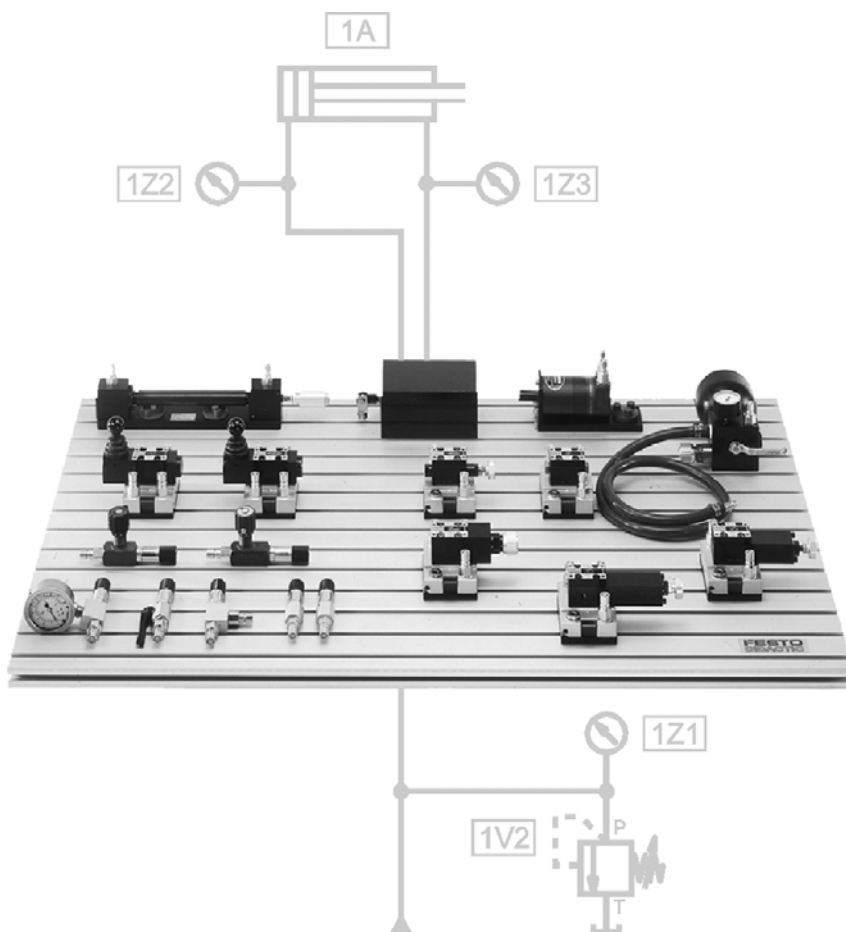


# 液压

## 基础部分工作手册



**FESTO**

### 出版物说明

本学习系统针对自动化控制技术领域的培训开发及配置。在培训过程中，培训机构及/或学员应充分注意教材中提出的安全措施。

因此，除出现 Festo Didactic 元器件的重大错误以外，Festo Didactic 将不对由于使用纯教学环境以外的其他培训单元导致的对学员、培训机构及第三方的伤害负责。

订货号:	094468
说明:	液压基础培训教材 – 工作手册
编号:	D.S501-C-SIBU-GB
出版时间:	07/2003
版式:	08.12.2005, OCKER Ingenieurbüro
图片:	OCKER Ingenieurbüro
作者:	D. Waller, H. Werner
译者:	

### 版权所有

© Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Germany, 2005

本手册中的所有内容、表格、图片说明等都是 Festo Didactic GmbH & Co.KG 的知识产权，受法律的保护。版权所有，翻版必究。本出版物的任意部分在未经 Festo Didactic GmbH & Co.KG 事先书面许可的情况下，都不准以任何形式或目的的复制或传播，包括电子拷贝、机械拷贝、复印或其他形式

部分培训资料可以在经 Festo Didactic GmbH & Co.KG 事先许可的情况下，以培训为目的的培训中使用。

## 前言

Festo Didactic 的自动化控制技术培训装置满足各种培训及职业技能需要。主要具有下列结构特点:

- 基础部分培训装置提供广泛的基础技术知识。
- 培训装置涉及开环及闭环控制技术的主要内容。
- 通过不同的实验装置解释自动化系统的各种功能。
- 应用实验装置进行与日常工业实践紧密结合的基础及提高的培训。

教学实验装置可完成气动、电气气动、可程序控制器、机电一体化、液压、电气液压、比例液压和抓取技术。

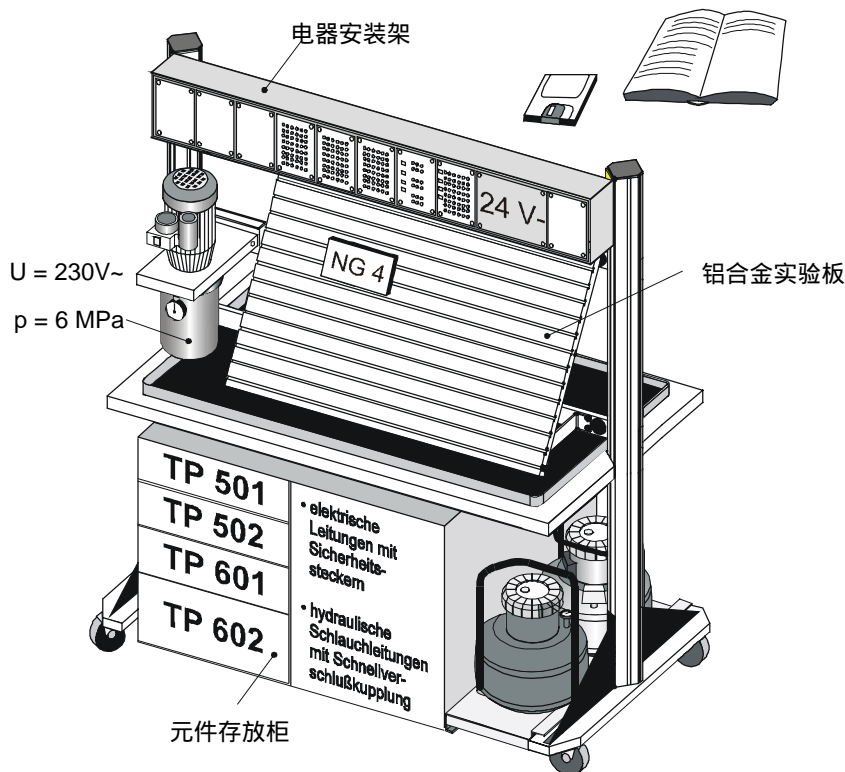


图. 1:  
液压 2000 –  
实例. 移动式试验台

教学培训系统具有模块化结构特点，因此可进行除独立实验装置以外的多种组合应用。如：可加入 PLC 来控制气动、液压及电气执行件。

每套实验装置都具有相同的结构：

- 硬件
- 教材
- 软件
- 课程

硬件由工业元器件及装置组成，能够满足教学需要。

教材能够在理论和实际培训两方面符合教学硬件。主要包括：

- 教程（配有练习及应用举例）
- 工作手册（配有习题、说明、答案及数据表）
- 透明投影胶片及教学录像（使教学更加生动）

各种教材及培训媒体具有多种语言版本。它们不仅可作为课堂教学使用，还可以作为自学材料。

在软件产品中，基于计算机的培训课程和编成软件，可以进行 PLC 编程。

Festo Didactic 的基础及提高培训装置包括各种课题的实验装置及其相配套的教材。

## TP501 实验装置介绍：

H2000 系列实验装置新特点：

- 在实验板上安装工业元器件。
- 配有练习表、习题答案和引导性问题的习题。
- 注重关键技能的开发：技术能力、逻辑能力、社会能力和个人能力。
- 通过实践提高团队精神、合作能力、学习技能、独立工作和组织能力。

### 目标— 在实际操作中提高综合能力

#### 内容

A 部分	课程	习题
B 部分	基本原理	参考教程
C 部分	习题答案	功能图、回路图、答案及元器件清单
D 部分	附录	元件底盘、安装系统、连接系统及数据表

## 目录

内容介绍	11
安全事项	13
操作说明	13
技术重点	14
培训内容	17
“液压基础部分”实验装置	18
TP501 元器件/练习表	23

## A 部分 – 课程

习题	1: 自动车床 泵的特性	A-3
习题	2: 包裹提升设备 溢流阀特性	A-7
习题	3: 拉伸压力机 液压阻力	A-11
习题	4: 纸张压辊设备 单作用液压缸 (基础回路)	A-15
习题	5: 淬火炉 单作用液压缸 (测量及计算)	A-19
习题	6: 控制锅炉门 双作用液压缸	A-23
习题	7: 传送带方向校正装置 三位四通换向阀的功能及应用	A-29
习题	8: 控制库门 储能器	A-33
习题	9: 圆周自动进给机床 调速阀和背压	A-37
习题	10: 喷漆室 调速阀特性	A-41

习题	11: 轧花机 单向节流阀和背压	A-45
习题	12: 平面磨床 微分回路	A-49
习题	13: 钻床 减压阀	A-55
习题	14: 舱壁门 双作用液压缸液压夹紧回路	A-59
习题	15: 渡运斜梯 比较入口处和出口处设置调速阀的回路	A-63
习题	16: 运输车 负载变化	A-69
习题	17: 压力粘接机 比较溢流阀和减压阀	A-73
习题	18: 装配设备 压力顺序控制回路, 位移步进图	A-77
习题	19: 装配设备的计算 压力和时间的计算	A-81
习题	20: 卸料装置 电气液压	A-85

## **B 部分 – 基础知识**

## C 部分 – 习题答案

答案	1: 自动车床	C-3
答案	2: 包裹提升设备回路	C-7
答案	3: 拉伸压力机	C-11
答案	4: 纸张压辊设备	C-15
答案	5: 淬火炉	C-19
答案	6: 控制锅炉门	C-23
答案	7: 传送带方向校正装置	C-27
答案	8: 控制门	C-33
答案	9: 圆周自动进给机床	C-37
答案	10: 喷漆室	C-41
答案	11: 轧花机	C-45
答案	12: 平面磨床	C-49
答案	13: 钻床	C-59
答案	14: 舱壁门	C-65
答案	15: 渡运斜梯	C-69
答案	16: 运输车	C-73
答案	17: 压力粘接机	C-77
答案	18: 装配设备	C-79
答案	19: 装配设备的计算	C-83
答案	20: 卸料装置	C-85

## D 部分 – 附录

元件存放柜	D-3
安装系统	D-4
卡座	D-6
连接系统	D-7
数据表	...





## 内容介绍

本工作手册是 Festo Didactic 工业自动化教学培训系统的组成部分。TP500 实验装置主要介绍液压控制技术的基本知识。此系列实验装置由基础部分和提高部分组成。TP501 基础实验装置介绍了液压控制技术的基础知识，在此基础上，TP502 提高实验装置介绍了液压控制技术的提高知识。

液压基础部分的练习主要完成手动操作，也可以进行电气操作。液压元件的设计满足下列特点：

- 易操作
- 安装可靠
- 有利于教学环境的连接系统
- 紧凑的元器件规格
- 可靠的测量方法

针对培训，我们建议使用下列设备：

- TP501 液压基础实验装置
- 1 台液压泵
- 油管
- 铝合金实验板及相应的实验台
- 测试材料箱及相应的传感器

本手册介绍了液压技术的相关物理知识和主要的回路图。习题主要包括下列内容：

- 单独元器件的特性图
- 不同元器件的使用情况对比
- 不同基本回路的组装
- 基本液压方程式的使用

需使用下列装置来确保操作的安全性：

- 1x 液压泵，工作压力 60 bar，流量 2 l/min
- 1x 液压泵用稳压电源，230V AC，50Hz，10A
- 1x 电器元件用稳压电源，提供短路保护，24V DC，3A
- 1x Festo Didactic 铝合金实验板，用于安装实验元器件。

TP501 “液压基础部分”教程主要介绍理论知识。在本手册 D 部分的数据表中包括元器件的技术数据。

Festo Didactic 提供下列液压培训材料：

- 磁性符号
- 液压计算尺
- 教学投影膜片
- 液压透明投影模型
- 教学录像带
- 符号



### 安全事项

为了您的自身安全，请注意下列安全事项：

- 当液压泵开启时，液压缸可能意外伸出！
- 在操作过程中，不要超出液压的最大允许操作压力（见数据表）。
- 请遵守所有常规安全规则(DIN 58126 及 VDE 100)。



### 操作说明

需按照下列顺序搭接和拆卸液压回路。

1. 搭接回路时需关断液压泵及稳压电源。
2. 所有元器件必须牢固的安装在铝合金底板或电器安装架上。
3. 检查保证所有回油管已连接，油管安装安全。
4. 需先启动电源然后再启动液压泵。
5. 在拆卸回路之前，需确保液压元件中的压力已释放：

**只能在压力为 0 以下的情况下才能够拔掉液压接头**

6. 先关闭液压泵，然后再关闭电源。

## 技术重点

请注意下列事项以确保安全操作：

- 液压泵 PN 152962 与泄压阀配合使用。为安全起见，最大压力为 60 bar (6 MPa)。
- 所有液压元件的最大允许压力为 120 bar (12 MPa)。

**工作压力不能超过 60 bar (6 MPa).**

- 在使用双作用液压缸时，增强压力可能导致在相应的面积比上产生更多的压力。若面积比为 1:1.7，工作压力为 60 bar (6MPa)，这个增加的压力可能超过 100 bar (10 MPa)！

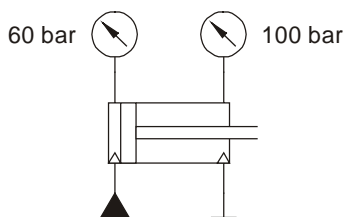


图 2:  
压力增强

- 如果加压时回路断开，回路中连接的单向阀可能导致阀或其它相关元器件中压力的滞留。可以使用减压装置释放这个压力。例外：这种方法不适用于液压油管及单向阀。因此在拆除油管及液压回路时需确保控制回路已减压。
- 所有阀、其它元器件及带有自锁式快插接头油管。这可以防止液压油的意外溢出。为确保回路图的简洁，下图未标出快插接头。

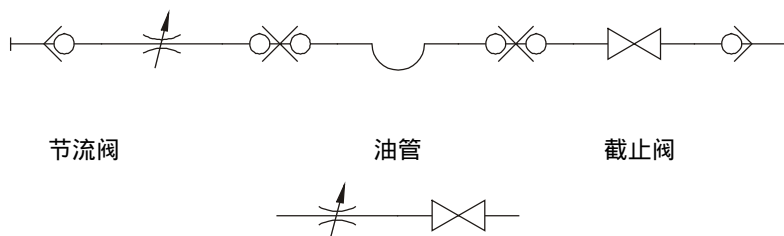
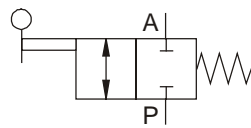


图 3:  
回路图符号表示

- 在搭接回路的过程中经常要对已有的回路图进行调整。使用此套教学设备时，可使用下列替换方式：
  - 使用接头改变换向阀的功能和方向 (图. 4 和 5).
  - 可使用换向阀不同的常规位置(图. 6).
  - 电磁阀可代替手动阀使用 (图. 7).

图. 4:  
在回路图中

2 位 2 通换向阀



2 位 3 通换向阀

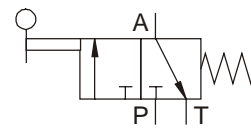
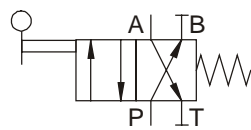


图. 5:  
实际搭接过程

2 位 4 通换向阀



2 位 4 通换向阀

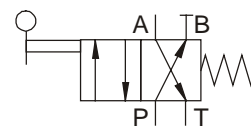
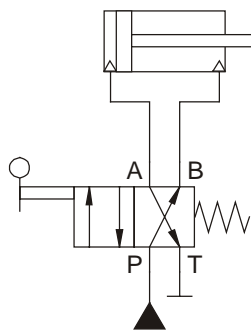


图. 6:  
换向阀的不同位置

回路图



实际连接

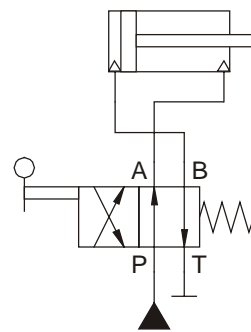
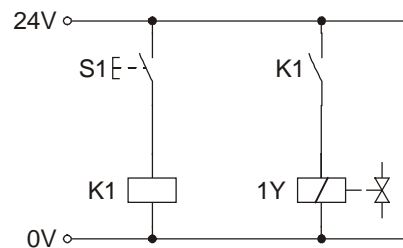
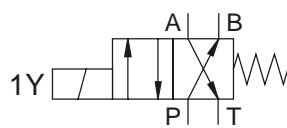


图. 7:  
电磁换向阀



## 流量传感器

流量传感器组成:

- 液压马达，将流量  $q$  转换为转速  $n$ 。
- 转速发电机，产生与转速  $n$  对应的电压  $V$ 。
- 万用表，将电压值  $u$  转换成流量  $q$ ，用  $l/min$  表示。完成上述操作，需将万用表测量方式设定到 sensor no. 3。

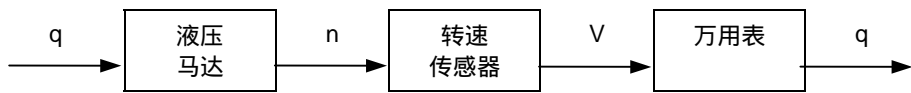


图. 8:  
块状图

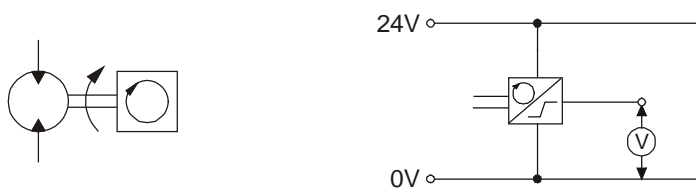


图. 9:  
液压及电气回路图,

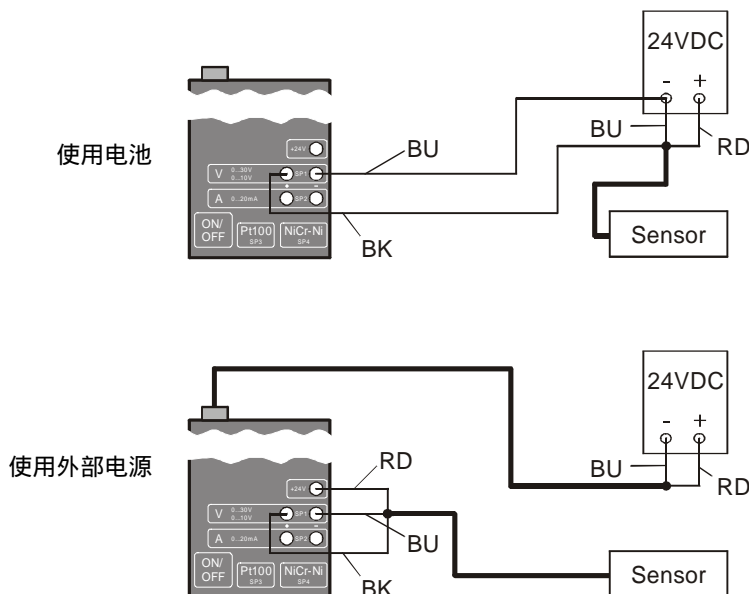


图. 10:  
与万用表连接

### **培训内容**

- 阀及其他元件的特性
- 在回路中使用单独的阀
- 回路中使用不同的阀时，比较其应用及功能
- 测量压力、流量、时间等参数
- 压力及速度控制
- 计算面积比、力、功率和速度
- 液压技术的基本物理原理
- 基本液压等式的应用
- 液压图的学习和绘制
- 绘制位移-步进图
- 根据标准 DIN/ISO 1219 使用元件
- 控制回路的搭接和组装，包括系统纠错
- 估算系统能量消耗
- 基本液压回路：如压力顺序回路、泵循环、微分回路和保护回路等



培训内容列表

习题	培训内容
1	绘制泵的特性曲线
2	绘制溢流阀的特性曲线
3	测量液体阻力
4	单向阀的应用 运用二位二通换向阀控制单作用液压缸
5	二位三通换向阀的应用 时间的确定
6	二位四通换向阀的应用 时间的确定
7	三位四通换向阀的应用 先导控制单向阀的应用
8	应用液压蓄能器作为动力源的方法 液压泵关闭时如何应用蓄能器为液压缸的前进和返回行程提供动力
9	二通调速阀的应用 背压回路的搭接
10	绘制 2 通调速阀特性曲线 比较调速阀和节流阀的调速特性
11	节流阀的应用 在具体应用的角度上说明调速阀和节流阀的不同
12	微分回路的设计和控制方式 压力对活塞面积的影响
13	设计回油压力降低的液压控制回路 解释三通减压阀的工作方式
14	双作用液压缸的液压夹紧回路的原理 带有和不带有背压回路的比较
15	带牵引负载的速度控制回路 比较在入口处和出口处带有流量阀的回路
16	带变化负载的双作用液压缸回路
17	确定双作用液压缸的压力 说明如何选择溢流阀或减压阀
18	压力顺序控制回路 绘制位移步进图
19	计算与双作用液压缸有关的力 计算活塞的前进行程时间
20	电气液压控制回路

## “液压技术基础部分”实验装置

TP501, PN 080246

元器件	订货号	数量
压力表	152841	3
节流阀	152842	1
单向节流阀	152843	1
压力开关阀	152844	1
单向阀 0.1 MPa	152845	1
单向阀 0.5 MPa	152846	1
三通接头	152847	7
直控式溢流阀/顺序阀	152848	1
先导式溢流阀	152849	1
三通减压阀	152850	1
二通调速阀	152851	1
液控阀	152852	1
双作用液压缸	152857	1
液压马达	152858	1
储能器	152859	1
负载, 9 kg	152972	1
二位四通手动阀	152974	1
三位四通手动阀, 中位泵环流	152977	1



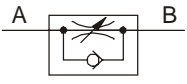



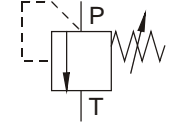
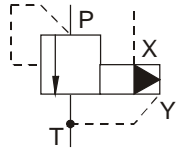
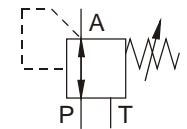
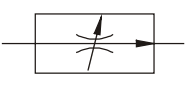
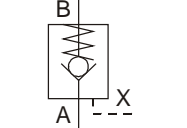
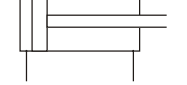
元器件	订货号	Qty.
秒表	151504	1
3 位 4 通手动阀, O 型	152975	1
位 4 通手动阀, Y 型	152976	1
继电器单元, 3 组	162241	1
电信号开关单元	162242	1
流量传感器	183736	1
2 位 4 通单电控电磁阀	167082	1
3 位 4 通双电控电磁阀, O 型	167083	1
3 位 4 通双电控电磁阀, Y 型	167084	1
3 位 4 通双电控电磁阀, N 型	167085	1
万用测量仪	183737	1
压力传感器	184133	1

其他元器件

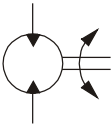
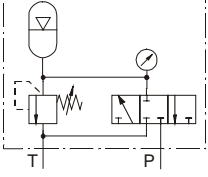


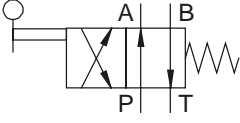
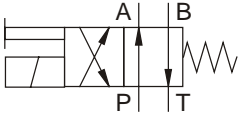
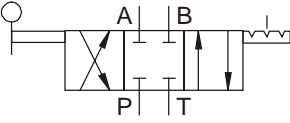
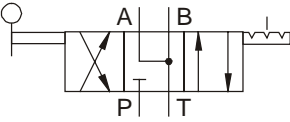
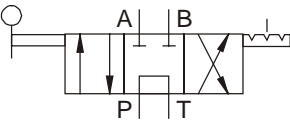
元器件	订货号	Qty.
铝合金底板	159411	1
油管, 600 mm	152960	12
液压泵	152962	1
油管, 1000 mm	152970	4
压力释放器	152971	1
负载保护套 (用于 9kg 负载)	152973	1
稳压电源, 24 V, 4.5 A	162417	1
导线组	167091	1

附件

## TP501 元器件符号

元器件	符号
压力表	
节流阀	
单向节流阀	
压力开关阀	
单向阀	
三通接头	
直控式溢流阀/顺序阀	
先导式溢流阀	
三通减压阀	
二通调速阀	
液控阀	
双作用液压缸	

TP501 元器件符号

元器件	符号
液压马达	
储能器	
储能器,简图	
负载	
2 位 4 通手动阀	
2 位 4 通电磁阀	
3 位 4 通手动阀, O 型	
3 位 4 通手动阀, Y 型	
3 位 4 通手动阀, M 型	

## TP501 元器件符号

元器件	符号
3 位 4 通双电控电磁阀，O 型	
3 位 4 通双电控电磁阀，Y 型	
3 位 4 通双电控电磁阀，N 型	
油管	
液压泵	
液压泵, 简图	
压力传感器	
流量传感器	
带转速传感器的液压马达	

TP501 元器件/习题表

元器件	习题																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
压力表	1	1	3	1	3	1	1	2	5	3	5	3	4	3	3	3	3	2		
节流阀			1							1										
单向节流阀							1			1		1	1							
单向节流阀	1	1	1	1			1		1	1	1	1	1	1	1		1	1		
单向阀 0.1 MPa							1	1		1		1	1	1	1		1			
单向阀 0.5 MPa				1	1				1						1	1		1		
三通接头		2	3	4	3	2	3	3	6	2	4	4	5	4	4	4	5	7		2
直控式溢流阀/顺序阀*)		1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	3	2	3		1
先导式溢流阀		(1)	(1)						(1)	(1)	(1)			(1)	(1)	(1)	(1)	(1)		
三通减压阀													1				1			
二通调速阀			1						1	1		1			1			1		
液控阀							1													1
双作用液压缸				1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1		1
液压马达																		1		
储能器								1												
负载				1	1										1	1				
2位4通手动阀			1		1	1		1			1	1		1						
3位4通手动阀, 中位泵环流			1				1		1				1		1	1	1	1		
液压泵	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
油管, 600 mm	3	5	5	6	5	4	7	5	9	4	12	5	12	10	11	8	5	12		4
油管, 1000 mm			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4		2
秒表					1	1	1		1		1	1		1	1					
压力传感器			(2)			2	2													
流量传感器	1	1	1							1								1		
万用数字表	1	1	1							1								1		
稳压电源	1	1	1							1								1		1

\*) 如果直控式溢流阀/顺序阀数量不够, 也可以使用先导式溢流阀

**习题 20 的电器元件**

元器件	订货号	Qty.
3 位 4 通双电控电磁阀, Y 型	167084	1
电信号开关单元	162242	1
继电器单元, 3 组	162241	1
导线组	167091	1

**习题逻辑结构**

工作手册 A 部分为习题, C 部分为习题答案。所有习题的具有相同的逻辑结构。

A 部分习题包括如下内容:

- 科目
- 题目
- 培训内容
- 培训要求
- 习题
- 示意图

习题后附有工作表, 对元器件进行阐述, 可供练习时参考。

A 部分习题答案包括如下内容:

- 液压回路
- 实际回路搭接
- 元器件列表
- 答案
- 赋值
- 结论





**A部分 – 课程**

习题	1: 自动车床 泵的特性	A-3
习题	2: 包裹提升设备 溢流阀特性	A-7
习题	3: 拉伸压力机 液压阻力	A-11
习题	4: 纸张压辊设备 单作用液压缸 (基础回路)	A-15
习题	5: 淬火炉 单作用液压缸 (测量及计算)	A-19
习题	6: 控制锅炉门 双作用液压缸	A-23
习题	7: 传送带方向校正装置 三位四通换向阀的功能及应用	A-29
习题	8: 控制库门 储能器	A-33
习题	9: 圆周自动进给机床 调速阀和背压	A-37
习题	10: 喷漆室 调速阀特性	A-41

# A-2

---

习题	11: 轧花机 单向节流阀和背压	A-45
习题	12: 平面磨床 微分回路	A-49
习题	13: 钻床 减压阀	A-55
习题	14: 舱壁门 双作用液压缸液压夹紧回路	A-59
习题	15: 渡运斜梯 比较入口处和出口处设置调速阀的回路	A-63
习题	16: 运输车 负载变化	A-69
习题	17: 压力粘接机 比较溢流阀和减压阀	A-73
习题	18: 装配设备 压力顺序控制回路，位移步进图	A-77
习题	19: 装配设备的计算 压力和时间的计算	A-81
习题	20: 卸料装置 电气液压	A-85

液压

科目

自动车床

题目

- 掌握液压泵容积效率的检测方法，绘制泵的特性曲线
- 绘制液压回路图
- 实际液压回路组装
- 测量不同压力下的流量值并将数值填入表中
- 绘制泵的特性曲线
- 导出结论

培训目的

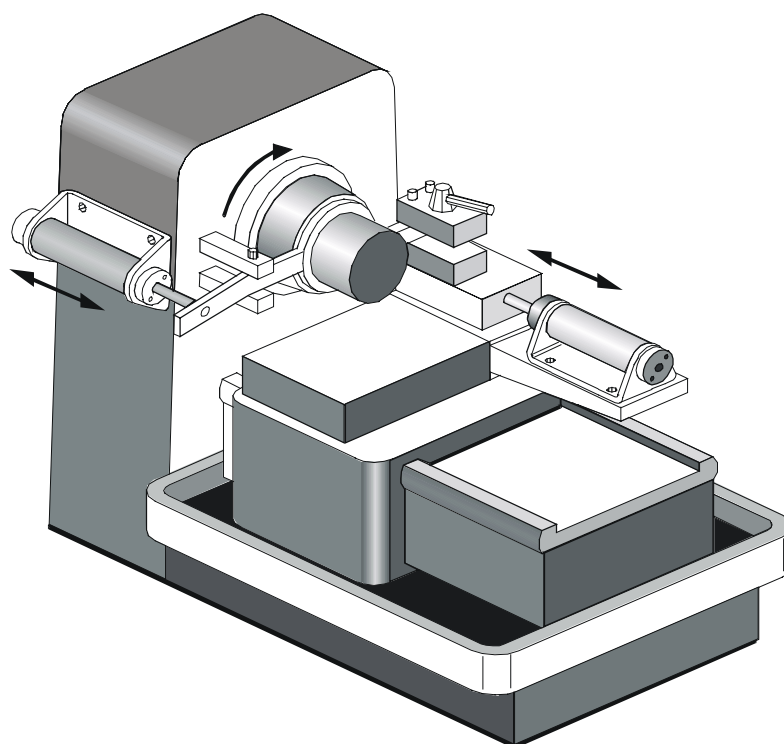
培训要求

# A-4

## 习题 1

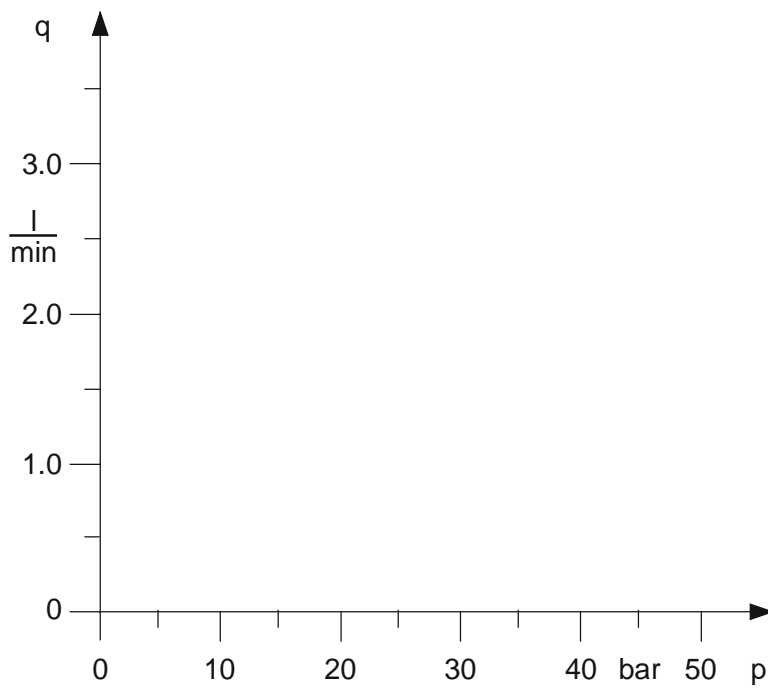
**习题** 自动车床的主轴由一个液压马达驱动，同时用一个液压缸来控制刀具溜板的进给运动。在零件加工过程中，主轴未能达到额定的转速，因此要对液压泵的特性曲线进行测定。

示意图



练习表

系统压力 p	15	20	25	30	35	40	45	50	bar	赋值
流量 q									l/min	



泵的特性曲线

当压力增加时流量是怎样变化的?

结论

---



---



---

# A-6

---

## 习题 1

液压

科目

包裹提升设备

题目

■ 了解溢流阀，掌握溢流阀压力/流量特性及特性曲线的测定和绘制

培训目的

■ 绘制液压回路图

培训要求

■ 实际液压回路组装

■ 设定最大压力为50bar

■ 确定溢流阀的启动压力

■ 测量各个测量值并将数值填入表中

■ 绘制压力/流量特性曲线

■ 导出结论

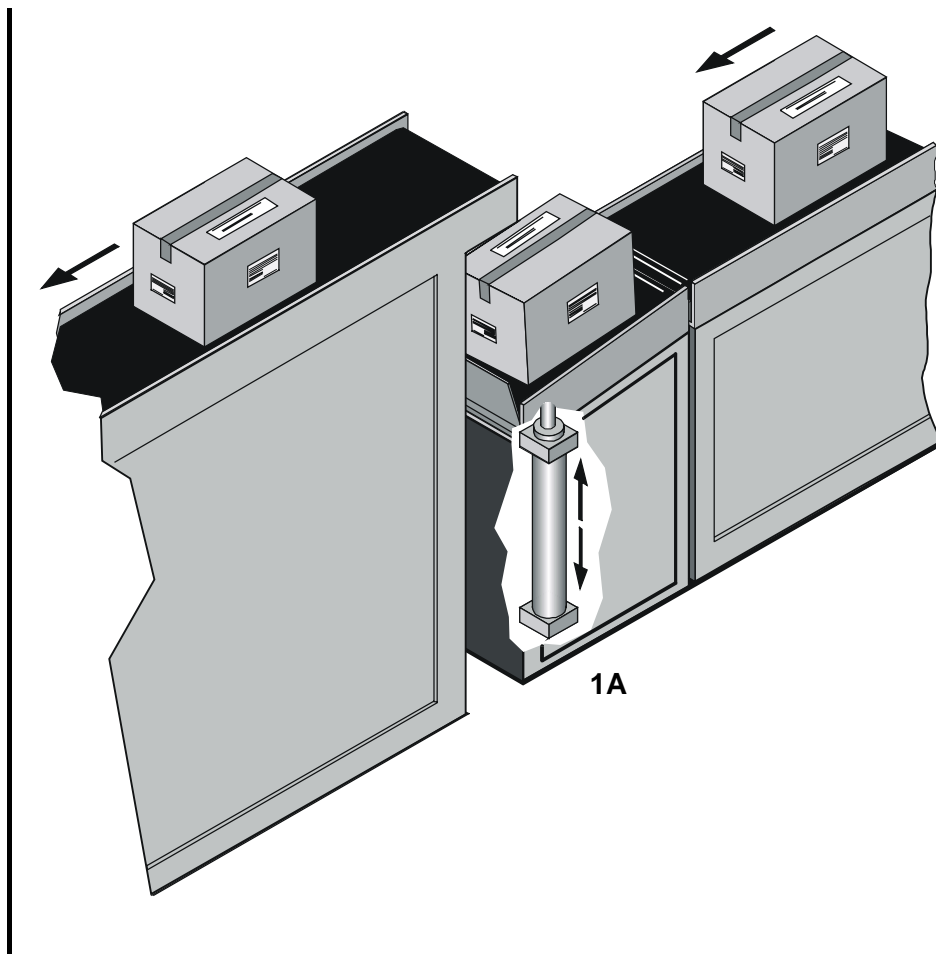


# A-8

## 习题 2

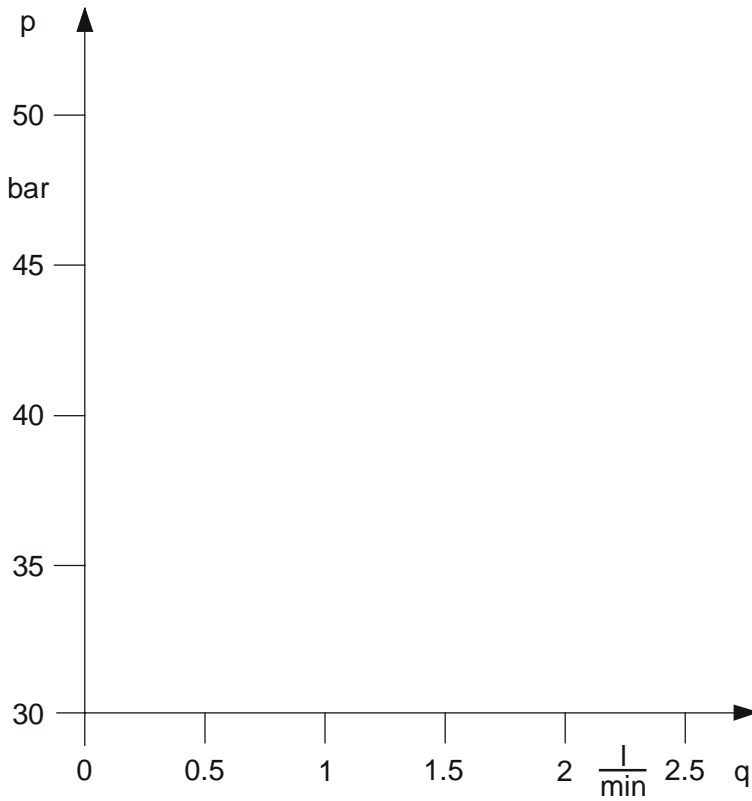
**习题** 在传送带的传送过程中，由于包裹重量的变化，现在需用包裹提升装置将包裹抬起。经观察得知，由于包裹重量的增加，液压缸的上升速度降低了。运用溢流阀的压力/流量特性曲线来确定：在多大压力下泵的输出流量开始由溢流阀溢流。

示意图



练习表

工作压力 p	35	40	42.5	45	47.5	50	bar	赋值
流量 q							l/min	



流量阀的特性曲线

启动压力与最大压力的区别是什么？

结论

---



---



---

# A-10

---

## 习题2

液压

科目

拉伸压力机

题目

- 了解液体阻力的影响（定性了解被测阀阀口压力损失与流量之间的关系，掌握阀口压力损失的检测方法）

培训目的

- 绘制液压回路图
- 实际回路组装
- 设定稳定的流量
- 测量被测件的流量阻力
- 导出结论

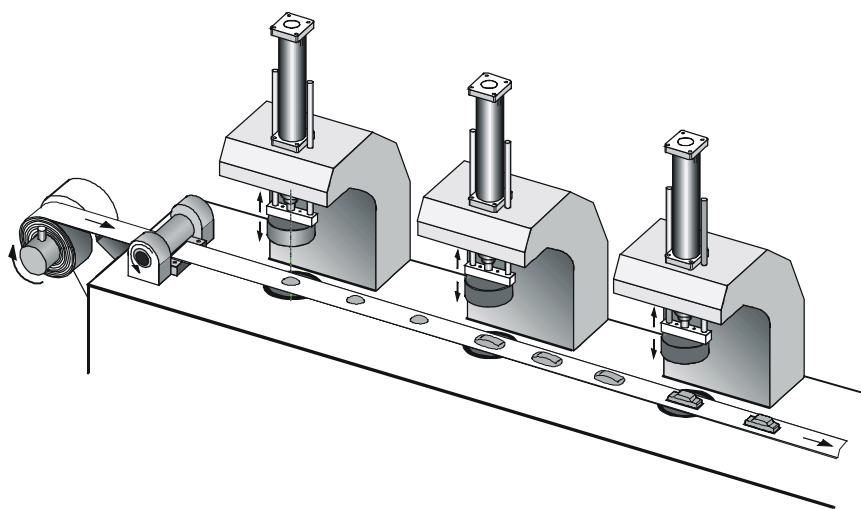
培训要求

# A-12

## 习题 3

**习题** 拉伸压力机是一个使金属工件成型的液压设备，当液压系统进行改装后，出现工件尺寸不准确的现象。分析原因可能是液压系统改装后，系统中液压元件的压力损失增大，导致所需的冲压压力达不到要求。为了确定原因，现在用一种特殊的测量装置测量液压元件的压力损失。

示意图



## 练习表

$p_{0z3}$  =元件的进油口压力

赋值

$p_{0z4}$  =元件的回油口压力

元器件	流量 $q$ l/min	压力 $p_{0z3}$ bar	压力 $p_{0z4}$ bar	压差 $\Delta p$ bar	数值表
溢流阀 完全开启	2				
	1				
节流阀 完全开启	2				
	1				
二位四通阀 P → A	2				
	1				
三位四通阀 P → A	2				
	1				

随着流量的双倍增加，压差如何变化？

结论

---



---



---



---



---



---

# A-14

---

## 习题 3

液压

科目

纸张压辊设备

题目

- 了解单向阀的作用
- 运用二位二通换向阀控制单作用液压缸

培训目的

- 绘制液压回路图
- 实际回路组装
- 对此回路进行评价

培训要求

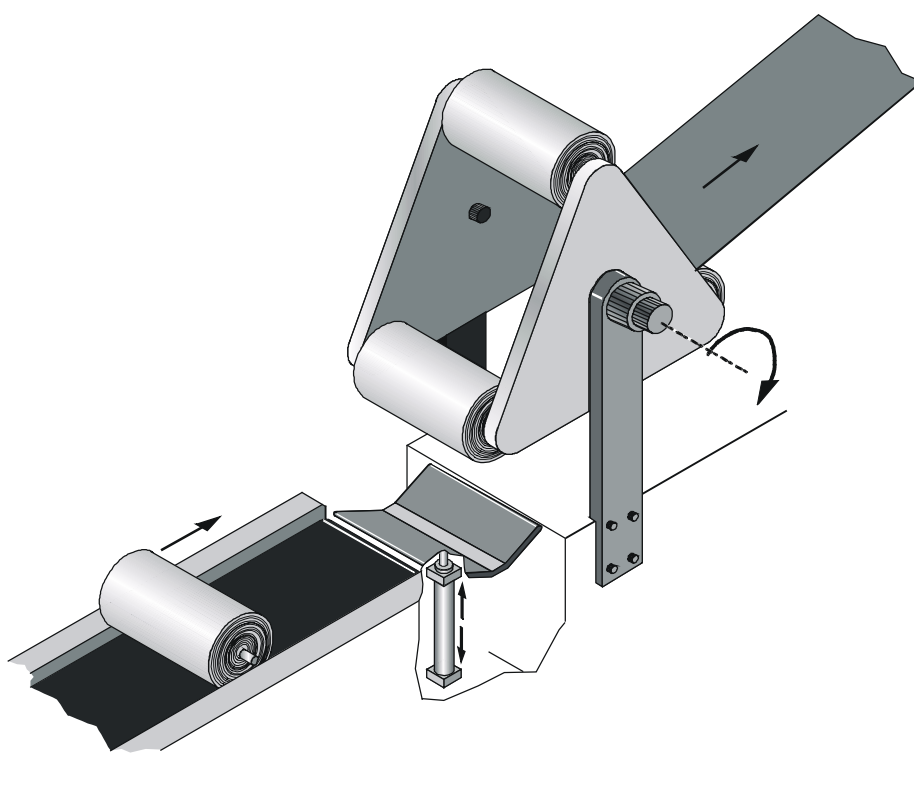


# A-16

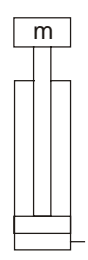
## 习题 4

**习题** 纸卷由升降装置抬起并安装在一个压辊上。升降装置由一个活塞缸（单作用液压缸）来驱动。接通液压泵，泵的输出流量直接流向液压缸。现将二位二通换向阀安装在与油箱相连的一条分支回路中。在换向阀未切换时，阀门处于关闭状态。为了确保液压泵免于回油压力的反冲干扰，在液压泵与系统回路之间安装了一个单向阀。另外，为了保护液压泵免遭超高压，在单向阀前又安装了一个溢流阀。

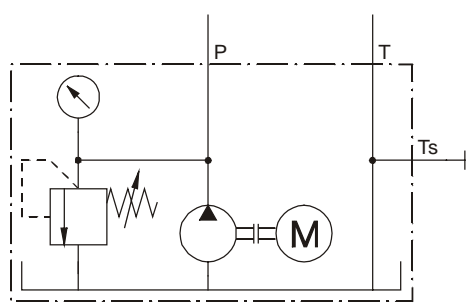
示意图



练习表



液压回路图



# A-18

## 习题 4

元件列表	编号	数量	内容

结论 该液压回路图的缺点是什么？

---

---

---

---

---

---

液压

淬火炉

- 了解二位三通换向阀的工作方式和应用
- 掌握如何确定单作用液压缸的前进和返回行程的时间、压力、力
  
- 绘制液压回路图
- 确定所需的元件
- 实际回路的组装
- 测量前进和返回行程的行程压力和行程时间
- 计算所需的前进行程压力
- 计算前进行程速度和时间

科目

题目

培训目的

培训要求

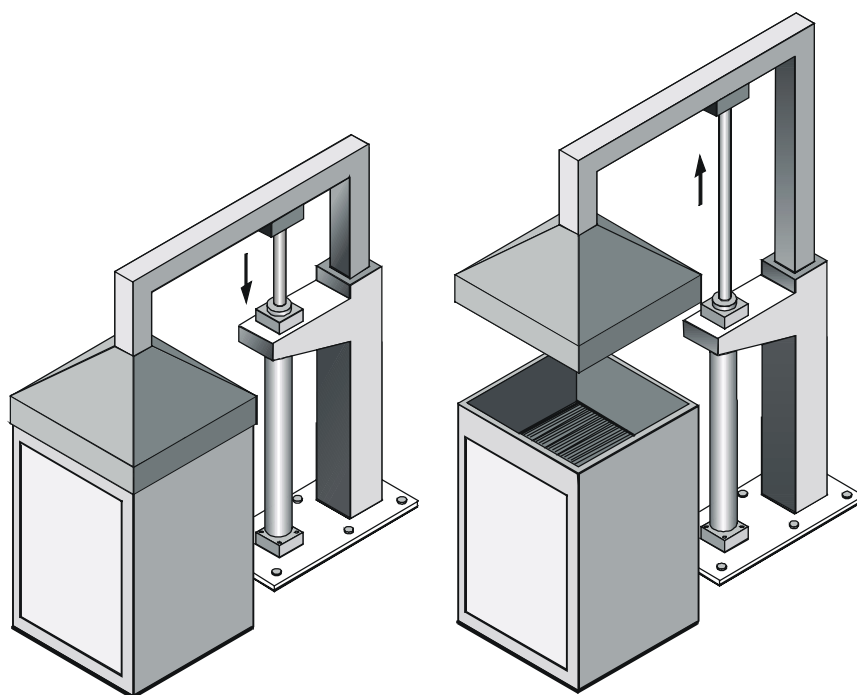
# A-20

## 习题 5

**习题** 淬火炉的顶盖由一个单作用缸提起。这个液压缸则用一个二位三通换向阀控制。将一个9Kg的负载加在活塞杆上模拟重物，测量并计算以下值：

- 行程压力、负载压力、阻力和背压
- 前进行程速度和时间

示意图



## 练习表

方向	行程压力	行程时间	赋值
前进行程			
返回行程			

已知数据:

负载:  $F_G=90 \text{ N}$ 活塞面积:  $A_{PN}=2 \text{ cm}^2$ 行程:  $s=200 \text{ mm}$ 泵的流量:  $q=2 \text{ l/min}$ 负载压力:  $p_L = \frac{F_G}{A_{PN}}$  $p_L =$ 

.....

液压阻力 = 行程压力 - 负载压力 =

 $p_{res} =$ 

.....

背压对液压阻力的影响有多大?

结论

---



---



---

# A-22

---

## 习题 5

前进行程速度:  $v_{adv} = \frac{q}{A_{PN}}$

$v_{adv} =$  .....

前进行程时间:  $t_{adv} = \frac{s}{v_{adv}}$

$t_{adv} =$  .....

**结论** 前进行程时间的测量值与计算值是否相符?

---

---

---

液压

科目

控制锅炉门

题目

- 熟悉二位四通换向阀的功能、结构及其应用
- 掌握如何确定双作用液压缸的前进和返回行程的时间、压力、力

培训目的

- 绘制液压回路图
- 确定必要的元件
- 实际回路的组装
- 测量前进、返回行程的行程压力、背压、转换时间
- 计算前进、返回行程速度
- 比较测量值和计算值

培训要求

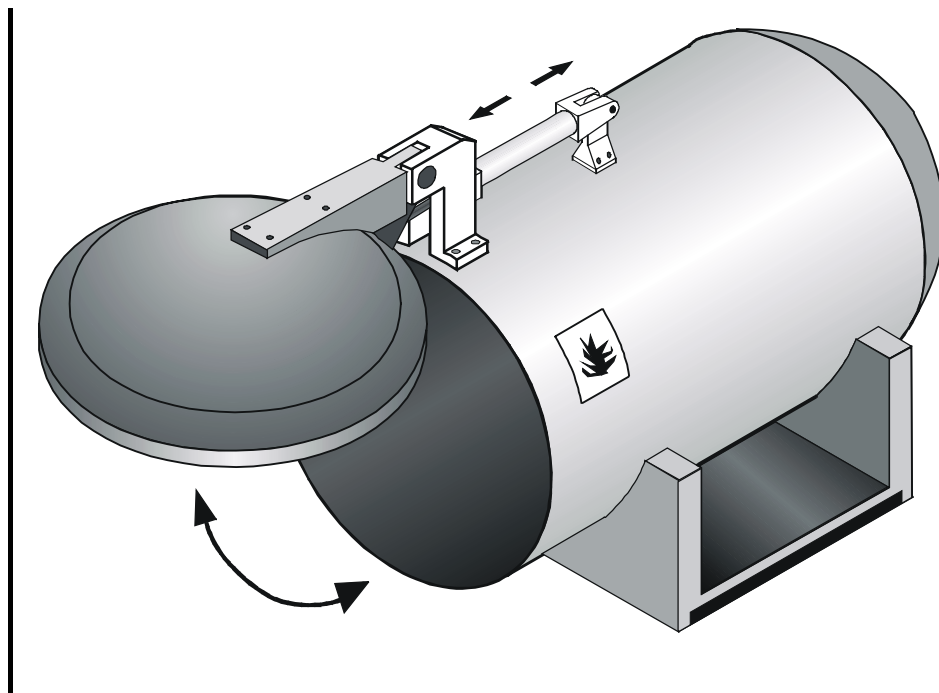


# A-24

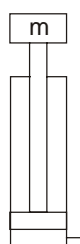
## 习题 6

**习题** 锅炉门的开启和关闭由一个双作用缸控制。双作用缸的动作由一个带弹簧复位的二位四通阀来控制。在开门过程中，操作者必须按住操作杆，此时锅炉门打开，一旦放手，门又重新关上。

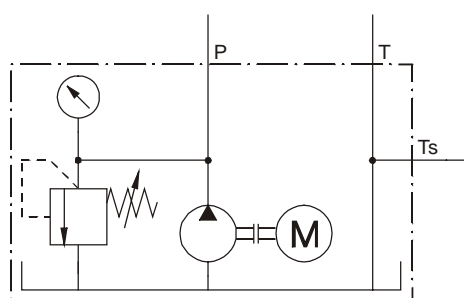
示意图



练习表



液压回路图



## A-26

## 习题 6

赋值	前进行程 →	行程压力 $p_{1S1}$	背压 $p_{1S2}$	行程时间 $t_{adv}$
	返回行程 ←	背压 $p_{1S1}$	行程压力 $p_{1S2}$	行程时间 $t_{ret}$

已知数据:

活塞无杆腔面积:  $A_{PN} = 2.0 \text{ cm}^2$

活塞有杆腔环面积:  $A_{PR} = 1.2 \text{ cm}^2$

行程:  $s = 200 \text{ mm}$

泵的流量:  $q = 2 \text{ l/min}$

面积比:  $\alpha = \frac{A_{PN}}{A_{PR}}$

$\alpha =$

.....

前进行程速度:  $v_{adv} = \frac{q}{A_{PN}}$

$v_{adv} =$

.....

前进行程时间:  $t_{adv} = \frac{s}{v_{adv}}$

$t_{adv} =$

.....

返回行程速度:  $v_{ret} = \frac{q}{A_{PR}}$

$v_{ret} =$

.....

返回行程时间:

$$t_{ret} = \frac{s}{v_{ret}}$$

$$t_{ret} = \dots\dots\dots$$

行程速度比:

$$\frac{v_{adv}}{v_{ret}} = \dots\dots\dots$$

行程时间比:

$$\frac{t_{adv}}{t_{ret}} = \dots\dots\dots$$

通过面积比比较返回和前进行程的速度和时间，它们的联系是什么？ 结论

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# A-28

---

## 习题 6

---

---

---

---

---

---

---

液压

科目

**传送带方向校正装置**

题目

- 熟悉三位四通换向阀的功能、结构及其应用
- 掌握如何使用液控单向阀
  
- 绘制液压回路图
- 确定必要元件
- 实际回路组装
- 对换向阀在不同位置时测量行程压力、背压力和系统压力
- 针对不同中位的三位四通阀系统，计算阀体处于中位时的功率平衡

培训目的

培训要求

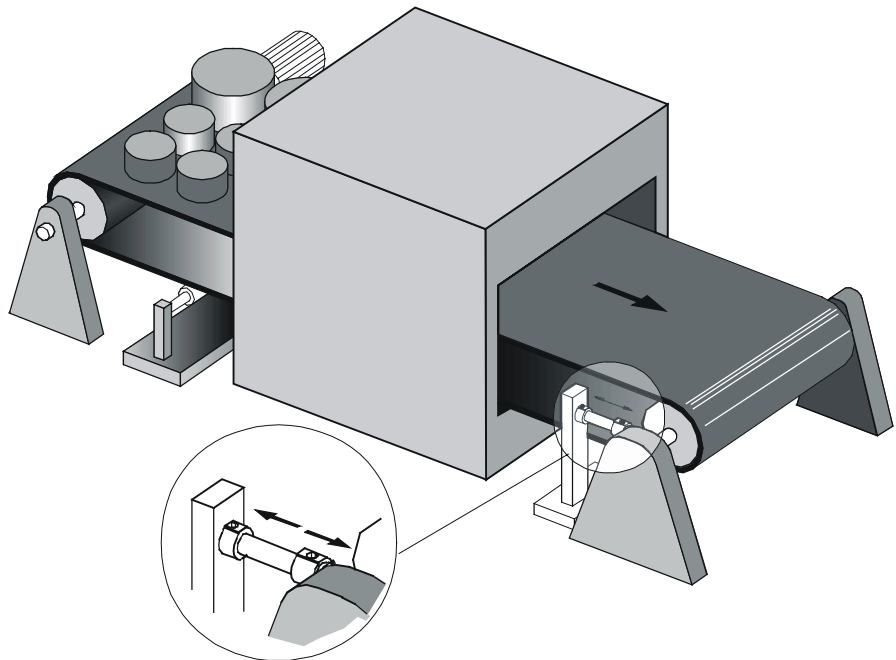
## A-30

## 习题7

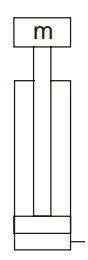
**习题** 用一条链式传送带传送工件，使其经过一个烘箱。为了使传送带不脱离滚轴，必须借助一个传送带方向校正装置将偏移的传送带移正。此装置包括一个钢质滚筒，滚筒一端固定，另一端通过双作用液压缸将其调节到所需的位置。液压泵必须一直处于工作状态。为了节约能源，在换向阀不工作时，液压系统必须处于液压泵低压卸荷状态。用一个绷紧装置对传送带不断施加一个反作用力。用一个液控单向阀来防止阀门泄漏而引起的液压缸活塞杆的往返运动。

为了比较，首先计算M型中位的三位四通换向阀的系统，处于中位时的功率平衡，然后计算在O型中位的三位四通换向阀的系统，处于中位时的功率平衡。

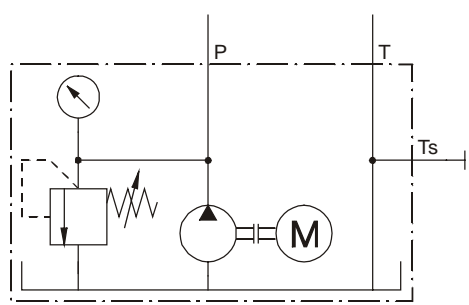
示意图



练习表






液压回路图





# A-32

## 习题 7

赋值	方向	阀的位置	行程压力和背压		
			系统压力 $p_{0z2}$	$p_{1s1}$	$p_{1s2}$
	前进行程 →				
	返回行程 ←				
	中位				

液压功率计算:

$$P_{DR} = \frac{p \cdot q}{\eta}$$

已知数据:

$P_{DR}$  = 所需液压功率

$p$  = 泵提供的系统压力:

最大值 50 bar

$q$  = 泵的流量:

常量 2 l/min

$\eta$  = 泵的总效率:

约. 0.7

O型中位时所需液压功率:

$P_{DR} =$

.....

M型中位时所需液压功率:

$P_{DR} =$

.....

结论 卸荷回路的优点?

---



---



---

液压

科目

控制门

题目

- 了解液压储能器被用作动力源的方法
- 掌握当泵关闭时如何应用储能器为液压缸的前进和返回行程提供动力

培训目的

- 绘制液压回路图
- 确定必要的元件
- 实际回路的组装
- 确定当液压泵关闭时的工作周期
- 得出结论
- 说明此储能器操作的设计和方法
- 指出储能器的用途

培训要求

# A-34

## 习题 8

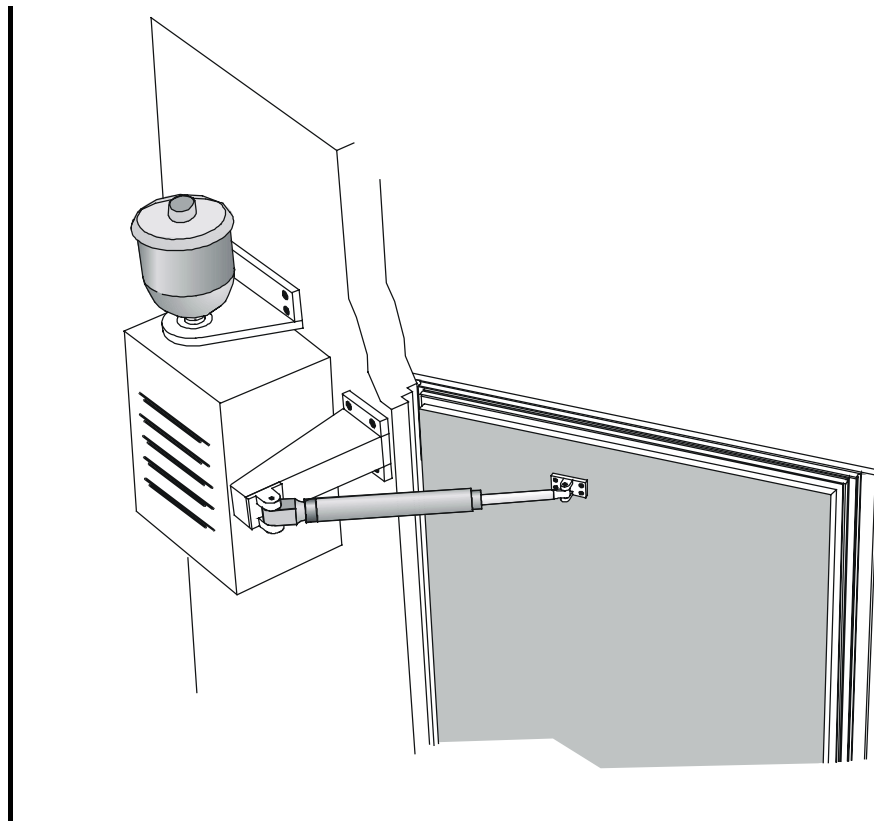
**习题** 一个大型冷库门的开关机构是由液压缸驱动的。在液压系统中设有一台液压储能装置，其用途是当电力驱动失效（停电）时，用液压储能器中的备用液压动力控制冷库门。储能器的充液量应允许冷库门被开启和关闭一定量的次数。采用二位四通换向阀来控制液压缸动作。二位四通换向阀在初始位置（弹簧复位位置）时，其回路连接是使液压缸处于活塞杆伸出状态。

在得不到动力补给后，冷库门的安全措施被中断，该措施可以避免人被关在门内所带来的危害，因为这个被中断的安全功能通常是由一个电动机驱动液压系统来提供的。

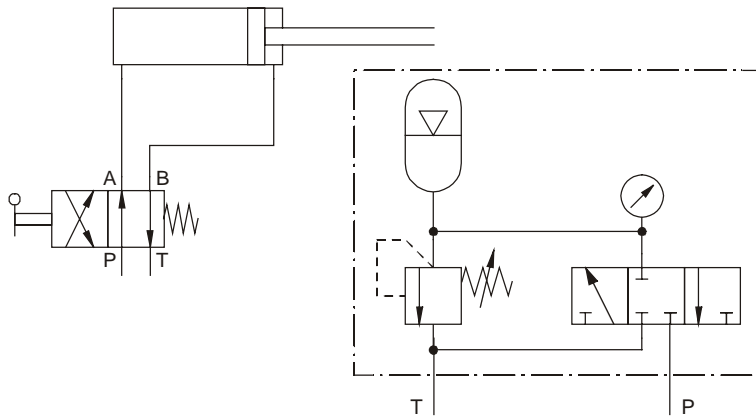


**严格遵守储能器的操作规则，当关闭控制系统之后，只有全部释放储能器中的压力，并将储能器元件与液压系统隔离开的情况下才能拆除其它液压元件。**

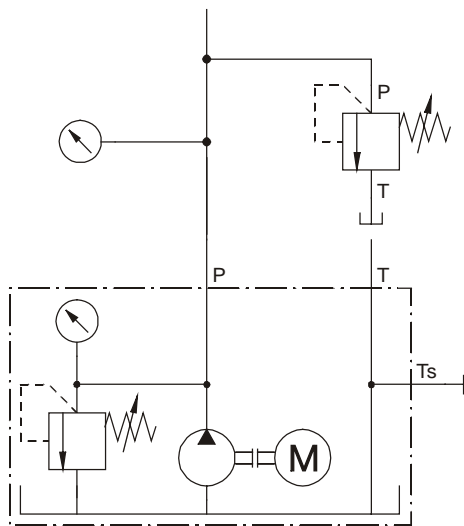
示意图



练习表



液压回路图



# A-36

## 习题 8

赋值	系统压力	开启	关闭
	20 bar		
	50 bar		

结论 回路中安装一个储能器的作用是什么？

---

---

说明储能器的原理和功能。

---

---

---

---

列举储能器的应用实例。

---

---

---

液压

科目

**圆周自动进给机床**

题目

- 了解二通调速阀的功能和工作原理
- 了解并组装一个采用背压阀来克服反向负载力的回路
  
- 理解液压回路图
- 实际回路组装
- 设计一个带有调速阀和能够产生背压力的回路
- 调整液压缸的进油、回油压力并测量液压缸的行程时间
- 比较在不同的进油、回油压力下对流量的影响

培训目的

培训要求

## A-38

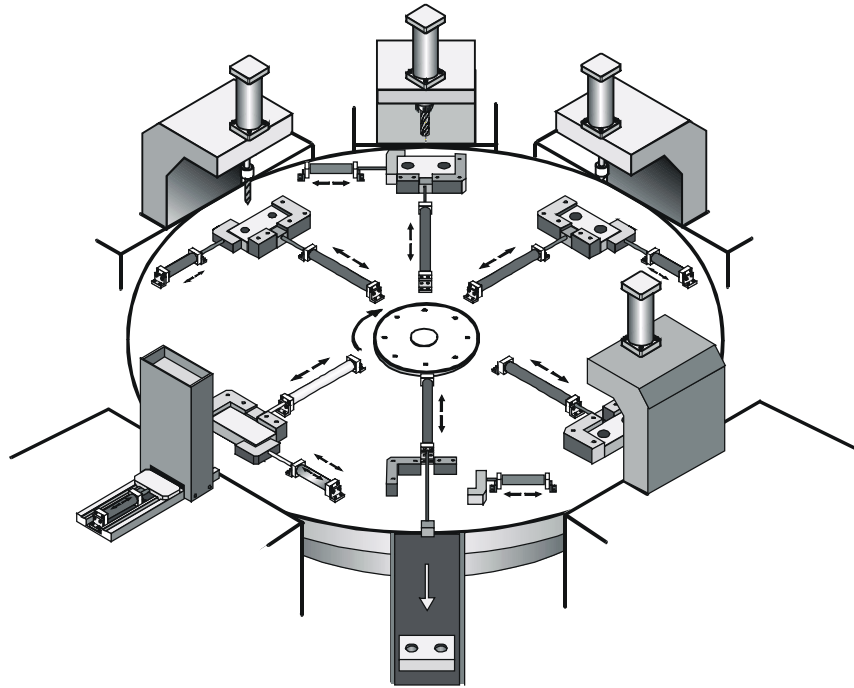
## 习题9

**习题** 用一个液压泵来驱动圆周自动进给机床的多个加工站。

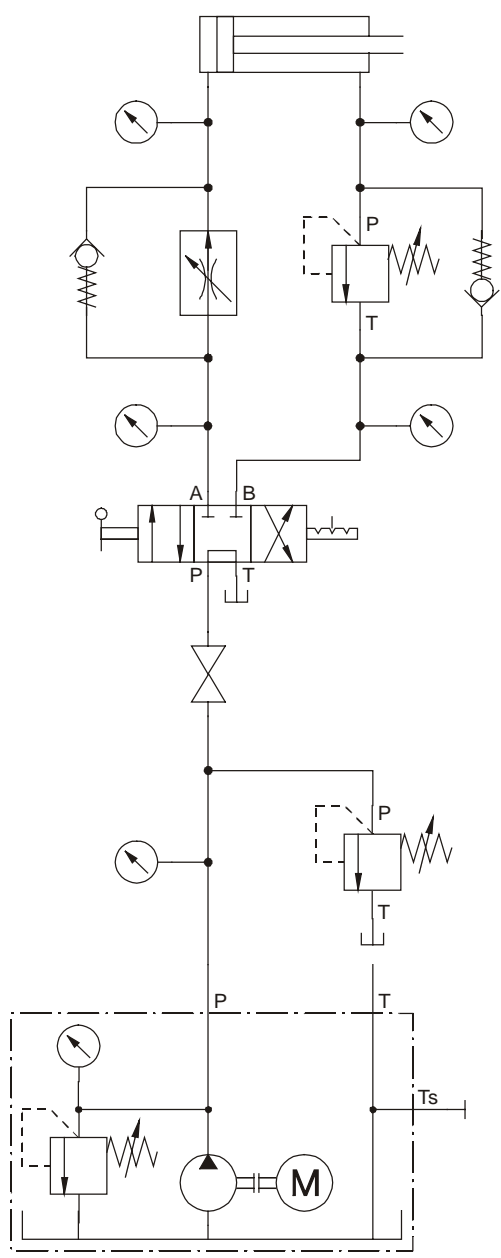
作为单个工作站每次启动和关闭都会在整个液压回路产生压力波动。这些压力波动将钻床工作台产生影响。压力波动以及钻孔时所产生的力（反向力）不允许对钻头的进给产生影响。

为了达到可调的均匀进刀要求，必须在系统中设置一个调速阀用来确保获得平稳的进给速度，同时用一个溢流阀作为背压阀，以便产生背压力克服钻头排渣时的反作用力。

示意图



练习表



液压回路图



## A-40

## 习题 9

赋值 测量以下值:

$p_{1Z1}$  =调速阀的进油口压力

$p_{1Z3}$  =调速阀的出油口压力

$p_{1Z4}$  =背压阀的背压力

$t \rightarrow$  =液压缸的前进行程时间

调速阀进油口 压力变化	$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$
	50 bar		10 bar	
	40 bar		10 bar	
	30 bar		10 bar	
	20 bar		10 bar	
	10 bar		10 bar	

调速阀出油口 压力变化	$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$
	50 bar		10 bar	
	50 bar		20 bar	
	50 bar		30 bar	
	50 bar		40 bar	
	50 bar		50 bar	

结论 当调速阀进油口和出油口压力变化时液压缸行程时间是怎样变化的？

---



---



---

液压

## 喷漆室

- 掌握如何绘制调速阀的特性曲线
- 比较调速阀和节流阀的调速性能
  
- 绘制液压回路图
- 实际回路组装
- 测量通过流量阀的压力和流量
- 绘制调速阀的特性曲线
- 将调速阀与节流阀进行比较

科目

题目

培训目的

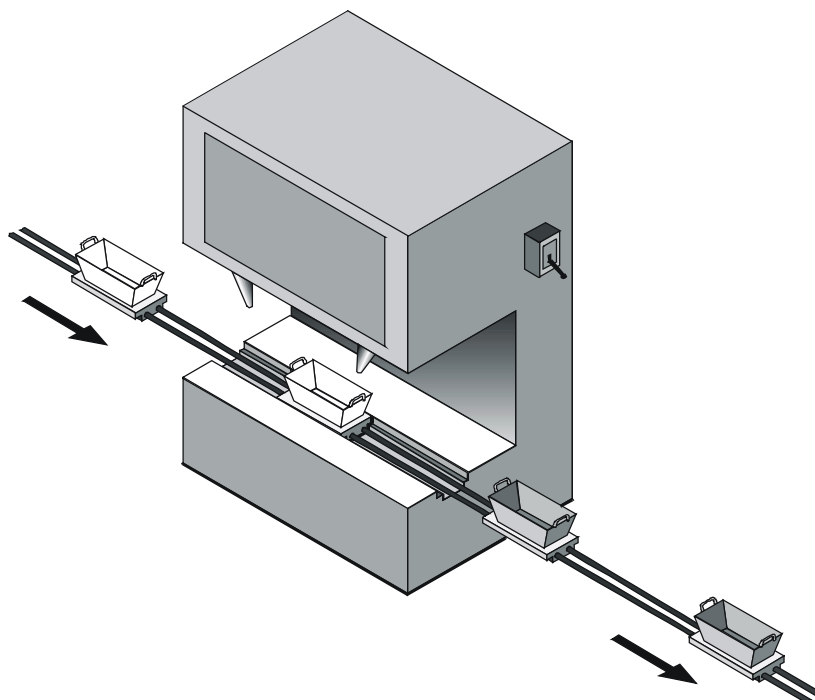
培训要求

# A-42

## 习题 10

**习题** 用一台链式传送带将工件运送到喷漆室。传送带由一个液压马达通过锥齿轮传动装置来驱动。由于生产过程的变化，经过喷漆室的工件的重量要发生了变化，但是传送带的速度仍然要求保持和以前相同。必须通过安装一个流量阀以达到这个目的，而且还应确定哪一种类型的流量阀更为合适。

示意图



## 练习表

测量以下值:

 $p_{1Z1}$  =流量阀的进口压力 $p_{1Z2}$  =流量阀的出口压力 $q_{TWFCV}$  =通过调速阀的流量 $q_{TV}$  =通过节流阀的流量

赋值

$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$q_{SRV}$	$q_{DV}$
50 bar	10 bar	2 l/min	2 l/min
50 bar	20 bar		
50 bar	30 bar		
50 bar	40 bar		
50 bar	50 bar		

负载压力波动

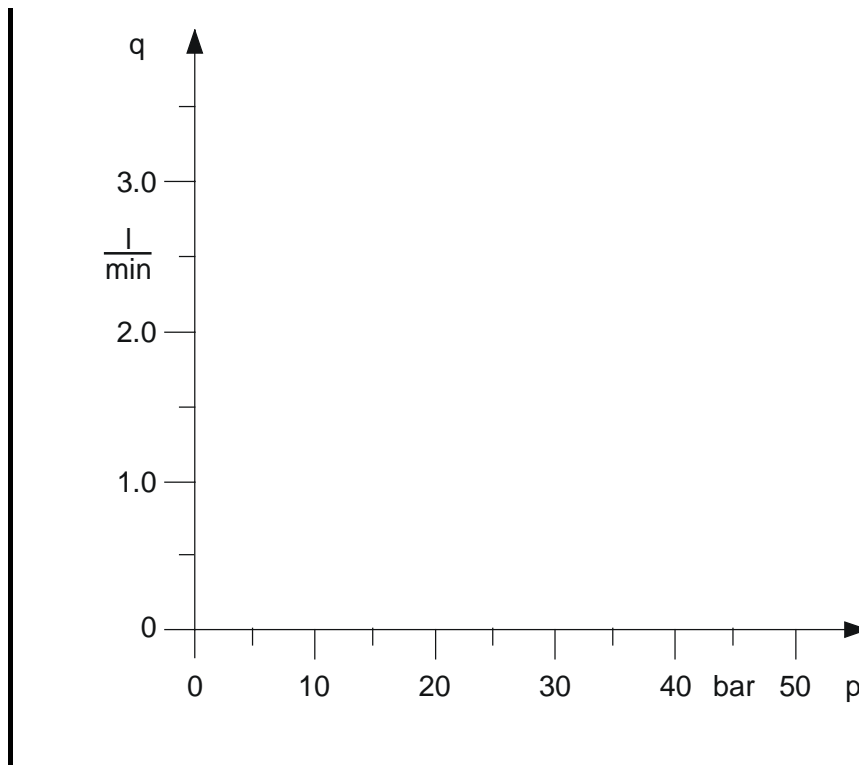
$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$q_{SRV}$	$q_{DV}$
50 bar	10 bar	2 l/min	2 l/min
40 bar	10 bar		
30 bar	10 bar		
20 bar	10 bar		
10 bar	10 bar		

入口压力波动

# A-44

## 习题 10

调压阀  
特性曲线



结论 哪一种流量阀更适合要求，为什么？

---

---

---

---

液压

轧花机

- 熟悉单向节流阀
- 从具体应用的角度上说明调速阀和节流阀的不同
  
- 绘制系统回路图
- 实际回路组装
- 设计一个采用单向节流阀和可产生背压力的回路
- 调节和测量节流阀入口和出口压力以及液压缸的行程时间
- 将此行程时间与练习九中的进行比较

科目

题目

培训目的

培训要求

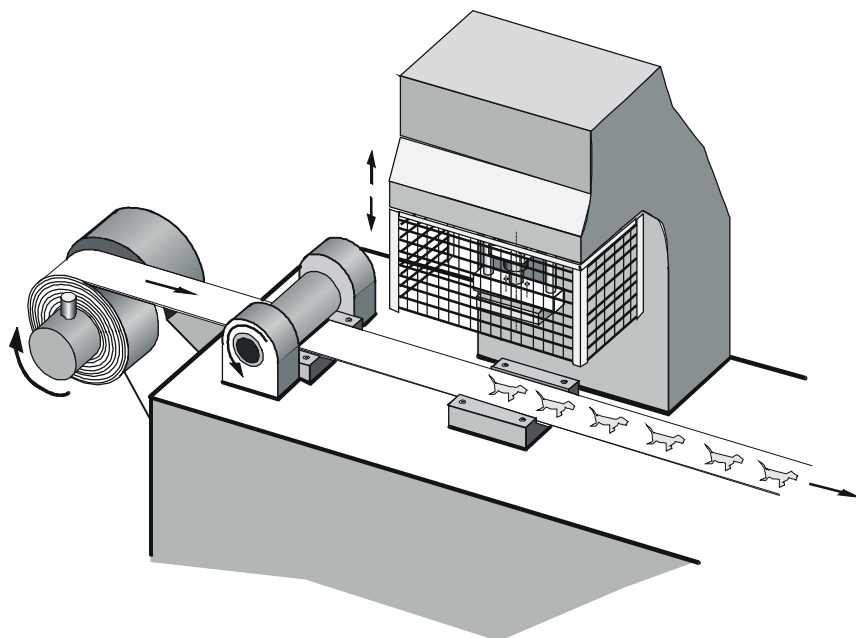
## A-46

## 习题 11

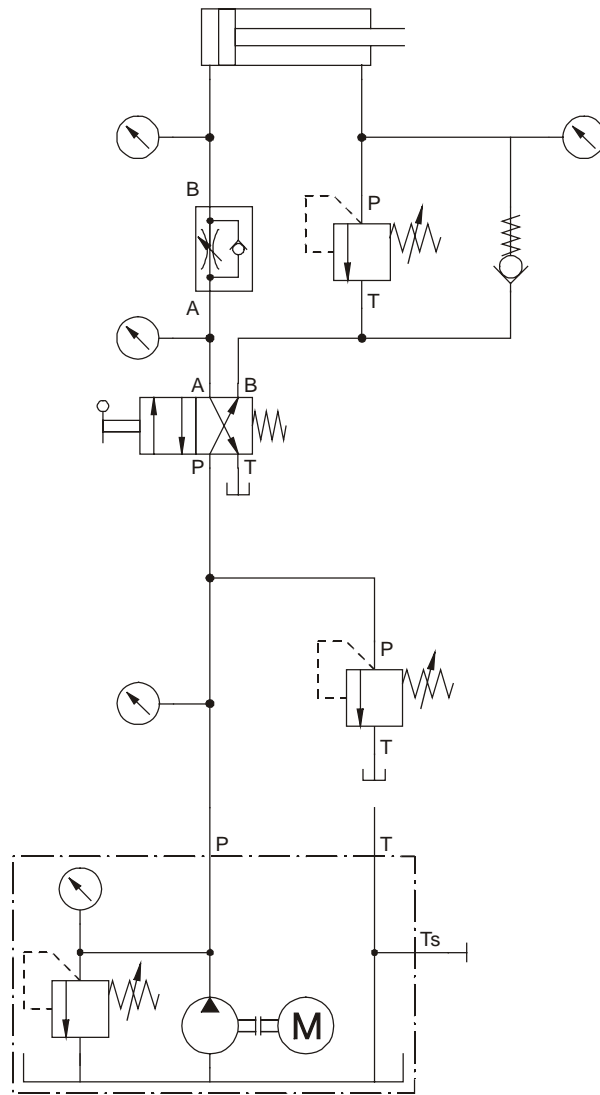
**习题** 这是一种特殊的机器，用于在金属薄片上压印出图形。金属薄片通过一个可以调整速度的传送装置进给。压印速度必须能够与进给速度的变化相一致，压印头返回必须是快退运动。

液压系统采用一个单向节流阀来控制压印的速度。采用一个溢流阀做背压阀，阻止压印头回程时金属薄片对压印模具产生的反向牵引力。采用一个二位四通换向阀来控制压印头的前进和后退的动作。

示意图



练习表



液压回路图



## A-48

## 习题 11

赋值 测量以下值:

$p_{1Z1}$  = 单向节流阀的进口压力

$p_{1Z3}$  = 单向节流阀的出口压力

$p_{1Z4}$  = 液压缸背压力

$t \rightarrow$  = 液压缸的行程时间

单向节流阀 进口压力波动	$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$
	50 bar		10 bar	
	40 bar		10 bar	
	30 bar		10 bar	
	20 bar		10 bar	
	10 bar		10 bar	

单向节流阀 出口压力波动	$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$
	50 bar		10 bar	
	50 bar		20 bar	
	50 bar		30 bar	
	50 bar		40 bar	
	50 bar		50 bar	

结论 当单向节流阀入口和出口处的压力发生变化时，行程时间是如何变化的？

---



---

本回路与利用调速阀的回路（见练习九）的区别是什么？产生区别的原因是什么？

---



---

液压

平面磨床

- 了解微分回路的构造和工作原理
- 能够解释压力、力、速度和行程时间的影响
  
- 理解液压回路图
- 实际回路组装
- 测量液压缸前进及返回行程时间、行程压力、背压
- 计算面积比和力比
- 计算通过流量控制阀的流量
- 将此回路与练习六中的回路进行比较

科目

题目

培训目的

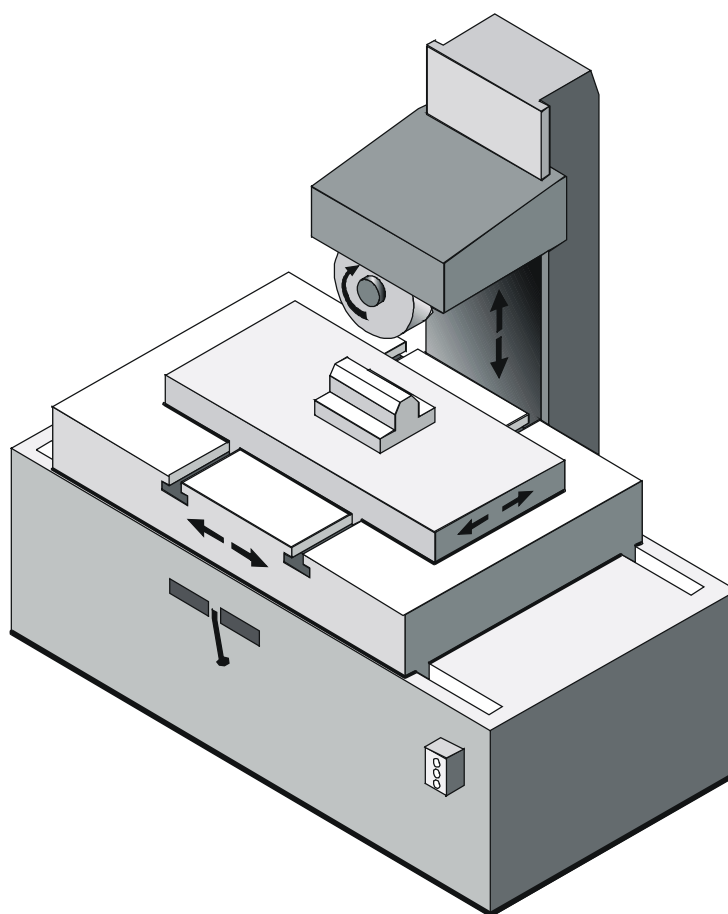
培训要求

# A-50

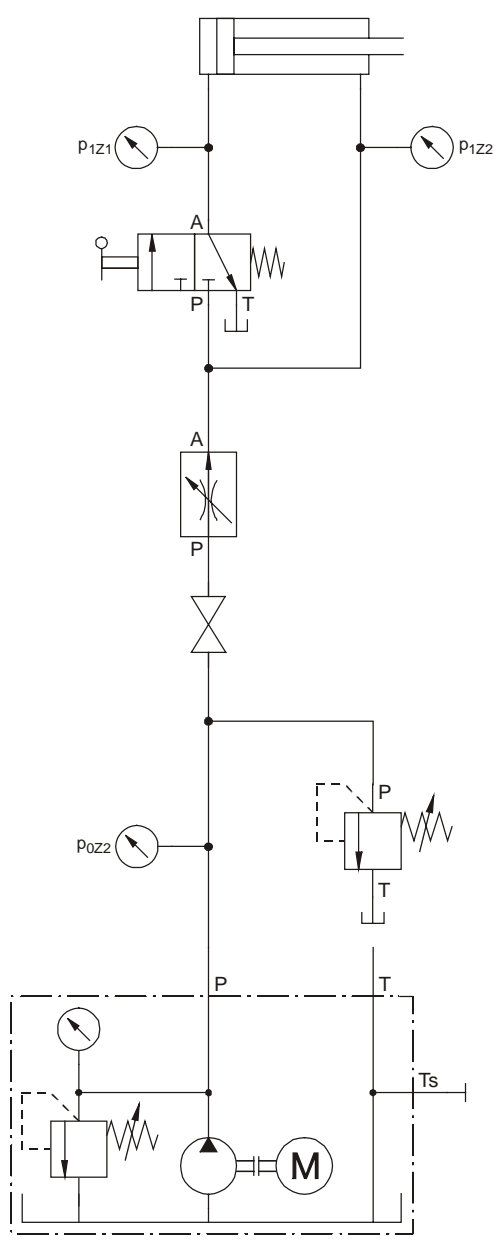
## 习题 12

**习题** 平面磨床的工作台是由一个液压缸驱动的。因为要求工作台往返速度相同，所以需要设计一个液压回路为液压缸两个不同体积的活塞腔提供不同流量，达到速度相同。建议采用带有一个二位三通换向阀和一个调节速度的调速阀的微分回路。

示意图



练习表



液压回路图

## A-52

## 习题 12

赋值 测量以下值:

$p_{1Z1}$  = 液压缸无杆腔的压力

$p_{1Z2}$  = 液压缸有杆腔缸的压力

$p_{0Z2}$  = 系统压力调至= 50 bar

$t \rightarrow$  = 液压缸的行程时间调至约4秒

数值表

方向	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$t$
前进行程			
返回行程			

液压缸的直径:

活塞无杆腔面积:  $A_{PN} = 2.0 \text{ cm}^2$

活塞有杆腔面积:  $A_{PR} = 1.2 \text{ cm}^2$

液压缸的行程:  $s = 0.2 \text{ m}$

面积比:  $\alpha = \frac{A_{PN}}{A_{PR}} = \dots\dots\dots$

时间比:  $\frac{t_{adv}}{t_{ret}} = \dots\dots\dots$

力的比:  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_{PN} \cdot p_{1Z1}}{A_{PR} \cdot p_{1Z2}} = \dots\dots\dots$

微分回路液压缸前进行程中的流量:

无杆腔进油流量:  $q_{PN} = A_{PN} \cdot \frac{s}{t_{adv}} = \dots\dots\dots$

有杆腔回油流量:  $q_{PR} = A_{PR} \cdot \frac{s}{t_{adv}} = \dots\dots\dots$

**练习表**

调速阀供油流量:

$$q_{FCV} = q_{PN} - q_{PR} = \dots\dots\dots$$

返回行程流量:

$$\text{有杆腔进油流量: } q_{PR} = A_{PR} \cdot \frac{S}{t_{ret}} = \dots\dots\dots$$

当二位四通换向阀右位工作差动连接时，原理上液压缸两腔压力相同，活塞为什么前进？ 结论

---

---

在前进行程时，有可能出现液压缸两腔的压力不同的情况，为什么尽管行程压力低于背压，活塞还是前进？

---

---

在前进行程时，活塞被施加了什么力？

---

---

## A-54

## 习题 12

这个微分回路和一个单一的液压缸控制的回路的区别？（分别与口P、T相连例如练习6中）？

1. 什么因素决定了前进行程速度  $V_{adv}$ ？
2. 比较返回行程速度  $V_{ret}$  与前进行程速度  $V_{adv}$  的价值是什么？
3. 什么因素决定了前进行程时间  $t_{adv}$ ？
4. 就前进行程时间  $t_{adv}$  而言，返回行程时间  $t_{ret}$  的意义是什么？

对比	系统	简单回路	微分回路
	1. 前进行程速度 $V_{adv}$		
	2. 返回行程速度 $V_{ret}$		
	3. 前进行程时间 $t_{adv}$		
	4. 返回行程时间 $t_{ret}$		

**结论** 选择什么样的面积比可以使前进行程速度和返回行程速度相同（运用微分回路）？

---



---



---



---

液压

科目

钻床

题目

- 能够设计回油压力可调（降低）的液压控制回路
- 能够解释三通减压阀的工作原理

培训目的

- 绘制液压回路图
- 实际回路组装
- 测量行程压力和背压
- 设定反向背压力
- 评估运用减压阀的作用

培训要求

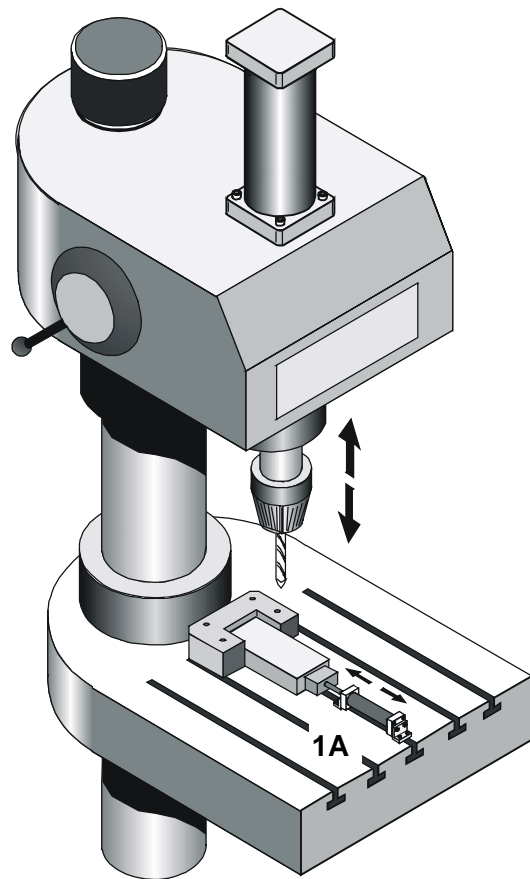


# A-56

## 习题 13

**习题** 钻床用于加工各种空心体的零件。工件被一台液压虎钳夹紧，根据空心体的壁厚不同，必须能够调整夹紧力。同时通过单向节流阀来调节虎钳夹紧速度。

示意图



## 练习表

测量以下值:

$p_{1Z1}$  =减压阀的进油压力

$p_{1Z2}$  =液压缸的进油路压力

$p_{1Z3}$  =液压缸的回油路压力

研究以下情况:

1. 活塞前进行程
2. 在设定 $p_{1Z2}=15\text{bar}$ 的情况下, 活塞前进到末端位置
3. 反向背压力设置为20bar时活塞的前进行程
4. 活塞前进到末端位置
5. 压力开关关闭时活塞的前进行程
6. 压力开关闭时活塞前进到末端位置

赋值

检测内容	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$p_{1Z3}$	前进行程
1. 活塞在前进行程中				
2. 活塞到达末端位置				
3. 带有反向背压力的前进行程中				
4. 带背压时活塞到达末端位置				
5. 带有减压阀的前进行程中				
6. 带有减压阀活塞到达末端位置				

检测内容	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$p_{1Z3}$	返回行程
1. 活塞在返回行程中				
2. 活塞返回末端位置				
3. 带有反向背压力的返回行程中				
4. 带背压时活塞返回末端位置				
5. 带有减压阀的返回行程中				
6. 带有减压阀活塞返回末端位置				

# A-58

---

## 习题 13

结论 什么场合适合使用减压阀？

---

---

---

使用减压阀必须注意什么？

---

---

---

液压

舱壁门

- 了解双作用液压缸的液压夹紧回路的原理
- 带有和没有背压回路两种情况的比较
  
- 绘制系统回路图
- 实际回路组装
- 测量在有负载和空载，有背压和无背压情况下液压缸的行程时间
- 比较和评估结果

科目

题目

培训目的

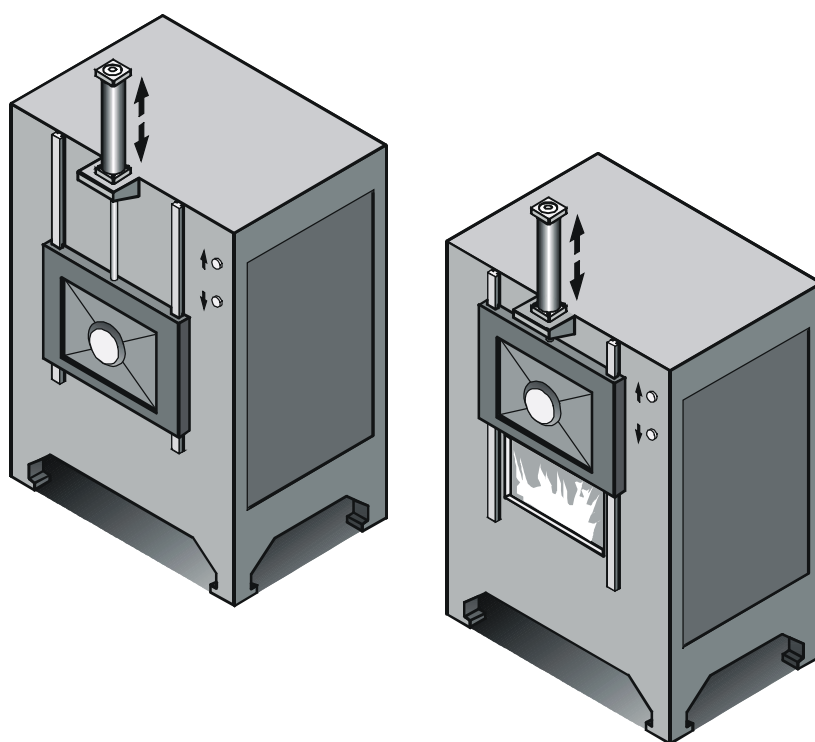
培训要求

# A-60

## 习题 14

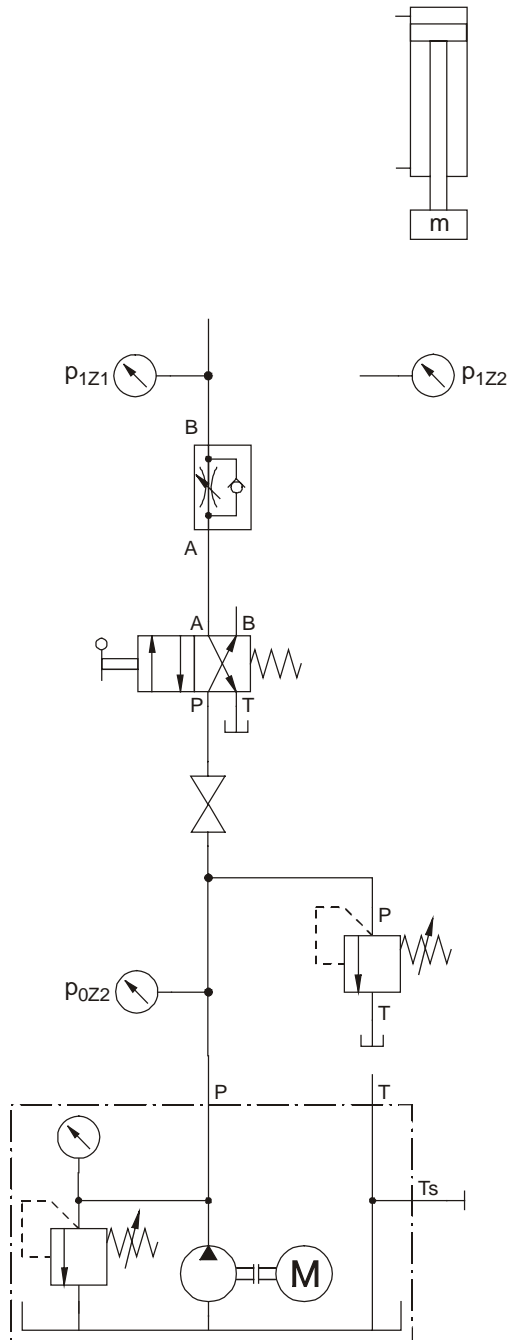
**习题** 用一个双作用缸来控制舱壁门的打开或关闭。关闭时，动作必须平稳无冲击并且速度稳定且可调。可通过一个单向节流阀进行速度的调节。在执行关闭动作时，为了防止门的重量将活塞杆从液压缸中拉出，必须在回路中设有一个溢流阀阻止反向作用力。

示意图



练习表

液压回路图



## A-62

## 习题 14

**赋值** 测量以下值:

$t \rightarrow$  = 液压缸前进行程时间

$p_{1Z1}$  = 液压缸行程压力

$p_{1Z2}$  = 液压缸背压

$p_{0Z2}$  = 系统压力

施加的负载和反向力是变化的，最初设定必须达到，如前进行程时间为5s（系统压力为50bar但没有施加负载或反向力）接着设定10 bar的背压



当拆除回路时，应确保回路中彻底卸压。（ $p_{1Z2} = 0 \text{ bar}$ ）。

数值表

负载和反向力	$p_{0Z2}$	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$t \rightarrow$
无负载无反向力	50 bar			5 s
有负载无反向力				
有负载有反向力			10 bar	
无负载有反向力			10 bar	

**结论** 当负载变化时行程时间如何变化？

---



---



---

哪种回路更合适？

---

液压

科目

渡运斜梯

题目

- 熟悉使用带有牵引负载的速度控制回路
- 比较在入口和出口处带有流量阀的回路

培训目的

- 绘制液压回路图
- 实践回路组装
- 分别测量在入口处和出口处装有流量阀的液压缸的前行程时间、行程压力及背压
- 结果的比较和评估

培训要求

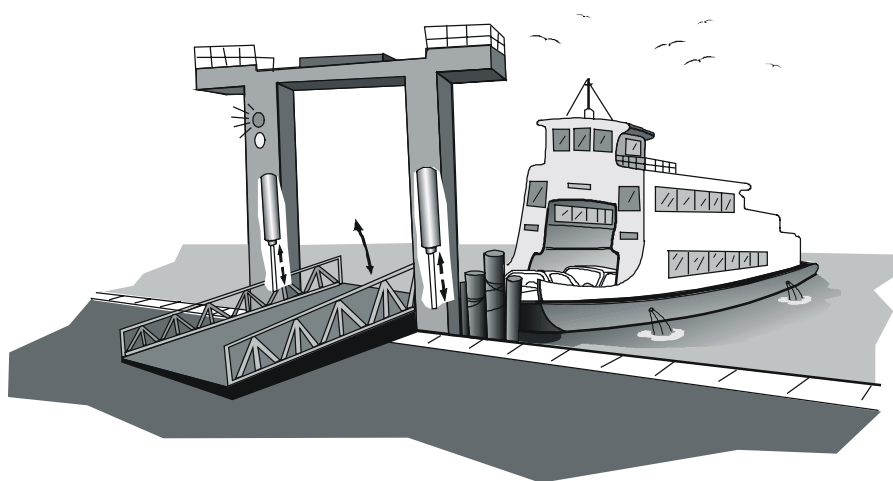


# A-64

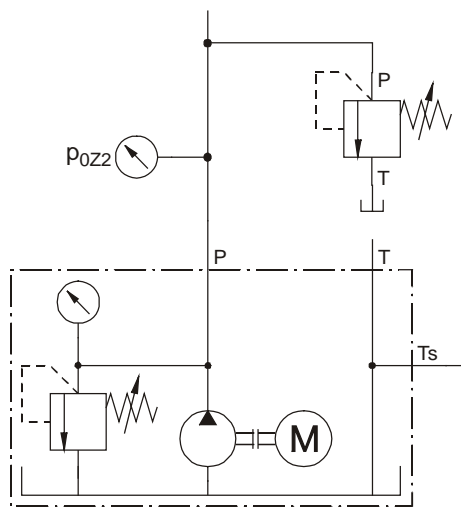
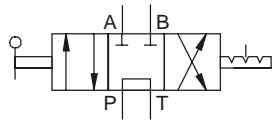
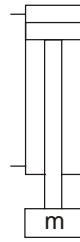
## 习题 15

**习题** 渡运汽车的装载斜梯可设置为不同的高度，斜梯的升起和下降由一个液压缸来驱动。这个升、降动作要求平稳且速度是恒定的。液压系统可用一个流量阀来调节速度。

示意图



练习表



液压回路图

# A-66

---

## 习题 15

**赋值** 测量以下值:

$t \rightarrow$  = 液压缸前进行程时间

$p_{1Z1}$  = 液压缸行程压力

$p_{1Z2}$  = 液压缸背压

$p_{0Z2}$  = 系统压力

改变以下值:

- 外加负载
- 反向力
- 入口和出口的流量控制

设置:

- 首先在没有外加负载或反向力, 入口处设置调速阀的情况下, 设置系统压力为50bar, 前进行程时间调至为5s.
- 接着设置背压力为10bar.
- 改变回路, 在出口处设置调速阀, 利用调速阀提供背压力.



当拆除回路时, 应确保回路中彻底卸压。( $p_{1Z2} = 0 \text{ bar}$ ).

## 练习表

负载和反向力	$p_{0z2}$	$p_{1z1}$	$p_{1z2}$	$t \rightarrow$	入口处设定调速阀
无负载无反向力	50 bar			5 s	
有负载无反向力					
有负载有反向力			10 bar		
无负载有反向力			10 bar		

负载	$p_{0z2}$	$p_{1z1}$	$p_{1z2}$	$t \rightarrow$	出口处设定调速阀
无负载	50 bar			5 s	
有负载					

当负载发生变化时行程时间怎样变化？

结论

---



---



---

哪一个回路更合适？

---



---

# A-68

---

习题 15

液压

运输车

- 设计一个变化负载的双作用液压缸回路
- 绘制回路图
- 实践回路的组装
- 制作控制回路
- 描述控制回路的操作方式

科目

题目

培训目的

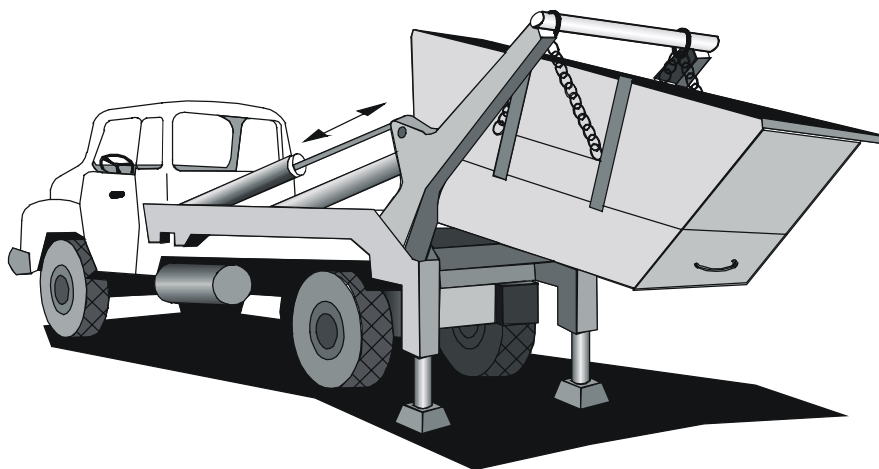
培训要求

# A-70

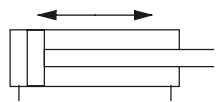
## 习题 16

**习题** 翻斗的装载和卸载由一个双作用液压缸来驱动。在装卸过程中，液压缸均受负载变化的影响，卸载时液压缸被货物牵引，装载时液压缸需拉紧货物。翻斗必须以慢且稳定的速度上升、下降，因此液压缸必须在伸出和缩回两个方向上被液压锁紧，防止冲击。

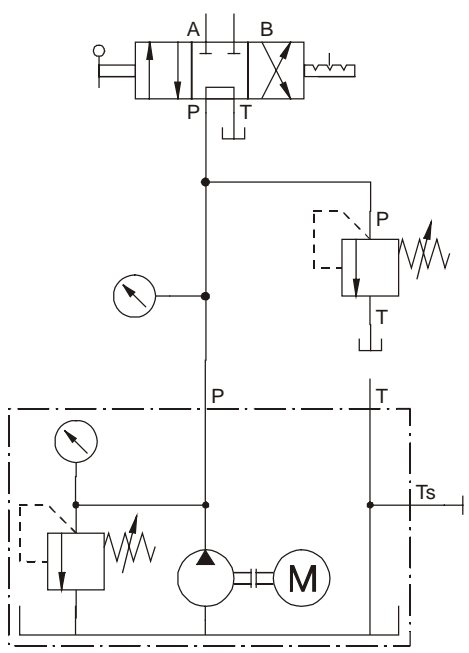
示意图



## 练习表



液压回路图





# A-72

---

## 习题 16

**结论** 液压缸两侧回路上是如何实现液压自锁的？

---

---

---

---

---

---

液压

科目

压力粘接机

题目

- 掌握如何确定双作用液压缸的压力
- 说明如何选择溢流阀或减压阀
  
- 绘制液压回路图
- 实际液压回路组装
- 测量并比较系统压力、行程压力、终端压力
- 评估溢流阀和减压阀

培训目的

培训要求

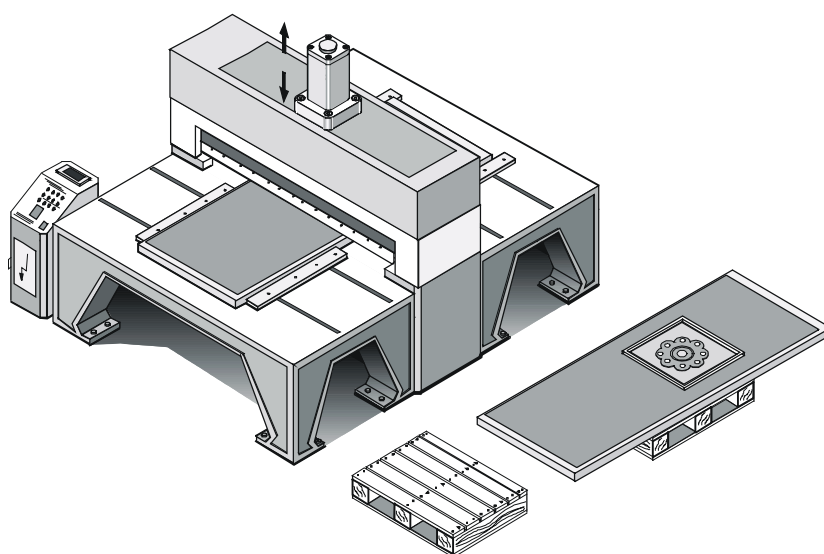
# A-74

## 习题 17

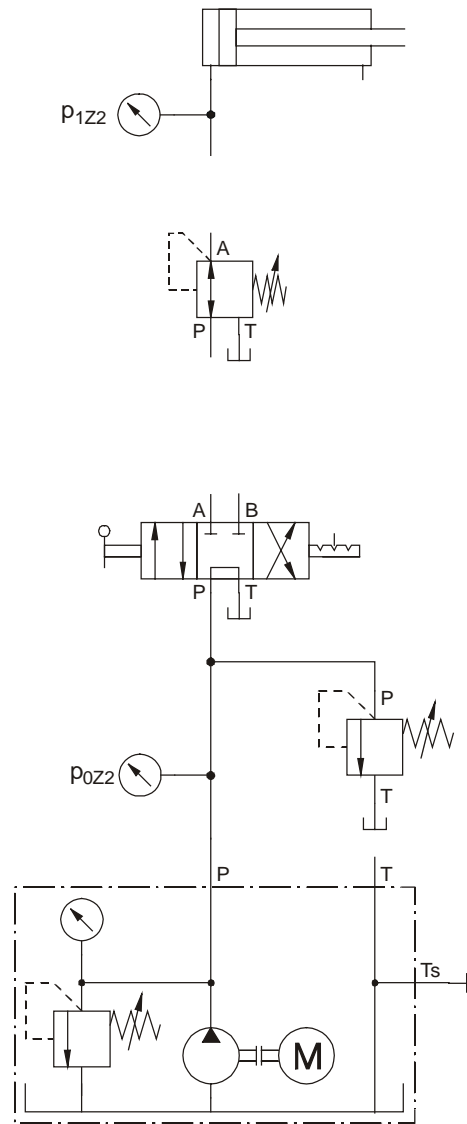
**习题** 压力粘接机用做将图形或字体粘到木头和塑料面板上。根据底部材料和粘胶剂的不同，可以调节印制的压力，并可以一段时间内保压（方向阀动作时能够被保持较长一段时间）。

设计和比较两个液压回路，第一个用减压阀组成，另一个用支路连接的溢流阀组成。在两个回路中，压力阀均接在一个三位四通换向阀之后，由换向阀进行控制。

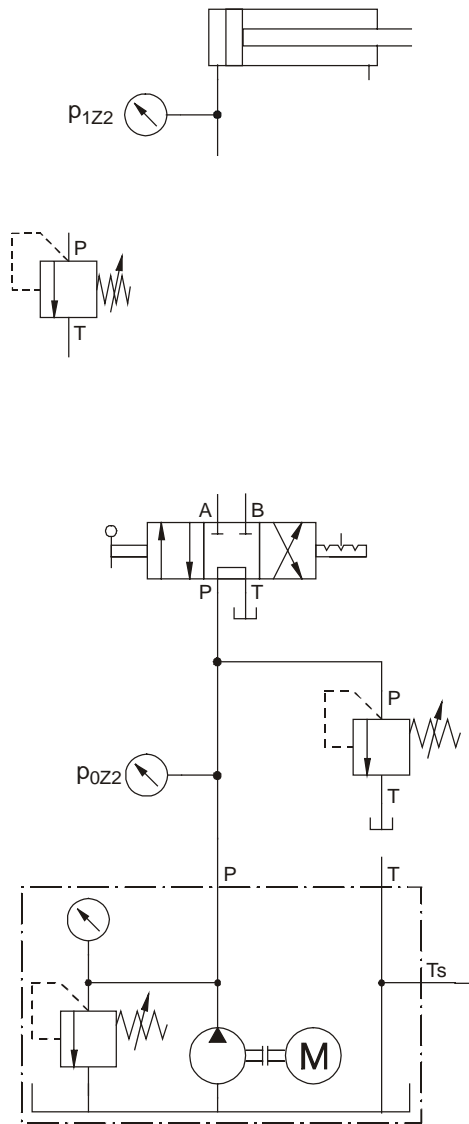
示意图



练习表



液压回路图



# A-76

---

## 习题 17

**赋值** 完成下列设定值:

$p_{0Z2}$  = 系统压力 = 50 bar

$p_{1Z2}$  = 液压缸进油路压力 = 30 bar

**结论** 当液压缸前进时比较回路的系统压力变化?

---

---

---

什么时候用支路溢流阀是有利的?

---

---

---

液压

装配设备

- 了解两个液压缸的压力顺序控制回路
- 能够绘制位移-步进图
  
- 设计液压回路图
- 绘制位移-步进图
- 实际组装液压回路
- 通过设置压力和流量来调试系统

科目

题目

培训目的

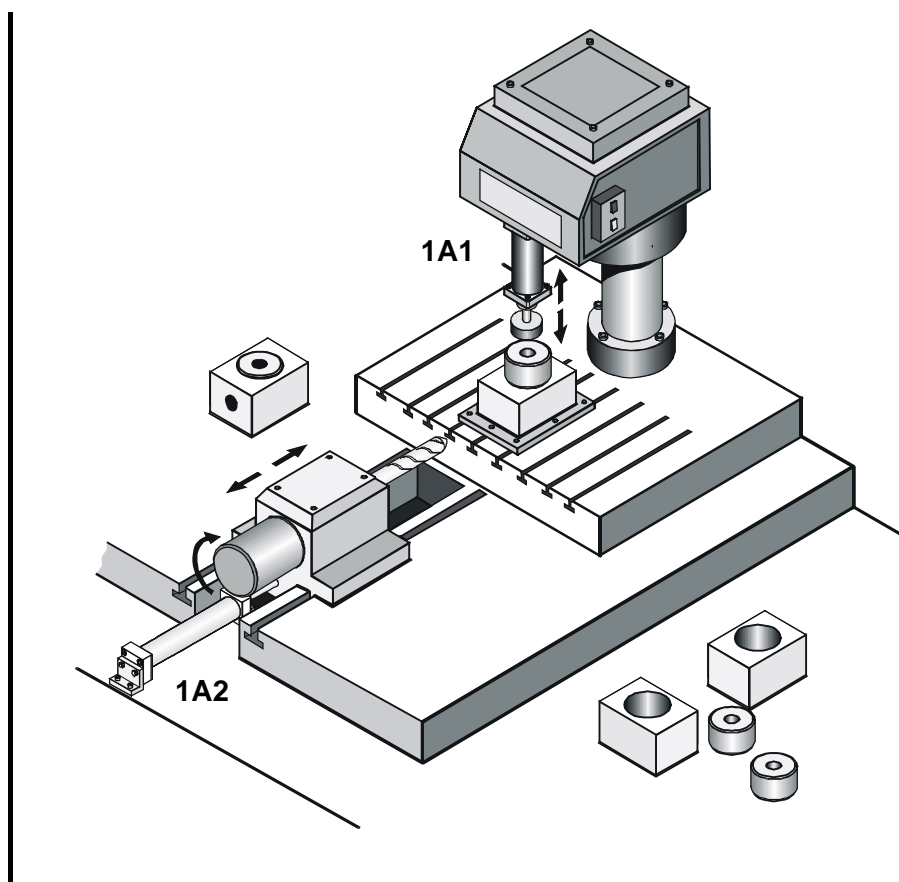
培训要求

## A-78

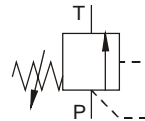
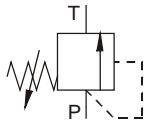
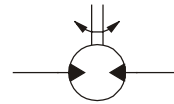
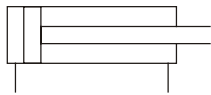
## 习题 18

**习题** 组装设备用于将工件装配起来以便于钻孔。液压缸1A1将工件压紧在工位上。这个操作应该被以缓慢且平稳的速度执行。当液压缸1A1中的压力达到20bar（工件被压入位）后，钻头由一个液压马达驱动，在液压缸1A2驱动下前伸，完成钻孔。当钻削的动作完成之后，钻头被停止钻削且1A2缩回，液压缸1A1缩回，释放工件。

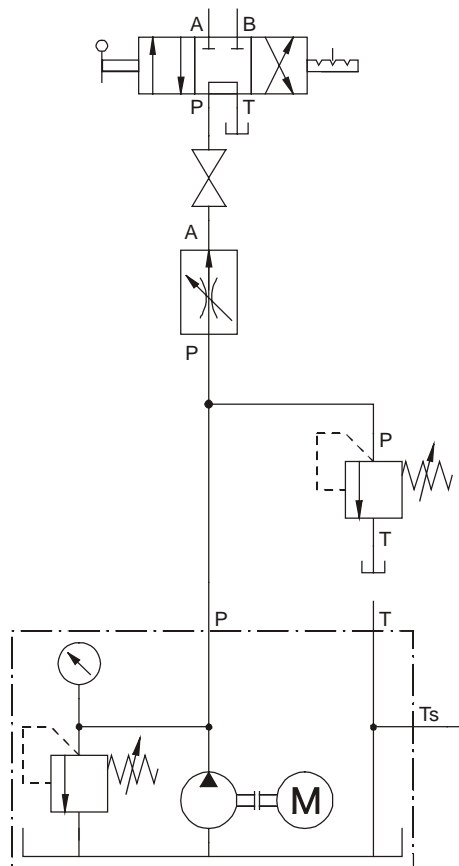
示意图



练习表



液压回路图





# A-80

## 习题 18

位移-步进图

元件			时间																		
名称	位置	信号	顺序																		
			1	2	3	4	5	2	3	4	5	6									

结论 调试控制回路过程中重要的步骤？

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

液压

科目

装配设备的计算

题目

- 学习计算与双作用液压缸有关的力
- 学习计算活塞的前进行程时间

培训目的

- 写一份问题描述
- 计算液压缸提供的装配力
- 计算装配时间

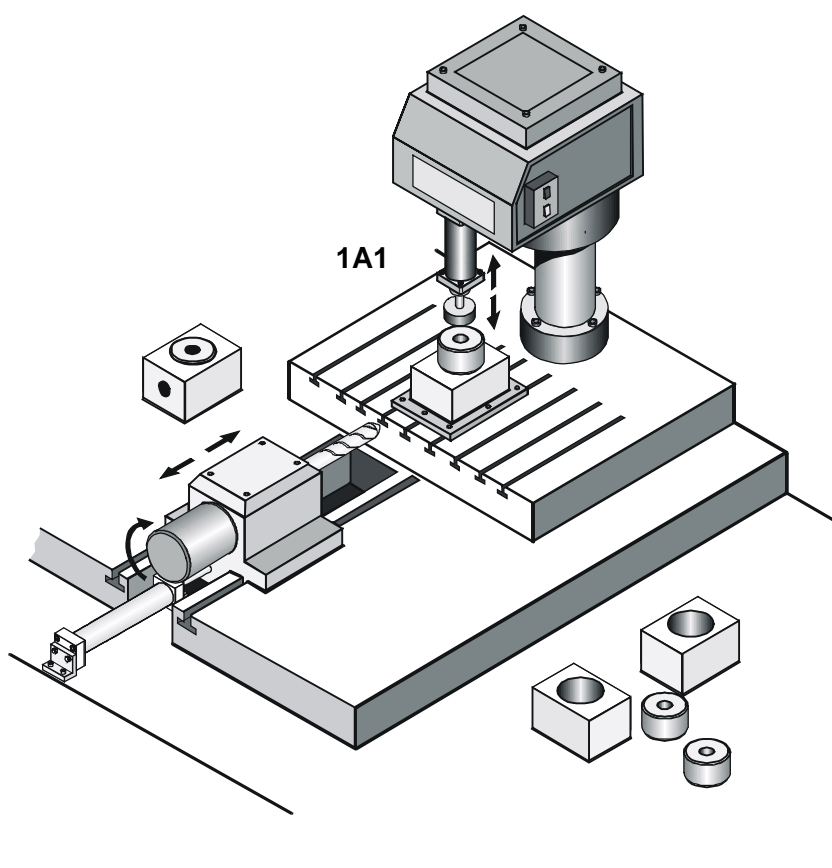
培训要求

## A-82

## 习题 19

**习题** 组装设备被用于夹紧工件以便于钻削。操作顺序已经在练习十八中描述了。我们的目的是检查液压缸1A1动作的精确性。运用所给的数据确定液压缸装配力。注意，计算液压缸输出力时，应当考虑回油路中油液流动时在液压阀和管路中产生的阻力作用在液压缸所引起的反向背压力。流量通过调速阀以保持液压缸运动速度恒定。通过液压缸的行程可进行装配操作行程时间的计算。

示意图



**练习表**

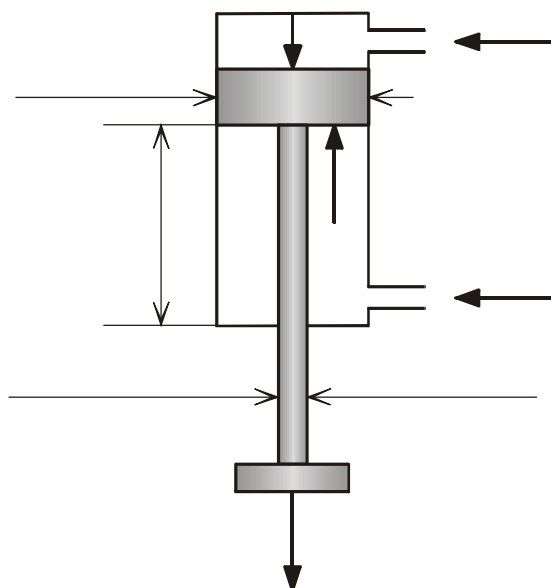
控制系统的特性参数:

赋值

缸:

活塞直径  $D = 50 \text{ mm}$ 活塞杆直径  $d = 25 \text{ mm}$ 行程  $s = 250 \text{ mm}$ 

液压系统参数:

液压泵流量  $q = 5 \text{ l/min}$ 系统压力  $p_1 = 50 \text{ bar}$ 阀门和回路阻力引起的背压力  $p_2 = 6 \text{ bar}$ 

示意图

# A-84

---

## 习题 19

活塞推力:

$$F_1 = A_{PN} \cdot p_1 =$$

.....  
.....  
.....

反向背压力:

$$F_2 = A_{PR} \cdot p_2 =$$

.....  
.....  
.....

实际输出力:

$$F = F_1 - F_2 =$$

.....  
.....

装配时间:

$$t = \frac{V}{q} =$$

.....  
.....

液压

卸料装置

- 熟悉电气液压回路
- 设计液压电力回路图
- 组装控制系统

科目

题目

培训目的

培训要求

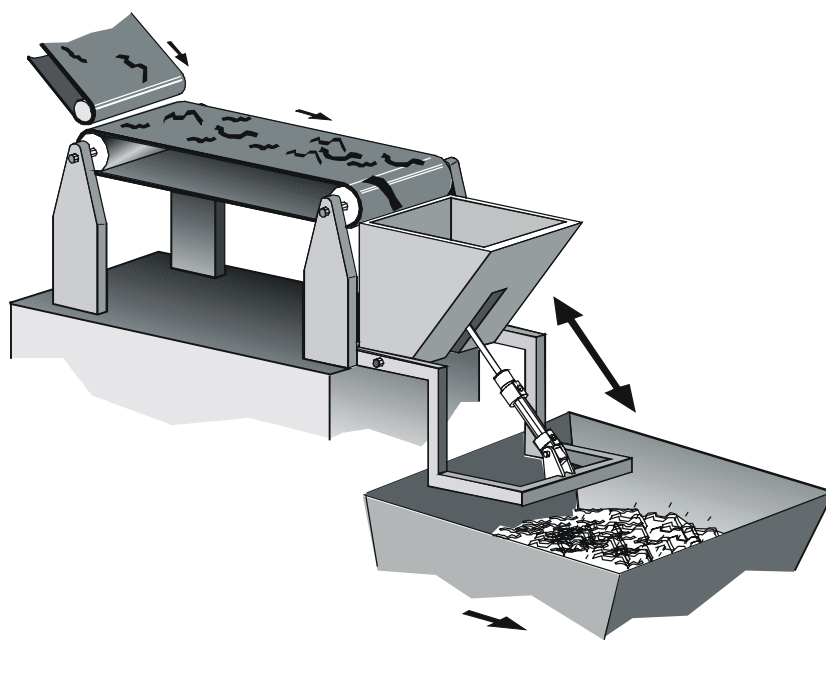
## A-86

## 习题 20

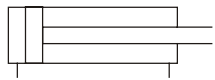
**习题** 用一条传送带将金属切屑物传送到一个料斗中，当料斗装满后，倒入一辆货车。为此，用一个三位四通电磁阀控制一个双作用液压缸，在装料时，液压缸的活塞杆伸出，为了使液压动力装置在这段时间内被关闭，液压缸的活塞杆必须通过液压保压以避免意外的收回（由阀的漏油引起）。

液压阀的电气控制应该是按照人的意愿进行的，就是说，只有在按下向前行程或退回行程按钮时，液压缸才允许动作。

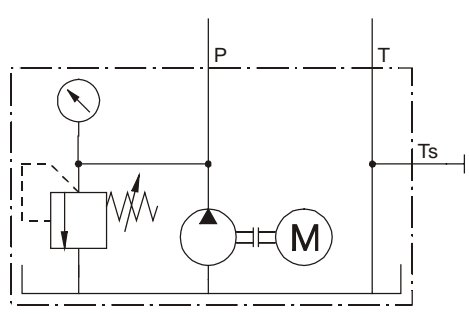
示意图



练习表



液压回路图

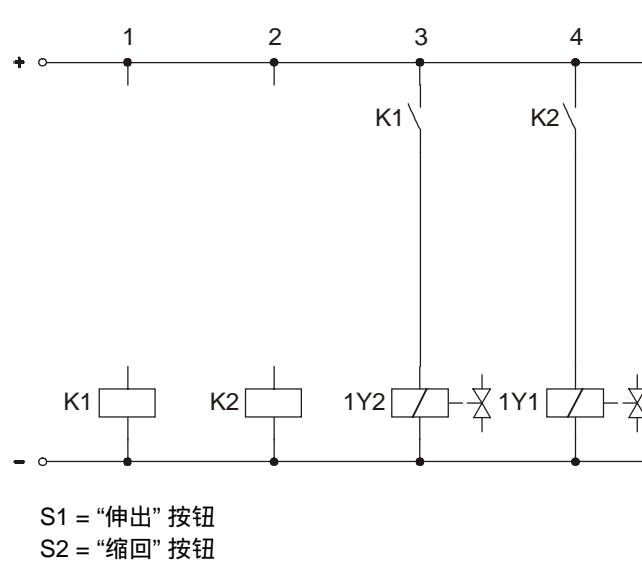




# A-88

## 习题 20

电路图



**结论** 什么措施能够保证“伸出”或“缩回”按钮被同时按下时，液压缸仍能够保持其位置不变且不移动？

---



---



---



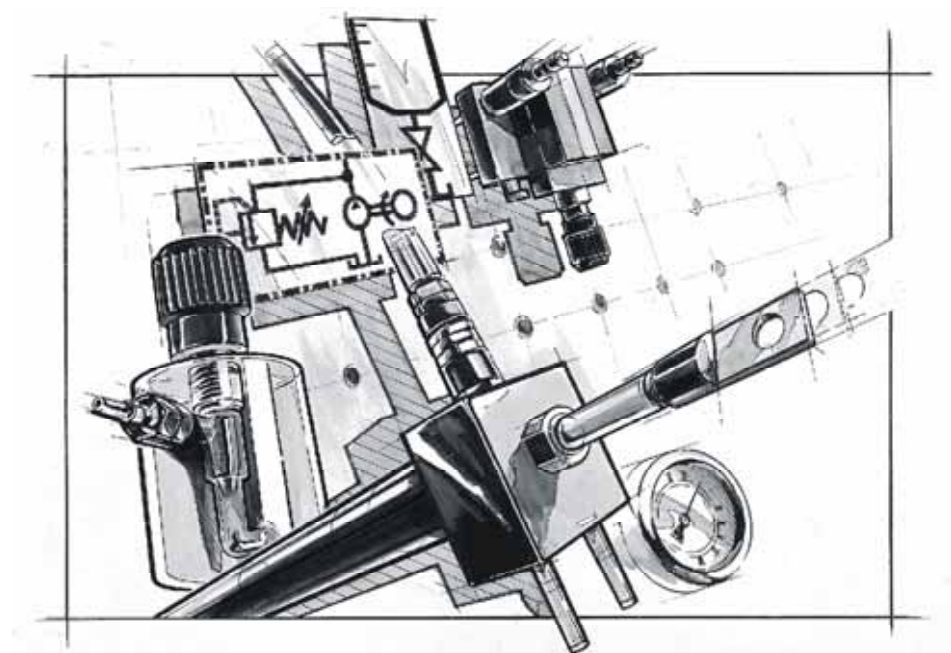
---

## B部分 – 基础知识

“ 液压 ” 培训教材的理论基础知识介绍见相应教程。

# 液压

## TP501基础部分



**FESTO**

# B-2

---

基础知识

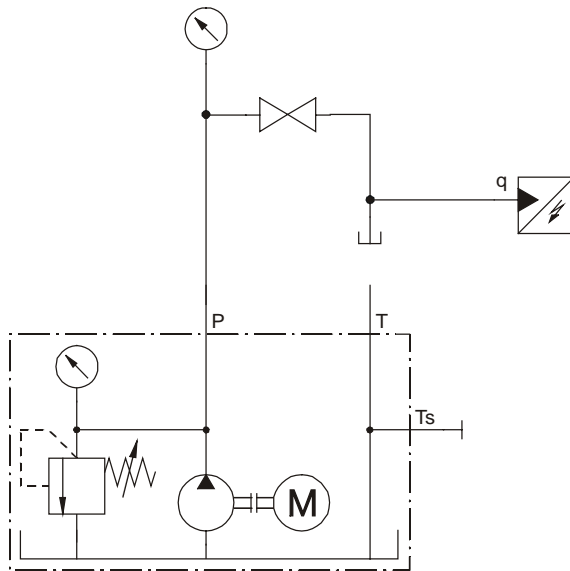
**C部分 – 习题答案**

答案	1: 自动车床	C-3
答案	2: 包裹提升设备回路	C-7
答案	3: 拉伸压力机	C-11
答案	4: 纸张压辊设备	C-15
答案	5: 淬火炉	C-19
答案	6: 控制锅炉门	C-23
答案	7: 传送带方向校正装置	C-27
答案	8: 控制门	C-33
答案	9: 圆周自动进给机床	C-37
答案	10: 喷漆室	C-41
答案	11: 轧花机	C-45
答案	12: 平面磨床	C-49
答案	13: 钻床	C-59
答案	14: 舱壁门	C-65
答案	15: 渡运斜梯	C-69
答案	16: 运输车	C-73
答案	17: 压力粘接机	C-77
答案	18: 装配设备	C-79
答案	19: 装配设备的计算	C-83
答案	20: 卸料装置	C-85

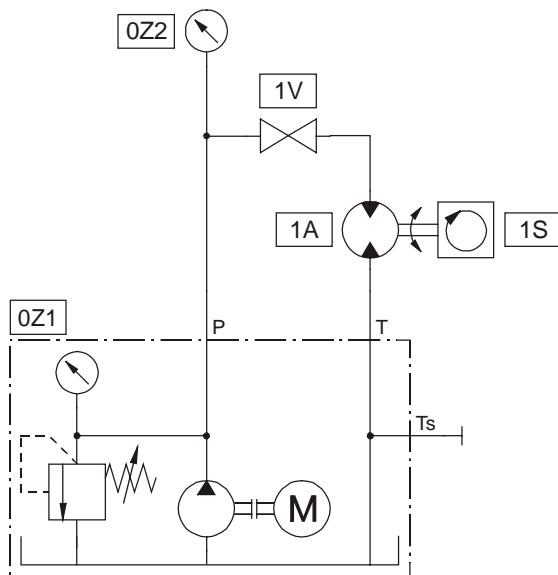
# C-2

---

自动车床



液压回路图



液压回路

## C-4

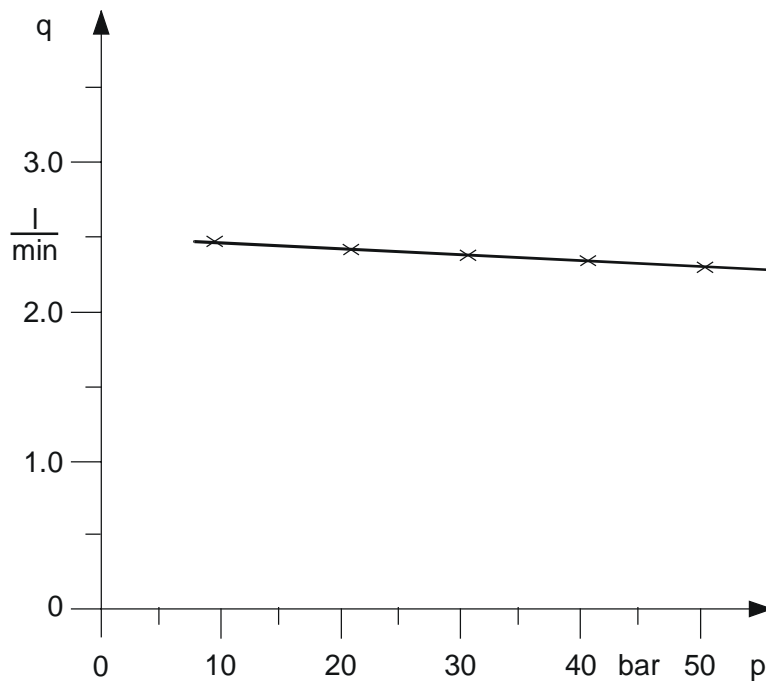
## 习题答案 1

元件清单	编号	数量	名称
	OZ1	1	液压泵
	OZ2	1	压力表
	1V	1	开关阀
	1S	1	流量计
		3	油管

**方案说明** 按液压回路结构图组装完毕后，将阀1V完全开启。现在将阀1V慢慢地关闭，边调整边在压力表OZ2上读得数据表中第一个值（15bar），该值由压力表OZ2显示。之后，按赋值表逐一调节，并同时通过1S记录流量值。该系统最大的压力值不会超过60bar，此值由液压泵的溢流阀限定。

赋值	系统压力 p	15	20	25	30	35	40	45	50	bar
	流量 q	2.33	2.31	2.29	2.28	2.26	2.24	2.22	2.20	l/min

泵的特性曲线



当压力升高时，泵的流量慢慢下降。理论上泵的特性曲线应该是直线，泵的流量下降是由于内部泄漏。当压力增加时，泄漏损耗增大，引起泵的排量下降。泵的实际输出流量与泵的理论流量的比值是泵的容积率。泵的理论流量可以近似认为是液压泵在零压时所对应的流量值。

结论

由于本系统电动机功率限制，在这个练习中的实测压力值不能调到液压泵的额定压力值250bar，如要达到此压力值，需要配置更大功率的电动机。但是无论如何，本练习在最大压力为60bar的情况下可以被实现，仍可反映出液压泵输出流量与负载压力之间的关系。



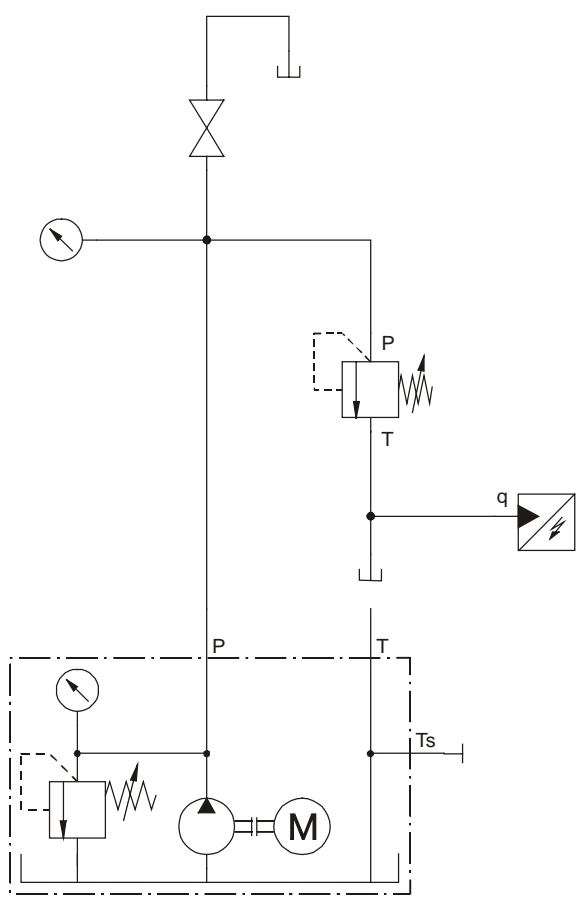


# C-6

---

习题答案 1

包裹提升设备回路

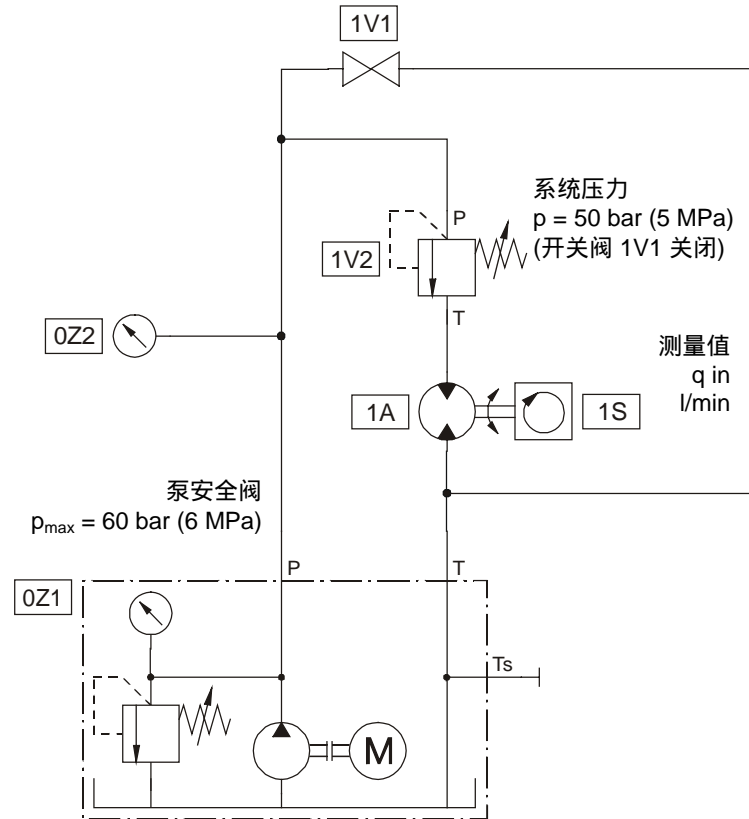


液压回路图

# C-8

## 习题答案 2

### 液压回路



### 元件清单

编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OZ2	1	压力表
1V1	1	开关阀
1V2	1	溢流阀
1S	1	流量计
	5	油管
	2	三通接头

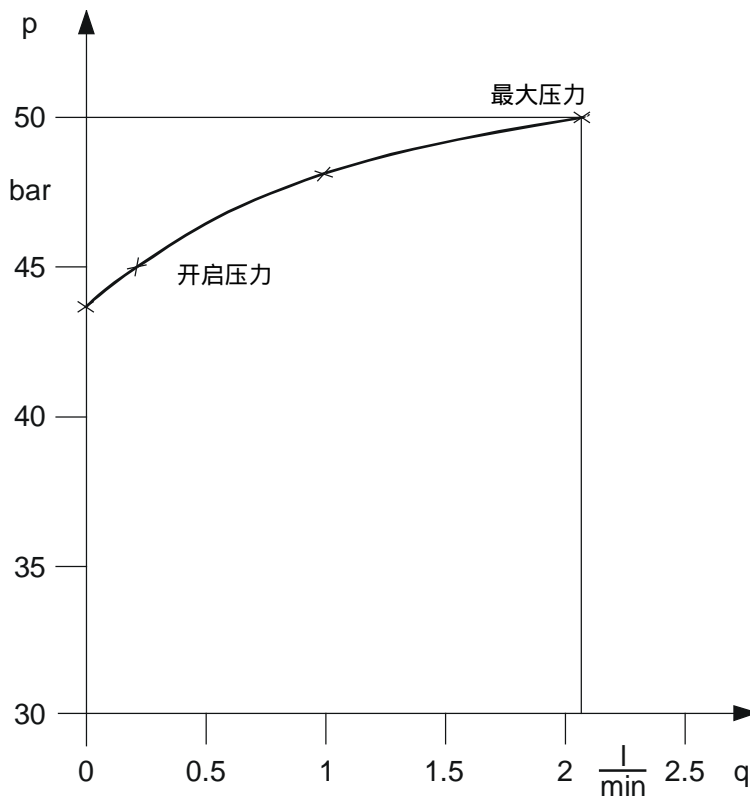
按图组装液压回路，先将开关阀1V1关闭并完全打开溢流阀1V2，接通液压泵，再调节溢流阀1V2逐渐关闭，同时监测压力表OZ2，使其压力调至50 bar。充分开启开关阀1V1，通过逐渐关闭的方法，使系统压力依次调节到数值表格中的赋值。注意观察溢流阀1V2开始开启的压力并检测相对应的溢流量，记录数据，绘制特性曲线。

方案说明

如果在50bar的压力下，溢流阀的溢流量不能达到液压泵的全流量，可适当加大溢流阀的压力。

备注

工作压力 p	35	40	42.5	45	47.5	50	bar	赋值
流量 q	0	0	0	0.2	1.17	2.15	l/min	



溢流阀  
特性曲线

# C-10

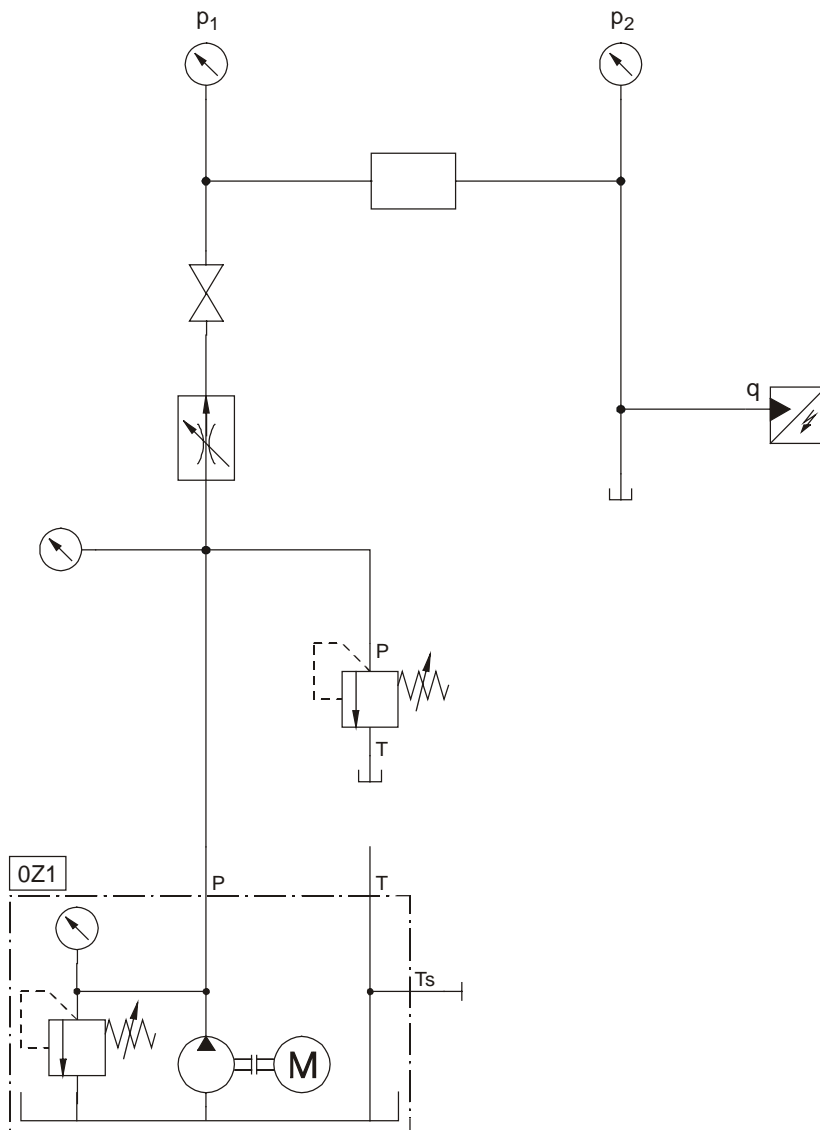
---

## 习题答案2

**结论** 每个溢流阀都具有一定的启动压力。启动压力与设定压力相差约 5 bar。达到启动压力后，溢流阀就开始出现溢流。如果压力达到设定压力时，则泵的全部流量都经溢流阀排出。

采用一个先导溢流阀作为被测阀，设定不同的设定压力值，可获得一组相同的特性曲线。

拉伸压力机

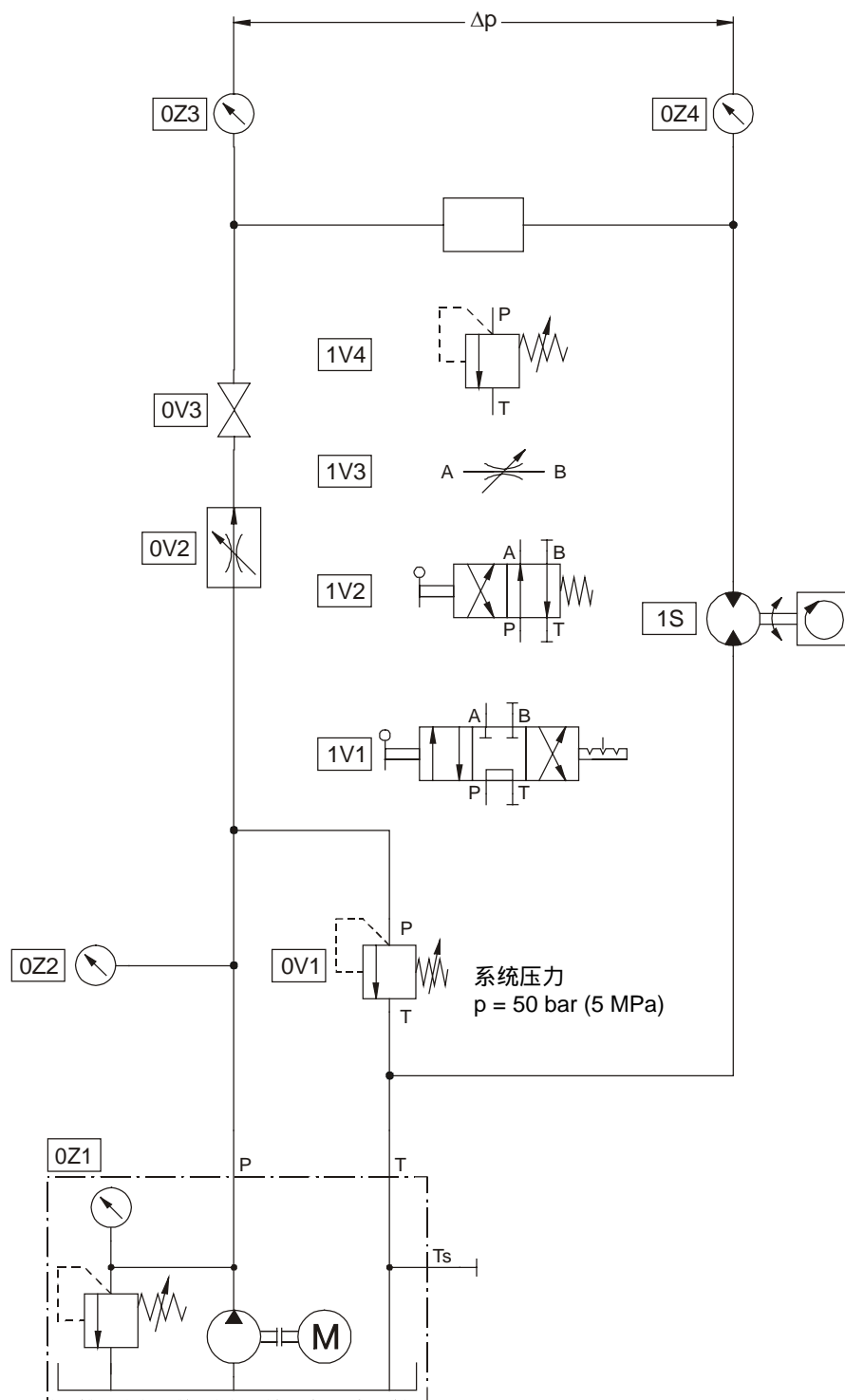


液压回路图

# C-12

## 习题答案 3

液压回路



编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OZ2, OZ3, OZ4	3	压力表
OV1	1	溢流阀
OV2	1	调速阀
OV3	1	开关阀
1V4	1	溢流阀
1V3	1	节流阀
1V2	1	2位4通阀
1V1	1	3位4通阀
1S	1	流量计
	7	油管
	3	三通接头

元件清单

组装和检测液压回路，在回路中分别接入1V1 ~ 1V4不同的被测元件。关闭开关阀OV3且充分开启溢流阀OV1，接通液压泵，调节溢流阀OV1直至压力表OZ2的值显示为50bar。逐渐打开开关阀OV3，接着根据表格中的一系列指定值进行测试。由流量控制阀OV2调节通过被测阀流量并且由流量传感器测量其流量值。

方案说明

压力表OZ3、OZ4可由压力传感器代替。





## C-14

## 习题答案 3

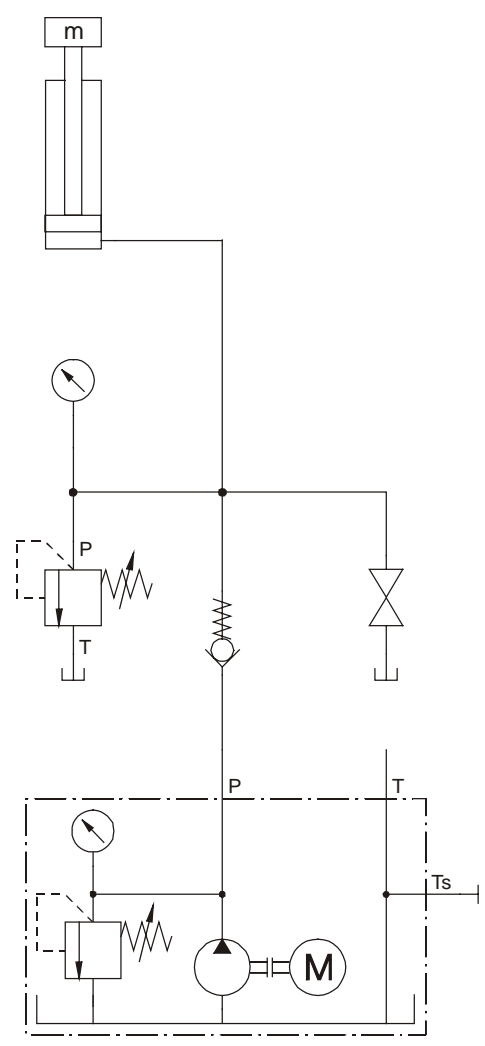
赋值  $p_{0z3}$  =被测元件的进油路压力

$p_{0z4}$  =被测元件的回油路压力

数值表	元器件	流量 $q$ l/min	压力 $p_{0z3}$ bar	压力 $p_{0z4}$ bar	压差 $\Delta p$ bar
	溢流阀, 完全开启	2	4.6	2.5	2.1
		1	1.9	1.0	0.9
	节流阀, 完全开启	2	4.3	2.5	1.8
		1	1.9	1.2	0.7
	2位4通阀, P → A	2	4.0	2.5	1.5
		1	1.9	1.2	0.7
	3位4通阀, P → A	2	4.3	2.5	1.8
		1	1.8	1.1	0.7

结论 当流量双倍增加时，压差、阀口压降也随之增加并且增加的速率大于流量增加的速率。压力损失实质意味着功率的损失。

纸张压辊设备

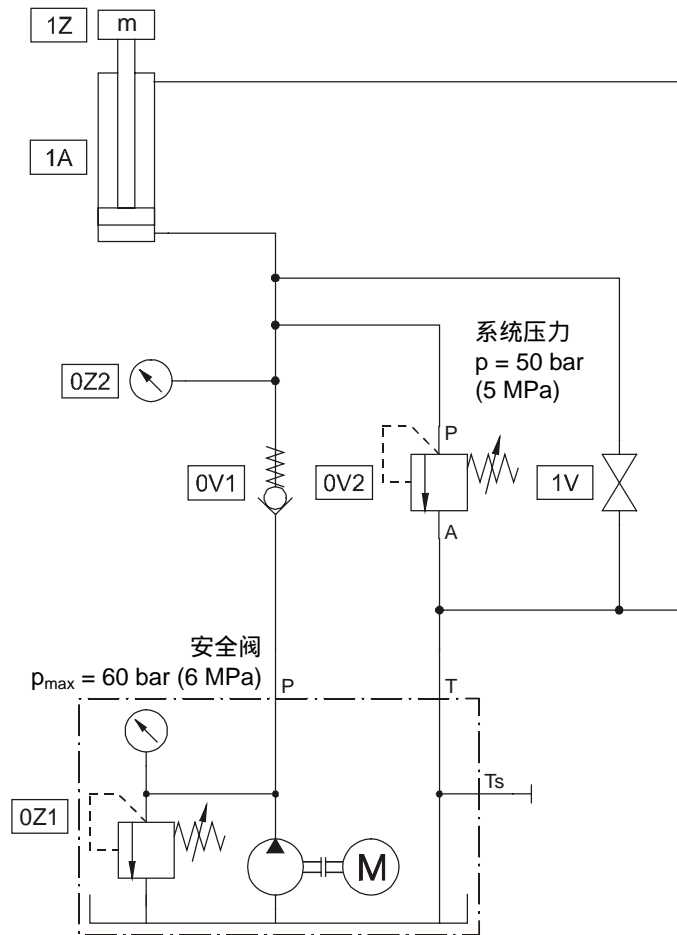


液压回路图

# C-16

## 习题答案 4

液压回路



编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OV1	1	单向阀 (5 bar)
OZ2	1	压力表
OV2	1	溢流阀
1V	1	开关阀
1A	1	双作用液压缸
1Z	1	负载
	8	油管
	4	三通接头

元件清单

将液压缸垂直安装在铝合金实验板左侧，活塞杆一端安装负载。按图组装液压回路，液压缸上端（有杆腔）务必连接液压泵油箱。

方案说明

回路完成组装后，首先将压力开关1V关闭，并将先导式溢流阀OV2完全开启，然后接通液压泵并且慢慢关闭溢流阀OV2，随着系统压力升高，活塞杆将推动负载上升，直至达到端点位置。继续调节先导溢流阀，直到压力表OZ2的值显示为50bar。然后关闭液压泵（或断电停止液压泵工作），观察压力表OZ2，由于单向阀的反向截止功能，系统压力可以长时间保持（保压）。通过快速开启压力开关会使系统压力降低，在负载重力作用下，活塞杆将缩回。返回行程中液压油只能经过截止阀返回油箱。也可以在回油路上接入一个二位二通换向阀代替压力开关1V。

活塞杆的反向回程只能在液压泵停止工作情况下进行。如上所述，设备之所以用这种方法驱动，说明建立保压措施后，使液压泵能够在非工作状态时，长时间关闭或低压卸荷。

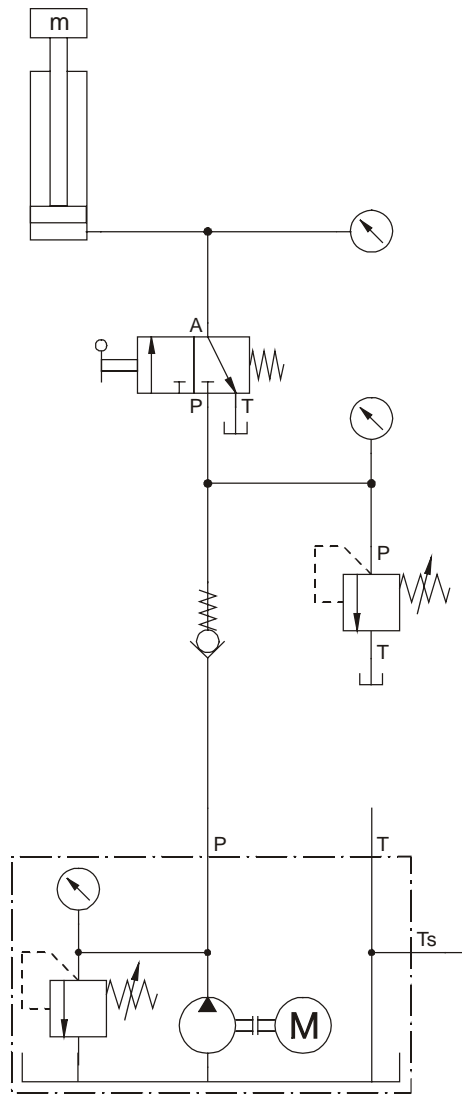
结论

# C-18

---

习题答案 4

淬火炉

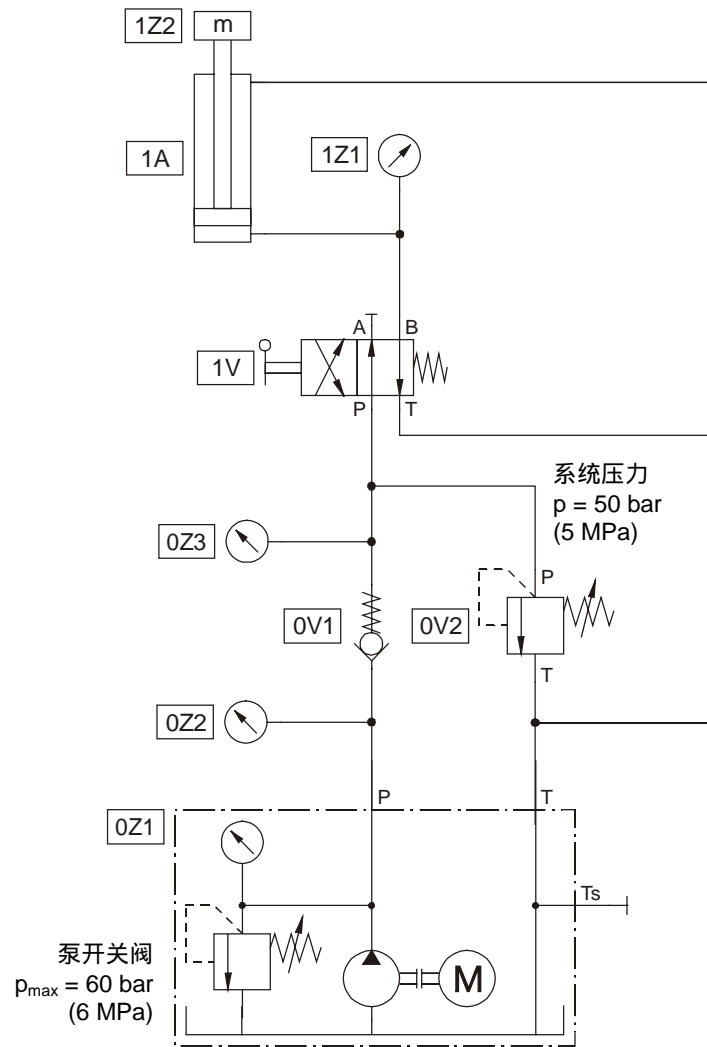


液压回路图

# C-20

## 习题答案 5

液压回路



编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OZ2, OZ3, 1Z1	3	压力表
OV1	1	单向阀
OV2	1	溢流阀
1V	1	2位4通阀, 手动
1A	1	双作用液压缸
1Z2	1	负载
	7	油管
	3	三通接头
	1	秒表

元件清单

将装有负载的液压缸垂直地安装在实验板左侧的底板上。按图组装液压回路，务必将液压缸上部（有杆腔）与油箱连连接。将二位四通阀一个出口封闭，代替二位三通阀使用。回路被组装后，首先将先导式溢流阀OV2完全开启，接入液压泵，然后逐渐慢慢关闭溢流阀OV2，直至压力表OZ2的值显示为50bar为止。

方案说明

操纵手动二位四通阀1V换向，使换向阀口切换。此时，液压泵输出流量通过换向阀进入液压缸底部，活塞杆伸出前行。观察压力表OZ2并记录（在慢慢切换阀口时，由于阀门构造所致，不会立即打开阀门的整个截面。因此，刚刚开始时，液压泵的排量不能全部流入液压缸）。

松开二位四通阀换向操纵杆，在复位弹簧作用下，阀芯回到原始位置，液压缸活塞杆在重物作用下缩。此时，液压缸下端无杆腔油液一部分回油箱，另一部分补充到液压缸上端有杆腔。观察压力表1Z1并记录。

方向	行程压力	行程时间
前进行程	8 bar	1.1 s
返回行程	0 bar	1.4 s

赋值



## C-22

## 习题答案 5

计算所需数据：

负载:  $F_W = 90 \text{ N}$

活塞面积:  $A_{PN} = 2 \text{ cm}^2$

行程:  $s = 200 \text{ mm}$

泵的流量:  $q = 2 \text{ l/min}$

负载压力:  $p_L = \frac{F_W}{A_{PN}} = \frac{90 \text{ N}}{2 \text{ cm}^2} = \frac{45 \text{ N}}{\text{cm}^2} = 4.5 \text{ bar}$

液压阻力 (系统压力损失) = 行程压力 - 负载压力

$$p_{\text{res}} = 8 \text{ bar} - 4.5 \text{ bar} = 3.5 \text{ bar}$$

**结论** 系统液压阻力包括背压，背压增大液压阻力随之增大。当系统回油直接被释放到油箱时，背压值很低故系统液压阻力将会非常低。

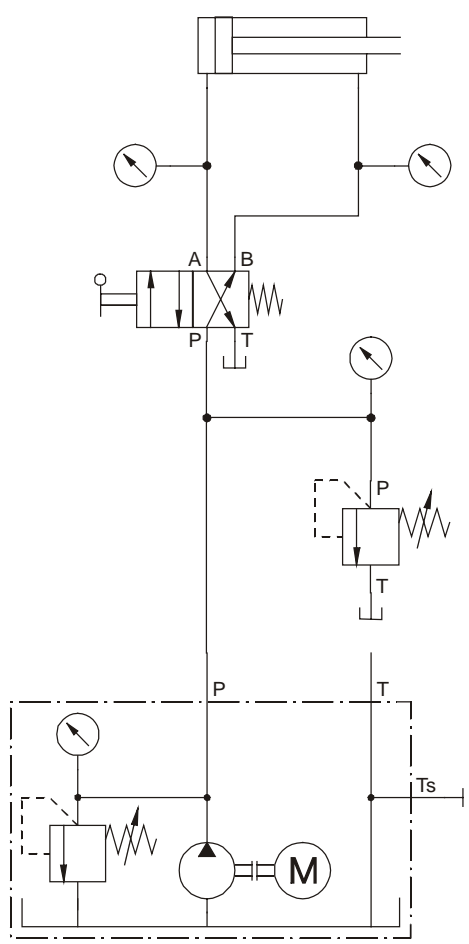
前进行程速度:  $v_{\text{adv}} = \frac{q}{A_{PN}} = \frac{2 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{2 \text{ cm}^2} = \frac{2000 \text{ cm}^3}{60 \text{ s} \cdot 2 \text{ cm}^2}$

$$v_{\text{adv}} = 16.67 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

前进行程时间:  $t_{\text{adv}} = \frac{s}{v_{\text{adv}}} = \frac{0.2 \text{ m}}{0.17 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1.2 \text{ s}$

**结论** 测量的前进行程时间1.1s，比计算的前进行程时间稍短一点，这种情况的原因可能是新泵的流量稍大于2l/min。

控制锅炉门

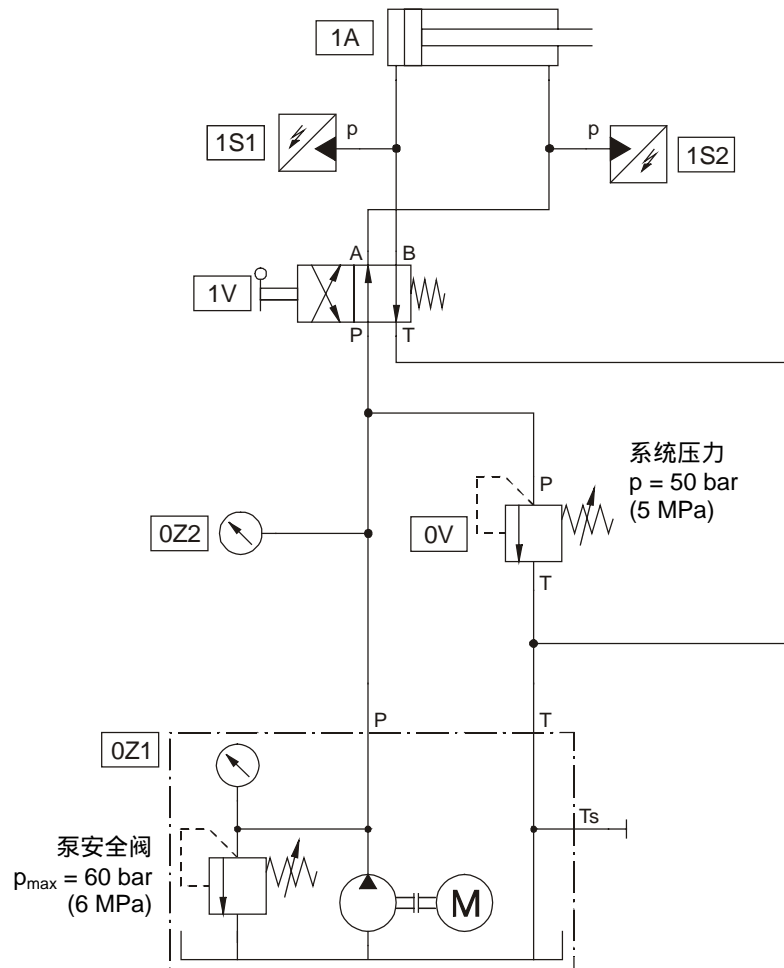


液压回路图

# C-24

## 习题答案 6

液压回路



元件清单

编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OZ2	1	压力表
1S1, 1S2	2	压力传感器
0V	1	溢流阀
1V	1	2位4通阀, 手控
1A	1	液压缸
	6	油管
	2	三通接头
	1	秒表

组装并检测液压回路，连接液压泵并调节溢流阀OV使系统压力调至到50bar，压力传感器1S1、1S2将被用做测量液压缸行程压力和背压。由于压力传感器响应速度快，可以避免由于压力表响应缓慢造成动态下读数错误。

方案说明

当按下二位四通换向阀的手柄时，液压缸的无杆腔进油，活塞杆伸出。当松开二位四通换向阀手柄时，在复位弹簧作用下，阀芯回到原始位置，液压缸有杆腔进油，活塞杆将很快退回到最末端。在测量压力和时间之前，为了排除液压缸中可能残留在油液中的空气（在前几项试验中可能进入活塞腔内）需将活塞杆伸出和缩回多次。操纵液压缸往复运动并记录行程压力、背压和行程时间。

前进行程	行程压力 $p_{1S1}$	背压 $p_{1S2}$	行程时间 $t_{adv}$	赋值
————	2.4 bar	2 bar	1.2 s	
返回行程	背压 $p_{1S1}$	行程压力 $p_{1S2}$	行程时间 $t_{ein}$	
————	5.3 bar	11 bar	0.8 s	

计算所需数据:

活塞无杆腔面积:  $A_{PN} = 2.0 \text{ cm}^2$

活塞有杆腔面积:  $A_{PR} = 1.2 \text{ cm}^2$

活塞行程:  $s = 200 \text{ mm}$

泵的流量:  $q = 2 \text{ l/min}$

面积比:  $\alpha = \frac{A_{PN}}{A_{PR}} = \frac{2 \text{ cm}^2}{1.2 \text{ cm}^2} = 1.667$

前进行程速度:  $v_{adv} = \frac{q}{A_{PN}} = \frac{2 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{2 \text{ cm}^2} = \frac{2000 \text{ cm}^3}{60 \text{ s} \cdot 2 \text{ cm}^2}$

$$v_{adv} = 16.67 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## C-26

## 习题答案 6

前进行程时间: 
$$t_{\text{adv}} = \frac{s}{v_{\text{adv}}} = \frac{2 \text{ m}}{0.17 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1.2 \text{ s}$$

返回行程速度: 
$$v_{\text{ret}} = \frac{q}{A_{\text{PR}}} = \frac{2 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{1.2 \text{ cm}^2} = \frac{2000 \text{ cm}^3}{60 \text{ s} \cdot 1.2 \text{ cm}^2}$$

$$v_{\text{ret}} = 27.78 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

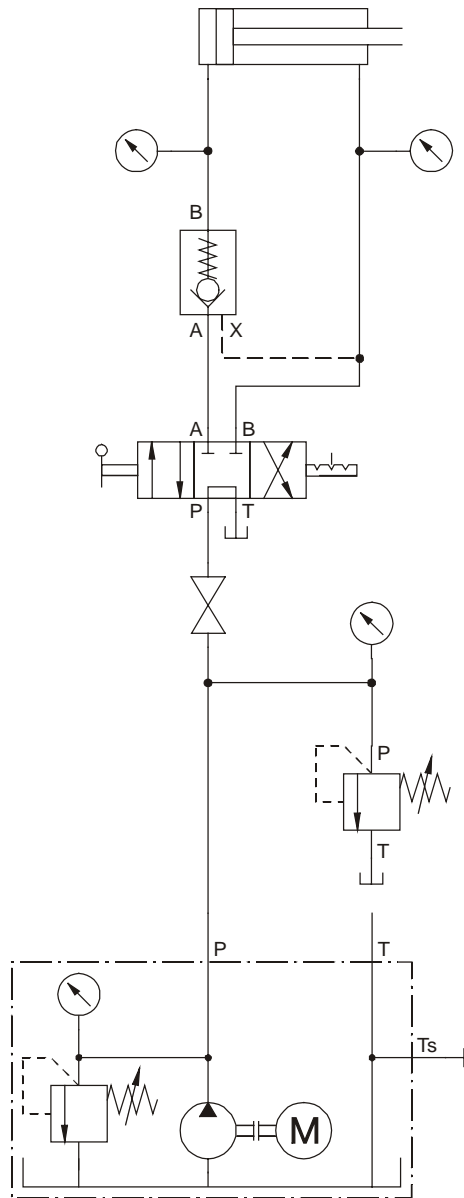
返回行程时间: 
$$t_{\text{ret}} = \frac{s}{v_{\text{ret}}} = \frac{0.2 \text{ m}}{0.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.7 \text{ s}$$

行程速度比: 
$$\frac{v_{\text{adv}}}{v_{\text{ret}}} = \frac{0.17 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.6$$

行程时间比: 
$$\frac{t_{\text{adv}}}{t_{\text{ret}}} = \frac{1.2 \text{ s}}{0.7 \text{ s}} = 1.7$$

**结论** 行程时间比等于液压缸的面积比；  
行程速度比等于液压缸面积的反比。

传送带方向校正装置

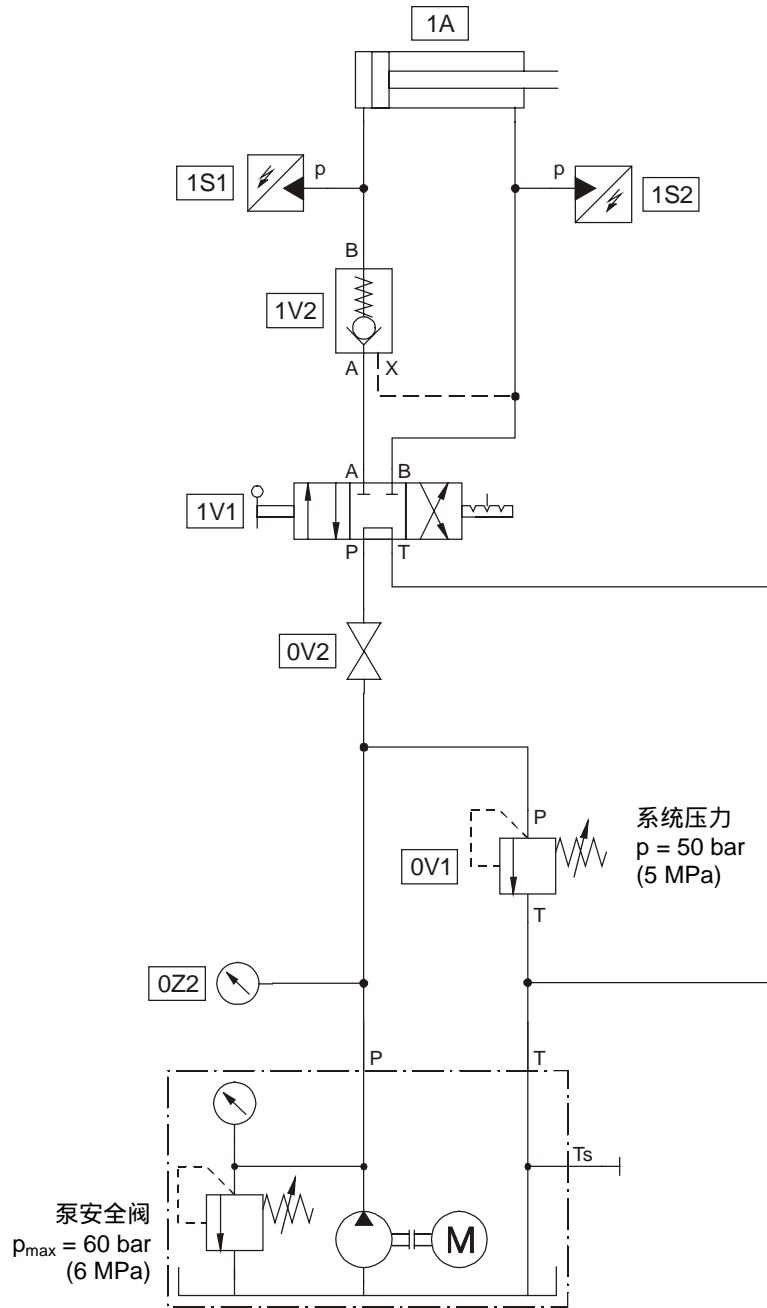


液压回路图

# C-28

## 习题答案 7

液压回路



编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OZ2	1	压力表
1S1, 1S2	2	压力传感器
OV1	1	溢流阀
OV2	1	开关阀
1V1	1	3位4通手动阀,M型
1V2	1	液控单向阀
1A	1	液压缸
	9	油管
	3	三通接头
	1	秒表

元件清单

组装并检查回路之后，应关闭压力开关OV2且打开溢流阀OV1。接通液压泵，并逐渐关闭溢流阀OV1直到压力表OZ2的显示值为50bar为止。

方案说明

现在打开压力开关，同时可观察到压力表OZ2的显示值立即从所设定的50bar明显的下降到大约3bar。由于三位四通换向阀正处于中位，使油液经换向阀流回到油箱。

通过切换三位四通换向阀可以使活塞杆处于任意位置。当阀切换到中位时，活塞杆立刻停止运动。

单向阀的作用是阻止活塞杆由于反作用力被反压回来。



## C-30

## 习题答案 7



在应用液控单向阀时，最佳方案是采用Y型中位的三位四通换向阀（A、B 连接到T且P处于关闭状态），这样在换向阀处于中位时，液控单向阀的控制油路和输入油路都处于零压状态，此时液控单向阀可以被可靠的关闭。

在本实验中，M型中位的三位四通阀或其它中位位置的换向阀也可以在这个练习中使用，阀处于中位时，由于换向阀的滑阀结构存在内部泄漏，可以使液控单向阀的控制油路压力逐渐下降到零，使得液控单向阀关闭。但是关闭的速度比采用Y型中位的换向阀要慢。

赋值	方向	阀的位置	系统压力	行程压力和背压	
			$p_{0z2}$	$p_{1s1}$	$p_{1s2}$
	前进行程		8 bar	2.2 bar	1.6 bar
	返回行程		2.2 bar	9.4 bar	17.9 bar
	中位		3.1 bar	1.6 bar	1.7 bar

计算液压功率:

$$P_{DR} = \frac{p \cdot q}{\eta}$$

已知数据:

$P_{DR}$  =所需液压功率

$p$  =泵供给的系统压力:

最大值50 bar

$q$  =泵的流量:

常量2 l/min

$\eta$  =泵的效率:

大约. 0.7

O型中位时泵的液压功率:

$$P_{DR} = \frac{50 \text{ bar} \cdot 2 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{0.7} = \frac{50 \text{ kp} \cdot 2 \text{ dm}^3}{0.7 \text{ cm}^2 \cdot 60 \text{ s}} = \frac{50 \cdot 10 \text{ N} \cdot 2 \cdot 1000 \text{ cm}^3}{0.7 \text{ cm} \cdot 60 \text{ s}}$$

$$P_{DR} = \frac{50 \cdot 2}{0.7 \cdot 60} \cdot 10000 \frac{\text{Ncm}^3}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} = \frac{50 \cdot 2}{0.7 \cdot 60} \cdot 100 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 238 \text{ W}$$

M型中位时泵的液压功率（液压泵低压卸荷状态）:

$$P_{DR} = \frac{3.1 \text{ bar} \cdot 2 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{0.7} = \frac{3.1 \cdot 2}{0.7 \cdot 60} \cdot 100 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 15 \text{ W}$$

M型中位的三位四通换向阀主要用于缸或马达由定量泵所驱动的情况下。 *结论*  
M型中位时，液压油直接流回油箱，液压泵压力几乎为零，这意味着油液的温升很小，功率损耗也很小。应用这种阀的缺点是，当换向阀中位时，不能驱动其它的液压回路。

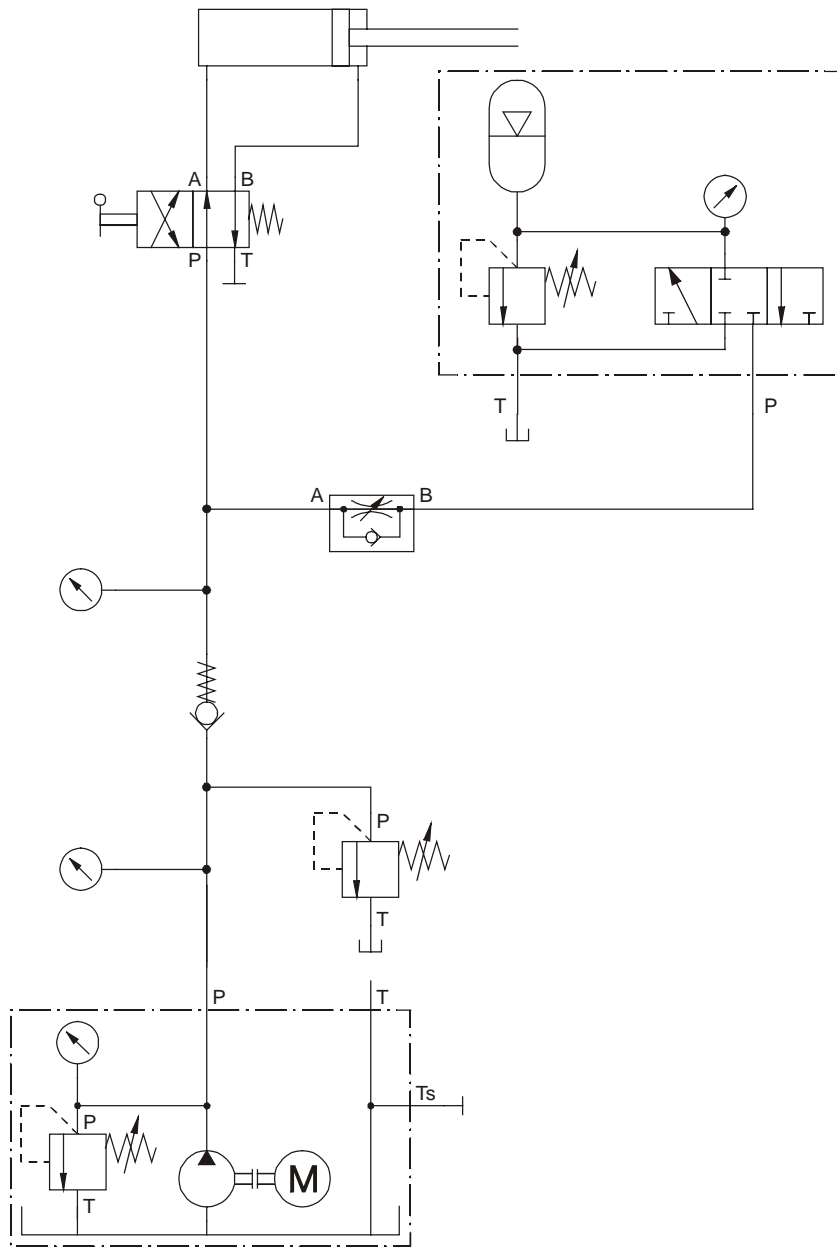
O型中位或其它换向阀中位时，P口处于关闭状态，液压泵排除的全部流量将以最大的系统压力流回油箱，这将导致油液发热和能量损失。

# C-32

---

习题答案 7

控制门



液压回路图



编号	数量	名称
OZ1	1	液压泵
OZ2, OZ3	2	压力表
OV1	1	溢流阀
OV2	1	单向阀
OV3	1	单向节流阀, 可调
OZ4	1	储能器
1V	1	手动2位4通换向阀
1A	1	双作用液压缸
	7	油管
	3	三通接头

元件清单

组装并检测液压回路，首先将储能器接通，并将溢流阀OV1被完全开启。接通液压泵且调节溢流阀OV1，设置系统压力为50bar。操作储能器中的三位换向阀（左位），向储能器充液。操作二位四通换向阀控制液压缸前进和后退几次，接着断开液压泵（液压泵断电）。继续操作二位四通换向阀使液压缸在液压系统无电力的情况下前进或后退运动几次。此后，储能器压力将慢慢下降（由压力表OZ3显示）。当拆卸液压回路时，要确定先给储能器卸压（储能器中的三位换向阀右位），然后将储能器断开。

方案说明

系统压力	开启(次数)	关闭(次数)
20 bar	2 x	1 x
50 bar	4 x	3 x

赋值

## C-36

---

### 习题答案 8

**结论** 如果不安装储能器，动力装置或电力发生故障时，门将保持瞬间动作状态将不能再開閉，采用此储能器后在系统压力为20bar时允许门被打开2次和关闭1次；且系统压力在50bar时允许门被打开4次和关闭3次。储能器充液的压力越高，门能被开启和关闭的次数就越多。

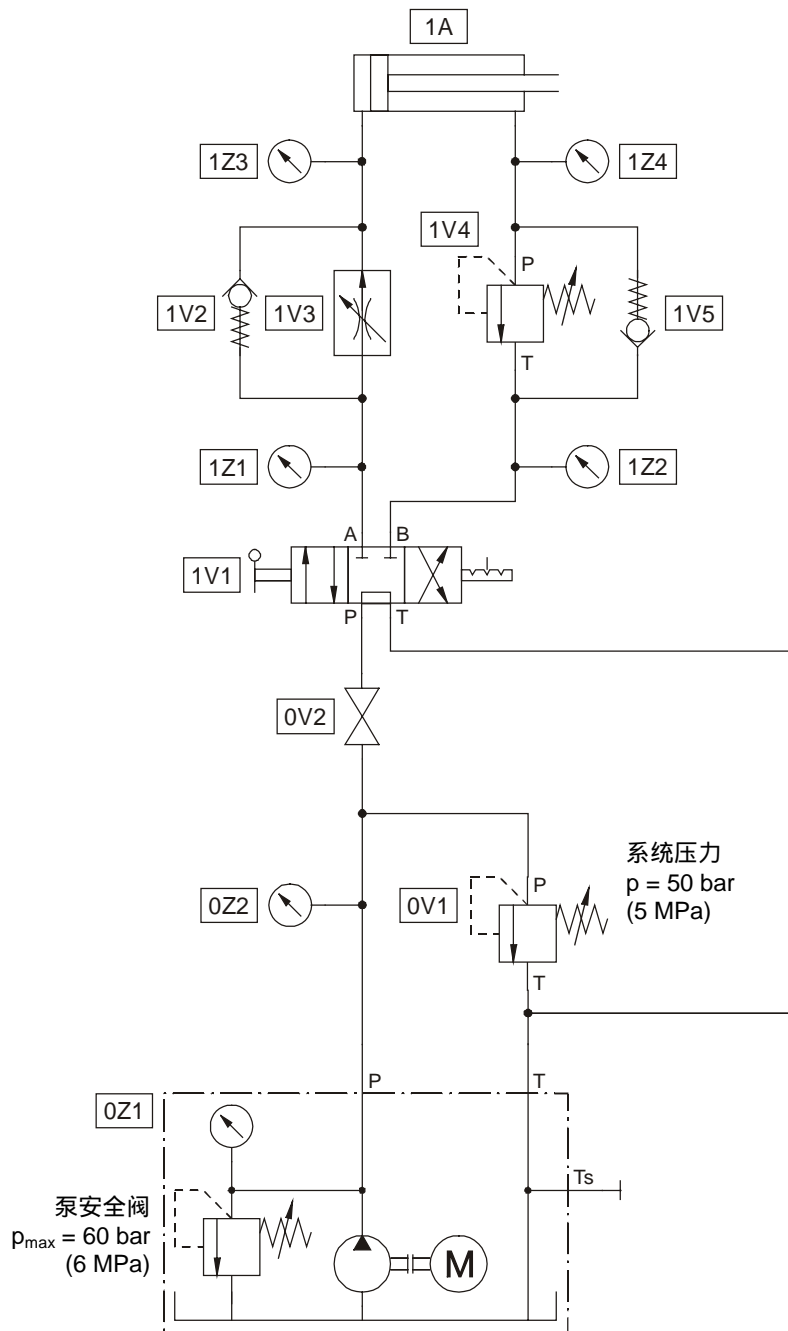
**操作方式** 当液压油被灌入储能器后，将造成相应气室（或气囊）的气体体积的减小。同时气室中的气体压力上升直到气体和液压油的压力相同。当液压系统压力下降时，气体压力促使液压油返回液压系统。单向阀必须被安装在泵的出油口以阻止当动力装置断开时大量流体反冲液压泵。当确定液压泵的参数后，储能器的参数可以被确定。此外，在系统需要大流量时，皮囊式储能器、活塞式储能器都可以被应用。

**应用举例** 储能器有以下用途：

- 液压系统泄漏损失的补偿
- 能源供给
- 液压系统需要大流量时，与液压泵一起供油
- 消除液压系统中的压力脉冲

圆周自动进给机床

液压回路搭接





## C-38

## 习题答案 9

元件清单	编号	数量	名称
	OZ1	1	液压泵
	OZ2, 1Z1, 1Z2, 1Z3, 1Z4	5	压力表
	OV1, 1V4	2	溢流阀
	OV2	1	开关阀
	1V1	1	手动3位4通换向阀
	1V3	1	二通调速阀
	1V2, 1V5	2	单向阀
	1A	1	液压缸
		12	油管
		6	三通接头
		1	秒表

**方案说明** 组装并检测回路，关闭压力开关OV2且通过调整溢流阀OV1以设定所需的系统压力。

打开溢流阀1V4和压力开关OV2。将调速阀拧开大约2圈，以便使活塞杆在三位四通换向阀被切换后大约5秒内能向前运动至最前端位置。这时调速阀不允许再做更多的变动。一旦活塞杆在三位四通换向阀控制下到达最前端位置时，调节溢流阀OV1便可得到表1中的数值（用压力表1Z1检测）

压力表1Z4所显示的背压值必须在活塞杆前进行程中通过调节溢流阀1V4来设定，由于流体不能反向通过调速阀和溢流阀，所以在调速阀和溢流阀旁各设置了两个单向阀1V2和1V5构成反向导通回路。



当设置 $P_{1Z1}=50\text{bar}$  和 $P_{1Z4}=40\text{bar}$ （表1和表2）时，液压泵需要大约2秒的时间来建立一个40bar反向压力。因此，这里的测量时间不能从三位四通换向阀切换时算起，而应从活塞杆开始运动的那一刻开始计时，表格2中给定的50bar，由于阻力的影响不能被完全达到。

$p_{1Z1}$  =调速阀的进油口压力

$p_{1Z3}$  =调速阀的出油口压力

$p_{1Z4}$  =背压阀的背压力

$t \rightarrow$  =液压缸的前进行程时间

赋值

$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$	调速阀进油口 压力变化
50 bar	7 bar	10 bar	4 s	
40 bar	7 bar	10 bar	4 s	
30 bar	7 bar	10 bar	4 s	
20 bar	7 bar	10 bar	4 s	
10 bar	7 bar	10 bar	6 s	

$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$	调速阀出油口 压力变化
50 bar	7 bar	10 bar	4 s	
50 bar	13 bar	20 bar	4 s	
50 bar	20 bar	30 bar	4 s	
50 bar	26 bar	40 bar	4 s	
50 bar	32 bar	50 bar	4 s	

即使在调速阀的进、出口处改变压力，但是液压缸前进行程时间基本保持不变（4s），说明通过调速阀的流量保持恒定。仅当供油压力太低，调速阀的进、出口处不能形成一定的压差时，通过调速阀的流量才会降低。

结论

反向背压力增大使得液压缸供油压力随之增大，提高液压缸供油压力对液压缸速度的变化并不明显。当背压力达到大约70bar时，前进行程速度下降。

这个练习也适用于带有反向负载力的练习。如果单向阀被安装错误，活塞杆不缩回，原因能够通过对压力表读数的系统观察来发现。

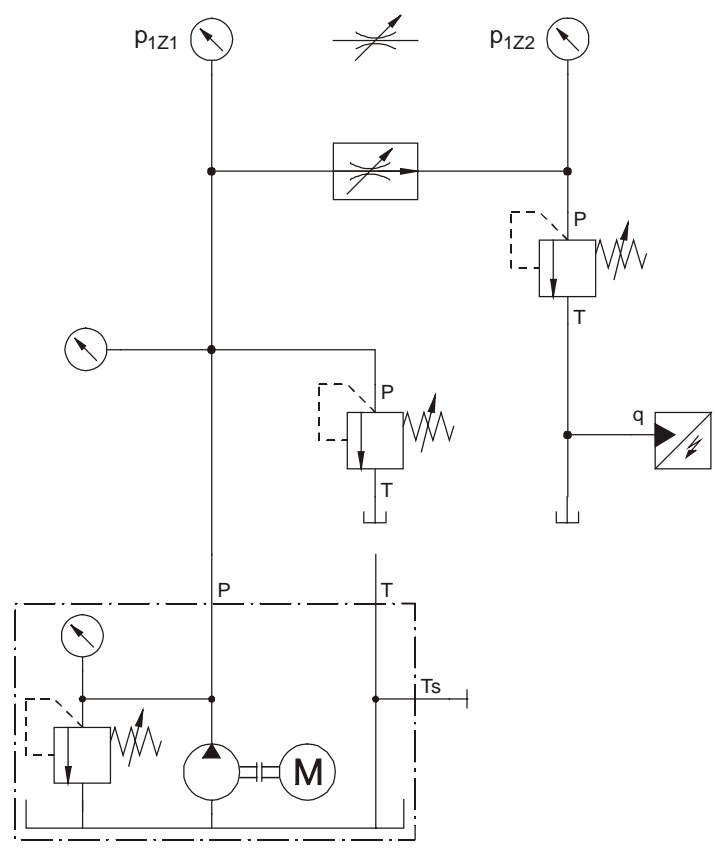


# C-40

---

习题答案 9

## 喷漆室

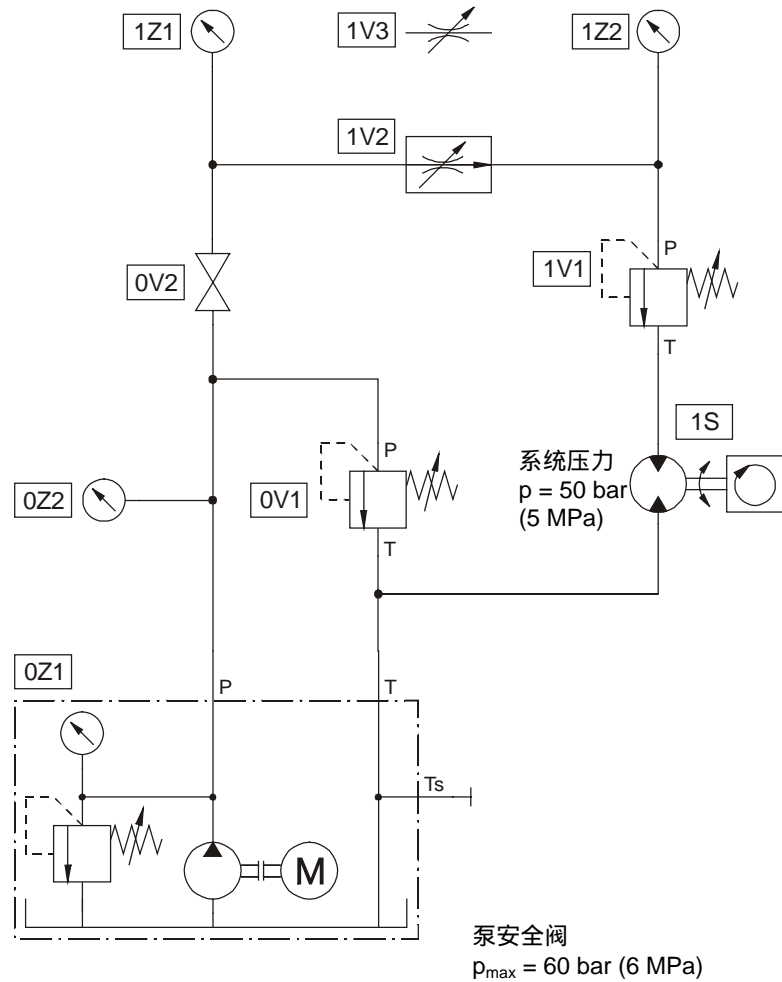


液压回路图

# C-42

## 习题答案 10

液压回路



元件清单

编号	数量	名称
0Z1	1	液压泵
0Z2, 1Z1, 1Z2	3	压力表
0V1, 1V1	2	溢流阀
0V2	1	开关阀
1S	1	流量计
1V2	1	调速阀
1V3	2	节流阀
	6	油管
	2	三通接头

根据回路图组装和检查回路。完全开启溢流阀OV1和1V1并且关闭压力开关OV2。打开调速阀1V2 大约2圈。液压泵现在可以被接通。调节溢流阀OV1并且观测压力表OZ2，直至系统压力为50bar。

方案说明

现在开启压力开关OV2，如果压力表1Z1的值显示低于50bar，稍稍重新调整溢流阀OV1，微调调速阀OV2使通过流量为期望的2l/min（可通过流量传感器检测）。

根据给定值，负载压力可以通过溢流阀1V1调节。为了进行下一次测量，每次应将溢流阀1V1先完全开启然后再调至规定值，系统压力仍可以通过溢流阀OV1调节。每次改变压力值后，同时通过流量计检测流量。这样，调速阀的压力-流量 就能被测出了。

如果运用节流阀做同样的练习，可得到不同的数值，且填入表中。

$p_{1Z1}$  = 阀的进油路压力

赋值

$p_{1Z2}$  = 阀的回油路压力

$q_{FCV}$  = 经过流速阀的流量

$q_{TV}$  = 经过节流阀的流量

$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$q_{SRV}$	$q_{DV}$
50 bar	10 bar	2 l/min	2 l/min
50 bar	20 bar	2 l/min	1.8 l/min
50 bar	30 bar	2 l/min	1.3 l/min
50 bar	40 bar	2 l/min	0.7 l/min
50 bar	50 bar	1.2 l/min	0.1 l/min

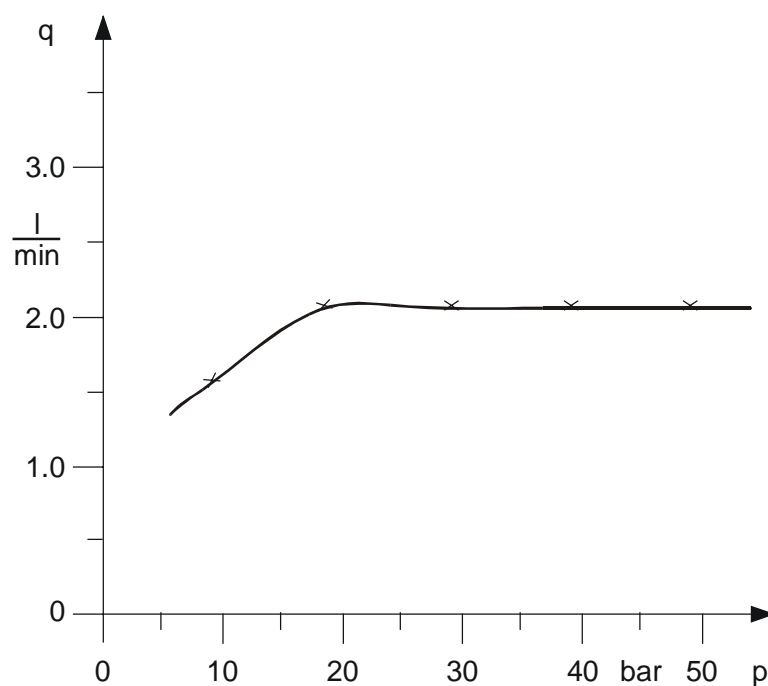
负载压力波动

## C-44

## 习题答案 10

入口压力波动

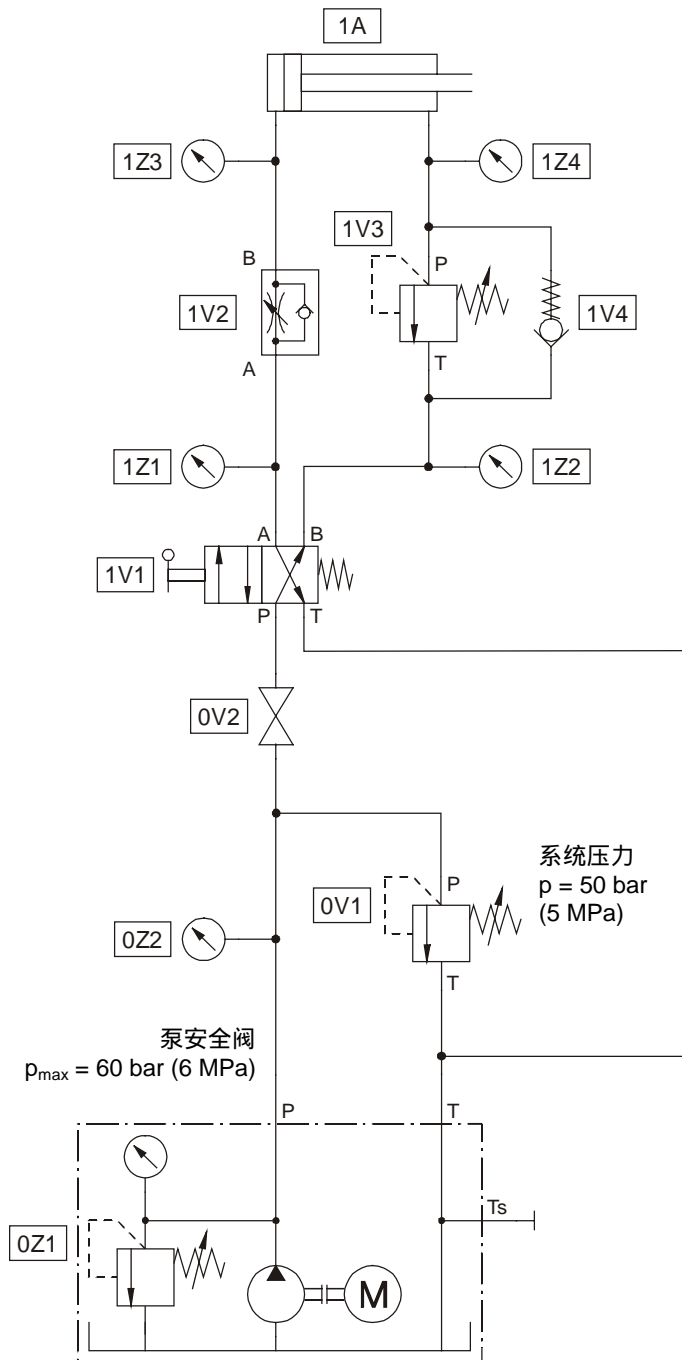
$p_{1z1}$	$p_{1z2}$	$q_{FCV}$	$q_{TV}$
50 bar	10 bar	2 l/min	2 l/min
40 bar	10 bar	2 l/min	1.6 l/min
30 bar	10 bar	2 l/min	1.3 l/min
20 bar	10 bar	2 l/min	0.8 l/min
10 bar	10 bar	1.5 l/min	0.4 l/min

调速阀  
特性曲线

**结论** 调速阀不论在进口或出口压力变化情况下都可以保证通过的流量基本恒定，这样就保证了液压缸的运动速度不随供油压力或负载发生变化。至于节流阀，流量将随阀的前后压力变化而发生变化。原因：对于调速阀，由于内置的压力补偿器可以保持节流口前后压差不变，因此可以提供了一个恒定的流量，并且它可以被调节。压力补偿器在正常工作时，需要有一定的压力值（所以压力在小于10bar时不起作用）。节流阀是一个简单的限流器，因此通过节流阀的流量将随供油压力或负载发生变化。

轧花机

液压回路





## C-46

## 习题答案 11

元件清单	编号	数量	名称
	OZ1	1	液压泵
	OZ2, 1Z1, 1Z2, 1Z3, 1Z4	5	压力表
	OV1, 1V3	2	溢流阀
	OV2	1	开关阀
	1V1	1	2位4通手动换向阀
	1V2	1	单向节流阀
	1A	1	双作用液压缸
	1V2	1	单向阀
		14	油管
		4	三通接头
		1	秒表

**方案说明** 组装并检查回路，关闭压力开关OV2且调节溢流阀OV1设置系统压力为50bar（压力表OZ2显示）。全开溢流阀1V3并且打开压力开关OV2。

在二位四通换向阀1V1被切换到左位之后，活塞杆伸出到达它的前端位置，调节单向节流阀1V2，使其前进行程时间大约为5秒。

保持单向节流阀的设定位置，表一中设定的背压力为10bar，通过压力表1Z4所显示，该压力只能在液压缸前进行程时通过溢流阀1V3来设置。压力 $P_{1Z1}$ 应该在二位四通换向阀被切换到左位，且活塞杆已达到它的前进末端位置时，通过溢流阀OV1进行微调。

$p_{1Z1}$  = 单向节流阀的进口压力

$p_{1Z3}$  = 单向节流阀的出口压力

$p_{1Z4}$  = 液压缸背压力

$t \rightarrow$  = 液压缸的行程时间

赋值

$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$	入口压力波动
50 bar	9 bar	10 bar	4 s	
40 bar	9 bar	10 bar	5 s	
30 bar	9 bar	10 bar	7.5 s	
20 bar	9.5 bar	10 bar	12.5 s	
10 bar	9.8 bar	10 bar	57 s	

$p_{1Z1}$	$p_{1Z3}$	$p_{1Z4}$	$t \rightarrow$	出口压力波动
50 bar	9 bar	10 bar	4 s	
50 bar	15 bar	20 bar	4.5 s	
50 bar	22 bar	30 bar	5 s	
50 bar	28 bar	40 bar	6.5 s	
50 bar	35 bar	50 bar	7 s	

# C-48

---

## 习题答案 11

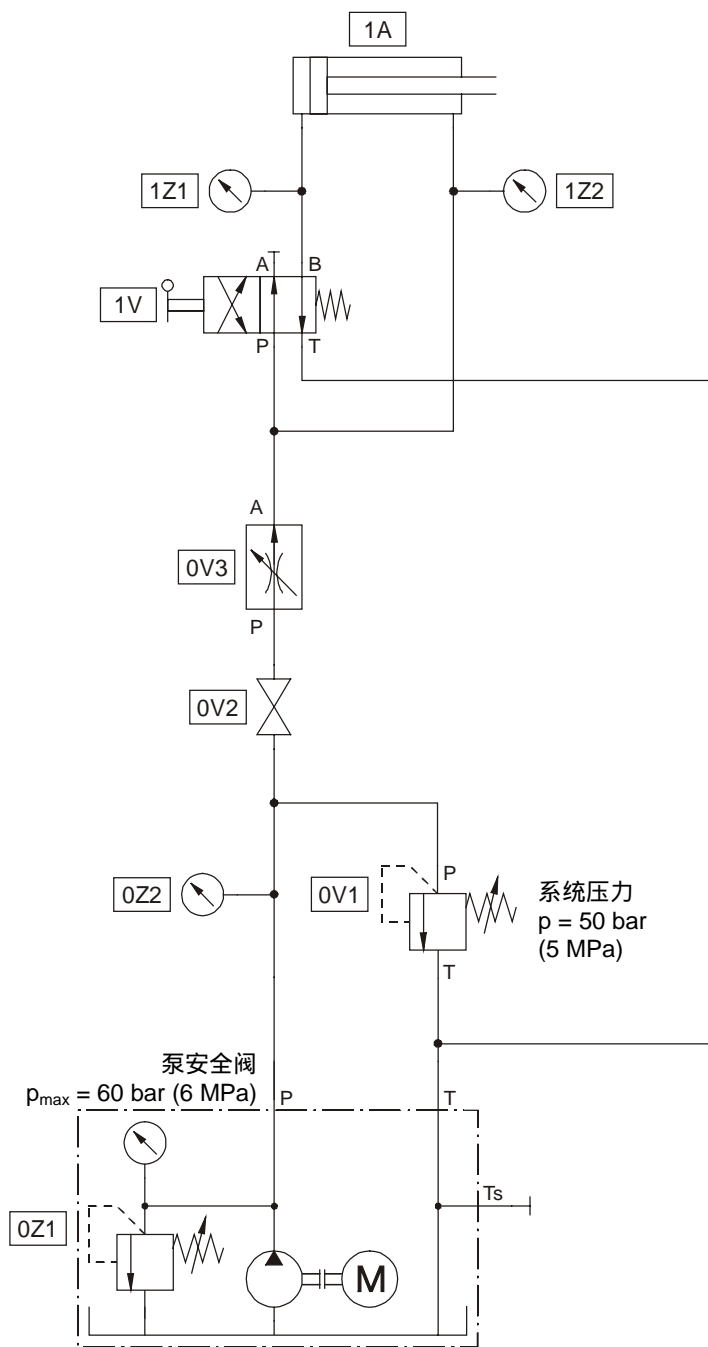
**结论** 在带有节流阀的调速回路中，由于节流阀入口处压力降低或者液压缸反向背压力增加，从而引起节流阀出口处压力增加，这些都会造成节流阀前后压差降低，使得通过流量减少，液压缸行程速度下降。在带有调速阀的回路中（习题九），行程速度基本不变。

原因：从节流口流量特性分析，通过节流口的流量与节流口前后的压差成正比，如果压差发生了变化，将引起通过阀的流量也随之发生变化。

在调速阀中，内部设置了保持节流口前后压差基本不变的压力补偿器。因此当调速阀前后压力变化时，节流口前后的压差基本不变，保证了通过流量的恒定。

平面磨床

液压回路



## C-50

## 习题答案 12

元件清单	编号	数量	名称
	0Z1	1	液压泵
	0Z2, 1Z1, 1Z2	3	压力表
	0V1	1	溢流阀
	0V2	1	开关阀
	0V3	1	调速阀
	1V	1	2位4通手动换向阀
	1A	1	双作用液压缸
		7	油管
		4	三通接头
		1	秒表

**方案说明** 组装并检查回路，关闭压力开关OV2和调速阀OV3，现在接通液压泵并且通过溢流阀OV1设置系统压力为50bar，开启截止阀OV2和调速阀直到活塞杆前进，现在可以开始测量。

**赋值**

- $p_{1Z1}$  = 液压缸无杆腔的压力
- $p_{1Z2}$  = 液压缸有杆腔缸的压力
- $p_{0Z2}$  = 系统压力 = 50 bar
- $t \rightarrow$  = 液压缸的行程时间调至大约 4 s

数值表	方向	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$t$
	前进行程	3.5 bar	5 bar	4.31 s
	返回行程	0 bar	4.5 bar	6.57 s

液压缸规格:

活塞有杆腔面积:  $A_{PN} = 2.0 \text{ cm}^2$

活塞无杆腔面积:  $A_{PR} = 1.2 \text{ cm}^2$

液压缸的行程:  $s = 0.2 \text{ m}$

面积比:  $\alpha = \frac{A_{PN}}{A_{PR}} = \frac{2 \text{ cm}^2}{1.2 \text{ cm}^2} = 1.67 \approx 1.7$

时间比:  $\frac{t_{adv}}{t_{ret}} = \frac{4.31 \text{ s}}{6.57 \text{ s}} = 0.656$

力比:  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_{PN} \cdot p_{1Z1}}{A_{PR} \cdot p_{1Z2}} = \frac{2 \text{ cm}^2 \cdot 3.5 \text{ bar}}{1.2 \text{ cm}^2 \cdot 5 \text{ bar}} = 1.2 < \alpha$

微分回路液压缸前进行程中的流量:

无杆腔进油流量:  $q_{PN} = A_{PN} \cdot \frac{s}{t_{adv}} = 2 \text{ cm}^2 \cdot \frac{20 \text{ cm}}{4.31 \text{ s}}$

$$q_{PN} = 9.28 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 557 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \approx 0.6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

有杆腔回油流量:  $q_{PR} = A_{PR} \cdot \frac{s}{t_{adv}} = 1.2 \text{ cm}^2 \cdot \frac{20 \text{ cm}}{4.31 \text{ s}}$

$$q_{PR} = 5.57 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 334 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \approx 0.3 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

返回行程流量:

有杆腔进油流量:  $q_{PR} = A_{PR} \cdot \frac{s}{t_{ret}} = 1.2 \text{ cm}^2 \cdot \frac{20 \text{ cm}}{6.57 \text{ s}}$

$$q_{PR} = 3.65 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 219 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 0.2 \frac{\text{l}}{\text{min}} = q_{FCV}$$

## C-52

## 习题答案 12

**结论** 如果同样的压力作用在更大的面积上( $A_{PN}$ ), 会产生更大的力( $F_1$ ).

数学证明:

以知  $p_{1Z1} = p_{1Z2}$

与  $p_{1Z1} = \frac{F_1}{A_{PN}}$  和  $p_{1Z2} = \frac{F_2}{A_{PR}}$

我们知道  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_{PR}}{A_{PN}} = \alpha$

推出:  $F_1 = \alpha \cdot F_2$

如果  $\alpha > 1$ ,  $F_1 > F_2$ , 活塞缸前进。

较低的行程压力  $p_{1Z1}$  作用于较大的面积  $A_{PN}$  上, 有可能产生一个较大的力  $F_1$ , 仅当行程压力与背压的比值变得与面积比相等, 将造成活塞停止运动。

数学证明:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_{PN} \cdot p_{1Z1}}{A_{PR} \cdot p_{1Z2}}$$

如果  $F_1 = F_2$

推出  $\frac{p_{1Z2}}{p_{1Z1}} = \frac{A_{PN}}{A_{PR}} = \alpha$

只要  $\frac{p_{1Z2}}{p_{1Z1}} < \alpha$ , 活塞将会前进。

可以得到液压缸的力为:

$$F = F_1 - F_2 = (A_{PN} \cdot p_{1Z1}) - (A_{PR} \cdot p_{1Z2})$$

$$F = (2 \text{ cm}^2 \cdot 3.5 \text{ bar}) - (1.2 \text{ cm}^2 \cdot 5 \text{ bar})$$

$$F = (7 \text{ kp} - 6 \text{ kp}) = 1 \text{ kp} = 10 \text{ N}$$

比较非微分控制回路和微分控制回路的区别如下：

系统	非微分控制回路	微分控制回路	综合对比
1. 前进行程速度 $v_{adv}$	可调 FCV $\approx q_{FCV}$	大于设定 FCV $> q_{FCV}$	
2. 返回行程速度 $v_{ret}$	大于前进行程速度 $> v_{adv}$	小于前进行程速度 $< v_{adv}$ (with $\alpha < 2$ )	
3. 前进行程时间 $t_{adv}$	可调FCV $\approx q_{FCV}$	小于设定FCV $< q_{FCV}$	
4. 返回行程时间 $t_{ret}$	小于前进行程时间 $< t_{adv}$	大于前进行程时间 $> t_{adv}$ (with $\alpha < 2$ )	

面积比  $=2$ ，前进行程和返回行程的速度是相同的。

原因：当要求液压缸前进行程和返回行程的速度是相同时，液压缸无杆腔所需的流量是液压缸有杆腔所需流量的2倍。前进行程中，液压缸无杆腔所需的流量是由液压泵和有杆腔回油流量一起提供的。返回行程时，液压缸有杆腔所需的流量仅由液压泵提供，返回行程速度由此产生。仅当面积比是2时，前进行程速度和返回行程速度是相同的。

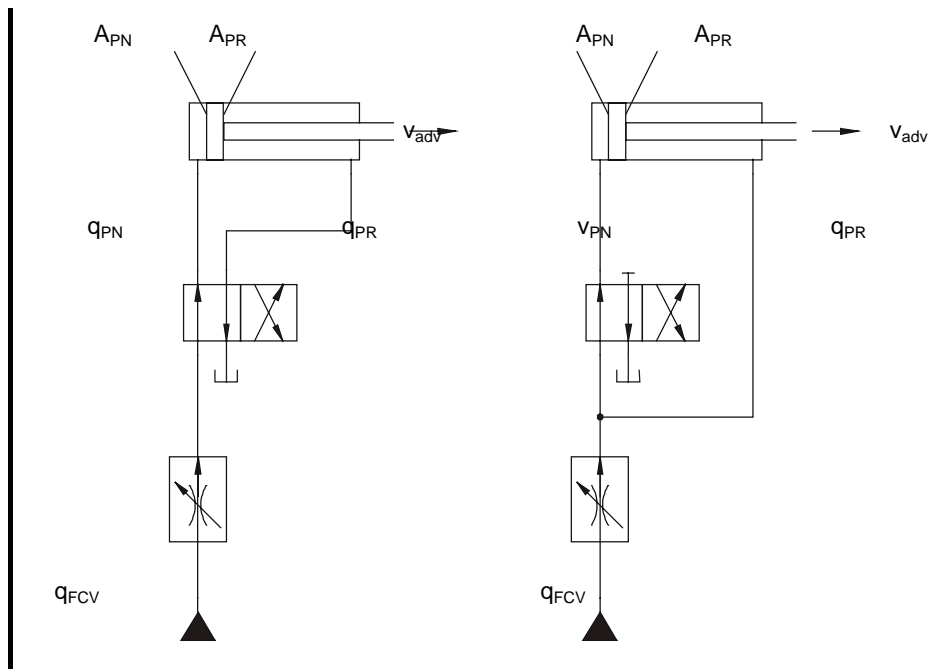


# C-54

## 习题答案 12

数学证明:

非微分控制回路  
和微分控制回路



基本公式:

面积比:  $\alpha = \frac{A_{PN}}{A_{PR}}$

速度:  $v = \frac{q}{A}$

行程时间:  $t = \frac{s}{v}$

### 1. 前进行程速度

非微分控制回路: 
$$v_{\text{adv}} = \frac{q_{\text{PN}}}{A_{\text{PN}}} = \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}$$

微分回路: 
$$v_{\text{adv}} = \frac{q_{\text{PN}}}{A_{\text{PN}}}$$

此时无杆腔进油流量: 
$$q_{\text{PN}} = q_{\text{FCV}} + q_{\text{PR}}$$

给出 
$$\frac{q_{\text{PN}}}{q_{\text{PR}}} = \frac{A_{\text{PN}}}{A_{\text{PR}}} = \alpha$$

推出: 
$$q_{\text{PR}} = \frac{1}{\alpha} \cdot q_{\text{PN}}$$

$$q_{\text{PN}} = q_{\text{FCV}} + \frac{1}{\alpha} \cdot q_{\text{PN}}$$

$$q_{\text{PN}} \cdot \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) = q_{\text{FCV}}$$

$$q_{\text{PN}} \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha} = q_{\text{FCV}}$$

$$q_{\text{PN}} = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \cdot q_{\text{FCV}}$$

微分回路的前进行程速度是:

$$v_{\text{adv}} = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}$$

如果  $\alpha = 2$  
$$v_{\text{adv}} = 2 \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}},$$

因此是非微分控制回路的2倍。

# C-56

## 习题答案 12

### 2. 返回行程速度

非微分控制回路:

$$v_{\text{ret}} = \frac{q_{\text{PR}}}{A_{\text{PR}}} = \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PR}}} = \alpha \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}$$

$$v_{\text{ret}} = \alpha \cdot v_{\text{adv}}$$

只要  $\alpha > 1$ ,

$$v_{\text{ret}} > v_{\text{adv}}$$

微分回路:

$$v_{\text{ret}} = \frac{q_{\text{PR}}}{A_{\text{PR}}} = \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PR}}} = \alpha \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}$$

$$\frac{v_{\text{ret}}}{v_{\text{adv}}} = \frac{\alpha \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}}{\frac{\alpha}{\alpha - 1} \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}} = \alpha - 1$$

$$v_{\text{ret}} = (\alpha - 1) \cdot v_{\text{adv}}$$

如果  $\alpha = 2$ ,

$$v_{\text{ret}} = v_{\text{adv}}$$

### 3. 前进行程时间

一般:

$$t = \frac{s}{v}$$

非微分控制回路:

$$t_{\text{adv}} = \frac{s}{\frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}} = \frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{q_{\text{FCV}}}$$

微分回路:

$$t_{\text{adv}} = \frac{s}{\frac{\alpha}{\alpha-1} \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}} = \frac{\alpha-1}{\alpha} \cdot \frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{q_{\text{FCV}}}$$

如果  $\alpha = 2$ ,

$$t_{\text{adv}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{q_{\text{FCV}}}$$

### 4. 返回行程时间

非微分控制回路:

$$t_{\text{ret}} = \frac{s}{\alpha \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}} = \frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{\alpha \cdot q_{\text{FCV}}}$$

微分回路:

$$t_{\text{ret}} = \frac{s}{\alpha \cdot \frac{q_{\text{FCV}}}{A_{\text{PN}}}} = \frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{\alpha \cdot q_{\text{FCV}}}$$

$$\frac{t_{\text{ret}}}{t_{\text{adv}}} = \frac{\frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{\alpha \cdot q_{\text{FCV}}}}{\frac{\alpha-1}{\alpha} \cdot \frac{A_{\text{PN}} \cdot s}{q_{\text{FCV}}}} = \frac{1}{\alpha-1}$$

$$\frac{t_{\text{ret}}}{t_{\text{adv}}} = \frac{1}{\alpha-1}$$

如果  $\alpha = 2$ ,

$$t_{\text{ret}} = t_{\text{adv}}$$

# C-58

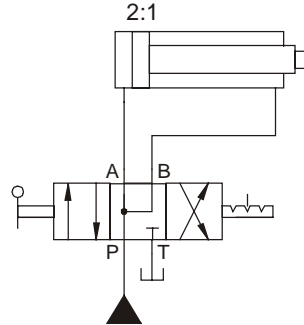
## 习题答案 12

赋值:

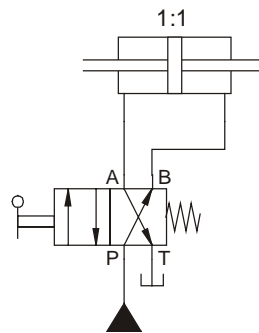
数学对比	非微分控制回路	微分控制回路
1. 前进行程速度 $V_{adv}$	$\frac{q_{FCV}}{A_{PN}}$	$\frac{\alpha}{\alpha - 1} \cdot \frac{q_{FCV}}{A_{PN}}$
2. 返回行程速度 $V_{ret}$	$\alpha \cdot V_{adv}$	$(\alpha - 1) \cdot V_{adv}$
3. 前进行程时间 $t_{adv}$	$\frac{A_{PN} \cdot s}{q_{FCV}}$	$\frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{A_{PN} \cdot s}{q_{FCV}}$
4. 返回行程时间 $t_{ret}$	$\frac{1}{\alpha} \cdot t_{adv}$	$\frac{1}{\alpha - 1} \cdot t_{adv}$

使用下列替换方案可得到同样的前进行程和返回行程速度:

特殊中位的  
3位4通阀的微分回路



由2位4通阀控制的  
液压缸



钻床

液压回路图

# C-60

---

## 习题答案 13

液压回路



泵安全阀  
 $p_{\max} = 60 \text{ bar (6 MPa)}$

系统压力  
 $p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

编号	数量	名称
0Z1	1	液压泵
0Z2, 1Z1, 1Z2, 1Z3	4	压力表
0V	1	溢流阀
1V1	1	3位4通手动换向阀
1V2	1	减压阀
1V3	1	单向阀
1V4	1	开关阀
1A	1	双作用液压缸
1V5	1	单向节流阀
	15	油管
	5	三通接头

元件清单



# C-62

## 习题答案 13

**方案说明** 在状况1中，需测量液压缸行程过程中的压力。只有当活塞运动到最前端位置或有阻力起作用时，液压缸进口压力才能被设置为15bar(如 $P_{122}$ 显示)。这个值在状况2（活塞到达最前端位置时）被证明。这个练习表明，减压阀在没有流体通过的情况下仍保持15bar的压力。

阀1V3和1V4组成了一个减压阀支路，以实现液压缸返回行程。

如果前进行程中有一个与前进冲程相反的阻力对抗，如状况3，尽管系统压力为50bar，流通压力仅可以达到12-15bar。通过关闭节流阀1V5，可以将反向压力不断提高，直到压力表 $P_{121}$ 的值显示为15bar为止。此时，活塞保持静止状态。这就是说，减压阀关闭了。

在状况5的反向回程中可见，通过提高反向压力使减压阀通向油箱的回油口被打开，并且仅仅达到15bar压力。这样，活塞就可以被推回到缩回末端位置。

在状况6中，当活塞杆处于最末端时，减压阀出口压力仍然被保持在15bar，这是因为通过减压阀的内部回油，减压口仍在工作。当压力降至15bar以下，这时减压阀便从现在的 A-T流向转换到 P-A状态。当没有泵的流量通过三位四通阀到达减压阀，所以该压力会下降到0bar。



在实际中，应在单向节流阀1V5处并入一个溢流阀支路，这样可以在避免由于活塞前进行程时的压力倍增造成的高压。

这里，为了简化回路结构，只用了单向节流阀。由于系统是在减压的情况下被操作的，所以在这种情况下不会产生过压。

测量以下值:

$p_{1Z1}$  =减压阀的进油压力

$p_{1Z2}$  =液压缸的进油路压力

$p_{1Z3}$  =液压缸的回油路压力

赋值

解释以下情况:

1. 当活塞的前进行程
2. 当在设定 $p_{1Z2}=15\text{bar}$ 的情况下, 活塞前进到末端位置
3. 当反向背压力设置为20bar时活塞的前进行程;
4. 当活塞前进到末端位置
5. 当压力开关关闭时活塞的前进行程
6. 当压力开关关闭时活塞前进到末端位置

情况	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$p_{1Z3}$	前进行程
1. 活塞在前进行程中	5 bar	2 bar	1 bar	
2. 活塞到达末端位置	50 bar	15 bar	0 bar	
3. 带有反向背压力的前进行程中	49 bar	13 bar	20 bar	
4. 带背压时活塞到达末端位置	50 bar	16 bar	0 bar	
5. 带有减压阀的前进行程中	49 bar	14 bar	20 bar	
6. 带有减压阀活塞到达末端位置	50 bar	16 bar	0 bar	

情况	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$p_{1Z3}$	返回行程
1. 活塞在返回行程中	4 bar	7 bar	16 bar	
2. 活塞返回末端位置	0 bar	0 bar	50 bar	
3. 带有反向背压力的返回行程中	6 bar	10 bar	18 bar	
4. 带背压时活塞返回末端位置	0 bar	0 bar	50 bar	
5. 带有减压阀的返回行程中	0 bar	26 bar	46 bar	
6. 带有减压阀活塞返回末端位置	0 bar	0 bar	50 bar	

# C-64

---

## 习题答案 13

**结论** 如果要从主油路中获得一个可调的稳定回路时，可以使用减压阀。  
状况5说明，在减压阀出油口A上，若有压力冲击或高于调整值压力时，则这些压力必须被通过回油口T释放到油箱。

舱壁门

液压回路,  
无背压

系统压力  
 $p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

泵安全阀  
 $p_{\max} = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)

# C-66

## 习题答案 14

液压回路,  
有背压

入口处  
 $p = 10 \text{ bar}$   
(1 MPa)

系统压力  
 $p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

泵安全阀  
 $p_{\max} = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)

编号	数量	名称
0Z1	1	液压泵
0Z2, 1Z1, 1Z2	3	压力表
0V1, 1V3	2	溢流阀
0V2	1	开关阀
1V1	1	2位4通换向阀
1V2	1	单向节流阀
1A	1	双作用液压缸
1Z3	1	负载
1V4	1	单向阀
	12	油管
	4	三通接头
	1	秒表

元件清单

组装并检查回路，将液压缸安装在实验板上。首先关闭压力开关OV2，接通液压泵，调节溢流阀OV1设置系统压力为50bar。打开压力开关且调节单向节流阀至使活塞杆运动伸出全程大约为5s。当装上负载1Z3后，需再次调节节流阀使液压缸运动时间保持在5s，在溢流阀1V3提供反向背力的情况下，对于液压缸返回行程，需要一个单向阀1V4用作溢流阀的旁路。当测量完成之后，首先移除重物，接着活塞杆缩回。现在通过完全打开溢流阀1V3为回路卸压；只有当压力为0时（如同压力表1Z2显示的那样）再拆除回路。

方案说明

## C-68

## 习题答案 14

**赋值** 测量以下值:

$t \rightarrow$  = 液压缸的前进行程时间

$p_{1z1}$  = 液压缸的行程压力

$p_{1z2}$  = 液压缸的背压

$p_{0z2}$  = 系统压力

数值表	负载和反向力	$p_{0z2}$	$p_{1z1}$	$p_{1z2}$	$t \rightarrow$
	无负载无反向力	50 bar	0 bar	0 bar	5.0 s
	有负载无反向力	50 bar	0 bar	0 bar	0.8 s
	有负载有反向力	50 bar	2 bar	10 bar	4.6 s
	无负载有反向力	50 bar	7 bar	10 bar	5.3 s

**结论** 当负载增加时，行程所需时间变短。

原因：当液压缸没有反向背压力，活塞被重物拉出。活塞杆运动将失控且不平稳，只有在施加反向背压力的情况下，活塞杆才能获得平稳的前进行程速度。反向压力的作用是对负载进行液压支撑，使活塞运动与负载无关。当负载恒定时，支撑压力正好调到与负载相同，支撑压力与负载力相匹配。有或者没有反向背力的回路原理上都是可行的，带有可调节反向背压力以适合于负载的回路更为实用。

渡运斜梯

液压回路,  
有背压  
且入口处有调速阀

入口处  
 $p = 10 \text{ bar}$   
(1 MPa)

系统压力  
 $p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

泵安全阀  
 $p_{\max} = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)



# C-70

---

习题答案 15

液压回路,  
有背压  
且出口处有调速阀

系统压力  
 $p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

泵开关阀  
 $p_{\max} = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)

编号	数量	名称
0Z1	1	液压泵
0Z2, 1Z1, 1Z2	3	压力表
0V1, 1V4	2	溢流阀
0V2	1	开关阀
1V1	1	3位4通换向阀
1V3	1	调速阀
1V2, 1V5	2	单向阀
1A	1	双作用液压缸
1Z3	1	负载
	13	油管
	4	三通接头
	1	秒表

元件清单

组装并检查回路，将液压缸1A竖直安装在装配板上以使它能够后退或前进。首先关闭压力开关OV2。接通液压泵调节溢流阀，设置系统压力为50bar。打开压力开关且调节调速阀1V3至使活塞杆前进大约5秒。

方案说明

通过一系列的步骤保持调速阀的设置。注意：当压力下降到0bar（像压力表1Z2显示的那样）的时候才能拆除回路。

## C-72

## 习题答案 15

**赋值** 测量以下值:

$t \rightarrow$  = 液压缸的前进行程时间

$p_{1Z1}$  = 液压缸的行程压力

$p_{1Z2}$  = 液压缸的背压

$p_{0Z2}$  = 系统压力

入口处设有 调速阀	有负载和背压力	$p_{0Z2}$	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$t \rightarrow$
	无负载无背压力	50 bar	0 bar	0 bar	5 s
	有负载无背压力	50 bar	0 bar	0 bar	0.6 s
	有负载有背压力	50 bar	3 bar	10 bar	5 s
	无负载有背压力	50 bar	8 bar	10 bar	5 s

出口处设有 调速阀	负载	$p_{0Z2}$	$p_{1Z1}$	$p_{1Z2}$	$t \rightarrow$
	没有负载	50 bar	48 bar	77 bar	5 s
	有负载	50 bar	48 bar	84 bar	3.1 s

**结论** 没有背压力时，活塞杆被负载拉出，液压缸运动不平稳。在有背压力的情况下，有或没有负载时，液压缸运动速度相同的。但无论如何，调速阀被安装在出口处以提供背压力时，该阀既要调速又要提供背压，使出口处背压力值过高，这在实际中是很少使用的。

因此更为合适的回路便是在入口处设有调速阀，以及在出口处设置溢流阀提供背压力的回路。

运输车

$p = 30 \text{ bar}$   
(3 MPa)

$p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

液压回路

系统压力  
 $p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

泵安全阀  
 $p_{\max} = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)

## C-74

## 习题答案 16

## 元件清单

编号	数量	名称
0Z1	1	液压泵
0Z2, 1Z1, 1Z2	3	压力表
0V, 1V3, 1V4	3	溢流阀
1V1	1	3位4通手动换向阀
1V2, 1V5	2	单向阀
1A	1	双作用液压缸
	10	油管
	4	三通接头

## 方案说明

根据回路图组装控制回路，确保单向阀安装正确。充分开启溢流阀1V3、1V4。如果溢流阀1V3、1V4没有完全打开，则液压泵中的溢流阀将限制系统压力的调节。

检查回路然后接通液压泵。现在设置系统压力为50bar，当方向阀1V1换向时，液压缸以较大的速度前进或倒退。通过关闭两个溢流阀1V3和1V4可以使行程的动作变慢。运用每种情况下出口处的溢流阀进行调节。单向阀1V1和1V5被用作溢流阀反向时的通路，反向压力被显示在压力表1Z1和1Z2上。

如果单向阀安装方向错误，则溢流阀反向时是关闭的，液压缸将不会运动。在溢流阀完全关闭的情况下，液压缸也将不再运动，这是由于回油路不通的缘故。



在拆除回路之前，应将溢流阀再一次充分打开以确保系统卸压。

在液压缸两端的回路上分别装有一个带溢流阀的支路。这样，在液压缸不同的运动方向上都有一个溢流阀起自锁作用。当设定自锁压力时，要考虑液压缸两侧的面积比。

结论

在实际使用中，这种运输车所使用的换向阀可由比例换向阀来取代。比例换向阀在操作时，阀门中的通流口径可以缓慢地被打开，由此可进行快速行程和慢速行程动作的控制。

备注

# C-76

---

习题答案 16

压力粘接机

液压回路

带减压阀

带溢流阀

$p = 30 \text{ bar}$   
(3 MPa)

$p = 30 \text{ bar}$   
(3 MPa)

$p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

$p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

$p_{\max} = 60 \text{ bar}$  (6 MPa)

$p_{\max} = 60 \text{ bar}$  (6 MPa)



## C-78

## 习题答案 17

元件清单	编号	数量	名称
	0Z1	1	液压泵
	0Z2, 1Z1, 1Z2	3	压力表
	0V, 1V4	2	溢流阀
	1V1	1	3位4通手动阀
	1V2	1	开关阀
	1V2	1	减压阀
	1A	1	双作用液压缸
		7	油管
		5	三通接头

**方案说明** 在设置减压阀的回路中，当活塞杆返回时，必须打开压力开关。因为减压阀反向是截止的。油液不能从减压阀A转换到T。

**结论** 在减压阀回路中，当负载达到30bar时，减压阀起减压作用。此时，系统压力保持在50bar。另外，应当注意液压泵应具有足够的排量，特别是当系统中有多个执行元件共用一个液压源时。

如果在系统支路中安装了一个溢流阀，当负载达到30bar时，支路溢流阀起作用，整个系统压力保持在30bar。

溢流阀在这种应用中具有自身优点。因为，当液压缸处于保压状态时（换向阀动作能够被保持较长一段时间情况下），整个系统压力保持在30bar压力。

装配设备

$p = 30 \text{ bar}$   
(3 MPa)

$p = 20 \text{ bar}$   
(2 MPa)

$q = 1 \text{ l/min}$

$p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

$p = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)

液压回路

# C-80

## 习题答案 18

位移/步进图	元件	时间
	名称	顺序

位置	信号
----	----

3位4通阀 \*

液压缸

溢流阀

液压马达

溢流阀

\* 3位4通阀

开关位置 a:



开关位置 0:



开关位置 b:



编号	数量	名称
0Z1	1	液压泵
0V1, 1V2, 1V4	3	溢流阀
0V2	1	调速阀
0V3	1	开关阀
1V1	1	3位4通手动换向阀
1A1	1	双作用液压缸
1A2	1	液压马达
1V3, 1V5	2	单向阀
1Z1, 1Z2	2	压力表
	16	油管
	7	三通接头
	1	流量计

元件清单

在组装回路之前，首先将调速阀设置流量为1l/min。当组装回路时，确保单向阀安装正确。以免系统不能正常工作。如果溢流阀的数量不够，系统压力可以用固定在液压泵的溢流阀OV1调节。

方案说明

回路组装并检查之后，接通液压泵。首先将压力开关关闭，用固定在液压泵的溢流阀OV1调节系统压力为50bar，之后应将其它两个溢流阀1V2、1V4压力调至赋值。

当三位四通换向阀1A1换向左位时，液压油将首先经1A1左位至液压缸，活塞杆前进。液压缸压紧工件后，当压力升至20bar时溢流阀1V4开启，马达1A2将开始转动。通过三位四通换向阀换位，返回行程开始。首先马达停止转动，当压力将增大至30bar时溢流阀1V2开启，液压缸1A1缩回。

# C-82

---

## 习题答案 18

*结论* 试验中最重要的步骤:

1. 流量的预先调试
2. 回路组装
3. 关闭溢流阀
4. 检查回路
5. 接通液压泵
6. 在控制回路操作中调节溢流阀

**装配设备的计算**

赋值

示意图

活塞推力:

# C-84

---

习题答案 19

反向背压力:

实际输出力:

装配时间:







卸料装置

液压回路

$p_{\max} = 60 \text{ bar}$   
(6 MPa)

$p = 50 \text{ bar}$   
(5 MPa)

## C-88

## 习题答案 20

电路图

S1 = 上行 按钮  
S2 = 下行 按钮

液压元件清单

编号	数量	名称
0Z	1	液压泵
0V	1	溢流阀
1V1	1	3位4通电磁阀
1V2	1	液控单向阀
1A	1	双作用液压缸
	6	油管
	2	三通接头

电器元件清单

编号	数量	名称
	1	电信号开关单元
	1	继电器单元
	1	通用导线组
	1	稳压电源

为了防止卸料斗的下滑，在液压回路中使用了一个液控单向阀。另外，在电气控制部分关闭时，为了使液控单向阀能够安全关闭，回路采用了一个阀体处于中位时，阀口A,B,T相互连接且P口关闭的三位四通换向阀，这样是为了确保当电力控制回路断开时，三位四通阀的A和B口均处于卸荷状态，保证液控单向阀顺利关闭。

方案说明

组装并检查电气线路和液压回路后，按下动作按钮s1，使液压缸的活塞杆伸到达它前进行程末端（装料位置）。当松开按钮s1时，三位四通阀在弹簧力作用下回到中位。负载作用在活塞杆上致使液控单向阀关闭，它阻止活塞杆被推回。当按下按钮s2后，三位四通阀切换，通过换向阀B口的压力打开单向阀，使液压缸的活塞杆缩回至其末端位置（卸料位置）。

两个按钮s1和s2分别用一对常开、一对常闭触点，它们之间互锁连接，使得当两个按钮被同时按下时不会产生液压缸运动。

*在该练习中，使用M型中位的三位四通换向阀也是可行的。由于换向阀内部特点，阀的内部漏油也能致使液控单向阀关闭，但关闭速度可能较慢。*



电气线路图在电路1、2间设计为互锁电路，这将确保控制回路在操作错误的情况下正确工作。

结论

# C-90

---

习题答案 20

**D 部分 – 附录**

元件存放柜	D-3
安装系统	D-4
卡座	D-6
连接系统	D-7

**数据表**

压力表	152 841
节流阀	152 842
单向节流阀	152 843
压力开关阀	152 844
单向阀	152 845, 152 846
三通接头	152 847
直控式溢流阀/顺序阀	152 848
先导式溢流阀	152 849
三通减压阀	152 850
二通调速阀	152 851
液控阀	152 852
双作用液压缸	152 857
液压马达	152 858
储能器	152 859
油管, 600 mm, 1000 mm	152 960, 152 970
液压泵	152 962
负载, 9 kg	152 972
2 位 4 通手动阀	152 974
3 位 4 通手动阀, O 型	152 975
3 位 4 通手动阀, Y 型	152 976
3 位 4 通手动阀, 中位泵环流	152 977

# D-2

---

## 附录

### 数据表

继电器单元, 3 组	162 241
电信号开关单元	162 242
2 位 4 通单电控电磁阀	167 082
3 位 4 通双电控电磁阀, O 型	167 083
3 位 4 通双电控电磁阀, Y 型	167 084
3 位 4 通双电控电磁阀, N 型	167 085

## 元件存放柜



TP 501 实验装置元器件  
码放在元件存放柜中

元件存放柜用于存放 TP 501 液压基础试验装置的所有元器件。

元件存放柜不仅可以起到保护元件的作用，同时可以用作日常教学设施。



## 安装系统

实际操作过程中，元器件安装在 Festo Didactic 培训系统的铝合金底板上。铝合金底板共有 14 条间距 50mm 的 T 型平行凹槽。

铝合金底板主要用于安装下列 A 至 D 四种不同类型的元器件：

- A:** 卡座安装式系统，固定时无需使用其他元件。  
元件固定在卡座上。夹紧卡座两侧的手柄就可以在铝合金底板的 T 型槽内移动卡座，松开手柄固定卡座。用于轻质，无负载的元件。
- B:** 旋转安装式系统，固定时无需使用其他元件。  
带有锁紧圆盘，通过旋紧元件底座上的螺帽和底座下面的 T 型螺钉来垂直或水平固定元件。用于较重，带负载的元器件。
- C:** 螺丝固定式系统，固定时需使用其他元件。  
通过内六角螺钉和 T 型螺母垂直或水平固定元件。用于重型，带较重负载的元件或无需经常取下的元器件。
- D:** 快插式安装系统，固定时需要接头。  
元件通过定位栓固定，可以沿着凹槽方向移动。用于轻质、无负载的元件。

电信号开关单元、电信号指示单元和继电器也可以安装在 ER 电器安装支架上。

**使用 A 型卡座式安装系统时**，卡座中有一滑片与铝合金底板的凹槽咬合。滑片通过弹簧拉紧。压下卡座的蓝色手柄，滑片缩回可以在铝合金底板的凹槽中取出或安装元件。元器件在凹槽内移动并通过凹槽对齐。

**使用 B 型卡座式安装系统时**，通过旋紧元件底座上的蓝色螺帽和底座下面的 T 型螺钉固定元件。锁紧圆盘可以以 90° 的角度旋转来固定元器件，因此可以与凹槽平行或垂直安装元件。

当锁紧圆盘位于需要的位置时，元件放置在铝合金底板上。顺时针旋锁紧螺帽，T 型螺钉在铝合金底板凹槽中以 90° 旋转。继续旋转螺帽，将元件固定。

**使用 C 型卡座式安装系统时**，用于安装重型元件，或一旦固定就很少移动的元件。此时，使用内六角螺钉和 T 型螺母固定元件。

**使用 D 型卡座式安装系统时**，ER 单元可以插入带定位栓的实验板上，并通过套管接头与铝合金实验板相连。每个定位栓都带有一个黑色塑料接头。T 型槽上每隔 50mm 要有一个接头，将接头旋转 90° 即可固定。然后 ER 单元的定位栓便可插入到接头的穿孔中。

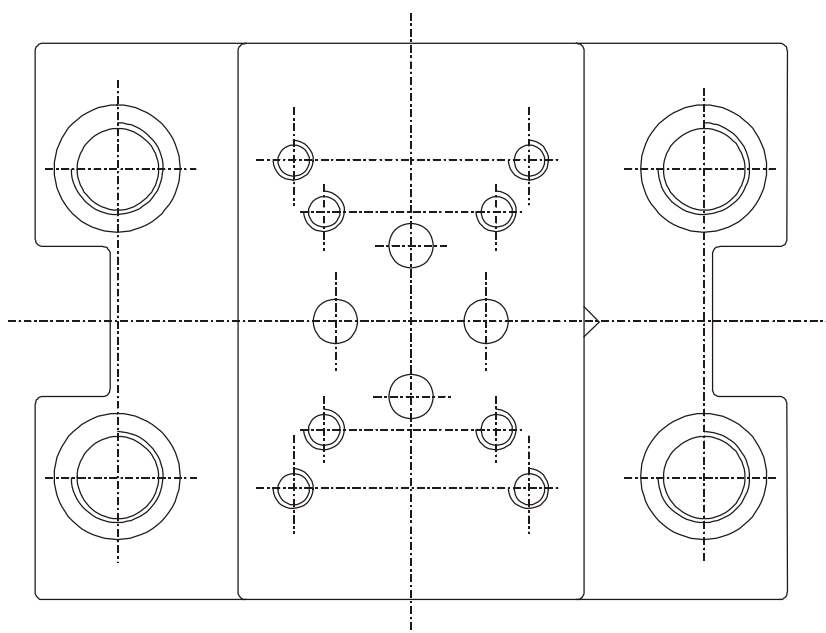
# D-6

## 附录

### 卡座

卡座穿孔适用于 DN4 标准的阀，此标准与 ISO 228 size 02 一致。由于穿孔尺寸与 size 03 相近，因此卡座也可以适用于 DN6 标准的阀（可以通过略微改变穿孔直径和增加安装孔的方法）。

连接板

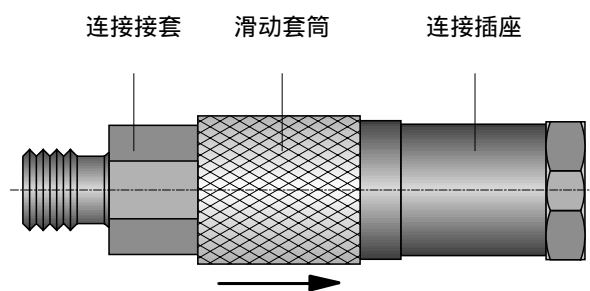


## 连接系统

所有液压元件都配有自锁连接装置。这种独特的设计可以使元件在回路安装和拆卸时毫不费力，而且不会有泄油的情况。

一个连接装置包括一个接套和一个插座，将插座推到接套上进行连接。滑动套筒可以使连接更加安全。回推套筒便可拆除连接，此时一个弹簧片将插座从接套中弹出。

连接接套可以拧入卡座中。因此所有安装在卡座上的阀，都可以通过接套相联接。其它所有元器件也可以由接套很好地连接起来，软管可以用两个插座相连。像截止阀或单向阀这样的元件，可以一边连接软管，另一边连接分别带有接套和插座的元件。



自锁连接

## D-8

---

### 附录

由于连接装置都配有防漏的密封环，致使压力可能会滞留在元器件内。当发生这种情况时，如果用力强行泄压，就会损坏元件，元件不能再次使用。该情况的解决方法是使用压力释放器。压力释放器的设计类似连接插座，但带有一个可调的转轴。转轴首先被全部旋转出来，然后将其放至连接接套上。旋转转轴使之缩回，从而推回连接接套的密封环并将密封环打开。在插座里的压力将被释放，在操作过程中，可能会有微量油液泄漏。压力释放器可以通过推回滑动套筒来拆卸。