

上海大学自学考试

机械制造技术  
实验指导

上海大学

2009年10月10日

# 前 言

## 一、液压传动实验教学的目的

实验教学和理论教学互为补充，共同组成液压传动课的重要环节。实验教学的成绩应记入本课总成绩中。

实验教学不仅仅是帮助加深理解液压传动中的基本概念，巩固理论教学知识，它的重要意义还在于引导学生在科学实验的海洋中，学到一些基本的实验理论，掌握基本的实验方法，培养分析和解决液压传动中的工程实际问题的能力。

## 二、实验教学的特点：

实验教学是学生在教师的指导下，独立完成对某个研究对象(如某个理论、元件、系统…)的实验。因此要引导、启发学生自己组织各项实验的执行方案。以小组为单位，独立完成实验。要充分发挥学生的主观能动性和创造性。

因此要求学生在学习方法上注意：

1. 认真做好实验前的准备工作，特别要对实验对象和实验目的弄清，收集好必要的资料(包括实验理论、实验方法、实验条件等等)，自行拟定实验执行方案、步骤及记录表格，并分好工，以便在指导教师领导下经适当讨论(即审核实验方案和步骤等)后，独立完成实验任务。

实验报告中的§1内容，应在实验前的准备工作中进行，写好这部分实验准备报告才能进行实验。

2. 主动地进行实验，对实验中出现的一切现象要仔细观察，实验的同时，要不断地对实验结果进行初步判断和分析。

3. 每次实验课应分配一定比例的时间，以实验小组为单位，自己组织讨论，初步分析实验数据，提出看法和问题，必要时可重做实验的某一部分。

4. 认真回答指导教师提出的质疑(包括口头回答和用实验回答)。

实验教学因有学时的限制，应保证基本的内容。本实验指导所编的各个实验内容中，凡带有·者，可根据情况由教师置疑、选做或不做。

### 三、实验报告格式:

## 液压传动实验报告

实验名称: \_\_\_\_\_

实验指导教师(签名): \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
\_\_\_\_\_ 系, \_\_\_\_\_ 专业, \_\_\_\_\_ 班, 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_

- § 1 实验内容、实验方案和实验步骤。(并说明实验条件、所用仪器、仪表和设备等)  
可对实验前所写的实验准备报告内容进行适当修改,即可交给指导教师,不一定重写。
- § 2 实验数据记录。(测试曲线和数据记录表等)
- § 3 实验数据整理。  
包括计算依据,计算结果,实验曲线和表达式等等。
- § 4 实验结果的分析报告。(根据主题内容部分的实验结果并结合思考题进行讨论)
- § 5 问题及建议。

### 四、实验纪律:

1. 未写好实验准备报告者,不准进行实验。实验结束后填好实验数据,将实验报告或实验准备报告交指导教师签字后方可离开实验室。
2. 对实验装置或测试装置在未经了解以前,不要任意启动设备。
3. 进入实验室必须严肃认真、集中精力,抓紧时间,分工合作,完成本实验内容。与本实验无关的一切设备,不要乱摸,不要擅自启动。
4. 实验前后都要检查设备的完好性。实验后应使设备处于正常关闭状态,做好必要的维护。
5. 所借物品,实验结束时,作必要的维护后,及时归还。
6. 室内不准吸烟。
7. 如违反上述纪律,经劝告仍不改者,指导教师和实验技术人员有权取消其实验资格。如因违反纪律和不遵守操作规程而损坏仪器设备时,应追究责任并按章赔偿。

# 实验一 液压系统中工作压力形成的原理

## §1 实验目的

容积式液压传动中，工作压力的大小决定于外加负载，即决定于油液运动时所受到的阻力。

本实验要求通过各种负载对液压缸工作压力的影响而深入理解液压系统中工作压力和外加负载的关系，分析液压系统中的负载体现在哪些方面，进而理解液压系统中工作压力的组成：有效工作压力和压力损失(无效工作压力)。

## §2 实验内容和方案

### 一、液压缸中摩擦阻力变化时对液压缸工作压力的影响

液压缸的摩擦阻力指活塞与缸筒内壁和活塞杆与端盖密封处的摩擦阻力。活塞杆与端盖密封处的摩擦阻力，在实验装置中是可调的，以轴向机械力压紧或放松V型橡胶密封圈，从而改变摩擦阻力。摩擦阻力的液压缸的无效负载。此外，无效负载以液压缸工作腔的表压形式表示。

液压缸的工作压力是指其工作腔的压力。液压缸的有效压力是指其工作腔的压力与摩擦(无效)负载之差。

同时，通过实验可进一步加深对动、静摩擦阻力概念的理解。

实验应在外加重力负载和液压阻力不变的情况下进行。

### 二、液压缸的外加负载变化时，对液压缸工作压力的影响

实验应在正常摩擦阻力(使橡胶密封圈完全不受轴向机械力影响)的情况下和液压阻力不变的情况下进行。

该加负载指直接加在活塞杆上的有效负载——砝码。实验装置中液压缸铅直布局，砝码可直接作为外加负载使液压缸做出有效功。如加不同数量的砝码，即可有级的改变负载值。这样，可以通过增减砝码的数量来研究外加负载对液压缸工作压力的影响。通过实验，计算液压缸的有效工作压力。做出负载—压力曲线。

\* 这项内容，从另一方面看，就是调速阀6的速度—负载特性实验。调速阀前为压力 $P_1$ ，当溢流阀4调定后，为 $P_1$ 恒值。调速阀后液压缸负载改变，但活塞运动速度基本不变，即调速阀速度—负载特性。这项内容将在实验五中进行，此外可留心观察这一现象。

### 三、\* 进入液压缸的流量改变时，对液压缸工作压力的影响

液压传动中流量和压力是两个独立的重要参数，它们之间没有直接的相互影响。

仅改变进入液压缸的流量，重复上述二的全部内容，比较并且分析两次相应条件下的数据。

注意事项：此项实验的缸的回油路阻力必须很小，否则各次回油量不等时，将产生不同的背压，造成一定误差。

四、\* 液压缸活塞下行时，回油路的液压局部阻力(背压)变化时对液压缸工作压力的影响

液压阻力包含两部分即局部和沿程液压阻力。本实验装置采用改变节流阀的通流截面积来改变局部液压阻力。当液压缸上腔进油时(见图1)，回油路上的节流阀阻力，可以看成是液压缸的无效负载。改变节流阀的通流截面积，就可以研究液压局部阻力变化对液压缸工作压力的影响。

实验应在正常摩擦力和外加负载不变的情况下进行。

五、多缸并联系统中，外加负载不同时，对系统工作压力的影响

实验装置中采用三个液压缸的并联油路，在摩擦阻力和液压阻力基本相同的情况下，对三个液压缸施加不同的外加负载，开车进行观察，分析它们的运动状态和实验油路系统泵压调节的最低值。

### §3 实验装置液压系统原理图 (见图1)

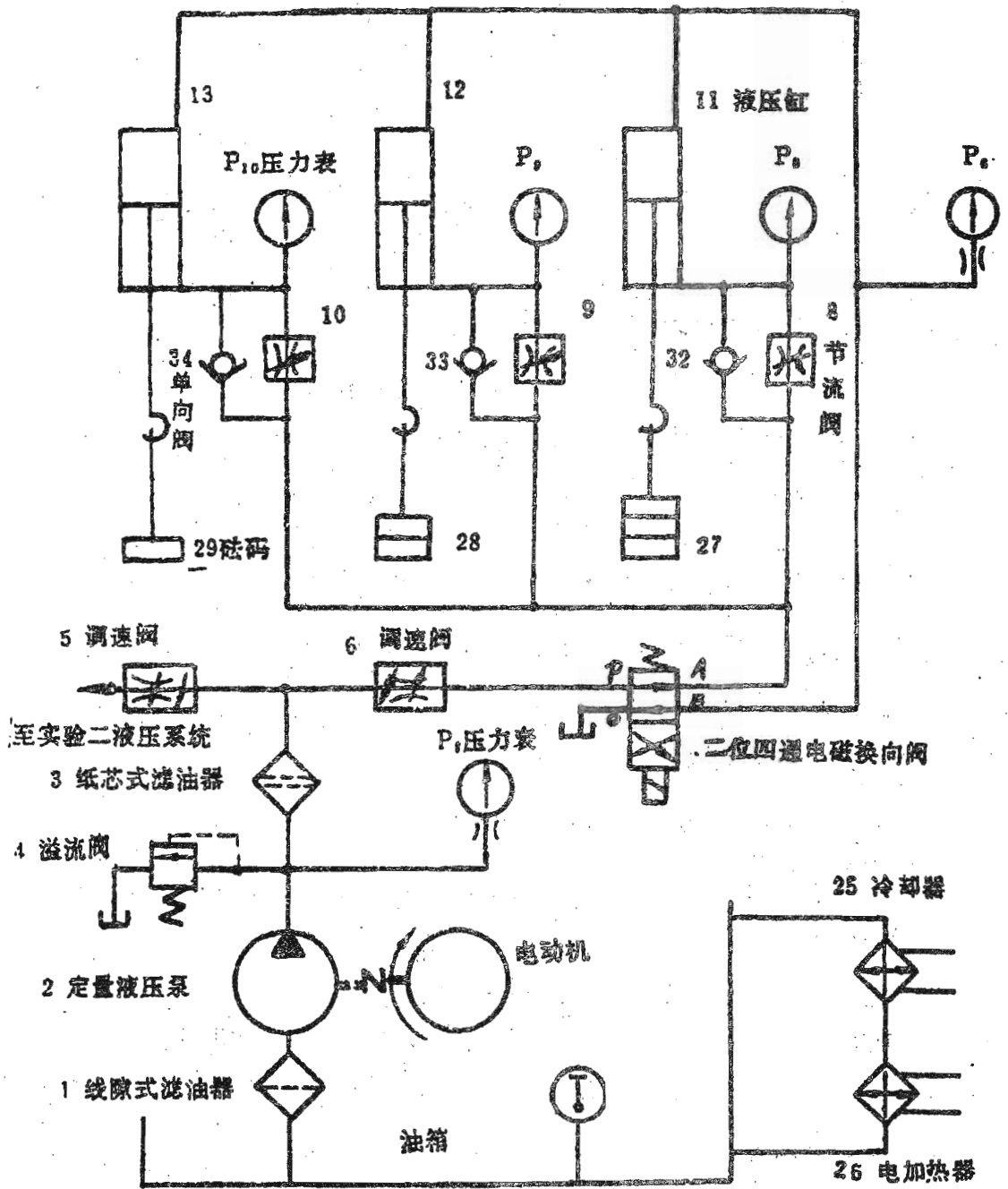


图1 液压系统中工作压力形成原理实验液压系统原理图

## §4 实验步骤 (参考)

### 实验前的调试:

1. 实验油温建议在 $20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围。如果超出实验温度范围时,应相应开动冷却器25或电加热器26,本装置在实验中采用人工控制油温。

2. 接电开车前,先将调速阀5、6关死,并且将溢流阀4手柄放松,然后开车,调整压力至 $1.5\text{MPa}$ ,再慢慢地打开调速阀6。节流阀8、9和10均开至最大,不加砝码,使活塞往复运动到头,进行3~5次,排除系统内的空气。此时活塞运动速度不易快,应使其在端部冲击声最小且有充分时间在活塞单向行程中观察出压力表值。(单向上行全程时间可用秒表测出,记下此时调速手柄刻度值)。

### 一、液压缸中摩擦阻力变化时,对液压缸工作压力的影响

1. 从液压缸11、12和13中,任选一个缸(如缸11)作为实验缸,其它两缸油路应关闭。(此时不要动溢流阀4、调速阀6和节流阀8。)通过二位两通电磁阀7,使活塞处于下位,将实验油缸下端盖处的调节螺母放松。

2. 用电磁阀7接通液压缸下腔,使活塞上行,首先观察清楚各有关压力表值的变化情况,再记下此时 $P_1$ 、 $P_2$ 和 $P_3$ 的压力值。通过电磁阀7,再使活塞处于下位。

3. 分多次,逐步旋紧实验缸的下端盖处的调节螺母,重复上步2,至少作4次,记录好数据。

4. 上述实验完毕后,用电磁阀7使活塞处于下位,将液压缸下盖的调节螺母放松,然后反向稍微带紧,恢复正常状态。

### 二、液压缸的外加负载变化时,对液压缸工作压力的影响

1. 在实验缸的砝码托盘上,分别挂上不同的砝码,重复上述一中的2的步骤,至少作5次。

2. 上述实验完毕后,取下砝码。

### 三、进入液压缸的流量改变时,对液压缸工作的影响

1. 调整调速阀6的开度,使活塞速度和上述二中的活塞速度有明显的区别,但不易过快。(可用秒表测量)

2. 重复二的全部内容。至少作3次。

### 四、液压系统中液压阻力变化时,对液压缸工作压力的影响

1. 使调速阀6恢复上述二中的开度。(即手柄刻度值)。

2. 使缸的活塞处于上位,将节流阀8全部打开,用电磁阀7使活塞下行,记下此时 $P_1$ 、 $P_2$ 和 $P_3$ 的压力值。再使缸的活塞处于上位。

3. 逐步关小节流阀的开度,重复上步2,至少作5次。

注意事项:此项实验前,观察 $P_3$ 应保持在 $1.5\text{MPa}$ 。若调节,最好不要超过 $2\text{MPa}$ ,以免损

坏压力表 $P_0$ 。

### 五、多缸并联系统中，外负载变化时，对系统工作压力的影响

1. 使11、12和13缸的活塞全部都处于下位，分别调节螺母，使三个缸的摩擦阻力基本相等，在外加负载相同的情况下记录下三个缸起动时和运动中的压力(数值应当接近)。

2. 将溢流阀4调至三缸并联系统的最大负载所需的最低压力\_\_\_\_\_MPa(实验者确定)。给三个缸分别挂上不同的砝码质量、下腔通压力油、使活塞向上运动，分别记录三个缸的运动顺序，速度快慢以及各缸运动时相应工作腔的压力 $P_1$ 、 $P_2$ 和 $P_3$ (注意记录各缸的压力变化情况)。再使活塞处于下位。

3. 改变各缸的砝码重量，重复上步2，至少作3次。

注意事项：调速阀6正常工作需要有 $\Delta P=4\sim 5\text{MPa}$ 的压力差，因此计算泵的出口工作压力即溢流阀4调定的最低值 $P_1$ 时，要将 $\Delta P$ 计入：

$$P_1 = P_{\text{泵出口}} \geq \Delta P + P_{\text{缸有效}} + P_{\text{缸无效}} = \Delta P + P$$

## § 5 实验报告

按本实验目的和内容逐项对实验数据和观察到的现象进行分析。

## § 6 思考题

1. 当外载等于零时，为何液压缸工作腔的压力不等于零？如何理解“压力决定于负载”这句话的意义？
2. 在活塞运动开始、运动中和运动停止的表压值不同(开始时较高，然后下降，稳定在某值，运动停止表值为系统调定压力)，如何用“压力决定于负载”的概念，分析上述现象。
3. 分析在本实验装置中活塞运动速度的快慢，对一定负载下液压缸工作腔的压力值有何影响？
4. 多缸并联系统中，负载不同，为何出现顺序动作？泵压系统中要产生顺序动作，在油路中应如何处理？
5. 分析液压系统工作中，泵的输出压力与执行缸工作腔的压力是否相同？为什么？(从液压系统中工作压力的形成方面分析。)



## 实验一的实验记录表格 (参考)

实验内容: 液压缸中摩擦阻力变化时, 各测点的压力。

实验条件: 采用\_\_\_\_号液压缸; 油温\_\_\_\_℃。

表 1-1

阻力	测点序号	泵出口压力 $P_1$ (MPa)	液压缸工作腔压力 $P_2$ (MPa)			缸回油腔 压力 $P_3$ (MPa)	备 注
			起动时	运动中	停止后		
摩擦阻力增大↓	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

实验内容: 液压缸的外加负载变化时, 各测点的压力。

实验条件: 采用\_\_\_\_号液压缸; 油温\_\_\_\_℃。

一块砝码的重量: \_\_\_\_\_ kgf;

液压缸下腔有效面积: 5.495cm<sup>2</sup>。

表 1-2

序号	测点阻力		泵出口 压力 $P_1$ (MPa)	液压缸工 作腔压力 $P_2$ (MPa)	缸回油腔 压力 $P_3$ (MPa)	液压缸有效工 作压力 $P_{712}$ (MPa)	备 注
2							
3							
4							
5							

实验内容：\* 进入液压缸的流量改变时，液压缸工作腔的压力。

实验条件：采用\_\_\_号液压缸；油温\_\_\_℃。

表 1-3

调速阀6 开 度	测 点		泵出口压力 $P_1$ (MPa)	液压缸工作 腔压力 $P_{-}$ (MPa)	缸回油腔 压力 $P_0$ (MPa)	备 注
	序 号	砝码重量 (kgf)				
小	1					
	2					
	3					
中	1					
	2					
	3					
大	1					
	2					
	3					

实验内容：\* 进入液压缸的流量改变时，液压缸工作腔的压力。

实验条件：采用\_\_\_号液压缸；油温\_\_\_℃。

表 1-4

节流阀_ 的 开 度	测 点		泵出口压力 $P_1$ (MPa)	液压缸工作腔压力 $P_0$ (MPa)	液压缸回油腔压力 $P_{-}$ (MPa)	备 注
	序 号	点				
摩擦阻力增大↓	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

## 实验二 液阻特性实验

### §1 实验目的

液压传动的主要理论基础是流体力学。油液在系统中流动时，因摩擦和各种不同形式的液流阻力，将引起压力损失，它关系到确定系统的供油压力、允许流速、元件、辅助装置和管理的布局等，对提高效率和避免温升过高有着重要的意义。另一方面在液压传动中常会遇到油泵流经小孔和缝隙的情况。而它们的流量计算公式是建立节流调速和伺服系统等工作原理的基础，同时也是对液压元件和相对运动表面进行泄漏估算和分析的基础。

本实验通过测量油液流过不同形状管道和液压元件的压力损失，深入了解产生压力损失的主要原因，并分析在实验条件下的压力损失数值的大小，从而建立一定量的概念。

本实验通过对标准型液阻阻力的实验，定量的确定“流阻—压力特性”，计算出与液阻特性有关的指数  $\nu$ ，深入理解孔口液流的液阻特性。

本实验还通过对环形缝隙流动的实际，确定流量—压力特性，进而验证：当  $\epsilon = 1$  时，最大偏心环形缝隙流量是同心环缝隙流量的2.5倍。

### §1 实验内容和方案

#### 一、薄壁小孔、细长小孔和\*短孔的液阻特性(流量—压力特性)

液压系统中，油泵流经液阻时产生压力损失，流量 $Q$ 与压力损失 $\Delta P$ 之间可有如下表达式：

式中： $R$ ——液阻，与孔口尺寸、几何形状、油液性质和流动状态有关；

$\nu$ ——与液阻特性有关的指数。

上式取对数得：

$$\lg Q = \lg R^{-1} + \nu \lg \Delta P$$

取 $\lg \Delta P$ 为横坐标，取 $\lg Q$ 为纵坐标， $\lg R^{-1}$ 为纵坐标上的截距， $\nu$ 则为直线的斜率。

理想情况下：

当液阻为薄壁小孔时， $\nu = 0.5$

当液阻为细长小孔时， $\nu = 1$

当液阻为短孔时， $0.5 < \nu < 1$

实验装置按理论进行设计，每种标准形式的液阻都分别作成独立的(参数是确定了的)装置，以便分别对它们进行实验。测量点的布置及其与标准压力表的连接、其中特别是泄漏等，对实验精度有着重要的影响。流量的测量采用椭圆齿轮流量计，用秒表计时，直接观察流量

的累积数差。流量的调节范围要注意流量计的量程，本实验用：LCR-10型，量程为0.83~8.3 l/min。

1. 在油液流动状态不变，油温变化很小的情况下，进行如下实验：改变流经液阻的流量（注意流量的测量方法），分别用标准压力表测得薄壁小孔、细长小孔和短孔的进出口压力。计算后，分别作出它们的流量—压力特性曲线（见图2-3），求得 $\nu$ 值，并进行分析。

2. \* 根据液阻几何参数和油液的参数，计算薄壁小孔、细长小孔和短孔的流量—压力差对应数值（注意必要的精度）作曲线，与实验结果对比。（有关参数由实验室给出）。

## 二、压力损失测定

液压系统中常见到的局部和沿程压力损失形式很多，教学中只需对几种形式进行实验，触类旁通，本项实验在液压元件方面选取了方向控制阀——单向阀与电磁换向阀和流量控制阀——节流阀；在管路方面选取了U形管段和等直径水平或垂直长直管。（等直径长直管部分，QCS002教学实验台不供，根据情况由实验室自行设计安装）。

1. 测出U形管段、节流阀、\* 单向阀和二位四通电磁阀（两个通道）的流量—压力差函数值，作出流量—压力特性曲线，进行分析。

2. \* 测出等径长直管（水平或垂直）各测点的压力，作出管长与压力的分布曲线（见图2-3），分析压力损失与等直径长管的关系，以及影响压力损失的主要因素。

根据实验条件（由实验室给出参数），至少对3个测点进行理论计算并与实验结果对比。

## 三、环形缝隙流动的流量（泄漏量）

验证当相对偏心率 $\epsilon = 1$ 时，最大偏心环形缝隙流动的流量为同心环形缝隙流量的2.5倍。分析它们在工程实际中的意义。

本实验利用可调偏心装置，使轴与套及间的缝隙分别出现基本同心和最大偏心的状态。

泄漏量测定：采用量筒，以秒表计时，求出泄漏量。

## § 3 实验装置的液压系统原理图（见图2-1）

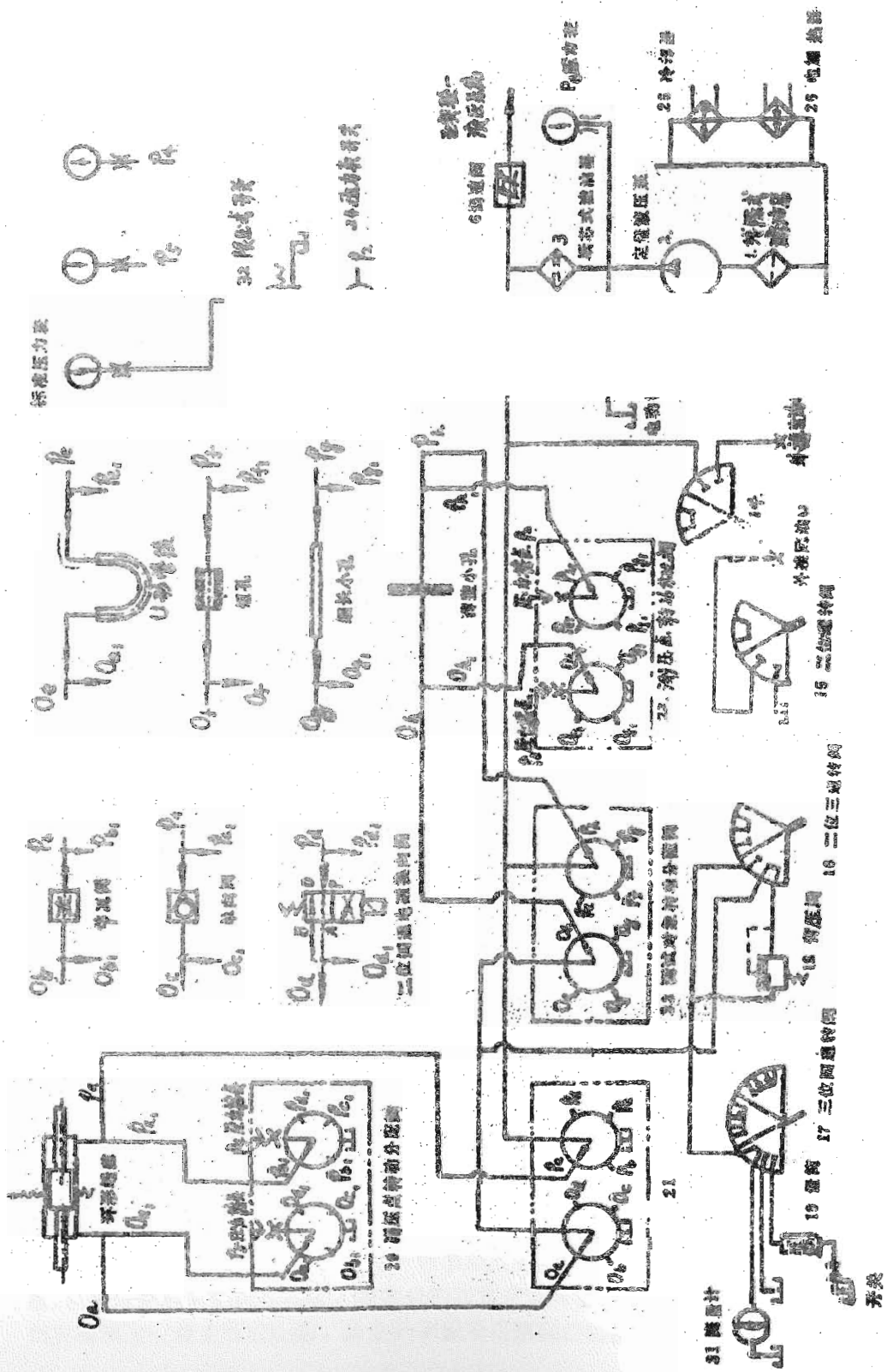


图2-1 液阻特性实验液压系统原理图

## § 4 实验步骤 (参考)

### 一. 薄壁小孔、细长小孔和短孔的液阻特性 (流量-压力特性)

1. 液压系统的压力 $P_1$ ，通过溢流阀4调至1.5MPa，关闭调速阀6，慢慢地打开调速阀5，油经阀5到达两只转动分配阀21和23。阀23将压力油分配到薄壁小孔、细长小孔和短孔，各路回油也由此阀集中后，通过二位三通转阀16（不经过背压阀18）及三位四通转阀17至流量计13，然后回油箱。其他手柄全部关死。

2. 用调速阀5调节流量大小，一般流量可在1~4l/min范围内任意选择5~6个流量值。

3. 实验对象的进口压力 $P_1$ 和出口压力 $P_2$ 的测量，用测压点转动分配阀22分别接通压力表开关24，经24转换，可分两次在标准压力表中直接读出进口压力 $P_1$ 和出口压力 $P_2$ 。（注意观察方法和读值精度）。而压力表开关与压力表之间装有保护标准压力表的限压开关32，32的关闭压力应调到0.95~1MPa之间，一般已调好，实验时不必再调。

每调节一个流量值，相应读出 $P_1$ 和 $P_2$ 压力值，记录好数据。为使压力值的读数准确方便，可使 $P_2$ 为整格刻度值，如 $P_2=0.15、0.2、0.25\cdots\cdots$ (MPa)。

### 二. 压力损失的测定

1. 测U形管段流量-压力函数值，步骤同上述一。

2. 测定单向阀、二位四通电磁换向阀的两个通道：1(P-A)，2(P-B)和节流阀的压力损失。

a. 调节液压系统：关闭转动分配阀23和22，使压力油通过转动分配阀21分别与测试对象的进出油口连接，回油经阀16直通17至流量计分表1；然后回油箱。

用调速阀5调节流量大小，一般流量可在2~8l/min范围内进行实验，可在范围内任意选择4~5个流量值。

各被试阀进出口压力的测量，用转动分配阀20直接对应接通压力表 $P_1$ （进口压力）和 $P_2$ （出口压力）测出。因而可求得各被试阀进出口压力差 $\Delta P$ 。

对节流阀实验时，开度任定，实验中调节，可求出该开度下的进出口压力差。

每调节一个流量值，相应读出各测试对象的 $P_1$ 和 $P_2$ 压力值，记录好数据。

b. 在上述a实验基础上，使回油经阀15及背压阀18，再经阀17经31油箱回。系统压力 $P_1$ 调至\_\_\_\_\_MPa（实验者确定），流量可以用上步a中最后测定的值不变。调节背压阀18，观察 $P_1$ ，每调节一个 $P_1$ 值，值应读出 $P_1$ 压力值，记录好数据。

将a和b的结果加以对比。

3. 测定等径长直管（水平或垂直）的压力分布曲线（本实验台的扩展实验内容）。液压系统同上述一，关闭转动分配阀20、21、22和23，将转动分配阀14的出油口与等径长管实验装置连接。此时，实验装置回油应经阀18、17和流量计31回油箱。调好流量及装置的出油口背压值后，观测各压点的压力值。（事先统一校准过的一组同级压力表）。记录好数据，包括各测点压力值、测点距离、管材、管内径、油的工作温度、平均流量等。

等径长直管实验装置的进油与阀14的出油口连接，装置的回油与阀15前的回油口连接，也能测得压力分布。但这样的连接有些参数测不出，所以理论计算可不进行。

### 三、环形缝隙流动的流量（泄漏量）

液压系统同上述二。检查阀14，应处关闭状态，然后将三位四通转阀17接通量筒19，然后调节溢流阀4改变进油压力，当调定后，可用秒表与量筒19测出对应的流量（泄漏量）。

改变压力差 $\Delta P$ ，做出三组数据，分别求出 $\frac{Q_{\text{实际}}}{Q_{\text{理论}}} = K$ ，然后对比三个K值，并分析影响环形缝隙流动时流量的各种因素。

注意事项：应在同一温度，同一压力差下，测出一组对应的同心环形缝隙流动与最大偏心环形缝隙流动时的流量（泄漏量）。改变压力差后，又在同一温度下测出另一组对应的流量（泄漏量）。

测试中，温度如有升高，可开冷却器维持温升不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

## §5 实验报告

按本实验目的和内容，分三大项、即一、薄壁孔、细长小孔和短孔的液阻特性，二、管及阀的压力损失，三、环形缝隙流动的流量（泄漏量），对实验数据进行整理，作出特性曲线进行分析。必要时可进行理论计算，与实验结果进行比较。

## §6 思考题

1. 分析三种不同类型的液阻在液压系统或液压元件中能起到的作用。能否举出各种不同类型的液阻在机床的液压系统或元件中的应用？节流阀希望它属于哪一种类型的液阻？为什么？

2. 从液压元件和U型管的 $Q-\Delta P$ 曲线中可得到什么结论？手册中给出的液压元件压力损失指的是什么意思？

3. 影响液压元件泄漏量的参数中，哪些因素是主要的？影响程度如何？如何减少或避免不同心度引起的泄漏？

## 实验二的实验记录表格 (参考)

实验内容：细长小孔、薄壁小孔和 \* 短孔的液阻特性。

实验条件：液压油牌号：\_\_\_\_\_

表 2-1

数据 序号	实验对象	系统压力 $P_1$ (MPa)	油温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	流 量			压 力		压力差 $\Delta P = P_2 - P_3$ (MPa)	液阻特性 指数 $\psi$
				$\Delta V$ (l)	$t$ (s)	$Q = \frac{\Delta V \times 60}{t}$ (l/min)	进口压力 $P_2$ (MPa)	出口压力 $P_3$ (MPa)		
1	细长小孔									
2	薄壁小孔									
* 3	短孔									

用双对数坐标纸画出  $Q-\Delta P$  特性曲线，求出  $\psi$ ：

$$\psi = \text{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

式中  $a$ 、 $b$  可用米尺在图中直接量得。

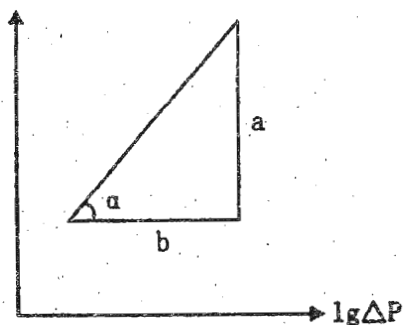


图2-2  $Q-\Delta P$ 特性曲线示意图



实验内容：环形缝隙流动的流量（泄漏量）。

实验条件：油温 \_\_\_\_\_ °C；系统压力 \_\_\_\_\_ MPa；

轴径  $d=30\text{mm}$ ；同心时缝隙  $h=0.04\text{mm}$ ；

流动长度  $l=20\text{mm}$ 。

表 2-4

序号	数据 工作状态	测 算 内 容	压 力		压 力 差	流 量 ( 泄 漏 量 )			K	备 注
			进口压力 $P_2$ (MPa)	出口压力 $P_3$ (MPa)	$\Delta P =$ $P_2 - P_3$ (MPa)	$\Delta V$ (l)	t (s)	$Q =$ $\Delta V \times 60 / t$ (l/min)	$\frac{Q_{\text{最大偏心}}}{Q_{\text{同心}}}$	
1	最大偏心									
	同 心									
2	最大偏心									
	同 心									
3	最大偏心									
	同 心									

## 实验三 液压泵性能实验

### §1 实验目的

了解液压泵的主要性能，并学会小功率液压泵的测试方法

### §2 实验内容及方案

液压泵的主要性能包括：能否达到额定压力、额定压力下的流量（额定流量），容积效率，总效率，压力脉动（振摆）值，噪声、寿命、温升、振动等项。前三项是最重要的性能。泵的测试主要是检查这几项。关于单级定量叶片液压泵的各项技术指标（摘自JB2146-77）见表3-1。

表 3-1

项 目 名 称	额定压力 MPa	公称排量 ml/r	容积效率 %	总效率 %	压力振摆 MPa
单 级 定 量 叶 片 泵	6.3	≤10	≥80	≥65	±0.2
		16	≥88	≥78	
		25~32	≥90	≥80	
		40~1254	≥92	≥81	
		≥160	≥93	≥82	

液压泵由原动机械输入机械能 ( $M, n$ ) 而将液压能 ( $p, Q$ ) 输出，送给液压系统的执行机构。由于泵内有摩擦损失（其值用机械效率  $\eta_m$  表示），容积损失（泄漏）（其值用容积效率  $\eta_v$  表示）和液压损失（其值用液压效率  $\eta_h$  表示），此项损失较小，通常忽略）。所以泵的输出功率必定小于输入功率，总效率为： $\eta_p = \frac{pQ}{Mn} = \eta_m \cdot \eta_v \cdot \eta_h \approx \eta_m \cdot \eta_v$ ，要直接测定  $\eta_p$  比较困难，一般是测出  $\eta_v$  和  $\eta_h$ ，然后算出  $\eta_p$ 。

#### 液压的流量—压力特性

测定液压泵在不同工作压力下的实际流量，得出流量—压力特性曲线  $Q=f_1(p)$ 。液压泵因内泄漏将造成流量的损失。油液粘度愈低、压力愈高，其漏损就愈大。本实验中，压力由压力表读出，流量由椭圆齿轮流量计和秒表（或采用量油箱和秒表）确定。

1. 空载（零压）流量：在实际生产中，泵的理论流量 $Q_{理}$ 并不是按液压泵设计时的几何参数和运动参数计算，通常在公称转速下以空载（零压）时的流量 $Q_{空}$ 代替 $Q_{理}$ 。本实验中应在节流阀10的通流截面积为最大的情况下测出泵的空载流量 $Q_{空}$ 。

2. 额定流量：指泵的额定压力和公称转速的工作情况下，测出的流量 $Q_{额}$ 。本装置中由节流阀10进行加载。

3. 不同工作压力下的实际流量 $Q$ ：不同的工作压力由节流阀10确定，读出相应压力下的流量 $Q$ 。

## 二、液压泵的容积效率 $\eta_v$

$$\text{容积效率} = \frac{\text{满载排量 (公称转速下)}}{\text{空载排量 (公称转速下)}} = \frac{\text{满载流量} \times \text{空载转速}}{\text{空载流量} \times \text{满载转速}}$$

即

$$\eta_v = \frac{Q_{额}}{Q_{空}} \times \frac{n_{空}}{n_{额}}$$

若电动机的转速在液压泵处于额定工作压力以及零压时，其基本上相等（ $n_{空} \approx n_{额}$ ），则

$$\eta_v = \frac{Q_{额}}{Q_{空}}$$

## 三、液压泵的总效率 $\eta_{总}$

$$\eta_{总} = \frac{N_{出}}{N_{入}} \text{ 或 } N_{出} = N_{入} \cdot \eta_{总} = N_{入} \cdot \eta_m \cdot \eta_v$$

液压泵的输入功率 $N_{入}$ ：

$$N_{入} = \frac{M \cdot n}{974} \text{ (Kw)}$$

式中 $M$ ——泵在额定压力下，泵的输入扭矩(kgf·m)

$n$ ——泵在额定压力下，泵的转速(rpm)

液压泵的输出功率 $N_{出}$ ：

$$N_{出} = \frac{P \cdot Q}{600} \text{ (Kw)}$$

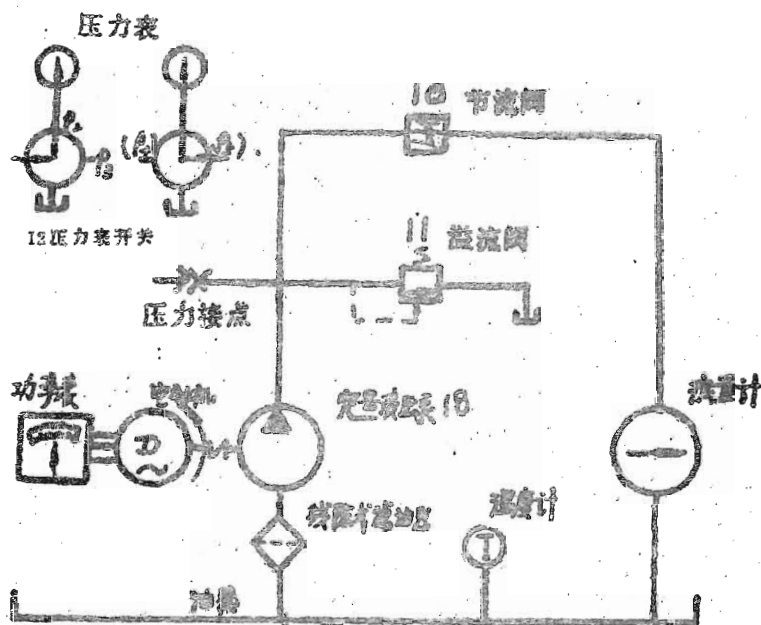
式中： $P$ ——泵在额定压力下，泵的输出压力(MPa)

$Q$ ——泵在额定压力下，泵的流量(l/min)

液压泵的输入功率可以用①扭矩仪；②平衡电机装置；③电功率表等方法得出。①②是测出电动机输入给液压泵轴的 $M$ 和 $n$ ，再用公式计算出 $N_{入}$ 。而③是将电功率表（三相功率表）接入电网与电动机定子线圈之间，功率表指示的数值 $N_{表}$ 为电动机的输入功率。再根据该电动机的效率曲线，查出功率为 $N_{表}$ 时的电动机效率 $\eta_m$ ，同液压泵的输入功率 $N_{入} = N_{表} \cdot \eta_m$ 。

$$\eta_{总} = \frac{N_{出}}{N_{入}} = 1.62 \frac{P \cdot Q}{M \cdot n} \text{ 或 } \eta_{总} = \frac{N_{出}}{N_{入}} = \frac{P \cdot Q}{600 \cdot N_{表} \cdot \eta_m}$$

### § 3 实验装置液压系统原理图 (见图3-1)



注: ( ) 者为 QCS003B 教学实验台元件编号

图3-1 液压泵性能实验液压系统原理图

### § 4 实验步骤 (参考)

启动液压泵18(8)\*, 使电磁阀17(12)处于中位, 中溢阀13(11)处于常态、(参看图4-3)关闭节流阀10, 将溢流阀11(9)的压力调至高于泵(YB-6型)的额定压力——安全阀压力7MPa。

然后调节节流阀10的开度, 作为泵的不同负载, 对应测出压力P、流量Q、扭矩M和转速n或电动机的输入功率 $N_e$ 。注意, 节流阀每次调节后, 运转1~2分钟后再测有关数据。

压力P: 观测压力表 $P_{10-1}$  ( $P_0$ )

流量Q: 计椭圆齿轮流量计每分钟流量累积数之差 $\Delta V$ , 也可采用量油箱, 计每分钟油液容积的变化量 $\Delta V$ :

$$Q = \frac{\Delta V}{t} \times 60 (l/min)$$

\* 因为有些相同元件在两个实验台上编号不一, 此处, 前者编号指QCS003B教学实验台的元件编号, 后者有括号的指QCS003B教学实验台元件的编号, 下条均不再说明。

式中:  $t$ ——对应容积变化量 $\Delta V(l)$ 所需的时间( $t$ )

扭矩 $M$ : 采用电动机平衡法测量扭矩, 如图3-2所示。

$$M = G \cdot l \text{ (kgf} \cdot \text{m)}$$

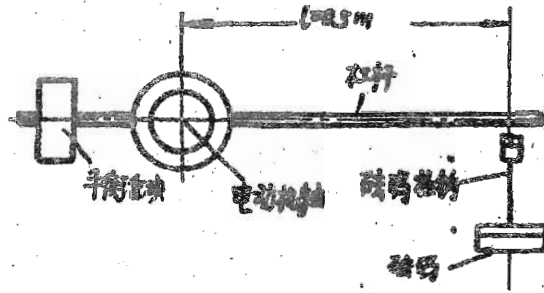


图3-2 电动机平衡法测量扭矩示意图

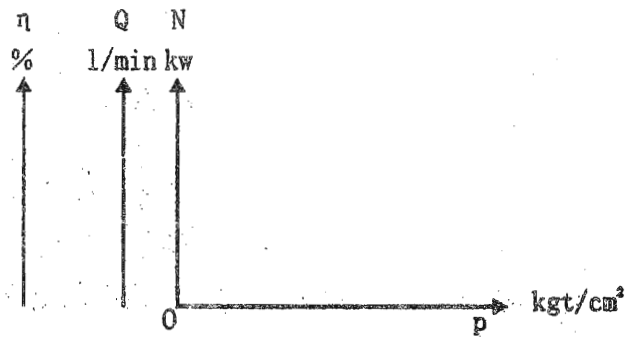
转速 $n$ : 用机械式转速表测量。

电动机的输入功率 $N$ : 观测功率表。(电动机效率曲线由实验室给出。)

得述各项参数测试数据, 均重复两次, 分别填在表3-2中的a和b栏内。

## § 5 实验报告

根据 $Q=f_1(p)$ 、 $N_\lambda=f_2(p)$ 、 $\eta_\omega=\psi_1(p)$ 、 $\eta_n=\psi_2(p)$ 和 $\eta_\lambda=\psi(p)$ , 用直角坐标纸绘制特性曲线, 并分析被试泵的性能。



## § 6 思考题

1. 实验油路中溢流阀起什么作用?
2. 实验系统中节流阀为什么能够对被试泵进行加载? (或用流量公式 $Q=C \cdot A \cdot \Delta p \psi$ 进行分析)。
3. 从液压泵的效率曲线中可得到什么启发? (如合理选择泵的功率, 泵的合理使用区间等方面。)

## 实验三的实验记录

实验内容：液压泵性能测定。

实验条件：油温：\_\_\_\_\_℃；扛杆臂长：0.5m

数 据 序 号 测 算 内 容		1		2		3		4	
		a	b	a	b	a	b	a	b
1	被试泵的压力 $p$ (MPa)								
2	泵输出油液容积变化量 $\Delta V$ (l)								
	对应于 $\Delta V$ 所需时间 (s)								
3	泵的流量 $Q = \frac{\Delta V}{t} \times 60$ (l/min)								
4	泵的输出功率 $N_g$ (kw)								
5	砝码的重量 $G$ (kgf)								
	泵输入的扭矩 $M$ (kgf·m)								
	泵的转速 $n$ (rpm)								
5'	电动机的输入 $N_x$ (kw)								
	功率对应于 $N_x$ 的电动机效率 $\eta_e$								
6	泵的输入功率 $N_A$ (kw)								
7	泵的总效率 $\eta_B$ (%)								
8	泵的容积效率 $\eta_v$ (%)								
9	泵的机械效率 $\eta_m$ (%)								

说明：被试泵的压力 $P$ ，可在0-7MPa范围内间隔1MPa取一点。建议每点进项内容测两次，分a、b记入本表内。

表格 (参考)

表 3-2

5		6		7		8		备 注
a	b	a	b	a	b	a	b	

## 实验四 溢流阀静、动态性能实验

### §1 实验目的

深入地理解溢流阀稳定工作时的静态特性。着重测试静态特性中的调压范围及压力稳定性、卸荷压力损失和启闭特性三项。从而对被试阀的静态特性作适当的分析。

深入理解瞬态下的动特性，即溢流阀所控制的压力随时间变化的过渡过程品质。

通过实验，学会溢流阀静态和动态性能的试验方法，学会使用本实验所使用的仪器和设备。

### §2 实验内容、方案及实验要求

实验用Y<sub>1</sub>-10B或Y-10B（加装过渡板）先导式溢流阀作为被试阀。

#### 一、调压范围及压力稳定性

1. 调压范围：应能达到规定的调节范围（0.5~6.3MPa），并且压力上升与下降应平稳，不得有尖叫声。

2. 至调压范围最高值时的压力振摆（在稳定状态下调定压力的波动值）：是表示调压稳定的主要指标，此时压力表不准装阻尼，压力振摆应不超过规定值（±0.2MPa）。

3. 至调压范围最高值时压力偏移值：一分钟内不应超过规定值（±0.2MPa）。

本项内容只需调节被试阀14的调压手轮，同时观测压力表P<sub>12-2</sub>（P<sub>0</sub>）（见图4-3）。

#### 二、卸荷压力及压力损失

1. 卸荷压力：被试阀的远程控制口与油箱直通，阀处在卸荷状态，此时通过试验流量下的压力损失称为卸荷压力。卸荷压力应不超过规定值（0.2MPa）。实验中可用二位二通电磁阀16（15），使被试阀处于卸荷状态，由压力表P<sub>12-2</sub>（P<sub>0</sub>）测出卸荷压力\*。

2. 压力损失：被试阀的调压手轮至全开位置，在试验流量下被试阀进出油口的压力差即为压力损失。其值应不超过规定值（0.4MPa）。由压力表P<sub>12-2</sub>（P<sub>0</sub>）测出压力损失\*。

#### 三、启闭特性

1. 开启压力：被试阀调至调压范围最高值，且系统供油量为试验流量时，调节系统压力逐渐升压，当通过被试阀的溢流量为试验流量1%时的系统压力值被称为被试阀的开启压力。压力级为6.3MPa的溢流阀，规定开启压力不得小于5.3MPa。

\*因实验台液压系统中在被试阀的出口处未设压力接点，但由进口处压力接点测出的压力值作为被测参数，略有误差，因其值包含着被试阀回油管路上压力损失的影响。



2. 闭合压力：被试阀调至调压范围最高值，且系统供油量为试验流量时，调节系统压力逐渐降压，当通过被试阀的溢流量为试验流量1%时的系统压力值称为被试阀的闭合压力，压力级为6.3MPa的溢流阀，规定闭合压力不得小于5MPa。

3. 根据测试开启压力与闭合压力的数据，画出被试阀的启闭特性曲线。

4. 实验中压力值由压力表测出；被试阀溢流量较大时通过流量计，溢流量较小时用量杯可测出容积的变化量 $\Delta V$ ，计时用秒表。

5. 除上述试验方案外，出厂试验还可用第二方案，即被试阀调至范围最高值，且系统供油量为试验流量时，将系统压力调至被试阀规定的（最小）开启压力和闭合压力，分别测出这时通过被试阀的溢流量，其值不得大于通过该阀试验流量的1%。

溢流量突然变化时，溢流阀所控制的压力随时间变化的过渡过程品质，通常用三项指标衡量：（见图4-1所示）。

1. 压力回升时间 $\Delta t_2$ ：从被试阀初始压力 $P_1$ 开始升压调定压力 $P_2$ 稳定时的时间。 $\Delta t_2''$ 是从被试阀第一次到调定压力 $P_2$ 开始至稳定时的时间。 $\Delta t_2'$ 是从电信号给出开始到调定压力稳定的时间。

2. 卸荷时间 $\Delta t_1$ ：从被试阀调定压力 $P_2$ 开始卸荷至卸荷压力 $P_1$ 稳定的时间。 $\Delta t_1'$ 是从电信号给出开始至卸荷压力稳定的时间。

3. 压力超调量 $\Delta P$ ：最大压力冲击峰值 $P_3$ 与调定压力 $P_2$ 的差值。

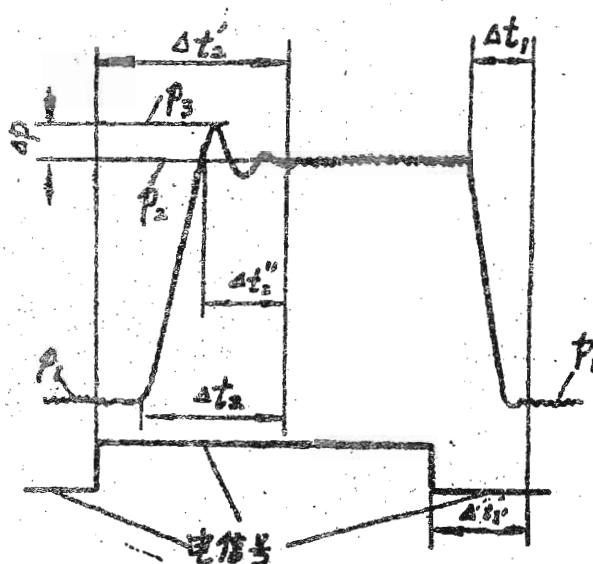


图4-1 溢流阀压力示波图

测试方案：

输入压力信号：采用二位三通电磁阀16（15）通过远程控制口给被试阀的主油路瞬时输入压力阶跃信号。

被试阀的动态响应：溢流阀的动态压力响应信号，采用压力传感器输出，经动态应变仪和光线示波器取得记录曲线，然后进行数据处理，得出上述三项数值。

测试动态特性所用仪器工作框图如图4-2所示：

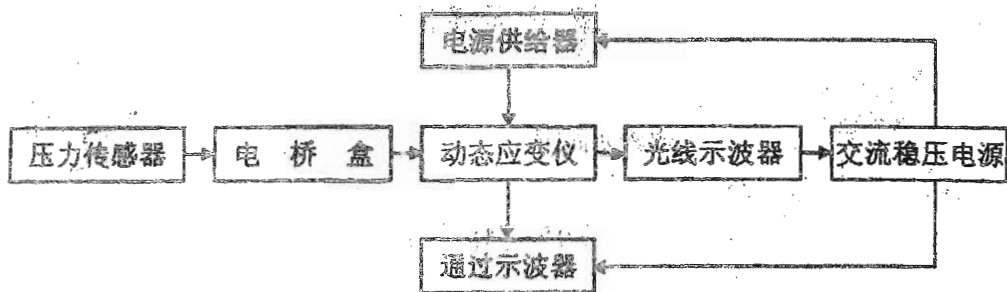


图4-2 溢流阀动态特性实验仪器工作框图

压力传感器：被试阀为Y<sub>1</sub>-10B时BPR-2/100型电阻丝式压力传感器。被试阀为Y-10B时或改用BPR-2/150型。

仪器型号（参数）：Y6D-3A型动态电阻应变仪。

DY-3型电源供给器（Y6D-3A配套仪器）。

SC16型光线示波器。

SBE-20A型二踪示波器（或其它通用示波器）。

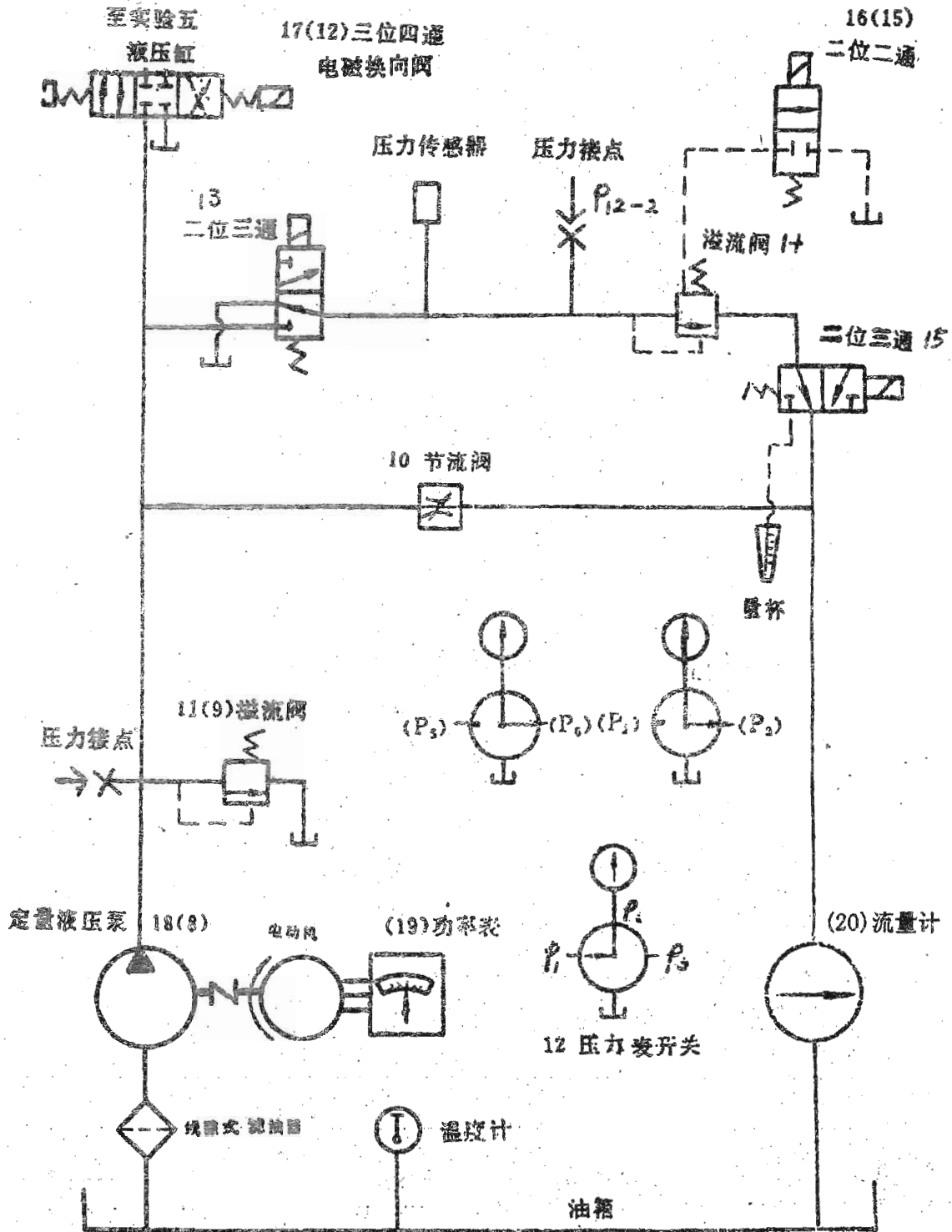
614-B电子交流稳压电源。

### 五. 溢流阀出厂试验技术指标 (摘自JB2135-77) 见表4-1

表 4-1

公称压力 MPa	6.3				
公称流量 l/min	10	25	63	100	160
试验流量 l/min	10	25	63	100	160
调压范围 MPa	0.5~6.3				
压力振摆 MPa	±0.2				
压力偏移 MPa	±0.2				
内泄流量 ml/min	40	75	100		
卸荷压力 MPa	0.2				
压力损失 MPa	0.4				
启闭特性	开启压力 MPa	5.3			
	闭合压启 MPa	5			
	溢流量 l/min	0.1	0.25	0.63	1.0

### §3 实验装置液压系统原理图 (见图4-3)



注：( )者为QCS003B教学实验台元件编号

图4-3 溢流阀静、动态性能实验液压系统原理图

## §4 实验步骤 (参考)

首先检查节流阀10, 应处于关闭状态, 三位四通电磁阀17 (12), 应处于中位。

### 一. 调压范围及压力稳定性

在二位三通阀13 (11) 处于常态下, 将溢流阀11 (9) 调至比被试阀14的最高调节压力高10%, 即在6.9~7MPa, 然后使阀13 (11) 通电, 将被试阀14压力调至6.3MPa, 测出此时过阀的流量, 作为试验流量\*。

1. 调节被试阀14的调压手轮从全开至全闭, 再从全闭至全开, 通过压力表 $P_{12-2}$  ( $P_0$ ) 观察压力上升与下降的情况, 是否均匀, 有否突变或滞后等现象, 并测量调压范围。反复试验不少于3次。

2. 调节被试阀14, 使其在调压范围内取5个压力值, (其中包括调压范围最高值6.3MPa) 用压力表 $P_{12-2}$  ( $P_0$ ) 分别测量压力振荡值, 并指出最大压力振荡值, 并指出最大压力振荡值。

3. 调节被试阀14至调压范围最高值6.3MPa, 由压力表 $P_{12-2}$  ( $P_0$ ) 测量一分钟内的压力偏移值。

### 二. 卸荷压力和压力损失

#### 1. 卸荷压力

被试阀14至调节范围最高值6.3MPa, 过阀溢流量为试验流量, 将二位二通电磁阀16 (15) 通电, 被试阀的远程控制口接油箱, 用压力表 $P_{12-2}$  ( $P_0$ ) 测量压力值。注意事项: 当被试阀压力调好的, 应将的压力表开关转至0, 待16 (15) 通电后, 再将压力表开关转至压力接点读出卸荷压力值。这样可以保护压力表不被打坏。

#### 2. 压力损失

在实验流量下, 调节被试阀14的调节手轮至全开的位置, 用压力表 $P_{12-2}$  ( $P_0$ ) 测量压力值。

### 三. 启闭特性

关闭溢流阀11 (9), 调节被试阀14至调节范围最高值6.3MPa, 并锁紧其调节手柄, 此时, 通过被试阀14的流量为试验流量。

方案一, 调节溢流阀10 (9), 使系统分8~12级逐渐降压, 记下各级被试阀相应的压力和溢流量, (小流量时用量杯测量), 直到被试阀14的溢流量减少到试验量的1%, 此时的压力表 $P_{12-2}$  ( $P_0$ ) 的读数就是闭合压力。一般情况下, 很难刚好测得试验流量的1%值, 实际测试中要只测得接近并小于试验流量的1%值即可, 然后用内插法求得闭合压力。再继续分

\* 请注意, 由于某种原工厂在确定泵型时水使用定量泵, 所以本实验装置的定量泵(排量为6ml/r), 由此得到的流量将小于被试阀的公称流量, 故溢流量只能以被试阀在公称压力下全溢流实测流量代替。因此建议在确定启、闭压时的溢流量取全溢流实测流量的1%。

级逐渐降压，记录下相应的压力和溢流量，直到被试阀刚刚停止溢流时为止。此时泵的全部供油量从溢流阀11(9)溢出。实际测试中，只要测出溢流量从小管中排出时已不呈线流即可。

反向调节溢流阀11(1)，从被试阀14不溢流开始，使系统分级逐渐升压，从被试阀的溢流量呈线流状起记下各级相应的压力与流量，当被试阀14的溢流量达到试验流量的1%时，此时的压力为开启压力。再继续调节溢流阀11(9)，分8~12级升压，一直升至被试阀14的调压范围最高值6.3MPa，记下各级相应的压力与溢流量。

根据所得数据，绘制被试阀启闭特性曲线。

注意事项：被试阀的溢流量，在实验中应边做边算，及时掌握变化规律。

方案二：调节溢流阀11(9)，使系统分8~12级逐渐降压，记下各级被试阀相应的压力和溢流量（小流量时用量杯测量），直至压力降至被试阀14的闭合压力5MPa时，测量通过被试阀14的溢流量。再继续调节溢流阀11(9)，分别逐渐降压，记录下相应的压力和溢流量，直到被试阀刚刚停止溢流时为止。

反向调节溢流阀11(9)，从被试阀14不溢流开始，使系统分级逐渐升压，仅从被试阀的溢流量呈线流状起记下各级相应的压力与流量。当压力升至被试阀14的开启压力5.3MPa时，测量通过被试阀14的溢流量。再继续分8~12级逐渐升压，一直到被试阀的调压范围最高值6.3MPa。记下各级相应的压力和溢流量。

根据所得数据，绘制被试阀的启闭特性曲线。

#### 四、动态特性

按图4-2所示，连接好测试仪器的电气线路，检查无误后，先选择振子型号，选择时首先考虑振子应是不失真的反映被测信号的变化，振幅和相位畸变要小，并有一定的灵敏度，使记录曲线有足够大的振幅，以便于判断和整理记录曲线。本项实验的输入信号为单阶跃信号，所以选用自振频率较高的振子为宜。

BPR型压力传感器组成半桥电桥，用标定电桥法平衡动态应变仪的一个槽路(线)。然后启动光线示波器，预热后起辉，调节光点位置，用压力检验泵和压力传感器给出标准应变信号，或用动态应变仪标定电桥给出模拟应变信号，在感光纸上录下零压基线和60, 70, 80, ……MPa准线。

1. 通过被试阀的远程控制口瞬间与油箱通继，使被试阀主油路的液流量得到阶跃变化信号，因而通过压力传感器可将被试阀所控压力随时间变化的过渡过程示波曲线记录下来。

先将二位三通电磁阀13(11)通电，再关闭溢流阀11(9)，调节被试阀14至调压范围最高值6.3MPa，将二位三通阀16(15)通电，使主油路卸压，准备好记录仪器，分好工，相互配合，进行拍摄动态特性曲线。

二位三通电磁阀16(15)断电，主油路升压，紧接着迅速将阀16(15)通电，主油路卸压。取下记录纸，进行一次曝光，处理并分析记录曲线。

2. 通过被试阀进油口的流量阶跃变化，测得被试阀所控压力随时间变化的过渡过程示波曲线。

## 实验四的实验记录

实验内容：先导式溢流阀静态性能测试。

实验条件：被试阀\_\_\_\_\_；油温\_\_\_\_\_℃

项目		数 据 序 号		1	2	3	4	5	6	7	8	
		1	2									
调压范围 (MPa)												
压力稳定性	压力振摆 (MPa)											
	压力偏移 (MPa)											
卸荷压力 (MPa)												
压力损失 (MPa)												
启 闭 特 性	闭 合 过 程	压力 (MPa)										
		$\Delta V$ (ml)										
	t (s)											
	溢流量 $Q = \frac{\Delta V}{t} \times 60$ (ml/min)											
开 启 过 程	开 启	压力 (MPa)										
		$\Delta V$ (ml)										
	t (s)											
	溢流量 $Q = \frac{\Delta V}{t} \times 60$ (ml/min)											
结 果		方案一：闭合压力_____MPa；开始压力_____MPa。										
		方案二：5MPa闭合压力下的溢流量_____ml/min； 5.3MPa开启压力下溢流量_____ml/min。										

表格 (参考)

表 4-2

9	10	11	12	13	14	15	备 注

被试阀为Y<sub>1</sub>-10B时，溢流阀11(9)压力调至7.4MPa。被试阀为Y-10B时，阀11(9)压力调至10MPa。\*1将压力表开关转至0，速使二位三通电磁阀13(13)通电，调节被试阀14至调定压力6.3MPa，将二位二通电磁阀16(15)通电，阀14卸荷。准备好记录仪器，分好工，相互配合，进行拍摄动态特性曲线：

将二位二通电磁阀16(15)断电，二位二通电磁阀13(11)断电，被试阀进油路卸压，再速将阀13(11)通电，被试阀进油路升压\*2。取下记录纸，进行二次曝光，处理并分析记录曲线。

由记录的电压示波图得出上述两种实验情况时做试阀14的卸荷时间，压力回升时间和压力超调量。

## §5 实验报告

根据整理好的静态和动态特性数据及曲线，对被试阀的静动态特性作适当分析。

## §6 思考题

1. 溢流阀静态试验技术指标中，为何规定的开启压力大于闭合压力？
2. 溢流阀的启闭特性，有何意义？启闭特性好与坏对使用性能有何影响？（如调压范围，稳压能力，系统的压力波动等方面）。
3. 溢流阀动态特性的三项指标（压力超调量、卸荷时间和压力回升时间）对液压系统工作品质有何意义？

\*1此时，建议将溢流阀11(9)的调压弹簧换成14MPa一组。

\*2用Y-10B实验时，或不修磨阀芯，压力超调量较大，所以泵压调的较高。阀13(11)断电，泵和电动机将瞬时超载，所以这时操作要快，两个阶段信号发出后，应及时使泵卸荷。



# 实验五 节流调速回路性能实验

## §1 实验目的

节流调速回路是由定量泵、流量控制阀和执行元件等组成。它通过改变流量控制阀阀口的开度，即通流截面积来调节和控制流入或流出执行元件的流量，以调节其运动速度。节流调速回路按照其流量控制阀安放位置的不同，有进口节流调速出口节流调速和旁路节流调速三种。流量控制阀采用节流阀或调速阀时，其调速性能各有自己的特点，同是节流阀，调速方式不同，它们的调速性能也有差别。

通过本实验达到如下目的：

1. 通过对节流阀三种调速回路方式的实验，得出它们的调速回路特性曲线，并分析比较它们的调速性能。（速度—负载特性和功率特性。）
2. 通过对节流阀和调速阀进口节流调速回路的对比实验，分析比较它们的调速性能。（速度—负载特性和功率特性。）

## §2 实验内容和方法

一、采用节流阀的进口节流调速回路的调速性能

二、\*采用节流阀的出口节流调速回路的调速性能

三、\*采用节流阀的旁路节流调速回路的调速性能

四、采用调速阀和节流阀进口节流调速回路的调速性能比较。（负载的调节，可与上述一相同。）

当节流阀的结构形式和液压缸的尺寸大小确定后，液压缸活塞杆的工作速度  $v$  与节流阀的通流截面  $A_j$ ，溢流阀的调定压力（泵的供油压力）及负载  $F$  有关。

调速回路中液压缸活塞杆的工作速度  $v$  和负载  $F$  之间的关系，称为回路的速度—负载特性。

当每次按不同数值调定节流阀开度即通流截面积  $A_j$  或溢流阀调定压力（泵的供油压力） $P_{j0}$  ( $P_1$ ) 后，改变负载  $F$  的大小，同时测出相应的工作缸活塞杆的速度  $v$  及有关测点的压力值。

1. 以速度  $v$  为纵坐标，以负载  $F$  为横坐标，可根据测得数据按调速方式不同作出各自的一组速度—负载特性曲线。

2. 根据测算数据，按不同的调速回路，作出各自的功率特性曲线。

1) 负载变化时，以功率  $N$  和流量  $Q$  为纵坐标，以压力  $p$ （负载  $F$ ）为横坐标：

① 液压泵输出功率—压力（负载）曲线；

② 液压缸有效功率—压力（负载）曲线；

③ 进入液压缸工作腔的流量—压力（负载）曲线。

2) \* 负载不变时, 以功率N为纵座标, 以速度(流量)为横座标:

① 液压泵输出功率—速度(流量)曲线;

② 液压缸有效功率—速度(流量)曲线;

③ (液压缸有效功率+节流损失功率)—速度(流量)曲线。

### 实验方案

1. 工作缸活塞杆的速度  $v$ : 用长刻度尺测量行程  $l$ , 以微动行程开关发讯、电秒表计时、或直接用秒表测量时间  $t$ 。

$$v = \frac{l}{t} \text{ (mm/s)}$$

2. 负载  $F$ : 采用液压缸加载。本实验装置采用加载液压缸与工作液压缸的活塞杆处于同心位置直接对顶的加载方案。调节加载缸工作腔的油压大小, 即可使调速回路获得不同的负载值。

\* 使加载系统中两个并联的溢流阀14和11(9)为不同的调整压力值, 通过二们三通电磁阀13(11)的切换, 调速回路可以获得阶跃变化的两级负载值。

各处压力值: 观测压力表。

4. 油温: 观测温度计。

### § 3 实验装置的液压系统原理图 (见图5)

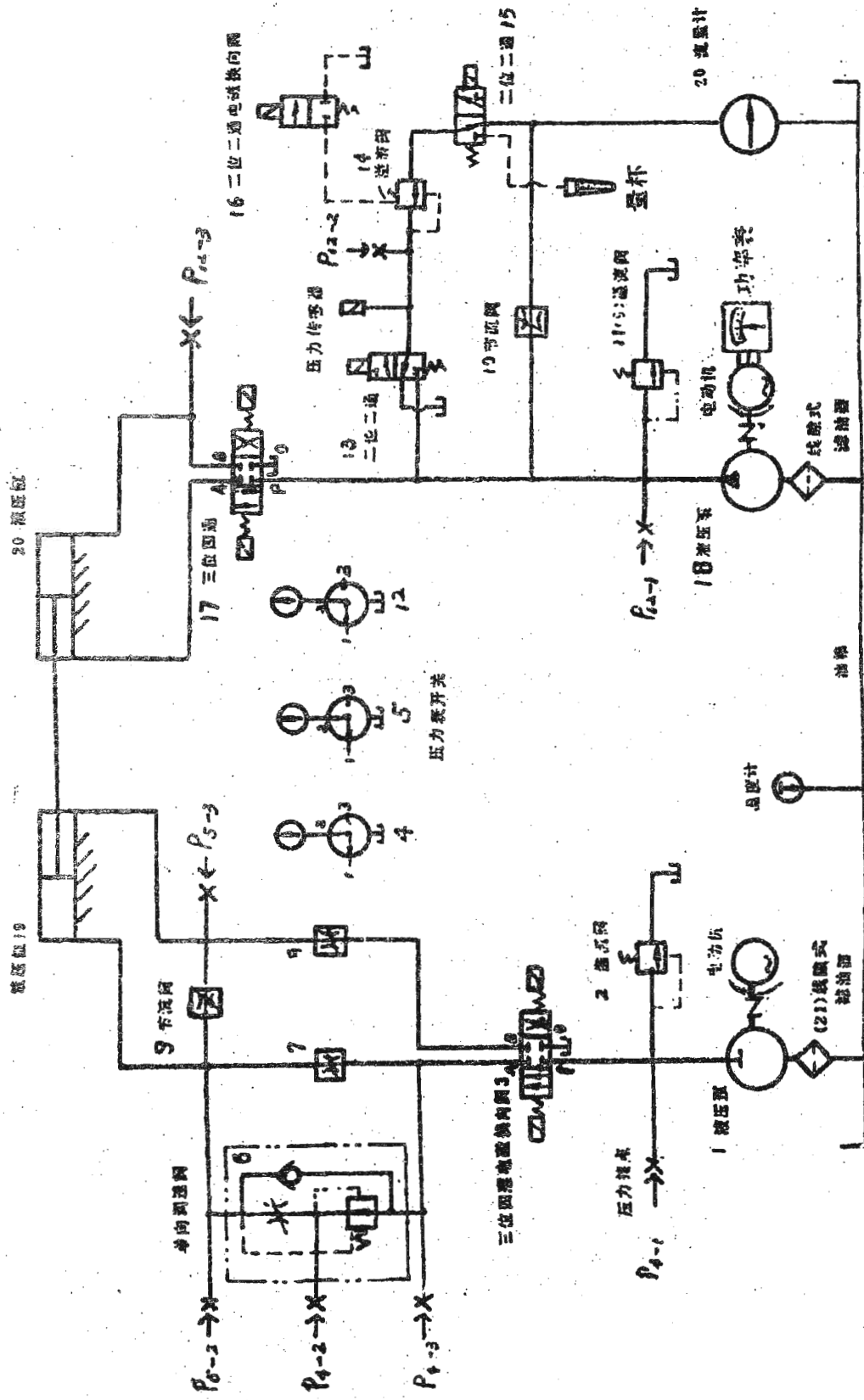


图5 节流调速回路性能实验液压系统原理图

## §4 实验步骤 (参考)

### 一、采用节流阀的进口节流调速回路

#### 1. 实验装置的调整:

##### 1) 加载系统的调整:

节流阀10全闭, 启动液压泵18 (8), 调节溢流阀11 (9) 的调压手柄, 使系统处于低压0.5MPa, 通过三位四通电磁阀17 (12) 切换, 加载缸活塞往复3~5次, 排除系统内空气, 然后使活塞杆处于退回位置。

##### 2) 调速回路的调整:

将调速阀6 (4)、旁路节流阀9 (7) 和进油路节流阀7 (5) 全闭, 回油路节流阀8 (6) 全开, 启动液压泵1, 调节溢流阀2, 使系统处于低压0.5MPa, 将电磁换向阀3的P, A口连通, 慢慢调节节流阀4 (5) 的开度, 使工作缸活塞杆运动速度适中。反复切换电磁换向阀3, 使工作缸活塞往复运动, 检查系统工作是否正常。

2. 按拟定好的实验方案, 调定液压泵1的供油压力 $p_{1-1}$  ( $p_1$ ) 和本回路流量控制阀 (节流阀7 (5) 的开度 ( $A_1$ )), 使工作缸活塞杆退回, 加载缸活塞杆向前伸出, 两者顶靠在一起。

3. 逐次用溢流阀11 (9) 调节加载缸的工作压力 $p_{2-1}$  ( $p_2$ ), 分次测出工作缸19 (17) 的活塞运动速度 $v$ , 负载应加到工作缸活塞不运动为止。

4. 调节 $p_{1-1}$  ( $p_1$ ) 和 $A_1$ , 重复2,

5. 重复3,

6. \* 起用溢流阀14。逐次分别调节两个溢流阀11 (9) 和14的调压手柄, 使它们的控制压力不等, 在工作缸前进中 (1/2处), 用电磁换向阀13 (11) 切换负载压力, 观察运动速度的转换, 分别测出切换前后的运动速度 $v$ , 记录在表5-5中。

(注意: 此项内容计时若用秒表, 则需两块接管。)

### 采用节流阀的出口节流调速回路

#### 1. 实验装置的调整:

1) 加载系统的调整: 同上述一。

##### 2) 调速回路的调整:

将电磁换向阀3处于中位, 将进油路节流阀7 (5) 至全开, 慢慢调节出口节流阀8 (6) 的开度 ( $A_1$ ), 使工作缸活塞的运动速度适中。其它做法同上述一。

2、3、4、5和6各步骤, 同上述一。记录在表5-2和表5-6中。

### 三、\* 采用节流阀的旁路节流调速回路

#### 1. 实验装置的调整:

1) 加载系统的调整: 同上述一。

##### 2) 调速回路的调整:

将电磁换向阀3处于中位, 节流阀8 (6) 至全开, 慢慢调节旁路节流阀9 (7) 的开度 ( $A_1$ ), 使工作缸活塞的运动速度适中。其它做起同上述一。

2、3、4、5和6各步骤，同上述一。记录在表6—3和表5—7中。

#### 四. 采用调速阀的进口节流调速回路

1. 实验装置的调整:

1) 加载系统的调整: 如上述一。

2) 调速回路的调整:

将电磁换向阀3处于中位, 节流阀9(7)全闭, 调速阀6(4)慢慢打开, 使工作缸的活塞运动速度适中。

2、3、4、5、和6各步骤, 同上述一。记录在表5—4和5—8中。

注意事项: 为使本项实验结果与上述一的结果比较, 调节的各个参数与上述一的调节参数对应一致。

### §5 实验报告

根据整理好的实验数据和调速回路特性曲线。

1. 分析采用节流阀的三种节流调速回路的性能。
2. 分析比较节流代和调速阀进口节流调速回路的性能。

### §6 思考题

1. 本实验装置为单活塞杆液压缸, 如果为获得同样速度, 进、回口节流调速回路中节流阀开度谁小? 为什么? 元件规格相同时哪一个可获得更低的稳定速度? 如果克服同样的外负载, 进、回口节流调速回路中液压缸工作腔的压力有何不同?

2. 本实验装置的工作缸, 如果①在空载时, ②工进结束活塞杆碰上死挡铁时、回进、回口节流调速回路中液压缸的压力变化情况如何?

3. 进、回和旁油路节流阀调速回路, 当节流阀的开度变化时, 它们各自的速度—负载特性如何?

4. 进油路采用调速阀节流调速时, 为什么速度—负载特性变硬? 而在最后速度却下降得很快? 指出实验条件下, 调速阀所适应的负载范围。(可与节流阀调速时的速度—负载特性曲线比较。)

5. 各种调速回路, 液压缸最大承载能力各决定于什么参数? 为什么说采用节流阀旁路调速回路时, 调速范围小?

6. 分析并观察各种调速回路的液压泵出口压力的变化规律, 指出哪种调速情况下功率较大, 哪种较经济?

7. 采用调速阀的进口调速回路为什么实际上负载变化仍对速度稳定有些影响? 实验中速度波动值为多少?

8. 当负载有阶跃变化时, 工作缸活塞的速度有什么变化?

## 实验五的实验记录

实验内容：采用节流阀的进口节流调速回路性能。

实验条件：油温        °C；液压缸无阀腔有效面积  $A_1 = 12.56 \text{cm}^2$ 。

调定的参数		序 号	测						算	
$p_{4-1}(p_1)$ (MPa)	节流 开度		$p_{12-3}(p_2)$ (MPa)	F (kgf)	l (mm)	t (s)	v (mm/s)	$Q_1$ (l/min)	$p_{4-1}(p_1)$ (MPa)	
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		6								
		7								
		8								

## 表格 (参考)

有杆腔有效面积 $A_2=5.495\text{cm}^2$ 。

表 5-1

内 容				备 注
$P_{1-3}(P_2)$ (MPa)	$P_{5-2}(P_4)$ (MPa)	$P_{6-3}(P_6)$ (MPa)	$N_1$ (KW)	
				$P_{2-3}(P_7)$ —负载缸20(18)工作腔压力。
				F—负载, $F=P_{1-3}(P_7) \times A_1$
				l—工作缸19(17)活塞行程;
				t—l行程所需的时间;
				v—工作缸活塞速度;
				$Q_1$ —进入工作缸的流量,
				$Q_1=A_1 \cdot v$
				$N_1$ —工作缸的有效功率,
				$N_1 = \frac{P_{2-3}(P_7) \times Q_1}{600}$ (KW)
				$N_p$ —泵的输出功率,
				$N_p = \frac{P_{2-3}(P_7) \times Q_p}{600}$ (KW)
				$N_p$ —泵在调定压力下的流量 (l/min), 由实验室给出。
				<p>速度-负载特性曲线</p>
				<p>负载变化时的功率特性曲线</p>
				<p>负载不变时功率特性曲线 (用直角坐标纸)</p>

实验内容：采用调速阀的进口节流调速回路性能。

实验条件：油温      °C；液压缸无杆腔有效面积  $A_1 = 12.56 \text{cm}^2$ 。

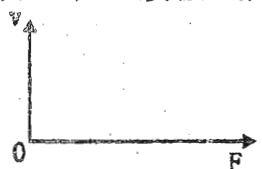
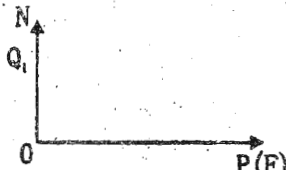
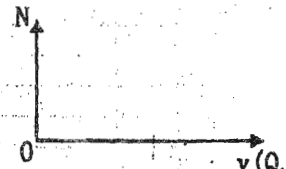
调定的参数		序 号	测 算						
$p_{1-1}(p_1)$ (MPa)	节流 开度		$p_{12-3}(p_2)$ (MPa)	F (kgf)	l (mm)	t (s)	v (mm/s)	$Q_1$ (l/min)	$p_{1-1}(p_1)$ (MPa)
		1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
		7							
		8							
		1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
		7							
		8							
		1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
		7							
		8							
		1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
		7							
		8							
		1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
		7							
		8							



### 表格 (参考)

有杆腔有效面积  $A_2 = 5.495 \text{ cm}^2$ 。

表 5-4

内 容					备 注
$p_{1-3}(p_2)$ (MPa)	$p_{4-3}(p_2)$ (MPa)	$p_{5-2}(p_4)$ (MPa)	$p_{5-3}(p_5)$ (MPa)	$N_1$ (KW)	
					$p_{2-3}(p_7)$ —负载缸20(18)工作腔压力。 $F$ —负载, $F = p_{2-3}(p_7) \times A_1$ $l$ —工作缸19(17)活塞行程; $t$ — $l$ 行程所需的时间; $v$ —工作缸活塞速度; $Q_1$ —进入工作缸的流量, $Q_1 = A_1 \cdot v$ $N_1$ —工作缸的有效功率, $N_1 = \frac{p_{2-3}(p_7) \times Q_1}{600}$ (KW) $N_2$ —泵的输出功率, $N_2 = \frac{p_{1-1}(p_1) \times Q_2}{600}$ (KW) $N_3$ —泵在调定压力下的流量 (l/min), 由实验室给出。
					 <p>速度—负载特性曲线</p>
					 <p>负载变化时的功率特性曲线</p>
					 <p>负载不变动时功率特性曲线 (用直角坐标纸)</p>