

《液压与气动技术》 课程标准

课程 代码	159192	课程 类别	专业基础课
计划理 论学时	48	计划实 验学时	0
课程 学分	3.0	开课 学期	第三学期
适用 专业	机电一体化技术	考核 方式	考查

一、教学目的和要求

《液压与气动技术》课程的教学目标在于使学生熟知液压传动的基本原理、组成、特性分析、运动分析、受力分析及结构特点，能够对液压与气动技术基本回路和典型系统的组成与分析、系统原理图的拟定设计计算以及常见故障分析与排除，为学生从事液压与气动技术系统设计与应用研究奠定基础。

本课程要求学生掌握以下几个方面的内容：

- （一）熟知液压传动的基本原理；
- （二）掌握液压传动的组成部门及其关键设备；
- （三）初步掌握液压传动各回路和典型系统的组成分析；
- （四）初步掌握液压传动系统常见故障分析与排除方法；

在教学过程中，培养学生分析问题和解决问题的能力。

二、课程内容和学时分配

根据教学计划规定，本门课程理论教学为 48 学时，具体学时分配如下表，供参考。

课程内容和学时分配表

章数	内 容	理论课	实验课	小计
1	第一章 绪论、液压流体力学基础	3	0	3
2	第二章 液压泵	6	0	6
3	第三章 液压执行元件	6	0	6
4	第四章 液压控制阀	3	0	3
5	第五章 液压传动辅助元件	3	0	3
6	第六章 液压基本回路	3	0	3
7	第七章 典型液压传动系统	3	0	3
8	第八章 液压传动系统的设计计算	3	0	3
9	第九章 气压传动基础知识	3	0	3
10	第十章 液压传动伺服控制系统	3	0	3

11	第十一章 气源装置与气动元件	3	0	3
12	第十二章 气动回路	3	0	3
13	第十三章 气动程序控制系统设计	3	0	3
14	第十四章 气压传动系统实例	3	0	3
15	复习、答疑			
合 计		48	0	48

三、教学建议

原则上教师应该遵照教学大纲的要求，以及大纲所确定的基本内容完成教学任务，但对教学内容的顺序安排，教学时数的分配等方面，可根据实际情况灵活处理。

教学课题：第一章 绪论

教学目标： 1、掌握液压与气动技术系统的工作原理与组成
2、了解液压与气动技术的特点、应用及发展趋势

教学重点： 液压与气动技术系统的工作原理与组成

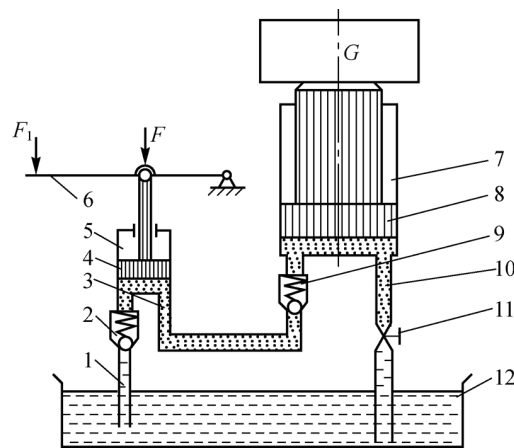
教学难点： 液压与气动技术系统的工作原理与组成

教学内容：

一、液压与气动技术的工作原理及图形符号

1、液压传动的工作原理

液压千斤顶是常见的液压传动装置，现以液压千斤顶为例简述液压传动的工作原理。



图中：1—吸油管； 2、9—单向阀； 3、10—油管； 4—小活塞； 5—小液压缸；

6—杠杆； 7—大液压缸； 8—大活塞； 11—截止阀； 12—油箱

由图可知，7和8组成上下移动的举升液压缸。6、5、4和2、9组成手动液压泵，向7中供油。当提起6，使4向上移动时，4下腔容积增大，形成局部真空，此时2打开，通过1从12中吸油；当压下6，使4向下移动时，4下腔压力升高，此时2关闭，9打开，液体经3流入7的下腔，使8向上移动，顶起重物。

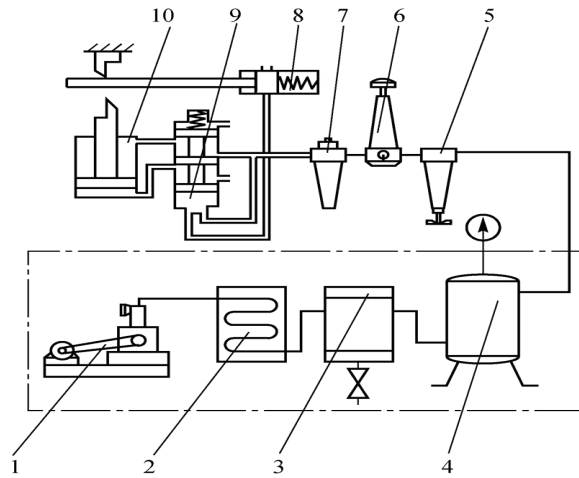
液压传动的工作原理： 以油液为工作介质，通过密封容积的变化来传递运动，通过油液内部的压力来传递动力。

2、液压传动的图形符号

在实际工程中，除某些特殊情况外，液压传动系统中各液压元件一般采用国家标准规定的图形符号来表示，这些符号只表示液压元件的职能，不表示液压元件的结构和参数，通常称为职能符号。我国国家标准 GB/T 786.1—2009 规定了液压传动的图形符号。

3、气压传动的工作原理

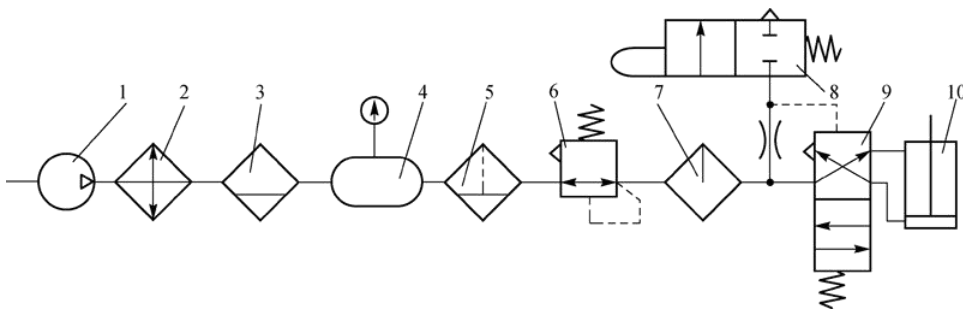
现以气动剪切机为例简述气压传动的工作原理，图示位置为剪切前的状态。



图中：1 空气压缩机，2 冷却器，3 分水滤气器，4 储气罐，5 空气过滤器，6 溢流减压阀，7 油雾器，8 行程阀，9 气控换向阀，10 气缸。

气压传动的工作原理：利用空气压缩机把电动机或其他原动机输出的机械能转化为空气的压力能，然后再控制元件的作用下通过执行元件把压力能转化为直线运动或回转运动的机械能，从而完成各种动作并对外做功。

4、气压传动的图形符号



如图所示为气动剪切机的图形符号：1 空气压缩机，2 冷却器，3 分水滤气器，4 储气罐，5 空气过滤器，6 溢流减压阀，7 油雾器，8 行程阀，9 气控换向阀，10 气缸

二、液压与气动技术系统的组成

1. 液压传动系统的组成

液压传动系统主要由以下几部分组成：

- a. 动力装置 主要是指各种类型的液压泵 作用：机械能转化成压力能

- b. 执行元件 主要是指各种类型的液压缸和液压马达 作用：压力能转化才机械能
- c. 控制元件 主要是指各种类型的液压控制阀 作用：控制和调节油液的压力、流量、和方向。
- d. 辅助元件 主要是指各种类型的油箱、过滤器、油管、管接头、压力计等；作用：保证液压系统可靠和稳定地工作
- e. 工作介质 工作介质主要是指各种类型的液压油。作用：实现对运动和动力的传递。

2. 气压传动系统的组成

气压传动系统的组成与液压传动系统相似，是由气源装置、执行元件、控制元件、辅助元件和工作介质组成的，不同于液压传动系统的是气压传动系统的工作介质为空气。

三、液压与气动技术系统的应用

1. 液压传动系统的应用

目前，液压传动系统在下述几方面有普遍的应用：

- (1) 进给运动的传动装置。如磨床的砂轮架和工作台，铣床、刨床、组合机床的工作台，六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架。
- (2) 往复运动的传动装置。如龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕。
- (3) 仿形装置。如车床、铣床、刨床上的仿形加工，精度可达 0.01~0.02 mm。
- (4) 辅助装置。如机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杠螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀 具装卸装置、工件输送装置等。
- (5) 静压支承。如重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承、导轨、丝杠螺母机构等。

2. 气压传动系统的应用

目前，气压传动系统在下述几方面有普遍的应用：

- (1) 机械制造业。如机械加工生产线上工件的装夹及搬送，铸造生产线上的造型、捣固、合箱等。
- (2) 电子及电器行业。如硅片的搬运、元器件的插装与锡焊、家用电器的组装等。
- (3) 石油、化工业。如石油提炼加工、气体加工、化肥生产等。
- (4) 轻工食品包装业。如酒类、油类、煤气等的罐装及各种食品的包装等。
- (5) 机器人。如装配机器人、喷漆机器人、搬运机器人、爬墙机器人和焊接机器人等。

四、液压与气动技术的特点及发展趋势

(一) 液压传动的特点

- 1. 液压传动的优点：

(1) 工作平稳、反应快、冲击小，能实现频繁启动和换向。

(2) 易于实现过载保护。

(3) 易于实现无级调速。

(4) 控制、调节比较简单，操纵方便，易于实现自动化，与电力传动配合使用能实现复杂的顺序动作和远程控制。

(5) 体积小、质量轻、惯性小、结构紧凑，而且能传递较大的力或转矩。

(6) 易于实现回转运动和直线运动，且液压元件的排列布置灵活。

(7) 易于实现系列化、标准化、通用化，易于设计、制造和推广使用。

(8) 在液压传动系统中，功率损失所产生的热量可由流动的液体带走，因此，可避免机械本体产生过度温升。

2. 液压传动的缺点：

(1) 由于采用液体传递压力，系统不可避免地存在泄漏，因而传动效率较低，不宜远距离传动。

(2) 液压传动不但对油温的变化较为敏感，使负载的速度不易保持稳定，而且对液体的清洁程度要求较高。

(3) 为减少泄漏，液压元件的制造精度要求较高，导致成本较高。

(4) 当液压传动系统发生故障时，不易查找原因且维修困难。

(5) 液压传动系统运行时的噪声较大。

(二) 气压传动的特点

1、优点：

气压传动主要具有使用方便，组装方便，快速性好，安全可靠，储存方便，可实现远距离传输，可实现过载保护以及便于清洁等。

2、缺点：

气压传动主要具有速度稳定性差，需要净化和润滑，输出力小以及排放空气的噪声大等缺点。

(三) 液压与气动技术的发展趋势

1. 液压传动产品的发展趋势

液压传动产品的发展趋势主要体现在以下几个方面：

(1) 采用高压化的液压元件，其连续工作压力可达 40 MPa，瞬间最高压力可达 48 MPa。

- (2) 调节和控制方式多样化。
- (3) 进一步改善液压传动产品的调节性能，从而提高液压传动系统的效率。
- (4) 发展与机械传动和电力传动组合的具有节能储能的复合式调节传动装置。
- (5) 进一步降低噪声。
- (6) 应用液压插装阀技术。该技术具有紧凑结构、减少漏油的优点。

2. 气压传动产品的发展趋势

气压传动产品的发展趋势主要体现在小型化，组合化，精密化，高速化，无油、无味、无菌化，高寿命、高可靠性和智能诊断功能，低功耗节能，机电一体化，应用新技术、新工艺、新材料等几个方面

本章小结

- 1、液压传动的工作原理
- 2、气压传动的工作原理
- 3、液压与气动技术系统的组成
- 4、液压与气动技术系统的应用
- 5、液压与气动技术的特点
- 6、液压与气动技术的发展趋势

教学课题：第二章 第一节 液压传动的工作介质

教学目标：1、了解液压油的性质和种类

2、掌握液压油选用原则

教学重点：液压油的性质

教学难点：液压油选用原则

教学内容：

液压油是液压传动系统中的工作介质。它对液压传动装置起着润滑、冷却和防锈的作用。其质量直接影响液压传动系统的工作性能。

1. 液压油的分类

液压油可分为石油基液压油和难燃液压油。

常见的石油基液压油有普通石油基液压油、专用石油基液压油、抗磨石油基液压油、高黏温指数石油基液压油等。

难燃液压油主要有合成难燃液压油和含水难燃液压油两种。合成难燃液压油主要有含添加剂液压油、水—乙二醇液压油和乳化液。

2. 液压油的物理特性

1) 可压缩性

定义：可压缩性指液压油所受压力增加时体积变小的性质。

大小一般用体积压缩系数 κ （单位压力变化时液压油体积的相对变化量）或体积弹性模量 K （ $K=1/\kappa$ ）表示。

2) 黏性

定义：液体在外力作用下流动(或有流动趋势)时，由于分子间的内聚力作用而产生阻止分子相对运动而产生的一种内摩擦力，这种现象叫做液体的粘性。

黏性的大小用黏度来衡量，黏度是选择液压油的主要指标，是影响液压油流动的重要物理性质，最常用的是绝对黏度，其符号是 μ ，单位为 $N \cdot s/m^2$ 或 $Pa \cdot s$ 。在相同温度下流体的绝对黏度与密度之比称为运动黏度，符号为 ν ，单位是 m^2/s 。

黏度与温度、压力的关系：压力升高，黏度增大。温度升高，黏度降低

3. 液压传动系统对液压油的要求、液压油的选用

1) 液压传动系统对液压油的要求

(1) 适宜的黏度。

(2) 润滑性能好。在液压传动系统中，除液压元件外，其他一些具有相对滑动的零件也要

用液压油来润滑，因此，液压油应具有良好的润滑性能。

(3) 良好的化学稳定性，即对加热、氧化、水解、相容都具有良好的稳定性。

(4) 良好的黏温性能。

(5) 具有防锈性和防腐性。

(6) 比热容和热传导率大，热膨胀系数小。

(7) 抗泡沫性好，抗乳化性好。

(8) 纯净，杂质少。

(9) 凝固点低，闪点和燃点高。

2) 液压油的选用

正确合理地选用液压油，是保证液压传动装置高效运转的前提。一般是先确定适用的黏度范围，再选择合适的液压油品种，同时还要考虑液压传动系统工作的特殊要求，如在寒冷地区工作的液压传动系统要求液压油的黏温指数高、低温流动性好、凝固点低；伺服系统要求液压油油质纯净、可压缩性小；高压系统要求液压油抗磨性好。在选用液压油时，黏度是一个重要的参数。黏度的高低将对运动部件的润滑、缝隙的泄漏、液压油流动时的压力损失以及液压传动系统的发热温升等产生影响。所以在环境温度较高、工作压力高或运动速度较低时，为减少泄漏，应选用黏度较高的液压油。

工作介质的选用原则

选择液压系统的工作介质一般需考虑以下几点：

(1) 液压系统的工作条件

(2) 液压系统的工作环境

(3) 综合经济分析

教学课题：第二章 第二节 液压动力装置

教学目标： 1、掌握液压泵的工作原理和性能参数
2、了解常见液压泵的工作原理和结构特点

教学重点： 液压泵的工作原理

教学难点： 常见液压泵的工作原理和结构特点

教学内容：

一、液压泵的工作原理和性能参数

1. 液压泵的工作原理

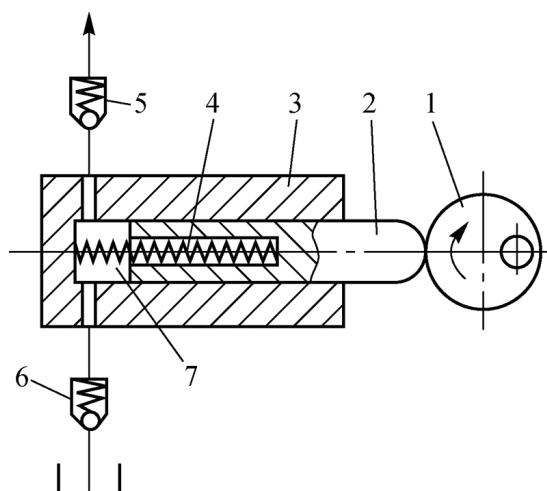
泵是一种能量转换装置，把电动机的旋转机械能转换为液压能输出。液压泵都是依靠密封容积变化的原理来进行工作的，故一般称为容积式液压泵。

以柱塞泵为例讲解液压泵的工作原理。

如图所示：

右图中：

- 1—偏心轮； 2—柱塞； 3—缸体；
4—弹簧； 5—压油单向阀；
6—吸油单向阀； 7—密封油腔



工作原理： 图中柱塞 2 装在缸体 3 中形成一个密封容积，柱塞在弹簧 4 的作用下始终压紧在偏心轮 1 上。原动机驱动偏心轮 1 旋转使柱塞 2 作往复运动。

柱塞向右运动→密封容积变大→形成部分真空，使油箱中油液在大气压作用下，实现吸油

柱塞向左运动→密封容积变小→实现压油

液压泵工作原理： 是利用密封油腔容积的大小变化来实现吸油和压油。

2. 液压泵的主要性能参数

1) 压力

(1) 工作压力 液压泵实际工作时的输出压力称为工作压力。工作压力取决于外负载的大小和排油管路上的压力损失，而与液压泵的流量无关。

(2) 额定压力 液压泵在正常工作条件下，按试验标准规定连续运转的最高压力称为液压泵的额定压力。

(3) 最高允许压力 在超过额定压力的条件下, 根据试验标准规定, 允许液压泵短暂运行的最高压力值, 称为液压泵的最高允许压力。

2) 转速

(1) 额定转速

(2) 最高转速

(3) 最低转速

3) 排量和流量

(1) 排量 V 液压泵每转一周, 由其密封容积几何尺寸变化计算而得的排出液体的体积叫液压泵的排量。排量可以调节的液压泵称为变量泵; 排量不可以调节的液压泵则称为定量泵。

(2) 理论流量 理论流量是指在不考虑液压泵的泄漏流量的条件下, 在单位时间内所排出的液体体积。

(3) 实际流量 液压泵在某一具体工况下, 单位时间内所排出的液体体积称为实际流量。

(4) 额定流量 在正常工作条件下, 该试验标准规定(如在额定压力和额定转速下)必须保证的流量。

4) 功率、效率

(1) 功率。

①输入功率 输入功率指作用在液压泵主轴上的机械功率。

②输出功率 输出功率指液压泵在工作过程中的实际吸、压油口间的压差 Δp 和输出流量 q 的乘积。

(2) 效率。

液压泵的功率损失 液压泵的功率损失有容积损失和机械损失两部分。容积损失是指液压泵在流量上的损失, 机械损失是指液压泵在转矩上的损失

①机械效率 指驱动液压泵的理论转矩和实际转矩的比值。

②容积效率 指液压泵实际流量与理论流量之比。

③液压泵的总效率 液压泵的总效率是实际输出功率与其输入功率的比值。

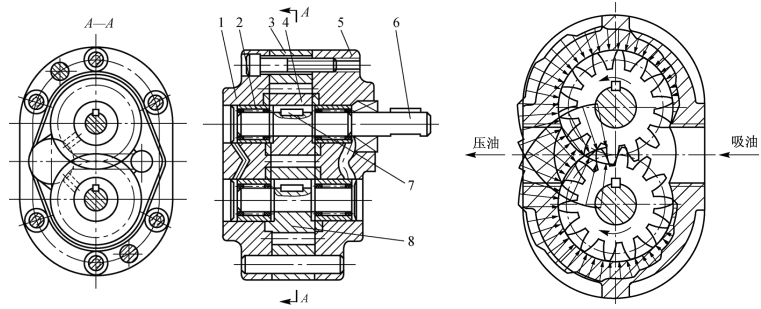
5) 噪声

二、齿轮泵

齿轮泵按齿轮啮合形式的不同分为外啮合齿轮泵和内啮合齿轮泵两种, 按齿形曲线的不同分为渐开线齿形齿轮泵和非渐开线齿形齿轮泵两种。其中外啮合齿轮泵的应用最为广泛。

外啮合齿轮泵的结构

- 1—后泵盖； 2—滚针轴承；
- 3—泵体； 4—主动齿轮；
- 5—前泵盖； 6—传动轴；
- 7—键； 8—从动齿轮



工作原理：它由装在壳体内的一对齿轮所组成，齿轮两侧有端盖，壳体、端盖和齿轮的各个齿间槽组成了许多密封工作腔。当齿轮按图示方向旋转时，右侧吸油腔由于相互啮合的轮齿逐渐脱开，密封工作容积逐渐增大，形成部分真空，因此油箱中的油液在外界大气压力的作用下，经吸油管进入吸油腔，将齿间槽充满，并随着齿轮旋转，液带到左侧压油腔内。在压油区一侧，由于轮齿在这里逐渐进入啮合，密封工作腔容积不断减小，油液便被挤出去，从压油腔输送到压力管路中去。

2. 影响齿轮泵正常工作的因素

齿轮泵因受其自身结构的影响，在工作过程中会出现泄漏、径向不平衡力和困油现象。

1) 泄漏

- (1) 泵体的内圆和齿顶径向间隙的泄漏。
- (2) 齿面啮合处间隙的泄漏。
- (3) 齿轮端面间隙的泄漏。

2) 径向不平衡力

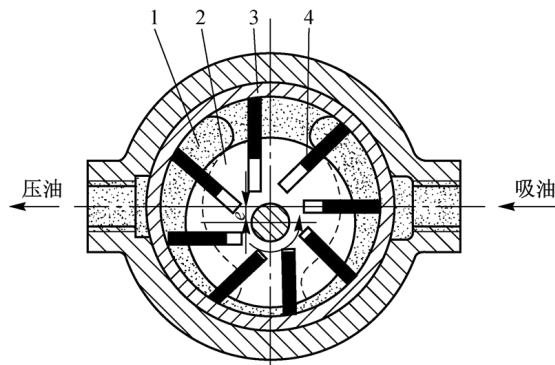
3) 困油现象

三、叶片泵

叶片泵输出流量均匀、脉动小、噪声小，但结构较复杂，对油液的污染比较敏感。它可分为单作用叶片泵和双作用叶片泵两种。

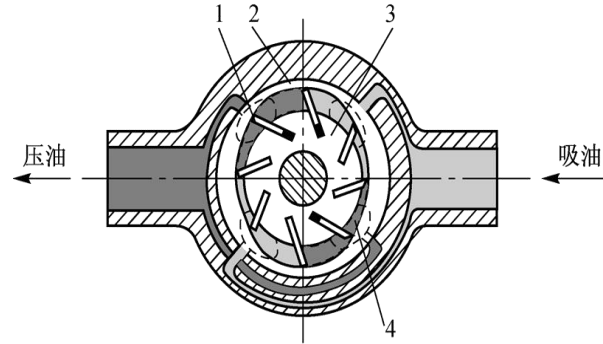
1. 单作用叶片泵

单作用叶片泵转子旋转一周进行一次吸油、压油，并且流量可调节，故又称为变量泵。由于其主要零件在工作时要受径向不平衡力的作用，因而工作情况较差。



2. 双作用叶片泵

双作用叶片泵转子旋转一周进行两次吸油、压油，并且流量不可调节，故又称为定量泵。由于其主要零部件在工作时受径向平衡力的作用，因而工作情况较好，应用较广。



从双作用叶片泵的结构可以看出，两个吸油口和两个压油口对称分布，径向压力平衡，轴承上不受附加载荷作用，所以又称为卸荷式叶片泵，又因为其排量不可变，所以又称为定量叶片泵。

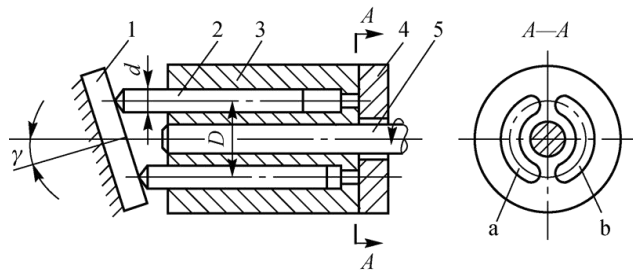
四、柱塞泵

1. 柱塞泵的分类及工作原理

根据柱塞的布置和运动方向与传动主轴相对位置的不同，柱塞泵可分为径向柱塞泵和轴向柱塞泵两大类。

轴向柱塞泵的工作原理

- 1—斜盘； 2—柱塞； 3—缸体；
4—配油盘； 5—传动轴；
a—压油口； b—吸油口



2. 柱塞泵的特点及使用

1) 柱塞泵的特点

柱塞泵的优点包括工作压力、容积效率及总效率均最高，可传输的功率最大，转速范围较宽，使用寿命较长，良好的双向变量能力。

柱塞泵的缺点包括对介质洁净度要求较苛刻，流量脉动较大，噪声大，结构较复杂，造价高，维修困难。

2) 柱塞泵的使用

由于柱塞泵的结构复杂，材料及加工精度要求较高，加工量大，价格昂贵，因而在现代液压工程技术中，各种柱塞泵主要在中高压（轻系列和中系列柱塞泵最高压力为 20~35 MPa）、高压（重系列柱塞泵最高压力为 40~56 MPa）和超高压（特种柱塞泵最高压力大于 56 MPa）液压传动系统中作为功率传输元件使用。

教学课题：第三章 液压执行元件

教学目标：1、掌握液压马达、液压缸的工作原理

2、了解常见液压马达、液压缸的结构特点

教学重点：液压马达、液压缸的工作原理

教学难点：液压马达、液压缸的工作原理

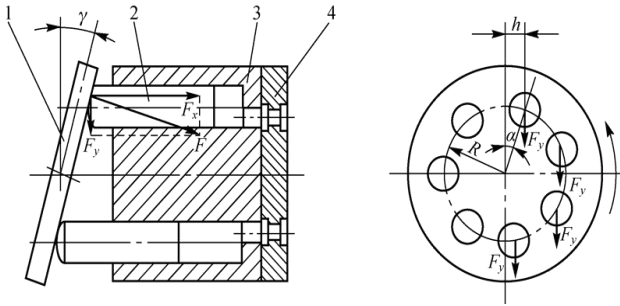
教学内容：

一、液压马达

液压马达是把液压能转换为机械能的一种能量转换装置。

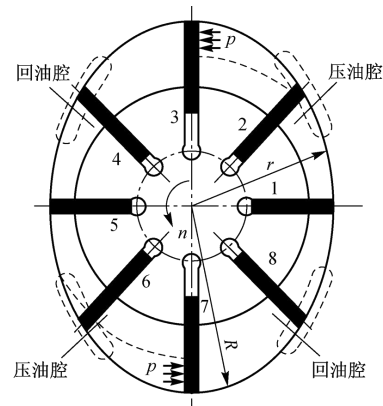
1. 液压马达的分类及工作原理

1) 轴向柱塞式的液压马达



1—斜盘； 2—柱塞； 3—缸体； 4—配油盘

2) 叶片式液压马达

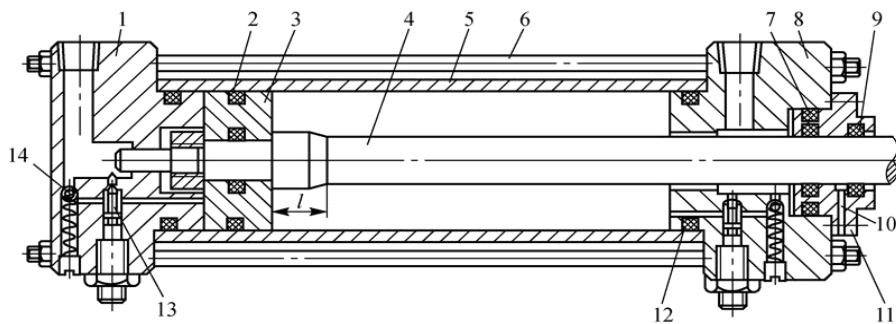


2. 液压马达的选用

高速液压马达大多有较大的噪声,且低速性能不佳,它与对应的液压泵具有相同原理和结构。轴向柱塞式液压马达应用广泛,容积效率较高,调整范围较大,稳定转速较低,但耐冲击振动性较差,油液要求过滤清洁,价格也较高。叶片式液压马达惯性小,动作灵敏,但容积效率不够高,机械特性软,适用于转速较高、转矩不大而要求启动换向频繁的场所。

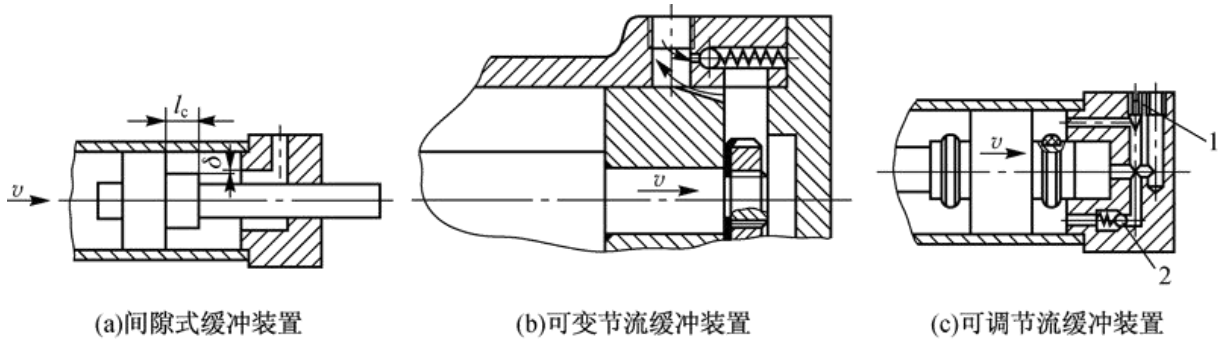
二、液压缸

单杆式液压缸的结构



1 前端盖； 2 活塞密封圈； 3 活塞； 4 活塞杆； 5 缸体； 6 拉杆； 7 活塞杆密封圈； 8 后端盖；
9 防尘圈； 10 泄油口； 11 导向套； 12 固定密封圈； 13 节流阀； 14 单向阀

缓冲装置：当液压传动系统中运动元件的质量较大，运动速度较高（ $v > 0.2 \text{ m/s}$ ）时，由于其惯性力较大，因而具有很大的动量。在这种情况下，活塞运动到缸筒的终端时，会与缸盖发生机械碰撞，产生很大的冲击和噪声，严重影响运动精度，甚至会引起事故，所以在大型、高速或高精度的液压设备中，常设有缓冲装置。



教学课题：第四章 液压控制阀

教学目标： 1、掌握方向控制阀、压力控制阀、流量阀的工作原理、图形符号

2、了解常见方向控制阀、压力控制阀、流量阀结构特点

教学重点： 方向控制阀、压力控制阀、流量阀的工作原理、图形符号

教学难点： 方向控制阀、压力控制阀、流量阀的工作原理、图形符号

教学内容：

一、方向控制阀

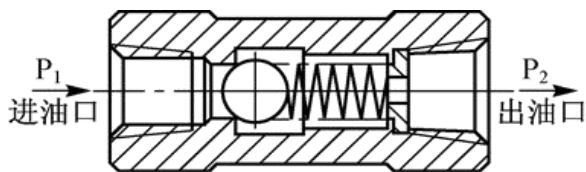
方向控制阀简称为方向阀，主要用来通、断油路或切换油路的方向，以满足对执行元件的启、停和运动方向的要求。方向控制阀按其用途可分为单向阀和换向阀两大类。

1. 单向阀

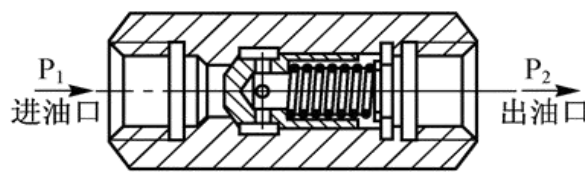
1) 普通单向阀

简称单向阀，又称止回阀。只允许液体沿一个方向通过，反向被截止。主要性能要求是当具有正向液体通过时，其开启压力和压力损失要小；当其反向截止时，密封性要好。

(1) 直通式单向阀



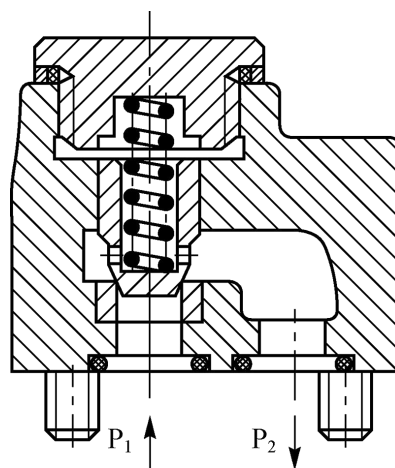
(a)钢球直通式单向阀



(b)锥阀直通式单向阀

(2) 直角式单向阀

在该单向阀中，压力油从进油口 P1 流入，顶开阀芯后，直接经阀体的铸造流道从出油口 P2 流出。

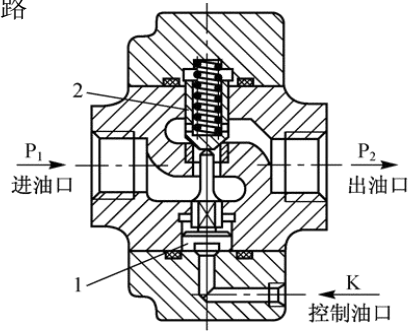


2) 液控单向阀

液控单向阀是指可用来实现逆向流动的单向阀。液控单向阀包括不带卸荷阀芯的筒式液控单向阀和带卸荷阀芯的卸载式液控单向阀两种。

(1) 筒式液控单向阀。

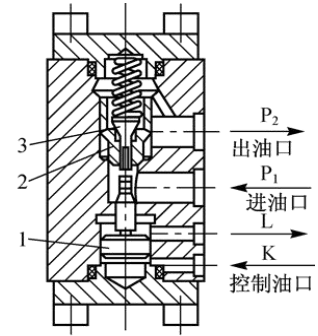
控制压力最小要达到主油路
工作压力的 30%~50%。



(a)筒式液控单向阀

(2) 卸载式液控单向阀。

控制压力约为主油路
工作压力的 5%。



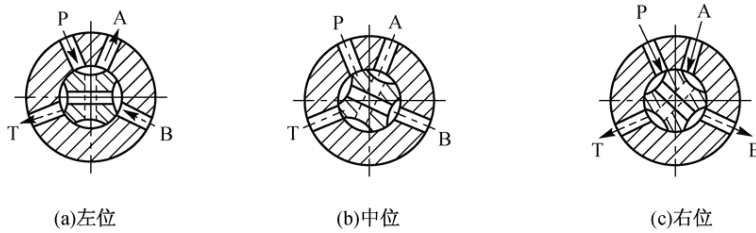
(b)卸载式液控单向阀

2. 换向阀

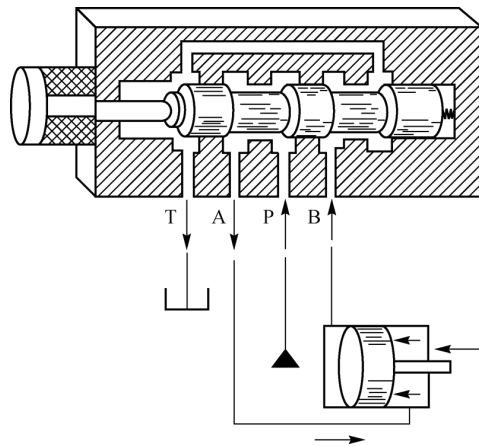
1) 换向阀的工作原理

换向阀按其结构可分为转阀式换向阀和滑阀式换向阀。

转阀式换向阀



滑阀式换向阀



2) 换向阀的操纵方式

(1) 手动换向阀。(2) 机动换向阀。(3) 电动换向阀。(4) 液动换向阀。(5) 电液动换向阀

二、压力控制阀

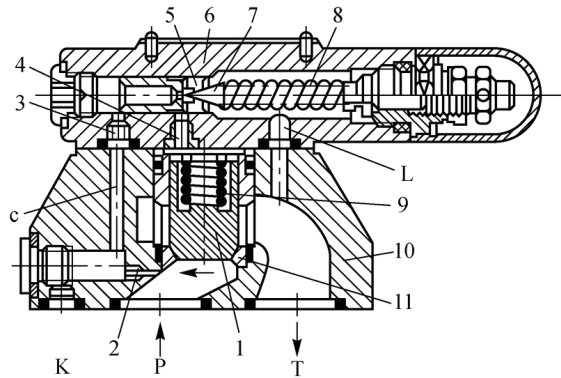
压力控制阀简称为压力阀，是用来调节和控制液压传动系统中油液压力的装置。压力控制阀按其功能和用途可分为溢流阀、减压阀、顺序阀和压力继电器等。它们都是利用作用在阀芯上的液压力与弹簧力相平衡的原理进行工作。

1. 溢流阀

按结构不同，溢流阀可分为直动式溢流阀和先导式溢流阀两类。

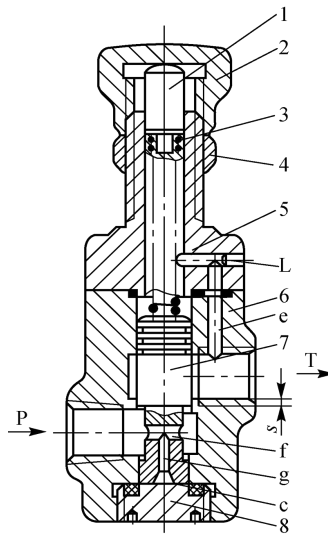
直动式溢流阀

- 1—调节杆； 2—调节螺母；
3—调压弹簧； 4—锁紧螺母；
5—上盖； 6—阀体；
7—阀芯； 8—螺塞



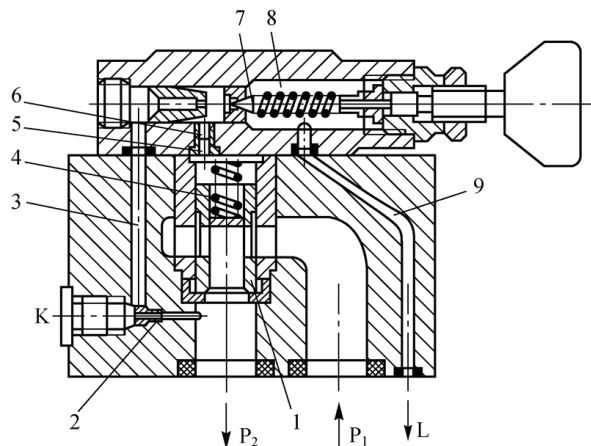
先导式溢流阀

- 1—主阀阀芯； 2、3、4—阻尼孔；
5—先导阀阀座； 6—先导阀阀体；
7—先导阀阀芯； 8—调压弹簧；
9—主阀弹簧； 10—主阀阀体；
11—阀套



2. 减压阀

在液压传动系统中，减压阀是一种利用液体过缝隙产生压力损失，使其出油口压力低于进油口压力的压力控制阀。右图为先导式定值减压阀：1为主阀阀芯；2、5为阻尼孔；3、6为控制油通道；4为弹簧；7为先导阀阀芯；8为先导阀弹簧腔；9为先导阀回油通道



3. 顺序阀

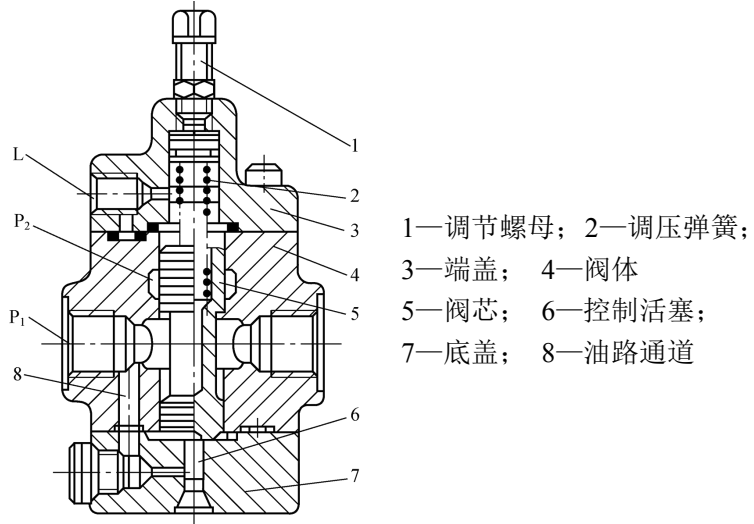
顺序阀是利用油液压力作为控制信号实现油路的通、断，以控制执行元件顺序动作的压力控制阀。

1) 内控式顺序阀

内控式顺序阀简称为顺序阀。右图为内控式顺序阀

2) 外控式顺序阀

外控式顺序阀又称为液控式顺序阀

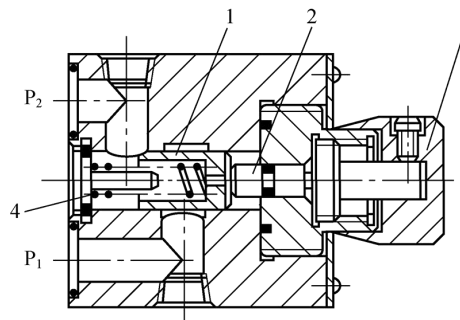


三、流量控制阀

流量控制阀简称为流量阀，主要用来调节通过阀口的流量，以满足对执行元件运动速度的要求。流量控制阀均以节流单元为基础，利用改变阀口通流截面的大小或通流通道的长短来改变液阻，以达到调节通过阀口流量的目的。

1. 节流阀

如图所示为一种典型的节流阀。压力油从进油口 P_1 流入，经节流口后从出油口 P_2 流出。节流阀阀芯 1 在弹簧 4 的推力作用下，始终紧靠在推杆 2 上。调节顶盖上的手柄 3，借助推杆 2 可推动阀芯 1 做轴向移动。通过阀芯 1 的轴向移动，改变了节流口的开口大小，实现了对流量的调节。

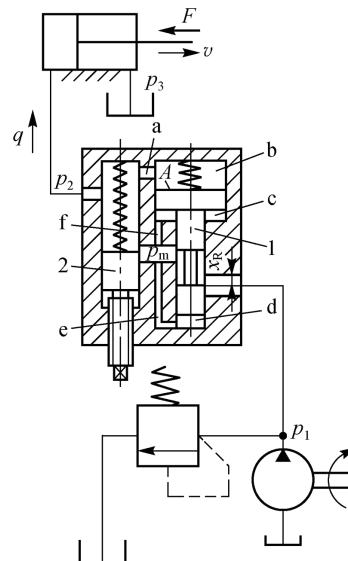


1—阀芯；2—推杆；3—手柄；4—弹簧

2. 调速阀

调速阀与节流阀的不同之处在于调速阀带有压力补偿装置。它由定差减压阀与节流阀串联组成。

如图所示为调速阀。由溢流阀调定的液压泵出口压力为 p_1 ，压力油进入调速阀后，先流过定差减压阀阀口，压力降为 p_m ，分别经孔道 f 和 e 后进入 c 腔和 d 腔，作用在定差减压阀阀芯的下端面。油液经节流阀阀口后，压力又由 p_m 降为 p_2 ，进入执行元件（液压缸），与外部负载相平衡。同时压力为 p_2 的油液经孔道 a 流入 b 腔，作用在定差减压阀阀芯的上端面。



教学课题：第五章 液压传动辅助元件

教学目标：1、掌握方向控制阀、压力控制阀、流量阀的工作原理、图形符号

2、了解常见方向控制阀、压力控制阀、流量阀结构特点

教学重点：方向控制阀、压力控制阀、流量阀的工作原理、图形符号

教学难点：方向控制阀、压力控制阀、流量阀的工作原理、图形符号

教学内容：

一、储能器

1、作用：储存多余的压力油。

2、分类：(1) 重力式储能器

(2) 弹簧式储能器

(3) 气液式储能器

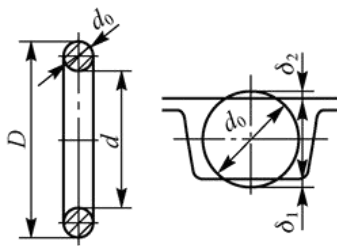
二、密封装置

液压传动系统中的密封装置有多种形式，如活塞环密封、机械密封、金属密封垫圈、橡胶垫片、橡胶密封圈等。其中，橡胶密封圈造价低廉，易于更换，且密封效果较好，应用广泛。

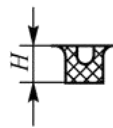
1. O型密封圈：启动摩擦阻力较小，适应性好；动密封时启动摩擦阻力较大，使用寿命短。

2. Y型密封圈：摩擦力较小，运动平稳，适用于高速、高压的动密封。

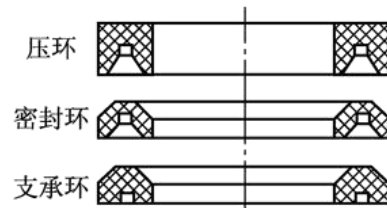
3. V型密封圈：接触面长、密封性能好、耐高压、寿命长，但其摩擦力较大。



(a)O形密封圈



(b)Y形密封圈



(c)V形密封圈

教学课题：第六章 第一节 方向控制回路

教学目标：掌握换向回路、锁紧回路的作用

教学重点：换向回路、锁紧回路的作用

教学难点：换向回路、锁紧回路的作用

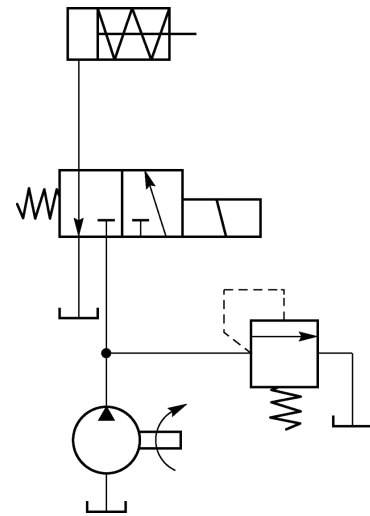
教学内容：

一、换向回路

换向回路的作用是使液压缸和与之相连的主机运动部件在其行程终端迅速、平稳、准确地变换运动方向。

1. 简单换向回路

右图简单换向回路采用手动换向阀，换向精度和平稳性不高，常用于换向不频繁且无须自动化的场合。对速度和惯性较大的液压传动系统，采用机动换向阀较为合理，有较高的换向位置精度。电磁换向阀易于实现自动化，但只适用于小流量、平稳性要求不高的场合。对于流量超过 63 L/min，对换向精度与平稳性有一定要求的液压传动系统，宜采用液动换向阀或电液动换向阀。



2. 有特殊要求的换向回路

- (1) 时间控制回路
- (2) 行程阀控制回路
- (3) 压力控制回路

二、锁紧回路

锁紧回路的作用是切断液压缸的进油路和出油路，使其不因外力的作用而发生位移或窜动，能准确地停留在原定的位置上。

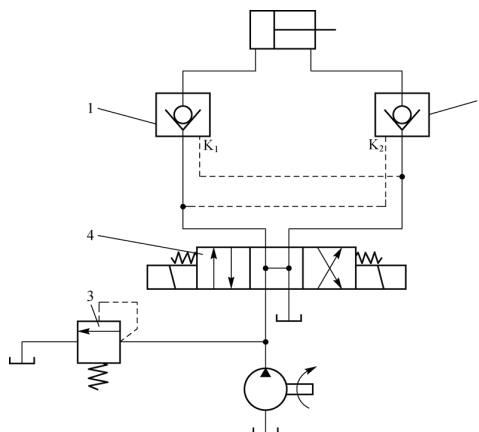
1. 换向阀中位机能锁紧回路

由于负载较大时液压缸内压力较高会引起内泄漏，导致位置不能完全锁定，因而这种锁紧回路的应用范围受到限制，一般只用于锁紧要求不太高或只需短暂锁紧的场合。

2. 液控单向阀锁紧回路

由于液控单向阀具有良好的反向密封性能，能在液压缸不工作时使活塞在两个方向的任意位置上迅速、平稳、可靠且长时间地锁紧。

采用液控单向阀锁紧回路，必须注意换向阀中位机能的选择。



教学课题：第六章 第二节 压力控制回路

教学目标：掌握调压回路、减压回路、卸荷回路、平衡回路的作用

教学重点：调压回路、减压回路、卸荷回路、平衡回路的作用

教学难点：调压回路、减压回路、卸荷回路、平衡回路的作用

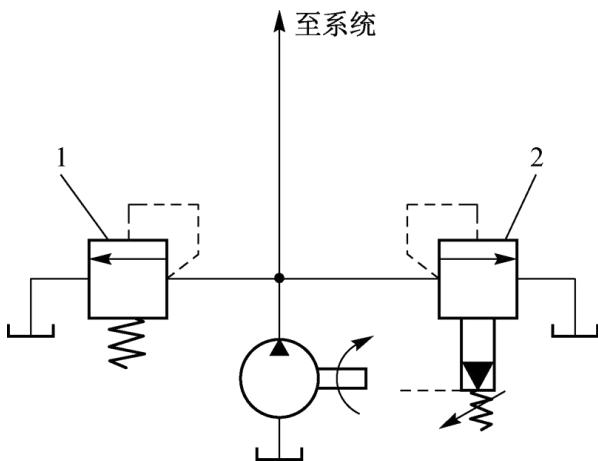
教学内容：

一、调压回路

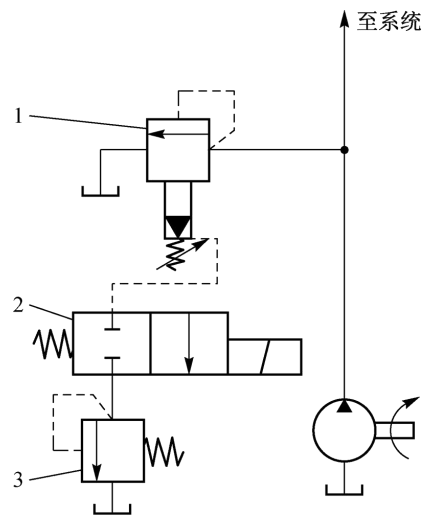
调压回路的功用是使液压传动系统整体或某一部分的压力保持恒定或不超过某个限定值。调压回路可分为有级调压回路和无级调压回路。

1.有级调压回路

1) 单级调压回路

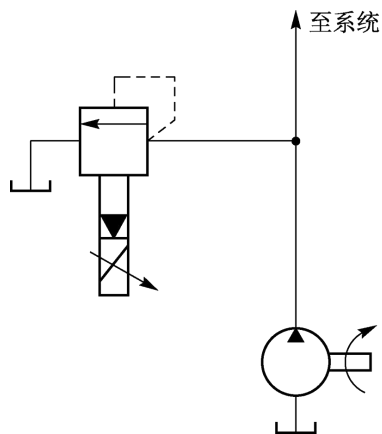


2) 多级调压回路



2. 无级调压回路

图中可通过改变先导式比例电磁溢流阀的输入电流来实现无级调压。这种调压回路容易实现远距离控制和计算机控制，而且具有压力切换平稳的优点。

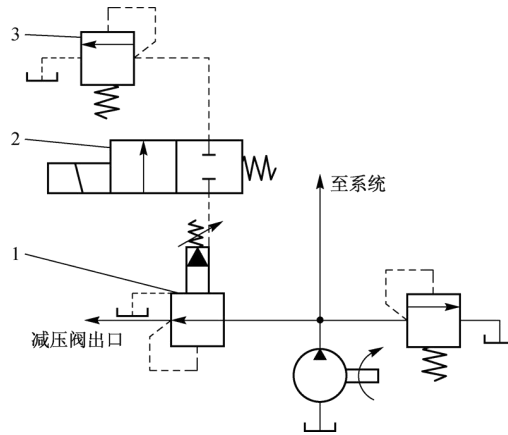


二、减压回路

减压回路的功用是使液压传动系统中某一部分油路具有低于系统压力的稳定压力。减压回路一般由减压阀实现。

如右图所示为二级减压回路。

在先导式减压阀 1 的控制油口接二位二通换向阀 2 和溢流阀 3。当二位二通换向阀 2 关闭时，压力由先导式减压阀 1 调定；当二位二通换向阀 2 开启时，压力由溢流阀 3 调定，且溢流阀 3 的调定压力低于先导式减压阀 1 的调定压力。

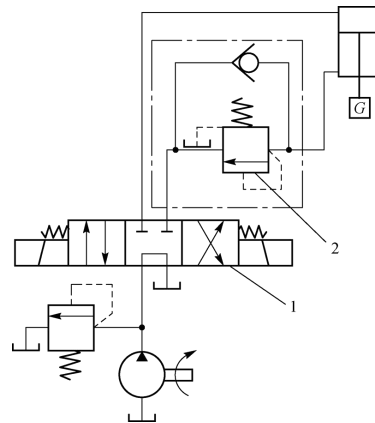


三、卸荷回路

卸荷回路的功能是在液压泵不停转的情况下，使其在很低压或很小的流量下工作，以减少功率损耗和系统发热。

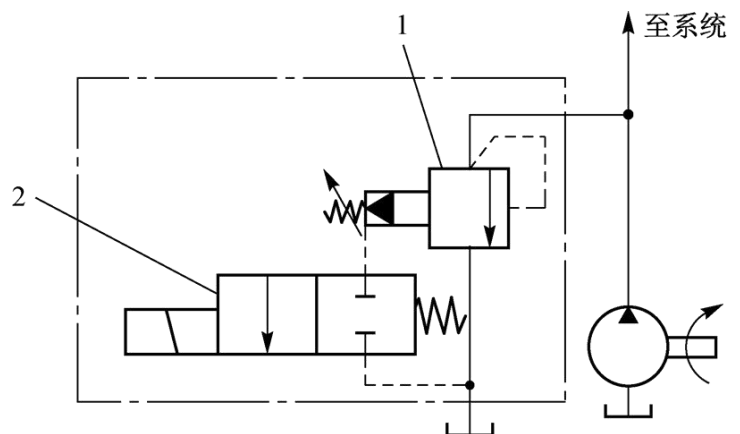
1. 利用换向阀中位机能的卸荷回路

在低压小流量系统中，常利用 H、K 或 M 形中位机能卸荷。如右图所示为利用换向阀 M 形中位机能的卸荷回路。当执行元件停止工作时，三位四通换向阀 1 处于中位，使液压泵与油箱连通，从而实现卸荷。



2. 利用先导式溢流阀的卸荷回路

如右图所示为利用先导式溢流阀的卸荷回路。图中先导式溢流阀 1 的控制油口处接一个二位二通换向阀 2。当二位二通换向阀 2 通电时，先导式溢流阀 1 的控制油口与油箱相通，即先导式溢流阀 1 的主阀上腔直通油箱，定量泵输出的液压油将以很低的压力开启先导式溢流阀 1 的溢流口而流回油箱，从而实现卸荷，此时先导式溢流阀 1 处于全开状态。

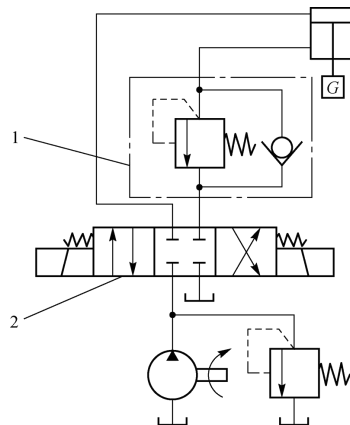


四、平衡回路

平衡回路就是利用液压元件的阻力损失在液压缸的下腔内施加一个压力，以平衡运动部件产生的重力。

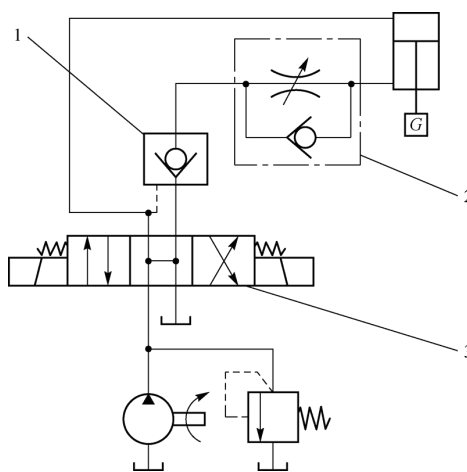
1. 采用单向顺序阀的平衡回路

如右图所示为采用单向顺序阀的平衡回路。调节图中单向顺序阀 1（又称为平衡阀）的开启压力，使其稍大于立式液压缸下腔的背压。当活塞下行时，由于回路上存在一定的背压，因而可支承负载，使活塞平稳下落。当三位四通换向阀 2 处于中位时，活塞停止运动。



2. 采用液控单向阀的平衡回路

如右图所示为采用液控单向阀的平衡回路。图中回油路上的可调单向节流阀 2 可用来保证活塞向下运动的平稳性。假如回油路上没有可调单向节流阀 2，当活塞下行时，液控单向阀 1 将被控制油路打开，由于活塞的回油腔中无背压，因而活塞会加速下降，使液压缸上腔供油不足，从而导致液控单向阀 1 因控制油路失压而关闭。



教学课题：第六章 第三节 速度控制回路

教学目标：掌握调速回路、快速运动回路、速度换接回路的作用

教学重点：调速回路、快速运动回路、速度换接回路的作用

教学难点：调速回路、快速运动回路、速度换接回路的作用

教学内容：

一、调速回路

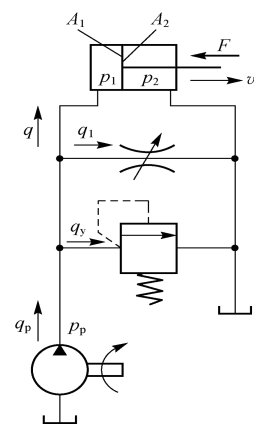
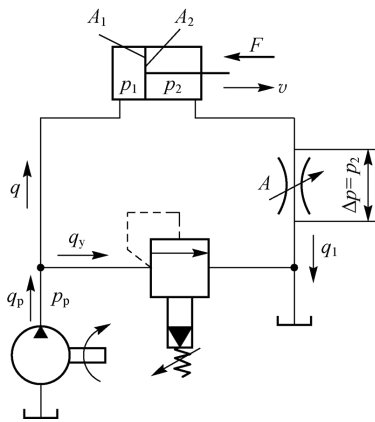
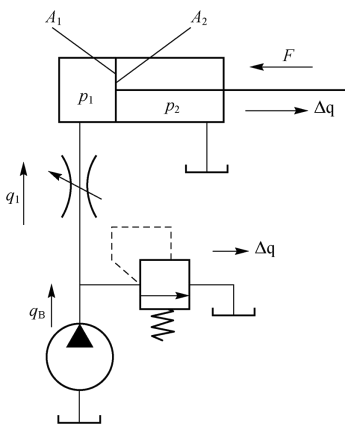
调速回路的功能是调定执行元件的工作速度。

1. 节流调速回路

1) 进油节流调速回路

2) 回油节流调速回路

3) 旁路节流调速回路



2. 容积调速回路

容积调速回路通过改变回路中变量泵或变量马达的排量来调节执行元件的运动速度。适用于高速、大功率的液压传动系统。

1) 变量泵和定量执行元件的容积调速回路：

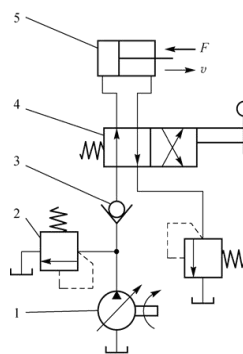
右图为变量泵和定量执行元件的容积调速回路：

1—变量泵；2—安全阀；3—单向阀；

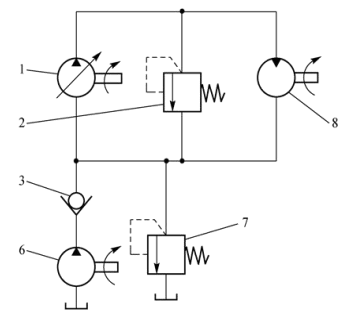
4—二位四通换向阀；5—液压缸；

6—低压辅助油泵；7—低压溢流阀；

8—定量马达



(a) 变量泵和液压缸的容积调速回路

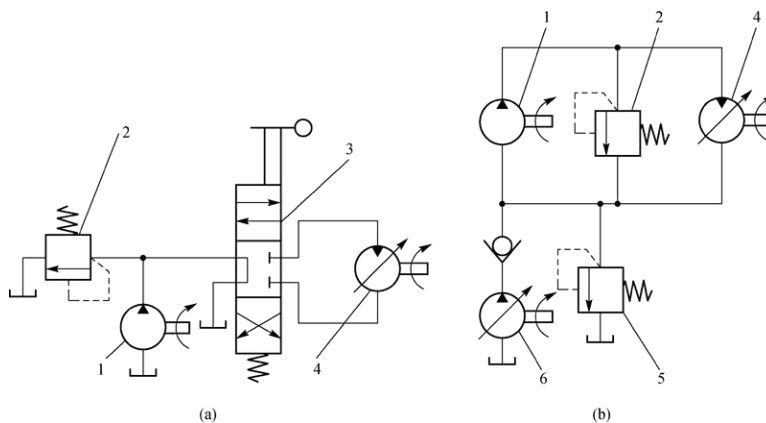


(b) 变量泵和定量马达的闭式容积调速回路

2) 定量泵和变量马达的容积调速回路：

该调速回路通过改变变量马达的排量来改变其输出转速，以实现对其速度的调节。

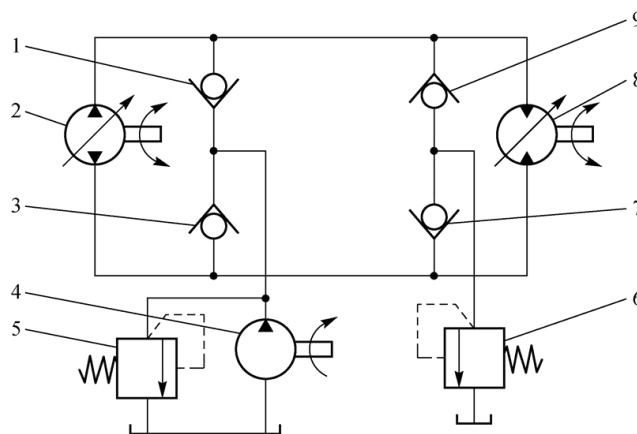
右图中 1—定量泵；
 2—安全阀； 3—三位四通换向阀； 4—变量马达；
 5—低压溢流阀； 6—补油泵



3) 变量泵和变量马达的容积调速回路：

变量泵和变量马达的容积调速回路是上述两种调速回路的组合，其调速特性具有上述两种调速回路的特点。

右图中，1、3、7、9—单向阀；
 2—双向变量泵； 4—补油泵；
 5—溢流阀； 6—压力阀；
 8—双向变量马达

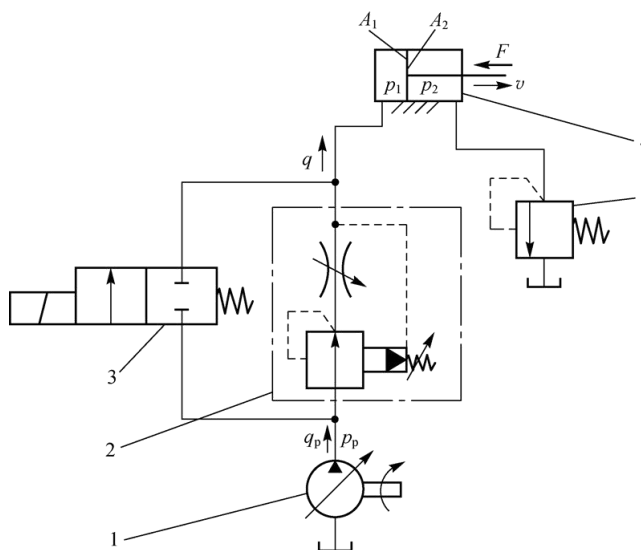


3. 联合调速回路

联合调速回路又称为容积节流调速回路，该调速回路采用压力反馈式变量泵供油，通过流量控制元件改变流入或流出执行元件的流量来调节速度。

如右图所示为限压式变量泵与调速阀组成的容积节流调速回路。

1—变量泵； 2—调速阀；
 3—二位二通换向阀；
 4—液压缸； 5—背压阀

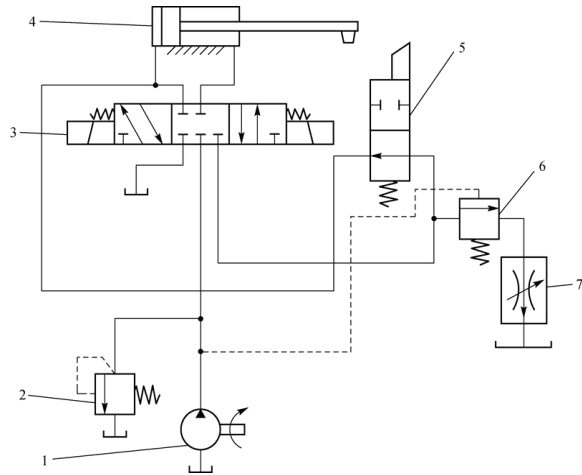


二、快速运动回路

为了提高生产效率，机床执行元件常常要求实现空行程（或空载）的快速运动。这时要求液压传动系统的流量大且压力低。

1. 采用差动连接的快速运动回路

右图中，1—液压泵； 2—安全阀；
3—三位五通换向阀； 4—液压缸；
5—行程阀； 6—卸荷阀； 7—调速阀



2. 采用蓄能器的快速运动回路

这种回路的关键在于能量储存和释放的控制方式，常用于液压缸间歇式工作中。

3. 采用双泵供油的快速运动回路

具有功率利用合理、效率高，且速度换接较平稳的优点，因此，它在速度相差较大的机床中应用很广泛。

三、速度换接回路

速度换接回路的功用就是使液压执行机构在一个工作循环中，从一种运动速度换接到另一种运动速度。这种转换不仅包括快速转慢速的换接，还包括两个慢速之间的换接。

1. 速度换接方式

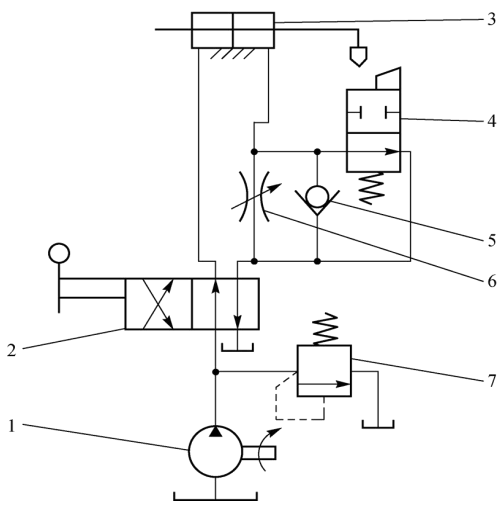
(1) 人工控制速度换接：是指每个动作均由人工直接进行控制的速度换接，如手动换向阀采用手动控制的速度换接，电磁换向阀采用按钮或脚踏开关控制的速度换接等。

(2) 压力信号控制速度换接：是指随着执行元件负载的变化，液压传动系统中各部分的压力将发生变化，可使压力继电器、电接点压力表动作，发出电信号，控制电磁换向阀动作，实现动作转换。

(3) 位置信号控制速度换接：常采用行程开关将位置信号转变成电信号，通过电液转换元件（电磁阀、比例阀等）对液压传动系统进行控制。

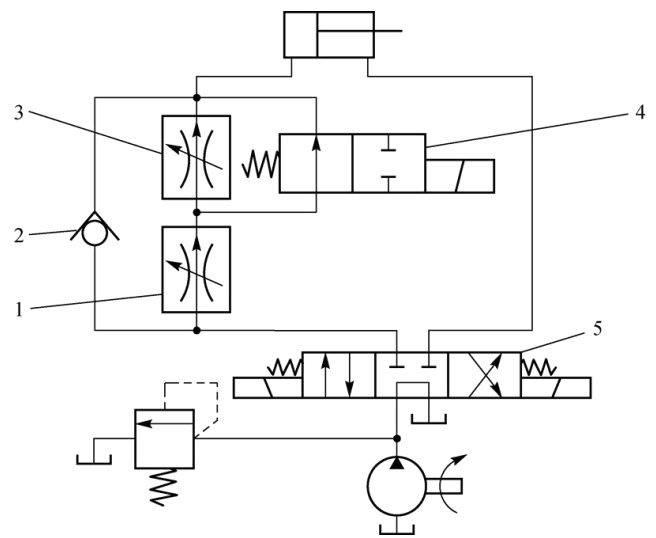
2. 常用的速度换接回路

1) 快速运动和工作进给运动的速度换接回路



- 1—液压泵； 2—二位四通换向阀；
 3—液压缸； 4—行程阀；
 5—单向阀； 6—节流阀； 7—安全阀

2) 两种工作进给的速度换接回路



- 1、3—调速阀； 2—单向阀；
 4—二位二通换向阀； 5—三位四通换向阀

教学课题：第六章 第四节 多元件控制回路

教学目标：掌握顺序动作回路、同步回路的作用

教学重点：顺序动作回路、同步回路的作用

教学难点：顺序动作回路、同步回路的作用

教学内容：

一、顺序动作回路

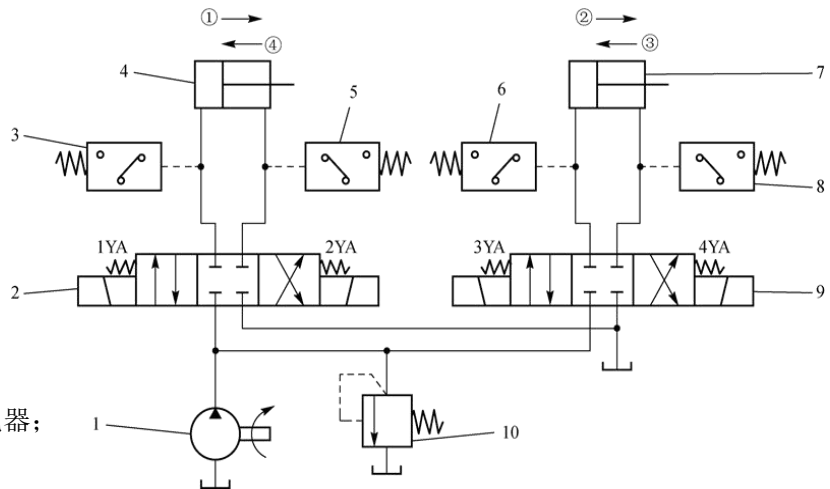
顺序动作回路的功能是使多个液压缸按照预定顺序依次动作，按其控制方式可分为压力控制顺序动作回路、行程控制顺序动作回路和时间控制顺序动作回路。

1. 压力控制顺序动作回路

压力控制顺序动作回路就是利用油路本身的压力变化来控制液压缸的先后动作顺序的回路，它主要包括利用压力继电器控制的顺序动作回路和利用顺序阀控制的顺序动作回路。

如右图所示为利用压力继电器控制的顺序动作回路。

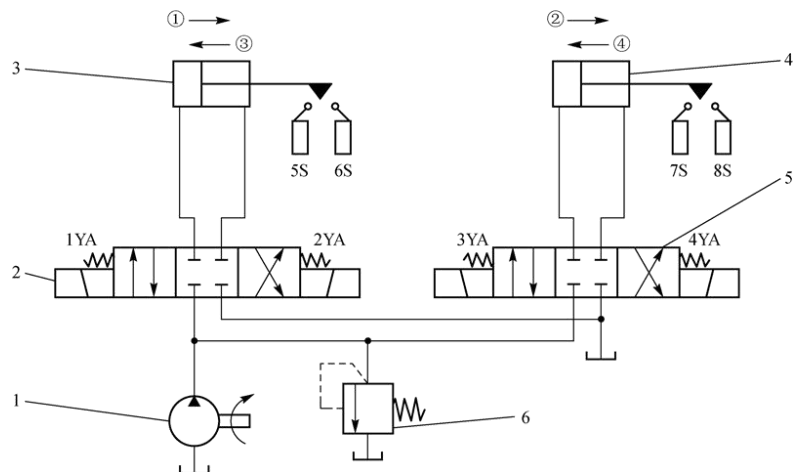
1—液压泵； 2、9—三位四通
换向阀； 3、5、6、8—压力继电器；
4、7—液压缸； 10—溢流阀



2. 行程控制顺序动作回路

行程控制顺序动作回路是利用执行元件到达一定位置时，发出讯号来控制液压缸的先后动作顺序的。它可以利用行程开关、行程阀或顺序缸来实现。

1—液压泵；
2、5—三位四通换向阀；
3、4—液压缸； 6—溢流阀



3. 时间控制顺序动作回路

时间控制顺序动作回路是利用延时元件（如延时阀、时间继电器等）使多个液压缸按时间完成顺序动作的回路。这种顺序动作回路由于通过节流阀的流量受负载和温度的影响，所以延时不易准确，一般要与行程控制方式配合使用。

二、同步回路

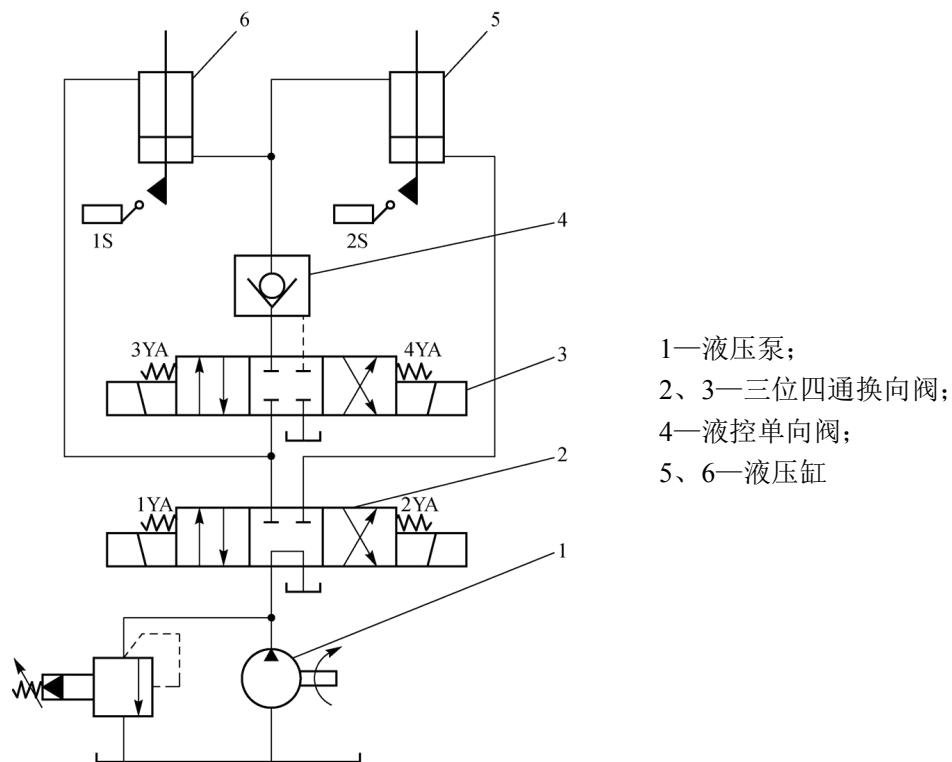
在多缸工作的液压传动系统中,常常会遇到要求两个或两个以上的执行元件同时动作的情况,并要求它们在运动过程中克服负载、摩擦阻力、泄漏、制造精度和结构变形上的差异,维持相同的速度或相同的位移,即做同步运动。

1. 液压缸机械连接同步回路

液压缸机械连接同步回路是用刚性梁、齿轮、齿条等机械零件在两个液压缸的活塞杆间实现刚性连接以实现位移的同步。这种同步回路采用刚性连接结构,具有简单经济、能基本上保证位置同步要求的优点,但由于机械零件在制造、安装上的误差,因而同步精度不高。同时,两个液压缸的负载差异不宜过大,否则会造成卡死现象。

2. 串联液压缸同步回路

如右图所示为串联液压缸同步回路。



3. 流量控制式同步回路

(1) 采用调速阀控制的同步回路是指采用调速阀调节液压缸活塞的运动速度,结构简单,同步精度较低(一般为5%~7%)。

(2) 采用电液比例调速阀或电液伺服阀控制的同步回路规格尺寸大、价格贵,用于两个液压缸相距较远而同步精度要求很高的场合。

(3) 采用同步液压缸和同步液压马达的容积式同步回路是将两相等容积的油液分配给尺寸相同的两个执行元件,以实现两个执行元件的同步。其具有同步精度高、系统效率高的优点。

教学课题：第七章 第一节 组合机床动力滑台液压传动系统

教学目标：理解组合机床液压系统的结构和工作原理。

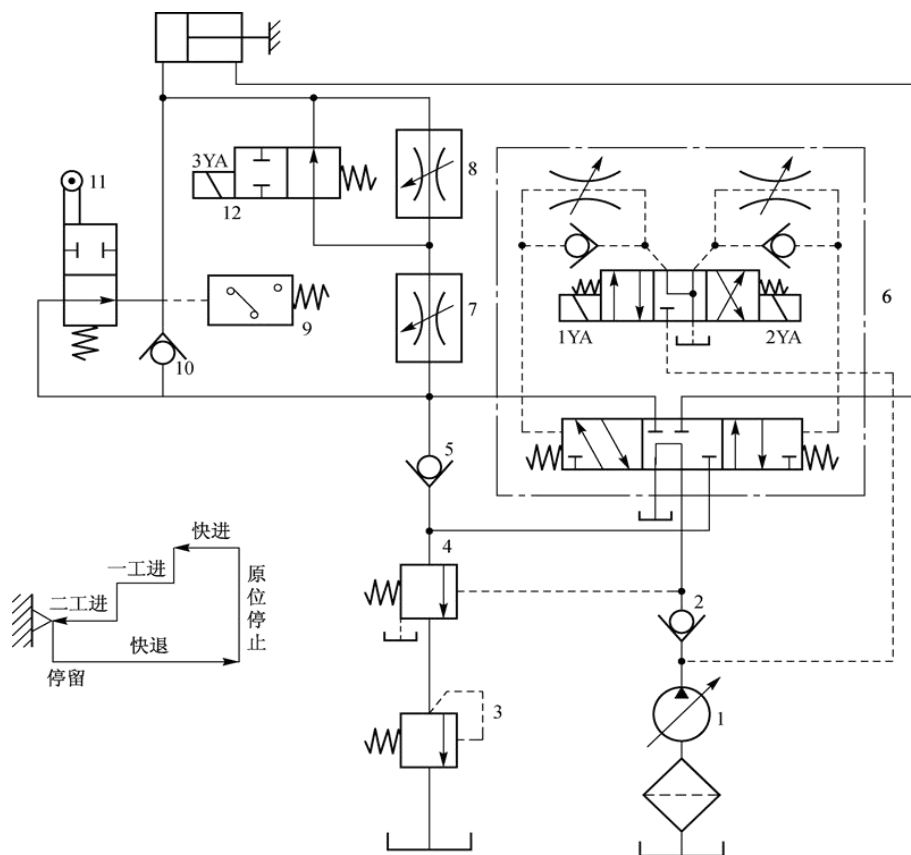
教学重点：组合机床液压系统的工作原理

教学难点：组合机床液压系统的工作原理

教学内容：

一、概述

液压动力滑台是利用液压缸将泵所提供的液压能转变成滑台运动所需要的机械能。它对液压系统性能的主要要求是速度换接平稳，进给速度稳定，功率利用合理，效率高，发热少。



YT4543 型动力滑台的液压系统原理图

二、组合机床动力滑台液压传动系统的工作原理

1. 快进

进油路：泵 1→单向阀 2→换向阀 6(左位)→行程阀 11(下位)→液压缸左腔；

回油路：液压缸的右腔→换向阀 6(左位)→单向阀 5→行程阀 11(下位)→液压缸左腔，形成差

动连接。

2. 第一次工作进给

进油路：泵 1→单向阀 2→换向阀 6(左位)→调速阀 7→换向阀 12(右位)→液压缸左腔；

回油路：液压缸右腔→换向阀 6(左位)→顺序阀 4→背压阀 3→油箱。

3. 第二次工作进给

二位二通换向阀将通路切断，进油必须经调速阀 7、8 才能进入液压缸，此时由于调速阀 8 的开口量小于阀 7，所以进给速度再次降低，其他油路情况同一工进。

4. 止挡块停留

当滑台工作进给完毕之后，碰上止挡块的滑台不再前进，停留在止挡块处，同时系统压力升高，当升高到压力继电器 9 的调整值时，压力继电器动作，经过时间继电器的延时，再发出信号使滑台返回，滑台的停留时间可由时间继电器在一定范围内调整。

5. 快退

进油路：泵 1→单向阀 2→换向阀 6(右位)→液压缸右腔；

回油路：液压缸左腔→单向阀 10→换向阀 6(右位)→油箱。

6. 原位停止

液压缸失去液压力源，滑台停止运动。液压泵输出的油液经换向阀 6 直接回油箱，泵卸荷。

教学课题：第七章 第二节 液压机液压传动系统

教学目标：理解液压机液压传动系统的结构和工作原理。

教学重点：液压机液压传动系统的工作原理

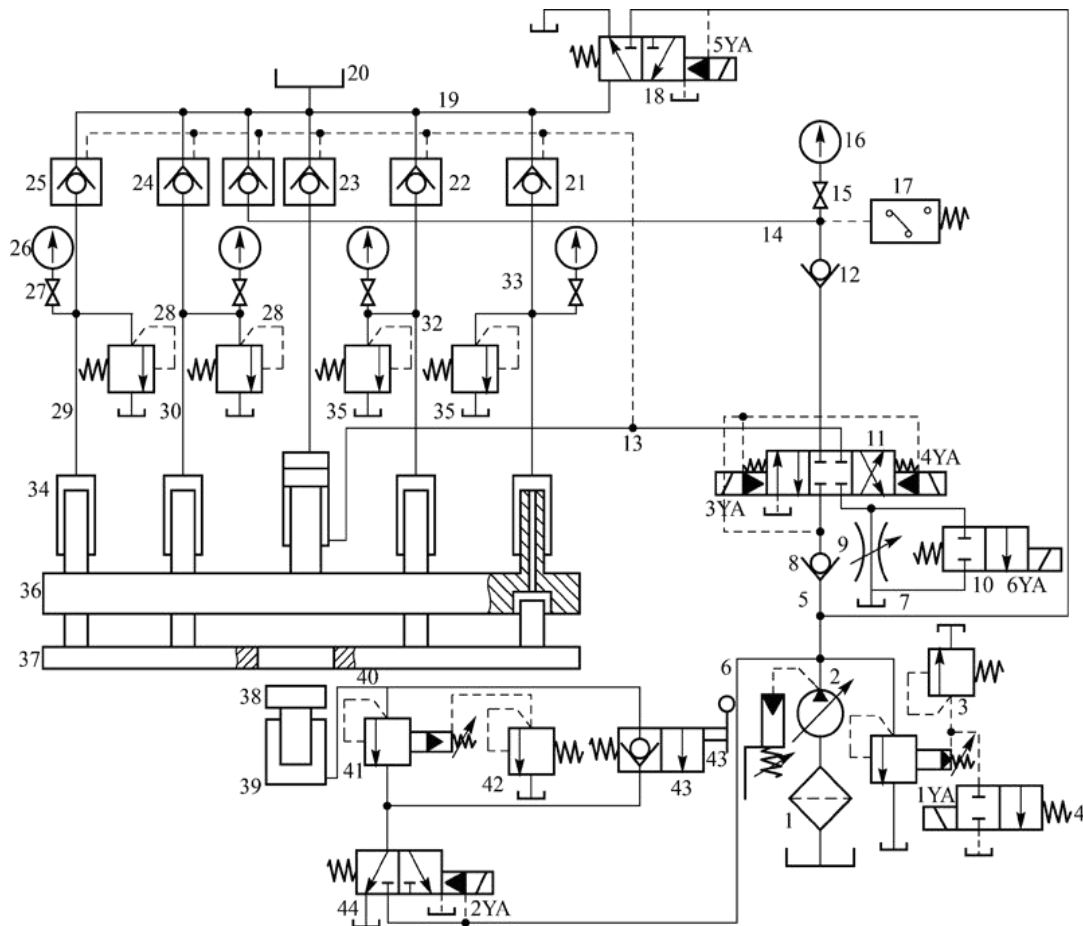
教学难点：液压机液压传动系统的工作原理

教学内容：

一、概述

液压机是用于调直、压装、冷冲压、冷挤压和弯曲等工艺的压力加工机械，它是最早应用液压传动的机械之一。液压机液压系统是用于机器的主传动，以压力控制为主，系统压力高、流量大、功率大，应该特别注意如何提高系统效率和防止液压冲击。

液压机主缸的工作循环要求有“快进→减速接近工件及加压→保压延时→泄压→快速回程及保持活塞停留在行程的任意位置”等基本动作；当有辅助缸时，如需顶料，顶料缸的动作循环一般是“活塞上升→停止→向下退回”；薄板拉伸则要求有“液压垫上升→停止→压力回程”等动作；有时还需要压边缸将料压紧。



双动薄板冲压机液压系统原理图

1—滤油器；2—变量泵；3、42—远程调压阀；4—电磁溢流阀；5、6、7、13、14、19、29、30、31、32、33、40—管路；8、12、21、22、23、24、25—单向阀；9—节流阀；10—电磁换向阀；11—电液动换向阀；15、27—压力表开关；16、26—压力表；17—压力继电器；18、44—二位三通电液换向阀；20—高位油箱；28—安全阀；34—压边缸；35—拉伸缸；36—拉伸滑块；7—压边滑块；38—顶出块；39—顶出缸；41—先导溢流阀；43—手动换向阀

二、液压机液压传动系统的工作原理

1.启动

按启动按钮，电磁铁全部处于失电状态，恒功率变量泵输出的油以很低的压力经电磁溢流阀的溢流回油箱，泵空载启动。

2.拉伸滑块和压边滑块快速下行

进油路：滤油器 1→变量泵 2→管路 5→单向阀 8→三位四通电液换向阀 11 的 P 口到 A 口→单向阀 12→管路 14→管路 31→缸 35 上腔；

回油路：缸 35 下腔→管路 13→电液换向阀 11 的 B 口到 T 口→换向阀 10 油箱。

3.减速、加压

拉伸和压边滑块与板料接触之前，首先发出一个电信号，使阀 10 的电磁铁 6YA 失电，左位工作，主缸回油须经节流阀 9 回油箱，实现慢进。

4.拉伸、压紧

回油路为：缸 35 下腔→管路 13→电液换向阀 11 的 B 口到 T 口→节流阀 9 油箱。

5.保压

保压时间由压力继电器 17 控制的时间继电器调整。

6.快速回程

进油路：滤油器 1→泵 2→管路 5→单向阀 8→阀 11 右位的 P 口到 B 口→管路 13→主缸 35 下腔；

回油路：主缸 35 上腔→阀 23→高位油箱 20。

7.原位停止

主缸 35 下腔封闭，主缸停止不动。

8.顶出缸上升

顶出压力由远程调压阀 42 设定。

9.顶出缸下降

阀 43 左位工作，顶出缸在自重作用下下降，回油经阀 43、44 回油箱。

该系统采用高压大流量恒功率变量泵供油和利用拉伸滑块自动充油的快速运动回路，既符合工艺要求，又节省了能量。

教学课题：第十章 第一节 气源装置及气动辅助元件

教学目标：掌握气源装置及气动辅助元件的作用

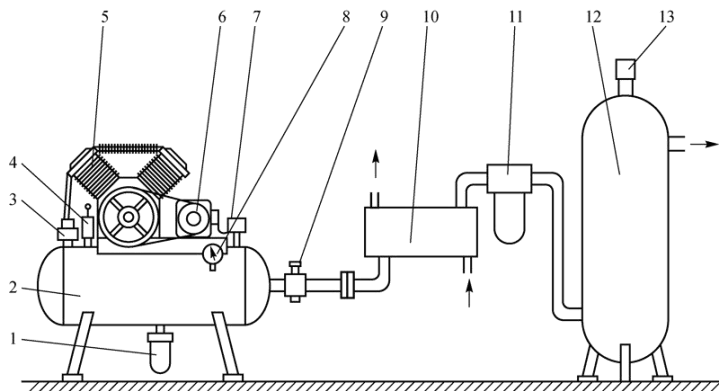
教学重点：气源装置及气动辅助元件的作用

教学难点：气源装置及气动辅助元件的作用

教学内容：

一、气源装置

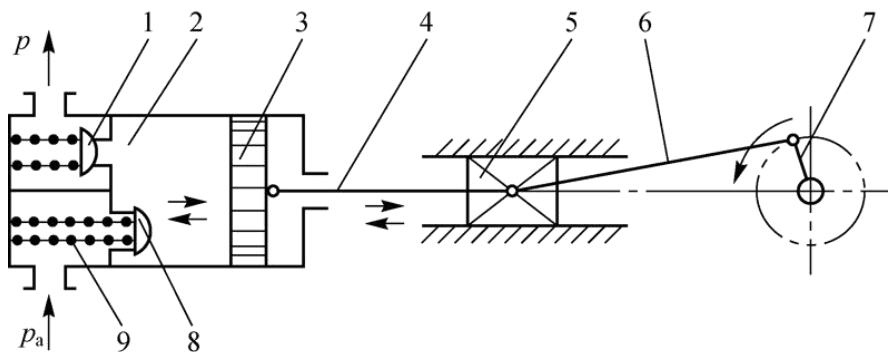
气源装置主要是指空气压缩机内的装置，是为气动设备提供满足要求的压缩空气的动力源。如图所示为气源装置的组成及布置示意图。



1—自动排水器； 2、12—储气罐； 3—单向阀； 4、13—安全阀； 5—空气压缩机；
6—电动机；

1. 空气压缩机

按其工作原理可分为容积型空气压缩机和速度型空气压缩机。容积型空气压缩机的工作原理是使单位体积内空气分子的密度增加以提高压缩空气的压力。速度型空气压缩机的工作原理是将气体分子的动能转化为压力能以提高压缩空气的压力。



活塞式容积型空气压缩机的工作原

1—排气阀； 2—气缸； 3—活塞； 4—活塞杆； 5—滑块； 6—连杆；
7—曲柄； 8—吸气阀； 9—弹簧

2. 冷却器

冷却器作用是将空气压缩机排出的压缩空气的温度降低。

3. 储气罐

储气罐的主要作用如下：

(1) 储气罐可用来储存一定量的压缩空气，以调节空气压缩机输出气量与用户耗气量之间出现的不平衡状况，从而保证连续、稳定的气流输出。

(2) 当出现空气压缩机停顿、突然停电等意外事故时，可用储气罐中储存的压缩空气实施紧急处理，以保证安全。

(3) 储气罐可降低压缩空气温度，分离压缩空气中的部分水分和油分。

4. 空气干燥器

空气干燥器作用是吸收和排除压缩空气中的水分和部分油分与杂质，使湿空气变成干空气。

二、气动辅助装置

1、分水滤气器

分水滤气器作用压缩空气中的水分和部分油分与杂质，以达到气动系统所要求的净化程度。

2、油雾器

油雾器作用是将润滑油喷射成雾状并混合于压缩空气中，使该压缩空气具有润滑气动元件的能力。

3、消声器

消声器作用是降低噪声，一般安装在气动元件的排气口。目前使用的消声器种类繁多，但根据消声原理不同可分为阻性消声器、抗性消声器、阻抗复合式消声器及多孔扩散式消声器。

4、管道连接装置

管道连接装置包括管子和各种管接头。其作用是将气动执行元件、气动控制元件以及气动辅助元件等连接成一个完整的气动系统。

5、气液转换装置

气液转换装置作用是把气信号转换为液压信号的装置。

教学课题：第十一章 第一节 气源装置及辅助元件

教学目标：掌握气动执行元件的种类、工作原理和作用

教学重点：气动执行元件的工作原理和作用

教学难点：气动执行元件的工作原理

教学内容：

一、气缸

气缸是气动系统的执行元件之一。它是将压缩空气的压力能转换为机械能并驱动工作机构作往复直线运动或摆动的装置。与液压缸比较，它具有结构简单，制造容易，工作压力低和动作迅速等优点。故应用十分广泛。

1. 气缸的分类

气缸种类很多，结构各异、分类方法也多，常用的有以下几种：

(1)按压缩空气在活塞端面作用力的方向不同分为单作用气缸和双作用气缸。

(2)按结构特点不同分为活塞式气缸、薄膜式气缸、柱塞式气缸和摆动式气缸等。

(3)按安装方式可分为耳座式气缸、法兰式气缸、轴销式气缸、凸缘式气缸、嵌入式气缸和回转式气缸等。

(4)按功能分为普通气缸、缓冲气缸、气—液阻尼缸、冲击气缸和步进气缸等。

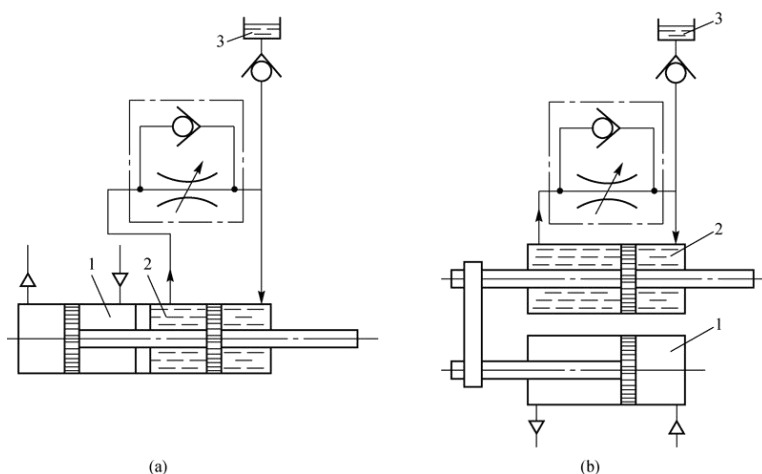
2. 气缸的工作原理

大多数气缸的工作原理与液压缸相同，介绍几种具有特殊用途的气缸。

1) 气—液阻尼缸

(a) 为串联式气—液阻尼缸，它由气缸和液压缸串联而成。

(b) 为并联式气—液阻尼缸，它由气缸和液压缸并联而成，其工作原理和作用与串联式气—液阻尼缸相同。



1—气缸； 2—液压缸； 3—高位油箱

2) 薄膜式气缸

薄膜式气缸是一种利用膜片在压缩空气作用下产生变形来推动活塞杆作直线运动的气缸。薄膜式气缸与活塞式气缸相比较，具有结构紧凑、简单、成本低、维修方便、寿命长和效率高等优点。

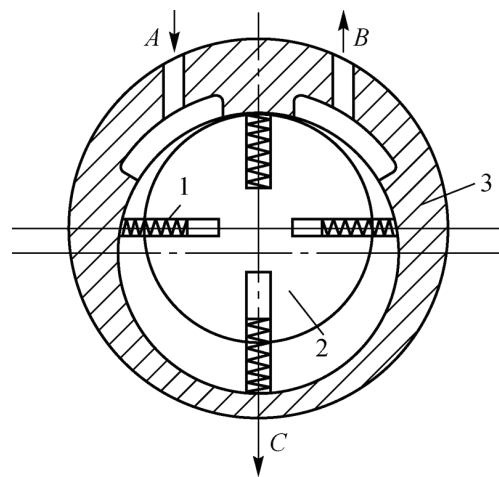
3) 冲击气缸

冲击气缸是把压缩空气的压力能转换为活塞和活塞杆的高速运动，输出动能，产生较大的冲击力，打击工件做功的一种气缸。

二、气动马达

气动马达是将压缩空气的压力能转换成旋转的机械能的装置。气动马达有叶片式、活塞式、齿轮式等类型，使用最广泛的是叶片式和活塞式。

如右图所示，当压缩空气从进气口进入气室后立即喷向叶片1，作用在叶片的外伸部分，产生转矩带动转子2作逆时针转动，输出机械能。若进气、出气口互换，则转子反转，输出相反方向的机械能。转子转动的离心力和叶片底部的气压力、弹簧力（图中未画出）使得叶片紧贴在定子3的内壁上，以保证密封，提高容积效率。



双向旋转叶片式气动马达
1—叶片； 2—转子； 3—定子

教学课题：第十一章 第二节 气动控制元件

教学目标：掌握气动控制元件的种类、工作原理和作用

教学重点：气动控制元件的工作原理和作用

教学难点：气动控制元件的工作原理

教学内容：

一、压力控制阀

压力控制阀主要用来控制气动系统中气体的压力。按照其作用可分为以下三类：

- (1) 当输入压力变化时，能保证输出压力不变的压力控制阀，如减压阀、定值器等。
- (2) 用于保持一定的输入压力的压力控制阀，如溢流阀等。
- (3) 根据不同的压力进行某种控制的压力控制阀，如顺序阀、平衡阀等。

1、减压阀

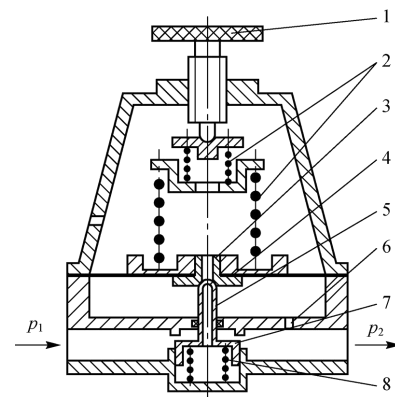
减压阀按其调压方式可分为直动式减压阀和先导式减压阀两种。直动式减压阀是借助弹簧力直接操纵的调压方式。先导式减压阀是采用预先调整好的气压来代替直动式调压弹簧进行调压的。一般先导式减压阀的流量—压力特性比直动式减压阀的好。

1

1) 直动式减压阀

直动式减压阀有稳定的压力输出。直动式减压阀

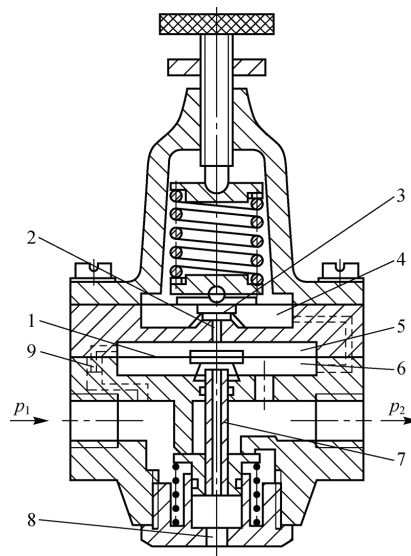
- 1—调节手柄； 2—调压弹簧；
3—溢流阀； 4—膜片；
5—阀杆； 6—反馈导管；
7—进气阀门； 8—复位弹簧



2) 先导式减压阀

先导式减压阀的流量—压力特性比直动式减压阀的好。

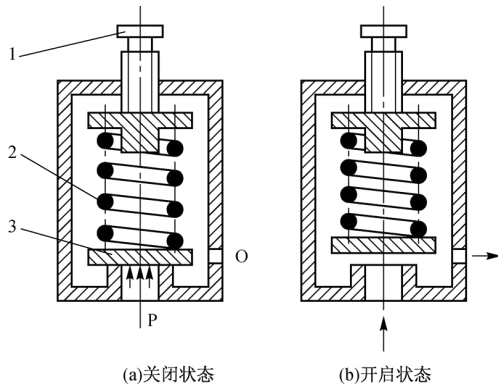
- 1—膜片； 2—喷嘴； 3—挡板；
4—上气室； 5—中气室；
6—下气室； 7—阀芯；
8—排气口； 9—固定节流口



2、溢流阀

工作压力超过调定压力时，自动向外排气。溢流阀是保持回路工作压力恒定的压力控制阀，而安全阀是防止气动系统过载，保证气动系统安全的压力控制阀。

1) 直动式溢流阀

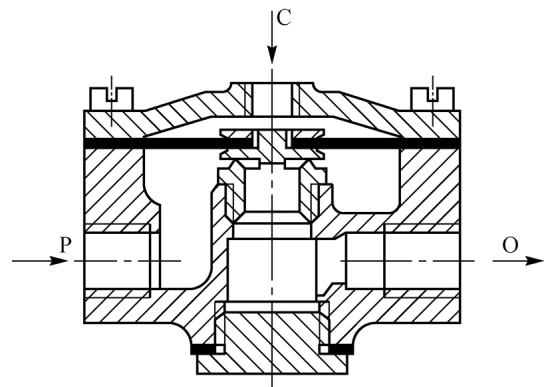


(a)关闭状态

(b)开启状态

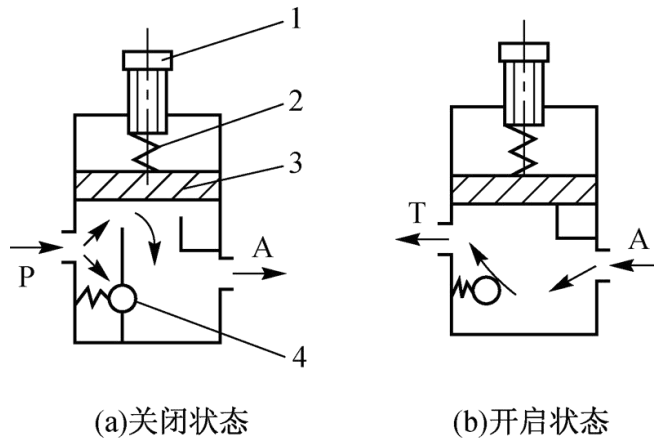
1—调节手柄； 2—调压弹簧； 3—活塞

2) 先导式溢流阀



3. 顺序阀

顺序阀一般很少单独使用，往往与单向阀配合在一起，构成单向顺序阀，如下图所示。



(a)关闭状态

(b)开启状态

单向顺序阀

1—调节手柄； 2—弹簧； 3—活塞； 4—单向阀

二、方向控制阀

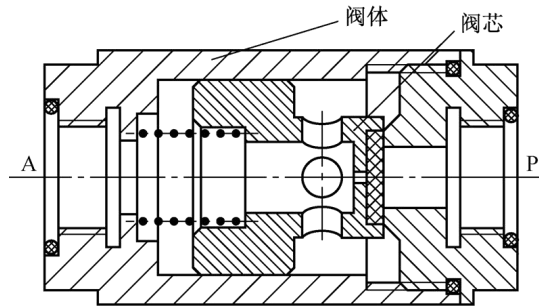
方向控制阀是气动系统中通过改变压缩空气的流动方向和气流的通、断，来控制执行元件启动、停止及运动方向的气动元件。

1. 单向型方向控制阀

只允许气流在一个方向上通过，而反方向上则完全关闭。

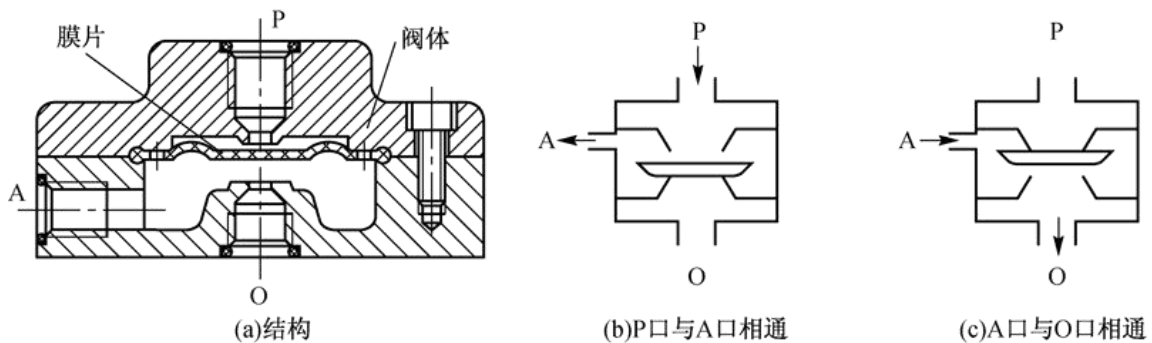
1) 单向阀

当气流反向流动时，受气压力和弹簧力的作用，活塞关闭，P口和A口不相通。弹簧的作用是增加单向阀的密封性，防止低压泄漏。



2) 快速排气阀

快速排气阀用于气动执行元件和装置需快速排气的场合。为了更好地利用快速排气阀的快速排特性，一般应将该阀直接安装在气缸的排气口上，这对于大缸径气缸及缸与阀之间管路较长的回路，尤为重要。



2、 换向型方向控制阀

1) 电磁换向阀

易于实现电气的联合及远距离控制，响应快，应用普遍、种类繁多。

2) 气压控制换向阀

多用于组成全气阀控制的气动系统或易燃、易爆以及高净化场合等。

3) 机械控制换向阀

机械控制换向阀又称为行程阀。此阀常依靠凸轮、挡块或其他机械外力推动阀芯，使阀换向，多用于行程控制，作为信号阀使用。

4) 人力控制换向阀

人力控制换向阀的操作机构露在外部，为防止被人误动作，应有保护措施。可分为手动人力控制换向阀和脚踏人力控制换向阀两种。

5) 延时换向阀

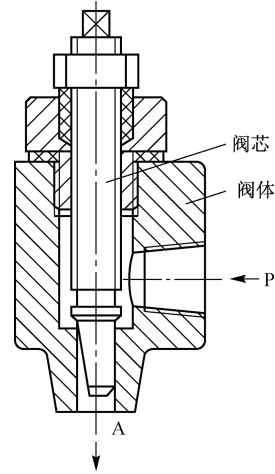
利用延时控制的气动元件称为延时换向阀。它是一种时间控制元件。

三、流量控制阀

在气动系统中，流量控制阀就是通过变阀的通流截面积来实现流量控制的元件。流量控制阀最常见的包括节流阀、单向节流阀和排气节流阀等。

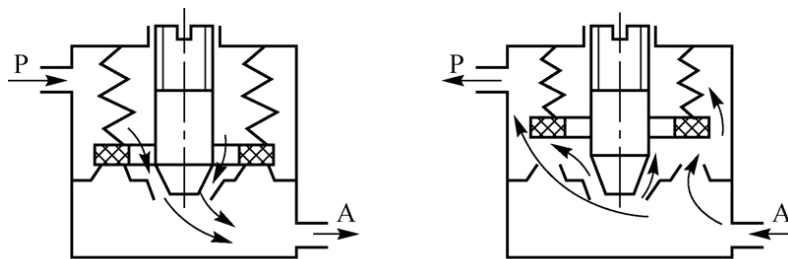
1、节流阀

如右图所示为圆柱斜切型节流阀。压缩空气由 P 口进入，经过节流后，由 A 口流出。旋转阀芯螺杆，就可以改变节流口的开度，这样就调节了压缩空气的流量。



2、单向节流阀

单向节流阀是由单向阀和节流阀并联而成的组合式流量控制阀，如图所示。单向节流阀常用于气缸的调速和延时回路。

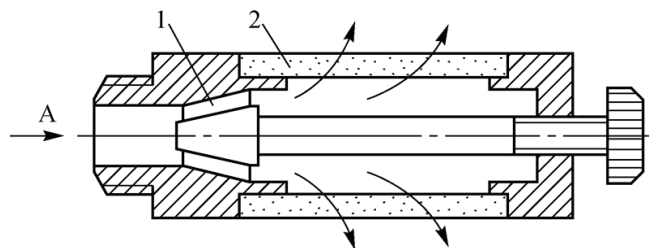


(a)节流状态

(b)不节流状态

3、排气节流阀

排气节流阀是装在执行元件的排气口处，调节进入大气中气体流量的一种流量控制阀。它不仅可以调节执行元件的运动速度，还常带有消声器，同时可以起到降低排气噪声、防止环境中的粉尘通过排气口污染气动元件的作用。



1—节流口； 2—消声器

教学课题：第十二、十三、十四章 气动回路、气动系统设计及系统实例

教学目标：掌握方向控制回路、压力控制回路、速度控制回路及其他常用基本回路原理和作用

教学重点：方向控制回路、压力控制回路、速度控制回路及其他常用基本回路原理和作用

教学难点：方向控制回路、压力控制回路、速度控制回路及其他常用基本回路原理

教学内容：

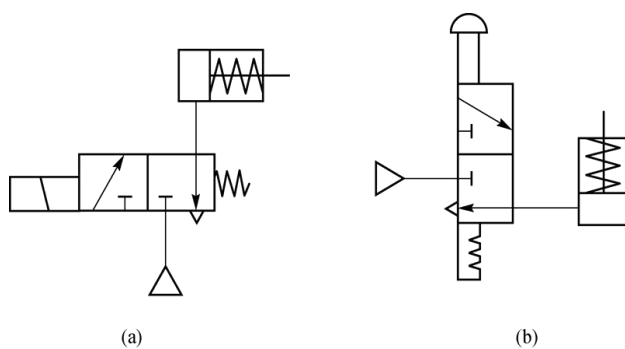
一、方向控制回路

方向控制回路就是利用换向阀控制压缩空气的流动方向，实现控制执行机构运动方向的回路。在气动系统中，方向控制回路包括单作用气缸换向回路和双作用气缸换向回路。

1、单作用气缸换向回路

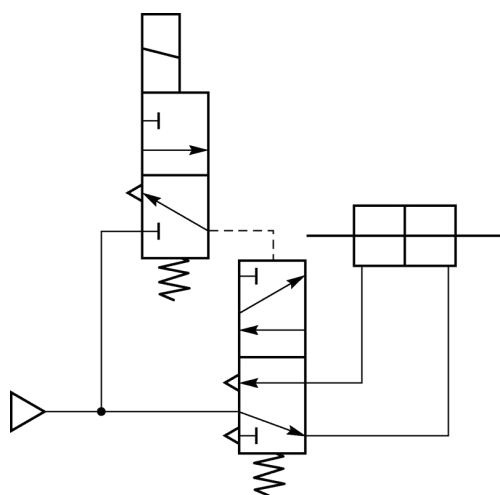
图（a）为用单电控的二位三通换向阀控制的换向回路。

图（b）为用带定位功能的按钮式手动换向阀控制的换向回路。当按下按钮时，按钮式手动换向阀切换位置，单作用气缸活塞杆伸出；当松开按钮时，按钮式手动换向阀保持在切换位置，单作用气缸活塞杆仍保持伸出状态，只有当按钮返回至原位时，单作用气缸活塞杆才退回。



2、双作用气缸换向回路

如图所示，当二位三通电磁换向阀的电磁铁通电时，由其控制的气流推动二位五通单气控换向阀换向，使双作用气缸活塞杆伸出；当二位三通电磁换向阀的电磁铁断电时，双作用气缸活塞杆退回。



采用气控换向阀的双作用气缸换向回路

二、压力控制回路

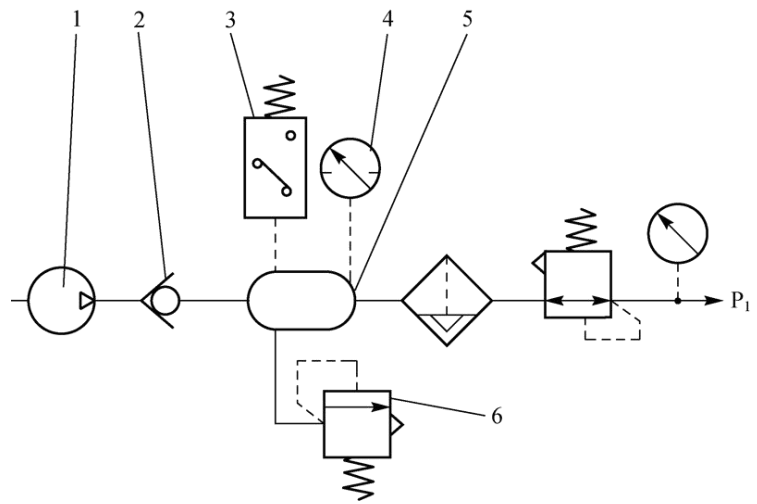
压力控制回路的作用，一是控制气源压力，避免气源压力过高，使配管及元器件损坏；二是控制使用压力，即给气动设备提供必要的工作压力。

1、气源压力控制回路

气源压力控制回路用于控制气源系统中储气罐的压力，使其处在一定的压力范围内，不得超过调定的最高压力，同时也不得低于调定的最低压力。

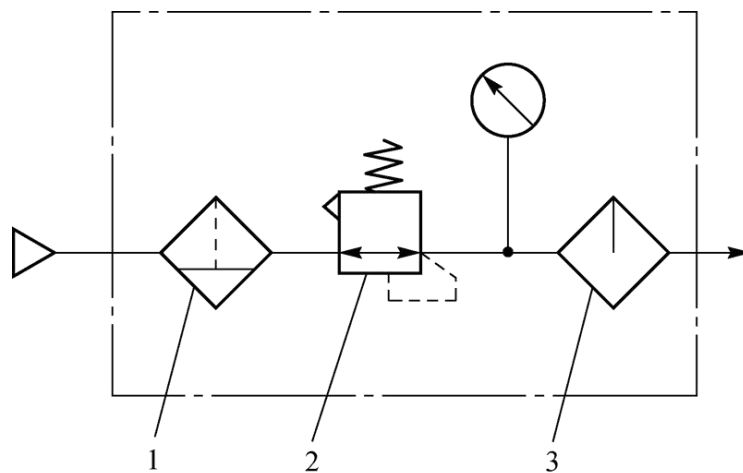
如右图所示为气源压力控制回路。它采用溢流阀或电触点压力计来控制。

- 1—空气压缩机；2—单向阀；
3—压力继电器；4—电触点压力计；
5—储气罐；6—溢流阀



2、工作压力控制回路

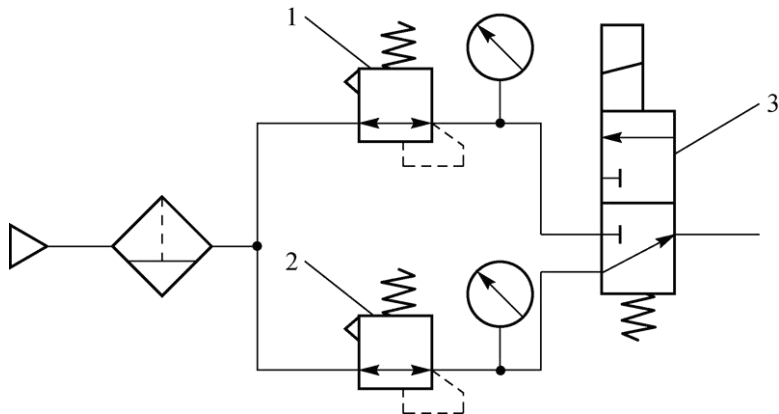
在气动设备的气源进口处控制工作压力，保证气动设备可以得到稳定工作压力的回路称为工作压力控制回路，也称为二次调压回路。



- 1—空气过滤器；2—溢流减压阀；3—油雾器

3、高低压转换回路

使用溢流减压阀 1 和 2 进行调节，通过一个二位三通换向阀 3 进行转换。切换二位三通换向阀 3 的位置，即可输出高压低压两种压力。



1、2—溢流减压阀； 3—二位三通换向阀

三、速度控制回路

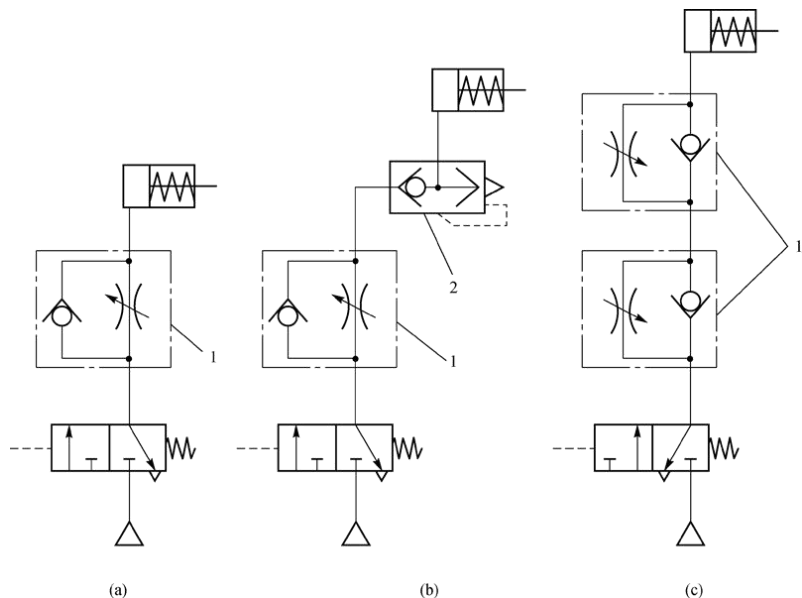
速度控制回路主要是通过对流量阀的调节，来控制气动执行元件运动速度的回路。

1、单作用气缸速度控制回路

图（a）为利用进气单向节流阀实现单作用气缸活塞杆伸出速度的调节。

图（b）为采用单向节流阀和快速排气阀组成的慢进—快退的速度控制回路。

图（c）为采用两个单向节流阀串联来控制单作用气缸活塞杆的往复运动速度，可同时控制单作用气缸活塞杆伸出和退回的速度。

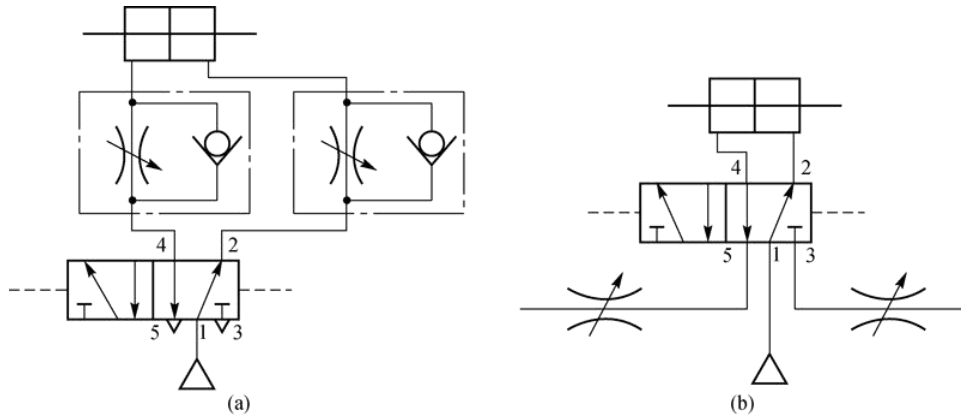


1—单向节流阀； 2—快速排气阀

2、双作用气缸速度控制回路

下图所示为双作用气缸速度控制回路。图（a）为采用单向节流阀来实现双作用气缸的速度控制回路。图（b）为在二位五通换向阀的排气口上安装排气节流阀，通过调节节流阀来实现双作用气缸往复运动速度的调节。

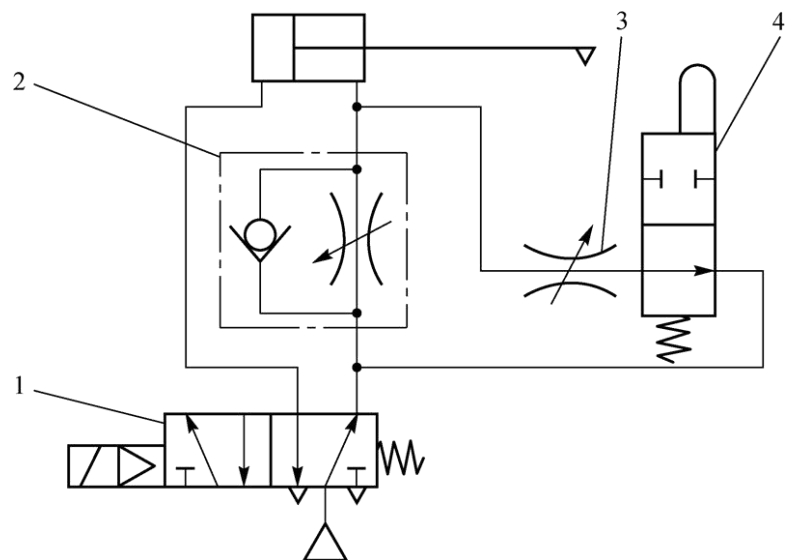
双作用气缸排气时由于其排气受阻而形成背压，减少了负载波动对速度的影响，提高了运动的稳定性，故在实际应用中被广泛采用。



3、缓冲回路

为避免活塞运动到终点时撞击缸盖，往往需要使用缓冲回路。

如图所示缓冲回路，二位五通换向阀1通电，气缸活塞杆伸出到达气缸的末端时，活塞杆前端挡块压下行程阀4使之换向，有杆腔气体只能经过单向节流阀2排出，调节单向节流阀2的节流口使之变小，则有杆腔内气体压力急升，对活塞产生反作用力，使活塞速度减慢，达到使行程末端缓冲的目的。



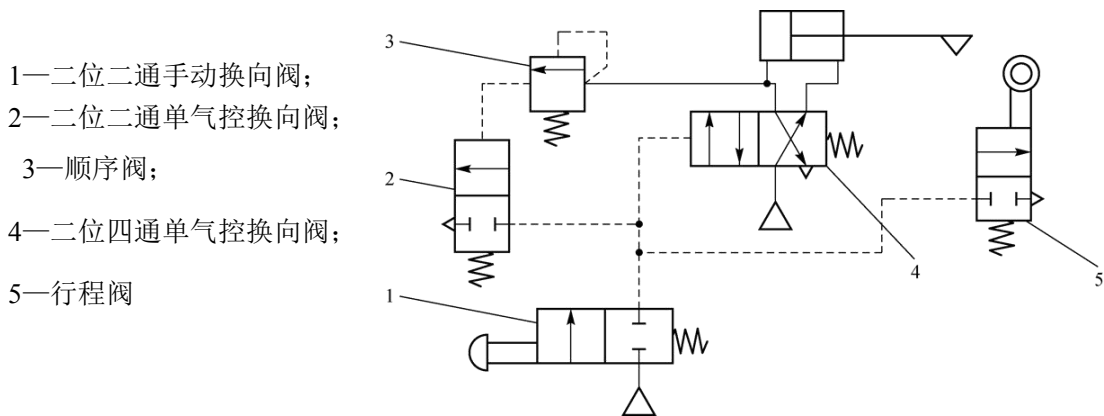
1—二位五通换向阀； 2—单向节流阀；
3—节流阀； 4—行程阀

四、其他常用基本回路

1、安全保护回路

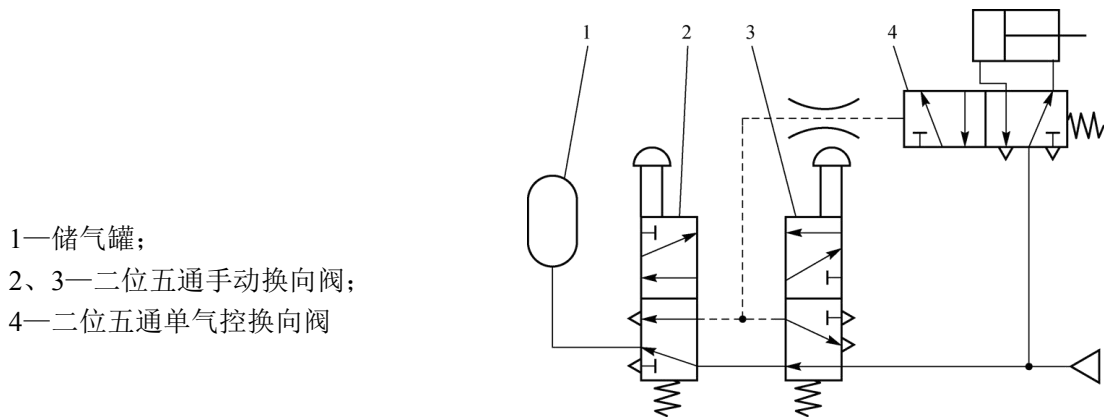
1) 过载保护回路

若活塞遇到障碍而过载时，气缸活塞立即中途退回，实现过载保护。



2) 双手操作回路

适用于冲床等设备，若一手拿冲料，另一手操作起动阀，很容易造成事故。该回路需要双手在很短时间间隔内同时操作，气缸才能动作。

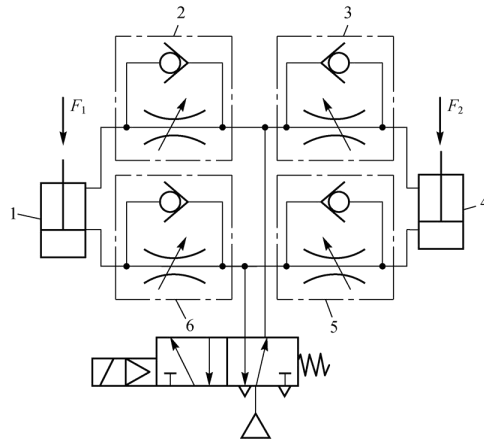


2、同步动作回路

在气动系统中使用两个或两个以上的气缸时，在运动中保持相同位移或相同速度的回路称为同步动作回路。

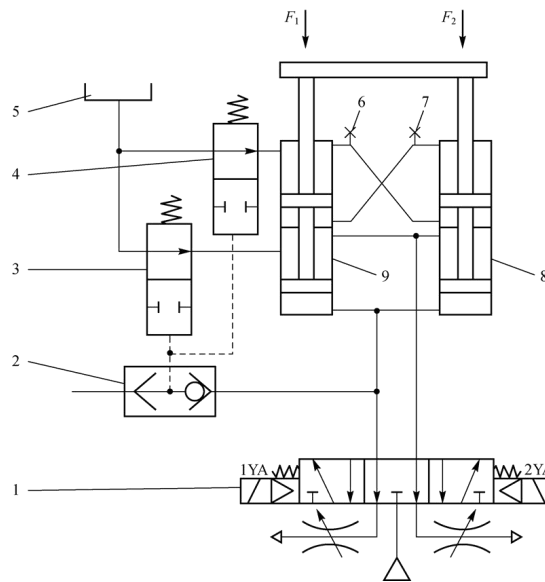
1) 单向节流阀同步动作回路

如右图所示为单向节流阀同步动作回路。图中单向节流阀 2、3 控制气缸 1、4 的活塞同步下降，单向节流阀 5、6 控制气缸 1、4 的活塞同步上升。此回路是最简单的气缸速度控制回路，其在使用过程中同步精度不高



2) 气液联动缸同步动作回路

图中两不相等负载 F_1 和 F_2 加载到工作台上，三位五通电磁换向阀 1 的 1YA 通电时，其左位工作，压力气体进入气液联动缸 8、9 的下腔气缸，推动活塞向上运动。此时，梭阀 2 开启，二位二通单气控换向阀 3、4 关闭，使气液联动缸 8 的液压缸上腔的油液压入气液联动缸 9 的液压缸下腔，气液联动缸 9 的液压缸上腔的油液压入气液联动缸 8 的液压缸下腔，从而使它们的活塞保持同步上升。同样，当三位五通电磁换向阀 1 的 2YA 通电时，可使气液联动缸 8、9 的活塞同步下降。



1—三位五通电磁换向阀； 2—梭阀；
3、4—二位二通单气控换向阀； 5—油箱；
6、7—放气塞； 8、9—气液联动缸