

# 液压传动实验指导

主 编 李杞超

主 审 迟 媛

东北农业大学

# 前　　言

液压传动具有独特的技术优势，被广泛应用在现代农业、工业、能源工程、国防工程等各个领域，是现代化进程中不可替代的一项重要基础技术，所以培养高水平的液压技术人才，快速发展液压传动技术十分重要。

液压传动课程中应重点掌握液压元件结构、性能和基本回路工作原理，本书主要是从这两大部分进行编写，即液压元件的拆装、性能实验部分和液压基本回路实验部分，共 10 个实验项目。理论联系实际，提高学生的动手能力和分析问题、解决问题的能力。

拆装实验部分为 3 个实验，包括多种液压泵、液压缸和马达、液压阀等元件的拆装。拆装实验是学好液压传动课程的重要环节，也是获得液压元件感性认识的最直接方式，通过拆装实验不但可以把结构图上难以表达的复杂结构和空间回路搞清楚，而且可以把元件的尺寸、大小、外形和轮廓认识得更具体，特别是对每个零件的材料、工艺、加工、光洁度和配合精度等可以获得全面了解。仅仅通过课堂讲授和阅读书本，是很难获得这些知识的，而且也是很耗费时间的。所以拆装实验是学习液压传动不可缺少的一个环节。

液压基本回路、性能实验部分为 7 个实验，主要包括液压系统组成实验、液压泵性能实验、保压卸荷、多级调压、差动联接、节流调速性能实验、顺序动作等液压回路、性能实验。在连接液压回路时，学生根据原理图自己进行设备的安装，完成回路的调节运行和性能实验中数据采集，由此可进一步加深对液压传动知识的理解，突出对学生实践能力和综合素质的培养，为解决工程实际问题奠定基础。

本书适用于机械类、机电类及相关专业的教材，教学过程中可针对不同专业要求和特点，有所侧重选用实验内容。也可供从事液压技术的工程人员、研究人员参考，以满足一些实验的需求。

由于编者水平有限，书中难免存在缺陷和欠妥之处，恳请广大读者指正。

编者

2016 年 11 月

# 目 录

实验一	液压泵拆装实验	- 1 -
实验二	执行元件拆装实验	- 12 -
实验三	液压阀拆装实验	- 17 -
实验四	磨床液压系统实验	- 28 -
实验五	液压泵性能实验	- 29 -
实验六	三级调压回路实验	- 31 -
实验七	蓄能器保压泵卸荷回路实验	- 33 -
实验八	差动连接回路实验	- 35 -
实验九	节流调速回路性能实验	- 37 -
实验十	多缸行程顺序动作回路实验	- 39 -
附录 1	快速组合式全功能液压实验平台的运用说明	- 41 -
附录 2	液压泵性能实验界面	- 44 -
附录 3	回路实验控制界面	- 45 -

# 实验一 液压泵拆装实验

## 1 实验特点

实验类型：验证  
计划学时：4 学时

实验类别：专业基础  
每组人数：6~8 人

## 2 目的要求

液压泵是属于液压系统动力元件，其功用是将原动机的机械能转换为液压能。液压泵类型很多，结构各异，但均基于容积的变化进行工作的，即容积式。通过液压泵拆装实验，要求学生熟练掌握各液压泵结构和工作原理，解决课堂上难以搞懂的复杂结构和空间油路，做到理论联系实际，提高分析问题和解决问题的能力。

## 3 齿轮泵

### 3.1 外啮合齿轮泵工作原理

外啮合齿轮泵是一对相同的齿轮互相啮合，齿轮的齿顶和壳体内孔表面之间的间隙很小，齿轮端面和轴套（盖板）的间隙也很小，将吸油腔和压油腔隔离开。齿轮在转动过程中，当齿轮退出啮合时，所属腔体不断增大，形成局部真空，完成吸油过程；当齿轮进入啮合时，所属腔体不断缩小，油液被强迫挤出，完成压油过程。

### 3.2 齿轮泵的困油现象

液压泵的密封工作空间转至既不与吸油腔相通，也不与压油腔相通时所在的区域称为液压泵的封油区。任何容积式液压泵都有封油区，没有封油区时，吸油腔和压油腔就会连通，液压泵便不能正常工作。由于齿轮泵有两对齿轮同时啮合的时刻，因此在两个同时啮合的啮合点之间就形成一个封油区。齿轮泵的密封工作空间转至这个封油区时，就不与吸油腔和压油腔相通。又由于密封工作空间在通过封油区时，其有效容积仍会发生变化，因此形成困油现象，使泵产生剧烈的振动和噪声。为消除困油现象，采取的办法就是开卸荷槽，注意卸荷槽的形状和大小，特别是两槽之间的距离。

### 3.3 CB-46 型齿轮泵

#### （1）CB-46 型齿轮泵的结构

CB-46 型齿轮泵机构组成如图 1-1 所示，主要由主动齿轮、被动齿轮、壳体、轴套、泵盖、密封圈、卸压片、导向钢丝等零件组成。

#### （2）进油口、出油口位置

拆装过程中，应分清齿轮泵壳体进、出油口位置。以此确定其它零件的装配位置，两种情况可确定进、出口位置。①根据壳体上标注的“进口”或“出口”字样区分；②根据孔径大小辨认，既大孔为进油口，小孔为出油口。液压油液从吸油腔进入，经齿轮旋转到压油腔一侧，将油液压出，如图 1-2 所示。

#### （3）泄漏渠道

齿轮泵有三条泄漏渠道，分别为轴向泄漏、径向泄漏、齿轮啮合处，其中轴向泄漏渠

道占泄漏百分比最大。

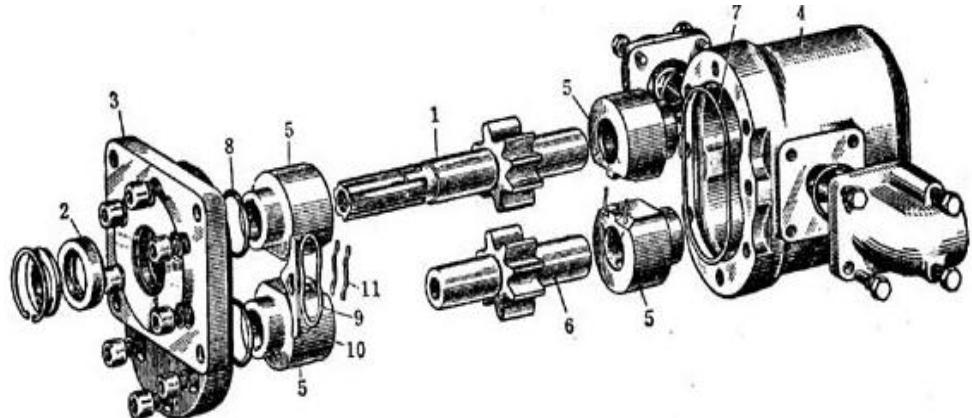


图 1-1 CB—46 型齿轮泵零件结构图

1 主动齿轮 2 自紧密封圈 3 前端盖 4 壳体 5 前、后轴套 6 被动齿轮  
7 壳体密封圈 8 轴套密封圈 9 卸压片密封圈 10 卸压片 11 导向钢丝

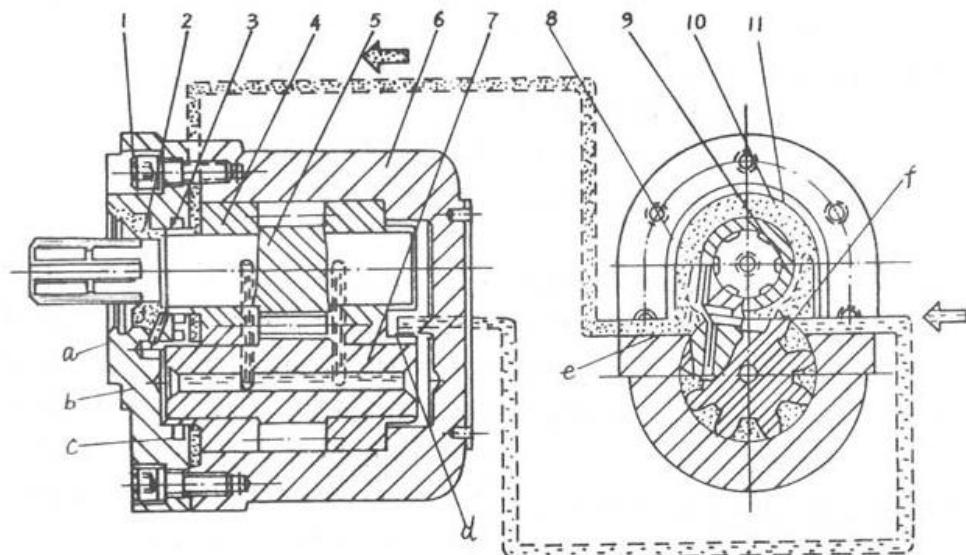


图 1-2 CB—46 型齿轮泵油液流动图

1 前端盖 2 自紧密封圈 3 轴套密封圈 4 前轴套 5 主动齿轮 6 泵体  
7 后轴套 8 导向钢丝 9 从动齿轮 10 卸压片与密封圈 11 泵体密封圈  
a、b 孔 c 腔 d 凹槽 e 沟槽 f 孔

#### (4) 齿轮与轴套端面间隙的液压补偿

为了提高齿轮泵的容积效率，必须尽可能减少齿轮泵的内泄漏，端面间隙（即轴向间隙）是主要泄漏部位，通过此处的泄漏量占 85% 左右，为此应尽量消除端面间隙，CB-46 型齿轮泵的端面间隙是采用液压自动补偿来消除的。压力油由泵出口引到端盖内腔，使腔内部充满了压力油，在此压力油的油压作用下，把浮动的前轴套压紧在齿轮的端面上，使轴套与齿轮始终压紧，齿轮的另一端压向不可移动的后轴套，这样就消除了齿轮端面与轴套面之间因磨损而产生的间隙，从而达到了间隙的自动补偿，提高了齿轮泵容积效率。

### (5) 主动齿轮、被动齿轮位置

当把齿轮泵进油口朝向拆装者胸前放置时若装配左旋泵，主动齿轮应装于泵壳右侧（即拆装者右手方向）；若装配右旋泵，主动齿轮应装于泵壳左侧，如图 1—3 所示。

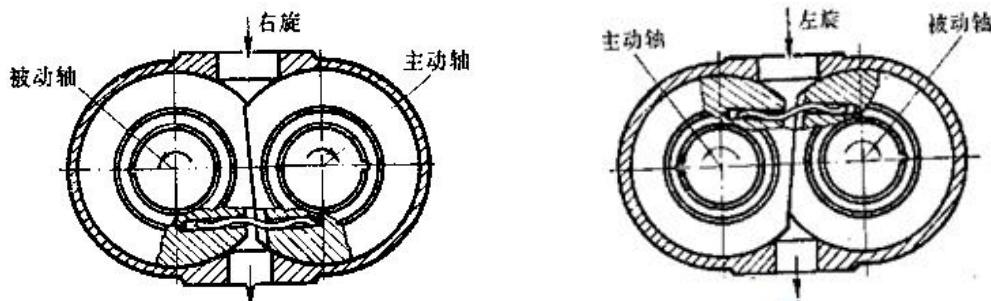


图 1-3 左右旋安装位置

### (6) 轴套卸荷槽位置

轴套大端面的两个卸荷槽，其中与径向吸油槽相通的是低压卸荷槽，如图 1-4 所示，装配时应该使每对轴套的低压卸荷槽靠向进油口一侧。

### (7) 导向钢丝安装、轴套旋转方向

每个轴套上都钻有两个小孔，在两轴套相对应的孔中插入导向钢丝。注意：装上导向钢丝后应使轴套的接合平面向被动齿轮轴旋转方向偏转（也就是主动齿轮旋转的反方向），这是因为由力学分析可知被动齿轮轴对轴套内孔所施加的径向力较主动齿轮要大 20%，因此被动齿轮轴套上受到的摩擦力矩较大。在工作时，主、被动齿轮轴套接合平面向被动齿轮旋转方向偏转，就可使轴套接合平面在工作中贴合较紧，防止泄漏。

### (8) 齿轮泵轴、轴套润滑

为解决润滑，在轴套靠齿轮的端面上位于进油口一侧开有径向吸油槽，如图 1—5 所示。内孔开有集油槽和螺旋润滑槽，在齿轮轴颈的带动下，低压油沿吸油槽、集油槽进入旋转槽起润滑及冷却作用，然后分别经孔及壳体上的凹槽流回吸油腔。注意：装在齿轮同一端的两个轴套，其螺旋润滑槽方向相反。

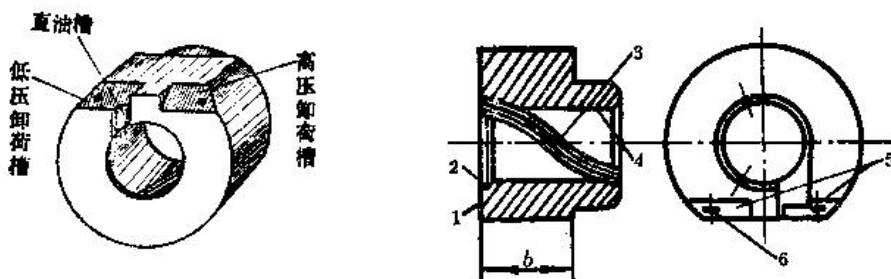


图 1-4 CB-46 齿轮泵轴套卸荷槽

1 大端面 2 集油槽 3 螺旋润滑槽 4 内孔 5 吸油槽 6 卸荷槽

图 1-5 轴套

### (9) 卸压片、密封圈的正确位置

正确安装应在进油口一侧，在端盖与前轴套之间，密封圈应仔细地绕在卸压片周围。密封圈内通过小孔与进油口相通，充满低压油，如图 1—2 所示。

### 3.4 CB-B 型低压齿轮泵

#### (1) CB-B 型齿轮泵结构

CB-B 型齿轮泵结构如图 1-6 所示，主要由泵体、前端盖和后端盖等三片结构构成，结构简单，制造容易。这种齿轮泵无补偿措施，只适用于低压场合。

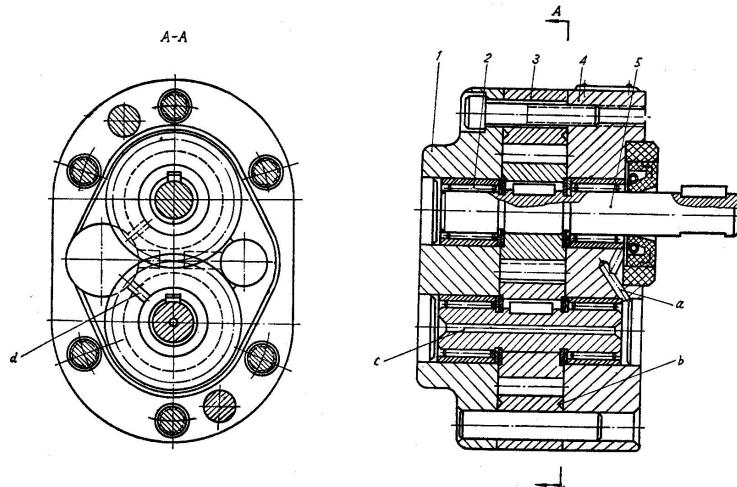


图 1-6 CB-B 型齿轮泵

1 后端盖 2 滚针轴承 3 壳体 4 前端盖 5 主动轴 a c d 孔道 b 卸荷槽

#### (2) 密封工作空间

密封工作空间是指齿轮的齿槽，壳体内圆表面和两个端盖所包围的空间。在吸油腔或排油腔的密封工作空间可用齿轮顶圆假想圆弧面代替壳体内圆表面。齿轮泵的密封工作空间共有  $2Z$  ( $Z$  为齿轮的齿数) 个。

#### (3) 吸油、排油过程

在吸油腔轮齿啮合点区域，轮齿相互从对方齿槽中退出，密封工作空间的有效容积增大，形成吸油过程；在排油腔轮齿啮合点区域，轮齿相互进入对方齿槽中，密封工作空间的有效容积减小，形成排油过程。注意油液从吸油腔流至压油腔的油路途径。

#### (4) 齿轮泵的泄漏渠道

齿轮泵有三条泄漏渠道，分别为齿轮端面与端盖、齿轮外圆与泵体内孔、齿轮啮合处。其中齿轮端面与端盖的轴向泄漏渠道占泄漏百分比最大。

(5) 泵体两端面上铣有卸荷槽 b，使端面泄漏的油液经该卸荷槽 b 流回吸油腔，可降低泵体与端盖接合面处的泄油压力，减小两端盖上的螺钉拉力。

### 3.5 中高压 CB-F 型齿轮泵

#### (1) CB-F 型齿轮泵结构

CB-F 型齿轮泵结构如图 1-7 所示，主要由泵体、端盖、垫板、浮动侧板及密封圈组成。

#### (2) 工作过程

弓型密封空间是由浮动侧板 1 (或 4)、泵盖和弓形密封圈 5 形成，注意浮动侧板 1、4 的厚度比其外围的垫板 2、3 薄 0.2mm。弓形密封空间通过浮动侧板上的两个小孔 b 与轮齿上压力过渡区相通。受压力过渡区引来的压力油作用在浮动侧板上使其微量移动，贴紧齿轮端面，消除轴向间隙，减小端面泄漏，从而提高齿轮泵的工作压力。

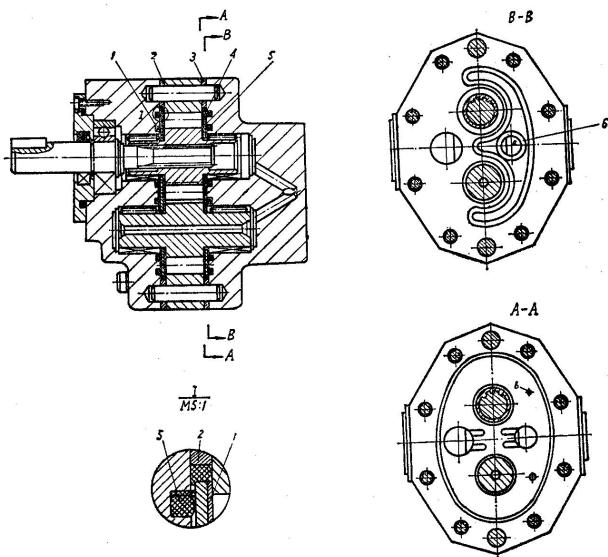


图 1-7 中高压 CB—F 型齿轮泵

1、4 浮动侧板 2、3 垫板 5 弓形密封圈 6 密封圈

### 3.6 内啮合齿轮泵

#### (1) 工作原理

内啮合齿轮泵主要由主动小齿轮、从动内齿轮、月牙填隙隔板等零件组成。其工作原理与外啮合齿轮泵相似，内齿轮和小齿轮互相啮合，通过月牙填隙隔板将其隔为两油腔，形成密闭容积大小变化，完成吸油、压油过程，如图 1-8 所示。

#### (2) 间隙补偿

轴向间隙采用浮动侧板进行补偿；齿顶间隙利用浮动填隙板及浮动径向支撑环来实现；齿轮轴在压力油作用下产生挠性变形，产生间隙，采用自动补偿齿轮轴变形挠性轴承支座。

### 3.7 摆线齿轮泵

摆线齿轮泵由一对偏心啮合的转子组成，外转子比内转子多一个齿，齿廓是共轭摆线，两转子同向异速转动，当齿轮脱离啮合时，形成局部真空，进行吸油；当齿轮进入啮合时，进行压油。内转子每旋转一周，完成一次吸油、压油过程，如图 1-9 所示。

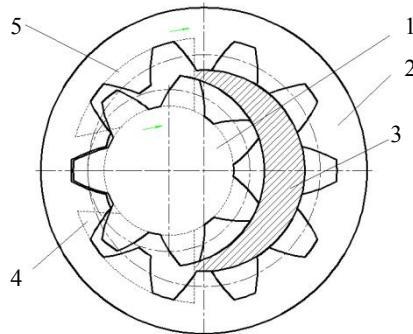


图 1-8 内啮合齿轮泵工作原理

1 小齿轮 2 内齿轮 3 月牙板 4 压油腔 5 吸油腔

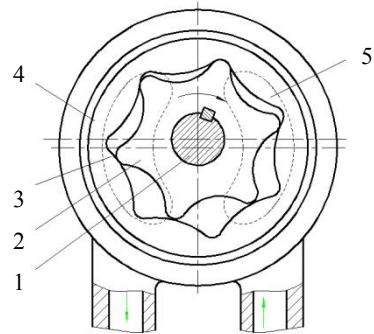


图 1-9 摆线齿轮泵工作原理

1 传动轴 2 内转子 3 压油口 4 外转子 5 吸油口

### 3.8 低压 LB—25 型螺杆泵

#### (1) 工作原理

螺杆泵密封工作空间的形成是复杂的，简单分析可以看成是由螺杆的螺纹槽和壳体内圆表面形成一个螺旋通道，此螺旋通道被相邻螺杆啮合隔断，从而形成密封工作空间。密封工作空间随螺杆的转动，由非轴伸端移向轴伸端。一般非轴伸端为吸油腔，而轴伸端为排油腔，密封工作空间在吸油腔端由小变大，形成吸油；在排油腔端由大变小，形成排油，如图 1-10 所示。

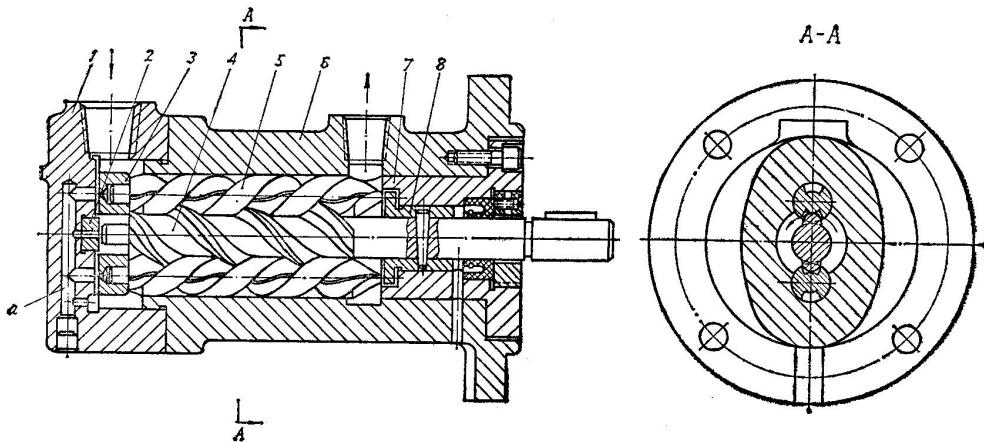


图 1-10 低压 LB—25 型螺杆泵

1 后端盖 2、3 后铜套 4 主动螺杆 5 从动螺杆 6 壳体 7 前端盖 8 前铜套

#### (2) 工作过程

螺杆泵工作时，压油腔的压力作用在从动螺杆的右端，把螺杆往左推。为了承受从动螺杆上的轴向力，在螺杆左端的小柱上装有铜套 3，工作时铜套和从动螺杆一起回转，并用它的端面作为止推面支承在后盖 1 的端面上，铜套的止推面上开有润滑油槽，吸油腔的油经通道 a 进入止推面，以保证润滑。在主动螺杆上，除压油腔的压力油作用在螺旋面上，使主动螺杆承受向左的轴向力外，在主动螺杆的右部还装有铜套 8，铜套与锥销联结固定在螺杆上，压力油也作用在铜套 8 的端面上，使主动螺杆承受向右的轴向力。由于铜套的轴向承压面积比螺旋杆的有效轴向承压面积要大，所以在这两种轴向力的作用下，最后主动螺杆是被推向右端。向右的轴向力是通过铜套 8 作用在前端压盖 7 的端面上，在铜套上开有油槽以保证压油腔的油液进入止推面进行润滑。当螺杆泵刚起动，油压尚未形成时，主动螺杆受力后有可能被推向左端，这时它就用左端面支承在铜垫 2 上，在装配时保证两者之间有 0.02—0.04 毫米的间隙。应当注意，当螺杆泵工作时，主动螺杆作顺时针方向旋转，主动螺杆将对从动螺杆施加一个向右的推力，可以平衡一部分向左的液压推力，从而可以减轻铜套 3 的端面支承力。从动螺杆反过来又对主动螺杆施加一个向左的推力，也平衡一部分向右的液压推力，减轻铜套 8 的端面支承力。这种平衡设计可以提高螺杆泵的机械效率，同时又提高螺杆泵的工作寿命。

## 4 叶片泵

### 4.1 中压 YB 型双作用叶片泵

#### (1) 中压 YB 型双作用叶片泵结构

中压 YB 型双作用叶片泵结构主要包括泵体、定子、转子、配流盘、叶片等零件构成, 如图 1-11 所示。工作时, 转子上的叶片受到离心力作用被甩出, 同时叶片根部作用着压油, 使叶片紧贴定子内表面, 和两侧配流盘形成密封工作空间, 由叶片将其分为四个密封腔, 分别与吸油窗口和压油窗口相同, 转子每转动一周, 完成两次吸、压油过程。

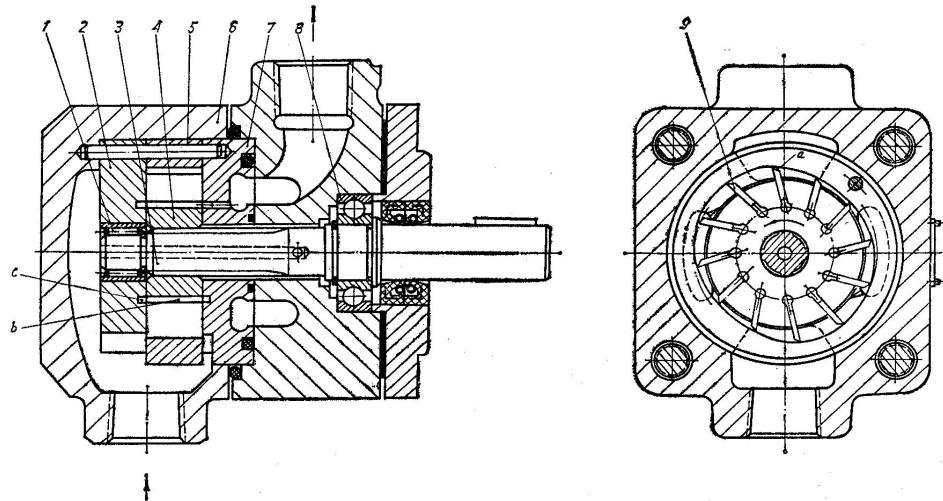


图 1-11 中压 YB 型双作用叶片泵

1、8 轴承 2、7 配流盘 3 传动轴 4 转子 5 定子 6 泵体 9 叶片

#### (2) 定子与转子

定子内圆表面是由两段长径圆弧, 两段短径圆弧和四段过渡曲线(通常为等加速和等减速曲线)形成。转子上有 12 个叶片槽, 叶片与转子槽的配合间隙为 0.01—0.02mm。叶片的前倾角为 13°。前倾角的作用是使压油时叶片承受的弯折力矩减小, 叶片在槽中运动灵活。

#### (3) 配流盘

配油盘除通油窗孔外, 还开有与压油腔相通的环槽 c, 将压力油引入叶片根部, 配合离心力使叶片紧密地压在定子内圆表面上, 保证良好的密封。转子两侧配油盘和后泵体通过长销定位, 保证配油盘上吸油、压油窗口位置和定子内表面曲线相一致。后泵体相对泵体可以在 90° 方位上任意回转安装, 便于用户选择合适的吸油口和排油口位置。

#### (4) 困油现象

YB 型双作用叶片泵的封油区对应的中心角(即配油盘吸油和排油窗口端缘所夹的中心角)基本上等于相邻叶片的夹角。而定子内圆表面圆弧所占的中心角略大于封油区中心角。所以密封工作空间通过封油区时其容积基本不变化, 因此基本不产生困油现象。但密封工作空间由吸油腔的负压瞬间转变为排油腔的高压, 要产生压力波动和噪声。为了消除压力波动和噪声, 在配油盘压油窗口端缘开有三角沟槽。

### 4.2 中压 YBN—40 型限压式变量叶片泵

#### (1) YBN—40 型限压式变量叶片泵结构

限压式变量叶片泵结构主要由泵体, 可移动的定子, 转子, 滑块, 螺钉, 弹簧等零件组成, 如图 1-12 所示。

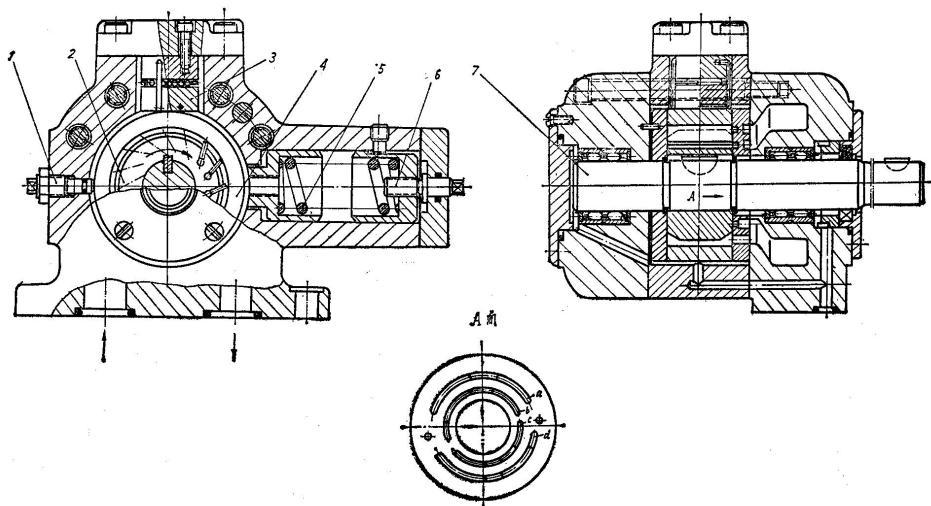


图 1-12 中压 YBN—40 型限压式变量叶片泵结构图

1 流量调节螺钉 2 转子 3 滑块 4 定子 5 弹簧 6 调压螺钉 7 传动轴

#### (2) 偏心量的调节

螺钉 1 调节定子相对于转子的最大偏心量  $e_{\max}$  (最大调节量为 2mm)，亦即调节泵的最大流量。螺钉 6 调节弹簧 5 的预压缩量。配油盘的压油窗口 a 和吸油窗口 d 布置是不对称的，压油窗口 a 向弹簧侧转动了一个  $\theta$  角。目的是使作用在定子压油区内表面上的作用力  $F = p D b$  向上而略向弹簧倾斜  $\theta$  角，从而产生一个水平分力  $F \sin \theta = p D b \sin \theta = p A$ ，( $D$  为定子内圆直径， $b$  为定子宽度， $A = D b \sin \theta$ )，此水平分力  $p A$  和弹簧推定子偏心的力  $K X_0$  相互作用。当负载增大，压力  $p$  上升，使  $p A > K X_0$  时，就迫使定子向弹簧侧移动，减小定子的偏心量  $e$ ，从而减小液压泵的输出流量，当负载达到极限值时，压力  $p$  相应达到截止压力  $p_c$ ，水平分力  $p_c A$  就迫使定子中心与转子中心重合，使  $e = 0$ ，于是液压泵不再输出流量，起到限压作用。

#### (3) 配流盘

配油盘的配油窗口内部还有两个通叶片底部油腔的沟槽 b 和 c，b 和 c 又分别通压油腔。这和 YB 型双作用叶片泵是不同的，它使吸油腔叶片底部和顶部的液压力，和压油腔的叶片一样，也保持基本平衡，这样就保证定子上液压反馈力  $p A$  不受吸油腔叶片的液压推力而减小。密封工作空间从吸油区向压油区过渡时，由于密封工作空间处于封油区时的油压为吸油压力，故这段油槽 b 和 c 相对于 a 和 b 基本上是对称安置的。但从压油区吸油区向吸油区过渡时，由于密封工作空间处于封油区时的压力仍保持压力，故将槽 b 向封油区延伸，以使叶片顶底两端压力平衡，保证叶片紧贴定子。

#### (4) 困油现象

YBN 型变量叶片泵是单作用的，定子内圆表面虽为圆形，但由于定子相对转子偏心，密封工作空间经过封油区时容积要发生变化，因而要产生困油现象。

#### (5) 叶片倾角

YBN 型变量叶片泵的叶片是后倾的，其后倾角达到  $24^\circ$ ，这和 YB 型双作用定量泵的叶片前倾相反。这是因为 YBN 是变量泵，定子偏心量可调的最大值不过为 2mm，且为单作用式，因此叶片单位转角的升程较小，叶片与定子内圆表面构成的压力角也较小，即叶片前 - 8 -

倾便于进槽的要求不是主要的。而吸油腔的叶片底部连通吸油腔，叶片的伸出只能依靠离心力，因此矛盾转化为如何充分利用离心力，保证叶片顺利伸出并紧贴定子的问题，从力学分析可知，叶片后倾就能达到这个目的。

## 5 斜盘式轴向柱塞泵

### (1) 工作原理

斜盘式轴向柱塞泵的结构如图 1-13 所示，其密封工作空间共有 7 个，分别由柱塞、柱塞孔和配油盘组成。柱塞的球状头部装有滑靴，滑靴紧靠斜盘。柱塞泵工作时，主动轴带动缸体转动，由于斜盘具有倾角，柱塞在缸体柱塞孔内完成往复运动。当柱塞在回程盘作用下外伸时，工作腔容积增大，形成真空间度，完成吸油过程；当柱塞被斜盘压入缸体内时，工作腔容积减小，产生压力油，完成压油过程。

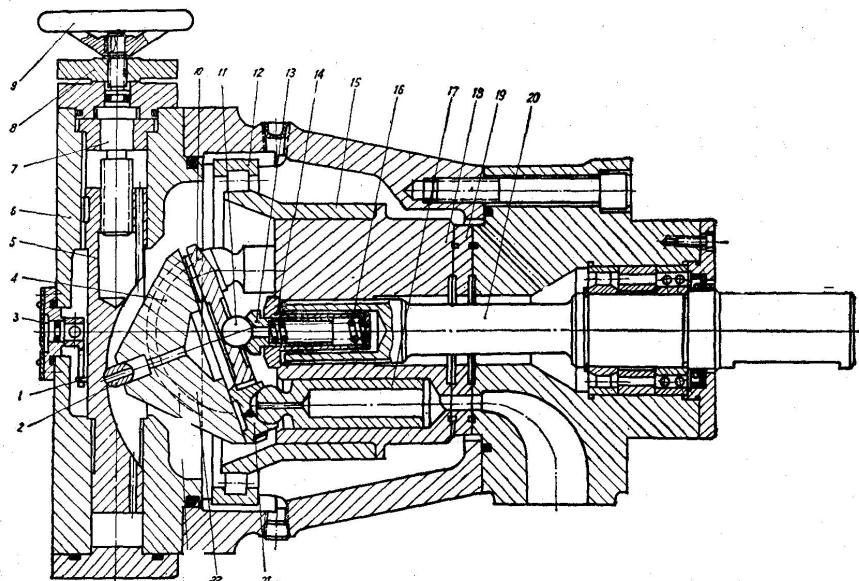


图 1-13 高压 CY14-1 型轴向柱塞泵

1 固定销 2 销轴 3 刻度盘 4 斜盘 5 变量活塞 6 变量壳体 7 调节螺杆 8 锁紧螺母 9 调节手轮 10 回程盘 11 钢球  
12 大轴承 13 内套 14 外套 15 支撑套 16 弹簧 17 柱塞 18 缸体 19 配流盘 20 传动轴 21 滑靴 22 斜盘

### (2) 滑靴

柱塞和斜盘的接触通过滑靴把点接触改为面接触，从而为提高液压泵的工作压力创造了条件，而径向柱塞泵是难以实现的。柱塞中心有直径为 1mm 的小孔，使油缸中的压力油可以进到滑靴和柱塞的配合球面与滑靴和斜盘的接触面，形成一定厚度的油膜，起着液压支承的作用，大大减小这些零件的磨损。

### (3) 中央定心弹簧的作用

通过内套和钢球顶住压盘，而压盘使滑靴紧贴斜盘，因而液压泵具有自吸能力。另方面弹簧又通过外套使缸体紧贴配油盘，保证启动时无泄漏。

### (4) 大轴承的作用

承受斜盘给缸体的径向分力，使驱动轴和缸体均不受弯矩，保证缸体与配油盘良好贴合。

### (5) 配油盘的结构

配油盘上开有两个配油窗口 a 和两个配油窗口 c，它们分别与液压泵体中的吸油管路和压油管路相通。外圈的环形槽 d 为卸压槽，与回油相通，用来减小缸体与配油盘间的液压推动力。保证缸体能贴紧配流盘，两个通孔 b 有减振消声作用，当柱塞从吸油区向压油区过渡，尚处于封油区时，小孔（b 中间的小孔，通常直径约 1mm 左右）可使柱塞内腔和配油盘另侧的压油腔预通，由于孔小，具有阻尼作用，这样就不会产生压力的突然升高而形成液压冲击，可减少液压泵的振动和噪声。在通孔 b 旁有盲孔，起到润滑和液压弹垫的作用。如图 1-14 所示。

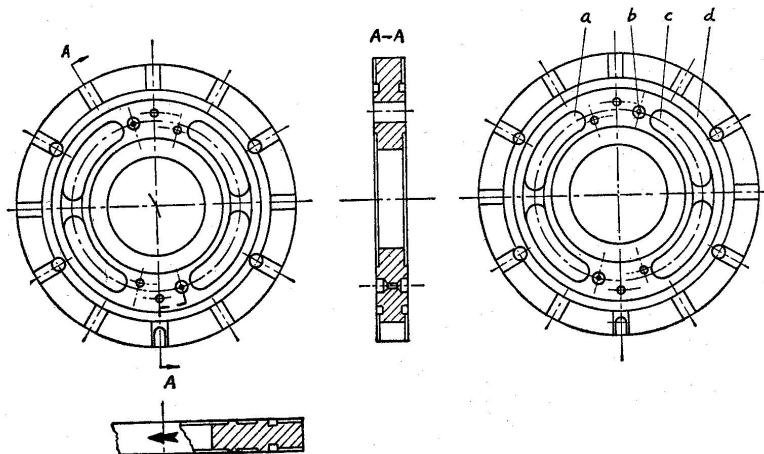


图 1-14 配油盘的结构

### (6) 变量机构

变量活塞通过导向键装在变量壳体内，并以螺纹和螺杆相连接。斜盘上的两个耳轴支承在壳体的两块铜瓦上，转动调节手轮，通过螺杆可使变量活塞轴向移动，变量活塞上的销轴使斜盘绕钢球的中心摆动，从而调节液压泵的输出流量。

### 思考题

#### 齿轮泵部分

- 1、简述齿轮泵的工作原理？
- 2、齿轮泵的径向力是不平衡的，采取何种措施可减轻消除这种现象？
- 3、如何区分齿轮泵的进、出油口？
- 4、齿轮泵内部泄漏通过哪些部位？各占多大比例？
- 5、CB—46 齿轮泵是如何完成液压自动补偿的？
- 6、CB—46 齿轮泵内嵌有弓形卸荷片和密封圈作用及安装位置？
- 7、CB—46 齿轮泵轴套上的螺旋槽起何作用？通过它的液压油最终流到什么地方？
- 8、CB—46 齿轮泵安装导向钢丝时，互使轴套接合平面向哪方向旋转？
- 9、什么是齿轮泵的困油现象？如何解决？
- 10、内啮合齿轮泵工作原理？
- 11、摆线齿轮泵工作原理？
- 12、简述 LB—25 型螺杆泵的工作原理？

### **叶片泵部分**

- 1、何谓单作用非卸荷式和双作用卸荷式叶片泵？YB型和YBN型叶片泵各属哪种？
- 2、YB型和YBN型叶片泵的定子内圆表面形状区别？叶片数一样吗？叶片倾角区别？
- 3、YB型叶片泵的叶片底部和YBN型叶片泵底部是否全通高压油？为什么？
- 4、何为内反馈式限压变量叶片泵？它是如何工作的？
- 5、限压式变量叶片泵的流量调节螺钉和压力调节螺钉有何功用？如何调整？
- 6、YBN型变量叶片泵定子相对于转子的最大偏心量为多少？
- 7、YBN型变量叶片泵中的滑块有什么作用？

### **柱塞泵部分**

- 1、简述轴向柱塞泵的工作原理，并说明它是如何变量的？
- 2、轴向柱塞泵中的滑靴起何作用？
- 3、轴向柱塞泵中的中央定心弹簧在工作中都有哪些作用？
- 4、镶嵌在缸体外部的大轴承起何作用？
- 5、轴向柱塞泵中配油盘上设置了一些小孔，叫什么孔？起何作用？

## 实验二 执行元件拆装实验

### 1 实验特点

实验类型: 验证  
计划学时: 2 学时

实验类别: 专业基础  
每组人数: 6~8 人

### 2 目的要求

液压执行元件包括液压缸和液压马达, 其功用是将液压能转换为机械能。通过液压执行元件拆装实验, 要求学生熟练掌握各元件结构和工作原理, 解决课堂上难以理解的复杂结构和空间油路, 做到理论联系实际, 提高分析问题和解决问题的能力。

### 3 液压马达

#### 3.1 齿轮式液压马达

##### (1) 外啮合渐开线齿轮马达

外啮合渐开线齿轮马达的结构主要包括泵体, 端盖, 轴套, 主动齿轮, 被动齿轮等零件组成, 如图 2-1 所示。工作原理如图 2-2 所示, 两啮合齿轮中心为  $O_1$  和  $O_2$ ,  $O_1$  轴上的齿轮为转矩输出齿轮,  $O_2$  轴上的齿轮为空转齿轮, 喷合点为  $K$ 。当高压油输入后, 处于高压腔的两个齿轮的齿面受到液压力, 由于该液压力作用在两个齿轮上的作用面积存在差值 (如图箭头所示的不平衡液压力), 所以对各齿轮轴产生不平衡转矩, 既而推动齿轮克服负载阻力矩而转动。在该转矩的作用下, 两齿轮按图示方向旋转, 并把油液带到低压腔排出。

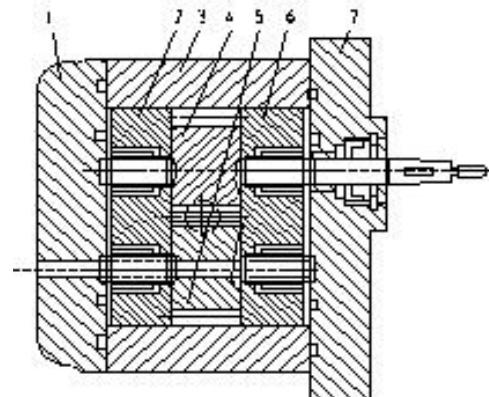


图 2-1 外啮合齿轮马达结构

1 后泵盖 2 后轴套 3 壳体 4 主动齿轮

5 被动齿轮 6 前轴套 7 前泵盖

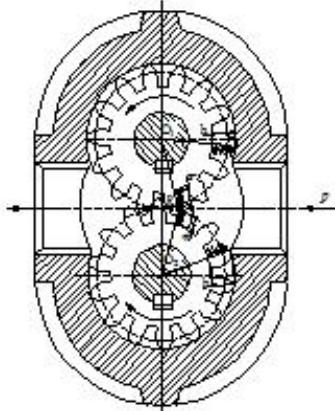


图 2-2 齿轮马达工作原理

##### (2) 内啮合摆线齿轮马达

内啮合摆线齿轮马达采用行星转子式摆线内啮合形式, 短幅摆线齿形的内转子齿轮与圆弧齿形的内齿轮相啮合。结构紧凑、体积小、输出转矩大、低速稳定性好、转动惯量小,

额定压力一般为 10~12MPa，是一种小型低速大转矩液压马达。

轴配流摆线马达的结构如图 2-3 所示。它由内齿轮定子 8、摆线齿轮转子 9，齿轮联轴节 5、配油盘 6、输出轴 4、泵体 3、前端盖 1 和后端盖 7 等组成。在泵体 3 里面有 7 个孔 C，经过配油盘 6 上相应的 7 个孔接通定子的齿轮底空间。在输出轴 4 上有环形槽 a 和 b，分别与泵体上的进出油口相通。轴上开有 12 条轴向配油槽，其中 6 条与 a 槽相通，6 条与 b 槽相通。这些配油槽在圆周上高低压相间，并且和转子的位置保持严格的相位关系，按一定的规律通过 c 孔使得半数（3 个或 4 个）齿间的工作空间与压力油进油口接通，其余的半数与低回油口接通，因而转子在压力油的作用下能够带动输出轴不断旋转。转子运动是通过输出机构传递到输出轴上。

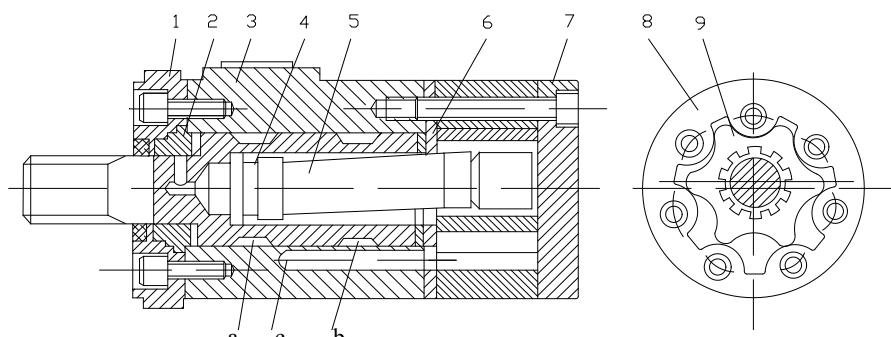


图 2-3 内啮合摆线齿轮马达

1 前端盖 2 轴承 3 壳体 4 输出轴 5 连轴器 6 配油盘 7 后端盖 8 定子 9 转子

### 3.2 叶片式液压马达

#### (1) 工作原理

叶片式液压马达应用较多的类型是双作用定量液压马达，其工作原理如图2-4所示。

压力油从进油口进入叶片之间，位于进油腔的叶片有 7、8、1 和 3、4、5 两组。叶片 8 和 4 两侧均受高压油作用，作用力互相平衡，不产生转矩；叶片 7、1 和 3、5 所承受的压力不能平衡，叶片 1、5 产生顺时针方向转矩，7、3 产生逆时针方向转矩，但由于 1、5 叶片伸出长，作用面积大，顺时针产生的转矩大于逆时针转矩，所以转子按顺时针方向转动。如果改变输油方向，液压马达反转。

#### (2) 双作用叶片马达结构特点如下：

为了保证叶片可靠压向定子的工作表面，结构上设置了扭力弹簧（燕形弹簧）作用在叶片根部，或在其内部装有单向阀（梭阀），使叶片始终贴紧定子，保证液压马达顺利启动。

叶片数通常取偶数，在转子中对称分布，工作中转子所承受的径向液压力平衡。为实现正反两个方向旋转，叶片在转子中径向放置，叶片倾角为零。

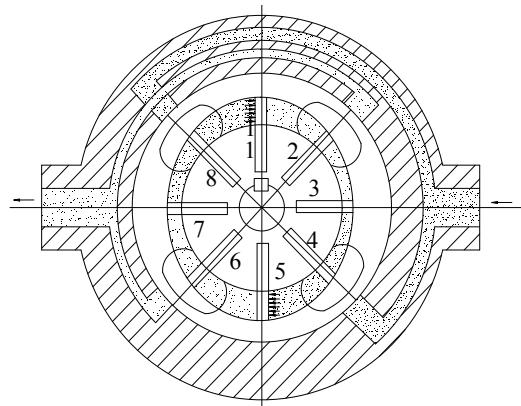


图 2-4 叶片式液压马达工作原理

### 3.3 轴向柱塞式液压马达

斜盘式轴向柱塞马达工作原理如图 2-5 所示。缸体内的柱塞轴向布置，当压力油进入马达的高压腔之后，滑靴便受到作用力压向斜盘，其反作用力分解成两个分力，一个分力平行于柱塞轴线与柱塞所受液压力平衡，另一个分力与柱塞轴线垂直，则这个力对缸体及马达轴产生转矩，驱动液压马达旋转作功，输出机械能。

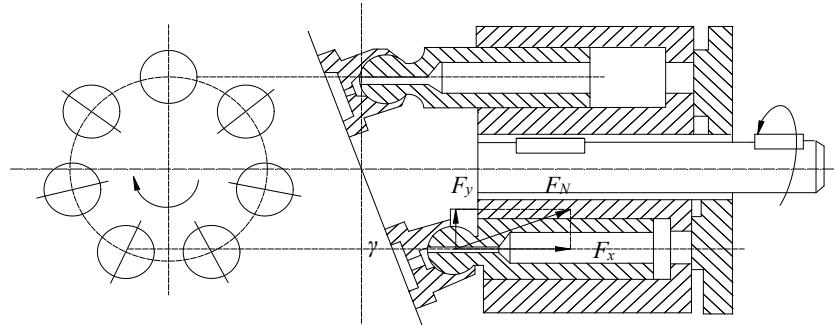


图 2-5 斜盘式轴向柱塞马达工作原理图

## 4 液压缸

### 4.1 柱塞式液压缸

#### (1) 柱塞式液压缸结构

一般单作用液压缸多为柱塞式液压缸，其结构如图 2-6 所示。缸体内壁和柱塞不接触，工作时柱塞总是受压。为了保证柱塞在液压缸内沿中线伸出后的稳定性，在柱塞与缸体间安装有导向套。柱塞和缸体端部用 V 形密封圈密封，缸盖内孔还装有防尘圈防止尘土进入液压缸。缸体上方设有排气螺塞，用以排除缸内积存的空气。

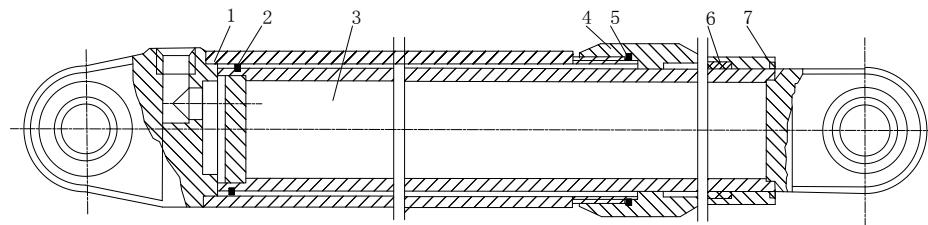


图 2-6 柱塞式液压缸结构

1 缸筒 2 钢丝 3 柱塞 4 导向套 5 50 形密封圈 6 6V 形密封圈 7 防尘圈

#### (2) 工作原理

柱塞式单作用液压缸只有一个通油孔，靠液压力只能实现一个方向的运动。当输入压カ油时，推动柱塞带动活塞杆伸出；回程时柱塞依靠自重和工作装置重力（液压缸垂直放置时）或其它外力作用实现返回。

### 4.2 活塞式液压缸

#### (1) 双作用单活塞杆液压缸

单杆活塞缸的活塞只有一端带活塞杆，其结构如图 2-7 所示，主要由以下几部分组成。缸体部分由端盖 1 和缸筒 2 组成。活塞部分由活塞 5 和活塞杆 10 组成。密封部分是为了

防止油液内外泄漏，在缸筒与活塞之间，活塞杆与导向套之间、缸筒和两侧端盖之间分别装了密封圈 4、7 和 8。此外在前端与活塞杆之间装有导向套 6 和防尘圈 9。油口 A 和 B 均通压力油和回油，实现双向液压驱动，所以又称为双作用液压缸。

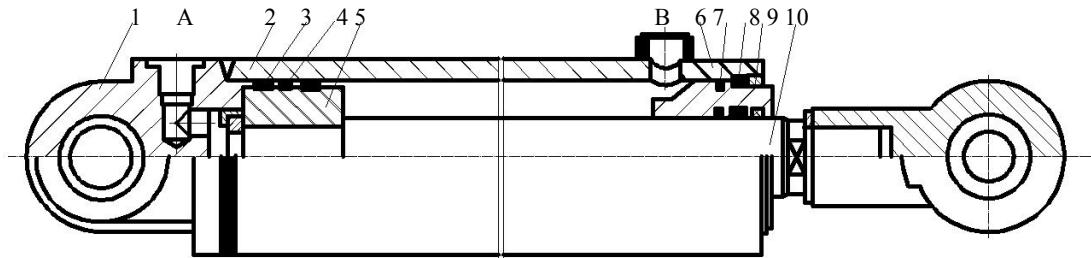


图 2-7 单活塞式液压缸结构

1 端盖 2 缸筒 3 支撑环 4 7 密封圈 5 活塞 6 导向套 9 防尘圈 10 活塞杆

单杆活塞缸左右两腔的有效工作面积不相等，因此当分别给两腔输入相同流量的压力油时，所得两个方向的推力是不相等的，液压缸往复运动速度也是不相等的。

#### (2) 双作用双活塞杆液压缸

双活塞杆液压缸被活塞分隔成两腔，两端均有活塞杆伸出，且两活塞杆直径通常相等，活塞两端的有效面积相同，如图 2-8 所示。如果供油压力和流量不变，那么活塞往复运动时两个方向的作用力和速度均相等。

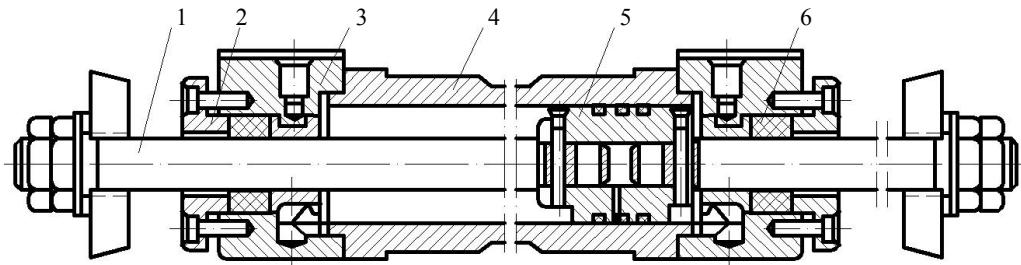


图 2-8 双活塞杆液压缸结构

1 活塞杆 2 压盖 3 缸盖 4 缸筒 5 活塞 6 密封圈

### 4.3 摆动式液压缸

摆动式液压缸是一种实现往复摆动的执行元件。其类型可分为叶片式和活塞式两大类。(1) 叶片式摆动缸

单叶片摆动马达是由定子块和叶片把工作腔分隔成两腔，如图 2-9 (a) 所示，叶片摆动角度最大不超过  $310^\circ$ 。当压力油进入其中一腔时，该腔容积增大，叶片和输出轴一起旋转，另一腔容积减小，进行排油。压力油反向输入时，叶片及输出轴反转。

双叶片摆动马达如图 2-9 (b) 所示。两个 A 腔必须同时通入压力油，两个 B 腔同时回油。其摆动角度最大不超过  $100^\circ$ 。与单叶片比较，结构尺寸和输入压力、流量都相等的条件下，输出转矩可增加 1 倍，输出轴不受径向力，机械效率高。但转角较小，内泄漏较大，容积效率较低。

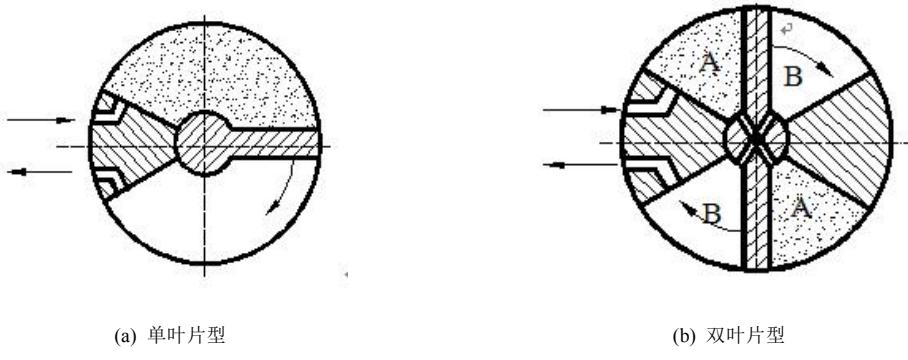


图 2-9 叶片型摆动液压马达工作原理

### (2) 活塞式齿条齿轮型摆动液压缸

单缸单作用式齿轮齿条型摆动液压缸结构, 如图 2-10 所示。两个活塞 4 固定在齿条活塞杆 5 的两端, 齿条 5 和齿轮 6 咬合为机械转换器。当左腔输入压力油时, 带有齿条的活塞杆在压力作用下向右运动, 驱动齿轮旋转, 由齿轮轴输出转矩, 带动负载旋转。压力油反向输入时, 输出轴反转。这种摆动液压缸优点是结构简单, 密封容易, 传动效率高, 转矩和角速度传递平稳, 位置精确便于控制。缺点是制造与安装要求高。

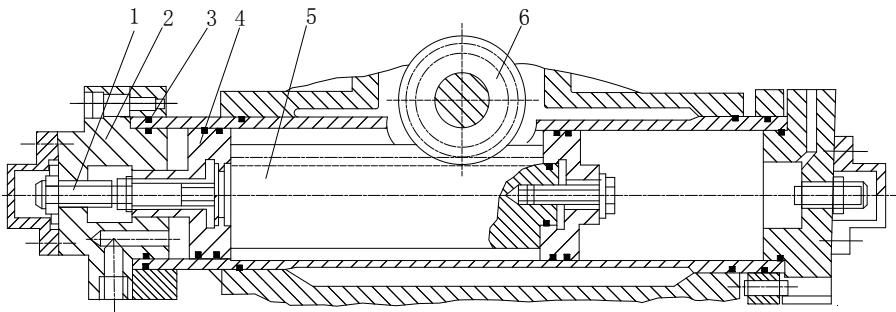


图 2-10 单缸单作用式摆动液压马达结构

1 调节螺钉 2 端盖 3 卡环 4 活塞 5 齿条 6 齿轮

### 思考题

#### 液压马达部分

- 1、简述齿轮式液压马达工作原理?
- 2、简述叶片式液压马达工作原理及结构特点?
- 3、简述柱塞式液压马达工作原理?

#### 液压缸部分

- 1、简述柱塞式液压缸的工作原理及工作特点?
- 2、简述活塞式液压缸的工作原理及工作特点?
- 3、简述摆动式液压缸的工作原理及工作特点?

# 实验三 液压阀拆装实验

## 1 实验特点

实验类型：验证

实验类别：专业基础

计划学时：4 学时

每组人数：6~8 人

## 2 目的要求

液压阀是属于液压系统控制调节元件，其功用是控制液压系统的压力、流量和运动方向。液压阀种类很多，按作用可分为压力阀、方向阀和流量阀。通过液压阀拆装实验，要求学生熟练掌握各液压阀结构和工作原理，解决课堂上难以理解的复杂结构和空间油路，做到理论联系实际，提高分析问题和解决问题的能力。

## 3 压力控制阀

### 3.1 溢流阀

溢流阀的阀口是常闭式的，弹簧腔的漏油可通过阀体上的油孔流入出油口，属于内泄式。溢流阀主要作用有稳压溢流，过载保护，调压背压，远程控制及卸荷作用。

#### (1) 低压 P—B 型直调式溢流阀

直动式溢流阀结构主要由阀芯、阀体、调压弹簧、调节螺母等零件构成，如图 3-1 所示。工作时，系统压力油直接作用在阀芯上与弹簧力等相平衡。当液压力大于弹簧力时，使阀芯移动，阀口开起。控制阀芯抬起的油压来自进油口。进油口的压力油可通过阀芯杆部径向孔和中心孔流入阀芯底部油腔。中心孔的孔径小，有阻尼作用。阀口的遮盖量约 2mm 左右。

#### (2) 中压 Y 型先导式溢流阀

Y 型先导式溢流阀由主阀和先导调压阀两部分组成，如图 3-2 所示。进油口的压力油

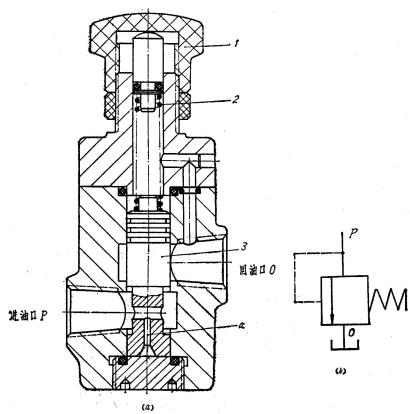


图 3-1 低压 P—B 型直调式溢流阀

1 调节螺母 2 弹簧 3 阀芯

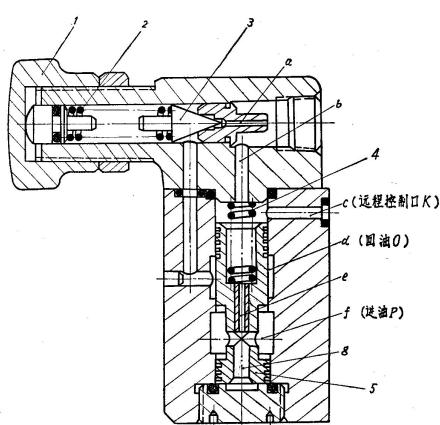


图 3-2 中压 Y 型先导式溢流阀

1 调节螺母 2 调节弹簧 3 先导阀芯 4 主阀弹簧 5 主阀芯

可通过主阀芯杆部径向孔，再通过中心孔 g 进入阀下端油腔，同时通过中心阻尼孔 e 进入主阀芯上端油腔。主阀芯上端油腔的油液可通过先导阀调压阀上的孔 b 进入先导阀压阀，再通过阀座的中心孔 a 作用在锥阀芯上，通过锥阀的油液可经阀体上的泄油孔道流回主阀回油腔。远程控制口 K 通过油道 c 与主阀芯上端油腔相连，通过远程控制口 K 可实行远程调压和卸荷。

先导式溢流阀的开阀三过程：

- 封闭过程：主阀、先导调压阀关闭，没有液体流动，主阀上下腔油压相等。
- 开启过程：先导阀打开，液体开始流动，主阀上下腔产生压差，主阀仍关闭。
- 溢流过程：主阀打开，溢流阀开始稳压溢流。

### 3.2 中压 J型减压阀

先导式减压阀由主阀和先导调压阀两部分组成。阀口是常开的。控制主阀芯运动的上下两腔油压均来自出油口  $P_2$ 。通过先导调压阀的油液经过阀体上的通道，从主阀体上的泄油口 L 流回油箱。如图 3-3 所示。

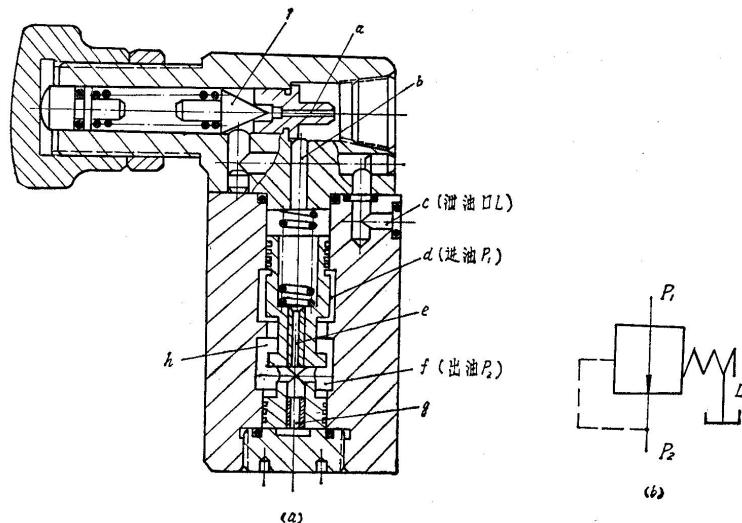


图 3-3 中压 J型减压阀

### 3.3 顺序阀

顺序阀阀口是常闭的，出口接系统负载。工作时，阀芯处于全开状态，完成顺序动作。有单独的泄油孔。

#### (1) 低压 X—B 型顺序阀

工作时，通过来自阀体进油口  $P_1$  的油液进入阀芯下端油腔，控制阀芯移动。滑阀缝隙的漏油流入弹簧室，经过油口 L 流回油箱，实行外泄。如图 3-4 所示。

#### (2) 中压 XY 型液动顺序阀

XY 型液动顺序阀又称遥控先导式顺序阀，它和 X—B 型顺序阀基本相同，不同之处是阀芯下端油腔的控制油压不是来自阀的进油口  $P_1$ ，而是通过遥控口 K 与外部信号油压相连，另外调节方式为先导调压。如图 3-5 所示。

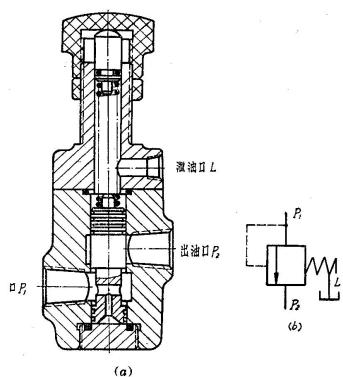


图 3-4 X-B 型顺序阀中压

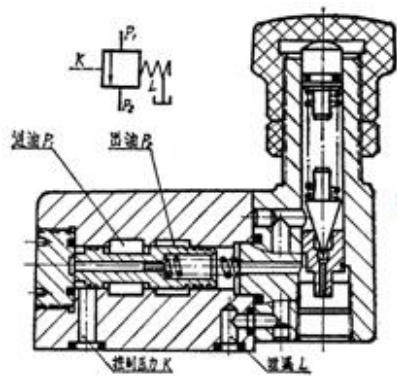


图 3-5 XY 型液压动顺序阀

### (3) 高压 X 型顺序阀

阀芯由母阀芯和子阀芯组成差径式阀芯，子阀芯下端油腔的控制油液来自本阀进油口  $P_1$ ，如图 3-6 所示。通过滑阀缝隙泄漏的油液积存于弹簧室，经阀盖上的泄油口  $L$  流回油箱。母阀芯下端油腔积存的泄漏油可经母阀芯的中心孔流向弹簧室，再经泄油口  $L$  流回油箱。

将下盖转  $180^\circ$  可改成摇控顺序阀。将下盖和上盖都转  $180^\circ$  可改成卸荷阀。

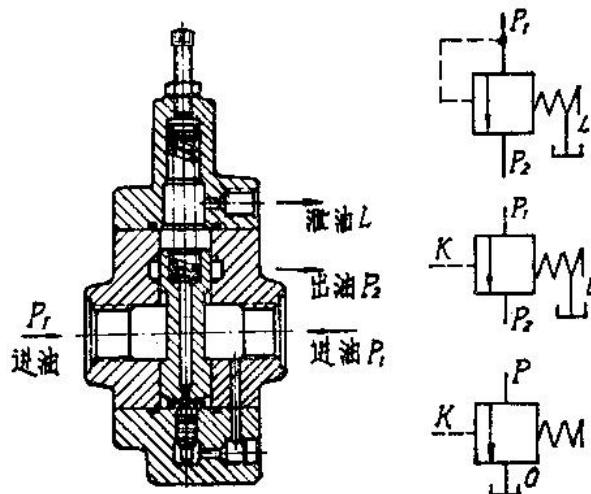


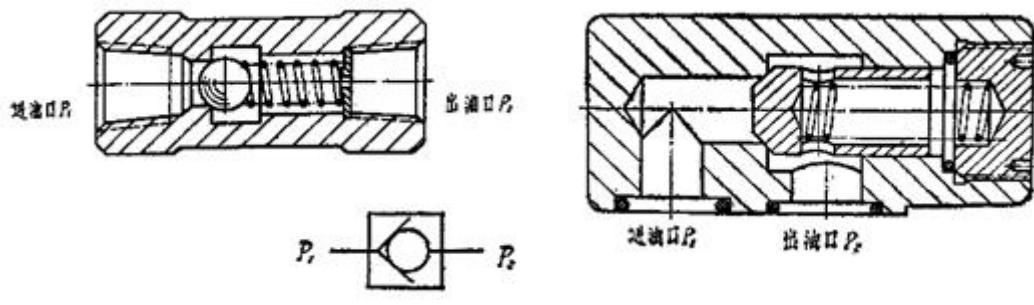
图 3-6 高压 X 型顺序阀

## 4 方向控制阀

### 4.1 单向阀

#### (1) 中压 I 型单向阀

单向阀的结构非常简单，阀芯有钢球和锥芯两种，如图 3-7 (a) (b) 所示。压力油从  $P_1$  流入，作用在阀芯上的液压力克服弹簧力推开阀芯，油液流向出口  $P_2$ 。当油液反向流入时，液压力和弹簧力将阀芯紧压在阀座上，阀口紧闭，油液不通。阀体内部弹簧较软，主要用来使阀芯可靠复位作用。阀芯开启压力很低，一般约为  $0.03$ — $0.05$  MPa。作背压阀时，换上刚度大的弹簧，使开阀压力为  $0.2$ — $0.6$  MPa。



(a) I-25 型

(b) I-63 型

图 3-7 中压 I 型单向阀

### (2) 中压 IY 型液控单向阀

液控单向阀是可以实现双向流动的单向阀。当控制油口 K 不通压力油时，油液只能从  $P_1$  进入，顶开阀芯从  $P_2$  流出，反向不通。当控制油口 K 接通压力油时，小活塞压缩弹簧顶开阀芯，使油从  $P_2$  流向  $P_1$ ，如图 3-8 所示。

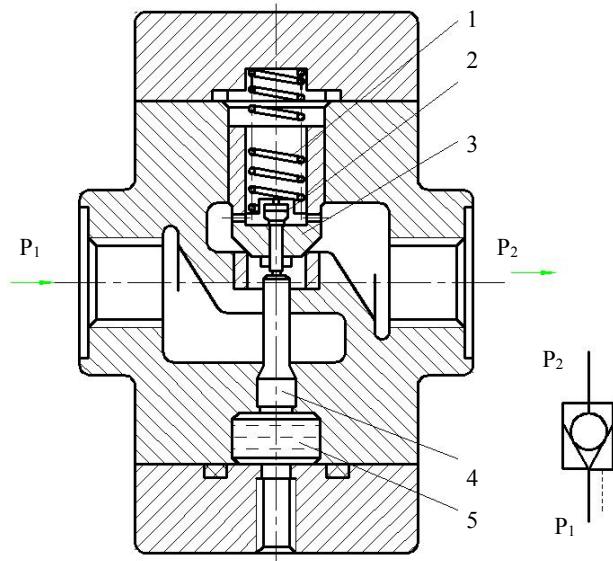


图 3-8 中压 IY 型液控单向阀

1 弹簧 2 卸荷阀芯 3 锥阀 4 推杆 5 控制活塞

## 4.2 换向阀

### (1) 中压 340-10 型转阀

340-10 型转阀是三个阀位（左、中、右），四个油口（P、A、B、O），中位封闭（P、A、B、O 互不相通）的手动换向转阀，如图 2-9 所示。压力油从进油口 P 进入，通过环槽 c，油沟 b，与油口 A 相通。从油口 B 进入油，经过油沟 e、环槽 a，从回油口 O 流回油箱。如图 3-9 所示。

搬动手柄 2 将阀芯右转  $45^\circ$  时，油沟 b、e 和油口 A、B 断开。搬动手柄 2 将阀芯再右转  $45^\circ$  时，油口 A 通过油沟 e 和回油口 O 相通。而油口 B 通过油沟 d 和压力油口 P 相通，实现换向。拨杆 3、4 用于机动控制，钢球用于定位。

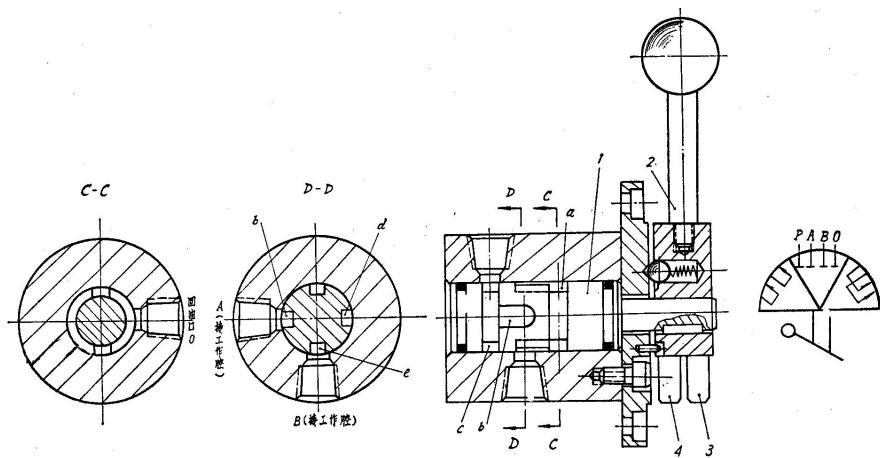


图 3-9 中压 340-10 型转阀

1 阀芯 2 手柄 3、4 机动开关

### (2) 中压 34E1-25B 型电磁滑阀

34E1-25B 型电磁滑阀是三个阀位（左、中、右），四个通油口（P、A、B、O），直流电磁铁控制的电磁换向阀。流量为  $4.17 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  (251/min) 板式结构。阀体上有五个沉割槽，中间为 P，相邻两侧为 A 和 B，最外两端为 O，借助通道连通，因此五个沉割槽实际对应四个油口，如图 3-10 所示。

工作原理：当电磁铁不通电时，两端弹簧 1、3 使阀芯处于中间位置。四个油口 P、A、B、O 互不相通。当右边电磁铁相通电，电磁铁的铁芯向左运动，通过推杆 4 将阀芯 2 推向左端，于是 P 和 B 相通，A 和 O 相通。当左边电磁铁相通电，电磁铁的铁芯向右运动，通过推杆将阀芯 2 推向右端，于是 P 和 A 相通，B 和 O 相通。实现换向。阀芯两端油腔 a 和 c 通过孔 d 引到泄油口 L，使漏油流回油箱。

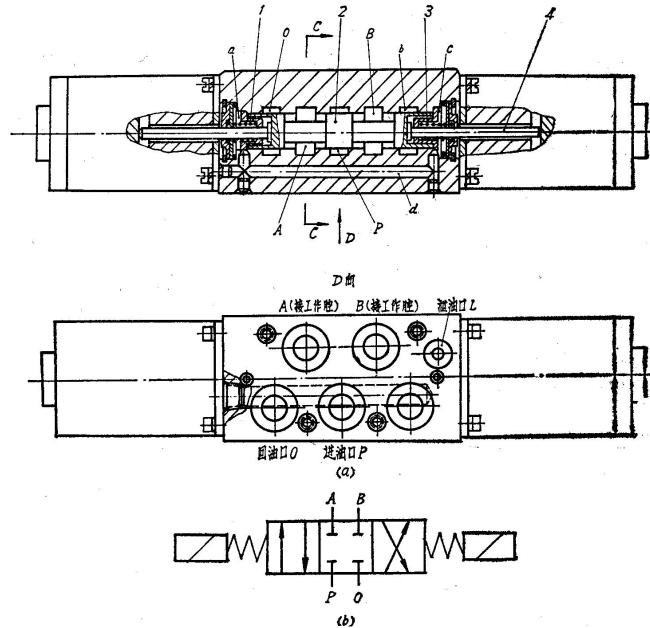


图 3-10 中压 34E1-25B 型电磁滑阀

### (3) 高压 34D0-B10H 型三位四通电磁阀

34D0-B10H 型三位四通电磁阀是三个阀位（左、中、右），四个通油口（P、A、B、0），交流电磁换控制的电磁换向阀。是板式结构，通径为 10mm，压力为 21MPa。（型号中 3 代表三位、4 代表四通，D 代表交流电、0 代表中位滑阀机能，B 代表连接，10 代表通径为 10mm、H 代表高压力）。阀体上只有三个沉割槽，中间为 P，两侧分别为 A 与 B。阀体两端尚有两个油腔作为  $O_1$  和  $O_2$  回油腔， $O_1$  和  $O_2$  回油腔通过阀体内的通道相连，因此实际上只有一个回油口 0，如图 3-11 所示。

由于采用阀体两端油腔做回油腔 0，所以回油腔 0 的压力不能太高，否则电磁铁推杆上的两个 O 型圈就会产生较大的摩擦力，使换向不可靠，所以这种型式电磁阀的最大背压不应超过 7MPa。

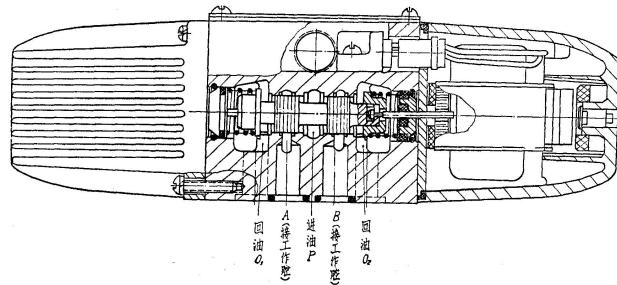


图 3-11 高压 34D0-B10H 型三位四通电磁阀

### (4) 中压 34EY-63BZ 型电液换向阀

34EY-63BZ（型号说明：3 为三位、4 为四通、E 代表直流电、Y 代表液控、63 代表流量为 63L/min，B 代表板式连接，Z 代表带阻尼器的，该阀滑阀机能为 Y 型）是电磁滑阀和液动滑阀组合的复合阀、电磁阀起先导作用，它控制液动滑阀阀芯两端的换向油压，所以能用较小的电磁铁来控制大的液流，如图 3-12 所示。

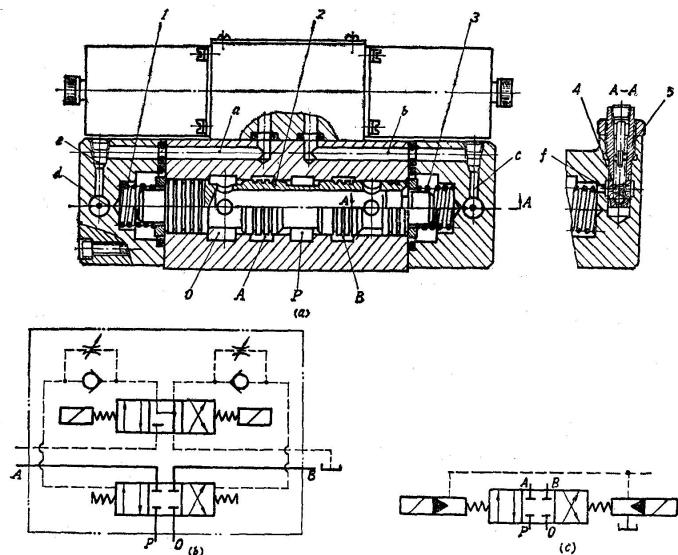


图 3-12 中压 34EY-63BZ 型电液换向阀

工作原理：当右边电磁铁通电时，从电磁阀来的控制油沿通道 b、c 经单向阀 4 和 f

进入主阀 2 的右端油腔, 将主滑阀的阀芯推向左端, 而主阀右端油腔的油经节流口 d, 通道 e 和 a 再经电磁阀流回油箱。所以主阀阀芯左移速度受节流口 d 的控制。这时主阀进油口 P 和油口 B 连通, 油口 A 通过阀芯的中心孔和回油口 0 连通。当左边电磁铁通电时, 控制油路的压力油就将主阀阀芯推向右端, 使主油路换向。两个电磁铁都断电时, 借助先导电磁阀中位机能 Y 型的特性, 使主阀芯两端油腔都接通油箱卸压, 弹簧 1 和 3 使主阀芯回复中位。主阀阀芯向左或向右的运动速度可以分别用两端的节流螺钉 5 来调节, 从而调节油缸换向的停留时间, 可使换向平稳而无冲击。

## 5 流量控制阀

流量阀是在一定压差下, 依靠改变节流孔液阻的大小来控制通过节流孔流量的。主要包括节流阀, 调速阀, 溢流节流阀和分流集流阀等类型。

### 5.1 中压 L 型节流阀

L 型节流阀的节流口采用轴向三角沟式, 油从进油口  $P_1$  流入, 经孔道 b 和节流沟槽进入 a, 再从油口  $P_2$  流出。转动手轮 3, 借助推杆 2, 使阀芯 1 作轴向移动, 从而调节节流口的通流截面积即可调节通过阀的流量。如图 3-13 所示。

弹簧 4 的作用只是使阀芯 1 紧靠推杆 2。进油  $P_1$  作用在阀芯的外圈, 不会对阀芯产生轴向推力。阀芯 1 上开有中心小孔, 使阀芯右端油压也为  $P_2$ , 阀芯液压平衡, 因而调节流量方便。

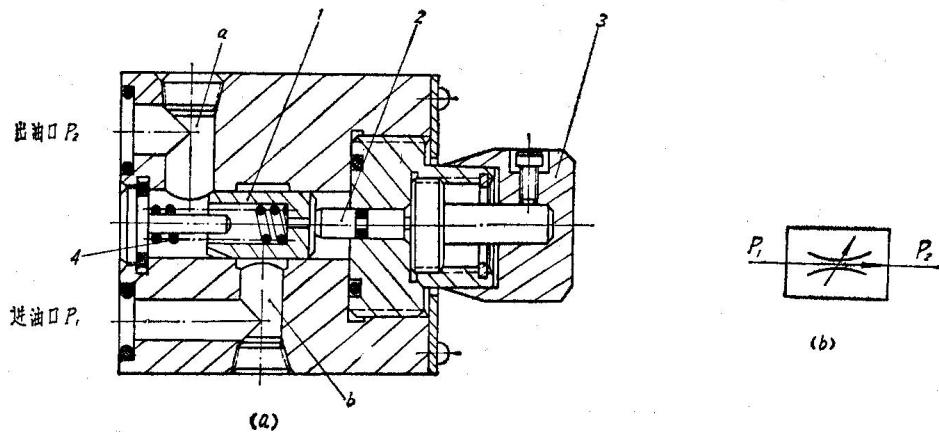


图 3-13 中压 L 型节流阀

1 阀芯 2 推杆 3 调节手轮 4 弹簧

### 5.2 中压 QT 型调速阀

#### (1) 工作原理

QT 型调速阀是带温度补偿的调速阀, 它由差压式减压阀和轴向缝隙式节流阀串联组成, 压力油  $P_1$  从进油口进入环槽 c, 经减压阀的节流口后进入环槽 b, 再经孔 d, 套筒 2 上的薄壁轴向缝隙节流口, 达到阀芯的外围, 再经阀芯上的径向孔进入阀芯内, 再经油腔 a 后从出油口  $P_3$  流出。如图 3-14 所示。

#### (2) 节流阀与减压阀随动关系

节流阀前的压力油 (b 腔的油)  $P_2$  经减压阀阀芯上的径向孔和中心孔流入阀芯小端右

腔, 同时经减压阀阀套上的小孔流入减压阀中部的环形腔, 推动阀芯向左运动, 力图关闭减压阀的节流口。节流阀后的压力油  $P_3$  通过 a 腔可进入减压阀的弹簧油腔, 作用在减压阀左端, 推动阀芯向右运动, 力图打开减压阀的节流口。

### (3) 流量调节

手柄 4 用来调节流量。当转动手柄 4 时, 通过螺杆推动温度补偿杆 3 和节流阀阀芯 1 轴向移动, 改变节流口通流面积, 达到调节流量。最小稳定流量为  $3.6 \times 10^{-7} \text{m}^3/\text{S}$  ( $20 \text{ml}/\text{min}$ )。

### (4) 温度自动补偿机构

温度自动补偿由杆 3 完成, 杆 3 的材料为温度膨胀系数较大的聚四氟乙烯塑料。当温度升高时, 本来说要增加, 这时杆 3 膨胀使阀芯 1 向右做微量位移。关小节流口的通流面积, 部分地补偿油温升高后粘度变小的影响。

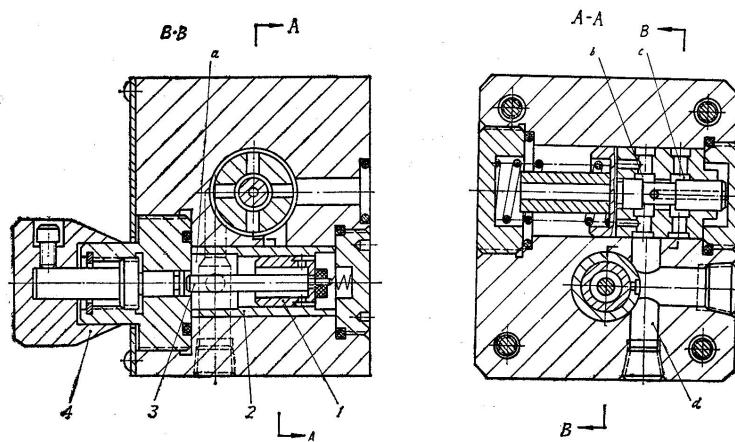


图 3-14 中压 QT 型调速阀

1 阀芯 2 套筒 3 温度补偿杆 4 调节手柄

## 5.3 中压 LY 型溢流节流阀

(1) LY 型溢流节流阀是由差压式溢流阀和节流阀并联组成, 如图 3-15 所示。

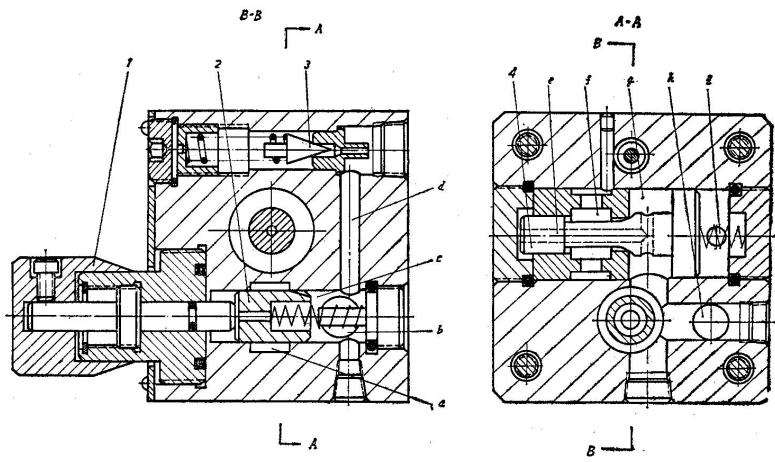


图 3-15 中压 LY 型溢流节流阀

1 调节手轮 2 节流阀 3 安全阀 4 溢流阀芯

(2) 液压泵供油从进油口 h 进入环槽 a, 再经节流阀 2、油腔 c、孔 b 最后从出油口

$P_2$  流出。同时从进油口  $h$  进入的压力油还可以经油腔  $g$ 、溢流阀的溢流口、环槽  $f$  最后从回油口  $0$  溢出。

(3) 节流阀前的压力油作用于溢流阀阀芯 4 大台阶的左边，并通过中心孔  $e$  作用于阀芯左端的端面上；节流阀后的压力油经孔  $d$  和  $I$ （孔  $d$  到孔  $I$  的通道图中来表示）作用在溢流阀阀芯的右端，使阀芯进行调节，保持节流阀上的压力差为一近似常数。节流阀后的液流还可经孔  $d$  作用在安全阀 3 的锥阀上，当系统过载时将安全阀打开。从安全阀溢出的油液流向溢流阀的  $f$  油腔，和溢流阀的溢流油液汇合，从回油口  $0$  流回油箱。

(4) 转动手轮 1，可使节流阀 2 阀芯轴向移动，调节所需要的流量。

(5) 当油缸载荷达到额定值或是活塞运动到终端时，节流阀后的压力  $P_2$  上升。安全阀打开，这时溢流节流阀相当于一个先导式溢流阀，其中安全阀 3 相当于溢流阀的先导调压阀，节流阀 2 则相当于主阀芯上的阻尼小孔，液压泵便在安全阀 3 调定的压力下正常工作。

#### 5.4 分流集流阀

##### (1) 挂钩式分流集流阀结构

挂钩式分流集流阀的结构主要由阀体，左右两个阀芯、中央弹簧及两侧弹簧等零件构成，如图 3-16 所示。阀体内部各弹簧作用是确定阀的初始状态。 $Q_1$  和  $Q_2$  两油孔分别接执行元件。 $Q_0$  在分流时接动力源，输入压力油液，此时为进油孔；在集流时，将阀体内的压力油液排出，此时为排油孔。

##### (2) 分流集流阀作用

分流集流阀是保证两个并联的执行元件在承受不同负载时，仍能获得相同的或按一定比例的流量，实现两个执行元件的速度保持同步或保持一定比例，故又称同步阀。

##### (3) 工作原理

在分流工况时，进入阀体的高压油分别流向两个固定节流孔，经固定节流孔后产生压降，左右两阀芯内压力高于外压力，迫使两阀芯背离移动，直至钩子相互挂住，两阀芯形成一个整体。

在集流工况时，可变节流孔是由圆孔与沉割槽内侧边组成。左右两固定节流孔与相应可变节流孔之间形成左右两油腔，腔内压力分别为  $p_1$  和  $p_2$ ，根据压力调节开口量大小，分配两腔体油液的流量，完成同步运动。

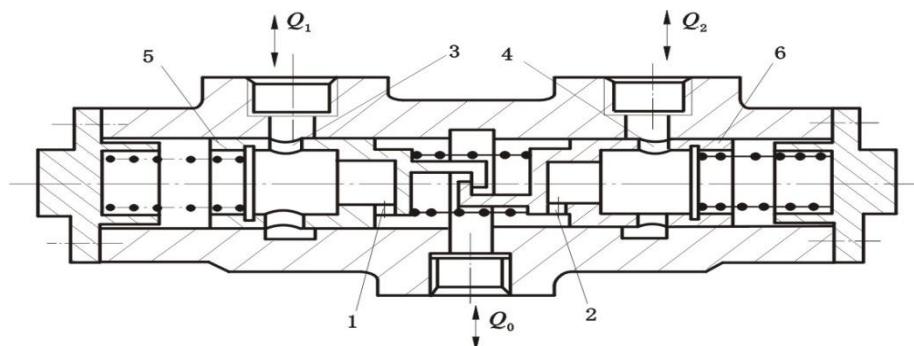


图 3-16 挂钩式分流集流阀的结构原理图

1 左阀芯固定节流孔 2 右阀芯固定节流孔 3 左阀芯可变节流孔 4 右阀芯可变节流孔 5 左阀芯 6 右阀芯

#### 6 FP-75A 型分配器

分配器内部结构主要由主阀芯（六道环带五道环槽构成），安全阀，自动回位机构等部分组成。其工作过程如图 3-17 所示。

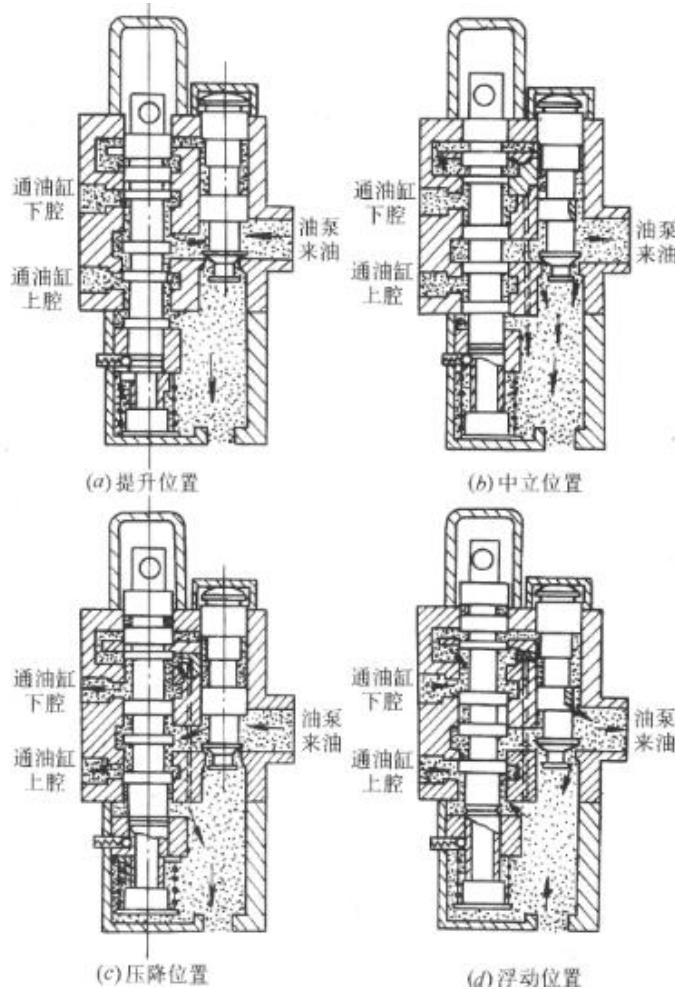


图 3-17 FP-75A 型分配器工作情况

### （1）提升位置

滑阀第一道环带封闭了控制油路，回油阀在弹簧作用下关闭。压力油经第三道环槽、高压油管进入液压缸无杆腔，推动活塞移动，使活塞杆伸出。有杆腔的油液经第五道环槽压回油箱。

### （2）中立位置

滑阀的第三、四道和第五、六道环带分别封闭了通液压缸两腔的油路，压力油无法进入液压缸，活塞不能移动。同时，滑阀的第一、二道环槽接通了控制油路与回油路，压力油经节流孔、控制油路和回油路流回油箱。由于节流孔阻尼作用，使回油阀产生压力差，压缩弹簧而打开回油阀，液压油流回油箱，泵卸荷。

### （3）压降位置

滑阀第二道环带封闭了控制油路，回油阀关闭。压力油经第五道环槽、高压油管与液压缸有杆腔相通，推动活塞移动，使活塞杆收回。无杆腔的油液经第三道环槽和回油道压

回油箱。

#### (4) 浮动位置

滑阀的第五、六道环带封闭了液压泵进入液压缸两腔的油路，滑阀的第二、三道环槽接通了控制油路与回油路，回油阀在产生的压力差作用下开启，泵卸荷。液压缸两腔与回油道相通，活塞处于自由移动状态。

### 思考题

#### 压力阀部分

- 1、溢流阀在液压系统中有何功用？试画出五种应用的液压回路原理图并加以说明。
- 2、先导式溢流阀由哪两部分组成？与直调式溢流阀比较，其优点是什么？
- 3、先导型溢流阀的远程控制口是否可以接回油箱？为什么？
- 4、简述先导式溢流阀的开阀三过程？
- 5、减压阀的工作原理如何？压力油液通过先导式减压阀为什么能够降低？
- 6、减压阀和溢流阀有何不同？不拆阀件，如何根据阀的特点正确判断两阀？
- 7、用溢流阀和减压阀的图形符号分析它们之间的区别？
- 8、溢流阀和顺序阀在原理、结构和职能符号上的异同？顺序阀能否改装成溢流阀？
- 9、压力阀的共同特点是基于什么原理工作的？

#### 方向阀部分

- 1、单向阀的结构主要有哪两种形式？如果做背压阀使用时应怎样改装？
- 2、液控单向阀有何功用？
- 3、何谓换向阀的“位”和“通”，举例说明？
- 4、如何将340—10型转阀用于机动控制？
- 5、什么叫做三位换向阀的“中位机能”？
- 6、分析说明“34D0—B10H”和“34EY—63BZ”两个换向阀的型号所代表的含义？
- 7、电液换向阀有何特点？如何调整它的换向时间？

#### 流量阀部分

- 1、节流阀为什么能改变流量？
- 2、流量阀的节流口为什么采用薄壁孔而不采用细长孔？
- 3、调速阀是由什么阀组成的？分析调速阀工作原理。
- 4、为什么调速阀比节流阀调速性能好？怎样使执行元件运动速度稳定的？
- 5、溢流节流阀是由哪些阀组成的？分析溢流节流阀的工作原理？
- 6、分流集流阀工作原理？

#### 分配器部分

- 1、简述分配器的工作过程？
- 2、安全阀如何工作的？
- 3、自动回位机构的工作原理及作用？

## 实验四 磨床液压系统实验

## 1 实验特点

实验类型：验证

计划学时：2 学时

实验类别：专业基础

每组人数：6~8人

## 2 目的要求

通过磨床液压系统动态演示，了解四大元件在液压系统中的作用，熟悉液压系统的组成和工作原理。特别是对压力取决于负载和速度取决于流量有一个深刻的认识。

### 3 实验所需工具及材料

内六角扳手、固定扳手、螺丝刀、磨床液压系统实验台、液压油。

## 4 实验原理

齿轮泵的输入轴通过电机带动旋转，将电机的机械能转换成液压能，在溢流阀的调定压力下液体沿管道进入系统，通过电磁换向阀的换向可使磨床工作台往复移动，通过液压缸将液压能转换成机械能输出，完成两次能量转换。如图 4-1 所示。

## 5 实验内容及步骤

- (1) 接通电源, 启动电机开关, 驱动液压泵运转。
  - (2) 当改变电磁换向阀通流方向时, 控制液压缸伸收往复运动, 带动磨床工作台往复移动。
  - (3) 当调节节流阀的通流面积时, 可限制进入液压缸的流量, 从而控制液压缸的运行速度。
  - (4) 当调节溢流阀时, 可使系统的承载能力加强或者减弱, 以适应负载大小的要求。

### 思考题

- 1、液压系统是如何进行两次能量的转换？
  - 2、简要说明液压系统原理及组成系统的四大元件功能。
  - 3、如何操纵和控制液压系统的速度和负载？
  - 4、根据液压系统，画出磨床用职能符号表示的工作原理图。
  - 5、根据液压系统原理图并结合动态实验写出磨床工作台往复运动和液压泵卸荷的油流路线。

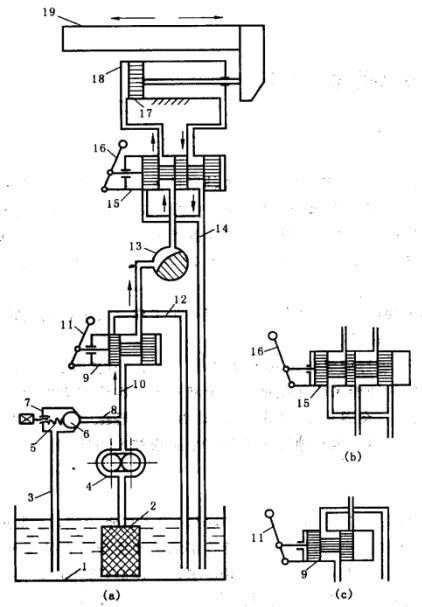


图 4-1 磨床液压系统工作原理图

# 实验五 液压泵性能实验

## 1 实验特点

实验类型: 综合  
计划学时: 2 学时

实验类别: 专业基础  
每组人数: 6~8 人

## 2 目的要求

通过液压泵性能实验, 了解液压泵的主要性能, 测定液压泵的流量-压力特性, 容积效率和总效率, 并学会小功率液压泵的测试方法。

## 3 实验内容与原理

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。

### 3.1 液压泵压力-流量特性

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。

(1) 空载(零压)流量: 在实际生产中, 泵的理论流量并不是按液压泵设计时的几何参数和运动参数计算, 通常在额定转速下以空载(零压)时的流量代替理论流量。系统中节流阀通流面积为最大的情况下测出所得空载流量  $Q_{\text{空}}$ 。

(2) 额定流量: 指泵在额定压力和额定转速的工作情况下, 测出的流量  $Q_{\text{额}}$ 。

(3) 不同工作压力下的实际流量  $Q$ : 不同的工作压力由系统中节流阀调定, 读出相应压力下的实际流量  $Q$ 。

### 3.2 液压泵的容积效率

$$\eta_{\text{容}} = \frac{Q_{\text{额}}}{Q_{\text{空}}} \times \frac{n_{\text{空}}}{n_{\text{额}}}$$

若电动机的转速在液压泵处于额定工作压力及空载(零压)时基本上相等  $n_{\text{额}} \approx n_{\text{空}}$ ,

### 3.3 液压泵的总效率

$$\eta_{\text{总}} = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{入}}} \text{ 或 } P_{\text{出}} = P_{\text{入}} \cdot \eta_{\text{总}} = P_{\text{入}} \cdot \eta_{\text{机}} \cdot \eta_{\text{容}}$$

液压泵的输入功率

$$P_{\text{入}} = M \cdot 2\pi n$$

式中:  $M$ —在额定压力下, 泵的输入转矩 ( $N \cdot m$ )

$n$ —在额定压力下, 泵的转速 ( $r/min$ )

液压泵的输出功率

$$P_{\text{出}} = \frac{P \cdot Q}{60} \text{ kW}$$

式中:  $P$ —在额定压力下, 泵的输出压力 ( $\text{MPa}$ )

$Q$ —在额定压力下, 泵的流量 ( $\text{L/min}$ )

#### 4 实验装置的液压系统原理图

运用双液压泵来驱动液压马达, 液压马达直接通过联轴节带动被试泵, 被试泵回路利用溢流阀调节改变实验所测压力。实验系统原理图如图 5-1 所示。

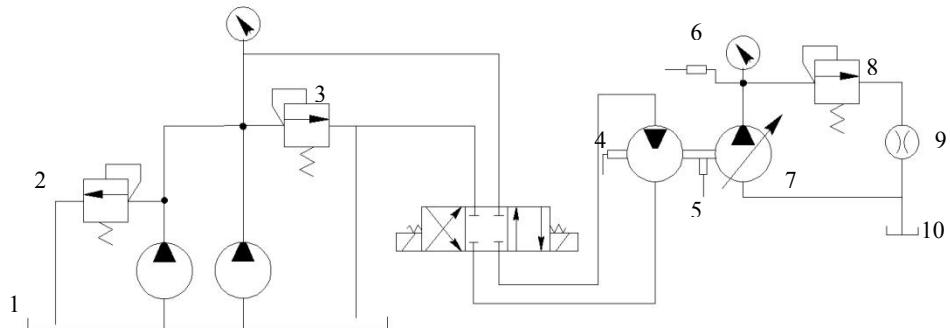


图 5-1 液压系统原理图

1 主油箱 2、3、8 溢流阀 4 转矩传感器 5 转速传感器 6 压力传感器 7 被试泵 9 流量计 10 辅助油箱

#### 5 实验步骤

(1) 被试泵为限压式变量叶片泵, 安装在辅助平台上, 由液压马达驱动。被试泵的吸油口和排油口必须接到辅助平台下方的油箱内。

(2) 驱动被试泵的马达使用主机台架上的两个泵, 将两个泵的快速接口并联, 接到实验系统中, 为马达供油, 马达要求逆时针旋转, 同时调节两泵上的溢流阀, 调压 12MPa。

(3) 将压力传感器, 流量传感器, 转矩传感器, 转速传感器等各传感器的数据线接头与主机台架上的对应插孔相连。

(4) 启动计算机, 点击桌面上实验图标, 进入实验系统后, 点击菜单栏中“液压泵实验”, 将出现“液压泵性能实验”界面。

(5) 调节被试泵出口溢流阀(这里将变量泵当定量泵使用), 观察压力表指针开始上升, 将该点定为起始点。起始点压力不为零, 一般为 2MPa 以下(这是系统构造决定的)。

(6) 点击计算机左上方工具条中第一个图标采样, 在相应的采样结果窗口中显示采样数据, 同时被记录在表中, 调节泵的最大压力不得超过 3.5MPa, 将该点定为最后一个采集点(即泵变量之前)。2-3.5MPa 之间要采集至少 10 个点。在每次采集之前, 调节至一个压力值后, 要稳定几十秒时间, 然后再采集。

(7) 当采集结束后, 点击工具条上的第二个图标, 则绘出特性曲线; 点击第三个图标, 显示记录。可以进行存储和打印。

注: 数据采集可参见附录 2。

# 实验六 三级调压回路实验

## 1 实验特点

实验类型: 验证  
计划学时: 2 学时

实验类别: 专业基础  
每组人数: 6~8 人

## 2 目的要求

通过三级调压回路实验的学习, 要求学生掌握液压基本回路中的多级调压回路工作原理, 独立完成实验所需各元件的连接, 能够调节各支路的压力, 做到理论联系实际, 提高分析问题和解决问题的能力。

## 3 实验原理

三级调压回路实验原理图如图 6-1 所示, 元件连接示意图如图 6-2 所示。三级调压分别由溢流阀 1、2、3 调定, 溢流阀 1 的远程控制孔通过换向阀分别接远程溢流阀 2 和 3。换向阀中位接通时, 泵的出口压力由溢流阀 1 调定为最高压力。当换向阀切换至左位和右位时, 分别由溢流阀 2 和溢流阀 3 调定。通过三位四通换向阀位置切换可以得到三种不同压力值。

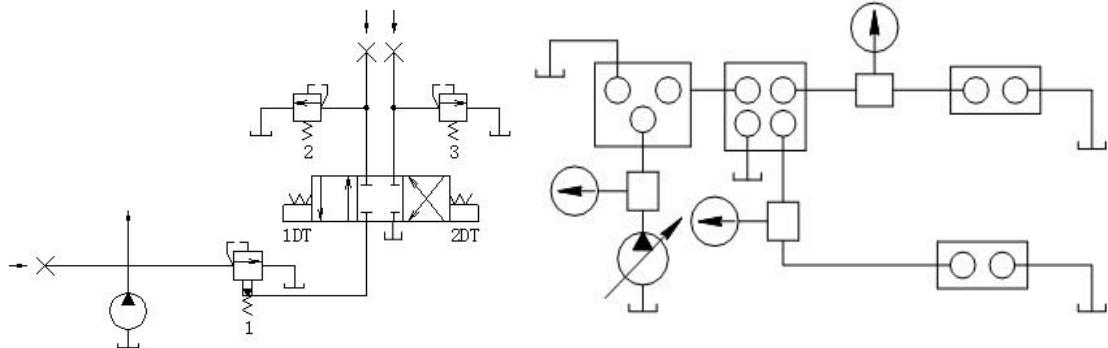


图 6-1 三级调压回路原理图

图 6-2 三级调压回路元件连接示意图

## 4 实验所需元件

溢流阀 3 个, 其中至少有 1 个带遥控孔; 压力表 3 块; 3 位 4 通 0 型电磁换向阀 1 个(或手动阀); 橡胶导管多根。

## 5 实验步骤

- (1) 按照实验回路图的要求, 取出所要用的液压元件并检查型号是否正确。
- (2) 将检查完毕性能完好的液压元件安装到插件板的适当位置上, 每个阀的联结底板的侧面都有各油口的标号, 通过快速接头和软管按回路要求进行接通。
- (3) 将换向阀的电磁铁编号, 再把电磁铁接线插头插到相应的输出孔内。
- (4) 安装完毕后, 先完全旋松溢流阀 1, 以及溢流阀 2 和溢流阀 3, 再启动液压泵,

调节溢流阀 1 的压力为 4MPa。

(5) 将电磁铁控制板的电源开关闭合, 方式选择开关拨到手动。

(6) 将电磁铁 1DT 开关拨到闭合位置, 调节溢流阀 2 的压力为 3MPa, 调整完毕, 将电磁铁开关拨回关闭位置。

(7) 将电磁铁 2DT 开关拨到闭合位置, 调节溢流阀 3 的压力为 2MPa, 调整完毕, 将电磁铁开关拨向关闭位置。

(8) 完成回路调整, 实现三种不同工作压力, 重复上述循环, 观察各压力表数。

(9) 实验完毕后, 首先要旋松回路中的溢流阀, 降低系统压力, 然后关闭电控制板电源和电机。当确认回路中压力降为零后, 方可将胶管和元件取下放入规定的储件箱内。

# 实验七 蓄能器保压泵卸荷回路实验

## 1 实验特点

实验类型：验证  
计划学时：2 学时

实验类别：专业基础  
每组人数：6~8 人

## 2 目的要求

通过蓄能器保压泵卸荷回路实验的学习，要求学生掌握保压和泵卸荷工作原理，独立完成实验所需各元件的连接，能够实现系统的保压和液压泵的卸荷，做到理论联系实际，提高分析问题和解决问题的能力。

## 3 实验原理

蓄能器保压泵卸荷回路实验原理图如图 7-1 所示，元件连接示意图如图 7-2 所示。在三位四通电磁换向阀处于左位（1DT 通电）情况下，液压泵向蓄能器和液压缸无杆腔供油，活塞杆伸出压紧工件后，油压升高。当升高到压力继电器调定值时，发出信号使 3DT 通电，通过先导式溢流阀使泵卸荷，单向阀自动关闭，液压缸由蓄能器保压。当蓄能器压力不足时，压力继电器复位使液压泵启动，如此循环。三位四通电磁换向阀处于右位（2DT 通电）时，液压缸退回。

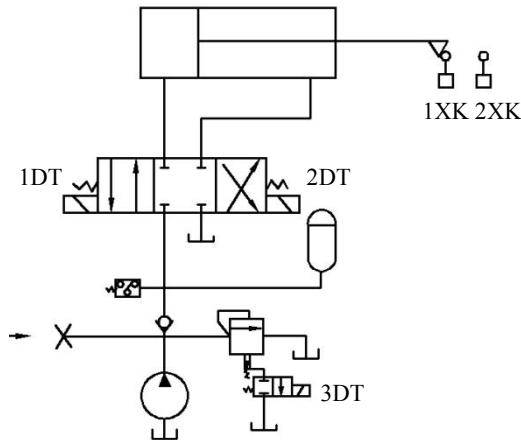


图 7-1 蓄能器保压泵卸荷回路原理图

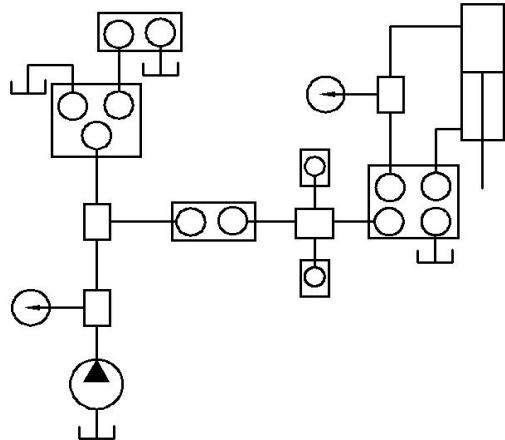


图 7-2 蓄能器保压泵卸荷回路元件连接示意图

## 4 实验所需元件

蓄能器 1 个；行程开关 2 个；压力表 2 块；溢流阀 1 个；液压缸 1 个；三位四通 0 型电磁换向阀 1 个；两位两通电磁换向阀 1 个；橡胶导管多根。

## 5 实验步骤

- (1) 按照实验回路图的要求，取出所要用的液压元件并检查型号是否正确。
- (2) 将检查完毕性能完好的液压元件安装到插座板的适当位置上，每个阀的联结底

板的侧面都有各油口的标号，通过快速接头和软管按回路要求进行接通。

(3) 将所用电磁换向阀的电磁铁编号，把电磁铁接线插头插到相应的输出孔内，接好压力继电器。

(4) 将电磁铁控制板的电源开关闭合，把方式选择及程序选择开关拨到相应位置上。

(5) 旋松溢流阀，启动液压泵，按“复位”按钮，调节溢流阀的压力为4MPa，液压缸活塞杆全部伸出，1DT通电。

(6) 当液压缸活塞杆伸出到终点时，压力上升至压力继电器调定压力时发出信号，使电磁铁3DT处于通电状态，液压泵卸荷，此时蓄能器起到保压作用。

(7) 将电磁铁2DT开关拨到闭合位置（即通电），即可实现退回。每次循环开始需按“复位”按钮。

(8) 实验完毕后，首先要旋松回路中的溢流阀，降低系统压力，然后关闭电控制板电源和电机。当确认回路中压力降为零后，方可将胶管和元件取下放入规定的储件箱内。

自动执行3号程序：

输入信号	1DT	2DT	3DT
复位	-	-	-
启动（1XK计时）	+	-	-
压力继电器	+	-	+
2XK	-	+	-
1XK	-	-	-

# 实验八 差动连接回路实验

## 1 实验特点

实验类型: 验证  
计划学时: 2 学时

实验类别: 专业基础  
每组人数: 6~8 人

## 2 目的要求

通过差动连接快速运动回路实验的学习, 要求学生掌握工作原理, 独立完成实验所需各元件的连接, 能够实现快进-工进-快退工况的循环, 做到理论联系实际, 提高分析问题和解决问题的能力。

## 3 实验原理

快速运动差动连接回路实验原理图如图 8-1 所示, 元件连接示意图如图 8-2 所示。在三位四通电磁换向阀处于左位 (1DT 通电) 情况下, 当两位三通电磁换向阀处于右位 (3DT 通电) 时, 液压缸形成差动连接回路, 实现快速运动; 当两位三通电磁换向阀处于左位 (3DT 断电) 时, 执行元件可承受负载, 运动速度较慢。当三位四通电磁换向阀处于右位 (2DT 通电) 时, 液压缸退回。

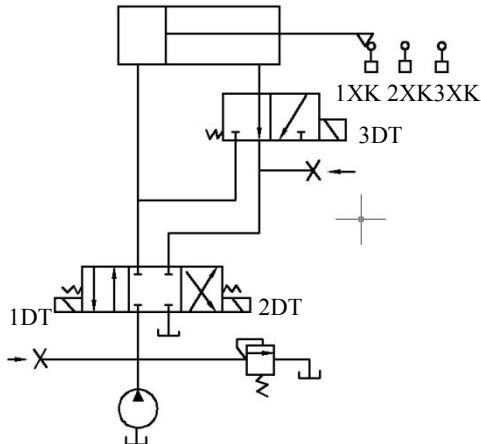


图 8-1 差动连接原理

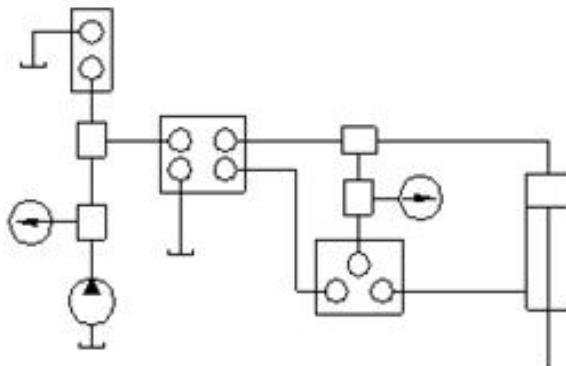


图 8-2 差动连接元件连接示意图

## 4 实验所需元件

行程开关 3 个; 压力表 2 块; 溢流阀 1 个; 液压缸 1 个; 三位四通 0 型电磁换向阀 1 个; 两位三通电磁换向阀 1 个; 橡胶导管多根。

## 5 实验步骤

- (1) 按照实验回路图的要求, 取出所要用的液压元件并检查型号是否正确。
- (2) 将检查完毕性能完好的液压元件安装到插件板的适当位置上, 每个阀的联结底板的侧面都有各油口的标号, 通过快速接头和软管按回路要求进行接通。

(3) 把所用电磁换向阀的电磁铁和行程开关编号，再把电磁铁接线插头插到相应的输出孔内。

(4) 调整三个行程开关之间的距离，使之等距，旋松溢流阀，启动液压泵，调节溢流阀的压力为 2MPa。

(5) 将电磁铁控制板的电源开关闭合，方式选择开关拨到手动。

(6) 将电磁铁 1DT 开关和电磁铁 3DT 开关拨到闭合位置，实现液压缸差动连接的快速运动。当碰到行程开关 2XK 时，电磁铁 3DT 开关断电，实现进给运动。

(7) 当碰到行程开关 3XK 时，将电磁铁 1DT 开关断电，后将电磁铁 2DT 开关通电，即可实现退回。

(8) 实现差动连接快速运动。也可参照 PLC 控制部分选择 1 号程序，进行控制实验。

(9) 实验完毕后，首先要旋松回路中的溢流阀，降低系统压力，然后关闭电控制板电源和电机。当确认回路中压力降为零后，方可将胶管和元件取下放入规定的储件箱内。

自动执行 1 号程序：

输入信号	1DT	2DT	3DT
复位	-	-	-
启动 (1XK 计时)	+	-	+
2XK	+	-	-
3XK	-	+	-
1XK	-	-	-

# 实验九 节流调速回路性能实验

## 1 实验特点

实验类型: 综合

实验类别: 专业基础

计划学时: 4 学时

每组人数: 6~8 人

## 2 目的要求

通过节流调速回路性能实验的学习, 要求学生独立完成实验所需各元件的连接, 掌握回路的特点, 能够分析节流阀三种调速回路速度—负载特性, 比较三种节流调速方法的性能。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。

## 3 实验原理

节流调速回路性能实验原理图如图 9-1 所示。液压泵输出油液经可调节流阀进入液压缸 A 无杆腔, 推动活塞伸出, 有杆腔的油液直接流回油箱, 多余油液经溢流阀 1 流回油箱。溢流阀处于溢流状态, 保持泵出口压力恒定。调节节流阀的流量, 可改变液压缸工作速度。液压缸 B 是提供负载压力, 调节溢流阀 2 确定负载压力, 测试所设定速度负载关系。

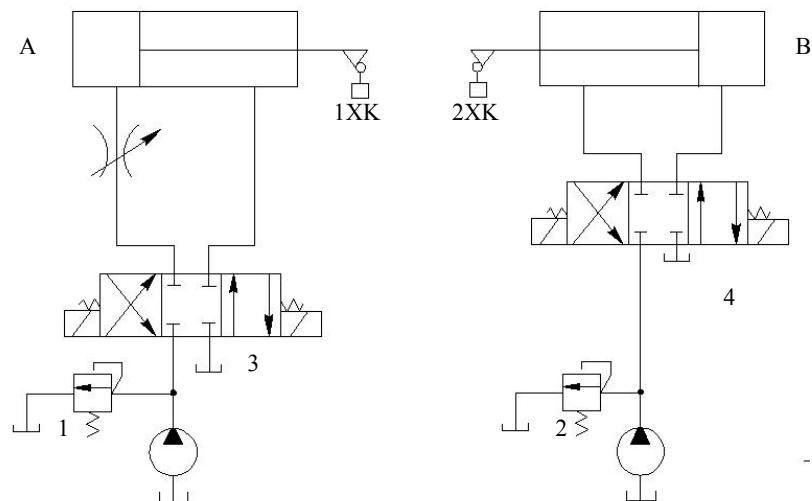


图 9-1 进口节流调速回路原理图

## 4 实验所需元件

行程开关 2 个; 压力表 3 块; 溢流阀 2 个; 液压缸 2 个; 三位四通 0 型电磁换向阀 2 个; 节流阀 1 个; 调速阀 1 个; 两胶导管多根。

## 5 实验步骤

- (1) 按照实验回路图的要求, 取出所要用的液压元件并检查型号是否正确。
- (2) 将检查完毕性能完好的液压元件安装到插座板的适当位置上, 每个阀的联结底

板的侧面都有各油口的标号，通过快速接头和软管按回路要求进行接通。

(3) 把所用电磁换向阀的电磁铁和行程开关编号，再把电磁铁接线插头插到相应的输出孔内。

(4) 调整两个行程开关之间的距离，旋松两溢流阀，启动液压泵，调节溢流阀 1 的压力为 4MPa，溢流阀 2 的压力为 0.5MPa。

(5) 将电磁铁控制板的电源开关闭合，方式选择开关拨到相应位置。调节节流阀或调速阀开度，使液压缸活塞杆运动速度适中。

(6) 通过两个换向阀 3、4 的控制，可分别使液压缸 A、B 缩回和伸出。换向阀 4 左位接通（在实验过程中始终保持它左位接通），换向阀 3 右位接通，使两活塞杆对顶，即可实现动作。在运行过程中读取节流阀进出口压力，测得工作缸活塞杆运动速度，退回工作缸活塞杆。

(7) 调节溢流阀 2 压力，即调节负载压力，每次可增加 0.5MPa，逐次测得工作缸活塞杆运动速度，添入表中，直至活塞杆推不动所加负载为止。绘制 V-F 曲线。

(8) 在使用节流阀或调速阀做三种节流调速实验时，只需改变元件的连接方式，实验步骤均相同。所使用的电磁铁换向阀可采用手动换向阀代替。

(9) 实验完毕后，首先要旋松回路中的溢流阀，降低系统压力，然后关闭电控制板电源和电机。当确认回路中压力降为零后，方可将胶管和元件取下放入规定的储件箱内。

## 6 实验数据

采用节流阀或调速阀的三种节流调速回路性能实验记录表均相同。

实验条件：油温： $^0\text{C}$ ；液压缸无杆腔有效面积  $A_1=20\text{cm}^2$ ，有杆腔  $A_2=20\text{cm}^2$ ， $L=200\text{mm}$

调定 4MPa $P_1$ MPa	序 号	测 算 内 容						备注
		$P_2$ MPa	$P_3$ MPa	$P_4$ MPa	F N	L mm	t s	
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							

根据表中记录数据，绘制 V-F 曲线。

# 实验十 多缸行程顺序动作回路实验

## 1 实验特点

实验类型: 验证  
计划学时: 2 学时

实验类别: 专业基础  
每组人数: 6~8 人

## 2 目的要求

通过手动、PLC、PC 三种操控方法控制多缸行程顺序动作的学习, 要求学生掌握工作原理, 独立完成实验所需各元件的连接, 能够实现多个液压缸按一定顺序完成相应动作的循环, 做到理论联系实际, 提高分析问题和解决问题的能力。

## 3 实验原理

多缸行程顺序动作回路实验原理图如图 10-1 所示, 元件连接示意图如图 10-2 所示。当三位四通电磁换向阀 1DT 通电时, 液压缸 1 活塞杆伸出; 到达预定位置与行程开关 2XK 感应, 输出信号, 使 1DT 断电, 3DT 通电, 液压缸 2 活塞杆伸出; 当液压缸 2 活塞杆到达预定位置与行程开关 3XK 感应, 输出信号, 使 3DT 断电, 2DT 通电, 液压缸 1 活塞杆收回; 当液压缸 1 活塞杆到达预定位置与行程开关 1XK 感应, 输出信号, 使 2DT 断电, 4DT 通电, 液压缸 2 活塞杆收回, 到达预定位置与行程开关 4XK 感应, 完成一个工作循环。

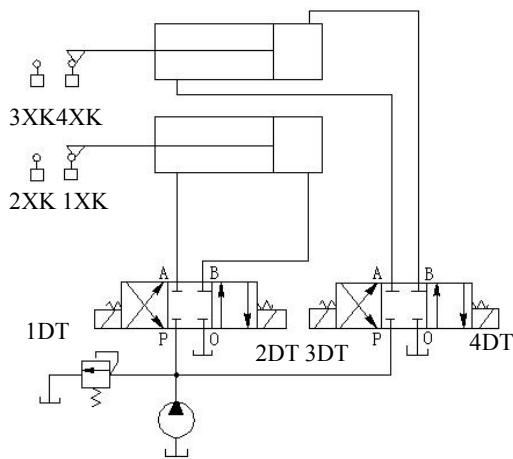


图 10-1 顺序动作回路原理图

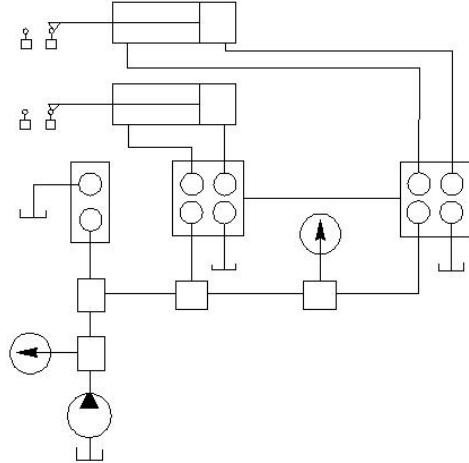


图 10-2 顺序动作回路元件连接示意图

## 4 实验所需元件

行程开关 4 个; 压力表 2 块; 溢流阀 1 个; 液压缸 2 个; 三位四通 0 型电磁换向阀 2 个; 两胶导管多根。

## 5 实验步骤

(1) 按照实验回路图的要求, 取出所要用的液压元件并检查型号是否正确。

(2) 将检查完毕性能完好的液压元件安装到插件板的适当位置上，每个阀的联结底板的侧面都有各油口的标号，通过快速接头和软管按回路要求进行接通。

(3) 把所用电磁换向阀的电磁铁和行程开关编号，再把电磁铁接线插头插到相应的输出孔内。

(4) 调整四个行程开关之间的距离，旋松溢流阀，启动液压泵，调节溢流阀的压力为2MPa。

(5) 将电磁铁控制板的电源开关闭合，方式选择开关拨到相应位置。

(6) 若选择手动方式，将电磁铁1DT开关拨到闭合位置，第一个液压缸活塞杆伸出；将电磁铁3DT开关拨到闭合位置，第二个液压缸活塞杆伸出；将电磁铁1DT开关拨到断开位置，电磁铁2DT开关拨到闭合位置，第一个液压缸活塞杆收回；将电磁铁3DT开关拨到断开位置，电磁铁4DT开关拨到闭合位置，第二个液压缸活塞杆收回，完成手动顺序动作。

(7) 若选择PLC控制，把方式选择开关拨到PLC位置，然后把程序选择开关拨到4，电磁铁开关全部拨向断开位置（即断电），然后按下自动“复位”按钮，再按下“启动”按钮即可实现顺序动作操作。

(8) 若选择PC控制，把方式选择开关拨到PC位置，在数据采集库中（计算机）打开“回路类实验”，正确选择“回路逻辑设计”中的电信号逻辑关系，然后点击执行命令，即可实现顺序动作操作。

(9) 实验完毕后，首先要旋松回路中的溢流阀，降低系统压力，然后关闭电控制板电源和电机。当确认回路中压力降为零后，方可将胶管和元件取下放入规定的储件箱内。

自动执行4号程序：

输入信号	1DT	2DT	3DT	4DT
复位	-	-	-	-
启动	+	-	-	-
2XK	-	-	+	-
3XK	-	+	-	-
1XK	-	-	-	+
4XK	-	-	-	-

## 附录 1

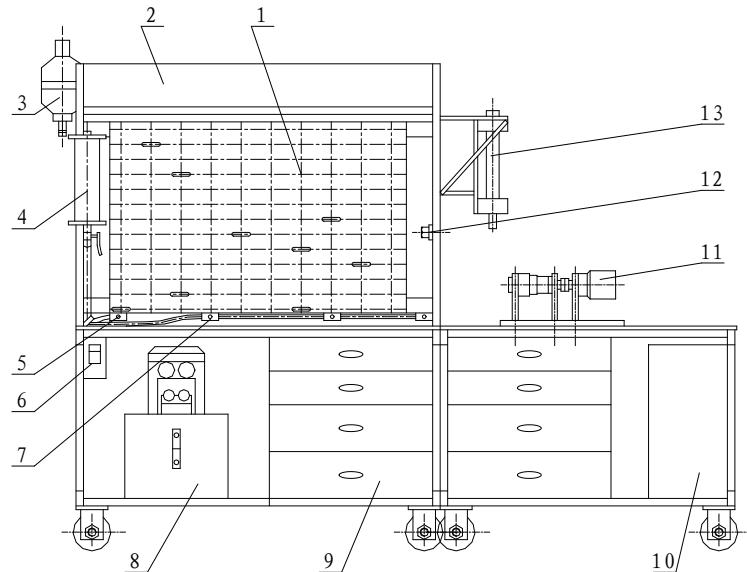
# 快速组合式全功能液压实验平台的运用说明

### 1 全功能液压实验平台的用途

快速组合式全功能液压实验平台适用于高等院校、技工学校以及工厂液压技术的基础教学和培训。广泛吸收国内外同类实验台的设计思想，采用插件板以及带有快速插接头的各种液压元件，无需使用任何工具，能够实现快速、灵活、方便地插接组成所需要的实验回路，并对系统的参数进行测试。改变了以往的固定化模式，可根据需要不断补充新元件，扩大使用范围，使教学内容不断更新。

### 2 全功能液压实验平台结构及基本参数

全功能液压实验平台结构图如附图 1 所示。



附图 1 液压系统实验平台

1 插件板 2 控制面板 3 蓄能器 4 流量量筒 5 压油口 6 电机启动开关 7 回油口 (6 个)

8 泵站 9 储件箱 10 辅助油箱 11 马达—泵组 12 压力继电器 13 油缸

插件板：整块板可以使带有快速锁紧装置的元件随意插入。

连接底板：底板上装有各种阀和快换接头体，板侧面带有两个连接锁，可以随意插入到插件板上并能自动锁紧。

流量量筒：开关打开可以显示回油情况，开关关闭可以测量流量大小(配用电秒表)。

外形尺寸：(1400+1100) × 700 × 1880mm

额定压力：6.3MPa，最高压力 18MPa

额定流量：3.6 × 2L/min

额定功率：1.1 × 2Kw (双泵双电机系统)

实验用液压元件:各种阀和不同长度胶管

电源电压: 380VAC;

控制电压: 24VDC

### 3 全功能液压实验平台的调整及使用说明

本实验台采用双泵双电机组成一个独立的泵站, 可同时供两套系统使用。使用前操作人员必须详细阅读指导书, 指导教师需向学生介绍实验台的结构, 使用方法及注意事项。

(1) 学生实验的回路可以是教师指定的或自行设计, 回路中采用的元件必须是本实验台带有的元件, 实验回路必须事先画出原理图, 按此原理图联接。

(2) 打开装有元件的储件箱, 按照回路原理图逐一选择所需的元件, 并根据所用元件的多少插接到插接板的适当位置上, 然后选择适当长度的胶管进行连接(有五种不同长度的胶管可供选择)。

(3) 胶管两端均带有自闭式快速接头, 将胶管接头与各元件油口接头连接时, 需用力将胶管上接头的外套向后拔出, 插接后再将其向前推靠, 切记接好后一定要用力向外拽胶管检查是否接牢。

(4) 回路与泵连接的胶管需插接到接头 5 中的一个上(有两个接头)。回油若需要显示或测取流量时, 回油管应插接到量筒 4 的接头上, 若不需要时则可接到接头 7 上(一侧有三个回油接头)。

(5) 待检查确认连接可靠无误后, 旋松回路中溢流手柄(泵站中溢流阀为安全阀, 调整到 5.5MPa 锁紧), 按下电机启动开关 6 上的绿色按钮, 启动电机, 再旋紧回路中溢流阀的手柄, 观察压力表指示的压力。

(6) 实验结束后, 首先要旋松回路中溢流阀的手柄, 然后按下电机启动开关 6 上的红色按钮关掉电机。

(7) 在确认回路中的压力降到零后, 方可拔掉胶管。拔取胶管时, 只需将接头外套向后拉出, 即可松开胶管。拆卸元件时, 需双手用力向里捏住底板上的两个开锁手柄, 向外侧用力拔出元件; 若一次拔不出, 捏住开锁手柄后向内侧用力推拉几次, 即可拔出。千万注意不要用力过猛, 以免损坏插件板。将胶管及元件从插件板上取下后, 放入规定的储件箱内, 以备后用。

(8) 若在系统有压力的情况下拔掉胶管, 这样元件中将保持压力, 再次插接时会出现无法插入。出现此种情况, 需将元件释压后方可重新使用。

(9) 本实验台提供了一个实验平台, 可根据提供的元件任意组成实验系统。

### 4 电控系统操作说明

实验台的电控制面板示意图如附图 2 所示, 它位于实验台的最上方。

(1) 电源开关: 电源开关旋钮控制开关电源的输入交流电源。当旋到开的位置时, 开关电源得电, 输出 24V 直流电压, 系统进行工作, 与此同时, 电源指示灯亮。

(2) 方式选择开关: 通过方式选择开关, 可以选择不同工作模式, 其工作模式包括手动, PLC 控制和 PC 控制三种模式。当开关拨到相应位置时, 系统在该模式下工作, 一般情况将其旋于手动位置。

(3) 手动控制开关: 面板上有六个手动控制电磁阀的旋钮开关, 分别控制 1~6 个电磁阀的状态, 旋到开的位置时, 电磁阀得电, 反之亦然, 只有在手动方式和 PLC 方式的程

序 5、6 段，手动开关才能对电磁阀进行控制。某一电磁阀得电时，相应指示灯亮。

(4) 程序选择开关：当实验台选为 PLC 模式时，要通过该开关选择实验内容（预先编好的六段程序，每一段是一个实验内容）。当开关旋到某一个数字时，系统即工作于相应的程序段。

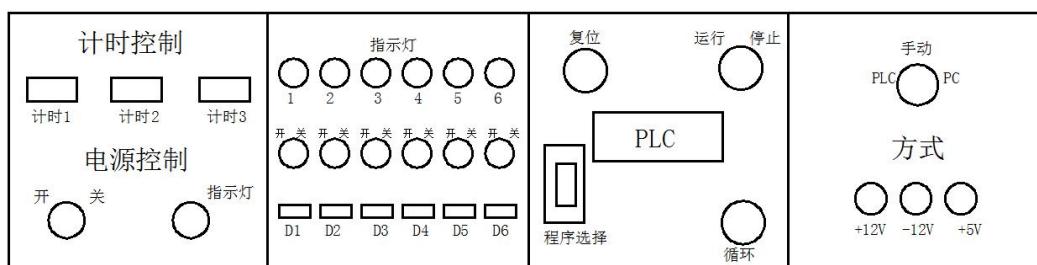
(5) 程序运停开关：PLC 方式下，选好程序段后，只有该旋钮旋于运行位置时，程序才能运行。要想停止运行程序，将该旋钮旋于停止位置。

(6) 复位按钮：该按钮兼有复位、启动功能。在程序运行开始时，它有启动功能。程序启动后，它有复位功能。此时按下该按钮，程序段里相应元件被复位。

(7) 电磁阀插孔：在电控制面板上有六个电磁阀插孔 D1-D6。通过它们可以将控制电压接到电磁阀上。

(8) 传感器、行程开关插座：在实验台右侧，有一个面板，上面有十个小航空插座，每个插座有文字标明可连接的元件，将相应元件插入插座，则其提供的信号接入系统。

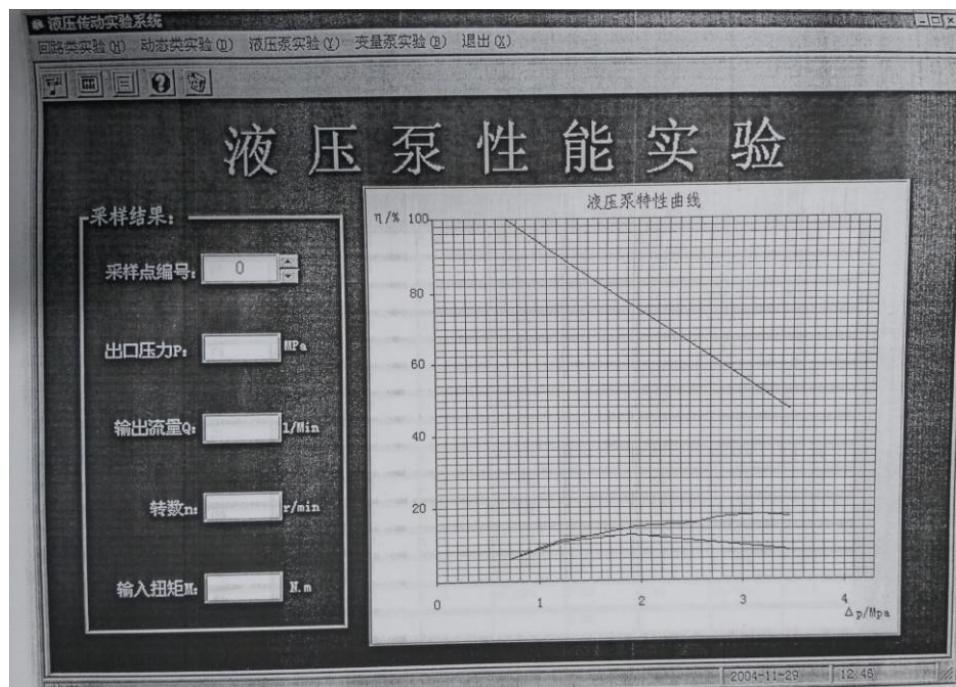
(9) PC 方式指示灯：若方式选择开关旋于 PC 位置，则面板上的 12V、5V 指示灯亮。当系统选择 PC 方式工作，则可进行回路累实验，液压泵性能实验，变量泵性能实验，溢流阀动态性能实验。需用工控机，对试验数据进行采集处理以及实验控制。



附图 2 电控制面板

## 附录 2

### 液压泵性能实验界面



采样点号	出口压力 (MPa)	转速 (r/min)	流量 (l/min)	排量 (ml/r)	容积效率 (%)	实际扭矩 (N.m)	理论扭矩 (N.m)	机械效率 (%)	总效率 (%)
1	1.02	1578	3.60	2.28	100.00%	6.12	0.37	6.05%	6.05%
2	1.18	1578	3.53	2.24	28.06%	5.50	0.43	7.79%	7.64%
3	1.59	1578	3.45	2.19	35.83%	5.58	0.58	10.35%	9.92%
4	1.56	1578	3.30	2.09	91.67%	5.46	0.57	10.37%	9.51%
5	1.79	1578	3.08	1.95	35.56%	6.27	0.65	10.37%	8.87%
6	1.97	1553	2.85	1.84	80.44%	6.32	0.72	11.32%	9.10%
7	1.89	1553	2.78	1.79	78.47%	6.60	0.69	10.40%	8.16%
8	2.21	1553	2.63	1.69	74.23%	6.55	0.80	12.25%	9.09%
9	2.39	1553	2.48	1.60	70.00%	6.00	0.87	14.46%	10.12%
10	2.72	1553	2.33	1.50	35.76%	6.27	0.99	15.75%	10.36%
11	3.09	1553	2.18	1.40	51.53%	7.43	1.12	15.10%	9.25%
12	3.00	1553	2.03	1.31	57.30%	6.81	1.09	16.00%	9.16%
13	2.92	1553	1.88	1.21	53.08%	7.14	1.06	14.85%	7.88%
14	3.45	1553	1.73	1.11	48.83%	8.09	1.25	15.48%	7.58%
						0.00			

## 附录 3

### 回路实验控制界面

