

## §4-4 流量控制阀

液压系统中用来控制液流流量的阀为流量控制阀，简称流量阀。

按其功能和用途，分为节流阀、调速阀、溢流节流阀等。

共同特点：

依靠改变阀口通流面积的大小或通流通道的长短来改变液阻，从而控制通过阀的流量，以改变液压缸或液压马达运动速度。

### 一、节流口的形式和流量特性

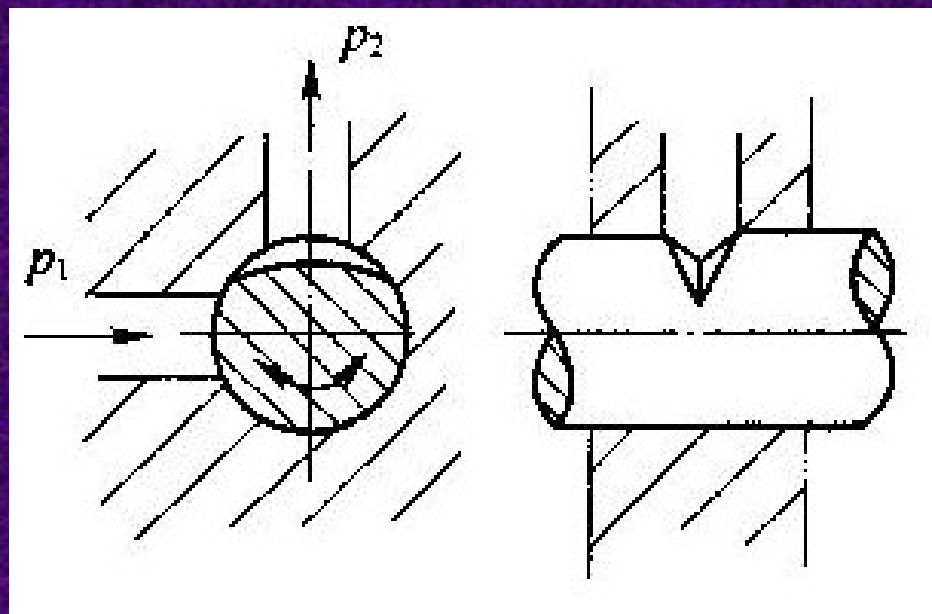
#### 1、节流口的形式

起节流作用的阀口称为节流口，其大小以通流面积来度量。

## §4-4 流量控制阀

节流口的形式(几何形状)很多,按照移动阀芯方式分为:

切向移动式和轴向移动式。

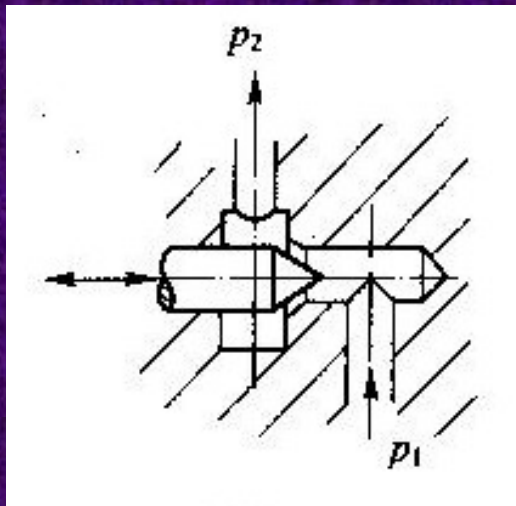


图示为偏心式节流口。在阀芯上开一个截面为三角形(或矩形)的偏心槽,当转动阀芯时,就可改变通道大小。

此类阀由于阀芯承受不平衡的径向液压力,在高压时易卡死,一般只能用于低压。



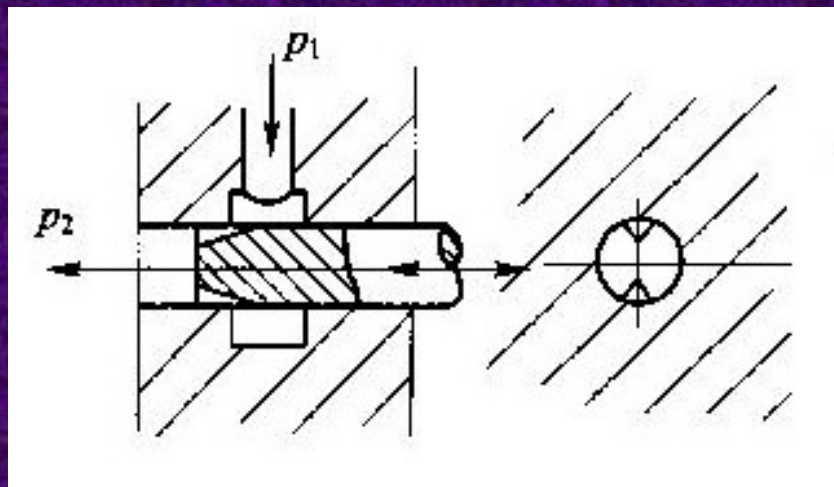
## §4-4 流量控制阀



图示为针阀式节流口。针阀作轴向移动时，调节了环形通道的大小，改变了液流流经节流口时产生的阻力，从而改变了流量。

此种结构形式加工简单，但节流口通道较长，水力半径小，易堵塞，流量受温度变化的影响也大，一般用于节流特性要求较低の場合。

## §4-4 流量控制阀



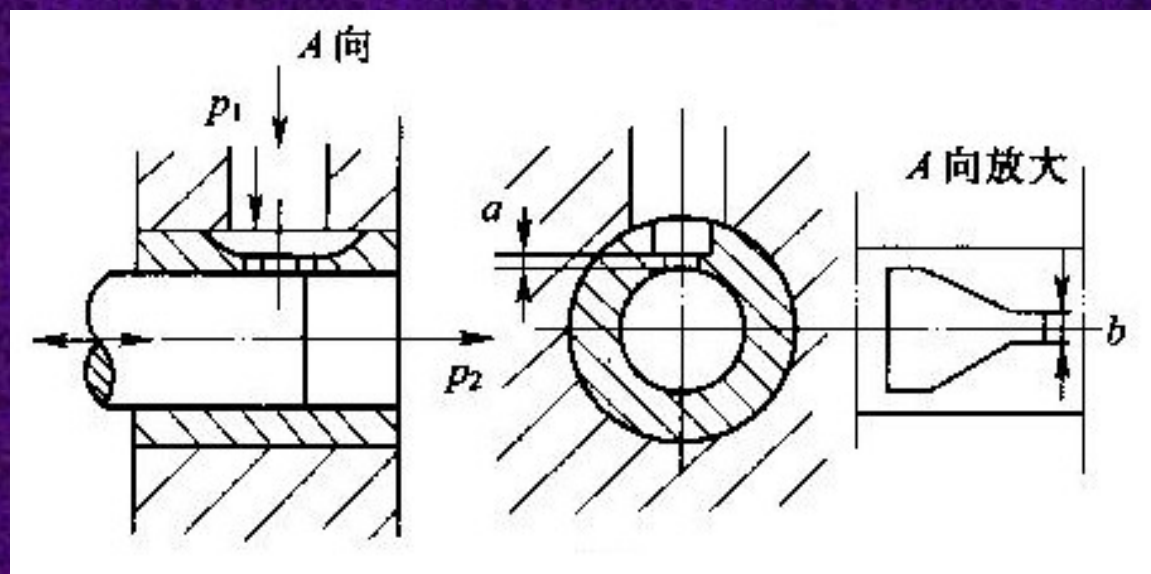
图示为轴向三角槽式节流口。在阀芯端部开有一个或两个斜的三角槽，轴向移动阀芯可改变液流通流截面的大小。

三角槽式节流口结构简单，工艺性好，水力半径大，小流量时的稳定性较好，调节范围大。但节流通通道也较长，温度变化会影响流量稳定性。

此种结构形式的节流口目前应用很广泛。



## §4-4 流量控制阀



图示为轴向缝隙式节流口。在套筒上开有轴向缝隙，轴向移动阀芯就可改变通流面积大小。

这种结构的节流口，流量对油温变化不敏感。小流量时，水力半径大，流量稳定性好，不易堵塞。可用于性能要求较高的场合。但节流口在高压作用下易变形，使用时应改善结构的刚度。

## §4-4 流量控制阀

### 2、流量特性

通过节流阀的流量  $q$  及其前后压差  $\Delta p$  的关系可表示为

$$q = K A_f \Delta p^m$$

式中， $A_f$  为节流口的通流面积，其计算公式随阀口形式而异； $\Delta p$  为节流口进、出口压力差； $K$  为节流系数， $m$  为小孔系数。

对薄壁孔

$$K = C_d \sqrt{2/\rho}$$

对细长孔

$$K = d^2 / (32\mu L)$$

$C_d$  为流量系数； $\rho$ 、 $\mu$  分别为液体密度和动力粘度； $d$ 、 $L$  分别为细长孔直径和长度；

(1)、压力差  $\Delta p$  对流量的影响      (2)、温度对流量的影响

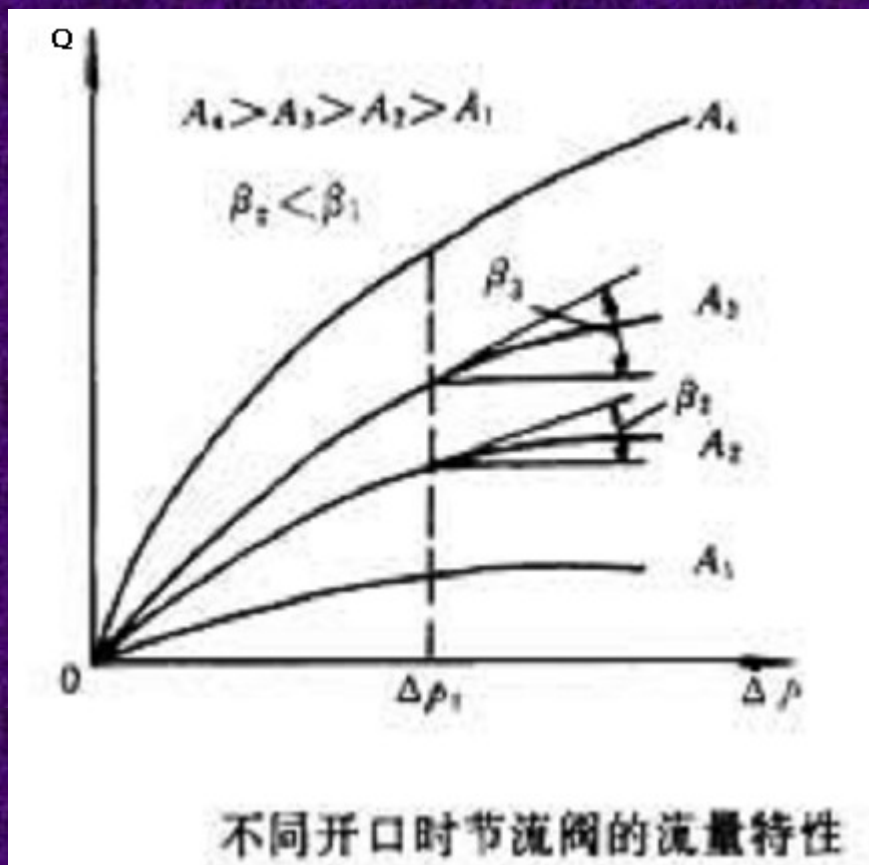


## §4-4 流量控制阀

$$q = K A_f \Delta p^m$$

$m$  为由孔口形状决定的指数  
( $0.5 \leq m \leq 1$ )，对薄壁孔  
 $m=0.5$ ，对细长孔  $m=1$ 。

上式为节流阀的流量特性方程，其特性曲线如图所示。



### 3、节流口堵塞及最小稳定流量

#### (1)、节流口堵塞

节流阀在小开口下工作时，特别是进出口压差较大时，虽然不改变油温和阀的压差，但流量会出现时大时小的脉动现象，开口越小，脉动现象越严重，甚至在阀口没有完全关闭时就完全断流。这种现象称为节流口堵塞，因此，相应的阀就会有最小稳定流量。

#### (2)、产生堵塞的主要原因是：

① 油液中的机械杂质或因氧化析出的胶质、沥青、炭渣等污物堆积在节流缝隙处；



② 由于油液老化或受到挤压后产生带电的极化分子，而节流缝隙的金属表面上存在电位差，故极化分子被吸附到缝隙表面，形成牢固的边界吸附层，吸附层的厚度一般为  $5 \sim 8 \mu\text{m}$ ，因而影响了节流缝隙的大小。以上堆积、吸附物增长到一定厚度时，会被液流冲刷掉，随后又重新吸附在阀口上。这样周而复始，就形成流量的脉动；

③ 阀口压差较大时，因阀口温升高，液体受挤压的程度增强，金属表面也更易受摩擦作用而形成电位差，因此压差大时容易产生堵塞现象。

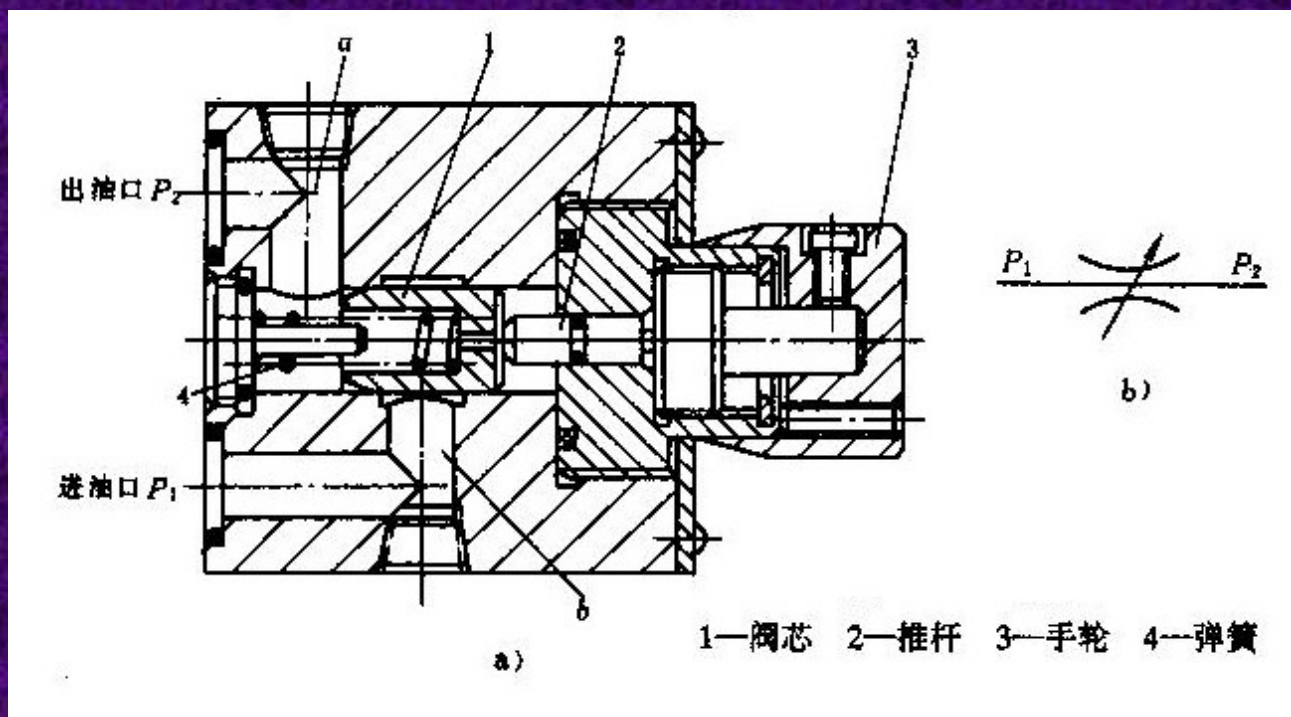
## §4-4 流量控制阀

（3）、减轻堵塞现象的措施有：

- ① 选择水力半径大的薄刃节流口；
- ② 精密过滤并定期更换油液；
- ③ 适当选择节流口前后的压差；
- ④ 采用电位差较小的金属材料、选用抗氧化稳定性好的油液、减小节流口的表面粗糙度等，都有助于缓解堵塞的产生。



## §4-4 流量控制阀

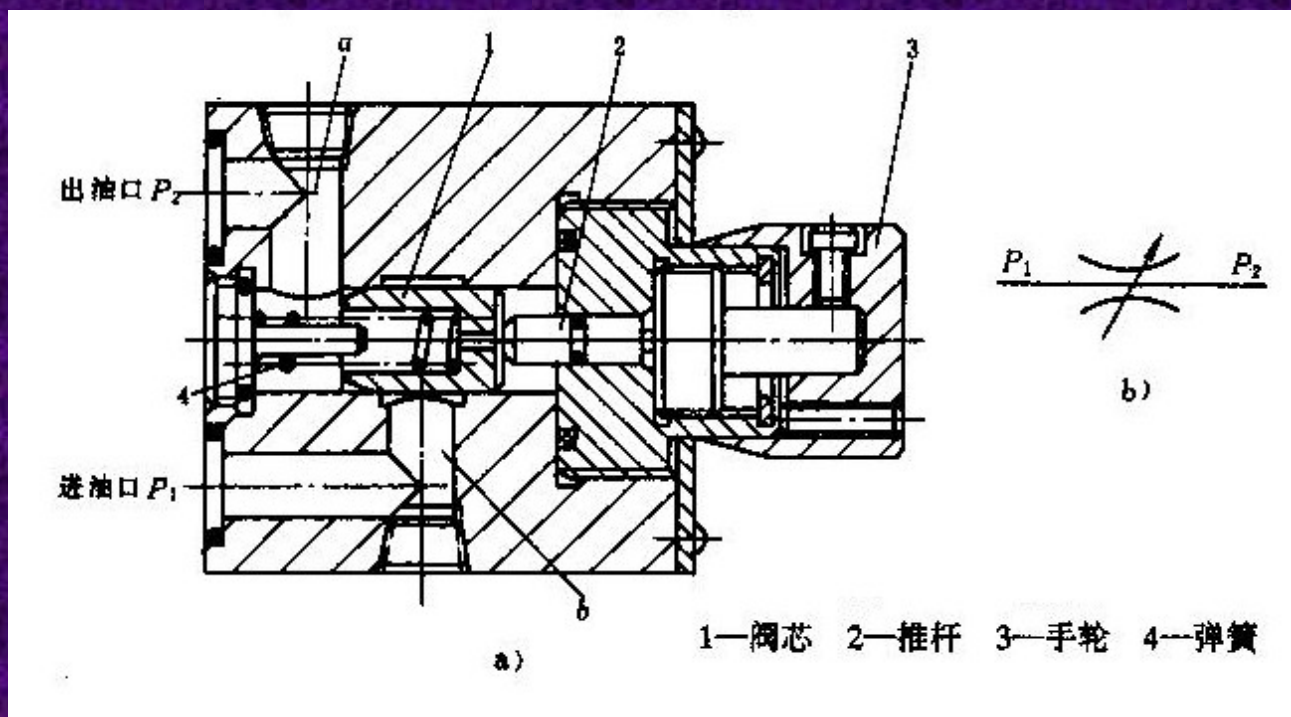


## 二、节流阀

### 1、节流阀的工作原理

如图所示，普通节流阀。其节流口为三角槽式。压力油从油口  $P_1$  流入，经  $b$  孔流至环形槽，再经过阀芯 1 左端的轴向三角槽，经孔  $a$  由出油口  $P_2$  流出。

## §4-4 流量控制阀



旋转手柄 3，可使推杆 2 沿轴向移动。推杆右移时，阀芯 1 在弹簧 4 的作用下也向右移动，将节流口开大；转动手柄 3 使推杆 2 左移时，阀芯 1 也左移，将节流口关小，弹簧 4 被压缩。这样就调节了流量的大小。



## §4-4 流量控制阀

### 2、节流阀的应用

由于节流阀的流量不仅取决于节流口面积的大小，还与节流口前后压差有关，阀的刚度小，故只适用于执行元件负载变化很小和速度稳定性要求不高的场合。

(1) 固定式节流阀（节流口大小不能调整）——用于改变流量，但不能调节流量。

(2) 可调式节流阀（特点：不易堵塞，流量不稳定）——可调节流量，用于速度较低的液压系统。

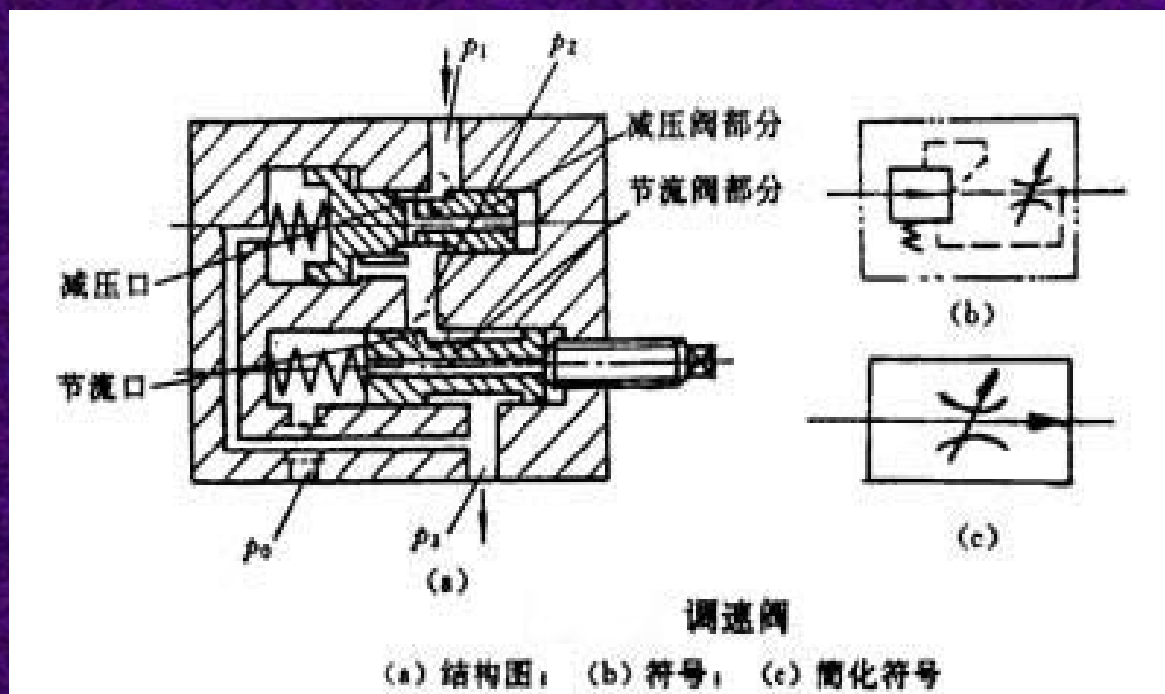
(3) 可作为背压阀用。

(4) 与单向阀组合——单向节流阀（特点：流量不稳定）——用于需要单向节流阀调整，反向快速运动的场合。

## §4-4 流量控制阀

### 三、调速阀

#### 1、调速阀的工作原理



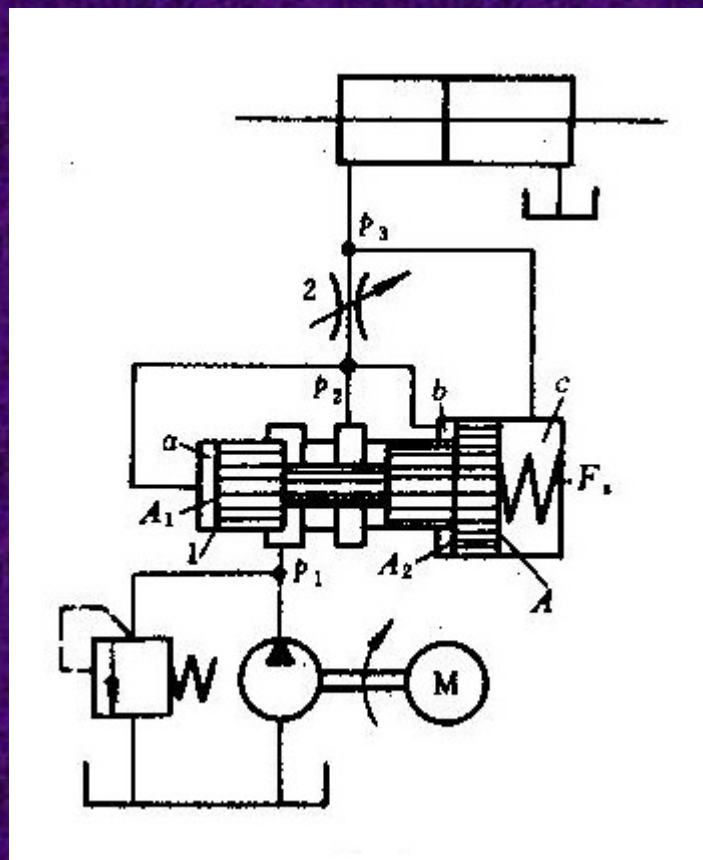
如图所示，调速阀由定差减压阀和节流阀串联而成。节流阀用来调节通过的流量，定差减压阀则自动补偿负载变化的影响，使节流阀前后的压差为定值，消除了负载变化对流量的影响。



若减压阀进口压力为  $p_1$ ，出口压力为  $p_2$ ，节流阀出口压力为  $p_3$ ，则减压阀 a 腔、b 腔油压为  $p_2$ ，c 腔油压为

若减压阀 a、 $p_b$ 、c 腔有效工作面积分别为  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A$ ，则  $A = A_1 + A_2$ 。节流阀的出口压力由液压缸的负载决定。

## §4-4 流量控制阀



当减压阀阀芯在其弹簧力  $F_s$ ，油液压力为  $p_2$  和  $p_3$  作用下处于某一平衡位置时，

$$p_2 \cdot A_1 + p_2 \cdot A_2 = p_3 \cdot A + F_s$$

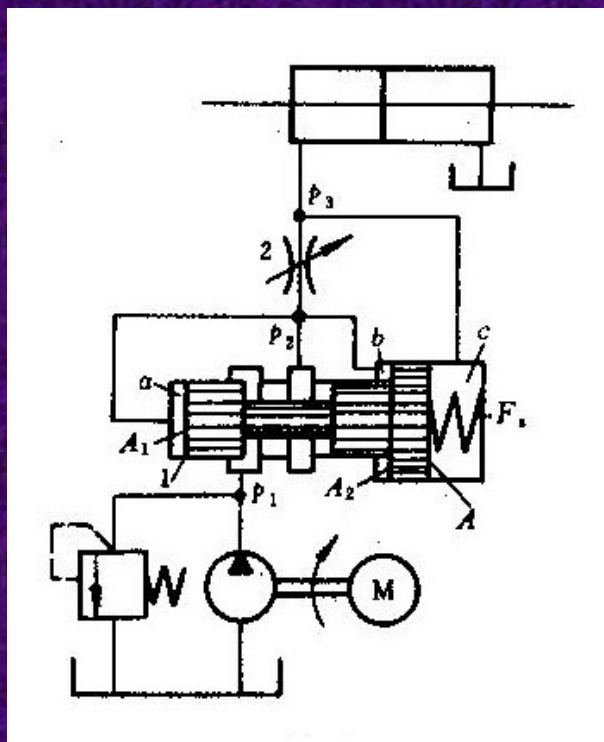
即

$$p_2 - p_3 = \frac{F_s}{A}$$

由于弹簧刚度较低，且工作过程中减压阀阀芯位移很小，可认为  $F_s$  基本不变。故节流阀两端的压差  $\Delta p = (p_2 - p_3)$  也基本保持不变。



## §4-4 流量控制阀



故当节流阀通流面积不变时，通过的流量  $q = K A_f \Delta p^m$

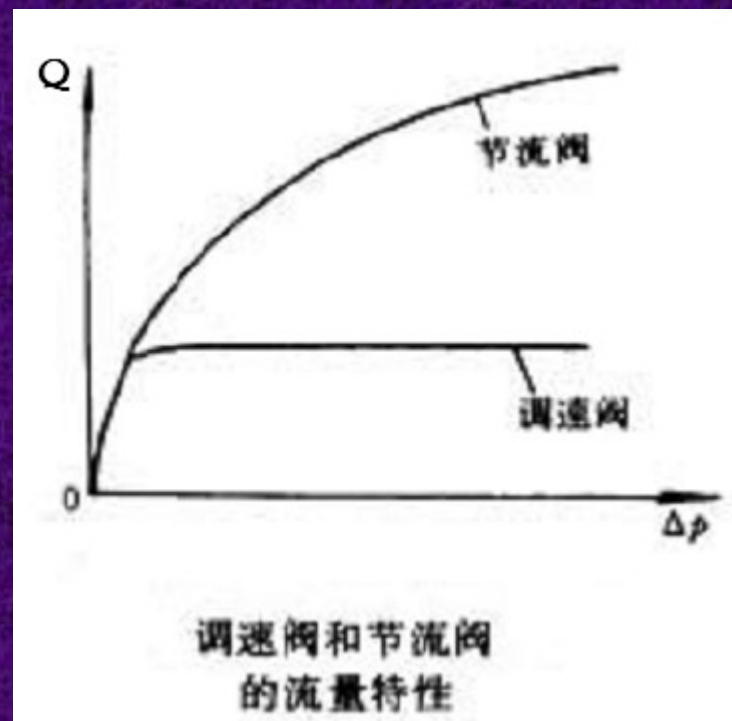
为定值。即，无论负载如何变化，只要节流阀通流面积不变，液压缸的速度亦会保持恒定值。

例如，当负载压力  $p_3$  增大，于是作用在减压阀芯右端的液压力增大，阀芯左移，减压口加大，压降减小，使  $p_2$  也增大，从而使节流阀的压差（ $p_2 - p_3$ ）保持不变；反之亦然。这样就使调速阀的流量恒定不变（不受负载影响）。

## §4-4 流量控制阀

### 2、调速阀静态特性

由图可以看出，节流阀的流量随压差变化较大，而当压差大于一定数值后，通过调速阀的流量就不随调速阀前后的压差的变化而变化。当压差很小时，调速阀和节



流阀的性能相同。这是因为压差不足以克服定差减压阀阀芯上的弹簧力，减压阀芯处于最右端，阀口全开，不起减压作用。所以，要使调速阀正常工作，就必须保证有一最小压差（一般调速阀 0.5MPa，高压调速阀为 1MPa）。



### 3、调速阀的应用

调速阀是节流阀与定差减压阀串联连接，因此节流阀两端的压差不会随负载的变化而变化，故通过调速阀的流量稳定。

(1) 调速阀装在进油路上，回油路上或旁油路上都可以达到改善速度负载特性使速度稳定性最高的目的。

(2) 与单向阀组合——单向调速阀，正向调速、反向快速通过。

(3) 可作为背压阀使用。

## §4-4 流量控制阀

### 四、旁通式调速阀（溢流节流阀）

#### 1、旁通式调速阀的工作原理

如图所示：

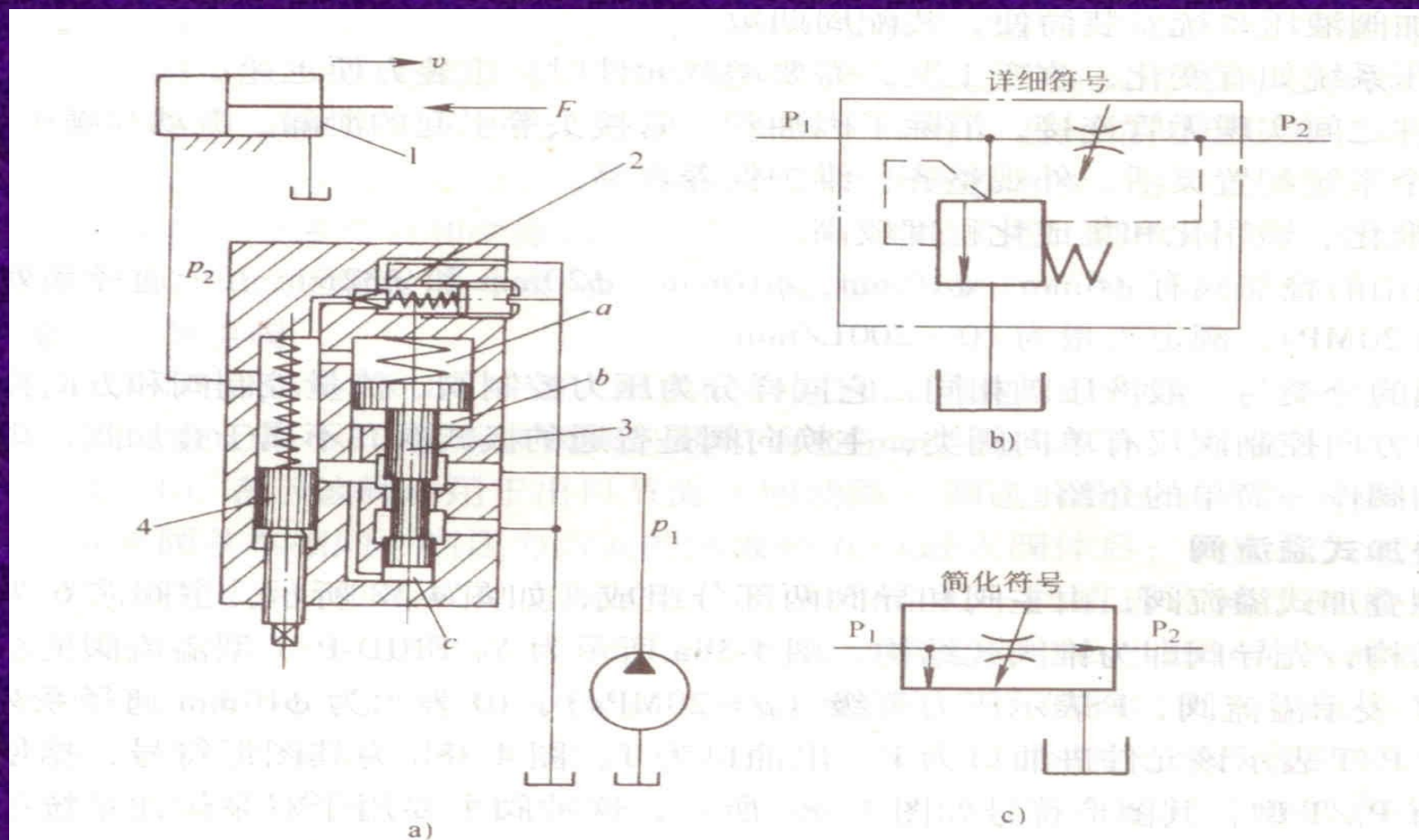


图 4-37 溢流节流阀

1—液压缸 2—安全阀 3—溢流阀 4—节流阀



## §4-4 流量控制阀

泵的出口接溢流节流阀的进口  $p_1$ ，出口  $p_2$  接负载，溢流口接油箱。不考虑溢流阀芯上受到的重力、摩擦力以及液动力，溢流阀的受力关系：

$$p_1 - p_2 = \frac{K(x + x_0)}{A}$$

由此可见，节流阀两端的压力差保持基本恒定，即泵的出口压力  $p_1$  随负载压力  $p_2$  变化而变化，因此通过溢流节流阀的流量基本恒定，液压缸的速度保持不变。

### 2、溢流节流阀的特性

溢流节流阀是节流阀与溢流阀并联连接，使节流阀两端的压差基本恒定，故通过溢流节流阀的流量稳定。

(1) 溢流节流阀只能安装在进油路上，泵的出口压力随负载的变化而变化，回路效率高，系统发热量小。

(2) 调速范围比调速阀大、但调速精度不如调速阀高。