

哈 尔 滨 工 业 大 学

金屬切削机床液壓传动 與液壓自动化装置

費 开 編

1957

金屬切削机床液压傳动 与液压自动化裝置

費 开 編

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

1957

編 者： 費 开

出版者：哈爾濱工業大學

印刷者：哈爾濱工業大學印刷厂

1957年11月出版 成本費 2.20元

前 言

本讲义主要是根据編者在哈尔滨工业大学为机床刀具專業学生講授「金属切削机床液压傳动及液压自动化裝置」一課的講稿，並参考了苏联專家阿、尼、赫里可夫同志的講稿及其他有关書籍編寫而成。本讲义可作为金属切削机床与刀具專業学生學習本課程的主要参考書。

本讲义共分九章，分別敘述各种液压部件的作用原理及其設計，液压系統的設計和液压調速、穩定及随动等問題。

鑑于目前我國还缺少这方面的参考資料，特在讲义中編入了若干設計数据及标准液压件的規格，以供做畢業設計时的参考。

在編寫本讲义过程中，承蒙教研室張曙、章炎等同志代为校对，並提出改進意見，特此致謝。

由于編者水平有限，並缺少教学經驗，錯誤与缺点在所难免，希望讀者指正，以便改進。

費 开

1957年11月

目 录

緒 論

第一章 概 論

- § 1. 液压傳动及液压自动裝置的一般概述..... 3
- § 2. 基本液压傳动系統及其工作原理。..... 6
- § 3. 开式及閉式液压系統。..... 9

第二章 液壓裝置中所用的液體

- § 1. 对液压裝置中所用液体的要求。..... 1
- § 2. 油的粘性.....12
- § 3. 油的选择与应用.....13

第三章 直線往復運動的傳動裝置

- § 1. 动力油缸的分类.....16
- § 2. 油缸的密封裝置.....22
- § 3. 油缸的計算.....33
- § 4. 油缸的技術条件及洩漏試驗.....35

第四章 油 泵

- § 1. 一般概述.....38
- § 2. 油泵的工作性能和試驗.....41
- § 3. 齒輪油泵.....45
- § 4. 叶片油泵.....56
- § 5. 活塞油泵.....64
- § 6. 油泵型类的选择.....97

第五章 液壓系統中的控制調節裝置

§ 1. 控制压力的閥類.....	99
§ 2. 控制液流方向的閥類及換向裝置.....	113
§ 3. 調節油量的閥類.....	127
§ 4. 閥的几何尺寸关系.....	131

第六章 速度的調節、穩定和快速運動

§ 1. 速度的調節.....	137
§ 2. 速度的穩定.....	148
§ 3. 快速运动.....	152

第七章 金屬切削机床中的液壓輔助裝置

§ 1. 蓄能器.....	156
§ 2. 濾油器.....	159
§ 3. 油管.....	163

第八章 液壓傳動系統的設計

§ 1. 液压系統方案的拟订.....	168
§ 2. 設計液压系統簡圖.....	169
§ 3. 液压部件的選擇及設計.....	171
§ 4. 液压系統的效率、調整压力和功率.....	172

第九章 液壓隨動機構

§ 1. 基本液压随动系統.....	176
§ 2. 随动機構的工作分析.....	185
§ 3. 随动機構的靜力特征及穩定性.....	190

附 錄

緒 論

在近代的金属切削机床上，液压傳动及自动化裝置有着广泛的应用。机器制造工業的各个部門都不斷地生產着以液压傳动作为主要傳动形式的各种万能机床、組合机床、自动机床和自动作業線來裝備自己的企業。

「金属切削机床液压傳动及液压自动化裝置」这門課程也就是在这样一个基礎上建立發展起來的。現在这門課程已經成为培养一个具有一定水平的机床設計所不可缺少的教学內容。

人类在很早以前就学会了利用液体來解决某些技術問題，列如簡單的水力机械，远海航行技術等。

1643 年托里切利確定了液体从小孔流出的基本定理。1650 年巴斯格確定了液体內部压力傳遞的著名定理。1688 年牛頓確定了液体內部摩擦、液体中音速傳布等定理。从那时起，就奠定了現代水力学的基礎。但是，在金属切削机床上应用液体來实现傳动，还只是近几十年來的事。

1925 年苏联开始在金属切削机床上应用液压裝置。首先，主要是用于低压力 ($p \leq 12$ 大气压) 的磨床。1935 年，苏联金属切削机床实验科学研究所(ЭНИМС)，在吉古新院士的領導下設計了一套能实现不同自动工作循环的高压 ($p \leq 70$ 大气压) 低速液压裝置，这标示了机床制造業中的一个巨大進步。由于要設計和制造一套小進給量的高压裝置，或流率均匀、調節灵敏特殊机械，就必须具有高度的技術水平。

我國的金属切削机床制造業，是在解放后才得到巨大的發展。1951 年上海机床厂制成了第一台以液压傳动的虬 13 式万能工具磨床。但在這五年中，上海机床厂不僅掌握了各种磨床(列如，各种外圓磨床，平面磨床，凸輪軸磨床，曲軸磨床，滾珠磨床，工具磨床等)的試制及生產，而且在苏联專家拉基維林同志的指導下，進行了液压部件标准化的工作，和开始自行設計更精密的磨床(列如螺絲磨床及齒輪磨床等)。

此外，在沈陽、濟南、大連等地的机床制造厂中也都开始建立生產

液压部件的車間或工段。沈陽一厂已試制了 ИТ001 組合机床的液压的操縱板 y424 ($p \leq 65$ 大氣壓)。目前，我們的任务是進一步提高生產技術水平、掌握高压傳动的生產、仿制及自行設計新的液压傳动裝置、建立液压實驗室和开展試驗研究工作等。

液压傳动总的發展方向可以归納为以下几个方面：

1. 改進密封裝置，提高零件制造質量，選擇更合适的耐磨性材料、進一步增高液压系統中的压力和設計出功率大、效率高、結構緊湊、體積小及重量輕的新的液压傳动裝置；
2. 液压部件的標準化；
3. 液压傳动的剛性、振動及穩定性的研究；
4. 液压操縱应用在遠距控制中研究；
5. 液压隨动機構的研究等。

虽然在蘇聯及其他國家有很多科學研究機關在進行着這方面的研究，在最近几年出版的書刊、雜誌中也經常發表這方面的文章，但是，和其他科學（列如電力傳动，电气自動化等）比較起來，它還顯得很不成熟，很年輕，而且進展得很慢。其中有很多的問題尚待我們深入地研究和解決。

第一章 概 論

§ 1. 液壓傳動及液壓自動裝置的一般概述

液壓傳動及液壓自動化裝置的应用範圍之所以日趨廣泛，以及它之所以得到很多學者的重視，那是因為它有其他傳動裝置所不可能具備的優點：

1. 機構能自行潤滑，因此，提高了工作的可靠性、改善了零件的摩擦情況和延長了它的工作壽命；
2. 能在有載荷的情況下無須停車而進行無級調整速度及進給，以保證獲得最合理的切削用量；
3. 運動平穩而無撞擊；
4. 能得到很大的牽引力；
5. 容易實現工序的自動化；
6. 操縱簡單方便；
7. 能自動防止機床的過載，以免受到損壞和發生事故；
8. 容易檢查牽引力與壓力（用壓力表）；
9. 部件安裝方便，不受軸與其他機械傳動機構的位置影響；
10. 部件的通用程度高，便於標準化。但是，液壓傳動裝置也有缺點，這些缺點在不同程度上限制和縮小了它的使用範圍，其缺點是：

1. 在油管和接頭處，以及其它液流速度或方向發生變化的地方，液體的摩擦損失很大。這種損失隨着速度的增加而遞增，致使液壓裝置的效率降低。因此，液壓傳動系統中的液流速度受到一定的限制，一般最大達 10—20 公尺/秒，在旋轉運動中，應低於 3500 轉/分鐘。

2. 填料和間隙中的液體洩漏會降低運動速度和傳動效率。因此在很多情況下，配合零件必須製造精確，以減少和避免洩漏，但是與此同時零件的製造成本將大大增加。

3. 液體溫度和粘度的變化會影響機構運動的平穩性，因此必須設有調整裝置。

4. 液体的洩漏和可壓縮性影響傳動比，因此不適用於定比傳動中（例如，切螺紋，切齒分度運動機構）。

5. 液体中有空氣，影響工作平穩性。

6. 不容易找出事故或損壞的原因。

7. 工作時油管的伸長及縮短會使接頭鬆脫。

8. 容易燃燒，必須做好防火安全工作。

雖然這些缺點和它的優點比較似乎微不足道，但是在設計液壓裝置時，我們還是應該盡量地減少其影響。

因為液壓部件的標準化可能性很大，而標準化帶來的好處又很多，所以下面就談一下液壓傳動及自動裝置中部件的標準化問題。使用標準化部件非但能縮短設計時間、降低制造成本、使修理更換更加方便，而且能使生產集中化、專門化。這一點在我國目前缺乏高度技術水平的設計人材和生產工人的情況下，那就有着更為重要的意義。

液壓傳動及液壓自動化也只有在部件標準化的基礎上才能得到迅速的發展。

液壓部件標準化工作中首先應當解決的問題是液壓部件基本尺寸系列的確定，而要解決這樣一個問題，那就必須先確定液壓傳動中的流率與壓力的系列，因為液体的流率與壓力是設計液壓件的基本根據。現在將蘇聯機床實驗科學研究所（ЭНИМС）的流率與壓力的系列數值推薦如下：

表 1 液体的流率系列 公升/分鐘

0.5	1	1.8	3	5	8	12	18	25
35	50	70	100	140	200	280	400	560
800	1100	1600	2200	3200	4500	6300	9000	12600

表 2 压力系列 公斤/公分²

条 件 压 力 $P_{\text{条件}}$	試 驗 压 力 $P_{\text{試驗}}$	工 作 压 力 $P_{\text{工作}}$
2.5	4	2
(4)	6	3
6	9	5
(10)	15	8
16	24	13
25	38	20
(40)	60	32
64	96	50
100	150	80
160	240	125
(200)	300	160
250	350	200
(320)	430	250
400	520	320
(500)	625	400
640	800	500
(800)	1000	640
1000	1250	800

$P_{\text{条件}}$ ——有安全閥裝置的油泵及各种操縱輔助裝置按此压力設計計算;

$P_{\text{工作}}$ ——長期不間斷工作的油泵按此压力設計計算;

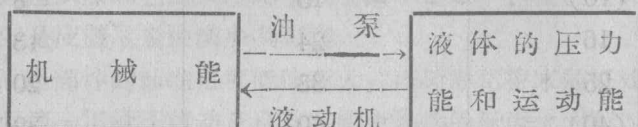
$P_{\text{試驗}}$ ——進行液壓部件強度試驗的压力。

液壓部件的尺寸系列也就根据這兩項基本系列数值確定的。

除上面所講的尺寸系列標準化以外，還必須使液壓部件結構標準化，在此不多敘述。

§ 2. 基本液壓傳動系統及其工作原理

机床的基本液壓傳動系統是由兩個能量轉換裝置和一套操縱、輔助裝置組成。第一個能量轉換裝置是油泵，通過它電動機（或其他原動機）的機械能變成液體的壓力能和運動能。第二個能量轉換裝置是液動機，通過它使液體的壓力能和運動能又重新變成機械能；這種能量的轉換可用簡圖表示如下：



按液流的運動性質來分，液壓傳動裝置有運動的和靜力的兩種。金屬切削機床中的液壓傳動裝置都屬第二種。

按能量轉換裝置的運動來分，基本液壓系統有以下三種形式。

第一種形式的液壓系統是由兩個直線往復運動的能量轉換裝置組成（圖 1）。推動油泵 1 的活塞桿，油就從其左腔經油管壓入液動機 2 的

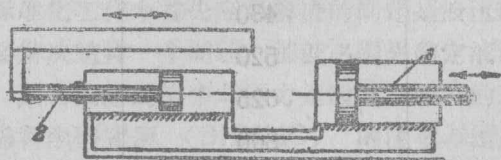


圖 1

右腔，此時壓力油作用液動機的活塞，向左推動與其相連的工作台。動機左腔的油則流回油泵的右腔。

第二種形式的液壓系統是由兩種不同運動形式的能量轉換裝置組成，其中一個能量轉換裝置是旋轉式的油泵，而另一個能量轉換裝置是直線往復運動的液動機（圖 2）。電動機（或其他原動機）轉動油泵 1，油經油管壓入液動機 2 的左腔，此時壓力油作用活塞，

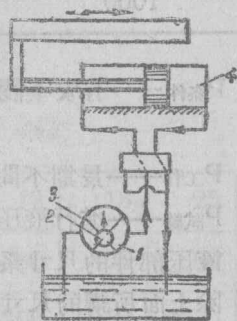


圖 2

向右推动与其相连的工作台。此时，液动机右腔的油就流回油箱。这种形式的液压系统在金属切削机床中应用最广泛。

第三种形式的液压传动系统是由两个旋转的能量转换装置组成（图 3）。电动机转动油泵 1，将油压入液动机 2 中。压力油作用液动机的翼片，转动液动机。此时，液动机的排油腔与油箱相连。

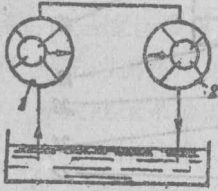


图 3

无论在那一种形式的液压系统中，除了油泵及液动机外，还有许多不同用途的操纵辅助装置。下面介绍一个金属切削机床中最常遇到的典型液压系统简图（图 4）。

油经滤油网 28 注入油箱 2 中达油标所示高度，通过滤油器 3 和吸油管 5 吸入油泵 6，然后靠油泵压入压油管 7 等液压系统中去。当三通阀 8 和油管 25 相通时，压力油就流回油箱 2，此时，机床工作台停止不动。当三通阀转至图中所示位置时，压力油就经片状滤油器 9、节流阀 23、换向配油阀 21 及油管 19 流入油缸 14 的右腔，作用活塞 13，使其向左推动与活塞杆 18 相连一起的工作台 16。此时，油缸的左腔与油箱相连。当工作台向右移动至调整位置时，挡铁 15 撞槓杆 11，拨动配合阀 21，实现自动的换向。

节流阀 23 是用来限制流入油缸的油量、调整工作台运动速度的。剩余的油就经溢流阀 26 及油管 27 流回油箱。节流阀仅用于定量油泵的液压系统。

滤油器是清滤油中杂质的。片状滤油器 9 应当装在节流阀的前面，以防节流阀孔的堵塞，影响工作台运动的平稳性。

反向配油阀靠挡铁及槓杆控制，是用来调配液流方向和实现自动换向的。挡铁装于工作台台边的槽内，可以按所需要的加工长度任意调整。

压力表是用来测量液压系统中的压力。

当液压系统中采用节流阀调速时，由于节流阀的阻力很大，通过阀后的温度将显著上升，因此油箱 2 的容量最少应等于两倍的油泵输油率

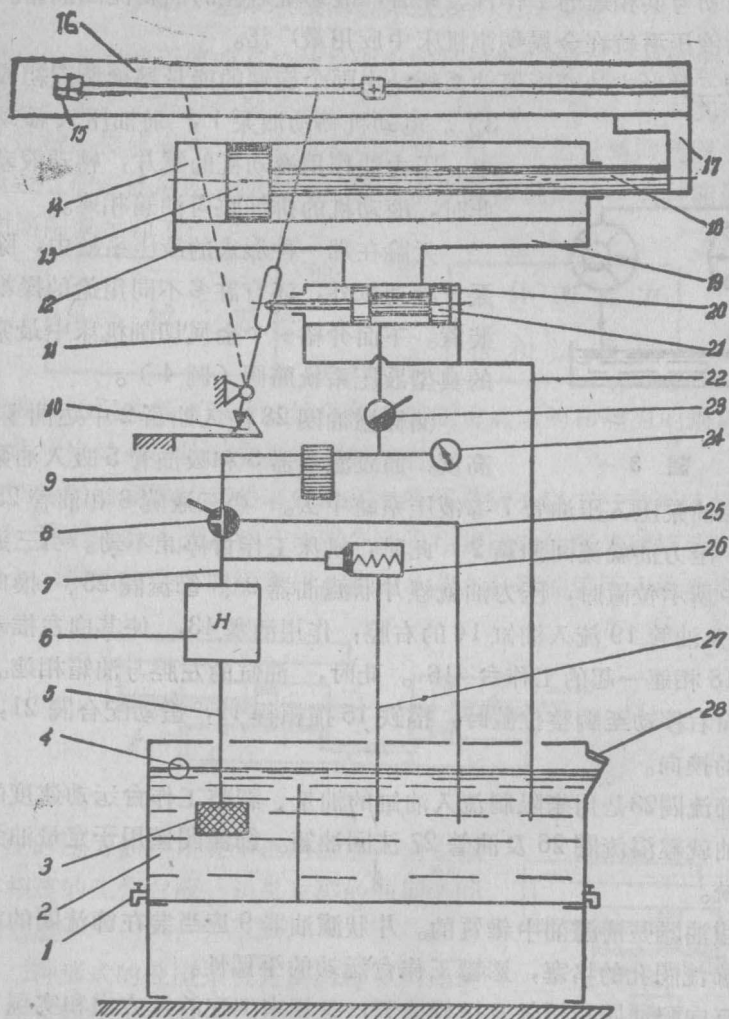


圖 4

(公升/分鐘) 否則油來不及易冷卻。油箱低部有龍頭 1，這是清洗油箱時用的。

§ 3. 開式及閉式液壓系統

按液流循環的方式，金屬切削機床的液壓傳動系統可分為開式和閉式（包括半閉式）兩種。

在開式液壓傳動系統中，回油先流入油箱，然後重新自油箱壓入液壓系統（圖 5）。在閉式液壓系統中，回油不流入油箱，而是直接經單向閥進入油泵的吸油管中，引成一個封閉的循環（圖 6）。

開式液壓系統的優點是：

1. 液體的冷卻條件好；
2. 雜質沉積于油箱底，因此油路中的過濾比較簡單；

缺點是：

1. 油箱體積大；
2. 在油箱的出油管中易形成真空。吸油時容易吸進空氣，因此會影響工作台的運動平穩性。

閉式液壓系統的優點是：

1. 油箱體積小；
2. 油液不和空氣接觸，油管中不會產生空氣囊，因此工作比較平穩；

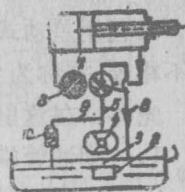


圖 5

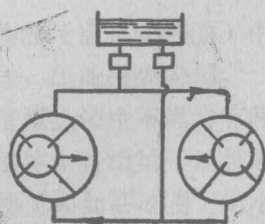
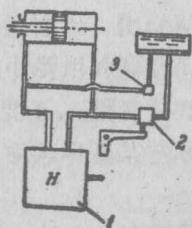
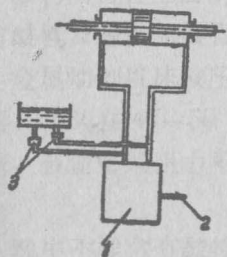


圖 6

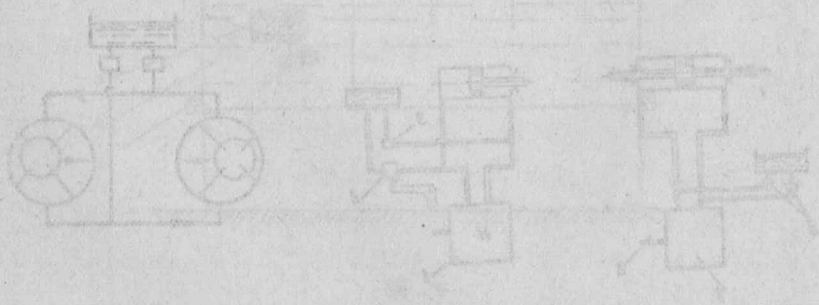
它的缺點：

1. 冷却条件不好;
2. 油液必須經過良好的過濾;
3. 結構比較複雜。

在閉式液压系統中，油缸活塞兩边的油量必須相等，否則就不能實現工作台的往復運動，因此，油路必須設有輔助油箱，以補償洩漏損失。當利用差動式油缸時，輔助油箱更加必要，因為此時活塞兩边的油量不相等。這稱為半閉式液压系統。輔助油箱應裝于具有反壓力的一邊。

此外，在這裡還提一下防止空氣進入液压系統的方法：

1. 回油管端應低於油箱的油面；
2. 油泵的吸油管應具備良好的密封性；
3. 油泵安裝位置越低越好，最好浸在油箱中，或低於油箱的油面高度；
4. 油缸的蓋子上應設有放空氣的小孔。



第二章 液压裝置中所用的液压

§ 1. 對液壓裝置中所用液體的要求

液压裝置的正常工作有賴于液体种类的正確選擇。液压裝置中的液体將在不同溫度、壓力及速度下進行工作，但無論在那一種情況下，它必須具有足夠的強度，以防止膜層破裂而引起零件的磨損。

液压裝置中所用的液体應滿足以下要求：

1. 液体中不允許含有蒸氣、空氣及其他容易氣化及分泌氣體的雜質，否則在工作時會引起氣囊，影響工作的平穩性；
2. 液体不得腐蝕機構及破壞密封裝置；
3. 應具有良好的潤滑性能及化學穩定性；並且在溫度、壓力變化的情況下其性質仍能保持不變；
4. 在不同的工作條件下，油膜都具有足夠的強度；
5. 應盡量地減少液体中機械雜質的含量，以免由於堵塞油管及液压部件而影響液压系統的正常工作；
6. 液体的粘度必須適當，粘度太大，摩擦阻力增加。粘度太低，洩漏嚴重。在工作溫度發生變化時，液体粘度的變化不應該過大；
7. 液体應滿足防火安全條件。

礦物油符合上面所述要求，是最常用的。植物油（或是動物油）中含有酸性及鹼性的雜質，腐蝕性大，化學穩定性差，因此很少採用。

金屬切削機床液压裝置中所用的油必須經過清濾。油中不准含有瀝青質，因為在 $40-50^{\circ}\text{C}$ 溫度下，瀝青質開始从液体中析出附于油管的內壁，致使管路阻力增大，或是堵塞某些液压部件（例如節流閥）的小孔。

油中不准含有酸性雜質，因為酸性雜質具有腐蝕能力。

油應具較高的燃點和較低的凝固點。

油的化學成分應該均勻，不准含有水分，這種均質性可以根據油的