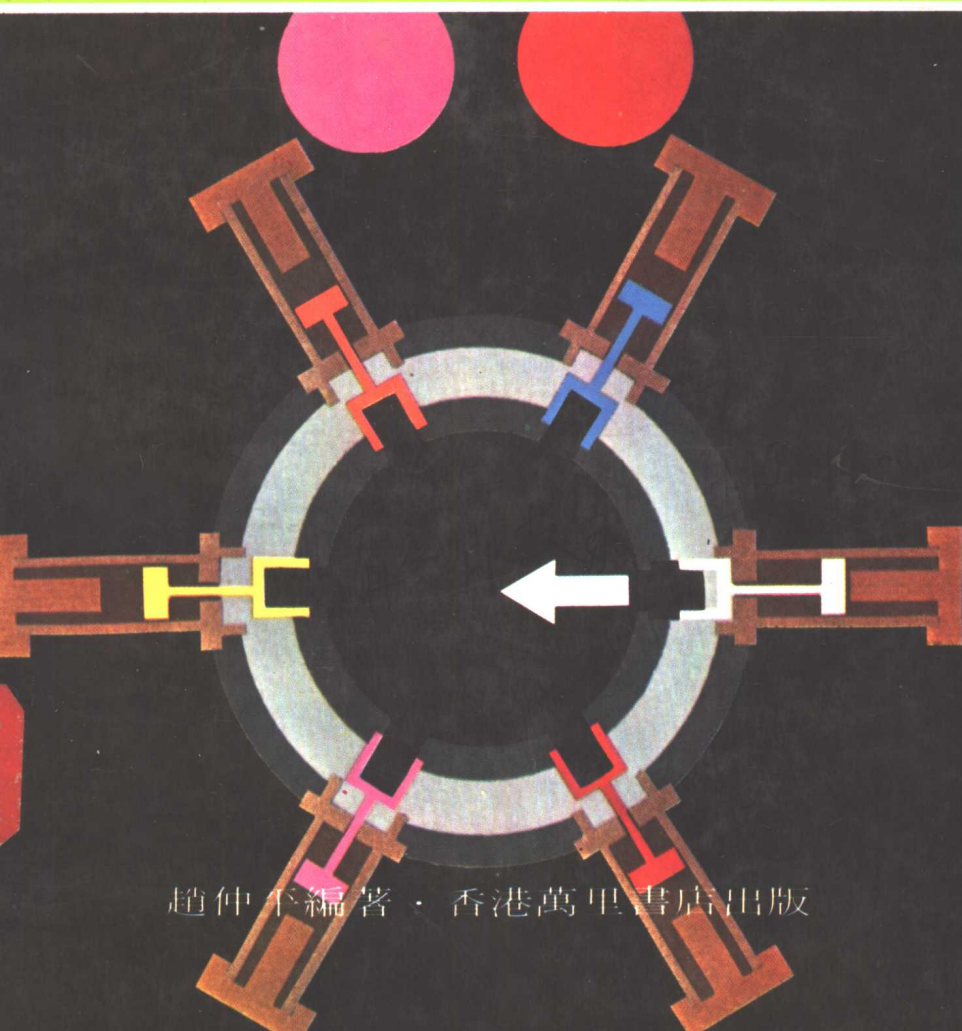


油壓應用技術

HYDRAULIC POWER



趙仲平編著 · 香港萬里書店出版

油 壓 應 用 技 術

趙 仲 平 編 著

香港萬里書店出版

油壓應用技術

趙仲平編著

出版者：萬里書店

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：嶺南印刷公司

香港德輔道西西安里13號

定價：港幣十元

版權所有 * 不准翻印

(一九七七年十一月印刷)

目 錄

第 1 章 流體和動力泵	■	1
流體	■	1
液壓流體	■	2
液壓流體的基本要求	■	3
液壓流體的選擇因素	■	3
防火流體	■	10
泵和壓縮機	■	12
泵的原理	■	13
泵的分類	■	13
第 2 章 齒輪泵	■	15
外齒式齒輪泵	■	17
內齒式齒輪泵	■	19
螺旋泵	■	20
齒輪泵的滑率	■	22
齒輪泵壓力與構件	■	22
齒輪泵的進口情況及工作能力	■	23
凸角泵	■	24
第 3 章 旋板泵	■	25
典型旋板泵	■	25
平衡式旋板泵	■	27

旋板泵的限制和最少速度	27
可變排量的旋板泵	28
泵的葉板型式	29
旋板式雙泵	31
第4章 活塞泵	32
軸向活塞泵	34
徑向活塞泵	38
第5章 儲存器	40
儲存器的應用	40
儲存器的型式	44
儲存器的應用條件	47
第6章 增強器	49
增強器的優點	50
增強器的限制	51
典型應用	52
尺寸	52
油液的受壓縮性	53
氣-油箱	53
洩放	54
增強器工作缸的速度	55
第7章 直綫作動器	58
直綫作動器的型式	59
直綫作動器的選擇和應用	66
第8章 旋轉作動器	72
葉板式旋轉作動器	73
活塞式旋轉作動器	75
旋轉作動器的選擇因素	78
旋轉作動器的安裝	81
第9章 液力馬達	82
齒輪馬達	83
葉輪馬達	87
活塞馬達	90
第10章 液壓裝置的應用	95
工具機液壓裝置	98
工具機氣動液壓裝置	103
起重裝置	107
液壓傳動裝置	109
第11章 壓力控制閥	119
壓力閥	119
壓力控制閥	120

安全閥	■	121
減壓閥	■	122
程序閥	■	123
卸載閥	■	125
抗衡閥	■	126
止回閥	■	127
液力保險絲	■	128
第12章 流量控制閥	■	130
無補償式流量控制閥	■	131
壓力補償式流量控制閥	■	133
速度控制	■	135
計量方法	■	136
無補償流量控制	■	137
壓力補償流量控制	■	140
第13章 方向控制閥	■	144
一路閥或止回閥	■	144
二路閥、三路閥和四路閥	■	146
捲軸位置	■	147
捲軸形狀	■	149
開心式、閉心式	■	150
導引操動四路閥	■	154
閉心、部分閉心、剪封和減速閥	■	155
第14章 濾清器	■	157
濾清器定額	■	157
濾清器的概念	■	158
濾清器的位置	■	164
過濾器外殼	■	165
過濾元件	■	165
過濾器附件	■	167
第15章 換熱器	■	168
換熱器的型式	■	168
換熱器的分類	■	171
選用換熱器一般要項	■	174
第16章 管件和配件	■	177
流體導件	■	177
管的型式	■	179
油口連接	■	180
管的配件型式	■	181
軟喉和配件	■	183
自行封閉聯接件	■	185
軟喉的裝置	■	187

第17章	液壓動力設備和調速傳動	■	190
	液壓動力裝置和油箱	■	190
	流體靜力傳動	■	198

第 1 章 流體和動力泵

流體動力是以增壓液體或氣體來傳遞動力的。利用流體動力，可推動機械作控制、調整，使之作生產自動化，因其費用廉宜，故亦稱作廉價自動化。

流 體

流體 (Fluid) 是一種流動的物質，在標準溫度和壓力時有一定的質量和一定的體積。它沒有固定的形狀，不能抵受剪切應力，或傳遞拉力或轉矩。它只能在完全封閉時傳遞推力。流體有液體 (Liquids) 和氣體 (Gases) 兩類。

液體

液體在任一溫度和壓力下有一定的體積。它的體積通常假定以填入容器內的佔有容積來計算。例如在

1 呎正方體的容器內充滿水，這些水的體積就是 1 立方呎。如果將這 1 立方呎的水注入 1 呎直徑的圓筒內，水的填充深度將為 1.27 呎。

當壓力施於液體上時，每增加 1,000psi (磅/平方吋)，體積便減縮 0.5%。液體受壓力時體積的減縮量是極其微少的，所以在工程應用上都略去不計，作為不可壓縮的物質來考慮。溫度增加對液體的膨脹影響亦極為微少，每度 F 約為 0.1%，一般亦可略去不計。對於溫度可能有較大變更的場合，在系統內需有足夠的容積以容納液體體積的增加。

汽體

氣體沒有一定形狀或體積，但通常都假定填入容器內來量度它的體積。如果 1 立方呎的氣體在大氣壓力下引入 5 立方呎的真空容器內，它將會完全充滿這容器，但壓力則顯著降低。

氣體受溫度和壓力的影響甚為強烈。壓力的增加可使氣體的體積減少，溫度的增加則使它的體積膨脹。溫度或壓力影響氣體體積的變更對所有氣體的物理結構甚為相似。

液壓流體

決定液壓系統取得成功的最主要因素之一，是液壓流體的性能。為完成所做的工作，首先要選擇好適當的流體，然後，必須保證流體的適當操作條件：為保持流體的相當乾淨和冷卻，需要具備適當的過濾器 and 熱交換器。

任何液壓系統的平穩、有效和經濟操作，決定於傳送動力的液體，同樣決定於機械部件，而流體特徵如潤滑、防銹、抗氧化和乳化亦必須考慮。

液壓流體的基本要求

液壓介質的最低要求包括低壓縮和相當流動性，使能將動力有效地傳送，這些要求對各種液體來說都應具備。

液壓流體的主要作用，是傳送動力及潤滑活動部件，此外，流體必須：1.在活動部件之間要備有一個相當密封。2.保護系統成分防止銹蝕和腐蝕。3.減少活動部件的磨損。4.進入到系統中的不溶污垢物能迅速沉澱和分離。

在某種大容積使用中，水是唯一的實際流體。水用在排出污水的「開放」系統中。典型的「開放」系統的應用是那些操作跳開式吊橋(Bascule bridge)、鎖閘(Lock gate)、潛水箱(Caissons)等。

然而，水有明顯地不利之處：1.它促進銹蝕；2.它的潤滑力很小；3.它只能用於相當小的溫度範圍之內。銹蝕問題雖然可用溶性油的水樣乳狀液體來解決；但一般來說，水對循環系統仍不合適。

礦物油是一種潤滑劑，密封介質和防銹劑，而它的主要作用是作為液壓介質。

石油對大多數工業液壓使用是理想而適宜的。然而，對易受火災影響的危險工業，就不能採用。

液壓流體的選擇因素

對於一個工業液壓系統選擇流體必須考慮的基本因素，包括黏度、黏度指數和凝固點，見表 1；其他特性例如比重、閃點、炭殘餘及中和值，在決定一種油的最初相配是有一點意義，但在檢查使用油的情況來決定繼續採用是否適合的問題則甚為有用。

表 1 什麼是真正重要的？

性能	大概主要的	大概不主要的
黏度	×	
黏度指數	×	
比重		×
閃點		×
顏色		×
傾點	×	
中和值		×
炭含量		×
灰		×
防銹	×	
防腐蝕	×	
氧化穩定性	×	
反乳化	×	
防泡沫	×	
防磨損	×	
防漏	×	
脫垢	×	

黏度：這是對流體的一種測定，它是液壓流體唯一最主要的特性。對於黏度來說泵是液壓系統最精密的部分。

一般使用的單位：決定油的相對黏度有許多可以採納的方法，但是工業液壓油所採用的最普通的一種，是賽波特通用方法(Saybolt universal method)，測定的時間單位為秒（賽波特秒數，通用—SSU）即要求60毫升的油在標準高差和一般為100或 210° F 的所給溫度下完全通過標準孔。

決定和表示黏度的第二種很普通的方法是運動方法。時間是為測定一種固定容積的樣品在液體的精確再生高差，及接近控制溫度下通過標準毛細管。厘施 (Centi stroke) 運動黏度是從測試時間計算的。

第三個單位是絕對黏度，它和比重無關，絕對粘度的單位是厘泊(Centi poise)，並且由厘施運動黏度乘油的比重來計算。

設計折衷方案：對於任何具體運用，所選擇的油的黏度將相當於動力傳送的要求和那些潤滑及密封之間的差額。低黏度油傳送動力更有效。另一方面，潤滑和密封要求液壓油具有比較高的黏度。但是，油不需要太黏，否則超過泵的吸入能力。

因此，液壓油的最適宜黏度是在不一致的要求之間的妥協。一般來說，良好的潤滑所採用的最低黏度是最適宜液壓系統的。

黏度隨溫度而變化：黏度和溫度的變化的比率是以黏度指數（或 VI）來表示。這個指數是從 100 和 210° F 實際黏度測定計算出來的，黏度指數越高，黏度和溫度的變化越小，石蠟油 (Parafinic oils)，作為一類，比環烷油 (Naphthenic oils) 具有較高的黏度指數。

黏度指數在兩種情形下都受到製造過程中油的處理的影響。例如，使用添加劑則指數會增高。黏度指數改進劑、添加劑的缺點主要是在高的剪切率下有損

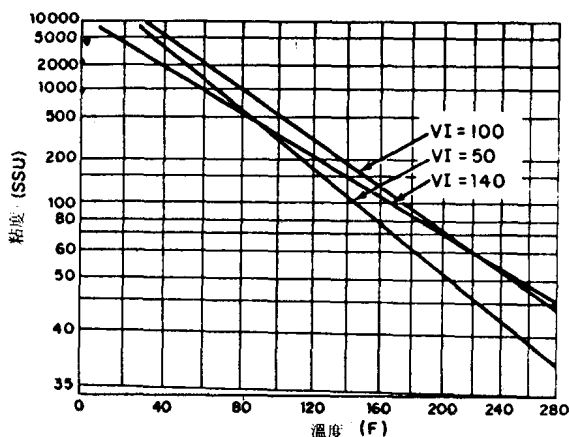


圖 1 典型的黏度與溫度關係

失效率的傾向，並且成本較高。

數字表示出典型的溫度——黏度關係。

黏度指數只在寬廣溫度範圍內，使用時有重要意義，在這種情況下，使用高黏度指數油是很重要的，如果不是這樣，黏度可能太高，當設備開始冷卻，則流體不能適當流動，或者在操作溫度下它可能太稀薄。如果設備不是以低溫度，以及油的溫度控制在適當限度內，則黏度指數就沒有那樣重要。

正常地油的溫度在操作期間不超過 140°F ，最低起始溫度決定於可以被泵的吸入系統所容忍的最大黏度。最低起始溫度由泵的能力和油的黏度、溫度特徵相比較而取得的。對於液壓系統最適宜的正常操作溫度，通常是約在 120°F 左右。

黏度隨壓力而變化：潤滑油的壓力增高時黏度也增高。雖然在大氣壓下油的黏度只有小的不同，但在高壓下有大的變化，所以油在黏度方面隨着溫度而起最大的變化，並且在黏度方面亦隨着壓力而起最大的變化。

傾點 (Pour point)：這是在所給的條件下驟冷時油仍能流動的最低溫度。如果系統暴露在低溫度中則是有影響的。這時油的傾點應該在低於最低溫度約 20°F 左右。

壓縮係數：這是流體在壓力下經受容積減小的度數。它可由已知壓力的增高產生容積減小的形式表示出來，或者以具體容積減小所要求的壓力增高的形式表示出來。流體的體積模數 (Bulk modulus) 或更合適的彈性體積模數是測試它的抗壓縮性，並是壓縮係數的倒數。

在設計高壓操作時，必須考慮流體壓縮係數。它影響被吸收的動力以及所需的時間，泵所產生的壓力，降壓能量以及傳送力的勁度和伺服系統。抗壓縮的音速的效力在空化現象中是重要的因素。在壓力下油的容積減小以百分比來表示，對每 $1,000\text{ psi}$ 壓力增

加到 4,000 psi 的壓力其壓縮係數約為 0.5%。

質量的表示：反映液壓油的質量的特徵包括氧化穩定性、防銹、抗泡沫、水分離以及膜的強度。液壓油的高質量是從所選擇的原油中取得的，這些原油經過精製，使清除不適合的成分，然後用選擇的添加劑摻合來補充和改進氧化穩定性、防銹以及抗泡沫等性質。

氧化穩定性：一般的最重要的特性是延長所使用的壽命。油的能力是來阻礙水或氧氣所產生的聚合反應和分解反應。這些反應是由熱、水和催化效應來加速的。相反的，通過使用抑制劑 (Inhibitors) 反應是緩慢的。支配液壓流體的極限壽命的最重要因素之一，是它的操作溫度。溫度每增高華氏 18 度，氧化反應就近似於兩倍。大量油的溫度控制到最大華氏 30 度，則污垢物的消除將幫助延長油的有效壽命（污垢物包括金屬催化劑如銅、鋅、鉛和水一起）。使用高質量抑制氧化的液壓油可減少使油變質的因素的影響。

黏度變化：油經氧化後一般比較黏，在工作中增高油的黏度就可表明氧化情況。另一方面，減低黏度可能由於與較輕產品混合，由於油的熱分解，例如不適當使用葉片型電加熱器 (Blade-type electric heater) 與及超過表面溫度等。

滑潤值：潤滑能力在液壓油中為重要質量因素，因為流體必須潤滑系統的活動部件以便將磨損減到最少。磨損會增加泄漏並且會降低效率。對最流行形式的泵、馬達和閥來說，石油就能滿足這個要求。

然而在某種形式的液壓泵和馬達中，油的傳送負載能力在界限潤滑的條件下是重要的。有時使用齒輪泵、葉輪泵和馬達，在最少間歇使用時，速度和負載方面超過了設計，則會縮短泵的壽命。在這種情況下，抗磨劑便應加入。

充氣和起泡：油在一個液壓系統中和在溶液裏一樣總含有空氣像夾帶氣泡一樣，雖然在溶液裏的空氣

對系統操作有些微或沒有影響，但夾帶空氣的確能引起系統的惡化。

由於壓縮能增加空氣霧末，因此液體變成有彈性，同時系統變得喧鬧和不穩定。帶有空氣油液的壓縮，可產生大量熱並加速氧化，因為當油進入泵時，在泵的吸引端的油的氣泡擴充，因此泵的容積效率便減少。充氣一般和空化有關聯，在泵內的放出邊的氣泡崩潰能產生相似於空穴現象的損害。

充氣的預防要求在系統設計中注意減少夾帶的空氣，並且在儲油器（油箱）中促進它的釋放。另一方面，油必須能容易地釋放空氣。

反乳化性：這是油分離乳化液中的水的能力。水分不使進入液壓系統內和完全地防止水油混合物的形成，以及防止不需要的乳化液是不可能的。油在使用中變質形成分解產品，成為弱乳化劑，因而減少油對水釋放的能力。然而，石油具有減少乳化液助長物質的最小影響，並且具有相當的反乳化性。在儲油器中容易反乳化的油很快地失去它的水成分，然後能在相當無水的情況下可返回系統中。

防蝕腐：由於液壓系統中總存有一些水分和空氣，因此，鐵的表面容易生銹。為了防止水分到達金屬表面，油必須具有良好金屬潤濕性能。這個特性是含有銹抑制劑的油所具備的抑制劑「覆」在金屬表面上並形成一種黏附的保護膜。

系統原料的相容性：一些防銹添加劑（Antirust additives）和其他許多潤滑油添加劑一樣適合用於液壓系統中並且可以浸蝕鋅。因此必須避免鍍鋅和其他塗鋅表面。鋅也是不良的，因為油氧化時的產物能和它反應而形成金屬皂（Metal soaps）。

容易被腐蝕的其他金屬是鎂鹼合金（Magnesium-base alloys）和鉛。當水存在時，鎂合金一般地遭受嚴重腐蝕。鉛好像鋅一樣，是受氧化產物所浸蝕而形成，能使油乳化的皂。在液壓系統中也同樣要避免

銅，但是因不同原因，在促進所有類型的油的氧化中，它却是一個最有效的催化劑。因此熱交換器(Heat exchangers)用鐵比用銅或黃銅的好。

如果在油箱的內套要求塗料，它應是抗油的。

密封原料中液壓油的影響也必須考慮。天然橡膠不是抗油的，在液壓油設備中使用是不適合的。

合成橡膠當暴露在不同流體時，它的性質變化很寬，接觸到所給的流體，一些幾乎是不變的，但其他的是膨脹或收縮。用於合成液壓流體的密封元件中，可以採用不是抗油的合成橡膠。

所有和潤滑油接觸的密封是腈橡膠(丁二稀丙烯腈—Nitrile 或 Butadiene acrylonitrile rubbers)作成的，適合於潤滑油系統的其他原料，包括氯丁(Neoprene)橡膠、聚硫(Thiokol)橡膠、硅酮(Silicone)橡膠、碳氟化合物(Fluoro-carbon)橡膠和 Hapalon 即氯磺酰化聚乙烯(Chloorsul-phonated polyethylene)。

礦物油在習用橡膠的作用主要依靠芳香性(Aromaticity)。油的芳香性越高，引起膨脹越大。高黏度指數油一般地是「低——膨脹」，中級黏度指數油是中間的；而低黏度指數油是「高——膨脹」的。

油的苯胺點(Aniline point)在這個問題上，對它本身的性質給予粗略的說明，苯胺點是最低溫度，在這個溫度中相等容積的油和苯胺是可以混合的。高苯胺值是和低——膨脹傾向或引起收縮的傾向有關聯，但是低苯胺值却和高——膨脹有關聯。

可燃性：油的閃點(Flash point)是一種溫度，液體到達這樣溫度就因受熱並且放出足夠的蒸氣，與火焰接觸就能着火。

燃點(Fire point)是一種溫度，達到這種溫度，在試驗火焰移開以後它仍可繼續燃燒。雖然閃點和燃點是決定火災的一些值，但是在液壓系統中的操作溫度從來就沒有接近這些值。石油的閃點範圍從華氏350度至450度。

自發着火溫度是油在沒有外界着火來源的幫助下而自行着火的一種溫度，它大大地決定於設備和用於測定的方法。石油基液壓油正常地用於工業液壓系統，它所具有的自發着火溫度是華氏500度至700度。

防火流體

液壓流體是有兩種基本類型——石油基和防火 (Fire-resistant) 的。直到幾年以前，石油基液壓油幾

表2 典型的性能

	石油	耐火性液體			
		水—油乳化液	磷酸酯型	水基— 乙二醇	型
比重	0.879	0.918	1.20	1.079	——
顏色, ASTM	1.0	——	1.5	1	——
傾點, F	10	——	-5	-65	——
閃點, F	420	None*	500	260	480
燃點, F	475	——	574	270	——
黏度					
SSU, 100° F	235	264 +	220	280	300
SSU, 210° F	48.1	——	43.2	69.5	——
黏度指數	91.5	140	0	156	——
中和值					
(TAN-C)mgKOH/g	0.10	0.18	0.06	——	——
水含量, %	Nil	40	Nil	35	Nil
彈性的體積模數	286,000	286,000	531,000**	——	——
自發着火溫度 F	505	——	71100	850	900

* 水被分離後具有原油的特點。

+ 低-剪切黏度，在泵剪切條件下這個值是接近於沒有。

在77度 F，0至10,000psi。

**在100 F，0至5,000psi。