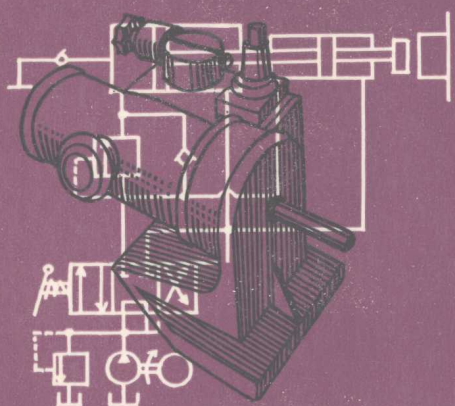


工業專科學校及技術人員適用

油壓學

陳以淦譯



香港利達出版社印行

中國科學院植物研究所

植物研究所

植物研究所

植物研究所

植物研究所

植物研究所

植物研究所

植物研究所

原 序

近年來由於機械或裝置之積極油壓化與自動化，乃產生「油壓自動機械」簡稱為「油壓機械」之新名詞。油壓之利用範圍已日趨擴大；日常活躍於吾人四周，即有無數油壓裝置，譬如一般生產機械，沖壓機械，土木建築機械，自動輸送機械，輪船、車輛、飛機，乃至各工廠控制裝置等。由此可見油壓對於機械之發展極為重要，隨之機械工程人員必須瞭解油壓技術，且非熟習不可。由於時勢之所趨，全國高級工業職業學校，或工業專科學校，乃至於大學均認識其重要性，相繼講授油壓，實行實驗者日多，發現其優點，乃引起實業界人士之重視，而廣為應用，裨益良多。

在此期間，日刊工業新聞社有鑑及此，為達成油壓教育之目的，首先籌劃本油壓講義，乃由吾人集體執筆着手編撰，如本書能有助於油壓之研究，則屬幸甚！

本書編撰之方針，特注意如下數事：

- (一) 符號及術語盡量採用新訂“JIS”標準；
- (二) 文句之表達取通俗化，使初學者易於澈底瞭解；
- (三) 多加入照片，圖表等資料，每章之中尚有適量習題，使解釋盡量達成具體化與實用化，而初學者有溫舊而知新之感；
- (四) 無關重要之零星部分均予刪除，關於基本重要事項之說明，取之重點；從整體之基礎事項而言實為「活用小冊」；所加「參考」資料乃適於講授者之取捨與選擇。
- (五) 油壓實驗中所認為重要之實例，以及JIS油壓與空氣壓所表示之符號表，均詳附於書後附錄。

至於本書之內容，乃吾人經年累月講授油壓，實習實驗中所得之經驗；同時承關西油壓座談會諸先生熱心之指導下，盡量將實際之新技術，予以謹慎納入；惟篇幅不多且所知有限未盡達意，其遺漏之處，在所難免，至望讀者及諸賢達原諒並賜指教，俾臻於盡善。

最後本書發行期間，承參考許多書籍、文獻、資料；同時本書之編集，校閱多蒙諸位先生之熱誠協助，尤其油壓教育研究會諸位先生，併致深謝。本書復承日刊

工業新聞社援予發行之機會，在此謹表萬分謝忱。

昭和四十二年十二月

鹽崎義弘（大阪省立成城高
級工業職業學校）

河岸理（大阪省立佐野高
級工業職業學校）

中村和夫（大阪省立成城高
級工業職業學校）

綿田哲雄（大阪省立和泉高
級工業職業學校）

目 錄

第一章 油壓概要	1
1-1 油壓之利用	1
1-2 油壓裝置	3
第二章 油壓之基本知識	5
2-1 油壓原理	5
2-1.1 巴斯加原理	5
2-1.2 活塞之推力與速度	6
2-2 壓力與流量	7
2-2.1 壓力	7
2-2.2 續流原理	8
2-2.3 伯諾利定理	9
2-2.4 限流	10
2-2.5 噴流與力	12
2-3 動力與效率	12
2-3.1 流体動力	12
2-3.2 油壓幫浦之效率	13
2-3.3 油路之動力損失與效率	14
2-4 油與粘度	15
2-4.1 粘性與粘度	16
2-4.2 工業粘度	17

2-4.3 粘度之影响	17
2-5 油之流動與損失	18
2-5.1 層流與亂流	19
2-5.2 管内壓力損失	19
2-5.3 油路內之各種損失	22
2-5.4 油路壓力損失與幫浦輸出壓力	22
習題	25

第三章 液壓油

3-1 液壓油之條件與種類	30
3-1.1 液壓油應具備條件	30
3-1.2 液壓油之種類	30
3-2 液壓油之性質	32
3-2.1 油溫與粘度	32
3-2.2 壓縮性之影响	33
3-2.3 混入空氣之影响	33
3-2.4 混入水分之影响	34
3-2.5 液壓油之選擇	34
習題	35

第四章 油壓機器

4-1 機器符號與油路圖	38
4-1.1 油壓符號	38
4-1.2 液壓油路圖	39
4-2 油壓幫浦	40
4-2.1 葉輪形幫浦	41

4-2.2	齒輪幫浦	45
4-2.3	活塞幫浦	46
4-2.4	其他幫浦	49
4-3	油壓致動器	49
4-3.1	油壓缸	49
4-3.2	油壓馬達	52
4-4	控制閥	54
4-4.1	壓力控制閥	54
4-4.2	流量控制閥	59
4-4.3	方向控制閥	62
4-5	其他機器	69
4-5.1	油槽	69
4-5.2	濾油器	70
4-5.3	蓄壓器	71
4-5.4	其他	73
	習題	77

第五章 油壓油路 80

5-1	油壓之油路	80
5-1.1	壓力油路	80
5-1.2	速度與流量油路	89
5-1.3	方向與位置油路	98
5-1.4	油壓馬達油路	100
5-1.5	其他油路	104
5-1.6	自動控制之應用	106
5-1.7	應用油壓之各種機械實例	110
5-2	油壓與電	113

5-2.1 主要電器	113
5-2.2 油壓油路之電路圖	116
綜合習題	126
 第六章 油壓設計與保養管理	133
6-1 油壓設計	133
6-1.1 設計上之基本事項	133
6-1.2 設計要項與應注意點	134
6-2 保養管理	136
6-2.1 保養與管理之意義	136
6-2.2 保養管理之基本條件	136
6-2.3 故障情況	136
6-2.4 液壓油之污染	137
6-2.5 故障與補救	139
 附 錄	141
 I 油壓實驗	141
實驗一 定量型葉輪式幫浦之特性實驗	141
實驗二 流量控制閥之特性實驗	143
實驗三 調壓閥之特性實驗	145
實驗四 減壓閥之特性實驗	146
 II JIS 油壓，空氣壓符號表	148
第一表 基本符號	148

第二表	管線連接符號	149
第三表	幫浦與馬達符號	150
第四表	油壓缸符號	151
第五表	控制方式符號	152
第六表	壓力控制閥符號	154
第七表	流量控制閥符號	155
第八表	方向控制閥符號	156
第九表	防逆閥符號	158
第十表	其他附件符號	159

【註】 日本工業標準
JIS (Japanese Industrial Standard)

第一章 油壓概要

1-1 油壓之利用

近年來油壓裝置之發展，實為驚人；在吾人日常生活中，應用油壓之事例，隨處可見，譬如汽車之剎車，即利用油壓，此乃人人皆知；再如美容院之坐椅，亦利用油壓，使其上下運動自由自在，坐者確有舒適之感。至於傾卸車能將砂石傾瀉而下；堆高機及開山機等均利用油壓產生強大動力，於今已不足為奇矣。

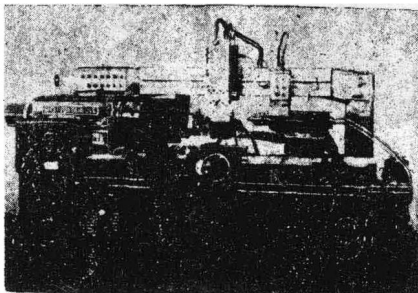
至於一般工廠中，油壓亦為多方面所利用，如大型壓床（圖1-1），自動仿切車床（圖1-2）等作為各種工作母機之開端；鑄模鑄造機，塑膠噴射成形機（圖1-3），自動輸送機械（圖1-4）等，而產生各種新式強力自動化機械，亦在迅速力求發展。

至此油壓已為工作機械，鍛壓機械，裝卸輸送機械，汽車、輪船、飛機、火箭、以及其他自動化所需裝置等，所廣為利用，於是油壓用途及其應用領域，已日趨擴大。

但油壓裝置何以如此廣被應用？其原因何在？如略加研究，實由於油壓本身具備如

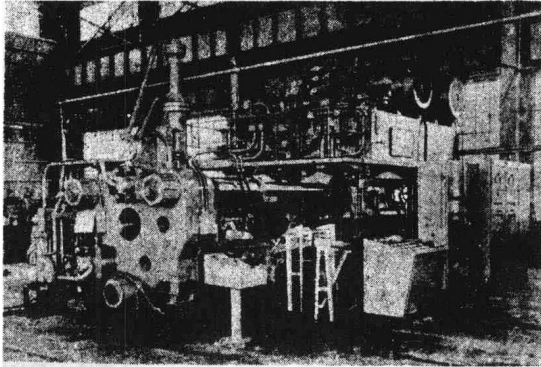


（圖1-1）大型壓床

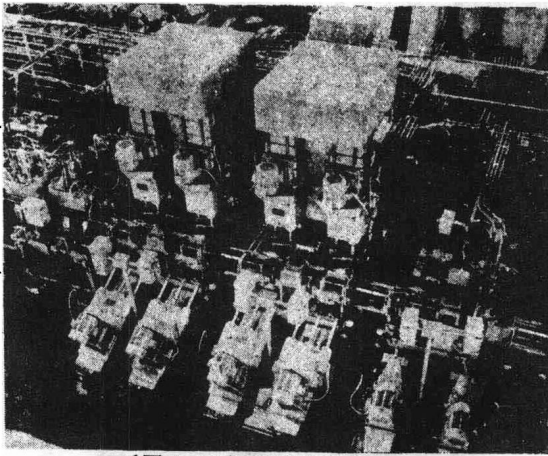


（圖1-2）自動仿切車床

2 油壓學



(圖 1-3) 塑膠噴射成形機



(圖 1-4) 自動輸送機械

下之優點，茲列舉之：

- (一) 旋轉運動或直線運動均優，由小型裝置可輸出較大動力；且機器之安裝有其共同性。

- (二) 可得高比率之無段變速，同時到達一定速度之範圍可得一定之動力，轉矩亦可控制。
- (三) 易得連續及間歇運動，關於運動位置之限定或速度之調節，較為正確，可得震動少而圓滑之動作，且慣性作用亦小。
- (四) 油壓本身雖可得手動，半自動，全自動等作用，如與電或空氣控制予以組合應用，則可得更為特色之裝置。
- (五) 裝置安全可靠，運動部分之潤滑不必特加顧慮，容易保養，一般故障亦少，其安全裝置亦易於安裝。

油壓雖有以上優點，但亦有如下缺點：

- (一) 易受溫度變化之影響；
- (二) 時有漏油之患；
- (三) 速度時有變更；
- (四) 受管內最高流速之限制；
- (五) 油管之安裝不如電路配線之簡便。

針對以上諸缺點目前吾人已作種種之改善，不僅僅依賴於油壓，已從機械控制，電氣控制或其他方法等方面，予以併合使用。

1-2 油壓裝置

利用油壓之裝置雖多，茲以其中最基本裝置之油壓組成，試加檢討。

圖 1-5 係開孔作業鑽床之前進後退之裝置；茲將該裝置所要求之工作內容說明之

- (一) 鑽孔時應於鑽子上，加以適當之壓力按入工作品，如按力不足，則無法鑽開，但用力過大，恐易使鑽刀拆斷。
- (二) 鑽子應以適當之速度前進，如速度過慢，時間上不經濟，速度過快，不僅鑽子本身損壞，所鑽之孔，粗糙欠圓。
- (三) 開孔完後，鑽子恢復原位，作次一工作之準備。

以上運動係由油壓缸所給予，而油壓缸之運動乃由所輸入具有壓力能之油所促成，給予該油之壓力能之機器名曰油壓幫浦，亦油壓裝置動力之來源也。油壓幫浦係由電動機或其他原動機，予以帶動；油自油槽中被吸入，從其他方向排出，如圖

4 油壓學

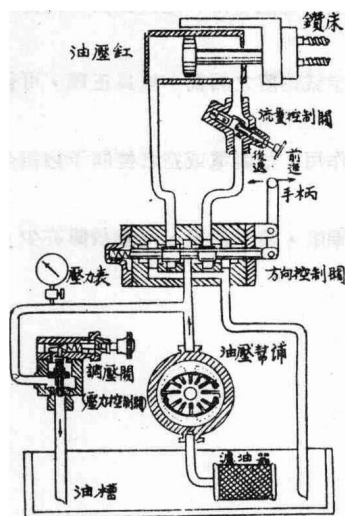


圖 1-5 鑽床油路圖(實例)

所示油壓幫浦，其吸入油量雖為一定，但壓力由“O”可加以調整，直至該幫浦所具最大輸出量之壓力為止。

茲就以上鑽孔工作之相關油壓作用情形，再詳細說明如次：

- (一) 鑽孔按入工作品之力，係由油壓缸內油之壓力而來，故應調整為適當之油壓，此調整工作由調壓閥為之，係壓力控制閥之作用也。經調壓後之油，送入油壓缸，使活塞前進，但其速度乃依單位時間內流入油壓缸之油量而定。
- (二) 為使鑽子得適當之速度前進，乃以流量控制閥調節其流量，然後送入油壓缸，此時幫浦輸出油中，其多餘部分則經調壓閥流返油槽。

(三) 開孔工作完成後，由方向控制閥改變油之流向，使活塞退回原處。

由此可知以上油壓裝置之組成乃依油之壓力控制，流量控制、方向控制等，所密切配合之一種運動，而係油壓缸所引起之動作也。

以上油壓油路係由以下各機器所構成計：

- ① 油槽
- ② 油壓幫浦
- ③ 壓力控制閥
- ④ 流量控制閥
- ⑤ 方向控制閥
- ⑥ 油壓致動器
- ⑦ 油管材料

關於油壓之基本機器，則由第四章「油壓機器」詳細說明之。

第二章 油壓基本知識

油壓裝置係指油經油壓幫浦，予以施壓，送入油壓缸或油壓馬達，而轉變為機械功能之裝置；因此廣為各種油壓機器所應用。茲為確實瞭解機器性能，油路特性，以及發生故障時探求其原因等，於是油（亦即流體）之性質有關知識乃屬重要；故本章特偏重於流體力學之研習。

2-1 油壓原理

2-1.1：巴斯加原理 (Pascal's principle)

圖 2-1 係簡單油壓起重器，以本裝置為例可表現油壓之特徵，茲就小力可以生大力，速度容易調節等事項加以研究之。

所謂巴斯加原理者，即靜止之流體應具備如下之性質計：

- (一) 流體壓力應垂直作用於施力面；
- (二) 流體中各點之壓力，在各方面均應相等；
- (三) 密閉器內之流體，加壓於一方，同時間內可傳達同大小之壓力於流體之各方。

例如圖 2-1 中：

右方：油壓幫浦之活塞斷面積為 A （平方公尺），所加之力為 F （公斤）

左方：負載 W （公斤），而油壓缸內部所生壓力為 p （公斤/平方公尺）

$$\text{則} \quad p = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

此壓力依巴斯加原理作用於左方斷面為 B （平方公尺）之活塞，推動該活塞上舉而生與載重 W 相等之力

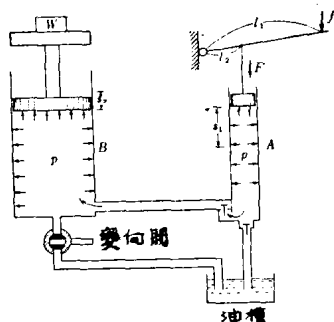


圖 2-1 油壓起重

6 油壓舉

$$\text{則} \quad W = pB = \frac{B}{A} F \quad (2.2)$$

依以上公式可知兩方活塞之面積比愈大，以小力 F 可舉重物 W 。同時活塞 B 之面積如為一定，則調節液壓 p ，即可控制活塞之推力；今活塞 A 下壓 S_1 （公尺），幫浦輸出之油量設為 q （立方公尺），傳至活塞 B 方使其上揚 S_2 （公尺）則

$$q = AS_1 = BS_2 \quad (2.3)$$

油自幫浦繼續壓送時，設其單位時間流量在活塞 B 方為 Q （立方公尺 / 秒），活塞移動速度 v （公尺 / 秒）

$$\text{則} \quad v = Q/A \quad (2.4)$$

以上速度 v 可由輸送油之流量加以調節。

2-1.2 活塞之推力與速度

如圖 2-2 設活塞之直徑為 D （公尺）兩邊之面積各為 A （平方公尺）， B （平方公尺），壓力 p_1 （公斤 / 平方公尺）之油自左方送入，右方產生推力 F （公斤）則

$$F = p_1 A = p_1 \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2.5)$$

但油路中有背壓 p_2 （公斤 / 平方公尺）時，對於 p_1 作功發生阻力作用，

$$\text{故} \quad F = p_1 A - p_2 B \quad (2.6)$$

活塞速度，可依流入油量與流出油量，加以調節，今設活塞 A 方流入油量為 Q_1 （立方公尺 / 秒）活塞速度 v_1 （公尺 / 秒），其關係為

$$v_1 = Q_1 / A \quad (2.7)$$

而 B 方即活塞桿方，設流出油量為 Q_2 （立方公尺 / 秒），活塞速度 v_2 （公尺 / 秒）則

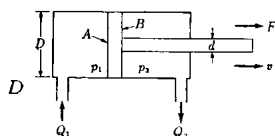


圖 2-2 油壓缸之動作原理

$$V_1 = Q_1 / B \quad (2.8)$$

茲就活塞之推力與速度之調節併加研討之：

活塞推力 = 壓力 × 活塞面積

活塞速度 = 流量 / 活塞面積

需要大推力，增加壓力乎？或加大活塞面積乎？但加大活塞面積，而速度保持一定時，則需大流量之油，其結果使幫浦或閥門之機器變為大形，油管亦加粗大，殊不經濟，總而言之應盡量減小活塞面積，而採取提高壓力之方法為妙。

（參考）圖 2-3 示葉輪型油壓馬達其油之壓力與流量。馬達依葉板（圖 b）之前後壓力差作用，而生旋轉，其轉矩則依壓力而定。又葉板旋轉所需油量 q （圖 c）係一定，因此若調節流量，則旋轉數亦可調節。

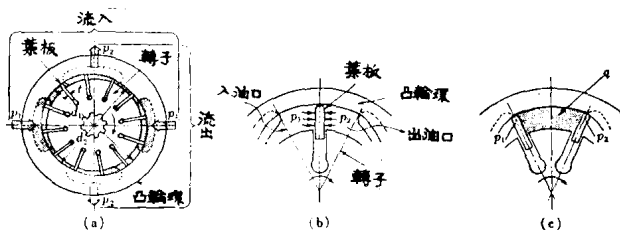


圖 2-3 葉輪型馬達之動作原理

2-2 壓力與流量

2-2.1：壓力

圖 2-4 示靜止液體之高度 H （公尺），底面積 A （平方公尺）之圓柱體形；底面作用之壓力 F （公斤）此液柱本身重量 W （公斤）則

$$F = W = \gamma AH$$

設 γ 為液體之比重（公斤 / 立方公尺），總壓力 F 平均作用於總面積 A 上名之曰平均壓力。

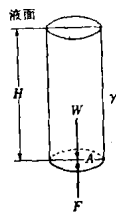


圖 2-4 靜止液體之壓力