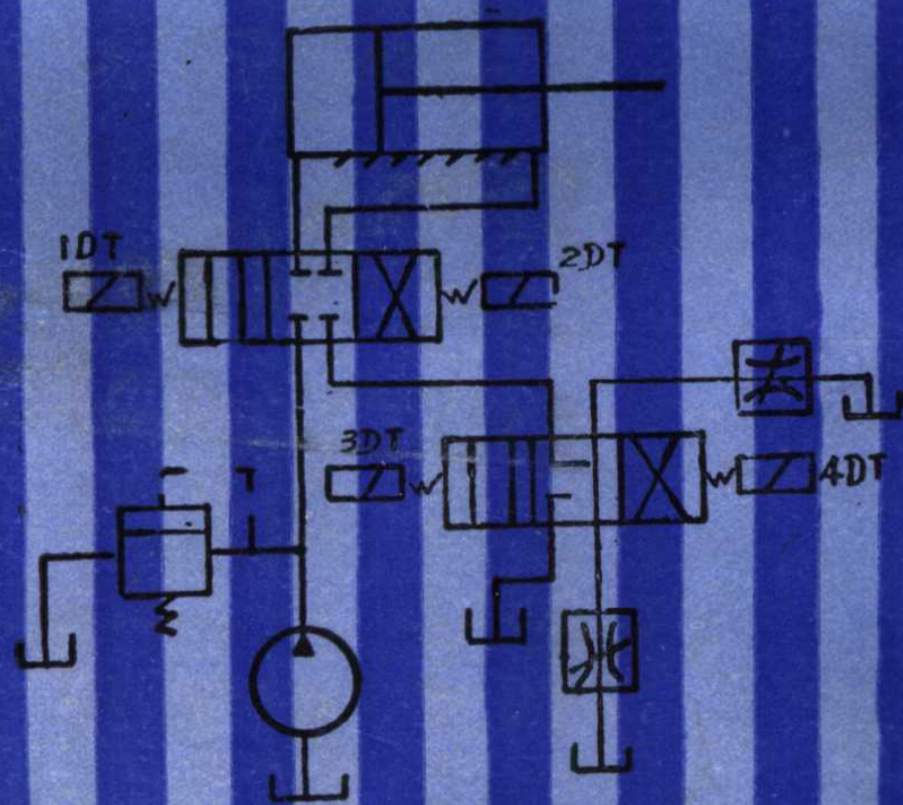


# 液压传动课程设计指导书



高等工程专科学校机制及液压教学研究會液压組編

一九八五年一月

**封面设计**

上海轻工专科学校 朱国勤

**编辑:** 高等工程专科学校  
机制及液压教学研究会液压组  
**印刷:** 湘潭市东平印刷厂  
**发行:** 郑州纺织机电专科学校液压教研室  
湘潭基础大学机械教研室

**第一次印刷数**1—8000 **成本费**1.20元

# 前 言

《液压传动课程设计指导书》是高等工程专科学校机械制造及液压教学研究会组织编写的教材之一，根据1983年12月湘潭会议通过的《液压传动》教学大纲编写。《液压传动》是一门发展迅速的新技术，要求有较深的理论基础及较强的实际技能。特别是进行液压传动设计时，设计者必须掌握较多的技术资料和经验数据。本书从液压传动设计的特点出发，把重点放在培养设计者的设计能力和解决液压设计实际问题的能力上，提供了液压缸、液压阀板、集成块、油箱及液压泵装置的设计资料和设计方法，并列举一些适合于教学和生产实际的设计实例及设计参考题目，适合于高等工程专科学校使用，也可供全日制本科、职工大学、职业大学、电视大学以及设有液压传动课程的中等专业学校机械类或近机类各专业学生进行液压传动课程设计和毕业设计使用，还可供从事机械制造和液压技术工作的工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有上海轻工业专科学校张康华（概述、题例一）、中国人民解放军工程兵学校单健容（题例二）、甘肃工业大学袁惠民（液压缸设计与计算）、郑州纺织机电专科学校吴茂林（集成块设计）、上海纺织工业专科学校杨培元（阀板设计）、洛阳建材工业专科学校门书春（油箱及液压泵装置设计）、湘潭基础大学周诵明、辛才根（题选、附录）。全书由袁惠民同志主编，周诵明、吴茂林同志为副主编，郑州机械专科学校张跃河同志、湘潭机电专科学校丁树模同志主审。

参加本书审稿工作的还有：无锡大学冯国雄、常州工业技术学院徐孟雄、沈阳冶金机械专科学校孙荣权、金陵职业大学沈龙德、衡阳基础大学万贻杞、上海机电一局职工大学郎晏、宜春职工大学苏海涛、邵阳基础大学朱光力、南通职工大学陆荣钧等同志。

在本书编写过程中，得到了各兄弟院校和很多工厂的大力协助和支持，郑州纺织机电专科学校和郑州机械专科学校为本书绘制了大量图纸，在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，加以编写时间仓促，书中难免有不少缺点和错误，欢迎批评指正。

高等工程专科学校机制及液压教学研究会  
液压课程协作组

一九八五年一月

# 目 录

## 前言

### 第一部份 概述

一、液压传动课程设计的目的	( 1 )
二、液压传动课程设计的内容	( 1 )
三、液压传动课程设计的一般步骤	( 2 )
四、液压传动课程设计的注意事项与要求	( 3 )

### 第二部份 液压传动课程设计题例

一、例题一 半自动液压专用铣床液压系统的设计	
(一) 设计内容及要求	( 4 )
(二) 设计方法与步骤	( 4 )
二、例题二 卧式双面多轴组合钻床液压系统的设计	
(一) 确定对液压系统的工作要求	( 17 )
(二) 确定液压缸外负载、绘制工况循环图	( 17 )
(三) 确定液压系统方案、拟定液压系统图	( 18 )
(四) 液压元件的设计和选择	( 20 )
(五) 集成块、液压泵装置及油箱的设计与选用	( 21 )
(六) 液压阀调整参数的确定	( 23 )

### 第三部份 液压传动结构设计参考资料

一、液压缸设计与计算	
(一) 液压缸设计与计算的步骤	( 36 )
(二) 各类液压缸的典型结构与安装形式	( 36 )
(三) 液压缸工作压力的确定	( 42 )
(四) 活塞式液压缸主要尺寸的确定	( 42 )
(五) 液压缸结构设计	( 57 )
(六) 液压缸主要零件的材料和技术要求	( 66 )
(七) 小型高压液压缸	( 68 )
(八) 组合机床液压缸	( 70 )
二、液压系统连接装置的结构设计	
(一) 概述	( 70 )
(二) 阀板的设计	( 72 )
(三) 集成块式连接装置的设计	( 80 )

### 三、油箱及液压泵装置的设计

- (一) 油箱..... (97)
- (二) 液压泵装置 ..... (103)
- (三) 辅助元件 ..... (106)

### 第四部份 液压传动课程设计题目选编 ..... (112)

### 第五部份 附录

- 一、常用单位换算表 ..... (115)
- 二、低、中压系列液压阀型号说明 ..... (116)
- 三、常用液压元件技术规格 ..... (119)
- 四、参考资料目录 ..... (124)

## 第一部份 概 述

### 一、 液压传动课程设计的目的

液压传动与机械传动、电气传动并列为当代三大传动形式，是现代发展起来的一门新技术。《液压传动》课程是工科机械类各专业的一门重要课程，既有理论知识学习，又有实际技能训练。为此，在教学中安排有一周的课程设计，其目的为：

(一) 综合运用液压传动课程及其它有关先修课程的理论知识和生产实际知识，进行液压传动设计实践，使理论知识和生产实际知识密切地结合起来，从而使这些知识得到进一步的巩固、加深和扩展；

(二) 在设计实践中学习和掌握通用液压元件尤其是各类标准元件的选用和回路的组合方法及设计技能，培养学生分析和解决生产实际问题的能力，为今后的设计工作打下初步基础；

(三) 通过课程设计，使学生在计算、绘图、运用并熟悉设计资料（包括设计手册、产品样本、标准和规范）以及进行经验估算等方面进行一次训练。

### 二、 液压传动课程设计的内容

在确定液压传动课程设计的题目和内容时应注意：

(一) 液压传动课程设计应以传动系统的分析与设计以及元件选用为主，而与典型液压元件设计或其他专业课程设计有所区别；

(二) 因为它是课程设计，所以应满足教学要求，不能完全等同于工厂的产品设计。因此设计的题目应来源于生产实践，但不宜与其完全等同，涉及的知识面不能太广，资料应比较齐全，使学生易于着手。课题的工作量应使多数学生能在规定的时间内独立完成，并有时查阅资料和独立思考问题。基于这些考虑，液压传动课程设计一般应选题于生产实践中已证明是切实有效的、性能较好的液压传动典型系统，以便学生今后举一反三，模仿、推广应用和进一步创新发展。

液压传动课程设计一般应包括以下内容：

(一) 液压传动方案的分析和液压原理图的拟定；

(二) 主要液压元件的设计计算和选择（如液压缸、泵站的设计，液压马达、泵阀的选择）；

(三) 液压辅助装置（油箱、滤油器、蓄能器、管路等）的计算、设计或选择；

(四) 液压传动系统的验算和校核；

(五) 液压系统图的绘制；

(六) 液压部件装配图、零件工作图的绘制；

(七) 编写设计计算说明书。

要求每个学生完成以下工作：

(一) 液压传动原理图一张；

(二) 部件工作图和零件工作图若干张;

(三) 设计计算说明书一份。

课程设计完成后进行答辩或考核。

### 三、液压传动课程设计的一般步骤

液压传动课程设计可按下表所列的几个阶段进行:

阶 段	主 要 内 容	占 总 学 时 参 考 比 例
1、设计准备	<ol style="list-style-type: none"><li>1) 阅读和研究设计任务书,明确设计内容和要求,分析设计题目,了解原始数据和工作条件;</li><li>2) 通过调查研究,收集有关资料并进一步熟悉课题;</li><li>2) 阅读本书有关内容,明确设计过程和制订设计进度计划。</li></ol>	10%
2、液压系统的设计与计算	<ol style="list-style-type: none"><li>1) 分析工况及设计要求,拟定液压传动系统草图;</li><li>2) 计算液压缸或液压马达的外负载;</li><li>3) 确定系统的工作压力;</li><li>4) 确定液压缸或液压马达的有关参数进行设计计算或选择型号;</li><li>5) 确定液压泵规格和电机功率及型号;</li><li>6) 确定各类控制阀;</li><li>7) 确定油箱容量与结构;</li><li>8) 确定滤油器、管道、蓄能器、压力表等辅件的参数和规格;</li><li>9) 选择液压油。</li></ol>	20%
3、液压缸及液压装置的结构设计	<ol style="list-style-type: none"><li>1) 确定液压缸的结构型式(类型、安装方式、密封形式、缓冲结构、排气方法等);</li><li>2) 计算液压缸主要零件的强度和刚度;</li><li>3) 完成液压缸的结构设计图和部分零件图(如执行元件为液压马达时,只需按工作能力确定其型号和规格即可);</li><li>4) 选择装配方案;</li><li>5) 绘制部件装配图(阀板或集成块、液压泵与油箱部件);</li><li>6) 结构设计强度校核;</li></ol>	55%

续上表

阶 段	主 要 内 容	占 总 学 时 参 考 比 例
	7) 编写零件目录表。 (注: 根据课程设计时间安排, 在进行结构设计时, 液压缸、阀板或集成块、液压泵装置与油箱部件这三部份可以任选一部份)。	
4、编写设计计算说明书及答辩	1) 系统校核和编写设计计算说明书; 2) 绘制正式的液压原理图; 3) 资料整理、答辩或考核。	15%

必须指出, 上述设计步骤中的各项次序不是一成不变的。它与其它设计一样, 某些矛盾在拟定方案时, 甚至在完成各种计算设计时尚未显露, 而当结构形状和具体尺寸表达在图纸上时, 这些矛盾才会充分暴露出来, 故设计时常须作必要的修改, 才能逐步完善。因此实际的设计工作常常是“由主到次, 由粗到细”、“边计算、边画图、边修改”地逐步反复进行的。

近年来, 由于电子计算机的发展与广泛应用, 使设计计算工作的速度与精度大大提高, 并且有可能进行优化设计。液压传动系统设计方面的应用软件也正在逐步被开发出来。因此在掌握传统的设计方法的同时, 应努力学习和积极使用计算机辅助设计的方法, 为今后参加现代化的设计工作创造条件。

#### 四、液压传动课程设计的注意事项与要求

(一) 液压传动课程设计是学生一项较全面的设计训练, 它可以为以后的设计工作打好基础。在设计过程中必须严肃认真, 刻苦钻研, 一丝不苟, 精益求精, 这样才能在设计思想、方法和技能各方面都获得较好的锻炼和提高。

(二) 液压传动课程设计是在教师指导下由学生独立完成的。教师的主导作用主要在于指明设计思路, 启发学生独立思考, 解答疑难问题和按设计进度进行阶段审查。学生必须发挥主观能动性, 积极思考问题、分析问题和解决问题, 而不应该被动地依赖教师查资料、给数据、定方案。

(三) 设计中要正确处理参考已有资料与创新的关系。设计是一项复杂、细致的劳动, 任何设计都不可能是由设计者脱离前人长期积累的资料而凭空想象出来的。熟悉和利用已有资料, 既可避免许多重复工作, 加快设计进程, 同时也是提高设计质量的一个重要保证。善于掌握和使用各种资料, 合理地选用已有的经验设计数据, 也是设计工作能力的重要方面。然而任何新的设计任务总是有其特定的设计要求和具体工作条件, 因而又不能盲目地、机械地抄袭资料, 而必须具体分析, 创造性地进行设计, 使设计质量和设计能力都获得提高。

(四) 学生应在教师指导下订好设计进程计划, 注意检查和掌握进度, 按时保质保量循序完成设计任务。

(五) 设计过程中要注意随时整理计算结果, 并在设计稿本上记下重要的论据、结果、参考资料的来源和出处, 以及需要进一步探讨的问题等等, 使设计的各方面都做到有理有据, 这对设计的正常进行、阶段自我检查和编写设计计算说明书都是必要的。



## 第二部份 液压传动课程设计题例

### 一、例题一 半自动液压专用铣床液压系统的设计

#### (一) 设计内容及要求

课程设计的内容及具体要求有以下三点：

#### 1、机床类型及动作循环要求

设计一台用成型铣刀在工件上加工出成型面的液压专用铣床。要求机床工作台上一次可安装二只工件并能同时加工。

机床的工作循环为：

手工上料→按电钮→自动定位夹紧→工作台快进→铣削进给→工作台快退→夹具松开→手工卸料。

#### 2、机床对液压传动系统的具体参数要求（表2-1）

表2-1 液压系统参数

液压缸名称	负载力 (N)	移动件重力 (N)	速度(m/min)			行程 (mm)	启动时间 (sec)	定位、夹紧缸运 动时间(sec)
			快进	工进	快退			
定位液压缸	200	20				10		1
夹紧液压缸	4000	40				15		1
进给液压缸	2000	1500	6	0.035	6	快进	0.5	
						工进		
						300		
						80		

工作台采用平导轨，导轨面的静摩擦系数 $f=0.2$ ，动摩擦系数 $f=0.1$ 。

#### 3、机床的制造及技术经济性问题

该机床为一般技术改造中自制的专用设备，所以力求结构简单，投产快，工作可靠，主要零部件能适应中小机械制造厂的加工能力，配合电气控制可以实现单机半自动化工作的要求。

#### (二) 设计方法与步骤

##### 1、设计准备

可按前述液压传动课程设计一般步骤中的有关内容准备。

##### 2、液压系统的设计与计算

##### 1) 分析工况及设计要求，拟定液压系统草图

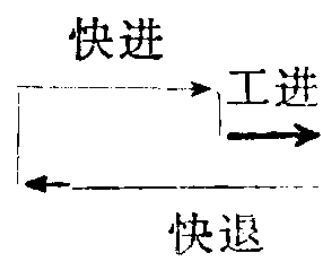
机床工况由题可知为：手工上料→按电钮→自动定位夹紧→工作台快进→铣削进给→工作台快退→夹具松开→手工卸料。

定位液压缸 定位 拔销

夹紧液压缸

↑ 松  
↓ 紧

工作台进给液压缸



按设计要求，希望系统结构简单，工作可靠，估计到系统的功率不会很大，且连续工作。所以决定采用单个定量泵、非卸荷式供油系统；考虑到铣削时可能有负的负载力产生，故采用回油节流调速的方法；为提高夹紧力的稳定性与可靠性，夹紧系统采用单向阀与蓄能器的保压回路，并且不用减压阀，使夹紧油源压力与系统的调整压力一致，以减少液压元件数量，简化系统结构；定位液压缸和夹紧液压缸之间的动作次序采用单向顺序阀来完成，并采用压力继电器发讯启动工作台液压缸工作，以简化电气发讯与控制系统，提高系统的可靠性。

综上所述，可以拟订出如图 2—1 所示的液压传动系统草图。

系统中采用 Y 型三位四通阀是为了使工作台能在任意位置停留，并使换向平稳。二位四通阀在 DT 失电时，使夹紧液压缸处于夹紧状态的目的是为了增加安全可靠，并可以延长电磁铁的寿命。

## 2) 计算液压缸的外负载

### (1) 定位液压缸：

已知负载力  $R \approx 200N$  (惯性力与摩擦力可以忽略不计)

### (2) 夹紧液压缸：

已知负载力  $R \approx 4000N$  (惯性力与摩擦力可以忽略不计)

### (3) 工作台液压缸：

有效负载力  $R_w = 2000N$  (已知)

惯性力  $R_m = ma = \frac{1500}{9.8} \times [(\frac{6}{60} - 0)/0.5] = 30.6N$  (按等加速处理)

摩擦力由液压缸的密封阻力与滑台运动时的摩擦力组成。当密封阻力按 5% 有效作用力估算时，总的摩擦阻力

$$R_f = 0.05R_w + fG = 0.05 \times 2000 + 0.2 \times 1500 = 400N$$

所以总负载力

$$R = R_w + R_m + R_f = 2000 + 30.6 + 400 = 2430.6N$$

## 3) 确定系统的工作压力

因为夹紧液压缸的作用力最大，所以可以按其工作负载来选定系统的压力。

由本书结构设计参考资料表 3—2 可以初定系统的压力为  $0.8 \sim 1MPa$ ，为使液压缸体积紧凑，可以取系统压力为  $p_1 = 1.5MPa$ 。

## 4) 确定液压缸的几何参数

### (1) 定位液压缸

$$D = \sqrt{\frac{4R}{\pi p_1}} = \sqrt{\frac{4 \times 200}{3.14 \times 1.5 \times 10^6}} \approx 0.013m = 13mm$$

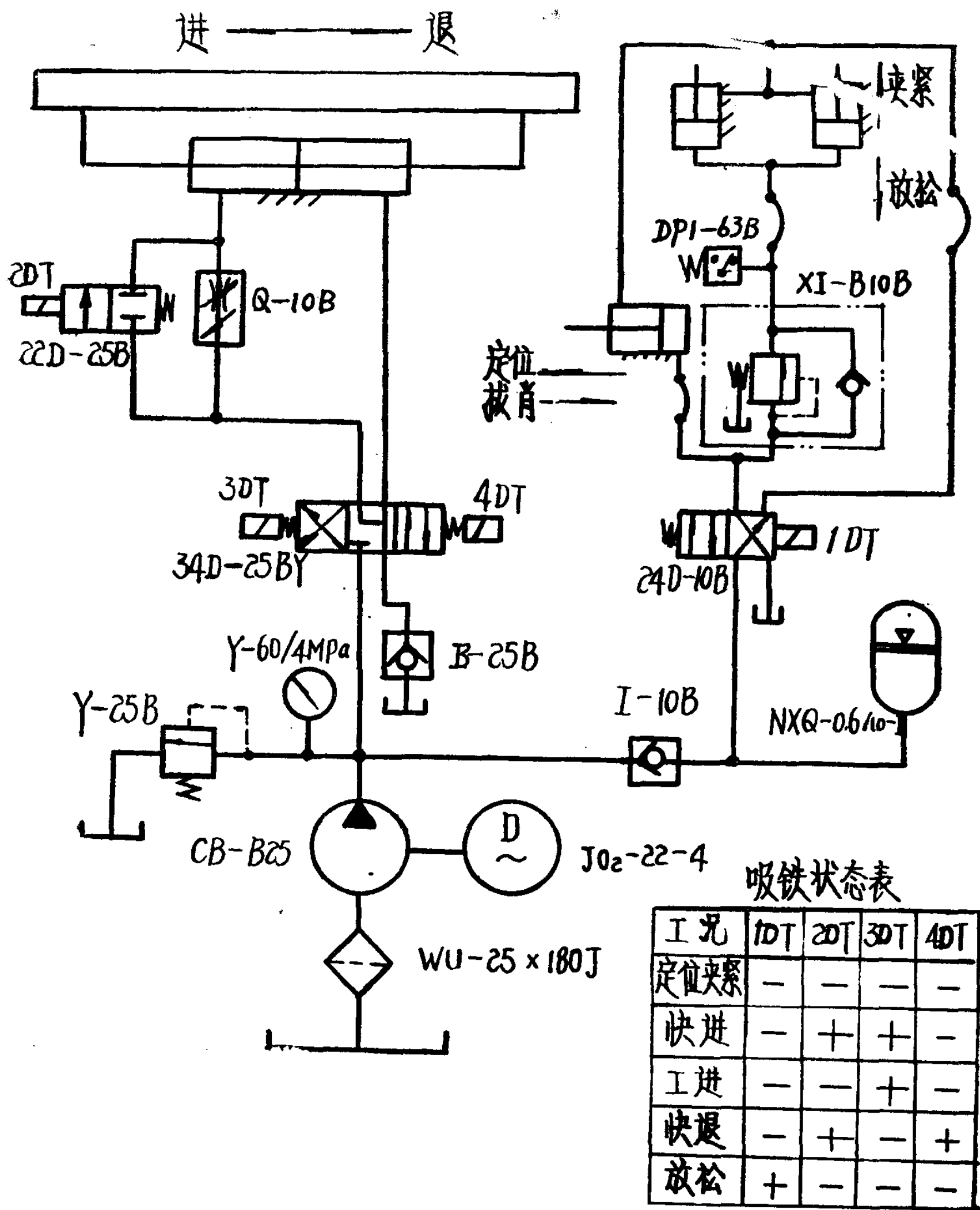


图 2—1 液压系统图

考虑到液压缸的结构与制造的方便性，以及插销的结构尺寸等因素，可以取  $D = 32\text{mm}$ ， $p = 16\text{mm}$ （参见表3—5表、表3—7、表3—8）。

(2) 夹紧液压缸

$$D = \sqrt{\frac{4R}{\pi p_1}} = \sqrt{\frac{4 \times 4000}{3.14 \times 1.5 \times 10^6}} \approx 0.058\text{m} = 58\text{mm}$$

取  $D = 63\text{mm}$ ， $d = 32\text{mm}$ （参见表3—5表3—7表3—8）。

(3) 进给液压缸

因为采用双出杆液压缸

所以 
$$D = \sqrt{\frac{4R}{\pi(p_1 - p_2)} + d^2}$$

按工作压力，可以选用杆径  $d = 0.3D$ ，代入上式，求得：

$$D = \sqrt{\frac{4R}{0.91\pi(p_1 - p_2)}}$$

一般可取背压  $p_2 = 0.5\text{MPa}$ （对低压系统而言），代入上式有

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2430.6}{0.91 \times 3.14 \times (1.5 - 0.5) \times 10^6}} \approx 0.058\text{m} = 58\text{mm}$$

按表3—5，表3—8取进给液压缸系列化的标准尺寸为：

$$D = 63\text{mm}, d = 20\text{mm}$$

5) 确定液压泵规格和电动机功率及型号

(1) 确定液压泵规格

① 确定理论流量

定位液压缸最大流量：

$$Q_1 = A_1 V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{L}{\Delta t} = \frac{3.14 \times 0.032^2}{4} \times \frac{10 \times 10^{-3}}{1}$$

$$\approx 8.04 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s} = 0.4825\text{l}/\text{min}$$

夹紧液压缸最大流量：

$$Q'_2 = A_1 V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{L}{\Delta t} = \frac{3.14 \times 0.063^2}{4} \times \frac{15 \times 10^{-3}}{1}$$

$$\approx 4.68 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{s} = 2.8\text{l}/\text{min}$$

因为有二个夹紧液压缸同时工作，所以：

$$Q_2 = 2Q'_2 = 2 \times 2.8 = 5.6\text{l}/\text{min}$$

进给液压缸最大流量

$$Q_3 = A_2 V = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times V = \frac{3.14 \times (0.063^2 - 0.02^2)}{4} \times 6$$

$$\approx 0.0168\text{m}^3/\text{min} = 16.8\text{l}/\text{min}$$

② 确定液压泵流量：

由于定位、夹紧、进给液压缸是分时工作的，所以其中某缸的最大流量即是系统的最大理论供油流量。另外考虑到泄漏流量与溢流阀的溢流流量，可以取液压泵流量为系统最大理论流量的1.1~1.3倍。现取1.2倍值计算，则有

$$Q_{\text{泵}} = 1.2Q_3 = 1.2 \times 16.8 = 20.16\text{l}/\text{min}$$

采用低压齿轮泵，则可选取CB—B25为系统的供油泵。其额定流量为25l/min，额定压力

为 $2.5MPa$ ，额定转速为 $145rad/s$  ( $1450rpm$ )。

### ③ 确定电动机功率及型号

$$\text{电动机功率} \quad N = \frac{PQ}{612\eta} = \frac{25 \times 25}{612 \times 0.8} = 1.28kW$$

按CB—B\*型齿轮泵技术规格，查得的驱动电机功率为 $1.3kW$ ，或取功率略大一点的交流电机。

现选取电动机型号为JO<sub>2</sub>—22—4，额定功率为 $1.5kW$ ，转速为 $1410rpm$

### 6) 确定各类控制阀

系统工作压力为 $1.5MPa$ ，油泵额定最高压力为 $2.5MPa$ ，所以可以选取额定压力大于或等于 $2.5MPa$ 的各种元件，其流量按实际情况分别选取。

目前中低压系统的液压元件，多按 $6.3MPa$ 系列的元件选取。

所以可以选取：

溢流阀的型号为：Y—25B；

工作台液压缸换向阀型号为：34D—25BY；

快进二位二通电磁阀型号为：22D—25B；

调速阀型号为：Q—10B；

背压阀型号为：B—25B；

定位、夹紧系统的最大流量为 $2.8l/min$ ，所以可以选取

单向阀型号为：I—10B；

换向阀型号为：24D—10B；

单向顺序阀型号为：XI—B10B；

蓄能器供油量仅作定位夹紧系统在工作台快进、工进与快退时补充泄漏的流量和保持压力用，其补油量极其有限，所以可以按容积最小的规格选取。现选取NXQ—0.6/10—I型胶囊式蓄能器，当 $\Delta P = 15\%$ 时，其有效补油体积为 $\Delta V = 0.07l$ 。

滤油器可选用型号为WU—25×180J的网式滤油器，过滤精度为 $180\mu\mu$ 。

压力表可选用Y—60型量程 $6.3MPa$ 的普通精度等级的量表。选用量程较高的压力表可以避免在系统有压力冲击时经常损坏压力表，但量程选得过大会使观察与调整精度降低。

管道通径与材料：

由于阀类一经选定，管道的通径基本上已经决定，这是标准化设计的一大方便。只有在有特殊需要时才按管内平均流速限制的要求计算管道通径。

按标准：

#### (1) 通径

$25l/min$ 流量处，选用 $\phi 12$ 通径的管道。

$10l/min$ 流量处，选用 $\phi 8$ 通径的管道。

为便于安装，可以采用紫铜管，扩口接头安装方式。

#### (2) 壁厚

按强度公式有 
$$\delta \geq \frac{P \cdot d}{2[\sigma]}$$

紫铜的 $[\sigma] = 250 \text{ kgf/cm}^2$ ，为安全起见，取 $p = 2.5 \text{ MPa}$ 来计算

$$\delta_{\phi 12} \geq \frac{25 \times 12}{2 \times 250} = 0.6 \text{ mm}$$

$$\delta_{\phi 8} \geq \frac{25 \times 8}{2 \times 250} = 0.4 \text{ mm}$$

所以可以取 $\phi 12$ 、壁厚 $1 \text{ mm}$ 与 $\phi 8$ 、壁厚 $0.8 \text{ mm}$ 的紫铜管。考虑到扩口处管子的强度，壁厚可以略有增加，一般按常用紫铜管的规格选取即可，（对低压系统而言，对高压系统必须进行计算）。

### 7) 确定油箱容量与结构

因为是低压系统，油箱容积按经验公式计算：

$$\text{油箱容积 } V = (2 \sim 4)Q$$

$$\text{现取 } V = 4Q = 4 \times 25 = 100 \text{ l}$$

结构可以采用开式、分立、电动机垂直安置式标准油箱（参阅本书第三部分中油箱及液压泵装置的设计部份）。

### 8) 选择液压油

该系统为一般金属切削机床液压传动，所以在环境温度为 $-5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 之间时，一般可选用20号或30号机械油。冷天用20号机械油，热天用30号机械油。

## 3、液压缸及液压装置的结构设计

### 1) 确定液压缸的结构形式（类型、安装方法、密封形式、缓冲结构、排气等）。

定位与夹紧液压缸均采用单出杆、缸体固定形式；为减少缸体与活塞体积，简化结构，所以采用O形圈密封；由于行程很短，运动部件质量很小，速度也不大，所以不必考虑缓冲结构；排气螺塞也可以由油管接头来代替。

工作台液压缸采用装配活塞、双出杆、缸体固定形式。采用双出杆可以使活塞杆在工作时处于受拉伸应力状态，有利于活塞杆的稳定性，并且可以减小活塞杆的直径。活塞上采用二个O形密封圈；缸盖上因为压力不高，杆径较小，所以采用一个U形橡胶密封圈。另外由于工件为铸铁材料，加工时粉尘及小片状或针状的铁屑较多，所以又加上了一个防尘圈。夹紧液压缸的防尘圈也是鉴于同样原因安放的。

由于机床工作台作直线进给运动，在运动方向没有严格的定位要求（这一点与一般钻、镗动力头液压缸的要求有所区别），所以不必采用缓冲结构。快退时可以采用电气行程开关预先发讯，使三位四通换向阀切换至中位，工作台液压缸停住，避免刚性冲击；排气也采用松开油管进油螺塞的方法进行，而不设专门的放气螺塞。

### 2) 计算液压缸主要零件的强度和刚度

定位、夹紧缸内径与长度较小，一般可以按厚壁筒强度计算公式来估计必需的壁厚。

$$\text{由公式 } \delta = \frac{D}{2} \left( \sqrt{\frac{[\sigma] + 0.4p_p}{[\sigma] - 1.3p_p}} - 1 \right)$$

当额定压力 $p_n < 6.3 \text{ MPa}$ 时，

$$\text{取 } [\sigma]_{\text{钢}} = \frac{\sigma_b}{n} = \frac{4500}{6} = 750 \text{ kgf/cm}^2$$

$$p_p = p_n \times 150\% = 2.5 \times 150\% = 3.75 \text{MPa}$$

将 $[\sigma]$ 钢,  $p_p$ 的值及定位、夹紧液压缸的直径 $D$ 代入计算公式可得:

$$\delta_{定} \geq \frac{3.2}{2} \left( \sqrt{\frac{750 + 0.4 \times 3.75 \times 10}{750 - 1.3 \times 3.75 \times 10}} - 1 \right) = 0.072 \text{cm} = 0.72 \text{mm}$$

$$\delta_{夹} \geq \frac{6.3}{2} \left( \sqrt{\frac{750 + 0.4 \times 3.75 \times 10}{750 - 1.3 \times 3.75 \times 10}} - 1 \right) = 0.142 \text{cm} = 1.42 \text{mm}$$

工作台液压缸壁厚用薄壁筒计算公式来求:

$$\delta_{工} \geq \frac{p_p D}{2[\sigma]} = \frac{3.75 \times 10 \times 6.3}{2 \times 750} = 0.158 \text{cm} = 1.5 \text{mm}$$

从以上计算可以看出, 对于小型低压 ( $D < 100 \text{mm}$ ,  $p_n \leq 2.5 \text{MPa}$ ) 液压缸, 按强度条件计算出来的缸壁厚度尺寸是很小的, 因此在设计这类液压缸时, 可以先不计算而直接按机械结构尺寸的需要 (主要是缸体与缸盖连接处的尺寸及考虑到缸筒刚度所需的基本厚度尺寸) 直接设计制图, 然后进行强度校核, 在一般的情况下, 均可满足强度要求。而对于高压液压缸或铸铁材料的缸体, 缸壁的强度估算是必要的, 这样可以避免结构设计图的返工与修改。

缸盖的强度、活塞杆的强度、联接件的强度, 鉴于与上相同的原因, 强度计算一般亦可以放在结构设计后的强度校核中进行。

### 3) 完成液压缸的结构设计和部分零件图

液压缸的活塞宽度一般可取  $\delta \geq 0.4D$ , 同时应该考虑到密封圈安装时的必要几何尺寸。缸盖应该考虑到进油及加工工艺要求, 缸盖连接处应考虑必要的导向与支承结构尺寸。

小型定位、夹紧液压缸与传动液压缸在结构与安装方法上也不尽相同。总之要使结构设计达到结构简单, 工艺性好, 安装方便, 取材便利, 强度足够, 输出力、位移和功率能达到设计要求。

根据上述液压缸的结构特点及内径、杆径、行程等要求, 液压缸的结构设计可参见图 2-2, 图 2-3, 图 2-4 所示。

液压缸的零件设计可参阅有关资料或手册进行。此例中零件设计从略。

### 4) 选择装配方案

选择装配方案主要指的是阀块部件的装配方案。目前较多的是采用集成块组合方法。然而在某些场合, 设计人员手头集成块的资料还不完善或根本没有, 所需的集成块一时亦不能买到, 这时可以根据集成块的设计原理与方法 (参见本书第三部份及例二) 自行设计与制造。

在某些简单的系统中, 因为元件数量不多, 压力亦不很高 ( $p_n \leq 3.3 \text{MPa}$ ), 采用阀板式的装配方案也是很适用的。它具有设计简单、制造方便、安装与维修简单、投产快的特点, 对于小型机械厂的设备改造尤为适用, 因此这种装配方式至今仍有很大的实用意义。

阀板组合部件设计时, 一般应注意以下几点:

① 阀板最大几何尺寸一般不能过大, 按经验在  $500 \times 500 \text{mm}^2$  的面积之内是合适的。面积过大, 重量与尺寸太大, 阀板的加工与安装会产生困难。如果元件数量较多, 可以分为几个阀板 (或阀块) 部件来设计, 其间用管道相连, 组成完整的装配部件。

② 阀板一般分为二层，后层为固定管接头用，前层为固定液压元件与加工连通管道用。二板的结合面与元件的安装面应该磨削平整，连接、紧固螺钉的数量与分布应该根据板受到的液压力的大小来决定，应做到数量充分，分布合理，以保证阀板在工作时不漏油。

③ 阀板必须有一定的厚度，以保证必要的螺孔深度。前板厚度一般在  $20 \sim 40 \text{ mm}$  之间，后板的厚度一般在  $25 \sim 35 \text{ mm}$  之间。如果二板间要安装自制的单向阀时，厚度可以适当增加。

④ 板内的通油腔道之间必须保持一定的距离。一般高、低压通油腔道之间的密封宽度不能小于  $5 \text{ mm}$ 。当必须产生交叉通道时，可以选择其中的一根作为外接通道，由后板处接出，再用管子连接。板内槽的深宽比约在  $1.2 \sim 0.8$  之间。

⑤ 一般压力表可以直接安装在板的最高处或其他便于安装与观察的地方。压力表开关的使用较为困难，但必要时也可以安装，此时测压可以直接用管子连到测压点上。如果仅需测二个点的压力，可以直接用二个压力表，这样反而更为方便和经济。

⑥ 阀板后的管接头安装位置，在分布时应考虑到接管子的方便性，接头之间应允许扳手放入与扳动时必须的空间尺寸。

⑦ 阀板必须与油箱或机架连接可靠。不许有松动或悬吊的情况产生，以免产生振动或损坏管子或管接头的现象，使系统不能正常工作。

5) 绘制部件装配图(阀块部件、液压泵与油箱部件)  
现选取阀板组合部件，采用阀板式装配方式，完成系统的装配方案。  
其装配方法与元件的排列参考结构可见图 2-2 至图 2-5。  
油泵部件与油箱部件的结构大多已标准化了，这里不再详述，读者可参阅本书第三部分有关内容。

6) 结构设计强度校核  
对于低压系统，结构的强度一般都不成问题，但在中高压系统中，强度校核必须仔细进行。

强度校核主要是针对以下几个重点部位进行的：

① 液压缸的缸体、缸盖及其连接处的强度，缸盖及缸体与机体之间连接处螺栓的强度，活塞与活塞杆连接处的强度以及活塞杆各连接处的强度；

② 油管与管接头的强度；

③ 阀板组合螺钉的强度。

以上提到的各零件的强度校核，可参阅机械零件设计手册。

7) 编写零件目录表

编写零件目录是实际生产设计中不可缺少的一部分图纸归纳与资料整理工作，它属于设计的工作量之内。零件目录编写的正确与完整，可以减少生产中的许多麻烦，加快设备的制造过程，另外在估算设备的成本时也是一个必不可少的资料。

液压系统的零件目录一般可以分为二个栏目来编写：

第一栏为标准件。它可以分为标准液压元件与标准紧固件二部分。每项均应写明编号、名称、型号、规格、材料、尺寸、数量等内容。有条件的还应在备注中说明生产的厂家或采购供应单位以及参考价格等有用资料。

第二栏为自己制造的非标准元件。每项应写明编号、图号、名称、需用材料的性质与规



格、数量、热处理要求等内容，表达的方式应该简练、明确，尽量采用技术表达符号，以使技术文件达到正确、明了、查阅方便。

本例中零件目录的编写从略。读者可参阅机械制图课程中的内容，按上述基本要求进行编写工作。

#### 4、编写设计说明书及答辩

编写设计说明书是完成课程设计及其他正规设计的最后一部分工作，也是一个重要环节。认真编写好设计说明书是理清设计思想与方法的一个重要步骤，这个工作本身也为顺利参加答辩作了必要的准备，因此必须认真地去做。

设计整理工作可以分为以下三步来进行：

##### 1) 编写设计计算说明书

设计计算说明书的内容包括：

- (1) 设计课题及设计要求；
- (2) 工况分析与方案选择；
- (3) 液压元件的计算与选择；
- (4) 主要部件结构特点分析与强度校核计算；
- (5) 液压系统的验算；

- ① 执行元件输出力或力矩及最低最高速度的校核；
- ② 管路系统压力损失的估算；
- ③ 压力阀调整压力的确定；
- ④ 系统热平衡计算与油箱容量的验算。

##### (6) 系统设计思想的简单小结

其中(1)~(4)点在上面的计算中已有，在设计说明书中，只不过是将自己设计笔记中的内容填写与归纳一下。第(5)点的工作现简述如下：

- ① 执行元件输出力或力矩及最低最高速度的校核  
现选工作台液压缸最低要求速度为例进行校核。

工作台液压缸有效作用面积为

$$A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{3.14}{4} \times (6.3^2 - 2^2) = 28.0 \text{ cm}^2$$

由产品样本查得调速阀最小稳定流量为 $1.17 \text{ cm}^3/\text{s}$ ，如不考虑二位二通电磁阀内部的泄漏流量，工作台液压缸运动的最低速度为

$$v_{\min} = \frac{Q_{\min}}{A} = \frac{1.17}{28.0} = 0.042 \text{ cm/s} = 0.025 \text{ m/min}$$

而设计要求的工作台最低运动速度为 $0.035 \text{ m/min}$ ，所以液压缸最低运动速度能达到预定的要求。

当此条件不能满足时，可以改用流量规格较小的调速阀或增大液压缸直径重新设计计算，直到满足设计要求时为止。

##### ② 管路系统压力损失的估算

由于定位、夹紧回路在夹紧后的流量几乎为零，所以管路系统的压力损失主要应在工作