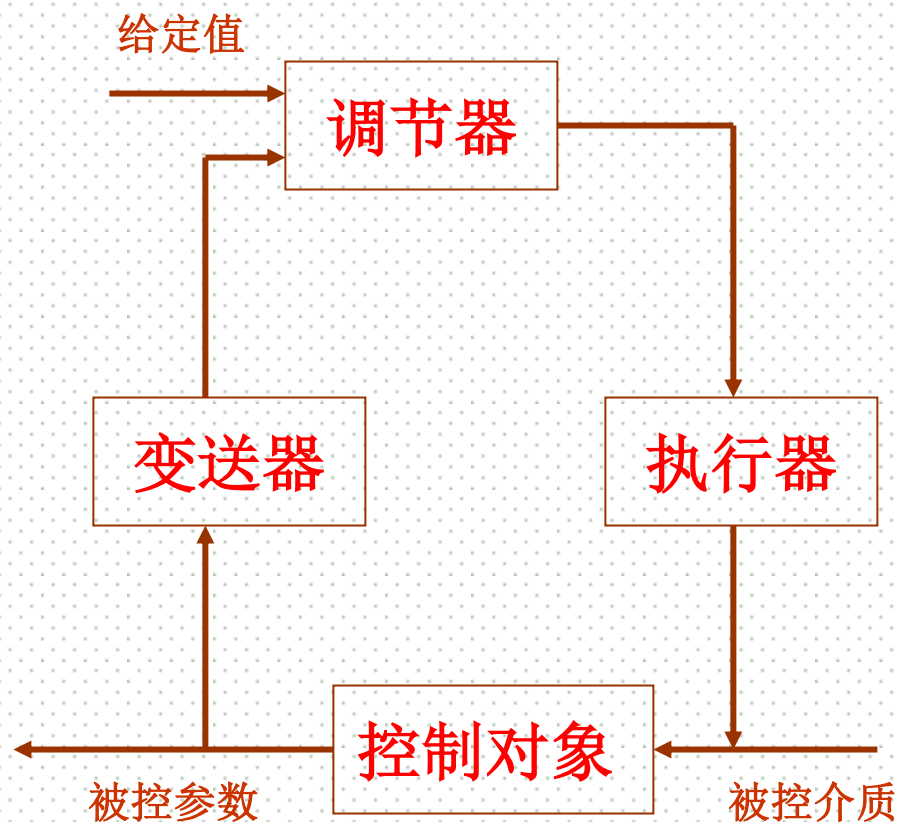


第九章 执行器

9.1 执行器的基本概念

- ❖ 执行器接受来自调节器的控制信号，去改变控制量的大小，以将被控参数控制在预期的范围之内。
- ❖ 执行器由两部分组成：执行机构和调节机构。
- ❖ 执行机构将调节器送出的控制信号转换成相应的角位移或直线位移，去操纵调节机构。
- ❖ 调节机构是直接改变能量或物料输送量的装置。
- ❖ 执行器按其使用的能源可分为气动、电动和液动三大类。



9.1.1 执行器的组成

❖ 执行器由执行机构和调节机构两部分构成。

- ❖ 执行机构是执行器的推动装置，它根据控制信号的大小，产生相应的输出力（或输出力矩）和位移（直线位移或角位移），推动调节机构动作。
- ❖ 调节机构（又称控制阀或调节阀）是执行器的调节部分，在执行机构的作用下，调节机构的阀芯产生一定位移，即开度发生变化，从而直接调节从阀芯、阀座之间流过的被控介质的流量。

- 气动执行器有时还必需配备一定的辅助装置。
 - ❖ 常用的有阀门定位器和手轮机构。
 - 阀门定位器利用反馈原理来改善执行器的性能，使执行器能按控制器的控制信号实现准确定位。
 - 当控制系统因停电、停气、控制器无输出或执行机构薄膜损坏而失灵时，利用手轮机构可以直接操作控制阀，维持生产的正常进行。
- 电动执行器的执行机构和调节机构是分开的两部分，而气动执行器的执行机构和调节机构是统一的整体。
- 气动执行器与电动执行器的执行机构不同，但控制阀是相同的。

9.1.2 执行器的作用方式

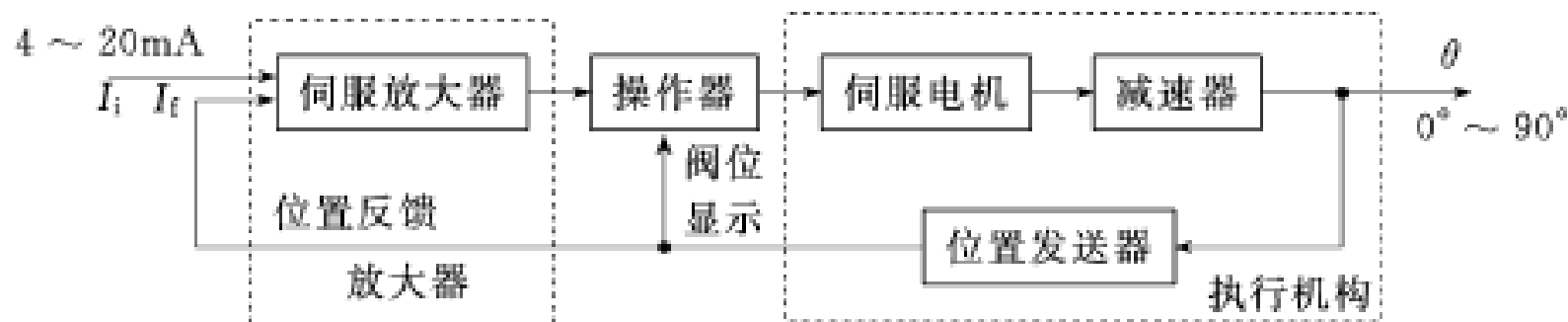
- 执行器具有气开、气关两种作用方式。
 - ❖ 气开式是输入气压越高时开度越大，而在失气时则全关，故称FC型；
 - ❖ 气关式是输入气压越高时开度越小，而在失气时则全开，故称FO型。
- 气动执行器的作用方式通过执行机构和调节机构的正、反作用的组合实现。

9.2 电动执行机构

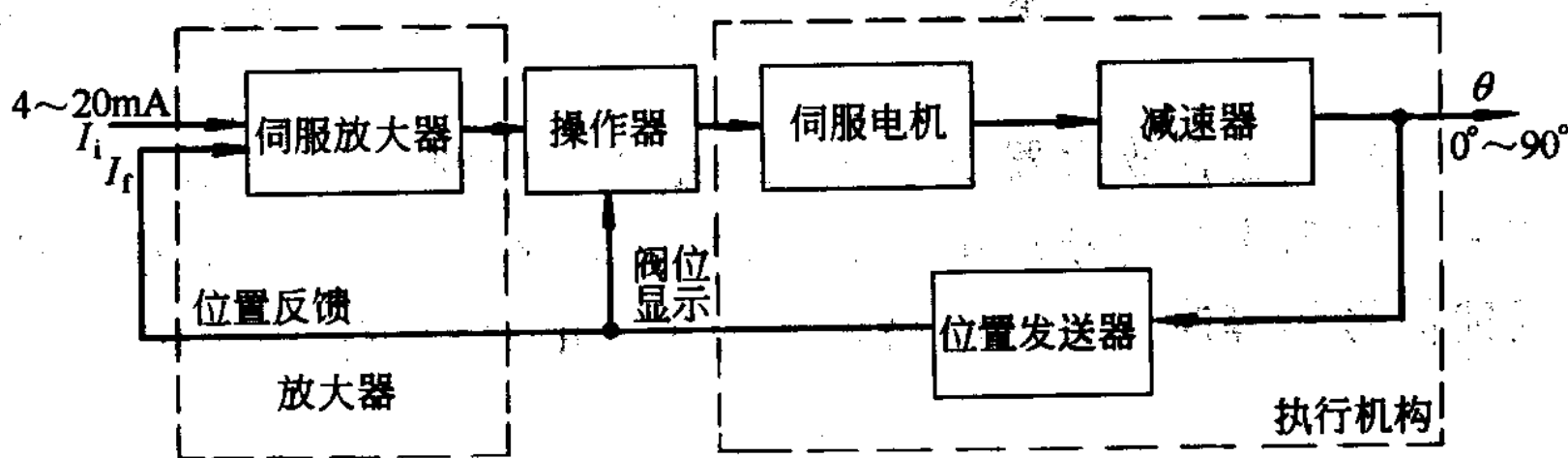
- 在防爆要求不高且无合适气源的情况下可以使用电动执行器。其执行机构有直行程、角行程和多转式三种，都是以两相交流电机为动力的位置伺服机构，作用是将输入的直流电流信号线性地转换为位移量，只是减速器不一样。

- 直行程电动执行机构的输出轴输出各种大小不同的直线位移，通常用来推动单座、双座、三通、套筒等形式的控制阀。
- 角行程电动执行机构的输出轴输出角位移，转动角度范围小于 360° ，通常用来推动蝶阀、球阀、偏心旋转阀等转角式控制阀。
- 多转式电动执行机构的输出轴输出各种大小不等的有效圈数，通常用于推动闸阀或由执行电动机带动旋转式的调节机构，如各种泵等。
- **以下讨论角行程执行机构。**

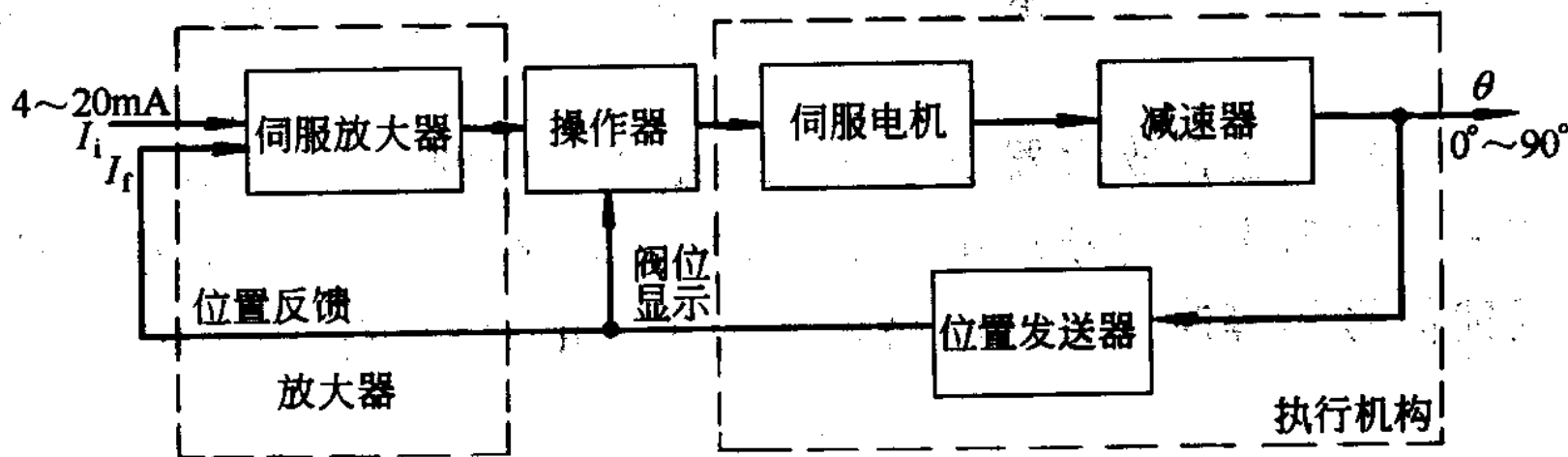
- 角行程执行机构由伺服放大器和执行机构两部分组成。



- **伺服放大器**对4~20mA的输入信号与位置反馈信号加以比较，并将差值进行功率放大，其输出用于驱动两相伺服电机正转或反转。
- **减速器**把伺服电机**高转速、小力矩**的输出功率转换成**低转速、大力矩**的输出功率，带动执行机构输出轴改变转角（电机正转，转角增大；电机反转，转角减小）。



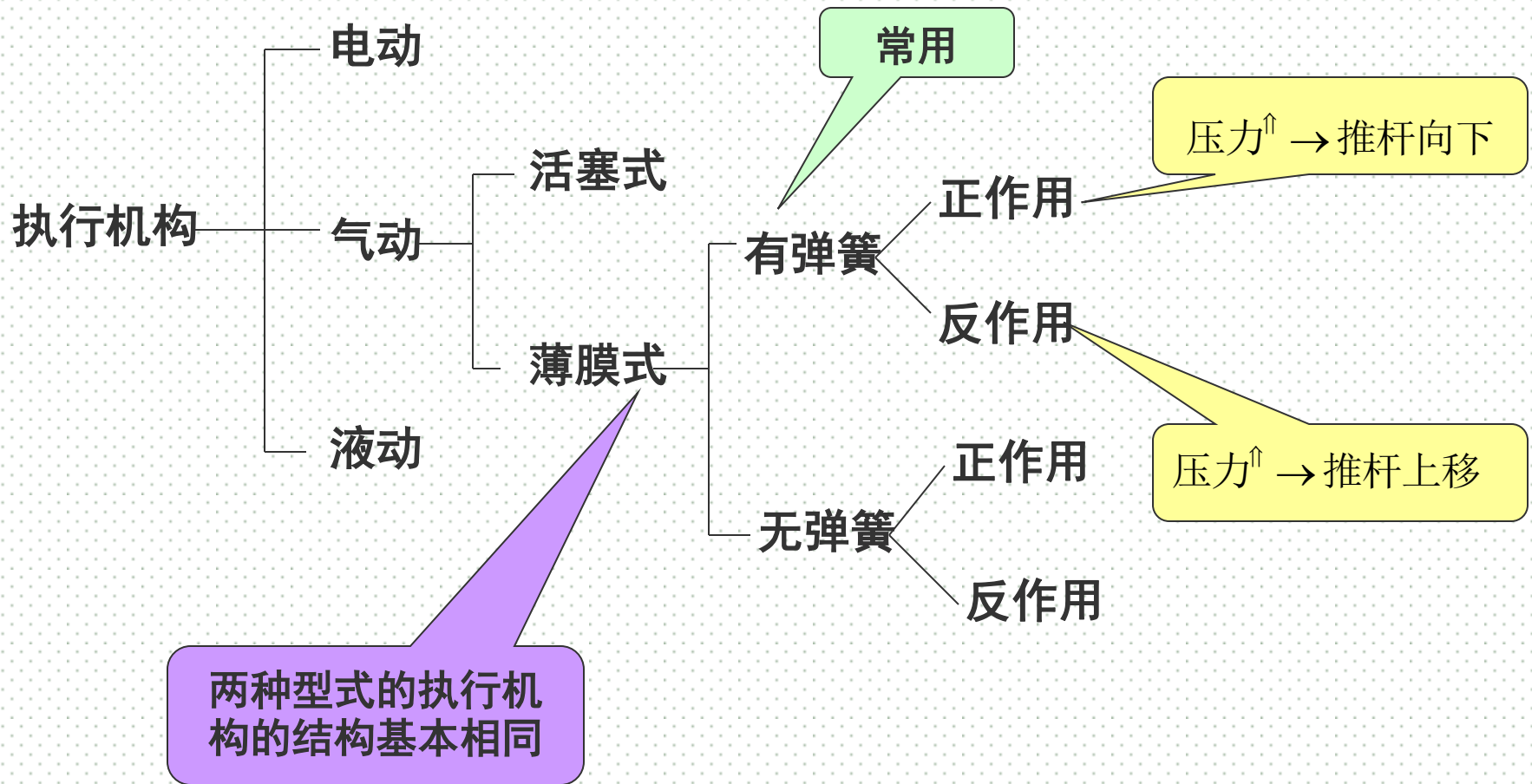
- **位置发送器**将输出轴的转角（ $0\sim 90^\circ$ ）线性转换成 $4\sim 20\text{mA}$ 的反馈电流，送到伺服放大器与输入电流相比较，从而构成负反馈系统。当两电流的差值为零时，伺服电机停止转动，输出轴稳定在与输入电流相对应的位置上。
- **操作器**用于实现控制系统的自动操作和手动操作的相互切换。当操作器的切换开关处于手动位置时，可以由按钮直接控制电机的电源，以实现电机的正转和反转。



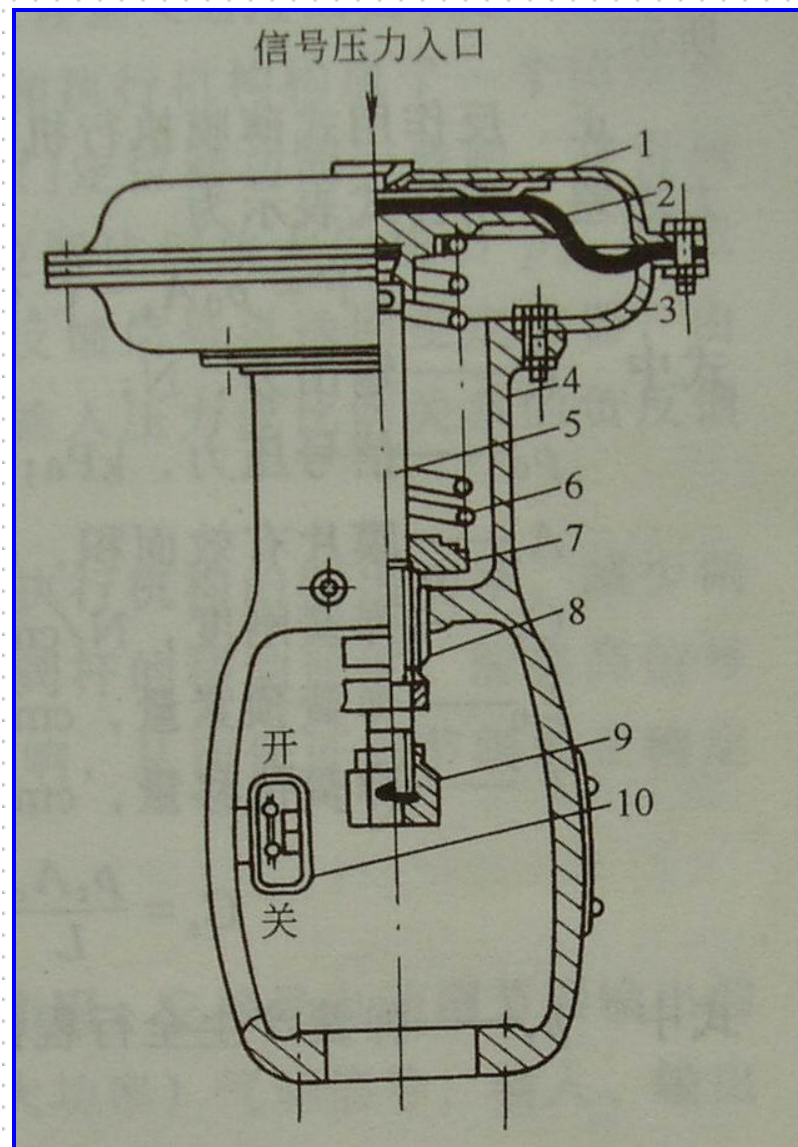
9.3 气动执行机构

- ❖ 气动执行机构有两种：**薄膜式**和**活塞式**。
- ❖ 前者结构简单、价格低廉，与后者相比，虽然输出行程较小，但在一般情况下能够满足要求。因此通常使用的是薄膜式执行机构。只有在特殊情况下才使用价格昂贵的活塞式执行机构。
- ❖ 在此，仅讨论薄膜式的执行机构。

一. 气动薄膜式执行机构的基本结构和工作原理



- **主要部件：**上、下膜盖；波纹薄膜；推杆；压缩弹簧；调节件和标尺。
- **反作用式执行机构的压力信号入口在下膜盖上，且需要增加密封圈。**
- 当信号压力进入由上膜盖和波纹薄膜组成的气室后，在薄膜上产生一个推力，使推杆移动并压缩弹簧。当弹簧的反作用力与信号压力在薄膜上产生的推力相平衡时，推杆稳定在一个对应的位置上。



有弹簧正作用式执行机构结构原理图

在不计膜片的**弹性刚度**和推杆与填料之间**摩擦力**的情况下，力平衡的关系表示为：

$$l \cdot C_s = A_e \cdot p_1$$

推杆
位移

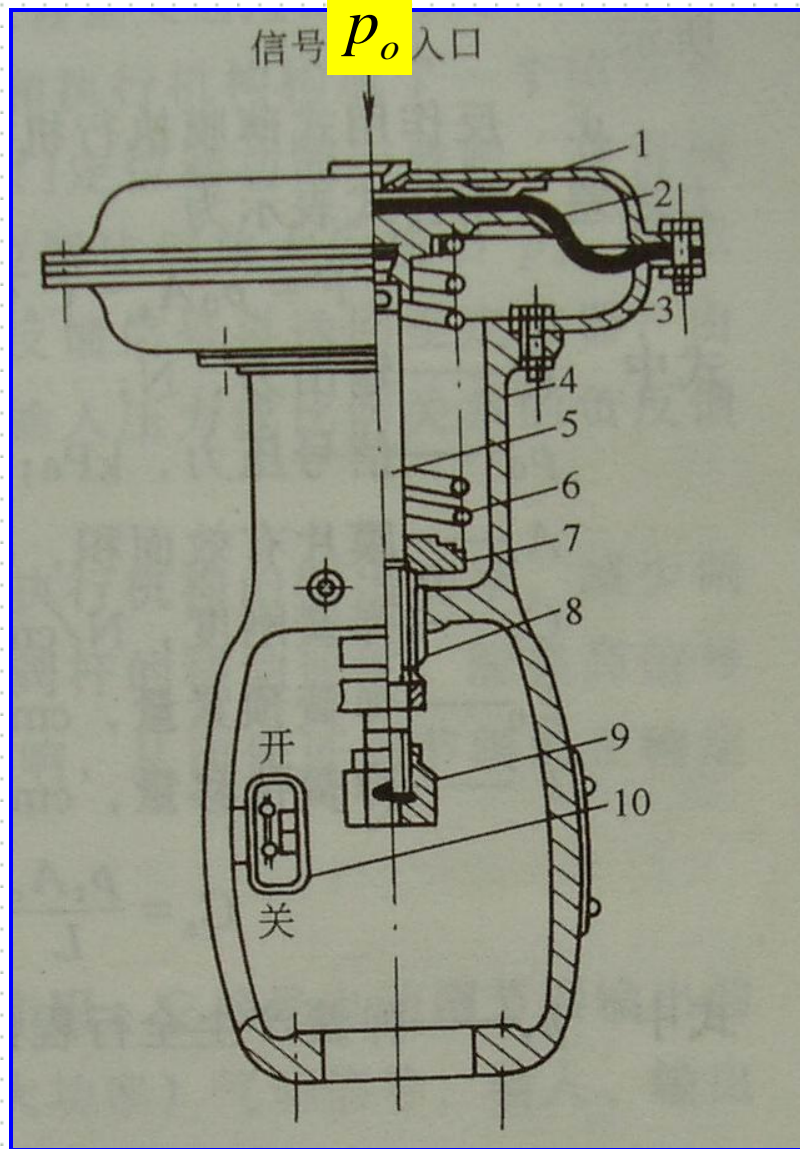
气室的
气体压力

弹簧
刚度

$$l = \frac{A_e}{C_s} \cdot p_1$$

膜片有
效面积

在**平衡**状态下，气室的气体压力与信号压力相等。可见， p_o 信号压力 越大，推杆的位移量 就越大，而且两者之间呈比例关系。



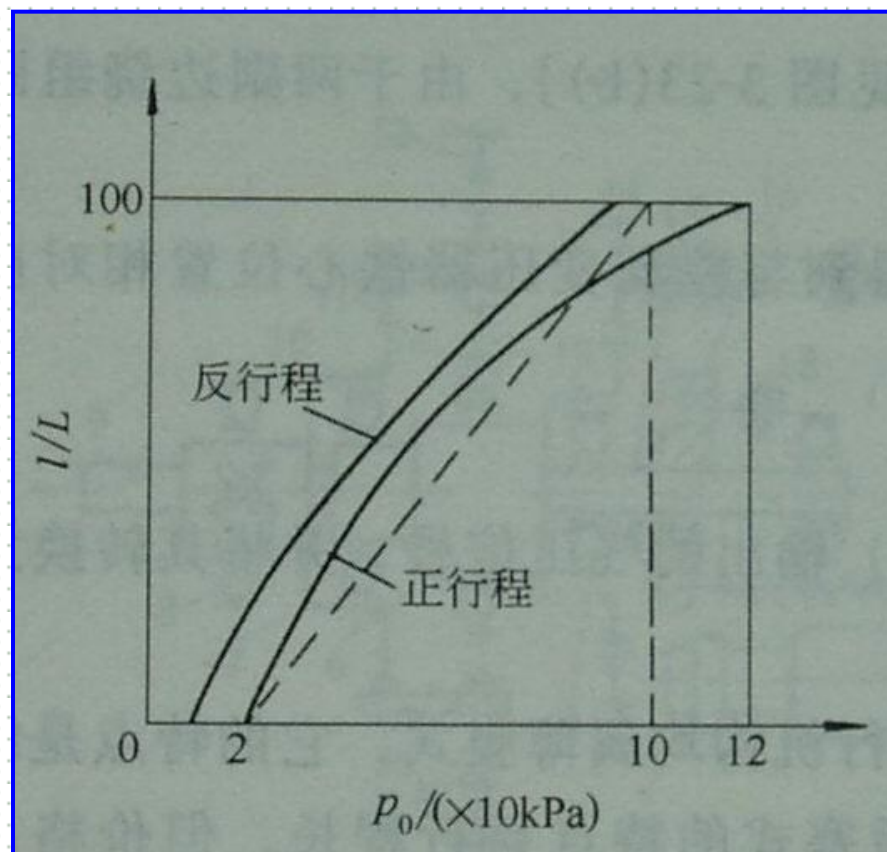
有弹簧正作用式执行机构结构原理图

推杆的位移就是执行机构的直线输出位移，也称为行程，其规格有： $25mm$ 、 $60mm$ 、 $100mm$ 等；

膜片的有效面积也有多种： $200cm^2$ 、 $280cm^2$ 、 $400cm^2$ 、 $630cm^2$ 、 $1000cm^2$ 、 $1600cm^2$ 等，有效面积越大，执行机构产生的位移也越大，可按实际需要加以选择。

由于膜片的弹性刚度和推杆与填料之间摩擦力的影响，执行机构将产生 $< \pm 4\%$ 的非线性偏差和 $< \pm 2.5\%$ 的**正反行程变差**。

如果在执行机构上附加**阀门定位器**，将可以减小非线性偏差和变差。



二. 气动薄膜式执行机构的动态特性

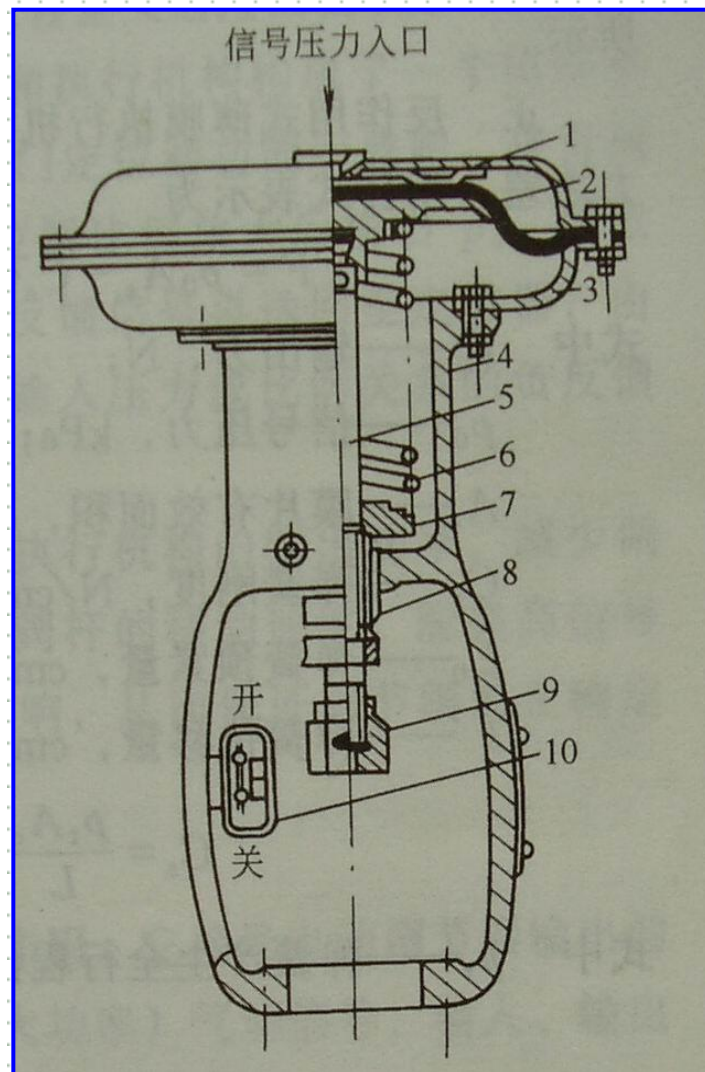
✦ 动态时，输入信号管线存在一定的阻力，而信号管线和薄膜气室可近似为一个气容，故薄膜气室内的压力 p_1 和压力信号 p_0 之间的关系为：

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{1}{RCs + 1} = \frac{1}{Ts + 1}$$

R —— 导管的气阻；

C —— 薄膜气室及引压导管的气容；

T —— 时间常数



$$l = \frac{A_e}{C_s} \cdot p_1$$

$$\frac{p_1}{p_o} = \frac{1}{RCs + 1} = \frac{1}{Ts + 1}$$

压力信号 p_o 和推杆位移 l 之间的关系为：

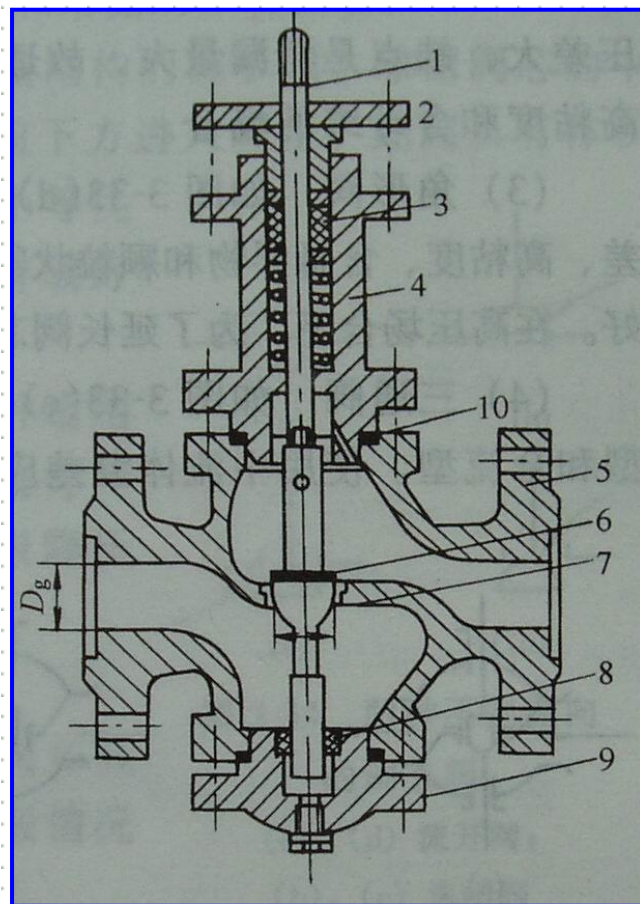
$$\frac{l}{p_o} = \frac{A_e}{(Ts + 1)C_s} = \frac{K}{Ts + 1}$$

可见，气动薄膜式执行机构的动态特性为一阶滞后环节，其时间常数一般为几秒~几十秒。

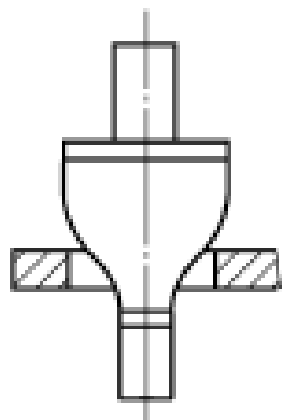
9.4 控制阀

9.4.1 控制阀结构

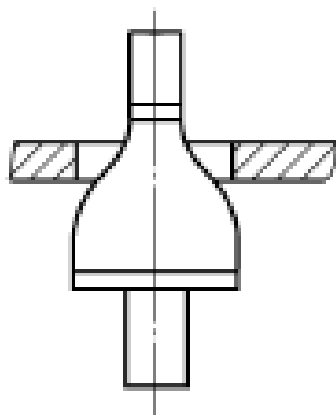
- 从流体力学观点看，控制阀是一个局部阻力可以改变的节流元件。
- 由于阀芯在阀体内移动，改变了阀芯与阀座间的流通面积，即改变了阀的阻力系数，操纵变量（调节介质）的流量也就相应地改变，从而达到调节工艺变量的目的。



- 控制阀的阀芯与阀杆间用销钉连接，这种连接形式使阀芯根据需要可以正装（反作用）也可以反装（正作用）

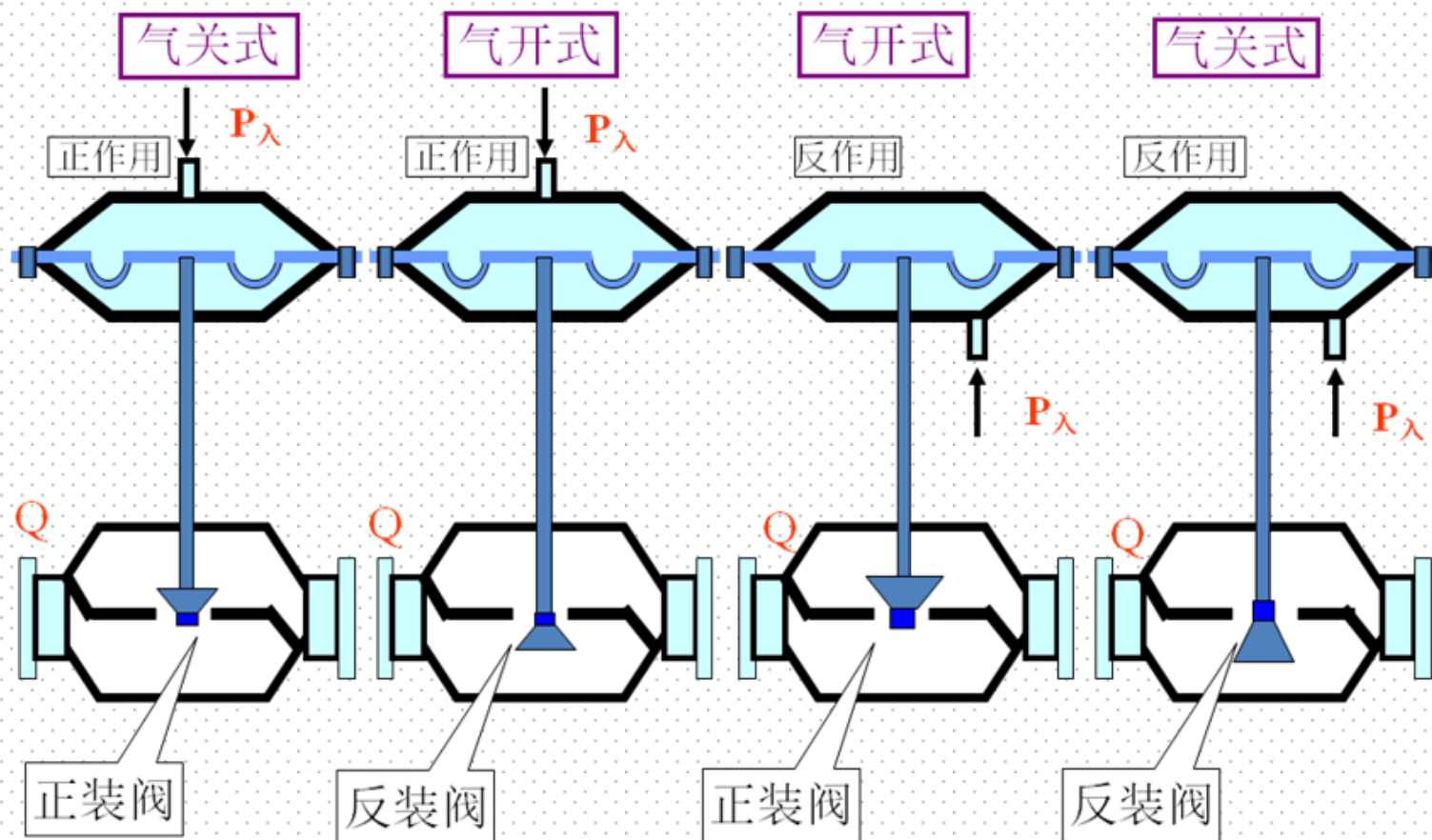


(a) 正装阀



(b) 反装阀

- 执行器的执行机构和调节机构组合起来可以实现气开和气关式两种调节。

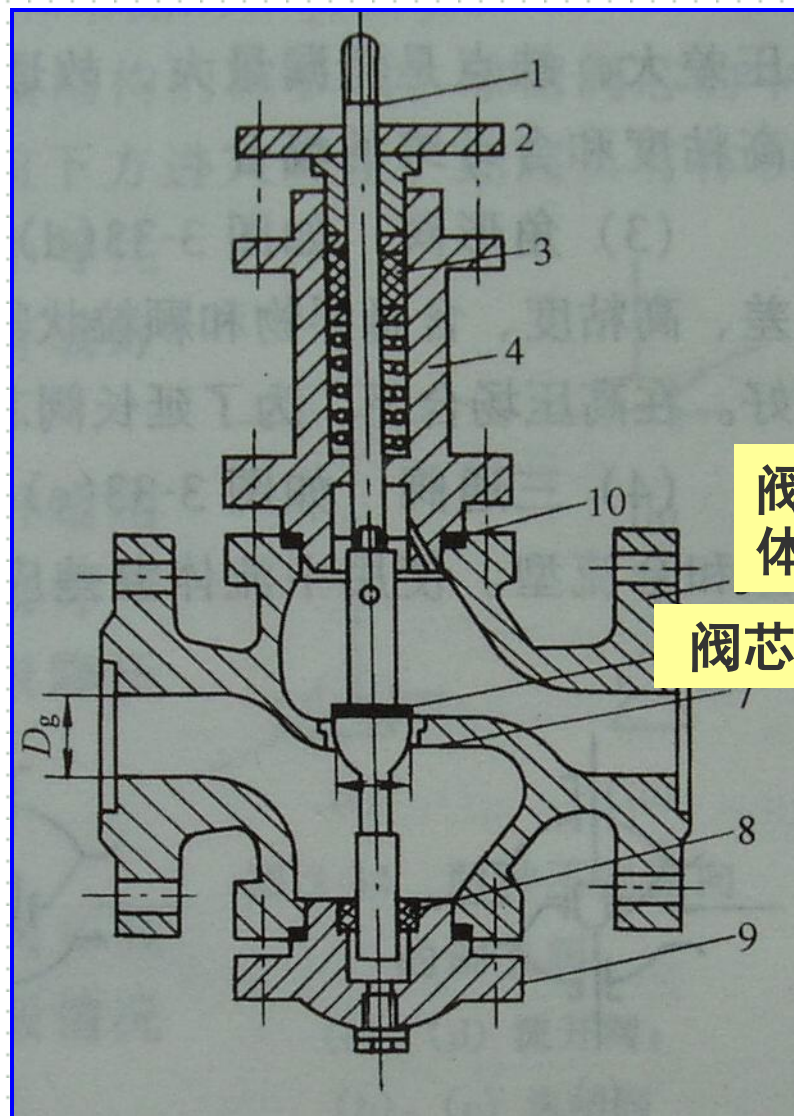


❖ 调节阀的各部件中直接与被测介质接触的是阀芯和阀体，有各种不同的结构，使用的材料也各不相同，以满足各种不同的要求。

❖ 阀芯的型式可分为两大类：

直行程阀芯；

角行程阀芯。



结构简单，
具有快开
特性

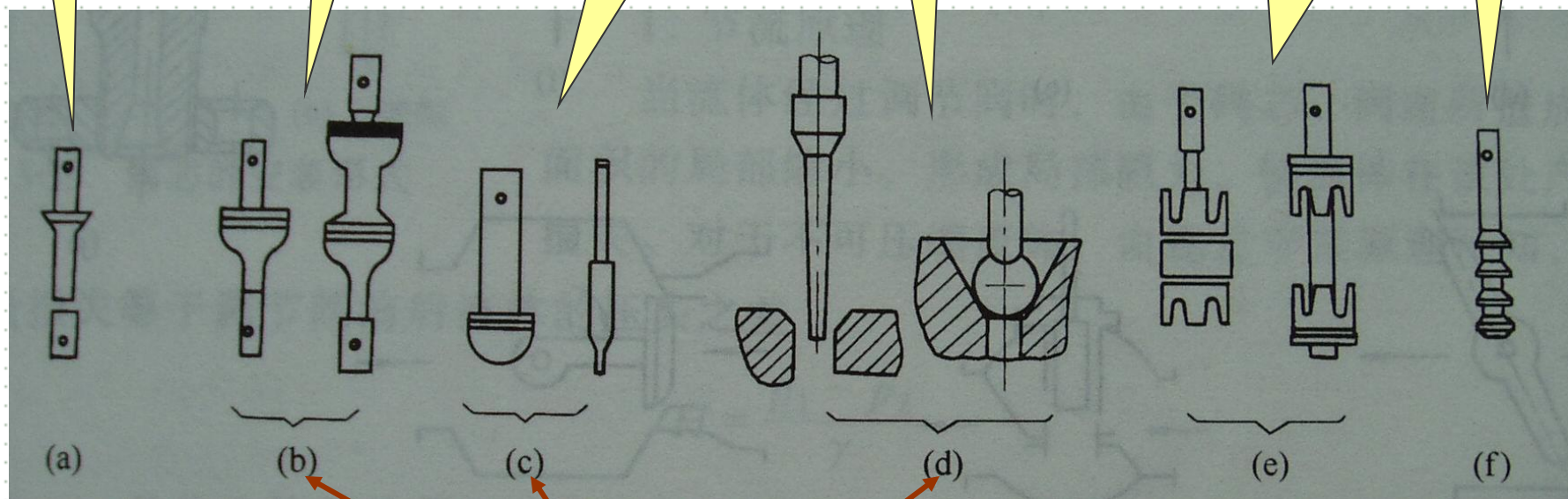
可以倒装，
实现正、反
调节作用

适用角型阀
和高压阀

球型、针型
阀芯，适用
小流量

适用三通调节阀
(合流型，分流
型)

逐级降
压，防
止汽蚀



平板
型阀
芯

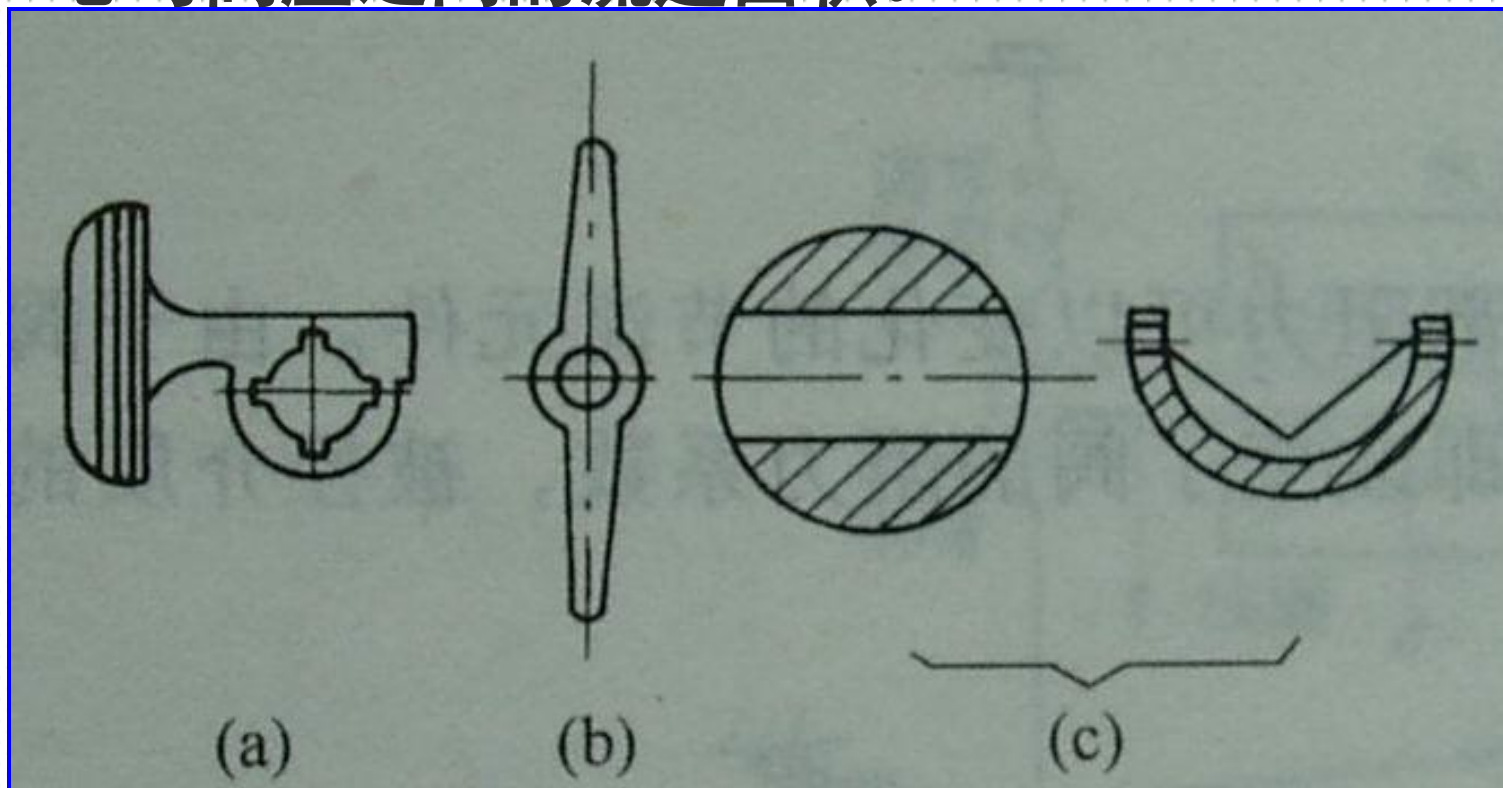
柱塞型阀芯

窗口
型阀
芯

多级
阀芯

直行程阀芯

角行程阀芯：通过阀芯的旋转运动来改变阀芯与阀座之间的流通面积。



偏心旋转阀芯

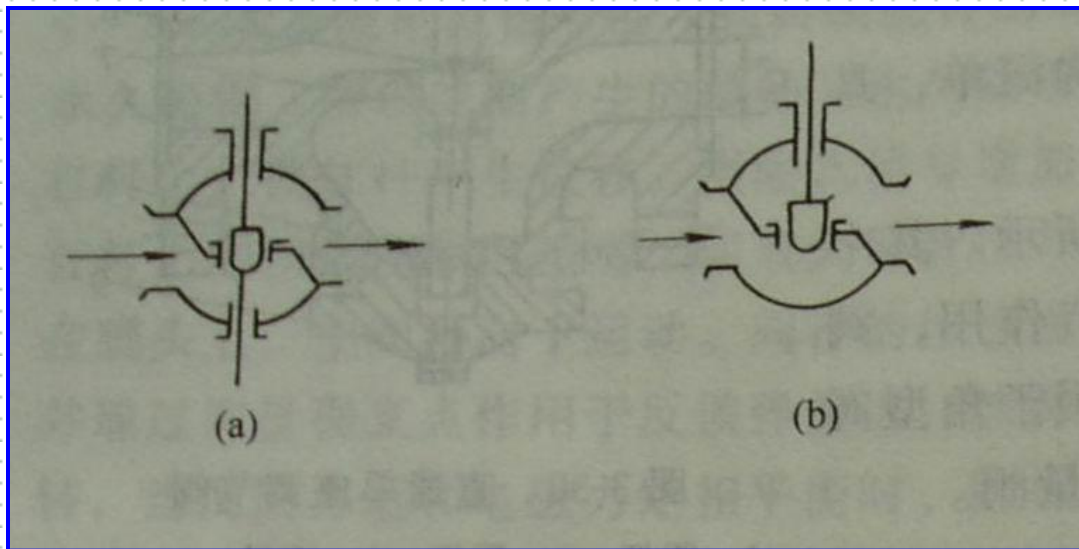
蝶形阀芯

球形阀芯

角行程阀芯

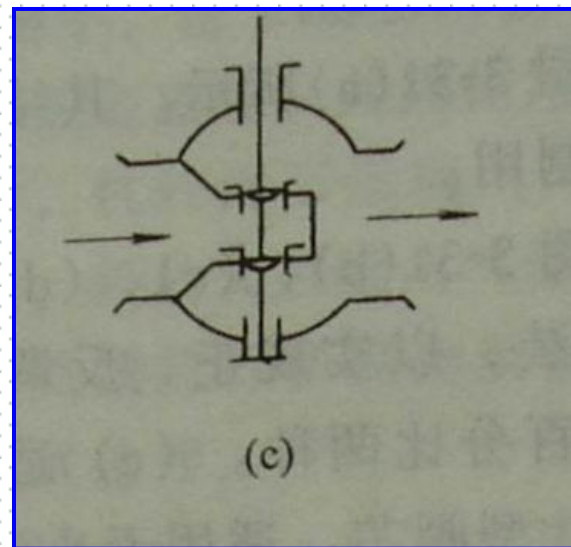
9.4.2 控制阀类型

常用阀体的结构型式：



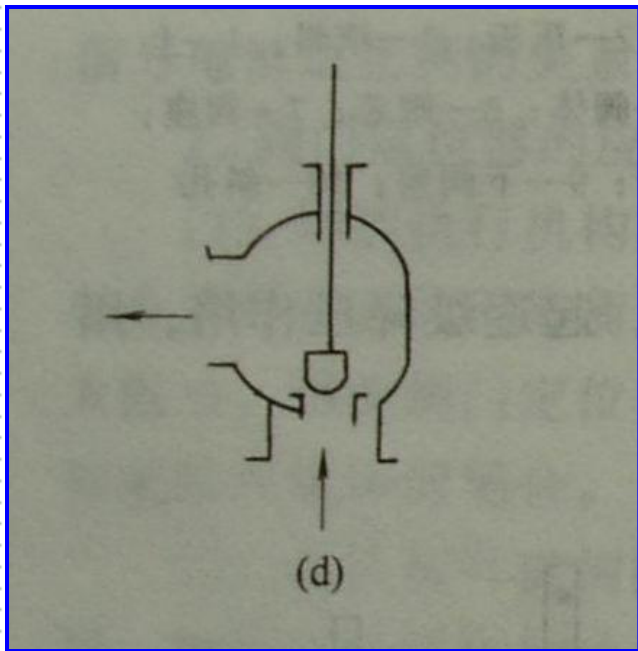
直通单座调节阀

（一个阀芯和一个阀座，泄漏量小，不平衡力大）



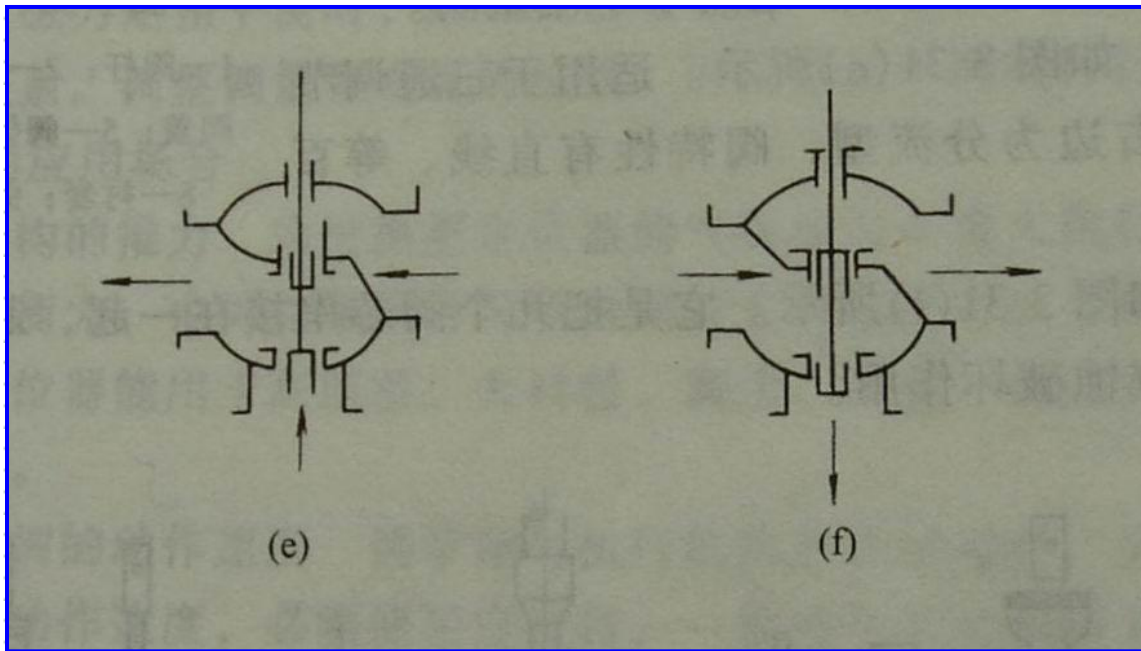
直通双座调节阀

（两个阀芯和两个阀座，允许压差大，泄漏量大）



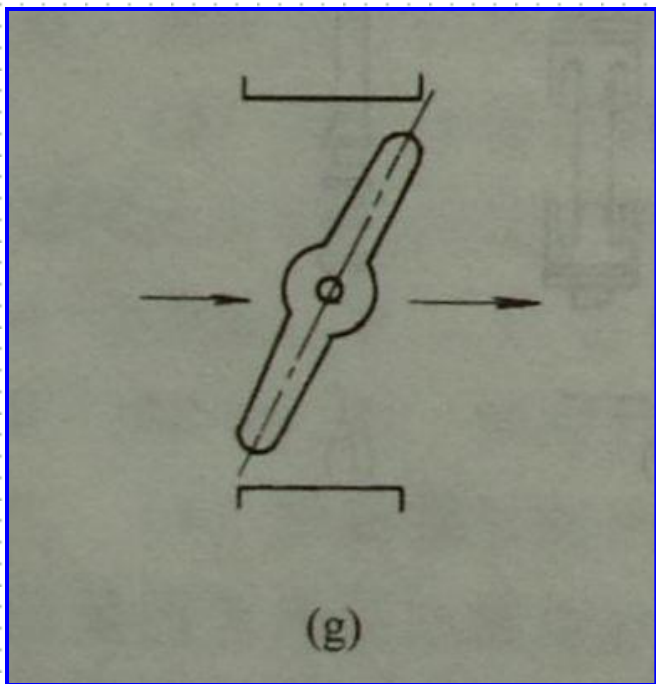
角形阀

（底进侧出，流路简单，稳定性好，小开度易振荡）



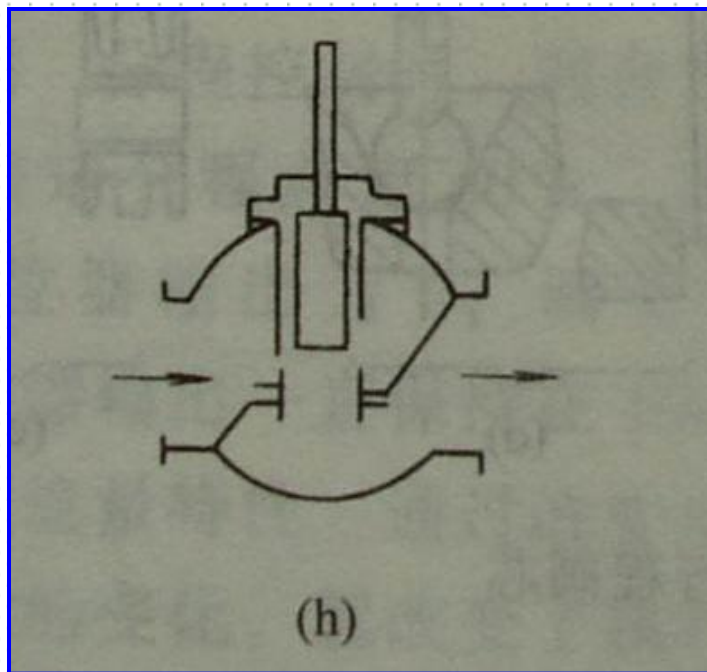
三通阀

（包括合流型和分流型）



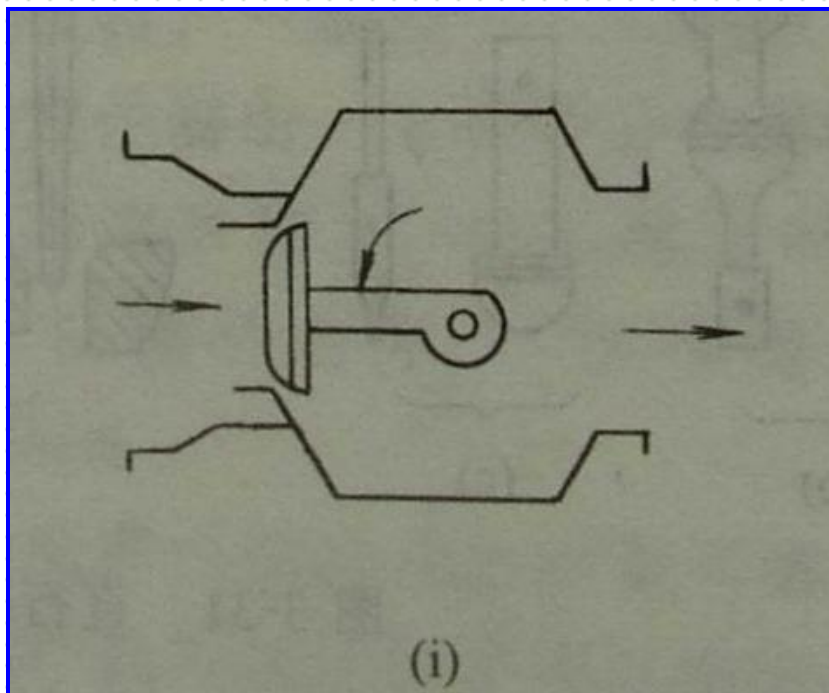
蝶阀

（通过挡板旋转来控制流体的流量，结构紧凑，流通能力大，泄漏量较大）



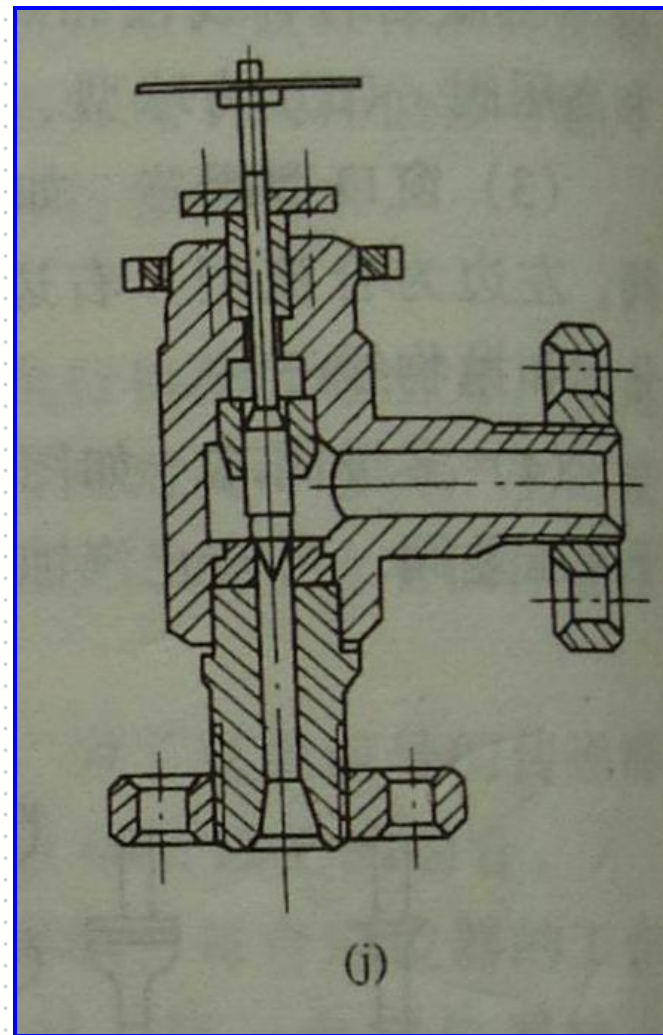
套筒形调节阀

（通过阀芯移动来改变套筒上的窗口个数以实现流量的调节，不平衡力小，稳定性好，通用性强，拆装维修方便，不适宜高温、高粘度及含颗粒和结晶的介质）



偏心旋转阀

(体积小，使用
可靠，维修方便，
流体阻力小)



高压调节阀

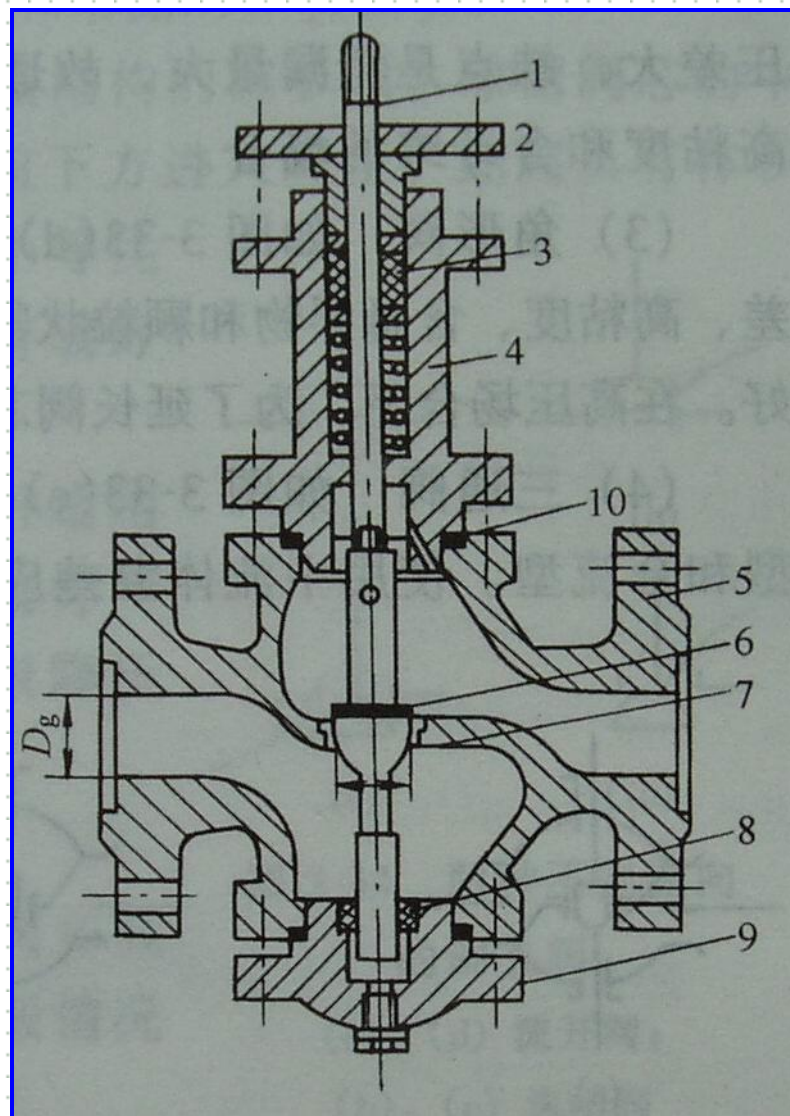
(适用于高静压
和高压差场合)

9.4.3 控制阀的流量特性

- 控制阀的流量特性是指流过阀门的调节介质的相对流量与阀杆的相对行程（即阀门的相对开度）之间的关系。

1. 调节阀的流量方程

- ❖ 调节阀与普通阀一样，是一个局部阻力可以改变的节流元件。
- ❖ 当流体从阀芯和阀座之间的空隙中流过时，由于流通面积局部缩小，形成局部阻力，使流体在该处有能量损失。



在阀前后的管径相同、流体的流速相同的情况下，根据**流体的能量守恒定律**可知，该能量损失等于流体在阀前后的静压差，即：

$$H = \frac{p_1 - p_2}{\rho g}$$

H —— 单位质量流量的能量损失

如果调节阀的开度不变，流体的密度不变，则有：

$$H = \xi \cdot \frac{\omega^2}{2g}$$

ξ —— 阻力系数，与阀门结构型式、开度及流体性质有关

流体在调节阀里的平均速度为：

$$\omega = \frac{Q}{A}$$

$$H = \frac{p_1 - p_2}{\rho g}$$

$$H = \xi \cdot \frac{\omega^2}{2g}$$

$$\omega = \frac{Q}{A}$$

调节阀的流量公式为：

$$Q = A \cdot \omega$$

$$= \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2)}$$

$$= 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} (m^3 / h)$$

各参数的单位为：

A — — cm^2

Δp — — $100kPa$

ρ — — g / cm^3

在流体密度不变、管道截面不变以及调节阀两端的压差不变的情况下，流体的流量仅与阀门的开度有关，**开度增大，阻力系数减小，流量增加。**

2. 调节阀的流量系数

调节阀的流量系数用符号 K_V 表示，也称为**流通能力**。

根据定义，有：

$$K_V = 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} = 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{1}{1}} = 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}}$$

$$Q = 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} = K_V \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

流量系数与调节阀接管的流通面积以及阀门的阻力系数有关，而**阻力系数主要决定于阀体的结构**，对于相同口径、不同结构的调节阀，其流量系数是不一样的。

采用国际单位制时的定义为：

调节阀前后压差—— $100kPa$

流体密度—— $1g/cm^3$

调节阀开度——100%(全开)

每小时通过阀门的流体流量(m^3/h)。

- **注意1：**不同单位制下的流量系数是不同的。
 - ❖ 采用工程单位制时，流量系数用C表示；
 - ❖ 采用英制单位时，流量系数用C_v表示。
- **注意2：**在采用国际单位制时，若将Δp的单位取为kPa时，则K_v值的计算公式如下：

$$K_v = \frac{10Q\sqrt{\rho}}{\sqrt{\Delta p}}$$

$$Q = 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} = K_V \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

$$\text{流通面积 } A = \frac{\pi}{4} D_g^2$$

流量系数是选择调节阀口径的一个重要依据
 (当阀体结构选定之后, 阻力系数就是常数, 所以根据流量系数 K_V 就可以确定调节阀的公称直径 D_g)。

对于一般液体, 其计算公式为:

$$K_V = \frac{10Q\sqrt{\rho}}{\sqrt{\Delta p}}$$

对于高黏度液体, 其计算公式为:

$$K_V = \varphi \frac{10Q\sqrt{\rho}}{\sqrt{\Delta p}}$$

对于一般气体, 其计算公式为:

$$K_V = \frac{Q_N}{3.8} \sqrt{\frac{\rho_N(273+t)}{\Delta p(p_1 + p_2)}}$$

$$(p_2 > 0.5 p_1)$$

$$K_V = \frac{Q_N}{3.3} \sqrt{\frac{\rho_N(273+t)}{p_1}}$$

$$(P_2 \leq 0.5 P_1)$$

黏度修正系数,
根据雷诺数查
图所得

3. 调节阀的可调比R

❖ 调节阀的可调比用符号R表示，反映了调节阀调节能力的大小。

❖ 可调比：

(1) 理想可调比

调节阀前后压差不变时的可调比。

(2) 实际可调比

考虑阀前后压差变化因素时的可调比。

定义：

调节阀所能控制的最大流量与最小流量之比，即：

$$R = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$$

应注意最小流量 Q_{\min} 与泄漏量的区别。

Q_{\min} —— 调节阀可调的最小流量，
为 $(2 \sim 4\%)Q_{\max}$

泄漏量 —— 调节阀全关时的泄漏，
为 $(0.01 \sim 0.1\%)Q_{\max}$

理想可调比：

$$R = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{K_{V \max} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}}{K_{V \min} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}} = \frac{K_{V \max}}{K_{V \min}}$$

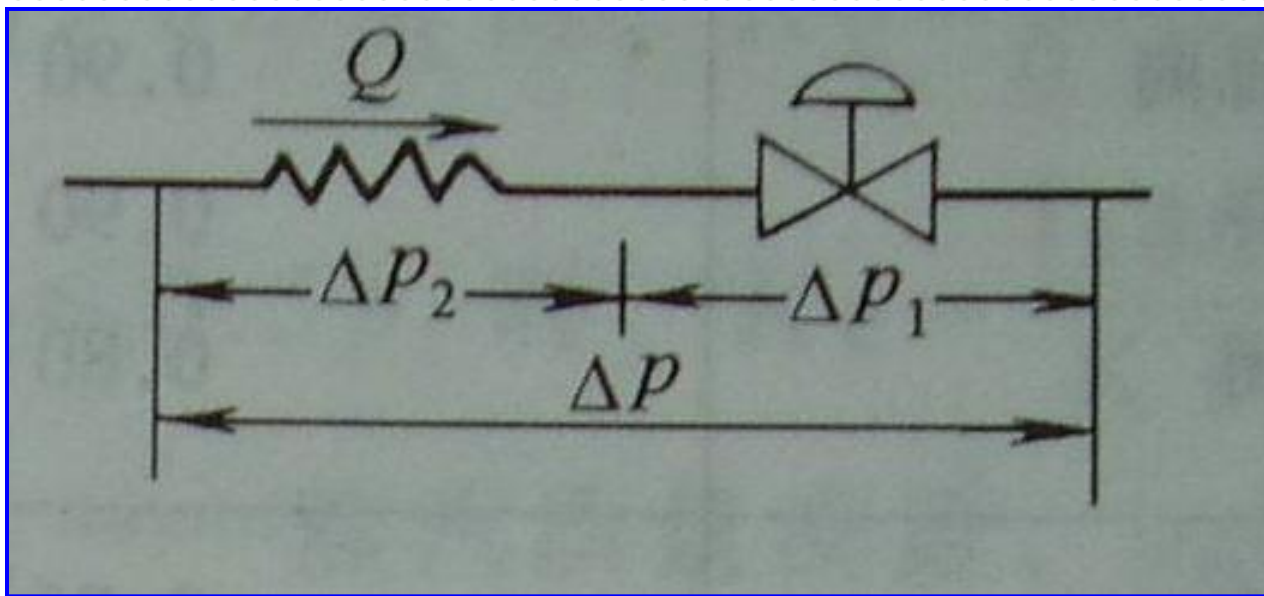
统一设计时，取 $R = 30$

实际可调比：

调节阀在实际使用中总是与管路系统**串联**或与旁路阀**并联**，随着管路系统的阻力变化或旁路阀开启程度的不同，将使**调节阀前后压差发生变化**，从而使可调比发生相应的变化。

当流量增加时，管道的阻力损失也增加（ $\Delta p_2 \uparrow$ ），若系统的总压差不变，则分配到调节阀上的压差相应减小（ $\Delta p_1 \downarrow$ ）。

当流量最小时，调节阀上的压差最大；而流量最大时（阀门全开），调节阀上的压差最小。



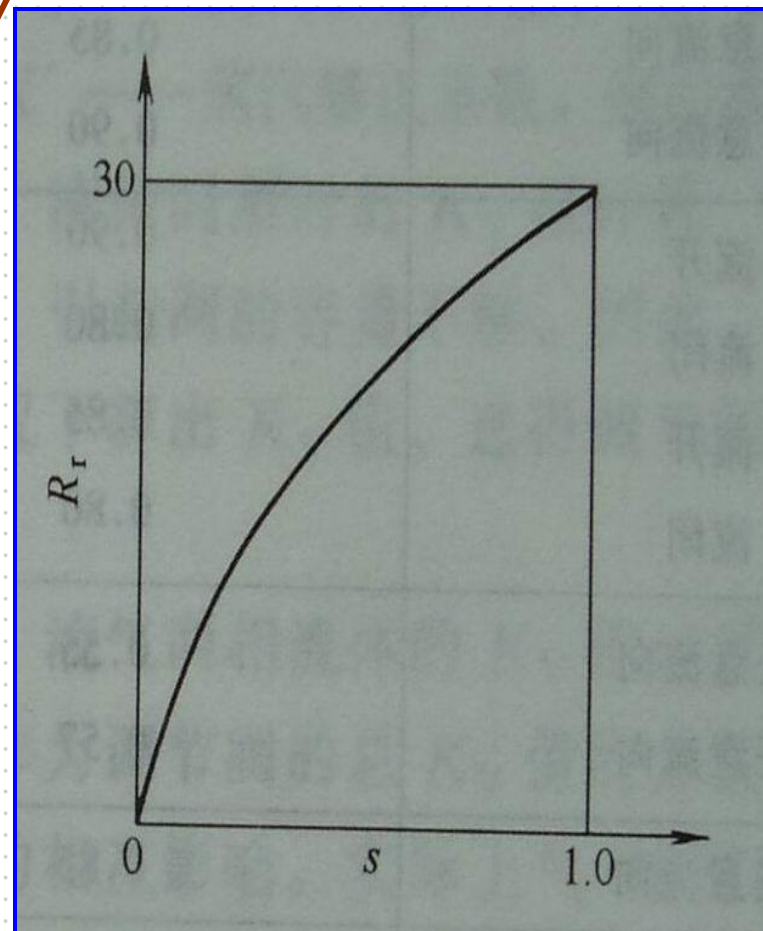
调节阀的实际可调比为：

$$R_r = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{K_{V\max} \sqrt{\frac{\Delta p_{\min}}{\rho}}}{K_{V\min} \sqrt{\frac{\Delta p_{\max}}{\rho}}} \\ = R \sqrt{\frac{\Delta p_{\min}}{\Delta p_{\max}}} \approx R \sqrt{\frac{\Delta p_{\min}}{\Delta p}} = R\sqrt{S}$$

$$S = \frac{\Delta p_{\min}}{\Delta p}$$

调节阀全开时阀前后压差与系统总压差之比。

在串联管道的情况下， S 值越小，即串联管道的阻力损失越大时，实际可调比越小。



对于**并联管道**的情况，
用类似的方法加以分析，可以得到：

$$R_r = \frac{Q_{\max}}{Q_{1\min} + Q_2} = \frac{R}{R - (R-1)x}$$

$$\approx \frac{1}{1-x} = \frac{Q_{\max}}{Q_2}$$

$$x = \frac{Q_{1\max}}{Q_{\max}}$$

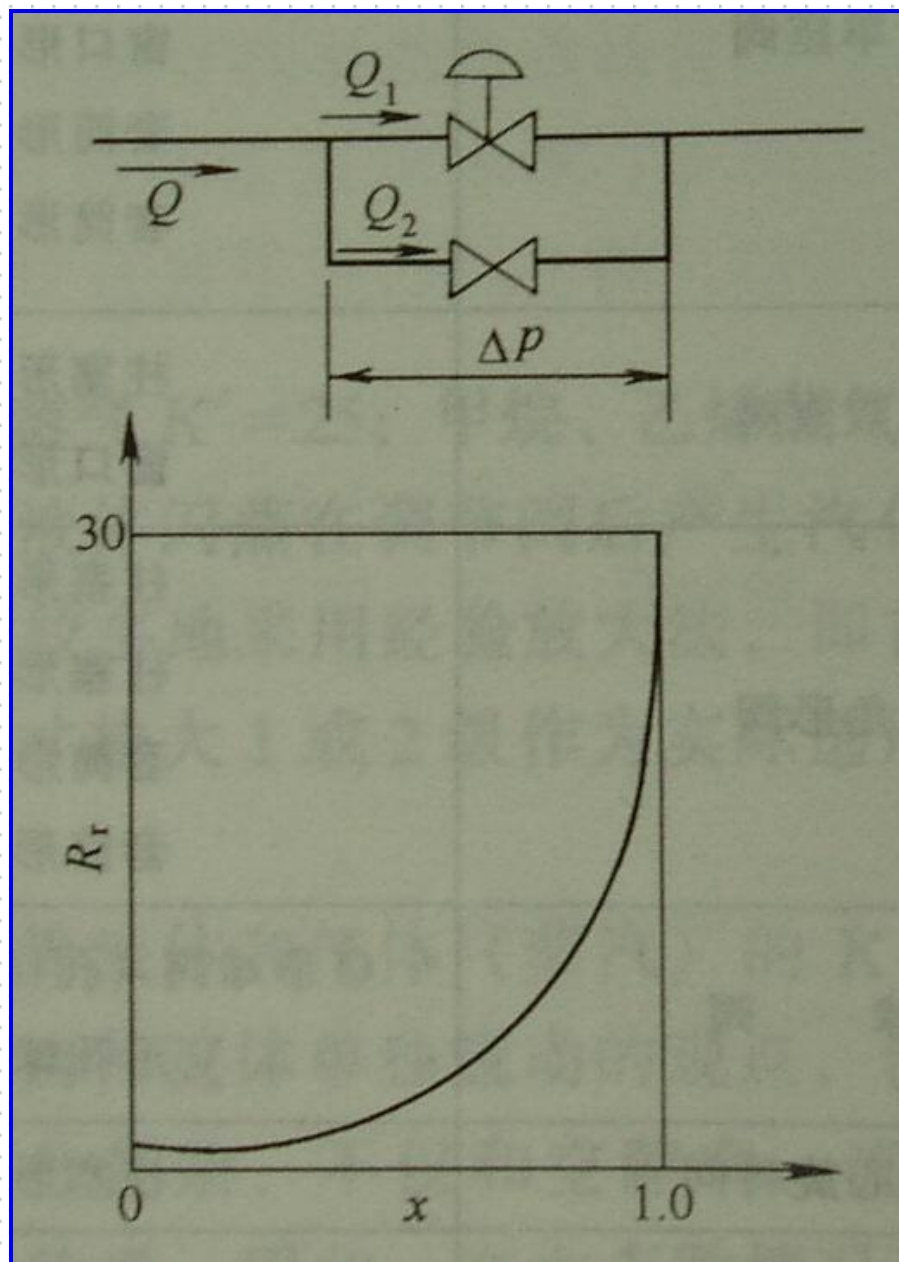
$$Q_{1\min} = x \frac{Q_{\max}}{R}$$

$$Q_2 = Q_{\max} (1-x)$$

$$0 < x \leq 1$$

$$R \gg 1$$

实际可调比近似为总管最大流量与旁路流量的比值。



4. 调节阀的流量特性

所谓流量特性，是指介质流过阀门的相对流量与阀门的相对开度之间的关系，即：

$$\frac{Q}{Q_{man}} = f\left(\frac{l}{L}\right)$$

$\frac{Q}{Q_{max}}$ —— 阀门在某一开度的流量与全开度之比。

$\frac{l}{L}$ —— 阀门某一开度的阀芯位移与全开度阀芯位移之比。

流量特性：

➤ 理想流量特性：

- ❖ 阀前后压差不随开度而变化时的流量特性，也称固有流量特性。

➤ 工作流量特性：

- ❖ 在实际生产中，调节阀前后压差总是变化的，从而使得理想流量特性发生畸变，称为工作流量特性。

(1) 直线流量特性

- 直线流量特性是指调节阀相对流量与相对位移成直线关系，即：

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{L}\right)} = K$$

K —— 调节阀的放大倍数

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = K \frac{l}{L} + C$$

边界条件：

$l = 0$ 时， $Q = Q_{\min}$

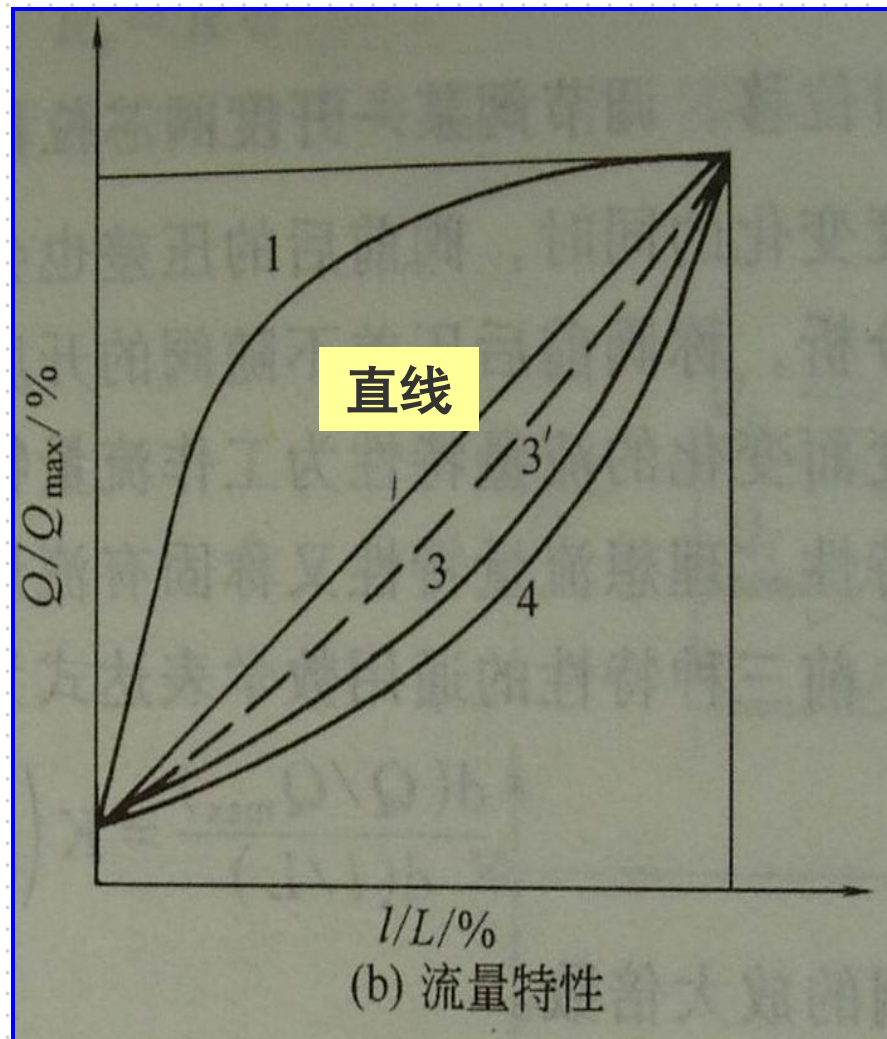
$l = L$ 时， $Q = Q_{\max}$

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{1}{R} + \left(1 - \frac{1}{R}\right) \cdot \frac{l}{L}$$

$\frac{Q}{Q_{\max}}$ 与 $\frac{l}{L}$ 的关系是一条直线，
起点在 $\frac{1}{R}$ 处。

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{L}\right)} = K$$

- ❖ 直线流量特性的调节阀，其单位位移变化引起的流量变化是常数；
- ❖ 流量的相对变化值是不同的（位移小时，流量的相对变化量大；位移大时，流量的相对变化量小）。
- ❖ 调节阀的特点：小开度时，因灵敏度高而不易控制，甚至产生振荡；大开度时调节缓慢，不够及时。



(2) 等百分比流量特性（对数流量特性）

- 等百分比流量特性是指单位相对位移所引起的相对流量变化与此点的相对流量成正比关系，即：

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{L}\right)} = K \frac{Q}{Q_{\max}}$$



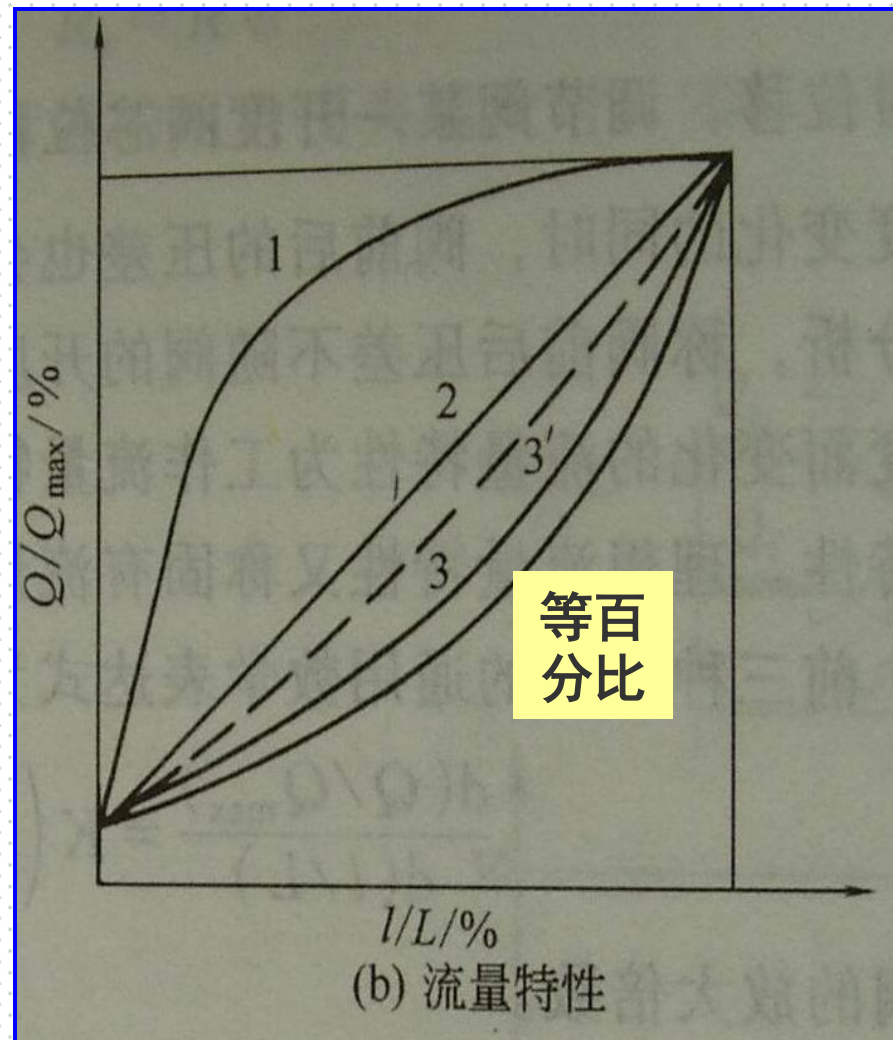
$$\frac{Q}{Q_{\max}} = R^{\left(\frac{l}{L}-1\right)}$$

$$K \frac{Q}{Q_{\max}} \text{ —— 调节阀的放大倍数}$$

$\frac{Q}{Q_{\max}}$ 与 $\frac{l}{L}$ 的关系是对数关系，起点在 $\frac{1}{R}$ 处。

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{L}\right)} = K \frac{Q}{Q_{\max}}$$

- ❖ 等百分比流量特性的调节阀，其放大倍数随阀门开度的增加而增大，使得开度小时，流量变化小；开度大时，流量变化大。
- ❖ 单位位移变化引起的流量的相对变化值是不变的（百分比相等）。
- ❖ 调节阀的特点：**小开度时，因放大倍数小而调节平稳；大开度时，则因放大系数大而调节灵敏有效。**



(3) 抛物线流量特性

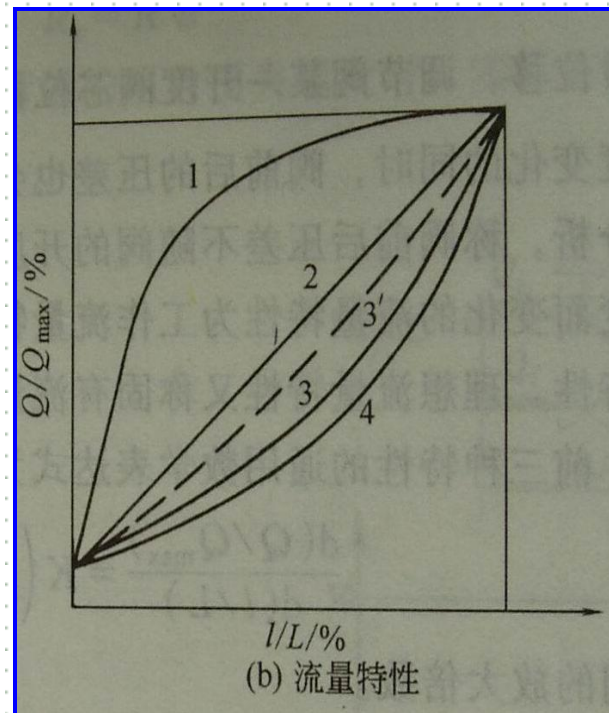
- 抛物线流量特性是指单位相对位移所引起的相对流量变化与此点的相对流量的平方根成正比关系，即：

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{L}\right)} = K\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$K\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)^{\frac{1}{2}} \text{ —— 调节阀的放大倍数}$$

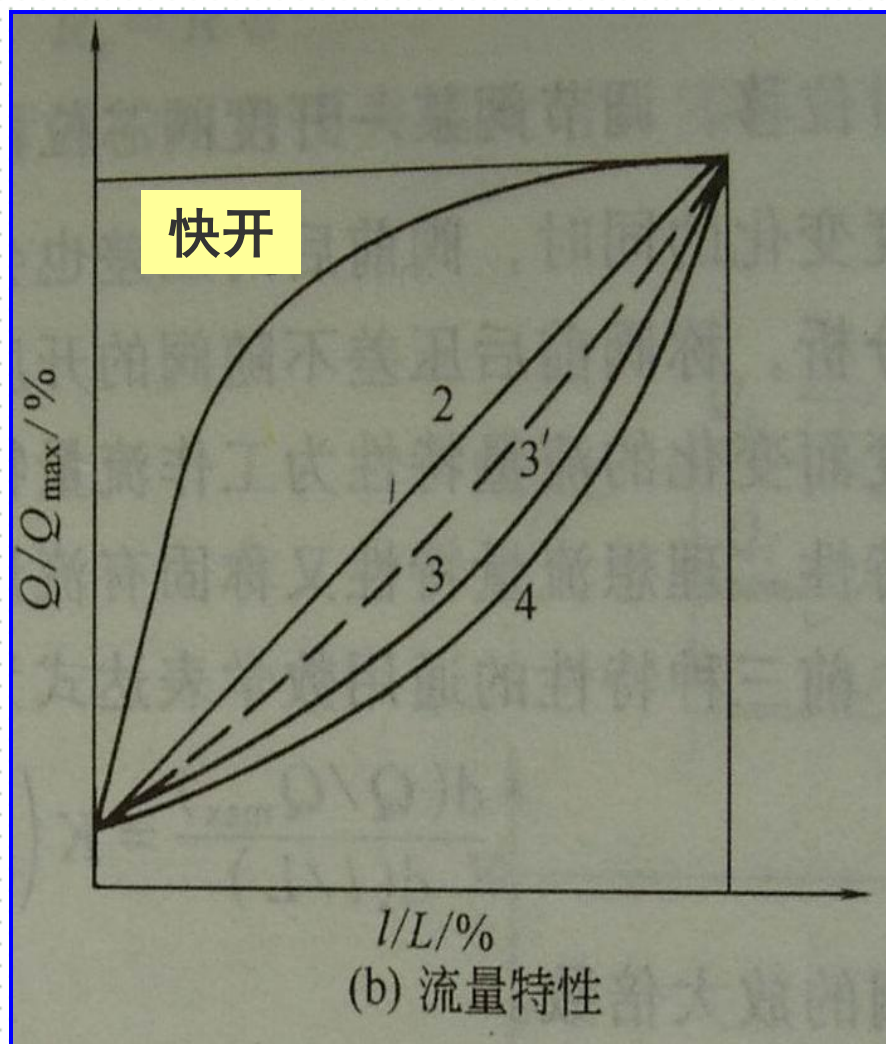
$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{1}{R} \left[1 + (\sqrt{R} - 1) \frac{l}{L} \right]^2$$

$\frac{Q}{Q_{\max}}$ 与 $\frac{l}{L}$ 的关系是抛物线关系，起点在 $\frac{1}{R}$ 处，特性曲线介于直线和对数之间。



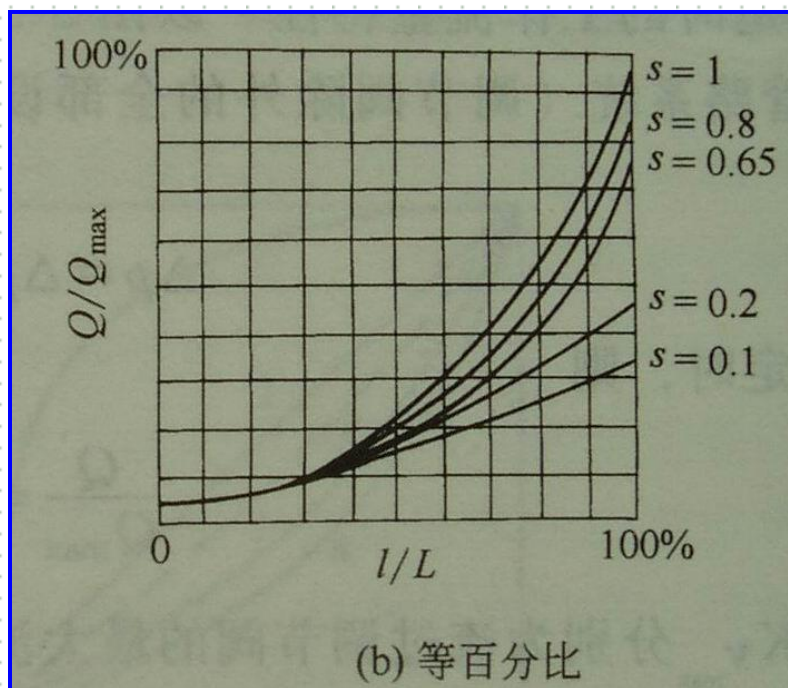
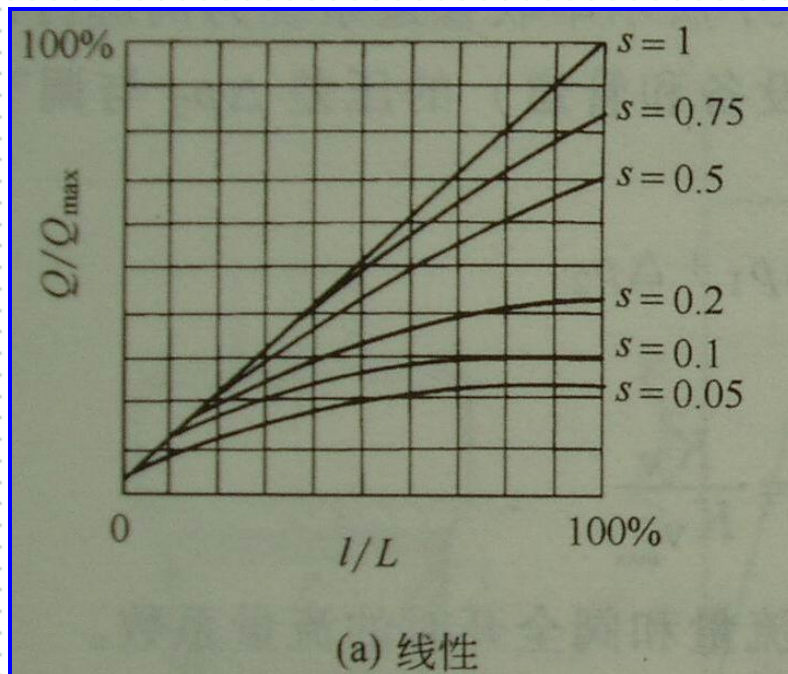
(4) 快开流量特性

- 该流量特性在开度较小时就有较大的流量，随着开度的增大，流量很快就达到最大。此后再增加开度，流量变化非常小，故称为快开特性。



工作流量特性 (以串联管道为例)

- 当 $S=1$ 时（管道阻力为零），工作流量特性与理想流量特性一致；
- 随着 S 值的减小（管道阻力增加），调节阀全开时的流量也减小，因此，调节阀的可调比下降；
- 流量特性的畸变程度随 S 值的减小而逐渐增加，即**直线特性趋近于快开特性**，**等百分比特性则趋近于直线特性**。
- 在小开度时，调节阀的放大系数增大；而在大开度时，调节阀的放大系数减小，对调节质量产生影响。
- 在实际使用中，通常希望 S 值不低于0.3。



综合串、并联管道的情况，有如下结论：

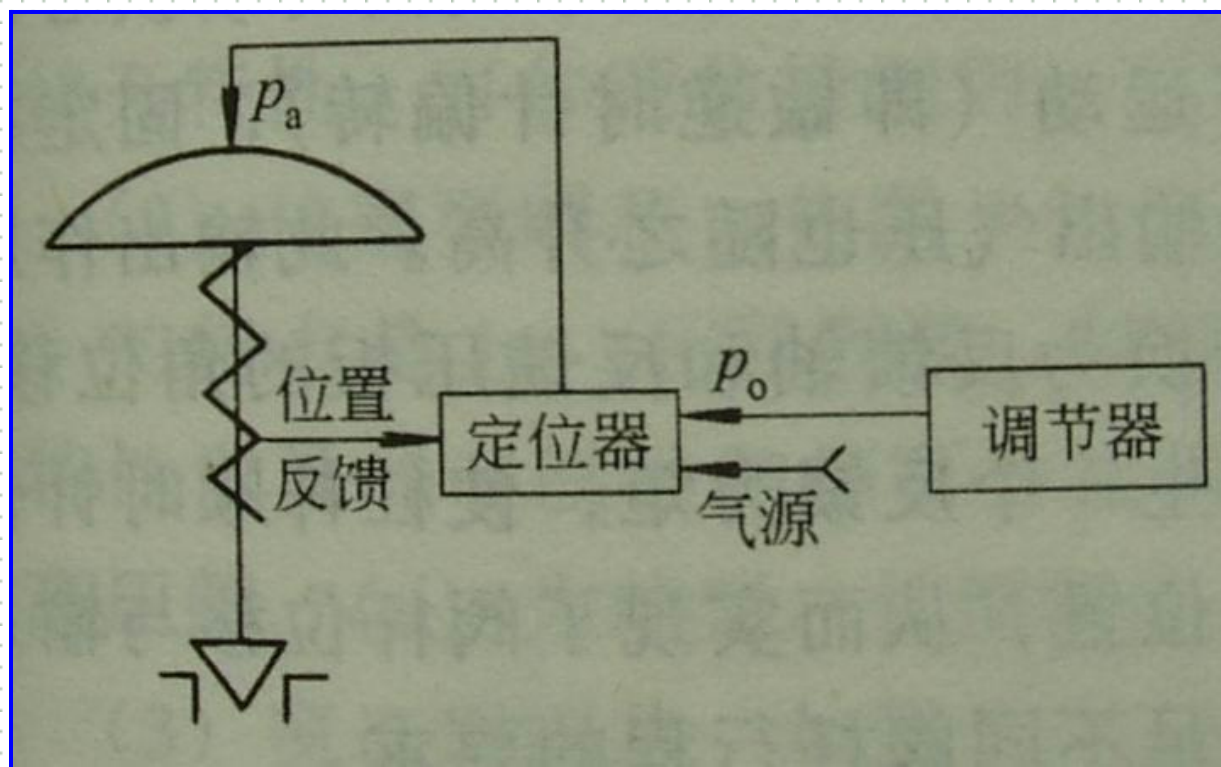
- 1) 串、并联管道都会使理想流量特性发生畸变，串联管道的影响尤为严重；
- 2) 串、并联管道都会使调节阀可调比下降，并联管道尤为严重；
- 3) 串联管道使系统总流量减少，并联管道使系统总流量增加；
- 4) 串联管道调节阀开度小时放大系数增加，开度大时则减小；并联管道调节阀的放大系数在任何开度下总比原来的要小。

9.5 阀门定位器

- ❖ 阀门定位器是气动执行器的主要附件，与气动执行器配套使用。其作用是增大执行器的输出功率，克服阀杆的摩擦力和消除不平衡力的影响，以加快阀杆的移动速度，减少调节信号的传递滞后，提高阀门位置的线性度。
- ❖ 阀门定位器有两种：气动阀门定位器
20 ~ 100kPa 电-气阀门定位器。
- ❖ 前者只接受气信号，需要先用电-气转换器将调节器输出的电信号转换成气信号；
- ❖ 后者具有电-气转换和阀门定位的双重作用，其输入信号为电信号。

4 ~ 20mA

- 阀门定位器接受调节器的输出信号，然后成比例地输出信号去控制气动执行器。
- 当气动执行器动作之后，阀杆的位移又通过机械装置反馈到阀门定位器上，组成闭环，以构成一个使阀杆位移与输入压力成比例的**负反馈系统**。

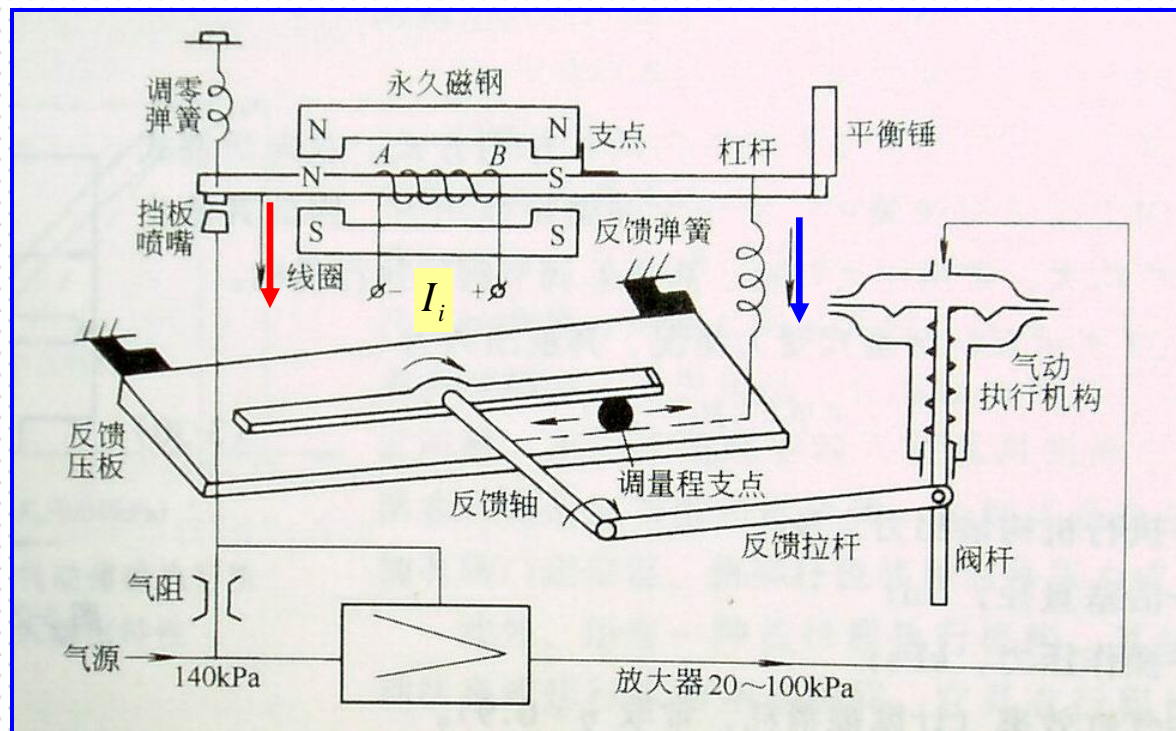


电 / 气阀门定位器的动作过程：

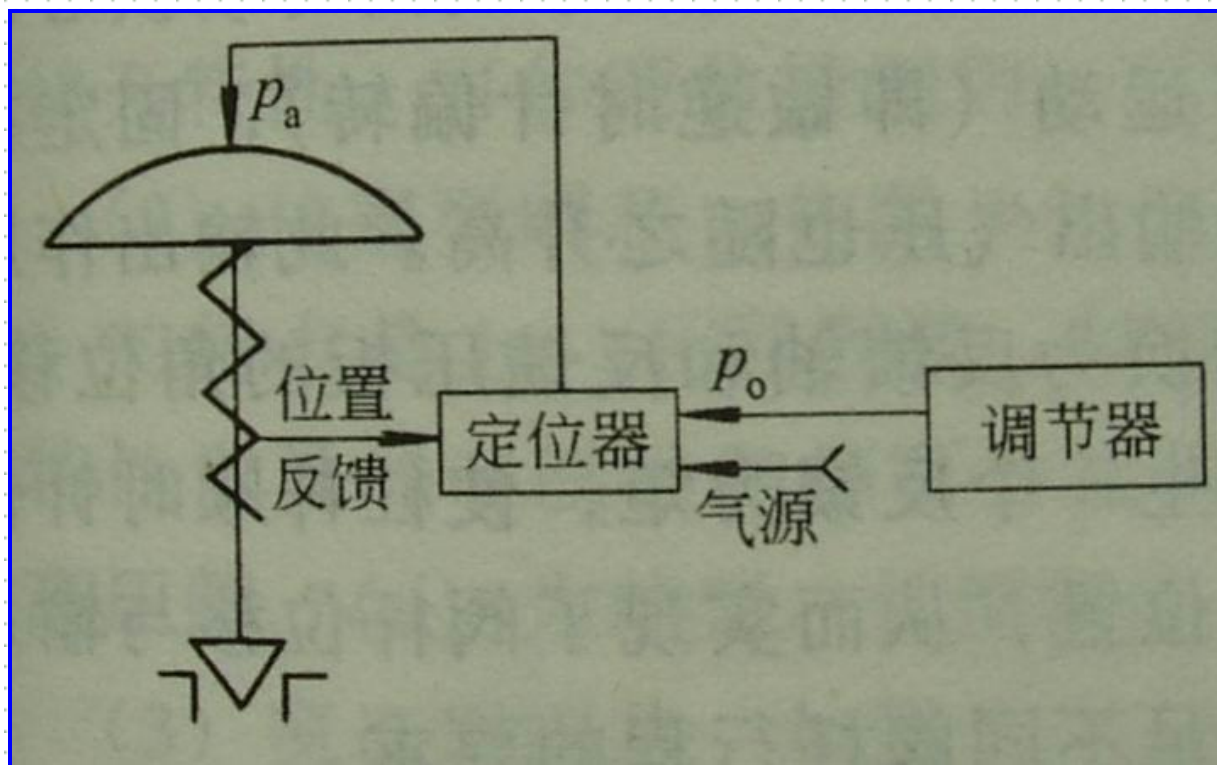
直流电流信号输入到线圈中。

当输入信号增大时 \Rightarrow 杠杆逆时针转动 \Rightarrow 喷嘴背压增大 \Rightarrow 放大器输出气压增大 \Rightarrow 阀杆下移，通过反馈拉杆转换成反馈轴和反馈压板的角位移 \Rightarrow 反馈弹簧拉伸 \Rightarrow 主杠杆顺时针转动

当信号压力在主杠杆上产生的力与反馈弹簧在主杠杆上产生的拉力达到力矩平衡时，一定的信号压力就对应一定的阀门位置。



- ✓ 由于组成了**深度负反馈系统**，使得在前向通道上的影响阀杆正确定位的各种因素（如膜头的时间常数、摩擦力、不平衡力等）可以忽略，从而实现正确定位。
- ✓ 除此之外，配上阀门定位器的气动执行器还可以**实现分程控制**（即由一台调节器操纵两台调节阀）、**改变调节阀的流量特性**，以及**改变执行器的正反作用**。



阀门定位器的作用

- 改善阀的静态特性
- 改善阀的动态特性
- 改变阀的流量特性
- 用于分程控制
- 用于阀门的反向动作

9.6 控制阀的选用

在气动执行器的选型中，主要考虑以下三个方面：

- 一. 执行器结构型式的选择
- 二. 调节阀流量特性的选择
- 三. 调节阀口径的选择

一. 执行器结构型式的选择

1. 调节机构的选择

- ❖ 在石油化工生产中，被测介质的特性千差万别。有的高压、有的高粘度、有的具有腐蚀作用，等等。流体的流动状态也各不相同，有的被测介质流量很小，有的流量很大；有的是分流，有的是合流。
- ❖ 在选择调节机构的结构形式时应当考虑被测介质的工艺条件和流体特性，再根据各种调节机构的结构特点加以确定，即选择适当的结构去满足不同的要求。

2. 执行机构的选择

- 当**调节机构的结构形式确定之后**，就可以选择执行机构的结构形式。
- 选择薄膜式还是活塞式的执行机构，应根据执行机构的输出力是否满足调节机构的要求来定。
- **通常选择的是薄膜式的执行机构**，因其输出力在多数情况下能够满足要求。
- 当所配的调节阀的口径较大，或压差较高，要求执行机构有较大输出力时，可考虑选择活塞式的执行机构，也可以采用配上阀门定位器的薄膜式执行机构。

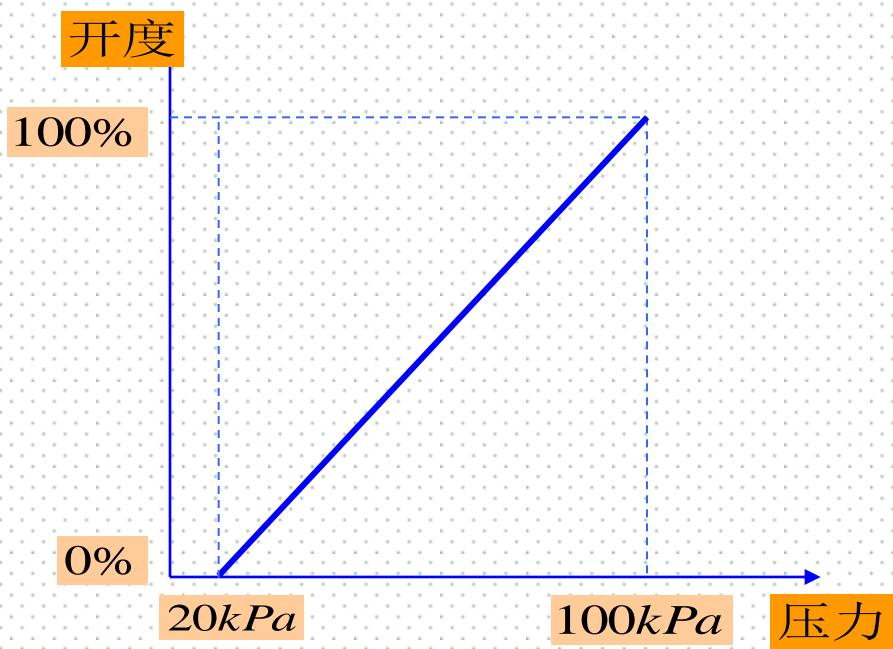
3. 气动执行器作用方式的选择

- 气动执行器的作用方式有两种：

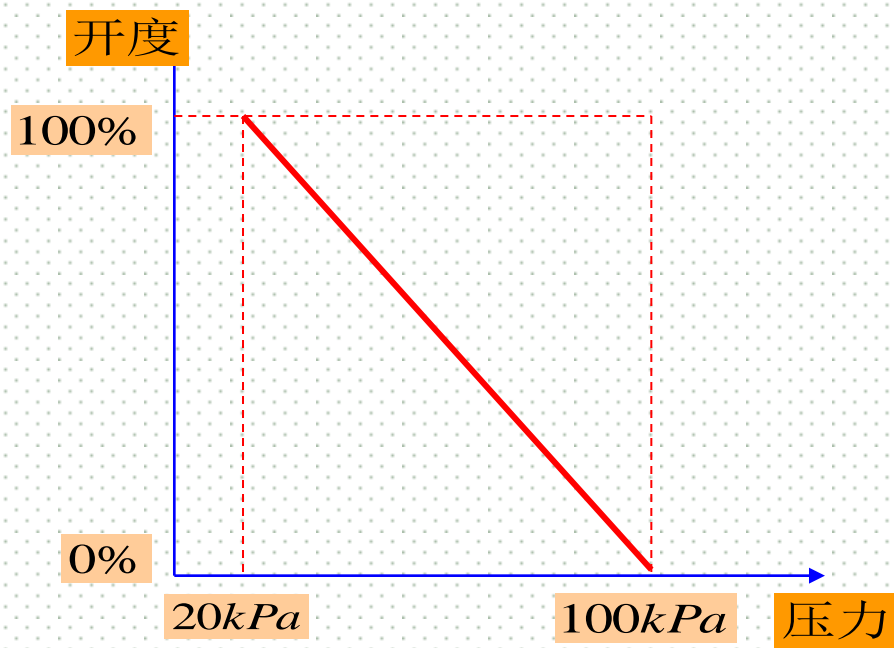
气开式——信号压力增大时，阀门的开度增加；无信号压力时，阀门全关。

气关式——信号压力增大时，阀门的开度减小；无信号压力时，阀门全开。

- 气开、气关的选择主要**从生产工艺上安全要求出发。**



气开阀

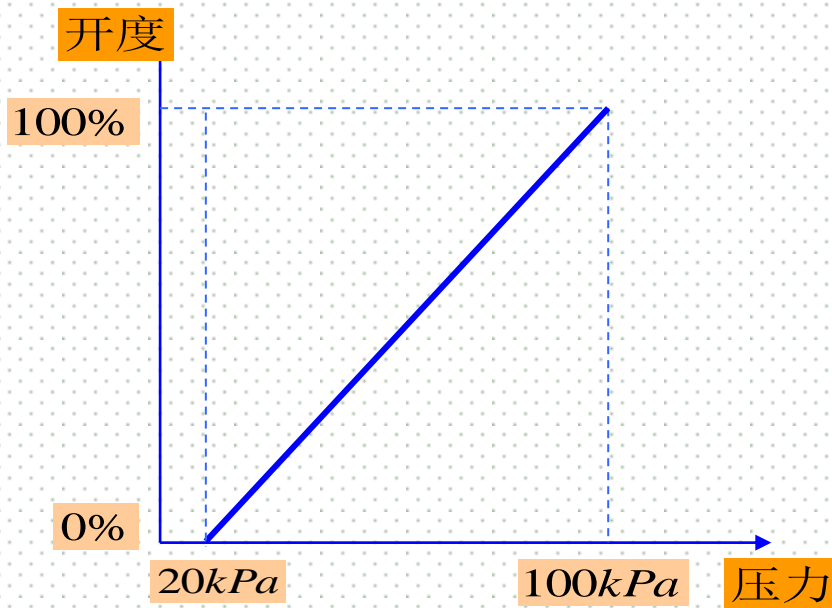


气关阀

考虑原则：

- 信号压力中断时，应保证设备和操作人员的安全。

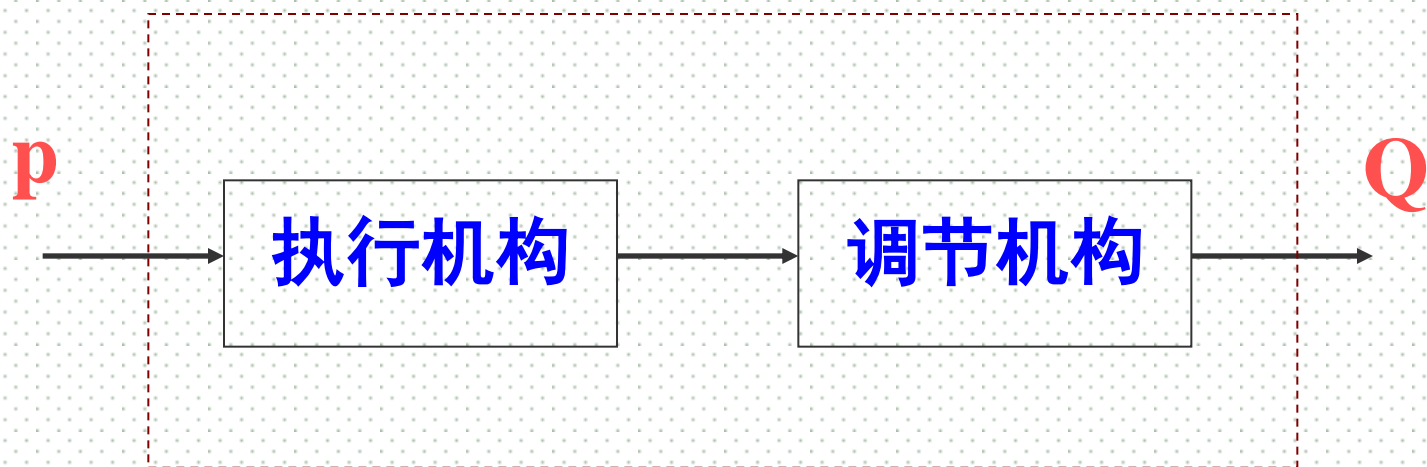
例如：控制加热炉燃料油或燃料气的执行器应选择气开式，这样，当信号压力中断时，能切断进炉的燃料，以免炉温过高而造成事故。



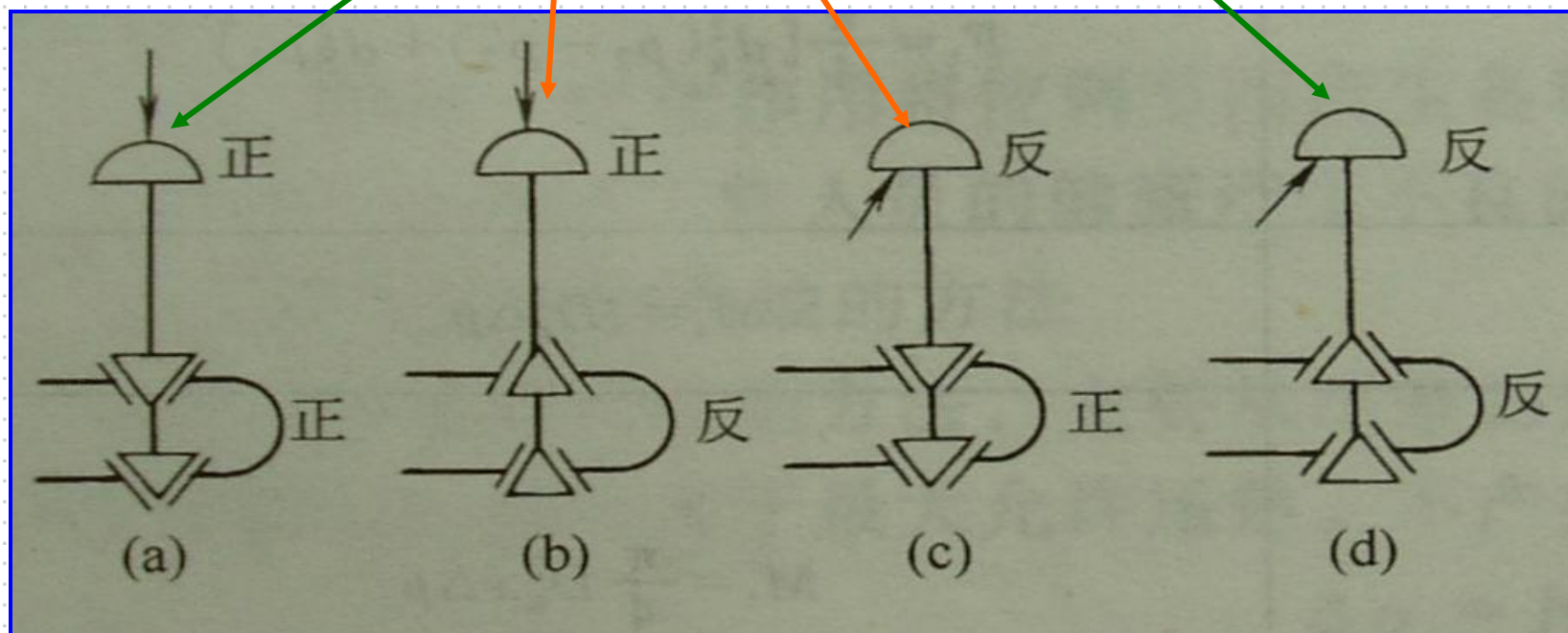
$100kPa \Rightarrow Q_{\max}$
 $20kPa \Rightarrow Q_{\min}$
 $0kPa \Rightarrow \text{泄漏量}$

气开阀

- ❖ 作用方式（气开或气关）确定之后，再确定**执行机构**及**调节机构**的正、反作用。



- ❖ 由于执行机构有正、反两种作用方式，调节阀也有正装和反装两种方式，因此，有四种组合方式可以实现气开及气关作用。
- ❖ 通常，推荐选用正作用的执行机构，而通过改变调节阀的正反装方式来实现气开或气关。



注意特殊情况

- 闪蒸和空化
- 磨损
- 腐蚀
- 高温
- 低温
- 高压降

二. 调节阀流量特性的选择

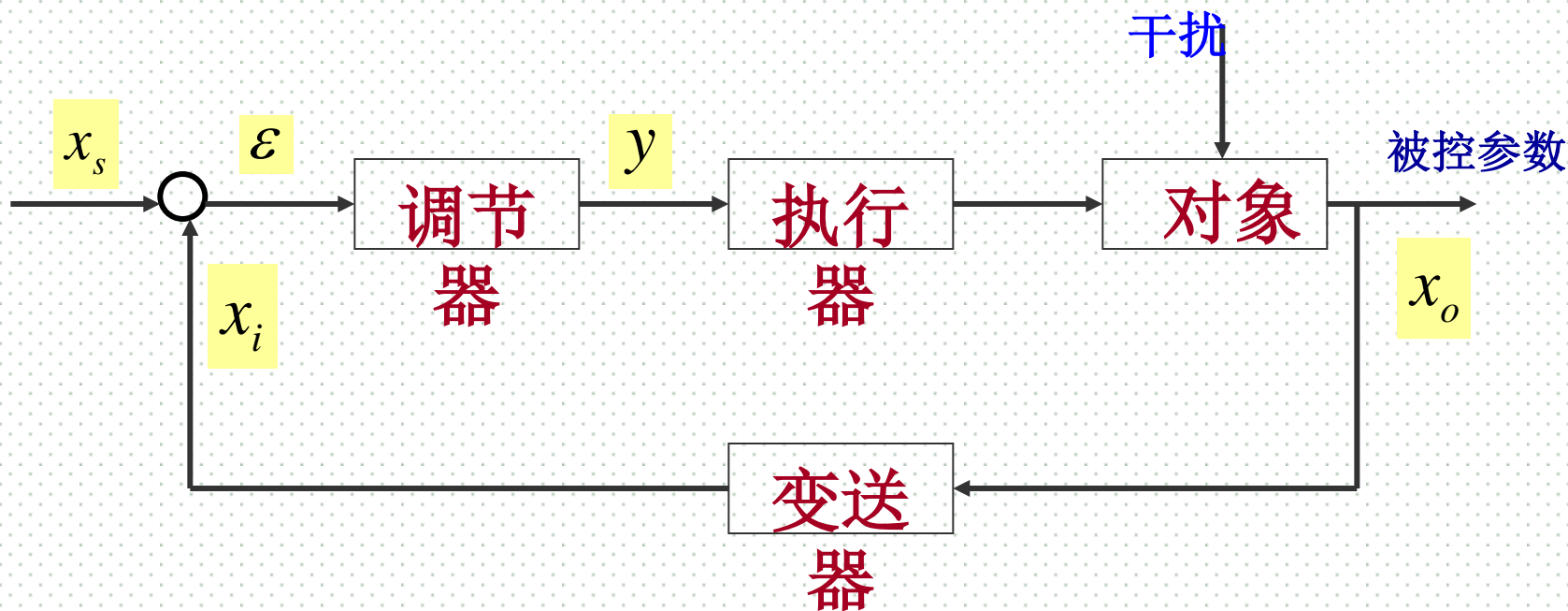
- 在调节阀的理想流量特性中，由于抛物线的流量特性介于直线和等百分比之间，一般可用等百分比来代替，因此，生产中**常用的流量特性**是：**直线；等百分比；快开**。
- 而**快开特性只用于两位式调节及程序控制系统**中，故调节阀流量特性的选择是指如何选择直线和等百分比流量特性。

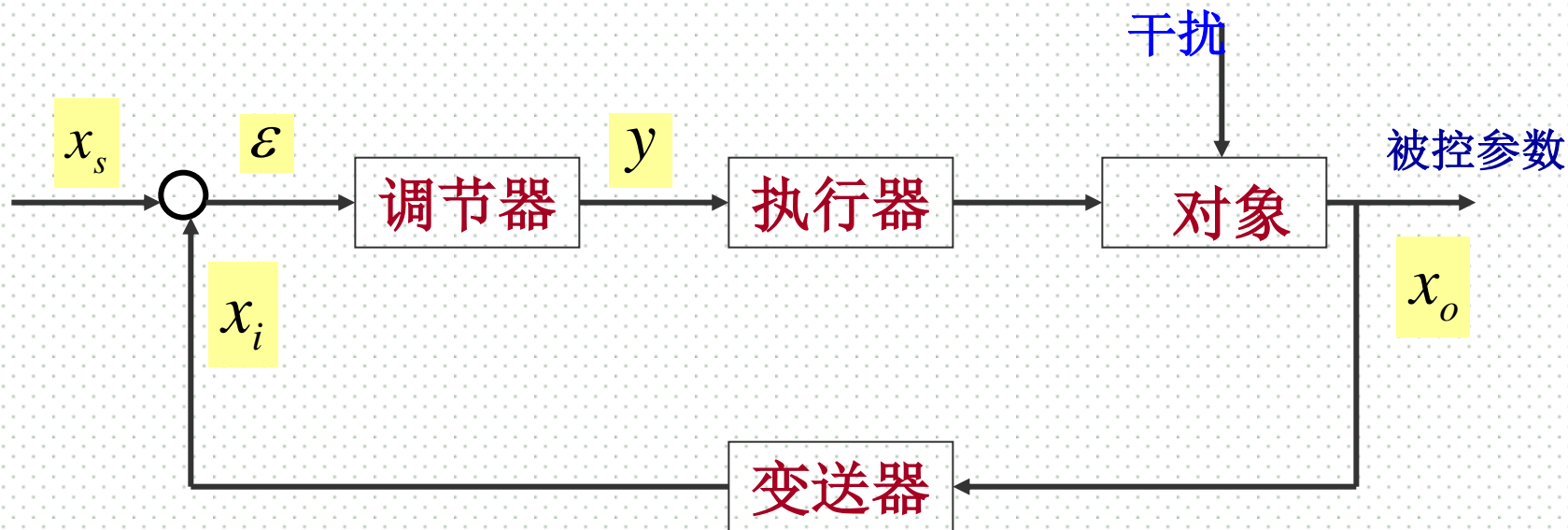
流量特性的选择主要考虑以下几方面的内容：

- （1）考虑控制系统的控制品质 ；**
- （2）考虑工艺的配管情况 ；**
- （3）考虑负荷变化的情况 。**

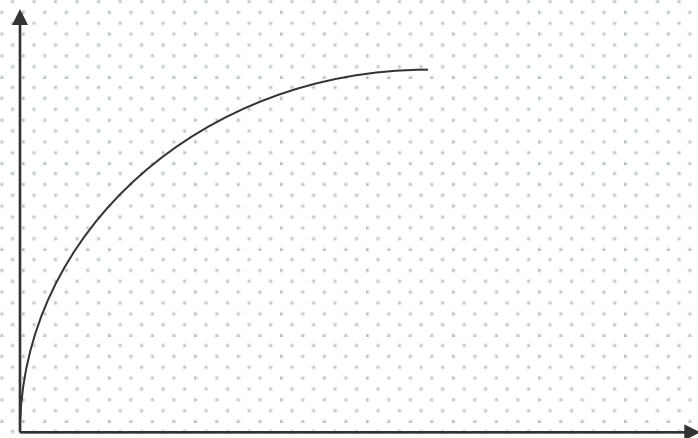
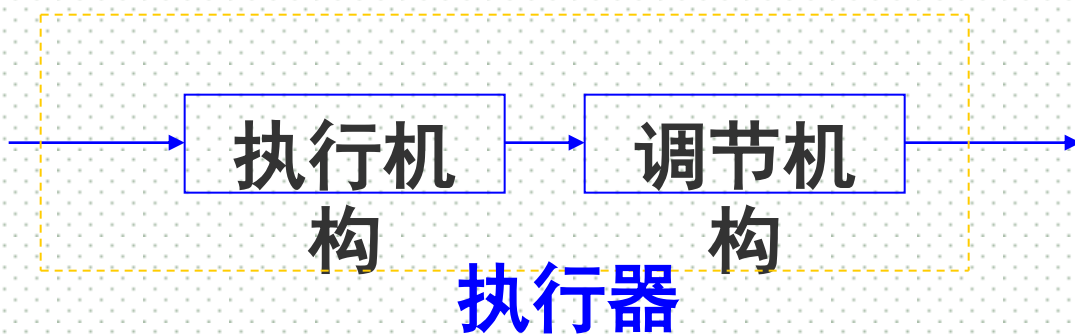
1. 考虑控制系统的控制品质

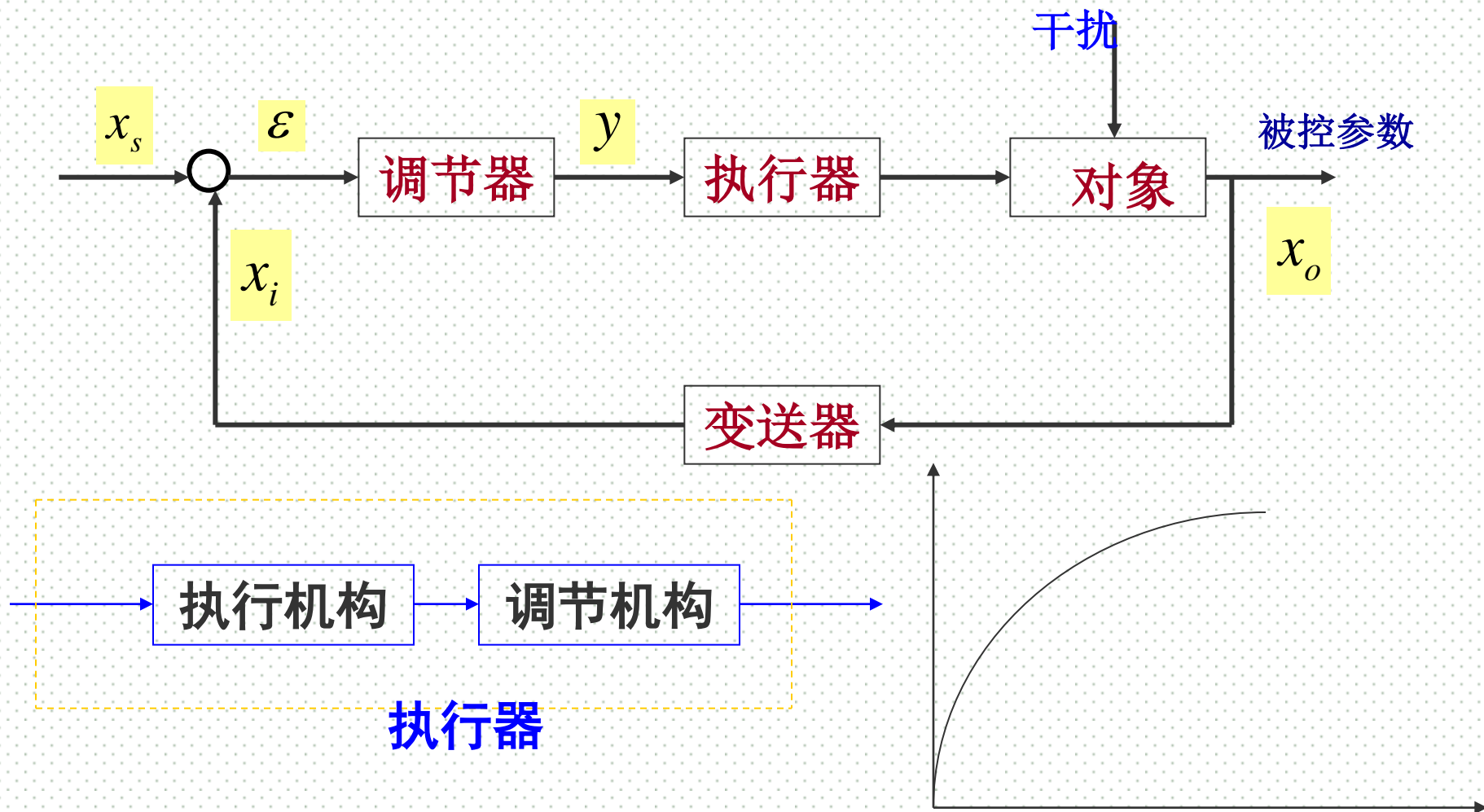
- 对于一个控制系统来说，若要保持其预定的品质指标，就应在控制系统的整个操作范围内，**保持总的放大系数不变。**





- 通常，变送器、调节器（在已整定好的情况下）和执行机构的放大系数是常数，但**控制对象的放大系数往往是非线性的**，即随着操作条件及负荷的变化而变化。





- 适当选择调节阀的流量特性，就可以用阀的放大系数的变化去补偿对象放大系数的变化，使系统总的放大系数保持不变或近似不变。

2. 考虑工艺的配管情况

- 调节阀总是与管道或设备等连在一起使用，因此，存在的管道阻力将引起调节阀上的压差变化，使理想的流量特性发生畸变。
- 在实际使用中，应先根据系统的特点，选择希望得到的工作特性，然后再考虑工艺配管的情况来选择相应的理想特性。

考虑工艺配管状况的特性选择

配管情况	$s = 0.6 \sim 1$			$s = 0.3 \sim 0.6$		
	直线	抛物线	等百分比	直线	抛物线	等百分比
阀的工作特性	直线	抛物线	等百分比	直线	抛物线	等百分比
阀的理想特性	直线	抛物线	等百分比	等百分比	等百分比	等百分比

一般不希望S值小于0.3。

3. 考虑负荷变化的情况

- **直线特性**的调节阀在小开度时流量的相对变化值大，过于灵敏，容易引起振荡，使阀芯和阀座受到破坏，因此在**S值小，负荷变化幅度大的情况下，不宜采用。**
- **等百分比特性**调节阀的放大系数随阀门行程增加而增大，而流量的相对变化值是不变的，因此**对负荷的波动有较强的适应性。**

三. 调节阀口径的选择

■ 确定调节阀的口径时，需经过以下几个步骤：

1. 根据现有的生产能力、设备负荷及介质的状况，**确定计算流量（最大值和最小值）**。

在选择最大计算流量时，既不能过多地考虑裕量，使调节阀口径偏大而经常工作在小开度；也不能片面强调控制质量，以致调节阀不能适应生产力的略有提高。

2. 根据已选择的调节阀流量特性及系统的特点，选定S值，然后**决定计算压差**。

计算压差是指调节阀全开时，调节阀上的压差。阀上的压差占整个系统压差的比值越大，流量特性的畸变越小，控制性能越能得到保证，但动力消耗也越大。

3. 根据介质的状况，选择合适的计算公式或图表，根据已决定的计算流量和计算压差，求取最大流量和最小流量时的流量系数（流通能力）。
4. 根据已求取的最大流量系数，在所选用的产品型式标准系列中，选取大于此值并与其最接近的 K_v 值。
5. 验算调节阀的开度，要求最大计算流量时的开度不大于90%，最小计算流量时的开度不小于10%。

6. 验算调节阀的实际可调比 $R_r \approx 10\sqrt{S}$, 一般要求实际可调比满足 $R_r > \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$ 。

7. 验证合适后, 根据值查表决定阀座直径 D_g 和公称直径 d_g 。

例题：

在某系统中，拟选用一台直线流量特性的直通双座调节阀。根据工艺要求，有：被调介质为水，且

$$S = 0.5$$

$$\text{最大流量 } Q_{\max} = 100 \text{ m}^3 / \text{h}, \text{最小流量 } Q_{\min} = 20 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{最大压差 } \Delta p_{\max} = 5 \text{ kgf} / \text{cm}^2, \text{最小压差 } \Delta p_{\min} = 0.5 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

求阀门口径应选多大？

解： 1. 计算流量的确定；

2. 计算压差的确定；

3. 计算流通能力：

$$C_{\max} = Q_{\max} \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p_{\min}}} = 100 \sqrt{\frac{1}{0.5}} = 140$$

4. 根据 $C_{\max} = 140$ ，查直通双座阀产品，得相应的流通能力 $C = 160$;

5. 验算开度:

$$\begin{aligned} K_{\max} &= \left[1.03 \sqrt{\frac{S}{S + \left(\frac{C^2 \Delta p_{\min}}{Q_{\max} \rho} - 1 \right)}} - 0.03 \right] \times 100\% \\ &= \left[1.03 \sqrt{\frac{0.5}{0.5 + \left(\frac{160^2 \times 0.5}{100 \times 1} - 1 \right)}} - 0.03 \right] \times 100\% \\ &= 79.4\% < 90\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{\min} &= \left[1.03 \sqrt{\frac{S}{S + \left(\frac{C^2 \Delta p_{\min}}{Q_{\min} \rho} - 1 \right)}} - 0.03 \right] \times 100\% \\
 &= \left[1.03 \sqrt{\frac{0.5}{0.5 + \left(\frac{160^2 \times 0.5}{20 \times 1} - 1 \right)}} - 0.03 \right] \times 100\% \\
 &= 10.3\% > 10\%
 \end{aligned}$$

6. 可调比的验算:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{100}{20} = 5$$

$$R_r = 10\sqrt{S} = 10\sqrt{0.5} = 7 > \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$$

7. 根据 $C = 160$, 查直通双座阀产品, 求得
双座调节阀口径 $D_g = 100mm$

9.7 数字阀和智能控制阀

9.7.1 数字阀

- 数字阀是一种位式的数字执行器，由一系列并联安装而且按二进制排列的阀门所组成。
- 数字阀主要由流孔、阀体和执行机构三部分组成。每一个流孔都有自己的阀芯和阀座。执行机构可以用电磁线圈，也可以用装有弹簧的活塞执行机构。

数字阀的特点

- 高分辨率
- 高精度
- 反应速度快，关闭特性好
- 直接与计算机相连
- 没有滞后，线性好，噪声小

9.7.2 智能控制阀

- 智能控制阀是近年来迅速发展的执行器，集常规仪表的检测、控制、执行等作用于一身，具有智能化的控制、显示、诊断、保护和通信功能，是以控制阀为主体，将许多部件组装在一起的一体化结构。

智能主要体现在：

■ 控制智能

- 除了一般的执行器控制功能外，还可以按照一定的控制规律动作。此外还配有压力、温度和位置参数的传感器，可对流量、压力、温度、位置等参数进行控制。

■ 通信智能

- 采用数字通信方式与主控制室保持联络，主计算机可以直接对执行器发出动作指令。允许远程检测、整定、修改参数或算法等。

■ 诊断智能

- 能根据配合使用的各种传感器通过微机分析判断故障情况，及时采取措施并报警。已经用于现场总线控制系统中。

END