

液压与液力传动

home

examination

blog

about

contact

液压传动

[第一章 概述](#)

[第二章 液压流体力学基础](#)

[第三章 液压动力元件](#)

[第四章 液压执行元件](#)

[第五章 液压控制元件](#)

[第六章 液压系统的辅助元件](#)

[第七章 液压系统的基本回路](#)

[第八章 典型液压系统](#)

液力传动

• [第九章 概述](#)

第五章 液压控制元件

液压控制阀是液压传动系统中控制油液流动方向、油液压力和油液流量的元件。借助于这些液压控制阀，可以对液压执行元件的启动、停止、方向、速度、动作顺序和克服负载的能力等进行控制和调节，使液压设备能够按要求协调地进行工作。

§5.1 液压控制阀的分类

一、按用途分类

1. 方向控制阀（如单向阀、换向阀）
2. 压力控制阀（如溢流阀、减压阀、顺序阀）
3. 流量控制阀（如节流阀、调速阀）

这三类阀还可根据需要互相组合成为组合阀，如单向顺序阀、单向节流阀、电磁溢流阀等，这样在增加功能的基础上，使得其结构紧凑、连接简单，并提高了效率。

二、按操纵方式

1. 人力操纵阀
2. 机械操纵阀
3. 电动操纵阀

三、按连接方式

1. 管式连接（螺纹式连接、法兰式连接）
2. 板式及叠加式连接
3. 插装式连接（螺纹式插装、法兰式插装）

四、按控制原理

1. 开关或定值控制阀
2. 电液比例阀
3. 伺服阀
4. 数字控制阀

§5.2 压力控制阀

压力控制阀的作用：控制液压系统压力或利用压力作为信号来控制其它元件动作。

压力控制阀的分类按功能分溢流阀、减压阀、顺序阀、压力继电器。

一、溢流阀

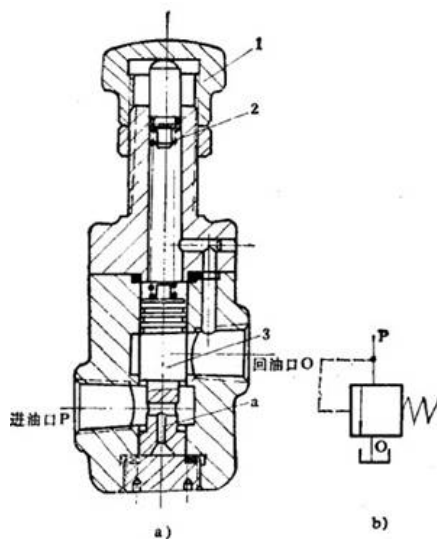
溢流阀的作用主要有：

1. 定量节流调节系统中，用来保持液压泵出口压力恒定，并将液压泵多余的油液溢流回油箱。这时溢流阀起稳压溢流作用；
2. 在系统中起安全保护作用。

溢流阀按其结构原理分为直动式和先导式。

1.直动式溢流阀

(1) 结构：



包括阀体、阀芯、阀座、弹簧、调节杆等，结构简单。

(2) 工作原理：

在忽略摩擦力、阀芯重力及稳态液动力的条件下，

$$pA = K(x_0 + x)$$

$$p = K(x_0 + x)/A \approx Kx_0/A$$

(3) 特点：

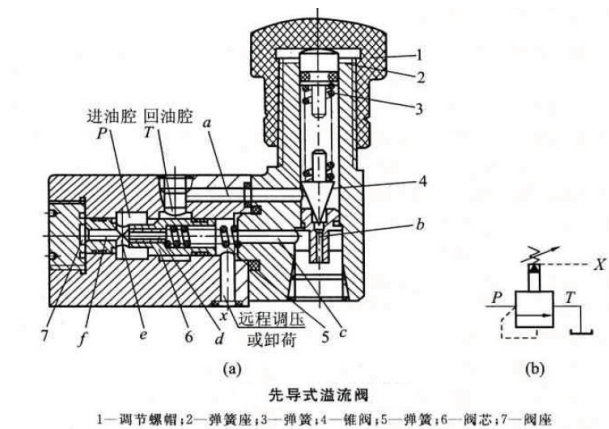
结构简单、灵敏度高，但压力受溢流流量的影响较大，不适于在高压大流量下工作。

(4) 直动式溢流阀调压原理

调节调压螺帽改变弹簧预压缩量，便可调节溢流阀调整压力。

2.先导式溢流阀

(1) 结构：



先导式溢流阀包括先导阀和主阀两部分。

(2) 工作原理：

主阀芯上有一阻尼孔，且上腔作用面积略大于下腔作用面积。

对于先导阀

$$p_d A_d = K_d (x_{d0} + x_d)$$

对于主阀

$$pA - p'A_s = K(x_0 + x)$$

因为：

$$p_d \approx p'$$
$$p = \frac{K_d(x_{d0} + x_d)}{A_d} \frac{A_s}{A} + \frac{K(x_0 + x)}{A}$$

(3) 远程控制口：

(4) 工作特点：

(a) 压力值主要由先导阀调压弹簧的预压缩量确定，主阀弹簧起复位作用。

(b) 通过先导阀的流量是主阀额定流量的1%，结构尺寸小，适用于中、高压及流量大的系统。

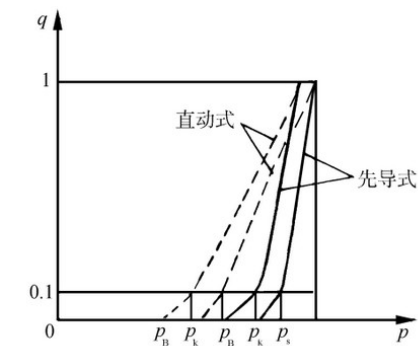
(c) 主阀芯开启是利用液流流经阻力孔形成的压力差。阻力孔一般为细长孔，孔径很小 $\phi = 0.8 \sim 1.2$ mm，孔长 $l = 8 \sim 12$ mm，因此工作时易堵塞，一旦堵塞则导致主阀口常开无法调压。

(d) 先导阀前腔有一控制口，用于卸荷和遥控。

(e) 结构复杂，灵敏度比直动式溢流阀低。

3.溢流阀的主要静态特性

(1) 溢流阀的压力-流量特性



根据孔口缝隙流量公式：

$$q = C_d A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

当溢流量 q 变化时，阀口开度也相应地变化，其溢流压力也有所变化，这就是溢流阀的压力-流量特性。

（a）不同的开启压力 p_k 对应不同的曲线。 p_k 的大小可用改变弹簧的预压缩量 x_0 来调节；

（b）当开启压力 p_k 一定时，溢流压力随溢流量的增加而增大。当溢流量达到阀的额定流量 q_r 时，与此相对应的压力值称为溢流阀的全流量溢流压力 p 。弹簧刚度 k 越小，曲线的斜率越大，溢流量变化所引起的压力变化量就越小，定压性能就好。常用调压偏差 $p_n - p_k$ 和开启比 p_k/p_n 来衡量定压性能的好坏，调压偏差越小则该阀的定压性能越好；开启比越高，定压性能越好。

（2）溢流阀的启闭特性

启闭特性是指溢流阀在稳态情况下从开启到闭合的过程中，被控压力与通过溢流阀的溢流量之间的关系。

（3）溢流阀的压力稳定性

溢流阀压力稳定性有两种涵义：

一是指阀的调整装置保持不变的情况下，工作一段时间后，调整压力的偏移量。与阀芯摩擦力、油温变化及油液清洁度有关；

另一种涵义是指溢流阀工作时系统压力的波动或振摆值，它和泵源的流量脉动以及阀和管路的动态特性有关，是一种综合的指标。

（4）溢流阀的压力损失

当调压弹簧全部放松，阀通过额定流量时，进油腔压力与回油腔压力的差值为阀的压力损失。它主要和阀中主油路的阻尼有关，但在测试先导式溢流阀的压力损失时，还受平衡弹簧预紧力的影响。

（5）溢流阀的卸荷压力

将先导式溢流阀的远程控制口直接油箱，当阀通过额定流量时，阀的进油腔压力和回油腔压力的差值称为卸荷压力。显然，它和通道阻力和平衡弹簧预紧力有关。

4.溢流阀的动态特性

当溢流阀在溢流量发生由零至额定流量的阶跃变化时，它的进口压力将迅速升高并超过额定压力的调定值，然后逐步衰减到最终稳定压力，从而完成其动态过渡过程。

5.溢流阀应用

(1) 为高压定量叶片泵系统卸荷溢流阀稳压和定量叶片泵、节流阀并联，阀口常开。

(2) 变量泵系统提供过载保护和变量泵组合，正常工作时阀口关闭，过载时打开，起安全保护作用，故又称安全阀。

(3) 实现远程调压: 远程调压压力小于主调调压压力。

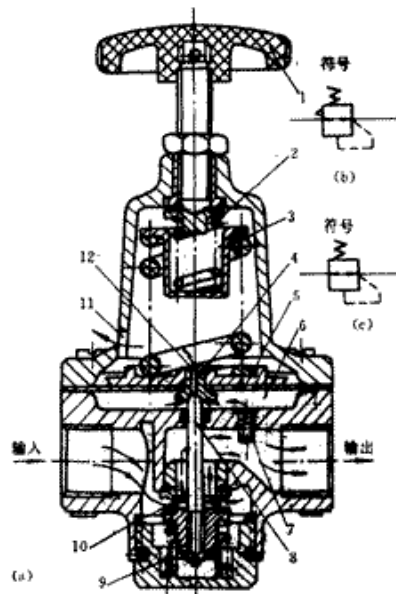
(4) 系统卸荷和多级调压和二位三通阀组合（先导式）。

(5) 形成背压。

二、减压阀

减压阀是利用液流流过缝隙产生压力损失，使其出口压力低于进口压力的压力控制阀。按调节要求不同，有定值减压阀，定差减压阀，定比减压阀。其中定值减压阀应用最广，又简称减压阀

1. 直动式减压阀（定值）



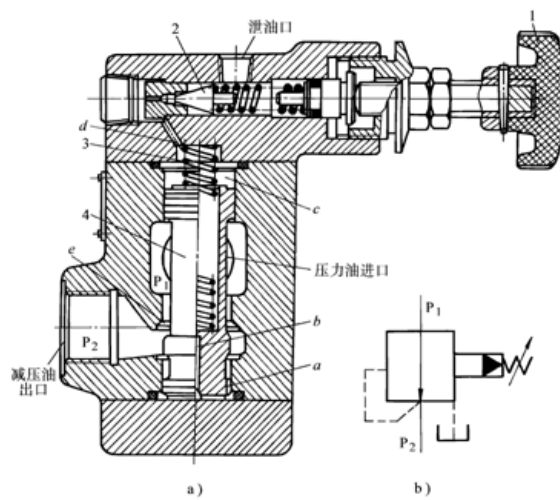
结构包括阀体、阀芯、弹簧、调节杆等，结构简单。

工作原理:

$$p_2 A_R = k_s (x_0 + x_{\max} - x_R)$$

2. 先导式减压阀（定值）

结构由先导阀和主阀两部分组成。



工作原理:

(1) 当出口压力小于调定压力时;

$$p_2 \approx p_1$$

(2) 当出口压力超过调定压力时;

$$\begin{aligned} p_3 A_d &= k_d (x_{d0} + x_d) \\ p_2 A &= p_3 A + k(x_0 + x_{\max} - x) \\ p_2 &= \frac{k_d (x_{d0} + x_d)}{A_d} + \frac{k(x_0 + x_{\max} - x)}{A} \end{aligned}$$

3.先导式减压阀与先导式溢流阀的比较

(1) 减压阀保持出口压力基本不变，而溢流阀保持进口处压力基本不变。

(2) 在不工作时，减压阀进、出油口互通（常开），而溢流阀进、出油口不通（常闭）。

(3) 为保证减压阀出口压力调定值恒定，它的导阀弹簧腔需通过泄油口单独外接油箱；而溢流阀的出油口是通油箱的，所以它的导阀的弹簧腔和泄漏油可通过阀体上的通道和出油口相通，不必单独外接油箱。

4.减压阀的应用

(1) 减压阀用在液压系统中获得压力低于系统压力的二次油路上，如工件夹紧回路、润滑回路和控制回路。

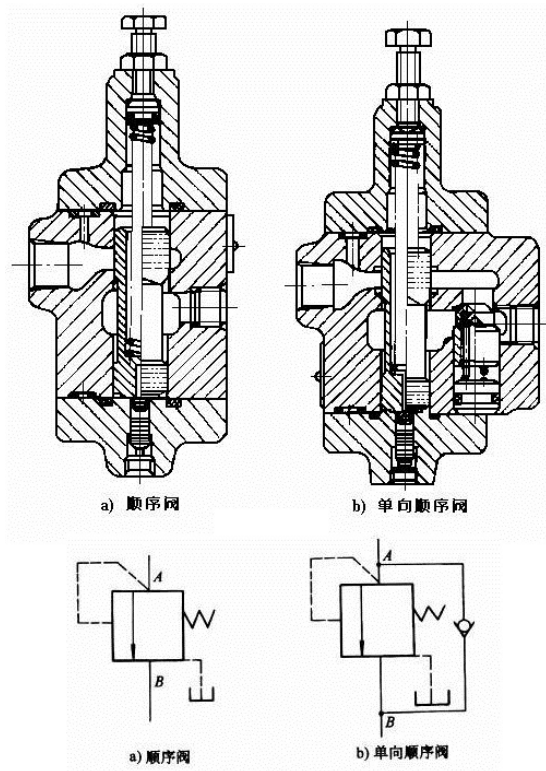
(2) 必须说明，减压阀出口压力还与出口负载有关，若负载压力低于调定压力时，出口压力由负载决定，此时减压阀不起减压作用。

三、顺序阀

顺序阀是用来控制液压系统中各执行元件动作先后顺序的。分为内控式和外控式两种，前者用阀的进口压力控制阀芯的启闭，后者用外来的控制油控制阀芯的启闭（液控顺序阀）。

1.直动式顺序阀

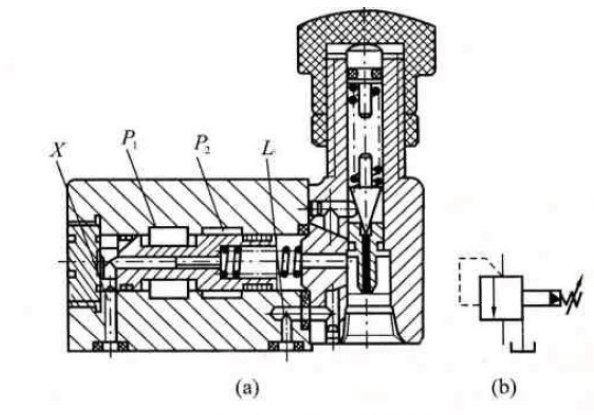
(1) 结构:



(2) 工作原理：当进口油口压力较低时，阀芯在弹簧作用下处下端位置，进口油和出口油不相通。当作用在阀芯下端的油液的液压力大于弹簧的预紧力时，阀芯向上移动，阀口打开，油液便经阀口从出口流出，从而操纵另一执行元件或其他元件动作。

2.先导式顺序阀

(1) 结构:



(2) 工作原理：与先导式溢流阀相似。

(3) 先导式顺序阀和先导式溢流阀不同之处：

(a) 溢流阀的进口压力在通流状态下基本不变。而顺序阀在通流状态下其进口压力由出口压力而定，如果出口压力比进口压力低的多时，进口压力基本不变，而当出口压力增大到一定程度，进口压力也随之增加。

(b) 溢流阀为内泄漏，而顺序阀需单独引出泄漏通道，为外泄漏。

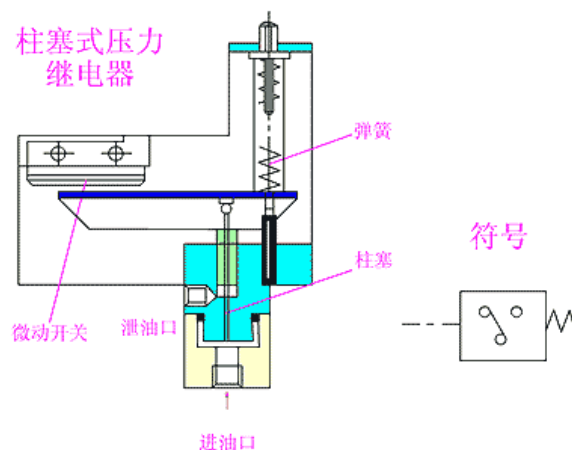
(c) 溢流阀的出口必须回油箱，顺序阀出口可接负载。

3. 顺序阀的应用

顺序阀是以压力为控制信号，自动接通或断开某一支路的液压阀。它可用来控制多个执行元件的顺序动作，或串接在垂直运动的执行元件上用以平衡执行元件及所带动运动部件的重量。通过改变控制方式、泄油方式和二次油路的接法，顺序阀还可具有其他功能，如用作背压阀、平衡阀或卸荷阀。

四、压力继电器

压力继电器是一种将液压系统的压力信号转换为电信号输出的元件。其作用是实现执行元件的顺序控制或安全保护。

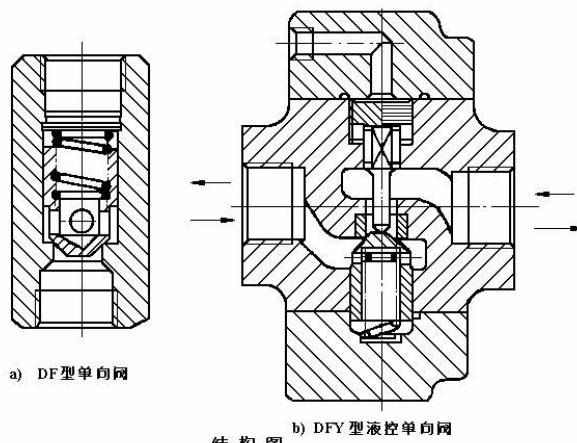


按结构特点分为柱塞式、弹簧管式和膜片式。主要零件包括柱塞、顶杆、调节螺帽和电气微动开关。压力油作用在柱塞下端，液压力直接与弹簧力比较。当液压力大于或等于弹簧力时，柱塞向上移压微动开关触头，接通或断开电气线路。反之，微动开关触头复位。

如图所示，压力继电器用在顺序动作回路中。当执行元件工作压力达到压力继电器调定压力时，压力继电器将发出电信号，使电磁铁得电，换向阀换向，从而实现两液压缸的顺序动作。

§5.3 方向控制阀

方向控制阀可以分为：



1. 单向阀

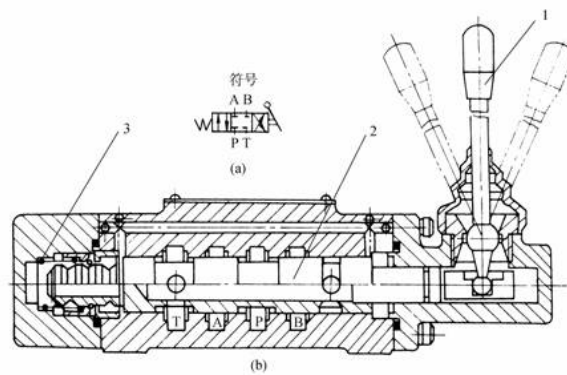
结 构 图

(1) 普通单向阀

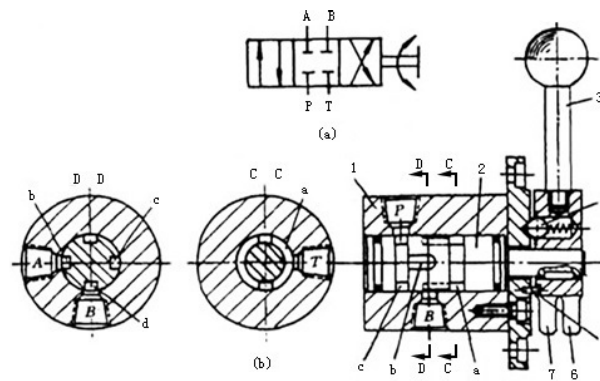
(2) 液控单向阀

2. 换向阀

(1) 滑阀



(2) 转阀

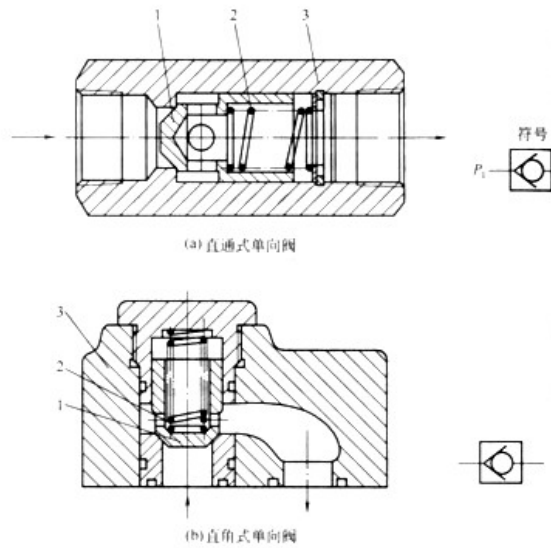


(a)符号 (b)结构

1-阀体 2-阀芯 3-手柄 4-钢球和弹簧 5-限位销 6、7-拨叉

一、单向阀

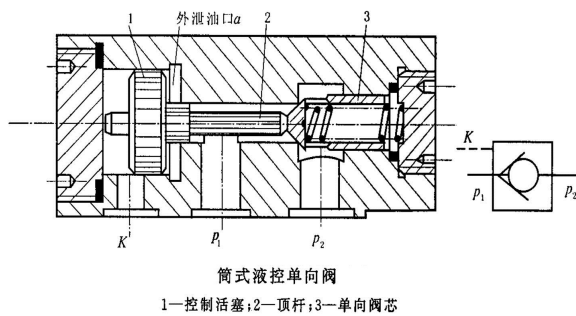
1.普通单向阀



(1) 结构：包括阀体、阀芯、弹簧等，结构简单。

(2) 基本要求正向导通阻力小，动作灵敏，开启压力为 $0.035 \sim 0.05 \text{ MPa}$ ；当其通过额定流量时的压力损失不超过 0.3 MPa ；反向截止可靠，泄漏小。

2.液控单向阀



(1) 结构：

包括阀体、阀芯、弹簧等，结构简单。

(2) 作用

起止回作用；必要时解除逆止，允许油液反向通过。

3.单向阀在回路中的应用

- (1) 装在泵出油口，防止系统中的液压冲击影响泵的工作；
- (2) 可以用来分隔油路，防止油路间的互相干扰。

二、换向阀

利用阀芯相对于阀体间的相对位置改变，使油路接通、关断，或改变油流的方向，从而使液压执行元件启动、停止或变换运动方向。

对换向阀的性能要求：

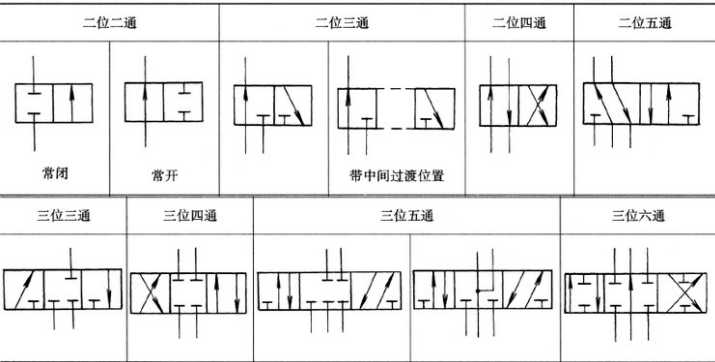
1. 油液导通时压力损失要小；
2. 油液断开时泄漏要小；
3. 阀芯换位时操纵力要小。

1.转阀式换向阀

阀芯形式与滑阀不同，在此略过。

2.滑阀式换向阀

(1) 结构及工作原理



换向阀图形符号的含义：

用方框表示阀的工作位置，有几个方框就表示有“几位”；

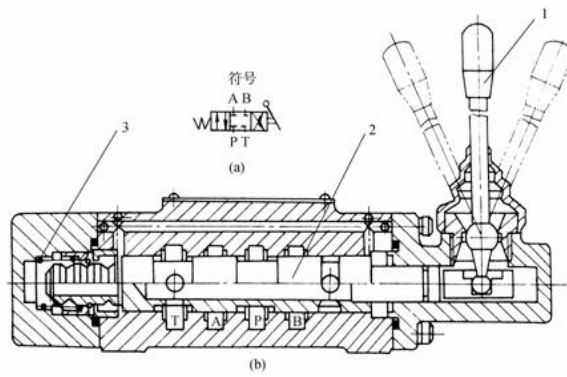
方框内的箭头表示在这一位置上油路处于接通状态，但箭头方向并不一定表示油流的实际方向；

一个方框的上边和下边与外部连接的接口（油口）数是几个，就表示“几通”。

换向阀的功能主要由它控制的通路数和工作位置数来决定。不同操作方式的阀的表示符号如下：

人力控制	机械控制	电气控制	直接压力控制	先导控制
一般符号	弹簧控制	单作用电磁铁	加压或抑压控制	液压先导控制

(2) 滑阀式换向阀的操纵方式-手动换向



(3) 滑阀式换向阀的操纵方式-电磁换向

利用电磁铁的通电吸合与断电释放而直接推动阀芯来控制液流方向。

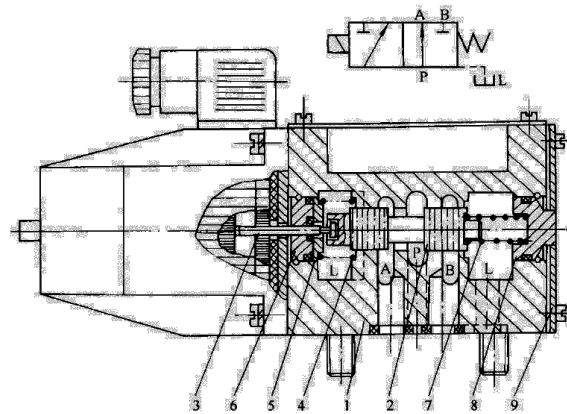
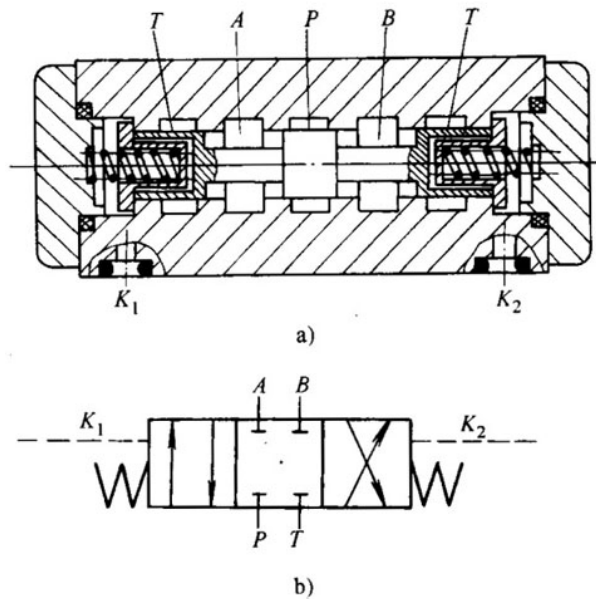


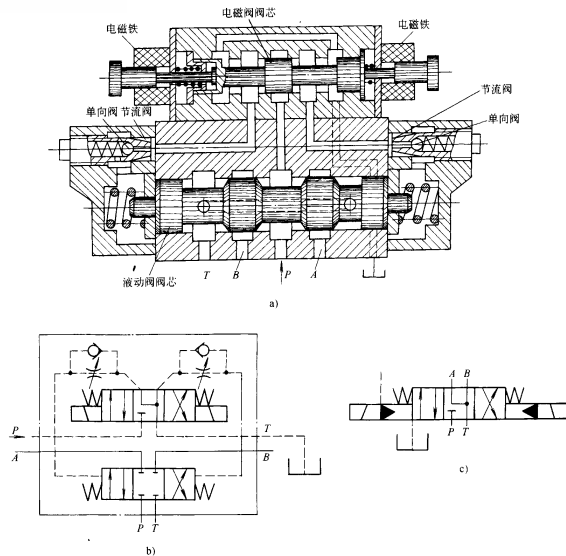
图 12-35 二位三通弹簧复位式电磁换向阀及其图形符号
1-阀体 2-阀芯 3-推杆 4-支承弹簧 5-弹簧座 6-O形圈座
7-复位弹簧 8-复位弹簧座 9-后盖

(4) 滑阀式换向阀的操纵方式-液动换向

利用控制油路的油液压力来改变阀芯位置的换向阀。



(5) 滑阀式换向阀的操纵方式-电液换向



(6) 换向阀的中位机能

三位换向阀的阀芯在中间位置时，各通口间有不同的连通方式，可以满足不同的使用要求。这种连通方式称为换向阀的中位机能。

滑阀机能	符 号	中位油口状况、特点及应用
O 型		P、A、B、T 四油口全封闭；液压泵不卸荷，液压缸闭锁；可用于多个换向阀的并联工作
H 型		四油口全串通；活塞处于浮动状态，在外力作用下可移动；泵卸荷
Y 型		P 口封闭，A、B、T 三油口相通；活塞浮动，在外力作用下可移动；泵不卸荷
K 型		P、A、T 三油口相通，B 口封闭；活塞处于闭锁状态；泵卸荷
M 型		P、T 口相通，A 与 B 口均封闭；活塞不动；泵卸荷，也可用多个 M 型换向阀并联工作
X 型		四油口处于半开启状态；泵基本上卸荷，但仍保持一定压力
P 型		P、A、B 三油口相通，T 口封闭；泵与缸两腔相通，可组成差动回路
J 型		P 与 A 口封闭，B 与 T 口相通；活塞停止，外力作用下可向一边移动；泵不卸荷
C 型		P 与 A 口相通，B 与 T 口皆封闭；活塞处于停止位置
N 型		P 和 B 口皆封闭，A 与 T 口相通；与 J 型换向阀机能相似，只是 A 与 B 口互换了，功能也类似
U 型		P 和 T 口都封闭，A 与 B 口相通；活塞浮动，在外力作用下可移动；泵不卸荷

§5.4 流量控制阀

依靠改变阀口通流面积(节流口局部阻力)的大小或通流通道的长短来控制流量，从而实现执行元件所要求的运动速度。

一、流量控制阀的分类

1. 节流阀

(1) 普通节流阀

(2) 单向节流阀

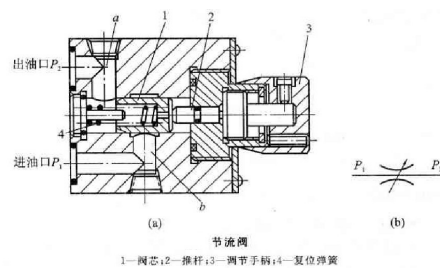
2. 调速阀

(1) 单向调速阀

(2) 溢流节流阀

二、普通节流阀

1. 结构及工作原理



2. 流量控制阀的节流口形式

节流口通常有三种基本形式: 薄壁小孔 ($l/d \leq 0.5$)、短孔 ($0.5 < l/d \leq 4$) 和细长小孔 ($l/d > 4$)。

流量关系式:

$$q = kA\Delta p^m$$

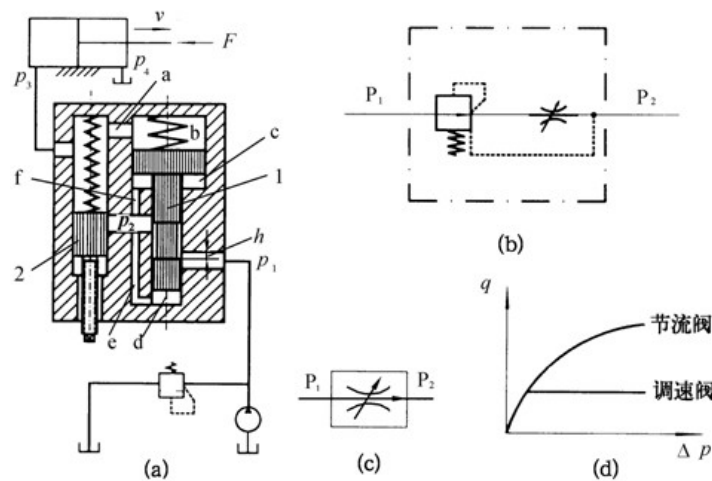
3. 影响流量稳定性的因素

- (1) 压差对流量的影响;
- (2) 温度对流量的影响;
- (3) 节流口的抗阻塞性。

为保证流量稳定, 节流口的形式以薄壁小孔较为理想。

三、调速阀

1. 结构



调速阀组成：定差减压阀与节流阀串联而成。

2.工作原理

减压阀阀芯受力平衡方程：

$$\begin{aligned} p_2 A_1 + p_2 A_2 &= p_3 A + F_s \\ p_2 - p_3 &= \Delta p = \frac{F_s}{A} \end{aligned}$$

因为弹簧刚度较低，且工作过程中减压阀阀芯位移很小，可以认为 F_s 基本保持不变。故节流阀两端压力差 $p_2 - p_3$ 也基本保持不变，这就保证了通过节流阀的流量稳定。

四、流量阀的应用

1. 节流阀：在调定节流口面积后，能使载荷压力变化不大和运动均匀性要求不高的执行元件的运动速度基本上保持稳定。节流阀是通过改变节流截面或节流长度以控制流体流量的阀门。将节流阀和单向阀并联则可组合成单向节流阀。节流阀和单向节流阀是简易的流量控制阀，在定量泵液压系统中，节流阀和溢流阀配合，可组成三种节流调速系统，即进油路节流调速系统、回油路节流调速系统和旁路节流调速系统。节流阀没有流量负反馈功能，不能补偿由负载变化所造成的速度不稳定，一般仅用于负载变化不大或对速度稳定性要求不高的场合。
2. 调速阀：调速阀是进行了压力补偿的节流阀。它由定差减压阀和节流阀串联而成。节流阀前、后的压力分别引到减压阀阀芯右、左两端，当负载压力增大，于是作用在减压阀阀芯左端的液压力增大，阀芯右移，减压口加大，压降减小，使也增大，从而使节流阀的压差保持不变；反之亦然。这样就使调速阀的流量恒定不变。在载荷压力变化时能保持节流阀的进出口压差为定值。这样，在节流口面积调定以后，不论载荷压力如何变化，调速阀都能保持通过节流阀的流量不变，从而使执行元件的运动速度稳定。

