

473017

工具機的液壓操作

工具機手冊 第二十一冊



金屬工業發展中心 編譯



工具機的液壓操作

工具機手冊 第二十一冊

章 敬 賢
潘 國 桐 全譯

版 權 所 有
不 准 翻 印

中華民國六十八年十二月出版

工 具 機 手 冊 之 (二十一)

工 具 機 的 液 壓 操 作

編 譯 者 金 屬 工 業 發 展 中 心

發 行 者 經 濟 部 國 際 貿 易 局

印 刷 富 進 印 書 有 限 公 司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

序 言

由一或多個獨立的泵供應壓力油來操作工具機上各種運動系統，僅在最近才被廣泛的使用。因為它在許多情況下擁有很多的優點乃導致其異常快速的發展；今天有許多型式的工具機設計，使用一或很多的液壓操作運動。其中一個主要優點，是滑塊和工作台運行的行進速率、心軸的旋轉速率、在其最大能量的限度內，有無段變速的能力。在許多例子中，液壓操作對切削刀具的壽命，也有極佳的功效。一般情形，更多的工具機因此獲得一流的運動、寧靜和可靠的操作，其最佳的潤滑狀況也降低了工作件的磨損。一些特殊例子，液壓操作可資利用於很多其他型式的機器上。本冊內將其優點作簡明的介紹。也注意到很多的重要工具機的應用。有一章是討論油在管路中流動的理論，其餘的在介紹各種基本的迴路如何獲致不同的運動。在相關工具機手冊裏，講解到各種型式的泵和旋轉式液壓馬達，因為它對於現在多能的工具機是不可分的，故在本工具冊的幾本小冊中，刊出以上所提到的課題，以臻完善。

工具機的液壓操作

目 錄

	頁次
第一章 液壓操作的優點與應用.....	1
第二章 管路內油的流動.....	21
第三章 直線運動液壓迴路的型式.....	30

第 一 章

液壓操作的優點與應用

多年來，液壓動力已經很成功地被使用在某些型式的工具機操作上，這種系統在初期的應用上，水是通常用作動力傳遞的媒介，它是由蓄壓器，經由管子供應到一群的機器。它與機械式操作的機器比較下，在某些情況，它令人有更意的結果。而且其中蓄壓系統仍然被廣泛的採用，尤其是有關於重型機上。目前工具機器的最新趨勢，是朝着完全自給的單元。採用單獨的泵和液壓迴路才能盡量發揮，在機器上顯示出來液壓操作獨特的優點。再者，目前廣泛採用油代替水作為壓力傳遞的媒質，是因為唯有它的本質上才具備有發揮出液壓工具機的優點，固定或可變輸出泵的液壓力提供了工具機的活塞或旋轉式馬達的動力，其操作細節等均在下文中討論之。

今天，有關工具機設計，其中一個最主要的問題，最關於速度和進給都要求兼能適合於加工的材料和它使用的切削刀具大不同的特性。雖然，在這一方面仍有研究的餘地，通常要認識在某一種機械加工和所用材料是用某一型的切削刀具，所有的這些素因都考慮到後，就可找出最適合速度和進給的組合。一般情況，都是應用電驅動分段變速傳動的機械，即使是知道這速度和進給的組合也無法達成此理想的要求；若為了增大使用速度的範圍，以謀求適合和較佳的組合而加密變速的分段，其後果當然是非希冀的增加了傳動的複雜性和更多的零件。

而當運用液壓驅動時，速度和進給可輕易地調整在一比較寬的限度內而且速度是連續不分段的。這便構成這系統的主要優點。而且明顯可見的，由液壓式可賦有的速率或進給，在設計前不需準備建立明確的數據，較為需要的祇不過是決定最高和最小的速度。當操作機器時，最適合的速度和進給可採用由機器實驗所獲致的數據。

附圖 1 指出，Lange and Geilen 液壓操作牛頭刨床的生產能力圖解，速度是無段變速，從每分鐘 10 到 90 衝程。其他類似的齒輪驅動機器有四種速率，即每分鐘 11，20，36 和 70 衝程，以某一同樣工作在

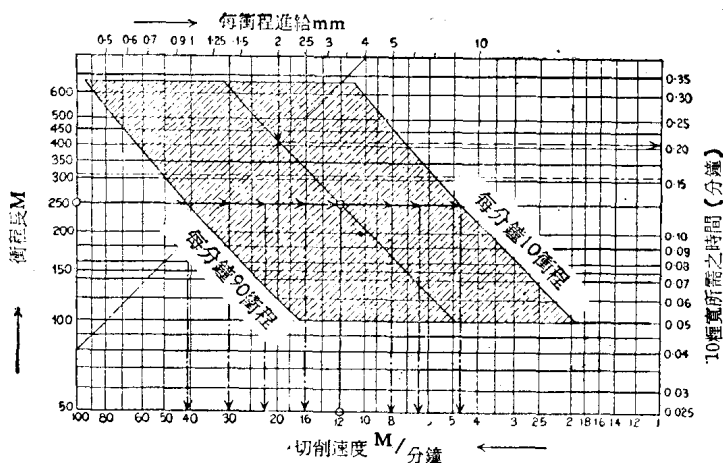


圖 1：液壓操作的牛頭刨床，在其速度範圍從每分鐘 10 到 90 衝程的能力圖解。

兩種型式的機器上作性能的比較，那是很重要的。假定機器都有相同的衝程 250mm (9.8in) 對工件材料的適當切削速率是每分鐘 12m (39.4 ft)；對齒輪驅動的機器而言，必須用第二檔或第三檔的速度，那工件就會在每分鐘 16.58m (53.5ft) 或 9.20m (30.18ft) 的加工程度，當切削速率為每分鐘 9.20m (30.18ft) 和 2mm (0.08in) 的進給時，則 10mm (0.4in) 寬度的加工時間是 0.25 分鐘，假如速度增加到 16.58m (53.5ft) 且使用前所相同的進給，那時間便會減低至 0.14 分鐘。但是，如用這種方式來減低切削時間，則刀具的邊緣將會很快地變鈍，便電要常常的再研磨；所以，由於在第二檔和第三檔速率間，缺乏一個中間級，便會造成時間的損失，或是刀具壽命的減短。假如使用液壓驅動的牛頭刨床，便會如圖所示，得到正確的切削速度，每分鐘 12m (39.4ft) 和前所使用的進刀量 2mm (0.08in)，則切削時間幾乎是 0.2 分鐘，這表示出無段變速的優點。

對一液壓操作的工具機而言，不僅在刀具切削工件前可迅速地調整速度和進給，且在限度內的任一要求值，可在切削的實際過程中操作。例如：當一台液壓進給的銑床，安排泵的輸出係依據被銑切的表面寬度而改變其行進速度，這是一件容易的事。因此一不同寬度的工

件，當其較狹窄部份碰到刀具時，進給速度便會配合的增加；而在機械式操作，則都是機器整個切削過程中的進給速率，而為專用在此工件的最寬部份的條件所限制。

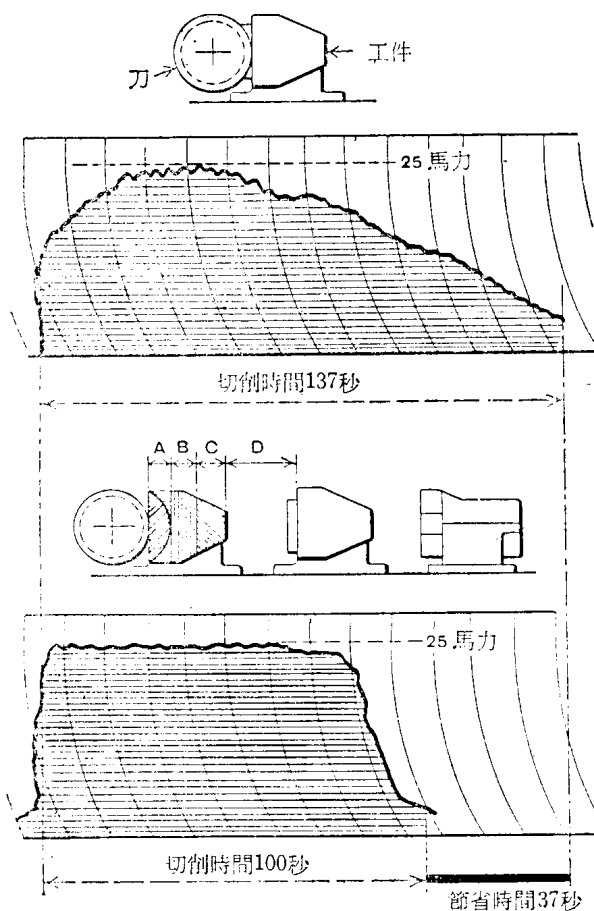


圖 2：約為一常數的金屬銑除速度曲線，用以指示其優點所在。

圖 2 的曲線，清楚的指示出在一個典型的表面銑切操作中，其優點為其動力消耗和金屬的銑除都是近手一常數。圖的上方表示曲線是一常數的進給，機器且在全能力的操作，僅此整個切削時間就花費了 137 秒。在液壓操作的機器方面，進刀速度便會因重切削而自動降低，此時工作台位移動為距離 A，當繼續超越過距離 B 時，協調速度仍

然保持其常數，但進給再加速超越距離C，下方曲線圖形中便是動力消耗的性能曲線，是由描繪瓦特計所指示出其近似的常數值，當整個過程中，時間降至僅為 100秒的時間，這是將另件排成一串集體銑切，並以高速超過間隙D，以減低空動的時間花費。

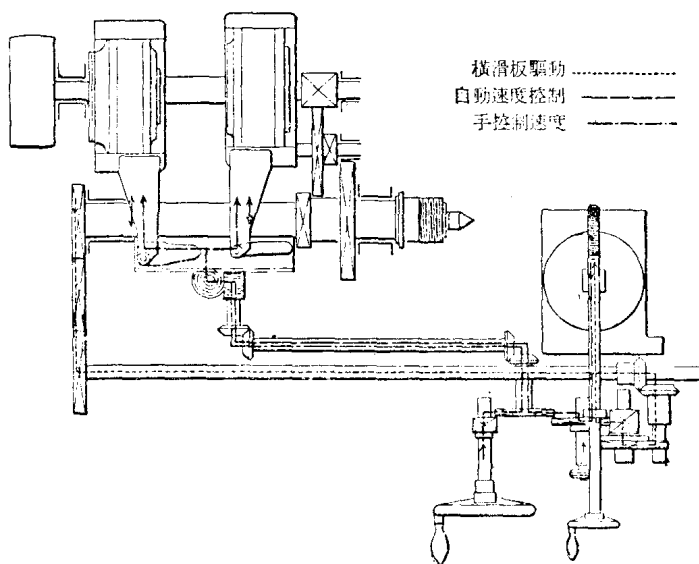


圖 3：液壓頂尖的車床驅動圖示。

當刀具運動的阻力增加時，進給泵輸出也可以適應而自動的減低，這種的安排的應用，例如，當車削鑄件或鍛件有大的內圓角時，進給便會因漸增的重切削而遞減。

通常一液壓傳動係由一可變輸出泵和驅動機所組成，例如，對一車床心軸之驅動而言，作一個廣闊的平面車削時，旋轉速度可自動的改變，以保持一常數的車削速度。圖 3 顯示了 Magdeburg 液壓頂尖車床驅動的圖解，經過雙滑動的後列齒輪，液壓馬達可與心軸連接。橫滑塊的動力進給，可由心軸轉動經由正齒輪和角齒輪而推動螺桿的轉動如細點線所示。心軸的速度可因操作護床上的手輪改變之，泵和馬達被設定（Setting）的根源，是由轉遞到滑動凸輪運動所控制的。如鏈點線所示。當作面切削時，心軸速度可自動改變，泵和驅動機

控制可由接到橫滑塊進給機構來控制它。如粗斷線所示。

允許的切削速度和進給對刀具壽命的影響

除了上述的改變切削速度以適合任何特殊情況，可降低刀具磨耗的優點以外，在實用上尚有：即使是以同樣的速度在機械式和液壓式的機器上操作，後者之刀具壽命通常會增高至50%之多。為瞭解當刀具或工件是應用液壓推進，為什麼刀鋒會有極大的耐久性的理由時，就要考慮到以油作為液壓傳動媒質的特性，和油通過迴路的性質：第一點，油是不可以被完全壓縮的，這可由 Hyde 所觀察結果得到證明，在攝氏40度，和壓力從1到5噸每平方吋情況下，麻油（Castor oil）、鯨油（Sperm oil）、和汽車機油（Mobil oil A），其容積彈性模數（Bulk modulus）範圍在242,000和315,000之間，其每 $1,000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ 的係數大約等於0.33%。除了油僅有微量的壓縮性的事實導致迴路中壓力方面的損失外，尚有漏油或泵與閥系之滑移；在正常的迴路中，漏油的速率是由泵的操作壓力與遇到與之對抗的活塞阻力所控制，通常當阻力增加時，泵真實的輸出到氣缸的油進給速率會降低。這兩個因素，即油的可壓縮性和因壓力上升所增加的滑移損失，都會在刀具的負荷增加時，工作氣缸活塞的行進速度會有些微的降低。由於油被壓縮的行程損失，卻可因油壓降低時油又有些微的膨脹而獲得補償；但是因滑移的增加所起的損失是永遠得不補償的；這是因為，在某一設定的泵的輸出速率將不會超過其設定值，所以得不到這方面的補償。相反地，以機械操作的進給，越過整個切削行程中，切屑的平均厚度一定是等於設定的進給速度。假如刀具遭遇到漸增的阻力時，由於軸和齒輪賦有的暫時微小的回退捲轉特性，因此在刀具的阻力再度降底，進給暫時的增加得以彌補其早先的損失，乃得恢復到其原設定之進給值；很顯然的液壓的進給和行進，所用刀具主要是為切削不同的深度或硬度的材料時，又車床或牛頭鉋床上，當刀具開始碰到工件作相同切削的情況時，都不比機械的進給更為嚴重。很多情況是不准許有一點行進速度變異的，若使適合這種情況，乃有了包括因壓力和黏度改變的補償器（Compensator）這樣雖可得到高度均勻的運

動，但液壓控制的滑塊仍不足以車削出一個準確的螺紋，雖然強制應用這方法去操作車削螺紋的話，即使是能得到一些緩衝作用而所得到的補償效用，卻是在另一方面、而是延長了刀具的壽命。

在進給或驅動迴路上包含有一壓力計，對於加在刀具上的力和所影響的情況，提供了一足可信賴的指示。刀具在面臨破裂以前的變鈍的邊緣可立刻的顯現出來，尤其是使用昂貴的銑刀或拉刀時，這個特點是極具價值的。

這種液壓迴路的特性可以防護切削刀具，使其有較長的壽命；在許多場合，也給予比實際應用在機械式操作的機器有較高速度和進給。例如：拉床的拉頭使用液壓式操作時，其切削速度可增加到百分之五百，而且在鑽床和銑床上，當利用油壓來控制運動時，也成功地使用了非常高的進給速度。

動 力 消 耗

一般的液壓泵，對一已給迴路提供油所需的動力和得到相同結果的機械式機器所需動力，前者是比較低的。最突出的是可變輸出泵的整個出力都供應到工作氣缸；驅動是依據活塞上升和下降運動的阻力大小所需的扭矩而定。近來一些機器有傾向採用錯綜液壓迴路的趨勢，通常都是以改進運動的穩定性為目的。當然，在這種情況下，在效率上自然有相對損失，即使這樣，與機械式的作選擇上的比較，液壓式的仍佔優勢。

實驗上指示，當拉刀操作一已知的材料時，在已知的速率下，用液壓操作的拉床，比較用螺桿操作方式的拉刀僅需較小的拉力。動力節省的實質上，並不具有任何商業上的意義；但重要的觀點，是刀具對切削作用這一個事實。有一專家曾提出，可變輸出泵的活塞，將脈衝帶給在迴路中的油，使其有類似壓氣鑿（Chipping hammer）的作用。吾人皆知，用人力操作龍門刨床拉製代替液動上述刀具就沒有這快速鑿打擊現象發生，不管有沒有上述的作用，但毫無疑問的是帶給迴路中的油有脈衝壓的頻率，通常是每秒100到200次，其多寡是依泵設計的操作速度而定。在許多應用上，油的脈衝性是無害的，且像

以前提出的反卻爲必需的優點；但是在另一方面，是絕對非所希冀的，一定要儘可能的避免它，容稍後再加以解釋。

免招損害的能力

在機械式操作的機器上，通常都備有防止因負荷超過或操作疏忽而不使其損及刀具或機器另件的配置。這適當的安全保護的安排，通常對設計者是個難題，且這裝置也並不可靠或是一成不變的；所以在機牀超過負荷停車或損壞後，可能要耽擱一些必需用作重整的時間。在液壓迴路則不然，它決定性的作用是活塞所使出的最大的力，在迴路上裝置一放洩閥（Relief valve），設定在一相當於操作的壓力。那麼，一個液壓操作的滑塊或台面前進若頂在一個確實的碰止上，可保證壓力是在決不超過事先設定值的。用這種方法製造直徑爲有階梯的軸、輪各肩部位置，有準確的長度和距離，在返回以前，尚可安排此滑塊在末端停留一些時間，以便加工肩部清角部份。

設計的簡單性和可變性

一通常的準則，對工具機單位，一個機器爲液壓迴路其運動週期的設計與機械式的得到有相同結果，但卻是簡單且包含較少的運動另件。某一些機器的迴路愈是複雜，其結果對於補償壓力和黏度的改變，便要做更多的努力的趨勢，但是很多應用上並不那麼複雜。泵可放置在機器上任何希冀的位置上，液壓馬達或操作氣缸可放置在與泵相關的任何角度上，只不要增加傳遞管路的複雜性都是可以的。

圖4：表示Billeter & klunz台面旋轉磨牀上液壓泵和電驅動馬達安排的情況，整個的組合安裝在一平板上再用螺栓固定在機器前方的底座裏，如後視圖所示兩個可變輸出泵，右邊的一個，供應油到氣缸內使砂輪滑座縱向運動，而左邊的供應另外一個迴路使旋轉台面運動，最後台面的傳動是經由一蝸輪驅動系統。

直線運動標準型的泵，馬達和氣缸提供了足夠可資利用範圍，以適合大多的需要。不管是手或自動操作，其所需的控制都是相當簡單的，且很方便的依現代的實用方法把它們匯集在一起。

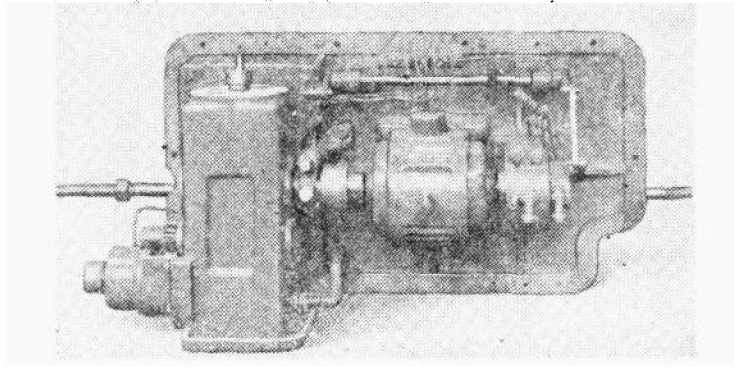


圖 4：Billeter & Klunz平面磨床驅動馬達和液壓泵的裝置。

在圖 5 表示控制桿操作的油系統 (Oil gear) 及閥組合配置圖解。
 它可調整一往復式台面迴路中油的流動。閥殼固定在機體內的底座

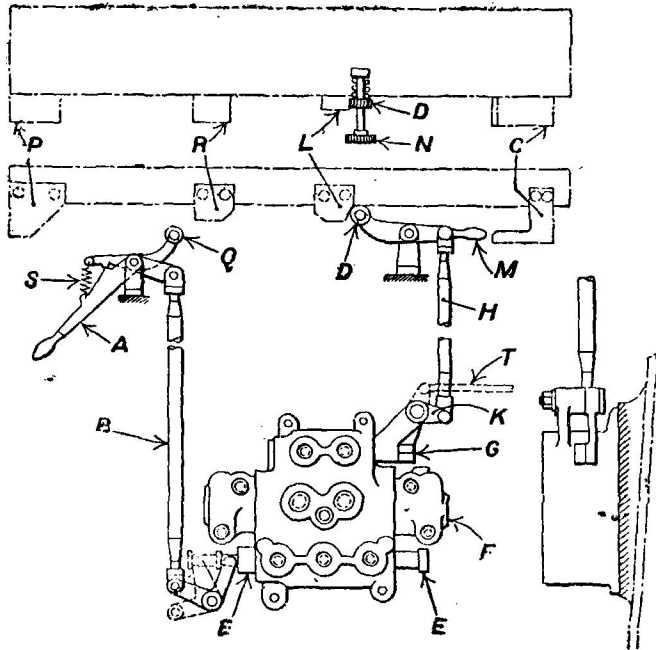


圖 5：表示操作一油系統閥組合控制桿的安排。

上，機械操作的導引閥G，液壓操作的回動閥F，和機械式操作的起動與停止閥E，也可使這往後式台面寸動。導引閥的作用是送油到操作活塞式的回動閥室內的一端或另一端，這個閥會依序將油壓送到工作氣缸的一端或另一端。

要使這循環開始操作時，由手壓下桿A就是提升連桿B，藉着一双臂曲柄桿移動閥E向右方到達其最初位置。然後台面會向左移動，直到凸輪C接觸滾子D以提升它到某一距離時，桿H被壓下，結果導引閥G會藉着双臂曲柄桿K而移動至左方。此時回動閥F再操作，使台面移動至右方，直至滾子D被凸輪L所壓下。此後，導引閥會向右方移動，台面也再反向運動，如需設定凸輪C和L，在範圍內的任何一點回返動作時，可依據運動的方向手操作升高或降低桿M以達成之。

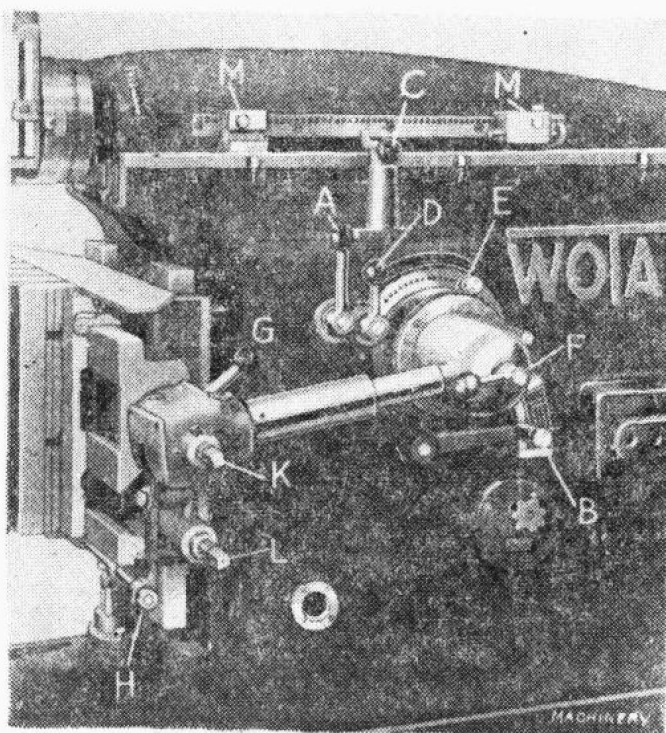


圖 6：表示Wotan牛頭刨床液壓控制的近視圖。

把手柄N向外拉出，滾子D便由凸輪L路線中明確的移出來，所以台面繼續向右移動，直至碰到停止凸輪P及滾子Q為止，桿乃被壓下而移動閥E到左手位置，這樣乃切斷了供應到工作氣缸的油路，放釋手柄N，彈簧便立刻使滾子D回復到正常位置。停止凸輪P和載荷凸輪R，通常都是這樣的設定，當凸輪P在壓下滾子Q，且台面在停止的情況，而凸輪R也是在幾乎可以接觸到滾子D的位置。凸輪L和K之間的距離，決定了台面從工作到負荷位置行程的長度。很顯然地，只要將桿A提升，台面便可在任何時間停止。

台面停止在負荷位置後，若再起動操作可壓下桿A，簧S乃受張力，滾子Q仍然是和停止凸輪P保持接觸。扳柄A保持壓下狀態直到台面向右移動時，以後引起凸輪R壓下滾子D，因此台面便又反向行進。當台面向左移動，滾子Q會因離開凸輪P而懸空，此時彈簧會使這滾子回復到與扳柄A有相對正常的位置。台面向左的更進一步運動，使凸輪L在滾子D上面，D原本是在壓下位置。當凸輪C和滾子D碰到時，台面便又反向進行，和早先一樣的往復循環。凸輪C，L和R的設計，能使閥導引的行程在範圍以內，但與台面的速率無關。雙臂曲柄桿的樞軸是一磨擦接合以確保一平滑動作，並能吸收由於連桿不平衡所引起的任何運動。為操作方便計，顯然的導引閥排在左手邊，起動和停止閥應排在右手邊，而如圖中T所示閥可轉向 90°來作為

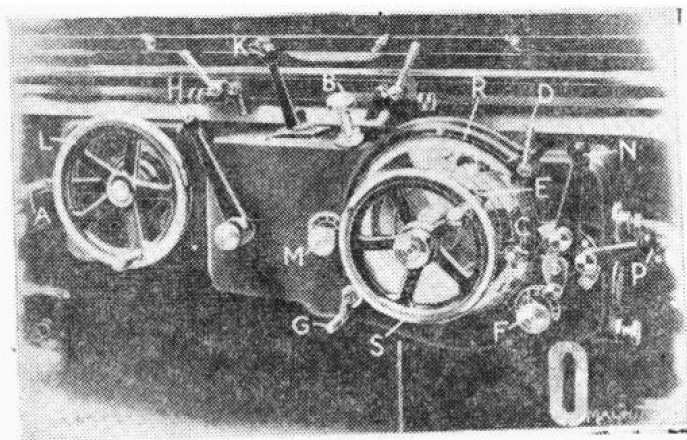


圖 7：Lund Precimax磨床控制部份的近視圖。

控制垂直方向的往復運動之用者。

這例子指出，簡單的控制如何能得到各種的運動，若有需要以扳柄的安排來達成另一作用。例如：扳柄A可和一離合器聯接來驅動機器的心軸，如此，心輪便隨着台面的往復來起動或停止。

圖6所示為Wotan液壓式操作牛頭刨床控制部份的近視圖，扳柄A提供接合這往復式運動，而桿B用於調節泵的輸出，也就是溜柱的速度。桿D用於有三段：每分鐘50,72,100呎的最高速度組合的選擇，溜柱的反向動作是由手動桿C來控制，或由觸止塊M自動的操作。桿E可改變台面的橫進給，而桿F可使台面快速的行進。台面的運動是由桿G操作使機器起動和停止，在兩方面的行進，都是由桿H上的觸止限制。軸K和L的方形端可供扳手調整操作。

Precimax液壓磨床不僅工作台面的往復和進給運動是液壓操作，而工件心軸也是由液壓馬達驅動，油壓也利用在使車尾頂尖有合適的端壓密集排列的控制，可參閱圖7近視圖。桿A用來控制可變輸出泵的偏心率，所以能使工件心軸速度是一無段調整的。磨輪滑塊的進給可以作繼續向深處磨切或間歇式的行進研磨。直進磨切進給的操縱是藉着手柄C，調整是由手柄B，而桿D是一自動進給的操縱桿，可應用於任何需要的場合。間歇式的進給是由桿E來選擇，而由手柄F來調整，由桿G來操縱運動。台面由桿H來起動和停止，桿K用來反向運動，手輪L可由手轉動，手柄M是用作速率的控制。桿N和P可用來起動和停止磨輪及工件心軸的轉動，且與桿H連鎖動作，S為手操作磨輪進給，R為自動定寸標度。一個分離的控制是用來提供磨輪磨耗的補償。事實上，有不少於16種不同的功能是利用手輪或扳柄來控制的。這些動作，都可以按圖索驥在操作位置上找到。

液壓動力獨創其完善的系統單元，且漸增普及在鑽床和銑床上。從一中央系統泵的油壓可以輸送到許多單元的頭，不然每一頭都各有其自給的泵。每一個頭有它自己的電驅動馬達來驅動心軸，氣缸和活塞，以得到極快速的前進給和快速回程，以及所有必需的控制配備，且為一完全自動的循環。

或者，每一個頭都備有它自己的泵或多個泵，這型式單元，是