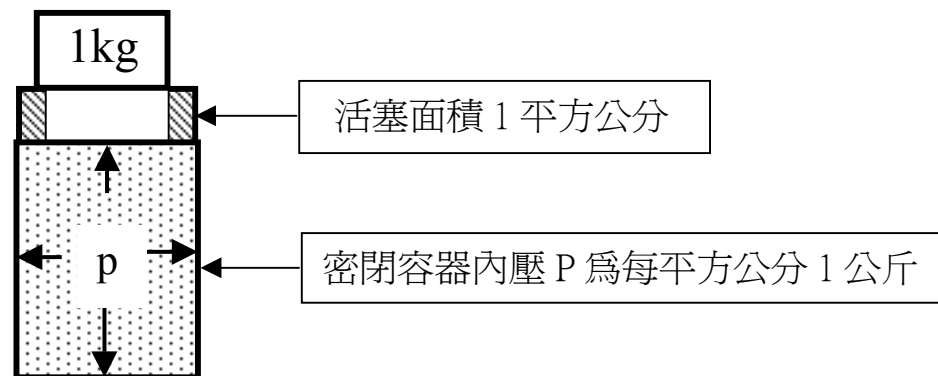


圖 1-2 巴斯喀原理示意圖

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)，此種作用就相等於槓桿原理。如圖 1-3 所示：

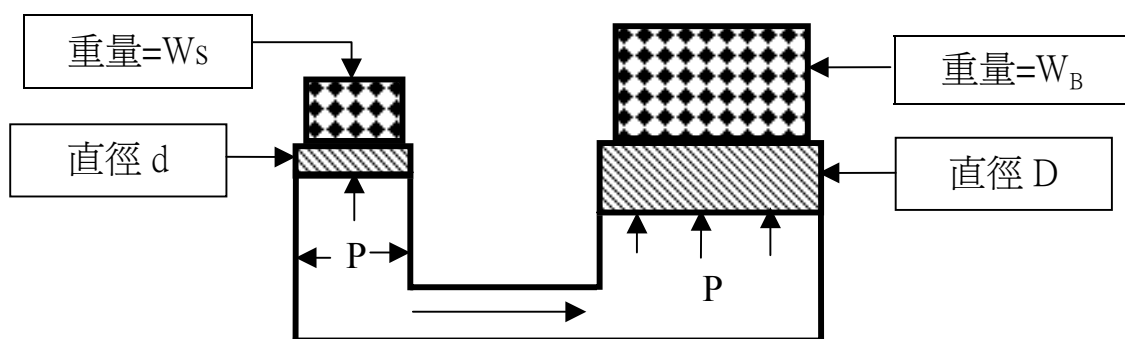


圖 1-3 巴斯喀油壓槓桿原理

圖 1-3 之油壓槓桿裝置有二個直徑不相同的活塞，小活塞截面積設為 a，大活塞截面積設為 A，在小活賽上放置一重量為 W_s 的法碼，而在大活塞上放置一重量為 W_B 的法碼，若大小兩活塞達到平衡，則此時具有下列的平衡關係:

$$W_S / a = W_B / A = P \dots\dots\dots \text{公式 1-1}$$

(註: 圓形活塞截面積等於半徑平方再乘以圓周率，單位為平方公分。)

$$a = d^2 \times \pi \div 4 \qquad A = D^2 \times \pi \div 4$$

代入公示 1-1 可化簡為 $W_S / d^2 = W_B / D^2 \dots\dots\dots \text{公式 1-2}$

$$W_S : W_B = d^2 : D^2 \dots\dots\dots \text{公式 1-3}$$

現舉一實際範例說明如下：參考圖示 1-4

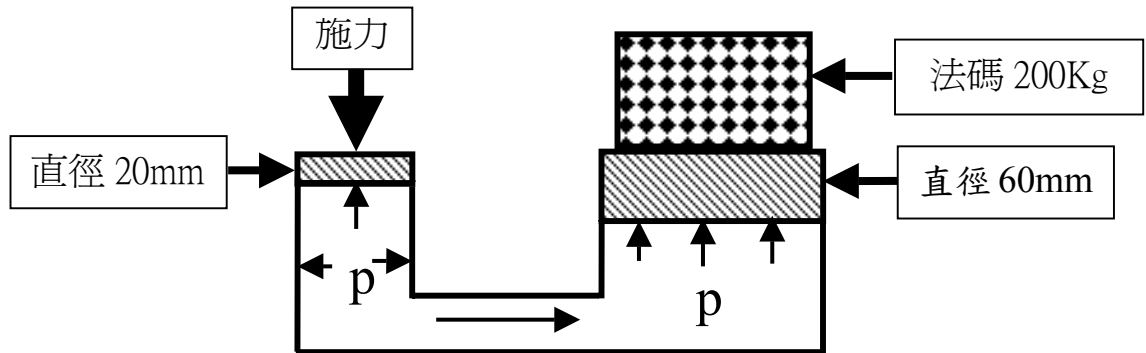


圖 1-4

解題要領提示：依巴斯喀油壓槓桿原理 — 公式 1-3 $W_s : W_B = d^2 : D^2$

代入已知條件得 施力 : 200Kg = (20mm)² : (60mm)²

化簡 施力 : 200Kg = 1 : 9

施力 = 200Kg ÷ 9 = 22.222...Kgf

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**』，亦即外力如作用於密閉容器，不論容器內部的形狀是怎麼樣，油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，完全是因這一特性所產生的作用。其作用情形如圖 1-5 所示：

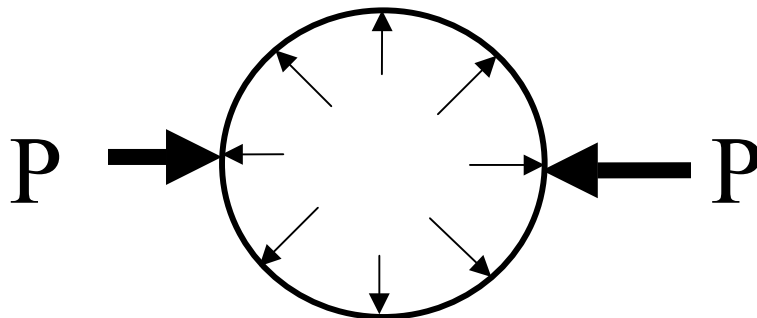


圖 1-5

2. 連續流原理：

油壓油在管線中以穩定流狀態(註: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在同一時間內所流過的油壓油流量為一常數，此原理稱之為連續流原理。如圖 1-6 所示：

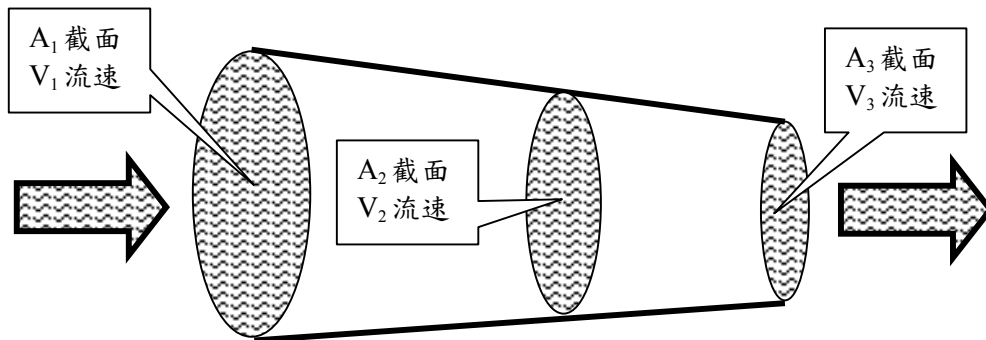


圖 1-6 連續流原理

參考圖 1-6 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 截面的油壓油流速為 V_1 ， A_2 截面的油壓油流速為 V_2 ， A_3 截面的油壓油流速為 V_3 ，在穩定流狀態下存有下列的關係、

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 = \dots A_n V_n = Q = \text{常數} \dots \text{公式 1-4}$$

由公式 1-4 可瞭解在穩定流管路中管之截面積恰與流經該截面的油壓油流速成反比，亦即管徑愈小則流速愈高，管徑愈大則流速愈低。現舉一實例說明：

(例) 有一油壓管路其入口孔徑為 8 mm，油流速度為 10 m/min，出口孔徑為 4 mm，試求出口的油流速度為多少 m/min？

解題要領提示： 依連續流原理 公式 1-4 $A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q$

$$A_1 = \pi \times D^2 \div 4 = 3.1416 \times 8^2 \div 4 = 50.2656 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \pi \times d^2 \div 4 = 3.1416 \times 4^2 \div 4 = 12.5664 \text{ mm}^2$$

$$A_1 V_1 = 50.2656 \text{ mm}^2 \times 10 \text{ m/min} \times 1000 = 502656 \text{ mm}^3/\text{min} = Q = A_2 V_2$$

$$12.5664 \text{ mm}^2 \times V_2 = Q = 502656 \text{ mm}^3/\text{min}$$

$$V_2 = 40000 \text{ mm/min} = 40 \text{ m/min}$$

3. 伯努力定律(Bernoulli's theorem)

油壓系統管路內油壓油以穩定流狀態流動時，油壓油的能量形態主要有動能、位能、壓力能及熱能四種，油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，油壓油流經不同位置時其所具有的能量形態、各能量形態大小亦會有所變動，但無論各種能量形態、大小如何改變，油壓系統管路任何一點內的能量總合不會改變 — 此即稱之為伯努力定律。

由伯努力定律可推斷出油壓系統管路內油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，在管路孔徑較小的位置，油壓油流速較高同時動能亦較高，壓力能變低；在管路孔徑較大的位置，油壓油流速較低同時動能亦較低，壓力能變高；但當油壓系統的油壓油停止流動，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 1-7 及圖 1-8 所示

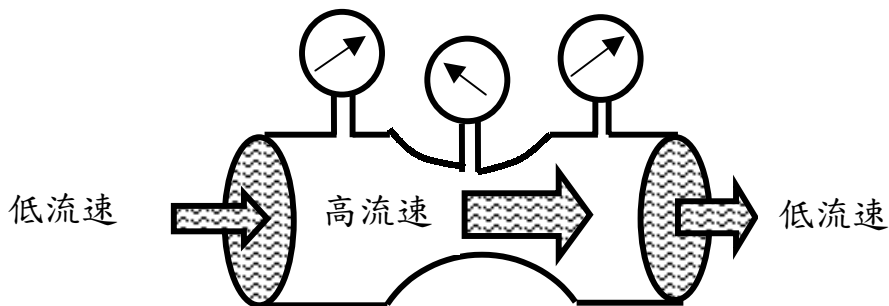


圖 1-7 油壓系統管路內油壓油流動時，在管徑較小處會有較高油流速度及較低的油壓壓力。

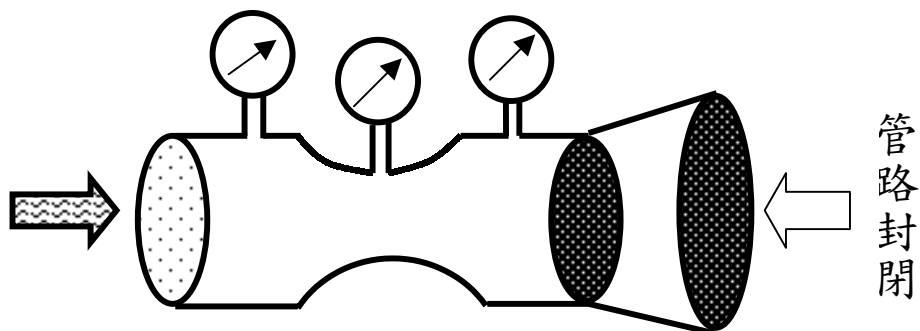


圖 1-8 油壓系統管路內油壓油流靜止時，在管路內部各點只存有油壓壓力能及部份熱能。

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，油壓油所具有的動能(KE)大小與油壓油流動速度(V)的平方成正比，即 $KE = 1/2 \times mV^2$ (註:m 表示流體質量)；油壓油所具有的位能(PE)大小與油壓油的位置或形態的變化有關，即 $PE = m \times g \times h$ (註: m 表示流體質量，g 表示重力加速度，h 表示高度)；油壓油所具有的壓力能大小與油壓油的壓力成正比；油壓油所具有的熱能大小與油壓油的溫度成正比。

由前述的伯努力定律可知，在油壓系統管路中各截面之油壓油具有的能量總合恆為一定的特徵，因此可以下列公式 1-5，參考圖 1-9

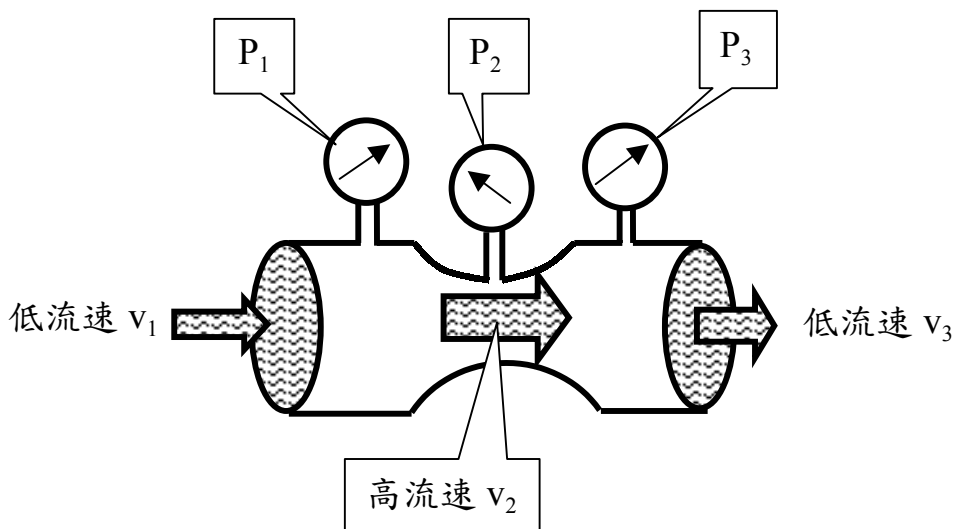


圖 1-9

$$P_1/\gamma + H_1 + V_1^2/2g = P_2/\gamma + H_2 + V_2^2/2g = P_3/\gamma + H_3 + V_3^2/2g = \text{常數} \dots \text{公式 1-5}$$

註：公式 1-5 中 P/γ 表示油壓油壓力能，H 表示油壓油的位能，V 表示油壓油流動的速度， γ 表示油壓油的比重，g 表示重力加速度， $V^2/2g$ 表示油壓油的動能。

一般在油壓系統中，油壓管路的分佈大都成水平配置為主，縱有成垂直配置其管路高低落差亦甚小，因此公式 1-5 中的位能 H 項可以略去不計改寫成：

$$P_1/\gamma + V_1^2/2g = P_2/\gamma + V_2^2/2g = P_3/\gamma + V_3^2/2g = \text{常數} \dots \text{公式 1-6}$$

式中 P 的單位為 kg/cm^2 ， γ 的單位為 kg/m^3 ，V 的單位為 m/sec ， $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$

由連續流原理可知當油壓系統中油壓油流經較大截面時，油壓油流速較慢，而油壓油流經較小截面時，油壓油流速較快，因此圖 1-9 中縮頸部位油壓油的流動速度最快，而此縮頸部位油壓油的壓力亦為最低。

為達實際的學習效果，請參考下一頁的實例演算：

如下圖 1-10 所示之油壓管路，油壓油流量 $Q = 20 \text{ l/min}$ ， $A_1 = 1 \text{ cm}^2$ ， $A_2 = 0.5 \text{ cm}^2$ ， $P_1 = 40 \text{ kg/cm}^2$ ，若油壓油的比重 $\gamma = 880 \text{ kg/m}^3$ ，試求出在截面 A_2 的油壓壓力 P_2 為多少 kg/cm^2 ？

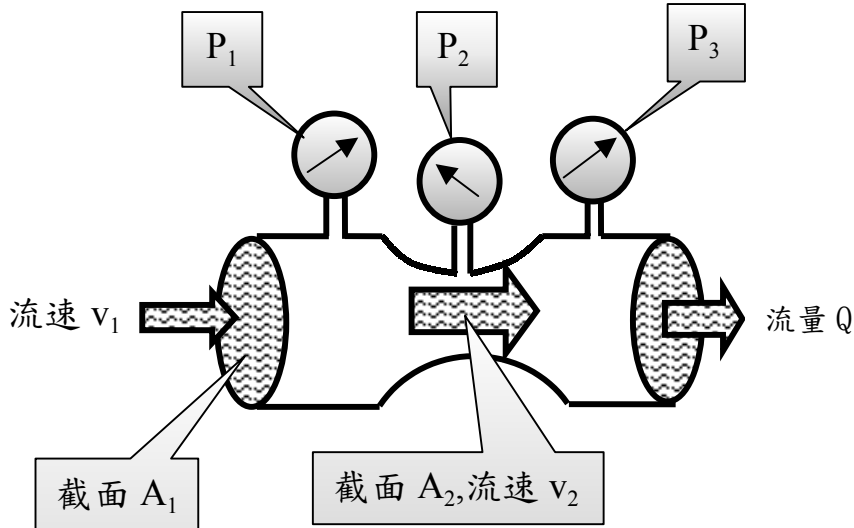


圖 1-10

解題如下：

$$1 \text{ l} = 1000 \text{ cc} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$Q = 20 \text{ l/min} = 20 \times 1000 \text{ cm}^3/\text{min} = 2 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$V_1 = Q / A_1 = 2 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min} \div 1 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^4 \text{ cm/min} = 200 \text{ m/min} = 200 / 60 \text{ m/sec}$$

$$V_2 = Q / A_2 = 2 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min} \div 0.5 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^4 \text{ cm/min} = 400 \text{ m/min} = 400 / 60 \text{ m/sec}$$

$$P_1 = 40 \text{ kg/cm}^2 = 4 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$$

$$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

將上列數值代入公式 1-6：

$$P_1 / \gamma + V_1^2 / 2g = P_2 / \gamma + V_2^2 / 2g$$

$$4 \times 10^5 / 880 + (200 / 60)^2 / 2 \times 9.8 = P_2 / 880 + (400 / 60)^2 / 2 \times 9.8$$

解上列式子得：

$$P_2 = 398498.58 \text{ kg/m}^2 = 39.849858 \text{ kg/cm}^2$$

4. 雷諾數(Reynold' s number)

在油壓管路中油壓油流動的形態大致可分為三種：(1) 層流----當油壓管路內的油壓油流動時是以穩定、整齊且規律的形態流動即稱之為層流。(2) 亂流----當油壓管路內的油壓油流動時是以不穩定、雜亂且無規律的形態流動即稱之為亂流。(3) 不安定流-----當油壓管路內的油壓油流動時是以介於層流與亂流之間的形態流動即稱之為不穩定流。如圖 1-11 所示

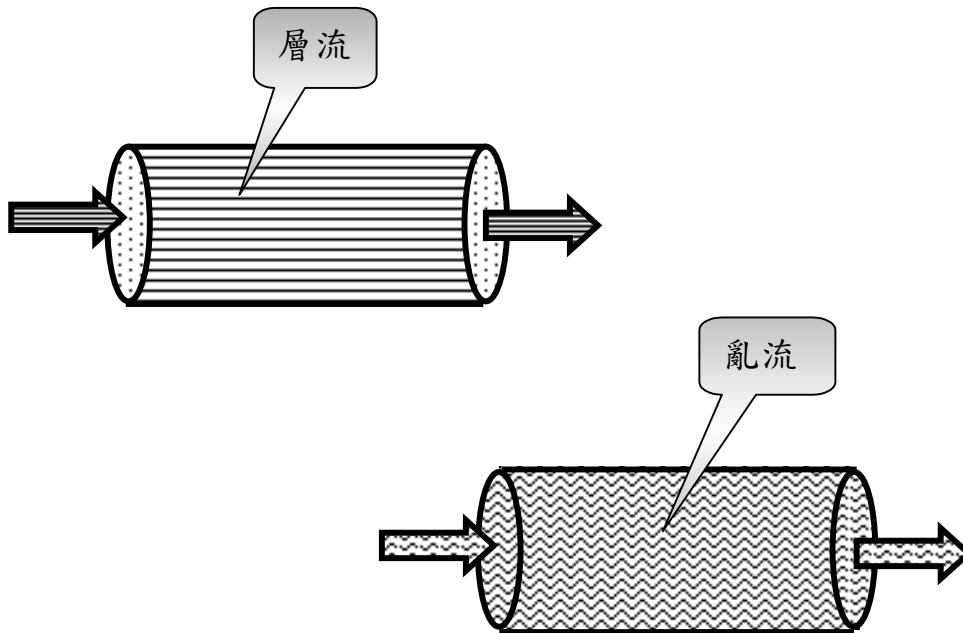


圖 1-11 層流與亂流示意圖

油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。若是將其改善成為層流，便能減少能量損失，且易於控制，而用以界定油壓管路中油壓油流動的形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：(公式中 R_e 表雷諾數， V 表流速， d 表管內徑， ν 表油壓油動黏度， Q 表流量)

$$R_e = d \times V \div \nu = d \times Q / A \div \nu = d \times Q \div (\pi d^2 / 4) \div \nu = 4Q / \pi d \nu \dots\dots \text{公式 1-7}$$

以公式 1-7 求得的雷諾數並無單位，若雷諾數數值小於 2000，則該油壓油的流動狀態可判斷為**層流**，若雷諾數數值大於 4000，則該油壓油的流動狀態可判斷為**亂流**，若雷諾數數值介於 2000~4000，則該油壓油的流動狀態可判斷為**不穩定流**，不穩定流的油壓油流速稱為臨界流速。雷諾數的計算舉例如下：

例：油壓管路的內徑為 10mm，油壓油的動黏度為 $0.67\text{cm}^2/\text{s}$ ，油壓油流量為 80 l/min，求該管路的雷諾數，並判別該油流的流動形態。

$$\text{解: } A = \pi \times d^2 \div 4 = \pi \times (10)^2 \div 4 = 78.54 \text{ mm}^2 = 78.54 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Q = 80 \text{ l/min} = 80 \times 1000 \text{ cm}^3/\text{min} = 8 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min} = 8 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V = Q/A = (8 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min}) \div (78.54 \times 10^{-6} \text{ m}^2) = 1018.589 \text{ m/min} = 16.9764876 \text{ m/sec}$$

$$\begin{aligned} \text{代入公式 1-7 } R_e &= d \times V \div \nu = (10 \times 10^{-3} \text{ m}) \times (16.9764876 \text{ m/s}) \div (0.67 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}) \\ &= 2533.8 \end{aligned}$$

從上解可判斷該管路內油壓油的流動狀態為 **不穩定流**

為瞭解你對學習活動四的學習成效，請翻至下一頁接受學習評
量四的測驗。

學習評量四之一

如圖 1-12 的油壓千斤頂裝置，若小活塞直徑為 20 mm，大活塞直徑為 100 mm，今欲將置於大活塞上的 400 Kg 重物舉起，求需在小活塞上施加 F 力為多少？

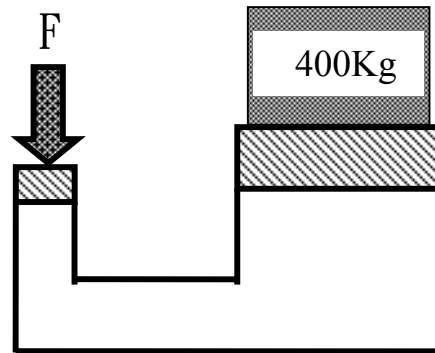


圖 1-12

你的演算過程及答案應與下列相似

學習評量四之一解題要領提示：

依巴斯喀油壓槓桿原理 — 公式 1-3 $W_S : W_B = d^2 : D^2$

代入已知條件得 (施力 F) : (400Kg) = (20mm)² : (100mm)²

化簡 (施力 F) : (400Kg) = 1 : 25

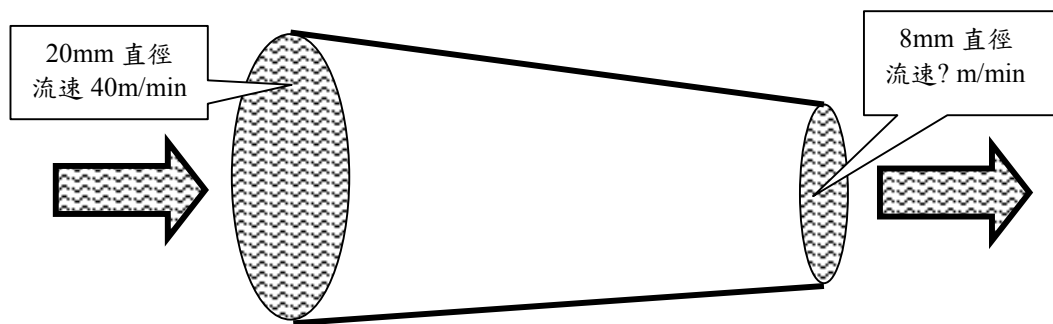
施力 $F = 400\text{Kg} \div 25 = 16\text{Kg}$

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已通過學習評量四之一的測驗，請翻至下一頁繼續下一個學習評量。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 25-26 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 37 頁繼續下一個學習評量。

學習評量四之二

如下圖所示有一油壓管路，其入口孔徑為 20mm，油流速度為 40m/min，出口孔徑為 8mm，試求出口的油流速度為多少 m/min?



你的演算過程及答案應與下列相似**學習評量四之二解題要領提示：**

依連續流原理 公式 1-4 $A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q$

$$A_1 = \pi \times D^2 \div 4 = 3.1416 \times 20^2 \div 4 = 314.16 \text{mm}^2$$

$$A_2 = \pi \times d^2 \div 4 = 3.1416 \times 8^2 \div 4 = 50.2656 \text{mm}^2$$

$$A_1 V_1 = 314.16 \text{mm}^2 \times 40 \text{m/min} \times 1000 = 12566400 \text{mm}^3/\text{min} = Q = A_2 V_2$$

$$50.2656 \text{mm}^2 \times V_2 = Q = 12566400 \text{mm}^3/\text{min}$$

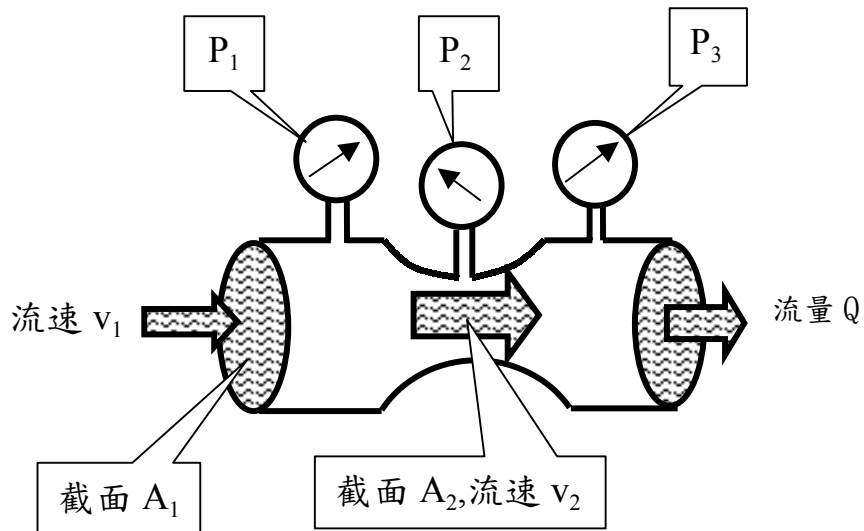
$$V_2 = 250000 \text{mm/min} = 250 \text{m/min}$$

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已通過學習評量四之二的測驗，請翻至下一頁繼續下一個學習評量。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 27 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 39 頁繼續下一個學習評量。

學習評量四之三

如下圖所示之油壓管路，油壓油流量 $Q = 40 \text{ l/min}$ ， $A_1 = 2 \text{ cm}^2$ ， $A_2 = 0.8 \text{ cm}^2$ ， $P_1 = 60 \text{ kg/cm}^2$ ，若油壓油的比重 $\gamma = 880 \text{ kg/m}^3$ ，試求出在截面 A_2 的油壓壓力 P_2 為多少 kg/cm^2 ？



你的演算過程及答案應與下列相似

學習評量四之三解題如下：

$$1 \text{ l} = 1000 \text{ cc} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$Q = 40 \text{ l/min} = 40 \times 1000 \text{ cm}^3/\text{min} = 4 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$V_1 = Q / A_1 = 4 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min} \div 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^4 \text{ cm/min} = 200 \text{ m/min} = 200 / 60 \text{ m/sec}$$

$$V_2 = Q / A_2 = 4 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min} \div 0.8 \text{ cm}^2 = 5 \times 10^4 \text{ cm/min} = 500 \text{ m/min} = 500 / 60 \text{ m/sec}$$

$$P_1 = 60 \text{ kg/cm}^2 = 6 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$$

$$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

將上列數值代入公式 1-6：

$$P_1 / \gamma + V_1^2 / 2g = P_2 / \gamma + V_2^2 / 2g$$

$$6 \times 10^5 / 880 + (200 / 60)^2 / 2 \times 9.8 = P_2 / 880 + (500 / 60)^2 / 2 \times 9.8$$

解上列式子得：

$$P_2 = 597380.8803 \text{ kg/m}^2 = 59.73808803 \text{ kg/cm}^2$$

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已通過學習評量四之三的測驗，請翻至下一頁繼續下一個學習評量。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 31 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 41 頁繼續下一個學習評量。

學習評量四之四

有一油壓管路的內徑為 20 mm，油壓油的動黏度為 $0.67 \text{ cm}^2/\text{s}$ ，油壓油流量為 60 l/min，求該管路的雷諾數，並判別該油流的流動形態。

你的演算過程及答案應與下列相似

學習評量四之四解題如下：

$$A = \pi \times d^2 \div 4 = \pi \times (20)^2 \div 4 = 314.16 \text{ mm}^2 = 3.1416 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = 60 \text{ l/min} = 60 \times 1000 \text{ cm}^3/\text{min} = 6 \times 10^4 \text{ cm}^3/\text{min} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V = Q / A = (6 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min}) \div (3.1416 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 190.985 \text{ m/min} = 3.183 \text{ m/sec}$$

$$\begin{aligned} \text{代入公式 1-7 } R_e &= d \times V \div \nu = (20 \times 10^{-3} \text{ m}) \times (3.183 \text{ m/s}) \div (0.67 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}) \\ &= 950.177 \end{aligned}$$

從上解可判斷該管路內油壓油的流動狀態為 **層流** (雷諾數小於 2000)

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已通過學習評量四之四的測驗，請翻至下一頁繼續下一個學習活動。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 32-33 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 43 頁繼續下一個學習活動。

如今你已能正確地敘述油壓系統常用的物理原理，請接著學習第五個學習目標 — 油壓系統常用的物理單位。

本單元的第五個學習目標是

不使用參考資料及書籍，你能正確說出油壓系統常用的物理單位。

油壓系統常用的物理單位

油壓系統常用的物理單位有英制單位、公制單位。其中最早採用的為英制單位，但隨量測技術之發展，英制單位益形粗糙，及英制單位系統隨使用國家的日驅減少已漸漸淘汰，因而由公制單位取代。至 1960 年第 11 屆國際度量衡大會決議採用更新之公制單位 ----- 亦即 國際度量衡單位 (Systeme International d'nnifes 簡稱 SI)，目前國際度量衡單位已被一百多個國家採用。茲將目前較常使用的三種公制物理單位：國際度量衡單位、公制、工程公制於表 1-2 列出：

表 1-2 油壓系統常用之物理單位一覽表

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 (° C)	攝氏 (° C)
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

表 1-2 中的單位意義及相關量之大小，請參閱下列補充說明：

- ◇ 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，簡寫為 J，1 焦爾等於 1 牛頓·公尺。
- ◇ 瓦特 (Watt)：國際度量衡功率的單位，簡寫為 W，1 瓦特等於每秒作 1 焦耳的功。
- ◇ 達因 (dyne)：公制 (C.G.S) 力的單位，1 達因等於 1.02×10^{-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。

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。如圖 1-13 所示：

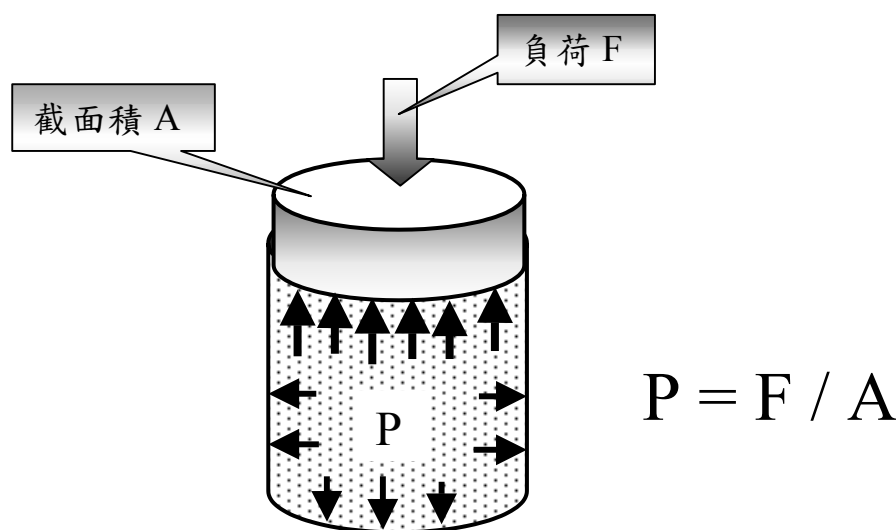


圖 1-13

在油壓系統中常用的壓力單位有下列幾種：

- ◇ kgf / cm^2 ：此單位表示每平方公分承受多少 kgf 的負荷。
- ◇ Pa (Pascal) 巴斯咯：此單位為國際度量衡之微小壓力單位， $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$ 。
- ◇ Bar 巴：此單位為國際度量衡之壓力單位， $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 1.02 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ 。
- ◇ PSI (lb / in^2)：此單位為英制之壓力單位， $1 \text{ PSI} = 0.07 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ ， $1 \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 14.22 \text{ PSI}$ 。

茲舉一實例說明如下：

如圖 1-14 所示的油壓系統，油壓油壓力為 $30 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ ，若油壓缸的活塞直徑為 50mm ，求油壓缸的推升力為多少 kgf ？

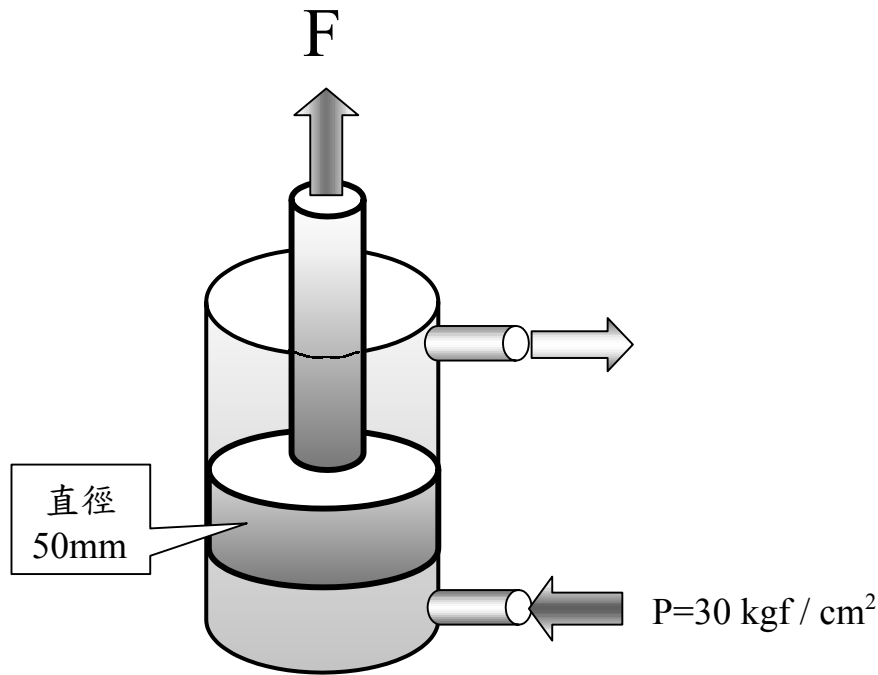


圖 1-14

解題要領：

由 $P = F / A$ ，可改寫為 $F = P \times A$

$$A = \pi \times D^2 \div 4 = 3.1416 \times (5 \text{ cm})^2 \div 4 = 19.635 \text{ cm}^2$$

$$F = P \times A = 30 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \times 19.635 \text{ cm}^2 = 589.05 \text{ kgf}$$

油壓缸的推升力為 589.05 kgf

為瞭解你對學習活動五的學習成效，請接受第 47 頁學習評量五的考核。

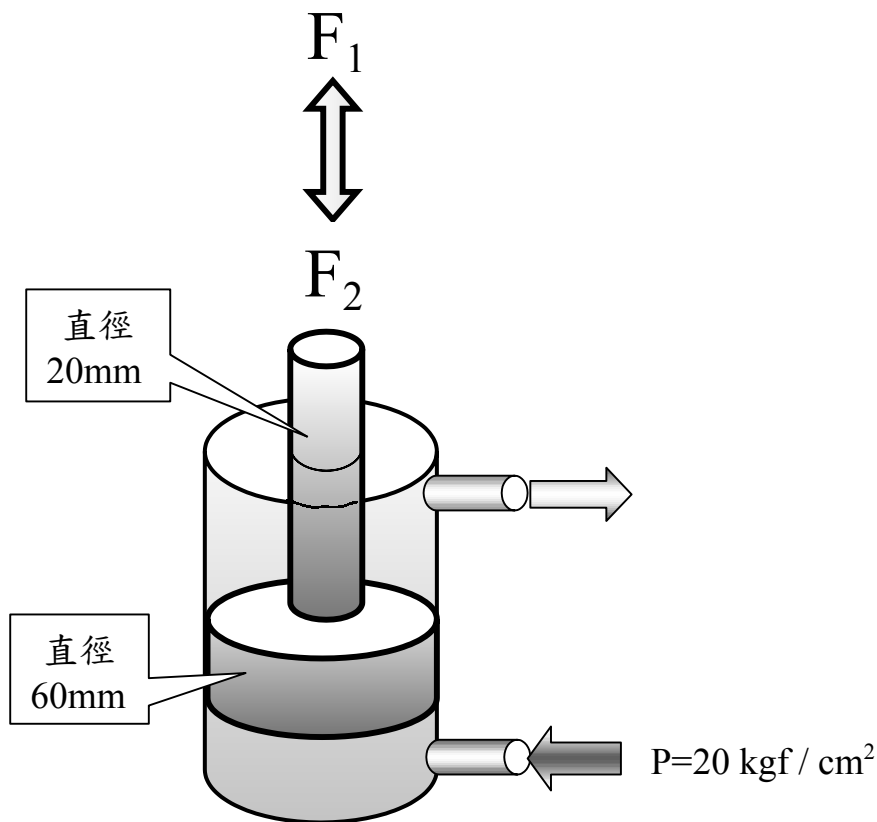
學習評量五

一． 填空题

1. 1 巴斯咯 (Pa) 等於 _____ N/m^2 。
2. $1kg =$ _____ N 。
3. $1bar =$ _____ Pa 。
4. 國際度量衡制度『功』的單位為 _____, 『功率』的單位為 _____。
5. $1kgf =$ _____ $dyne$ 。
6. $1W$ (Watt) 等於每秒作 _____ 或 _____ 的功 。
7. $90^\circ K =$ _____ $^\circ C$ 。

二． 計算題：

1. 如下圖所示油壓缸，若油壓油的壓力為 $20kgf/cm^2$ ，活塞直徑為 $60mm$ ，活塞桿直徑為 $20mm$ ，求油壓缸所產生的推力 (F_1) 及拉力 (F_2) 各為多少 kgf ?



你的答案應與下列答案相似

一 . 填空题

8. 1 巴斯咯 (Pa) 等於 1 N / m^2 。
9. $1\text{kg} =$ 9.806 N 。
10. $1\text{bar} =$ 10^5 Pa 。
11. 國際度量衡制度『功』的單位為 Joule ,『功率』的單位為 Watt 。
12. $1\text{kgf} =$ 9.8×10^{-7} dyne 。
13. $1\text{W} (\text{Watt})$ 等於每秒作 1 Joule 或 $1\text{N} \cdot \text{m}$ 的功 。
14. $90^\circ \text{K} =$ -183 $^\circ \text{C}$ 。

二. 計算題 :

解題要領:

由 $P = F / A$, 可改寫為 $F = P \times A$

$$A_1 = \pi \times D^2 \div 4 = 3.1416 \times (6\text{cm})^2 \div 4 = 28.2744\text{cm}^2$$

$$A_2 = \pi \times d^2 \div 4 = 3.1416 \times (2\text{cm})^2 \div 4 = 3.1416\text{cm}^2$$

$$F_1 = P \times A_1 = 20\text{kgf} / \text{cm}^2 \times 28.2744\text{cm}^2 = 565.488\text{kgf}$$

$$F_2 = P \times (A_1 - A_2) = 20\text{kgf} / \text{cm}^2 \times (28.2744\text{cm}^2 - 3.1416\text{cm}^2) = 502.656\text{kgf}$$

油壓缸的推力 (F_1) 為 565.488 kgf

油壓缸的拉力 (F_2) 為 502.656 kgf

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 44-46 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 49 頁繼續下一個學習活動。

恭喜你已通過學習活動五——油壓系統常用的物理單位之學習評量，請接著學習第六個學習目標——油壓系統所用的壓力範圍。

本單元的第六個學習目標是

不使用參考資料及書籍，你能正確說出油壓系統所使用的壓力範圍。

油壓系統所用的壓力範圍

一般氣壓系統所使用的壓力範圍介於 6kgf/cm^2 至 12kgf/cm^2 之間，若壓力超過 12kgf/cm^2 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寬廣，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。茲分述如下：

1. 低壓系統：油壓系統的工作壓力小於 70kgf/cm^2 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。
2. 中壓系統：油壓系統的工作壓力介於 70kgf/cm^2 至 150kgf/cm^2 可視為中壓系統，如建設機械、搬運機械、塑性加工機械.....等。
3. 高壓系統：油壓系統的工作壓力高於 150kgf/cm^2 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，各種油壓泵浦所能產生的油壓壓力如表 1-3 所示：

表 1-3 各型油壓泵浦的性能表

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	$20-175\text{ kgf/cm}^2$	$7-570\text{ l/min}$	$1800-7000\text{rpm}$	$75-90\%$
輪葉泵浦	$20-175\text{ kgf/cm}^2$	$2-950\text{ l/min}$	$2000-4000\text{rpm}$	$75-90\%$
軸向活塞泵浦	$70-350\text{ kgf/cm}^2$	$2-1700\text{ l/min}$	$600-6000\text{rpm}$	$85-95\%$
徑向活塞泵浦	$50-250\text{ kgf/cm}^2$	$20-700\text{ l/min}$	$700-1800\text{rpm}$	$80-92\%$

如今你已學完油壓系統所用的壓力範圍，若覺得不甚瞭解，則請再閱讀一遍；再閱讀後仍有困難則應請教老師。假如瞭解則請翻至 51 頁接受學習評量六的測驗。

學習評量六

請不要使用參考資料或書籍，在十分鐘內正確說出油壓系統所使用的壓力範圍。

你的答案應與下列答案相似

油壓系統所使用的壓力範圍，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。詳述如下：

1. 低壓系統：油壓系統的工作壓力小於 70kgf/cm^2 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。
2. 中壓系統：油壓系統的工作壓力介於 70kgf/cm^2 至 150kgf/cm^2 可視為中壓系統，如建設機械、搬運機械、塑性加工機械.....等。
3. 高壓系統：油壓系統的工作壓力高於 150kgf/cm^2 可視為高壓系統，如航空機械、太空機械、軍事機械、船艦.....等。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 50 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以翻至第 53 頁繼續下一個學習活動。

恭喜你已通過學習活動六——油壓系統所用的壓力範圍之學習評量，請接著學習本單元最後一個亦即第七個學習目標——油壓控制系統的應用。

本單元的第七個學習目標是

不使用參考資料及書籍，你能正確說出油壓控制系統的應用。

油壓控制系統的應用

油壓控制系統的應用領域相當廣泛，油壓控制系統之規模亦有大有小，小規模的油壓控制系統小至如油壓避震器，而大規模的油壓控制系統大至如挖土機、開山機...等。茲將油壓控制系統在各領域的應用情形敘述如下：

1. 機械製造業的應用

現代化的製造機械講求自動化及高效率，而達成此一需求的唯一途徑即結合油壓控制系統、電機電子迴路以及機械結構，油壓控制系統在機械製造業的應用其較具代表性諸如：CNC 或傳統工作母機(車床、銑床、搪床、綜合加工機、磨床、衝床、鍛床、壓床...)、重型產業機械(射出成型機、壓鑄機、大型剪床...)大型 CNC 機器人.....等。

2. 運輸及交通工具的應用

油壓控制系統在運輸及交通工具的應用包含陸、海、空三個領域，陸上運輸及交通工具應用油壓控制系統的有汽車、鐵道車輛...等之油壓制動器、油壓避震器、油壓輔助方向盤...等。海上運輸及交通工具應用油壓控制系統的有船舶方向控制舵、貨物裝卸機(吊車)、起錨機...等。空中運輸及交通工具應用油壓控制系統的有飛機機翼及方向翼控制裝置、飛機機輪起落控制器...等。

3. 建設機械及農業機械的應用

油壓控制系統在建設機械的應用有挖土機、推土機、平土機、刮土機、壓路機、鋪柏油路機、鑽孔機...等。油壓控制系統在農業機械的應用有曳引機、耕耘機、收割機、翻土機...等。

4. 裝卸搬運機械

油壓控制系統在裝卸搬運機械的應用有起重機、堆高機、升降機、裝卸機、叉動機...等。

5. 日常生活的應用

油壓控制系統在日常生活的應用有千斤頂、油壓關門緩衝器、油壓控制式可調升降椅...等。

6. 太空及軍事方面的應用

油壓控制系統在太空方面的應用有火箭、太空梭、火箭或太空梭發射臺、太空站...等。油壓控制系統在軍事方面的應用有坦克車驅動及轉向系統、坦克車砲塔緩衝機、飛彈發射臺...等。

如今你已學完油壓控制系統的應用，你瞭解了嗎？如果不甚瞭解，請再閱讀一遍，若已瞭解則請翻到第 57 頁，進行第七個學習評量的測驗。

學習評量七

請不要使用參考資料或書籍，你能在十分鐘內正確說出油壓控制系統的應用（每種應用領域至少舉二個應用例）。

你的答案應與下列答案相似

油壓控制系統在各領域的應用如下：

1. 機械製造業的應用

油壓控制系統在機械製造業的應用其較具代表性諸如：CNC 或傳統工作母機（車床、銑床、搪床、綜合加工機、磨床、衝床、鍛床、壓床...）、重型產業機械（射出成型機、壓鑄機、大型剪床...）大型 CNC 機器人.....等。

2. 運輸及交通工具的應用

油壓控制系統應用在陸上運輸及交通工具的有汽車、鐵道車輛...等之油壓制動器、油壓避震器、油壓輔助方向盤...等。海上運輸及交通工具應用油壓控制系統的有船舶方向控制舵、貨物裝卸機(吊車)、起錨機...等。空中運輸及交通工具應用油壓控制系統的有飛機機翼及方向翼控制裝置、飛機機輪起落控制器...等。

3. 建設機械及農業機械的應用

油壓控制系統在建設機械的應用有挖土機、推土機、平土機、刮土機、壓路機、鋪柏油路機、鑽孔機...等。油壓控制系統在農業機械的應用有曳引機、耕耘機、收割機、翻土機...等。

4. 裝卸搬運機械

油壓控制系統在裝卸搬運機械的應用有起重機、堆高機、升降機、裝卸機、叉動機...等。

5. 日常生活的應用

油壓控制系統在日常生活的應用有千斤頂、油壓關門緩衝器、油壓控制式可調升降椅...等。

6. 太空及軍事方面的應用

油壓控制系統在太空方面的應用有火箭、太空梭、火箭或太空梭發射臺、太空站...等。油壓控制系統在軍事方面的應用有坦克車驅動及轉向系統、坦克車砲塔緩衝機、飛彈發射臺等。

假如你的答案與上述重點相似，則恭喜你已完成本單元的所有學習，請準備參加第 59 頁本單元的學後評量。

假如你的答案與上述重點不相似，則請翻回第 54 頁重新學習，以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，且確定瞭解後，才可以準備參加第 59 頁本單元的學後評量。

學後評量

一、選擇題：(20%)

- () 1. 下列何者不屬於油壓壓力單位①psi ②pa ③bar ④cal。
- () 2. 油壓傳動的原理是應用①安培原理 ②查理原理 ③巴斯喀原理 ④恆壓原理。
- () 3. 連續流原理即管路的截面積與流體的①壓力成反比 ②流速成反比 ③流速成正比 ④溫度成反比。
- () 4. 下列何者不是油壓系統的優點①構造小出力大 ②出力調控容易 ③不會過載 ④能量損失大效率低。
- () 5. 油壓系統中將電能轉換為壓力能的元件為①油壓缸 ②油壓泵 ③油壓馬達 ④油壓壓力控制閥。
- () 6. 下列何者不屬於油壓元件控制範圍①壓力控制 ②流量控制 ③流向控制 ④溫度控制。
- () 7. 下列何者不是油箱的功能①排水 ②儲油 ③沉澱雜質 ④散熱。
- () 8. 油壓油流的雷諾數值在①4100 ②3100 ③2100 ④1100 以下則屬於層流。
- () 9. 油壓管路若為水平時，其①壓力能為零 ②位能之差為零 ③動能之差為零 ④速度能之差為零。
- () 10. 下列何者不是國際度量衡單位①攝氏 ②焦耳 ③牛頓 ④巴斯喀。

二、填空題：(20%)

- 1. 油壓系統是由_____、_____、_____、_____及附屬元件所組成。
- 2. 油壓系統是將_____能變成壓力能，再由壓力能轉換為_____。
- 3. 伯努力定律是謂油壓管路內之_____、_____、_____之總合為一定。
- 4. 在穩定流狀態下，管路內任一截面的油壓油流量恆為一定，稱為_____定律。

三、問答題：(每題 10 分，共 20%)

- 1. 請詳述油壓系統的優點及缺點。

2. 請詳述油壓控制系統在各領域的應用(每個領域各舉二例)。

四、計算題：(每格 2 分，共 40 %)

1. 有一油壓千斤頂裝置，若小活塞直徑為 10 mm，大活塞直徑為 50 mm，今欲將置於大活塞上的 1000 Kg 重物舉起，求需在小活塞上施加多少 kgf 的力?
2. 有一油壓管路，其入口孔徑為 30 mm，油流速度為 60 m/min，出口孔徑為 10 mm，試求出口的油流速度為多少 m / min ?

請細心作答，答完核對無誤後，請交給老師批閱

62 油氣壓自動控制工程

學科學後評量表

項次	評量項目	配分	學生自評	教師評量
1	選擇題	20%		
2	填空題	20%		
3	問答題	20%		
4	計算題	40%		
總分		100%		
☆備註：問答題答案重點相似，即給滿分，否則酌予扣分。				

訓練教材學習單元流程圖學習下一單元，或請教你的老師。