

623775

科學圖書大庫

工業液壓大全

譯者 胡僑華

徐氏基金會出版

8
4
工
出

科學圖書大庫

工業液壓大全

譯者 胡 僑 華

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鑑

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年六月三十日初版

工業液壓大全

基本定價 6.40

譯者 胡僑華 中國鋼鐵公司機械工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 江淮彩色印刷股份有限公司 電話：5413269 • 5416842

譯 序

液壓學與許多工程之分歧一樣，是一門既古老亦新潮的科學，例如水輪是如此的古老，由於它的發明推進了人類的記載歷史，但在另一方面，具壓力之流體傳送動力及控制複雜動作的應用，則又相當的新穎，在過去的二十、三十年內才有極大的發展。

電力之發生，為水輪所代表的一項液壓學分歧，與此書無涉，蒸汽機、內燃機、電馬達與水力渦輪均在供應動力上表現了驚人的功能，然而，兩者皆缺乏引導此動力為有用工作的機構，本書之目的，即在研究具壓力液體在傳送動力或在精密控制下之動作的應用。

我們常被問及：“為什麼在我們已能支配許多著名的機械、氣壓及電力設備時，仍須要工業液壓呢？”

這是由於迄今所知，一定量的液體，在改良動作及傳送動力上，為最具有多才多藝方式的一種，它和鋼鐵一般地堅韌，且富有無限可變性，它可改變形狀以配合抵抗其推力的機體，它又可以被分解為許多部份，每一部份按其形狀工作，它更可以再聯合為一體工作。

它長度的一部分可以快速移動，但另外一部分又可緩慢移動，沒有任何介質能夠以這種實在、精確而可變的程度結合，並以最小的密度與重量維持其傳送最大動力的能耐。

控制液體的物理定律與固體機械一樣的簡單，且較控制電力、蒸汽、或氣體的定律為簡易。一般工程及特殊液壓之應用。終已獲致人類生理及金屬力量的延申，使得工作能被做得更精確、更快速，且具有更少的人類能量的消耗。

雖然本書旨在說明 Vickers 設備的運作及保養，但仍有許多章節包括了基本液壓學及所有型式的泵、馬達及控制等。所涉及的 Vickers 設備僅限制於最常見於工具機工業的代表系列。

近年來，已發展出一傾向，在各類型工業建立其標準，於液壓學中，可能此一方向最知著的努力，是由 Joint Industry Conference (J.I.C.) 所發端，JIC 是由許多著名的工業協會綜合而成，其旨趣在於建立工業標準，以期提高個人的安全，簡化保養，及增進設備與工具的使用壽命。由於它刊行的推介在液壓界受到廣泛的接受，其努力已由美國標準協會 (ASA) 及國家液壓動力協會 (NFPA) 所繼續，ASA 之名近來已被改為美國國家標準學會 (A.N.S.I.)。

目 錄

譯 序

第一章 液壓學簡介

壓力定義	3
能量之不減	3
液壓動力之傳送	4
液壓之優點	4
液壓油	4
液柱之壓力	4
大氣壓力注入泵	8
正排泵產生之油流	10
壓力如何發生	10
並行之流路	13
串聯之流路	13
經過一流孔之壓力降	13
壓力指示工作負荷	13
力量正比於壓力與面積	13
推算活塞面積	17
促動器之速度	17
管中之速度	19
決定管子所須之直徑	19
管線之額定值	19
功及功率	19
液壓系統之馬力	19
馬力與轉矩	21
設計一簡單之油壓系統	21
結 論	24

第二章 動力液壓學之原理

壓力之原理	25
流動之原理	29
液壓系統圖示符號	33

第三章 液壓油

液壓油之用途	39
品質要求	39
流體性質	41
粘 度	41
粘度定義	41
粘度指數	43
停流點	44
潤滑能力	44
氧化之阻止	45
催化劑	45
銹及腐蝕之防止	47
祛除乳化	47
添加劑之使用	47
石油類油做為液壓油	47
防火液壓油	48
水——乙二醇式液壓油	48
水——油乳化式液壓油類	48
人造防火液壓油類	49
液壓油之保養	49
貯藏及運送	49
操作要點	49

第四章 液壓之配管及密封

配 管	51
管 套	51
材料之考慮	60
安裝之推薦要點	60
密封及洩漏	61
防止洩漏	71

第五章 油貯藏櫃及油處理器具

油貯藏櫃	75
過濾器及濾網器	77
熱交換器	84

第六章 液壓促動器

缸 筒	88
缸筒之型式	88
缸筒結構	90
缸筒裝設	90
缸筒之額定法	91
缸筒作用之公式	91
缸筒之選擇	91
油壓馬達	95
油壓馬達定額	95
齒輪式馬達	97
輪葉式馬達	103
壓力板內之梭子閥	103
高性能輪葉式馬達	110
MHT 高轉矩馬達	110
共線活塞式馬達	114
補償器控制	114
曲軸活塞式馬達	114
活塞式馬達運轉特性	114
轉矩產生器	114

第七章 方向控制

止回閥	115
直角式止回閥	115
限制式止回閥	115
引導操作式止回閥	115
兩通及四通閥	121
旋轉式四通閥	124
閥桿式兩通閥	124
操作控制	124
“彈簧中心式”，“彈簧端點式”及“無彈簧式”	129
閥桿中心時之狀況	129
DG 4 系列	132
DG 3 及 DG 5 系列之閥	132
引導壓力來源	137
引導抑止	137

引導活塞	137
減速閥	137
斜梯度柱塞設計	137
可調整小孔設計	137
典型應用	141

第八章 伺服閥

機械之伺服	145
電動油壓伺服閥	147
單級閥桿式伺服閥	147
兩級閥桿式伺服閥	148
拍擊式伺服閥	148

第九章 壓力控制

釋壓閥	155
簡單之釋壓閥	155
綜合式釋壓閥	155
“R”式閥	157
“R”式釋壓閥	161
“R”式釋負荷閥	161
“RC”式程序閥	161
遙遠操作式程序閥	161
“RC”式抗平衡閥	161
RC 式制動閥	162
閥之裝設與定額	168
組合式程序閥	168
“X”及“Y”式程序閥	168
減壓閥	169
方向作用減壓閥	169
引導作動之減壓閥	169
反向自由流	171
解除負荷釋壓閥	171
充填操作	171

第十章 流量控制

流量控制法	172
流量控制型式	173
溫度補償式流量控制閥	178

第十一章 液壓泵

流體動力式	179
-------	-----

流體靜力式·····	180
齒輪式泵·····	181
輪葉式泵·····	181
聯合式泵·····	186
活塞式泵·····	200

第十二章 附屬裝備

蓄壓器·····	213
重量負荷式蓄壓器·····	213
彈簧負荷式蓄壓器·····	213
氣體充入式蓄壓器·····	215
應 用·····	215
增壓器·····	218
壓力開關·····	218

儀 表·····	218
----------	-----

第十三章 工業用液壓線路

釋負荷線路·····	226
循環終點之自動通放·····	226
蓄壓器泵釋負荷——電控制·····	232
蓄壓器安全線路·····	240
往復式線路·····	240
夾合及程序線路·····	240
抗平衡線路·····	248
制動線路·····	248
進給線路·····	248
由快速前進轉為進給之線路·····	262
旋轉流體靜力式驅動·····	262

第一章 液壓學簡介

(AN INTRODUCTION TO HYDRAULICS)

液壓學之研究與液體之使用及特性息息相關，因為在最初期，人類即已利用液體減輕其工作負擔，吾人不難想像一洞穴人偕其妻子跨乘一圓木順流而下，並以一蔓藤編紮的繩子，曳引著裝載其幼兒與所有物的另一圓木同行。

在最早有記錄的歷史即表示出，例如泉與水輪等裝置於很遠古的時期已為人所知曉，而並非延至十七世紀吾人始首度涉及液壓學分歧之應用。依據法國科學家巴斯卡（Pascal）所發現的原理，有關於一定量液體傳送動力的利用，可以倍增力量及改良動作。

巴斯卡定律，簡言之如下述：

作用於一定量液體的壓力可毫無減少地傳至所有方向，在各相同的面積上產生相同的力量，且與各面積成直角。

此觀念說明了為何一盛滿液體的玻璃瓶，如將瓶塞幾乎全壓入瓶頸時將遭破裂，該液體實際上為不可壓縮，且將作用於瓶塞之力量遍傳於容器內各處，請看圖 1-1，其結果為較頸塞面積為大之處發生過高之力量，因而如以中等之力量壓入瓶塞即可能衝破瓶底。

可能由於巴斯卡定律過分簡略，致使人們未能認知其偉大之內涵幾達兩世紀之久，直到工業革命的初期，有一英國的機工名叫約瑟夫·布拉馬（Joseph

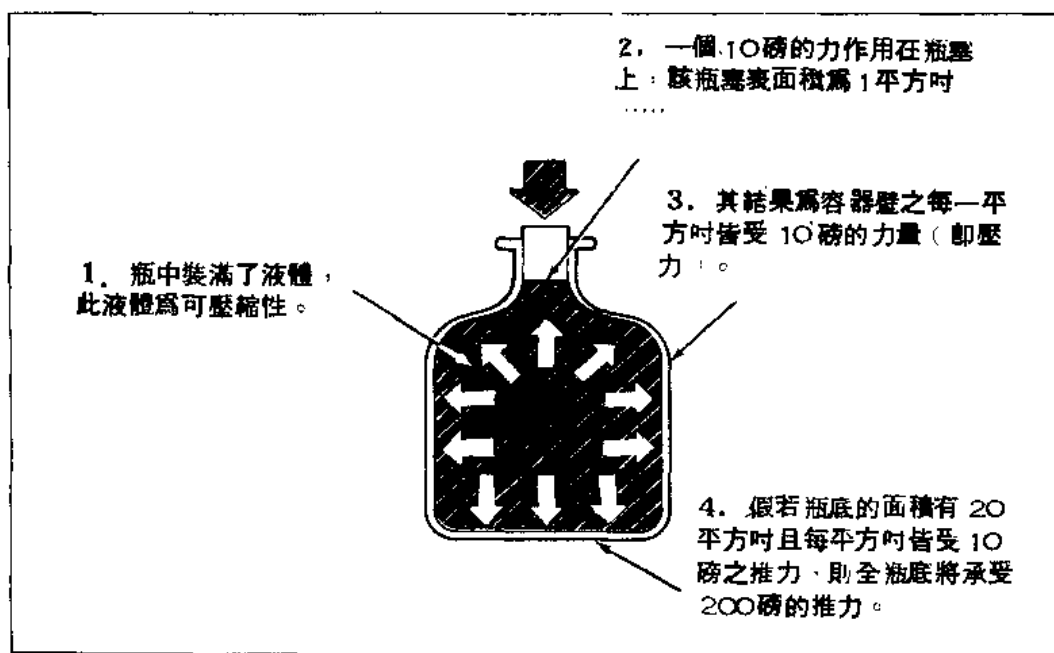


圖 1-1 壓力（單位面積之力量）遍傳於一定量之液體

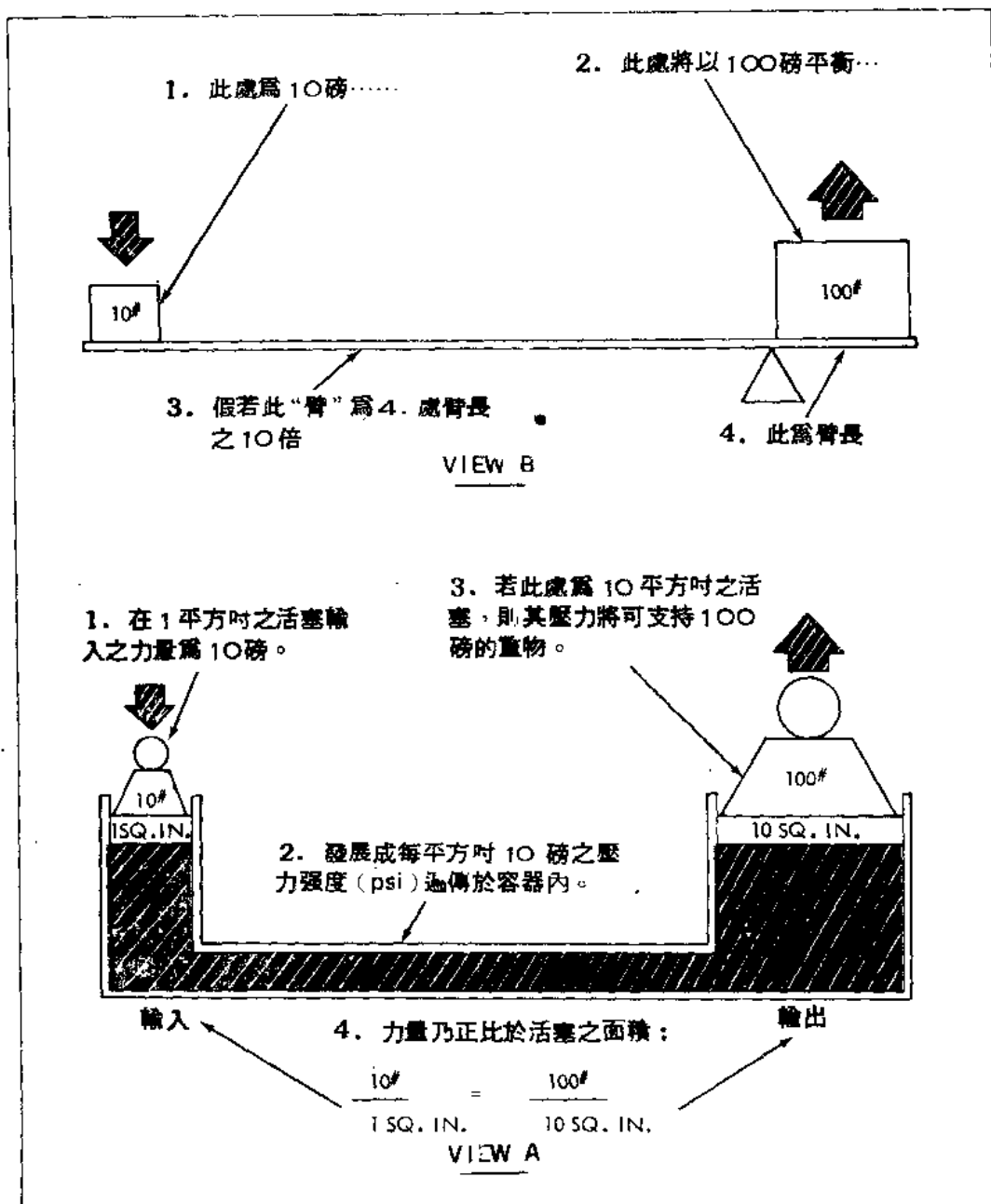


圖 1-2 液壓之槓桿原理

Bramah) 的，利用巴斯卡的發現發展了一具水壓機。

布拉馬認定，如在一小面積上施一小力量，將可在一大面積上成正比例地產生一大力量，一機械可運用之力量的唯一限制，即在其壓力所作用之面積。

圖 1-2 表示出布拉馬如何應用巴斯卡原理於其水壓機上，作用之力與圖 1-1 瓶塞所受之力相同，且小活塞亦為 1 平方吋之相同面積，大活塞則有 10 平方吋之面積，大活塞每平方吋受 10 磅之推力，故該活塞可支持總重 100 磅之物體或力量。

吾人可以容易地看出，得以平衡此器材的重物或力量乃與二活塞之面積成正比例，因此，倘若輸出活塞之面積為 200 平方吋時，輸出之力量將為 2000 磅（設使每一平方吋仍受 10 磅之推力），此即為液壓千斤頂的原理，與水壓機之原理相同。

吾人可有趣地指明，此簡易水壓機與機械槓桿間

的共同性 (VIEW B)，正如巴斯卡曾經敘述……在此又一次地，力量乃是力量，與距離乃是距離一樣，發生了關係。

壓力定義 (PRESSURE DEFINED)

為了決定作用於一表面的總力，必須知道壓力或每單位面積的力量，吾人通常以每平方吋磅之壓力強度表示，簡書為 psi，知道了壓力以及其所作用之面積的平方吋數，即可迅速地決定其總力。

（總力之磅數 = 壓力之 psi 數 × 面積之平方吋數）

能量之不滅 (CONSERVATION OF ENERGY)

——基本之物理學敘述能量既不能被創造亦不能被消滅，在圖 1-2 中所倍增之力量並非無中生有者，大

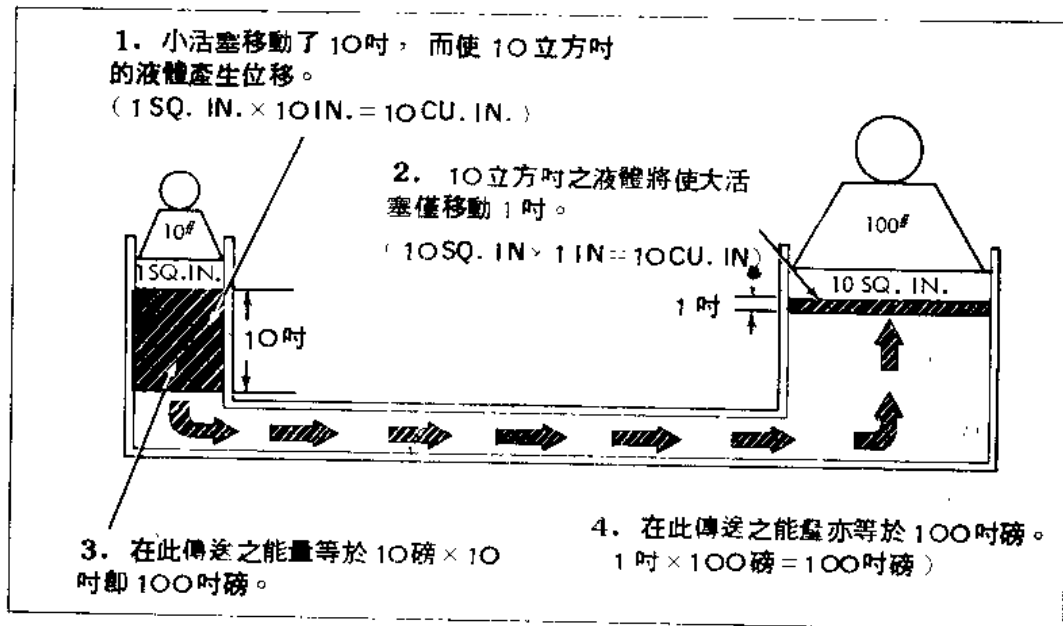


圖 1-3 能量既不能被創造亦不能被消滅

活塞之移動僅賴小活塞所移動之液體所造成，且每一活塞移動之距離與其面積成反比（看圖 1-3）。

在力量上的收穫必得自距離或速度上的犧牲。

液壓動力之傳送 (HYDRAULIC POWER TRANSMISSION)

液壓學如今可被定義為，以推動一定量液體而傳送動力的一種方法，系統的輸入部分稱之為泵，輸出部分稱之為促動器 (Actuator)。

雖然為了簡便的理由，我們常以一簡單的小活塞來表達，事實上大多數的驅動泵皆為多重活塞所組合，例如以輪葉或齒輪形成其泵動作之元件。促動器有為線性動作的，如缸筒是，亦有旋轉的，如油壓馬達是，請看圖 1-4。

液壓系統並非是一個動力的來源，動力來源為一原動機，如一電馬達或一引擎而可驅動泵者，讀者可能會發問，果如是，則為何不捨棄液壓而將機械裝備直接耦合於原動機呢？該回答為液壓系統在多方面的才能，使其所提供之優點超越其他動力傳送方法之上。

液壓之優點 (ADVANTAGES OF HYDRAULICS)

可變速率。大部分電馬達皆以定速運轉，且吾人亦渴望以定速操作一引擎。然而，液壓系統之促動器：無論為線性或旋轉動作，皆可調整其泵排量，或利用一流量控制閥，使其不受限制地以可變之速率驅動之。（圖 1-5）

可反轉性。極少數之原動機是可以反轉的，可反轉之原動機通常必須先減速至完全停止後始可反轉，但一液壓促動器却可在全速運轉下立即予以反轉而不損壞，以一個四通方向閥 (four-way directional valve)（看圖 1-6）或一個可反轉式泵 (reversible pump) 即可提供此反轉控制，此時並以一個釋壓閥 (pressure relief valve) 防止全系統之各部分超壓。

過負荷之防止。釋壓閥可防止液壓系統遭受過負荷之損害，當負荷超出該閥之設定值時，泵之排出液將被洩引至油櫃，使其維持於限定之轉矩或出力。而對於一機械之額定轉矩或輸出力量，如夾定或鉗合之動作，釋壓閥亦能提供某種設定數值之方式。

精緻之結構。液壓組件由於其高速與高壓之能力，故

可以非常小的重量與結構供給巨大的動力輸出。

運轉可承受制阻 (Can be stalled)。運轉中之電馬達（以為負荷或外物）阻泥時將造成損壞或燒燬熔絲，同樣地，引擎若無再起動之必要亦不可受制阻。然而，一液壓促動器在過負荷時可承受制阻而不致損壞，一旦此負荷減小時將瞬即起動。於運轉受制阻時，釋壓閥可便捷地導使泵排出液洩至油櫃，其唯一不可避免之損失僅為馬力之消耗而已。

液壓油 (HYDRAULIC OIL)

任何液體實質上為不可壓縮的，故均可在液壓系統中瞬即地傳送動力，液壓學之名，事實上，來自希臘文 *hydor*，即“水”之意，以及 *aulos*，“管子”之意。在拉馬的第一部水壓機以及某些今日仍在使用的壓床猶以水為傳動介質。

然而，在液壓系統中最通用之液體為石油類油，油僅有極輕微之壓縮性，故可迅速地傳送動力。油在 1000 psi 之壓力下將會壓縮其百分之二，此在大多數系統為一可忽略之量。油最令人渴望之特性為其潤滑能力，液壓油必須潤滑其各部位內所有的移動物件。

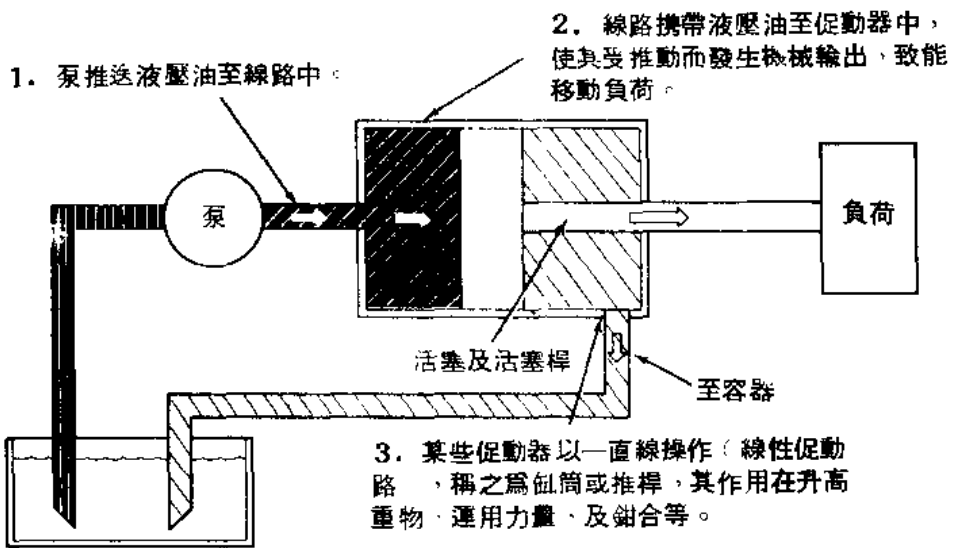
液柱之壓力 (PRESSURE IN A COLUMN OF FLUID)

某量體積油之重量隨其粘度（濃度）之變化而改變，但大多數液壓油在正常之操作範圍內每立方呎重約 55 至 58 磅。

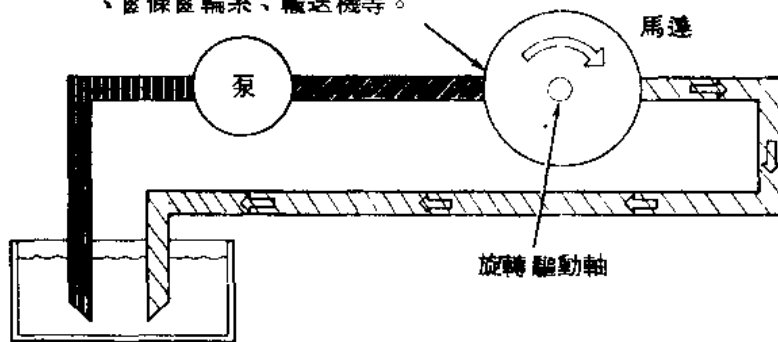
有關油重量的一個非常重要的考慮點為其在泵進口時的效能，在一個 1 呎油柱的底部，油之重量可產生大約 0.4 psi 的壓力（圖 1-7），若每增 1 呎高度，即將增 0.4 psi 壓力，因此，任何油柱底部壓力之推算，簡單地以其高度乘 0.4 psi 即得。

利用此種原理，可考慮油櫃安置於泵進口的上面或下面等狀況（圖 1-8），若櫃內油之平面在泵進口之上，則顯然有一正壓將油推送至泵，然而若泵置於油位之上，則每高 1 呎即須要相當於 0.4 psi 之真空以“升高”油至泵進口，實際上此油並非為真空所“升高”，而是受大氣壓力推入空洞 (void) 中，此空洞為泵運轉時產生於泵進口者。水與各種防火液壓油類均較油為重，因此每呎之升高須要較多之真空。

VIEW A 線性促動器



4. 旋轉促動器或馬達提供系統以旋轉之輸出，可連結於帶輪、齒輪、齒條齒輪系、輸送機等。



VIEW B 旋轉促動器

圖 1-4 液壓動力之傳送

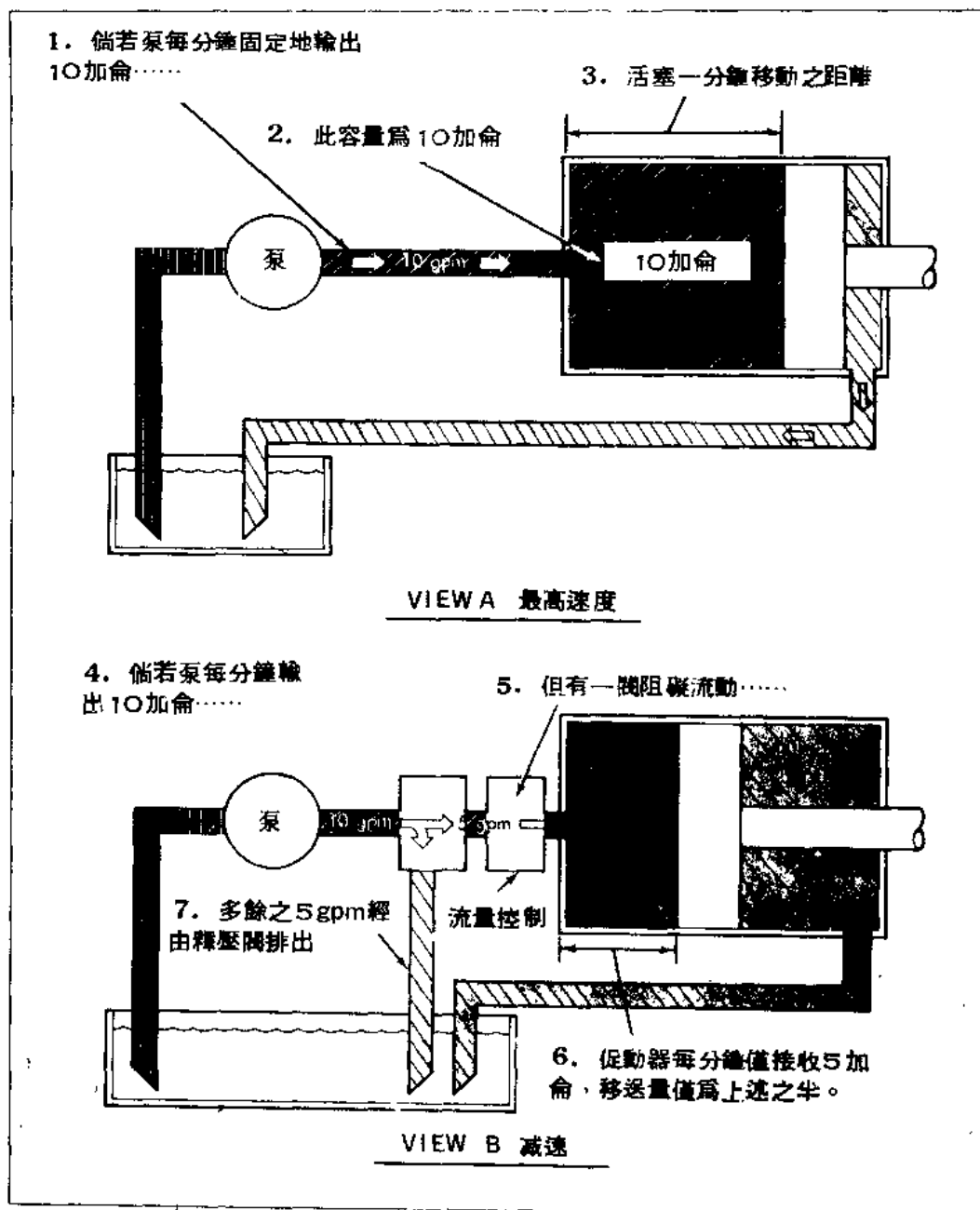


圖 1-5 液壓驅動速度是可變的

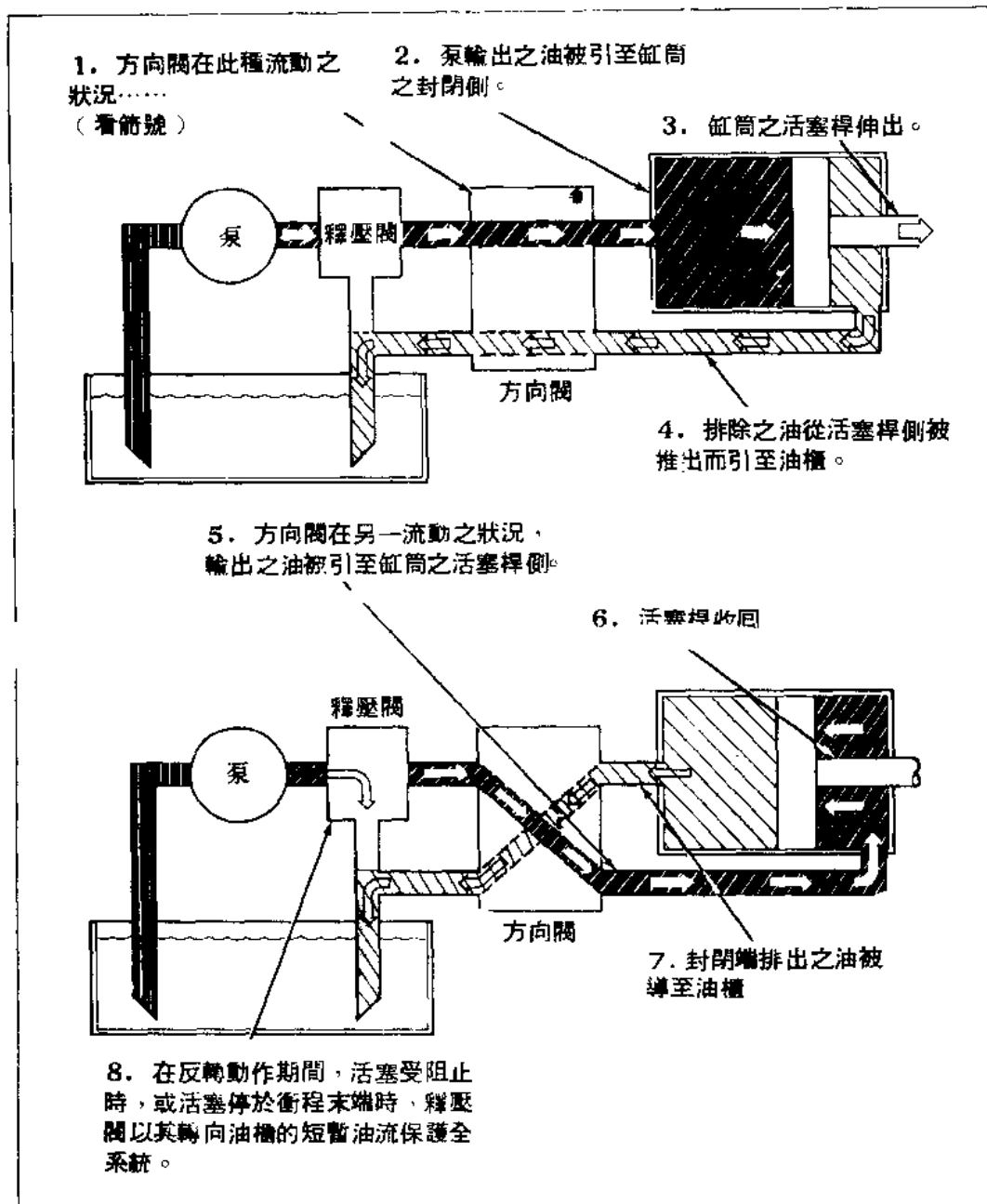


圖 1-6 液壓驅動是可反轉的

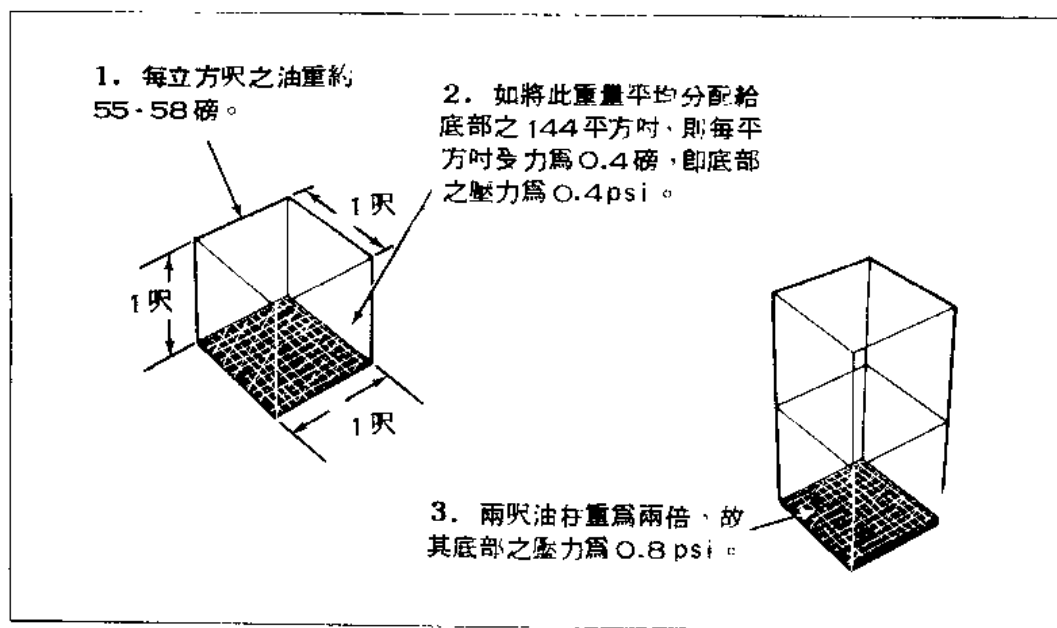


圖 1-7 油之重量產生壓力

大氣壓力注入泵 (ATMOSPHERIC PRESSURE CHARGES THE PUMP)

因受油櫃與泵進口間的壓力差，泵進口在平常為油所注入，通常油櫃內之壓力為大氣壓力，即 14.7 psi 絕對表壓，故在泵進口外須要有一部分真空或下降之壓力以產生流動。

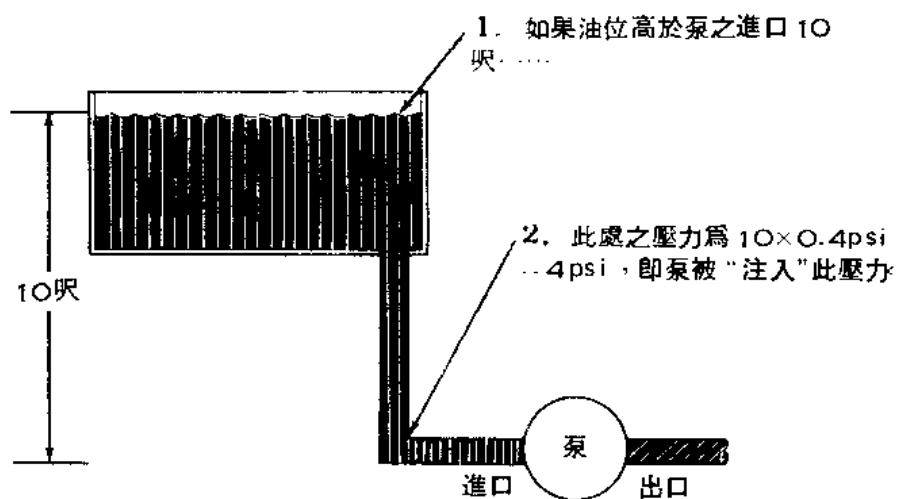
圖 1-9 示一油壓千斤頂的典型狀況，該機為一簡單之往復式活塞，在吸入衝程時，泵室內之活塞產生了一個部分真空，油櫃處之大氣壓力將油推入泵室內以補足此空洞。（在旋轉式的泵中，經過進口處連續不斷的泵室增加其體積，有效地產生了一個相同的空洞狀況。）

倘若可能在泵進口“抽出”一個完全真空，則顯然有一 14.7 psi 的壓力將油推入，然而，實際上，可能發生之壓力差非常小。在此真空下液體將蒸發，因此促使油中發生氣泡，這些氣泡被携經泵，當其出現於出口處之負荷壓力時，會以可觀之力量壓縮崩破，其所引起之損壞將傷及泵之運轉並減短其壽命。

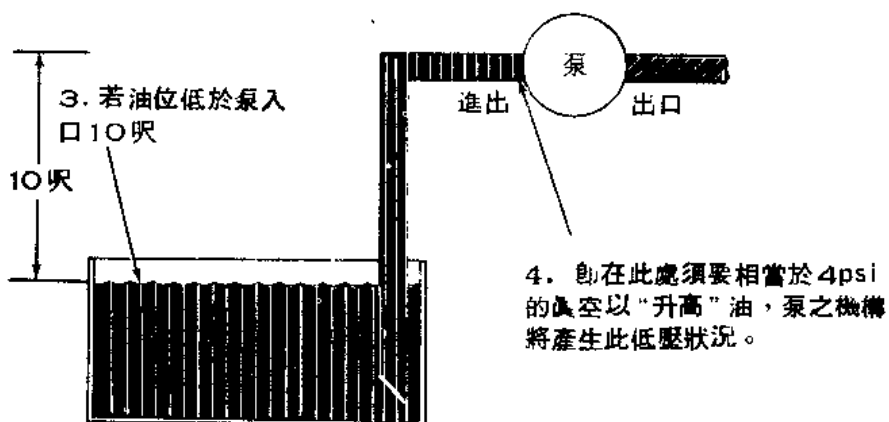
即使油有良好的蒸發壓力特性（如大多數液壓油然），但太低之進口線路壓力（高真空）將使空氣溶入油中而被帶入泵，此種油之混合物若出現於負荷壓力下仍將壓縮崩破，而造成相同的漩渦真空 (Cavitation) 破壞。驅動泵於過高之速度將會增加進口線路的流速，其結果為增進了低壓的狀況，進一步增加了漩渦真空的可能性。

倘若進口線路之裝具不夠緊密，則大氣壓力下之空氣可被壓入，經過線路之低壓部分而被携入泵內，此空氣與油之混合物亦可能引起故障和噪音，但與漩渦真空不同，當其出現於泵出口處的負荷壓力下時，多餘之空氣將被壓縮形成襯墊之效果，而並不猛烈爆破，此種可壓縮性之氣泡並不溶解於油中，但在經過系統時，可引起閥與促動器的不正常運轉。

大多數泵製造廠家所推薦的真空度不超過 5 吋水銀柱 (in. hg)，即在泵入口處相當於 12.2 psi 絕對壓力，因於油櫃處可望為 14.7 psi 大氣壓力，故僅餘 2—1½ psi 之壓力差推動液體至泵，過度之升高應加以避免，且泵進口線路之油流應具最小之阻礙。



VIEW A 油位高於泵可使泵進口受注入



VIEW B 油位低於泵時須要真空以“升高”油

圖 1-8 泵進口位置

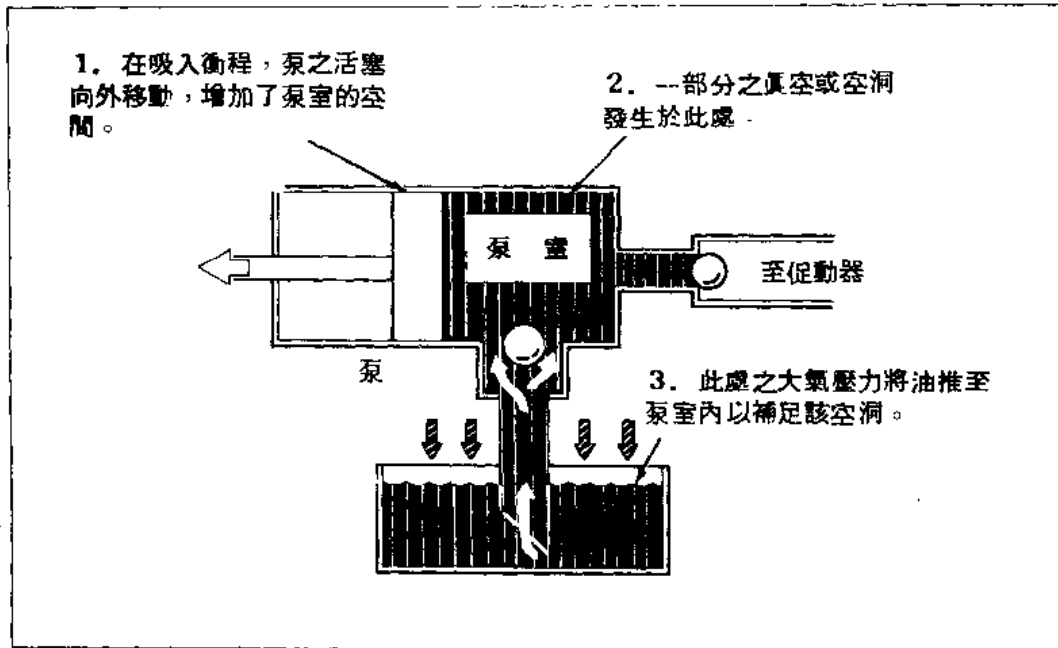


圖 1-9 壓力差可推動油至泵

正排泵產生之油流 (POSITIVE DISPLACEMENT PUMPS CREATE FLOW)

使用於液壓系統的大多數泵均列為正排之品級，其意義為，除非效率改變，泵之輸出均為固定的，且與壓力之大小無關。泵之輸出乃緣自入口的絕對密封，因此由入口所獲取者皆被強迫推送至出口通道。

泵之惟一目的在產生流動，壓力乃由流動之阻礙而發生，雖然有一共同之趨向在於指責泵的壓力損失，但壓力之損失，唯有因一漏口而使所有的流都洩出時才發生，殊少有例外。（注意所有二字）。

為說明此，請看圖 1-10，假設使用一個每分鐘 10 加侖排量的泵，去推動一個 10 平方吋活塞下面之油，並升高 8000 磅的負荷，當此負荷正被升高時，即受液壓油支持之時，壓力應為 800 psi。

即使活塞有一孔洞，致 $9\frac{1}{2}$ gpm 之流在 800 psi 下洩漏，但壓力仍將維持住，即僅以 $\frac{1}{2}$ gpm 之流仍可能移動負荷，當然其上升將非常緩慢，但其行

此動作所須之壓力維持相同。

現在假設此 $9\frac{1}{2}$ gpm 之洩漏並不發生於缸筒，而發生於泵內，則仍有 $\frac{1}{2}$ gpm 之流可移動該負荷，且仍具原壓力。因此，一個泵可嚴重地被磨耗，而幾乎喪失其所有之效率，但其壓力仍能被維持住，故單獨維持住壓力並不能指示出泵之狀況，而必須測量泵在某既定壓力下的流量，才能決定其為良好或惡劣之狀況。

壓力如何發生 (HOW PRESSURE IS CREATED)

壓力為流體受阻時所生之結果，此阻力可來自(1)一促動器上之負荷，(2)管路中之一限制或流孔 (Orifice)。

圖 1-10 為促動器上一負荷之實例，8000 磅之重力抵抗活塞下之油流並在油中產生壓力，如果該重力增加，則壓力亦告增加。

圖 1-11，為一 10 gpm 的泵其出口連結一設定