



第四章 执行器和防爆栅

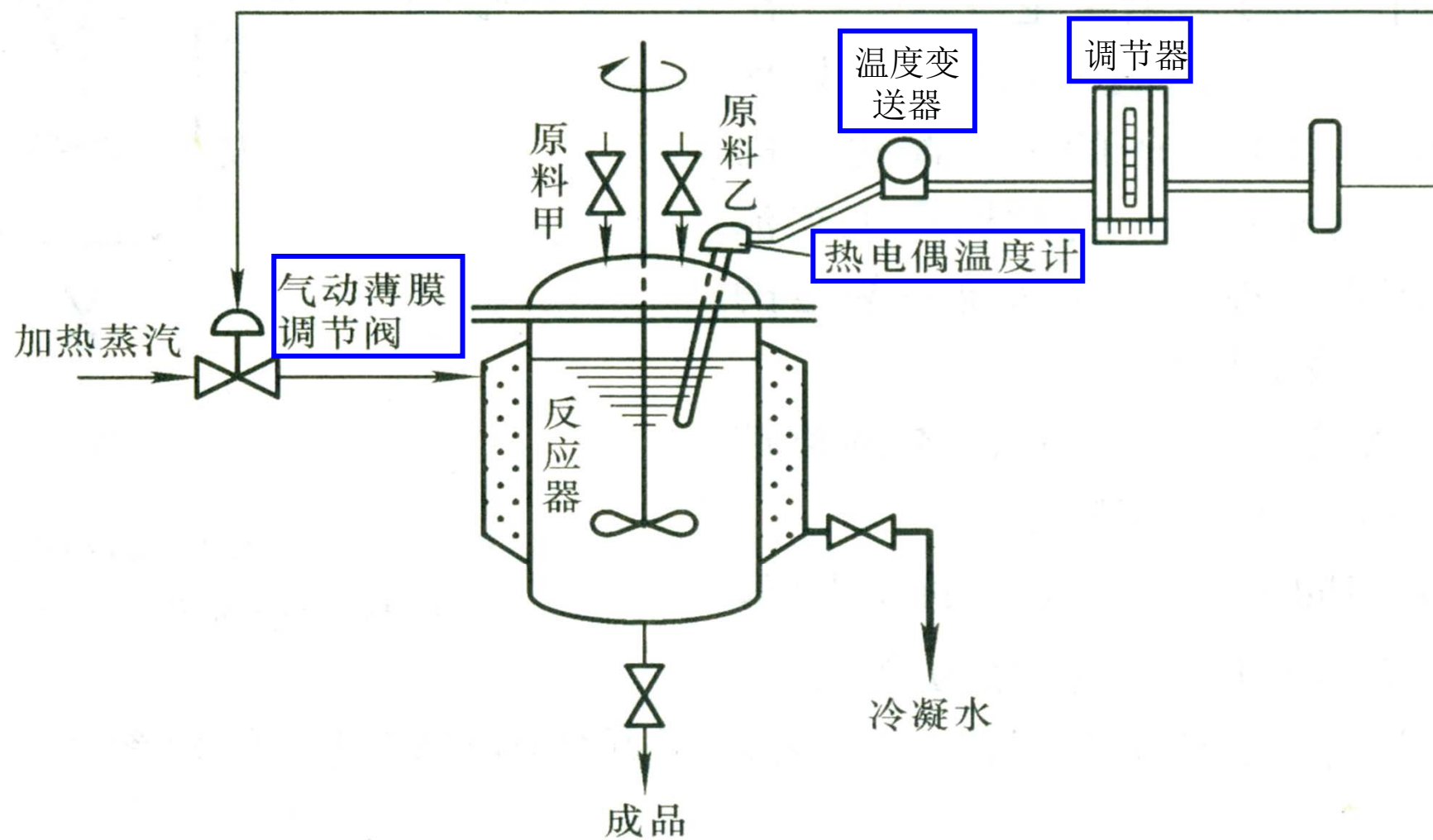
主要内容：

- 气动执行器
- 电-气转换器
- 电动执行器
- 阀门定位器
- 安全火花防爆系统的概念
- 防爆栅工作原理



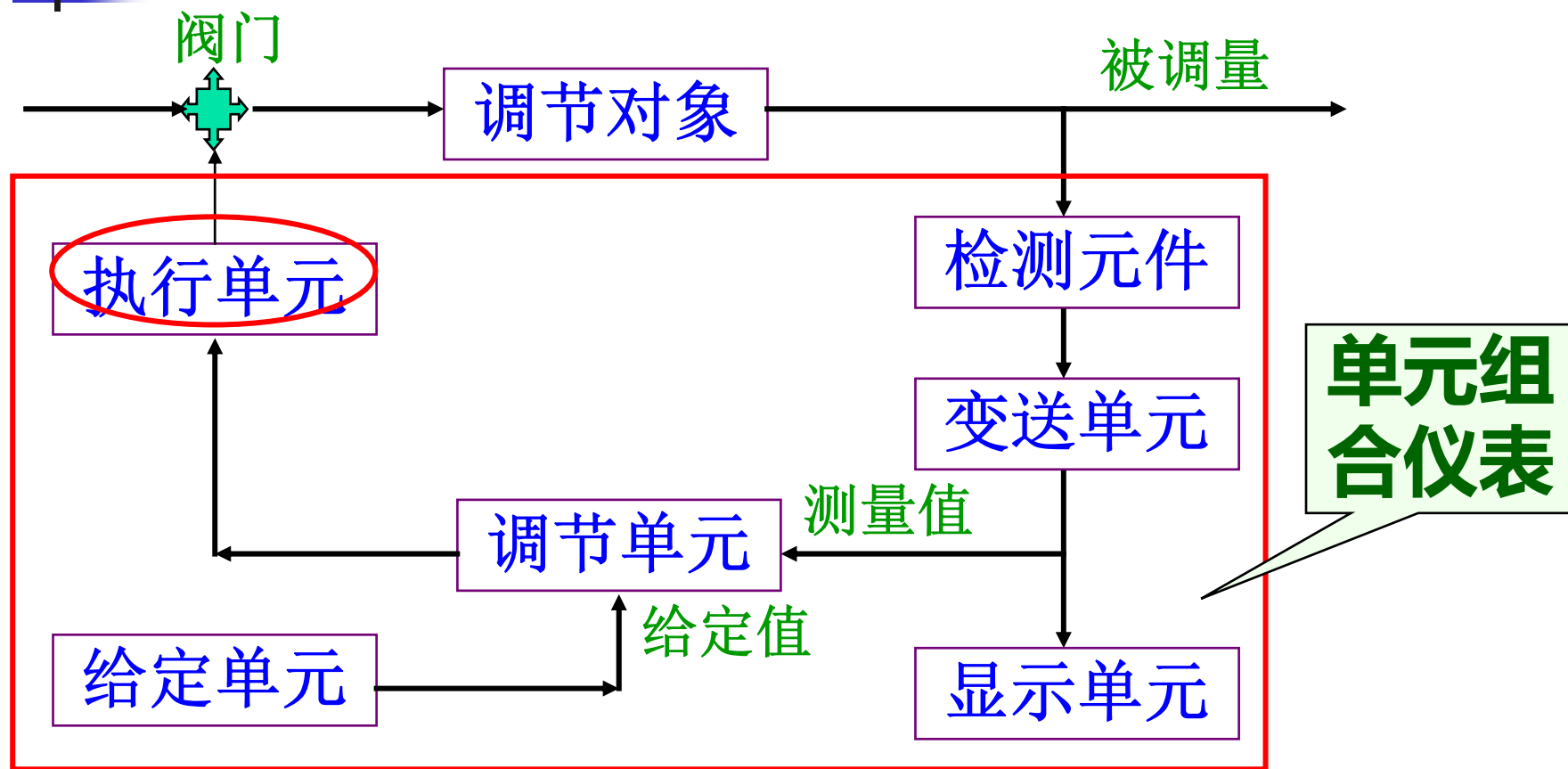
4.1 执行器

- ---是调节系统四个基本组成部分之一，形象称为自动化的手脚。
- （四个基本组成部：调节对象、检测仪表、调节器、执行器）
- 执行器的作用--根据调节器的命令控制传送、调节温度、压力、流量等工艺参数。
- 执行器的组成（分为两部分）
 - （1）执行结构--执行器的驱动部分，按照调节器的信号产生推力或位移；
 - （2）调节机构--执行器的调节部分，常见有调节阀等，在执行机构操纵下调节工艺介质的流量。
- 执行器的影响--是调节系统中的薄弱环节，选择不当或维护不善可能导致不能正常工作或严重影响调节品质。



反应器反应温度自动调节系统

仪表与阀门的功能：





仪表与阀门的功能：

调节阀又称控制阀

按照控制信号的方向和大小，通过改变阀芯行程来改变阀的阻力系数，达到调节流量的目的。

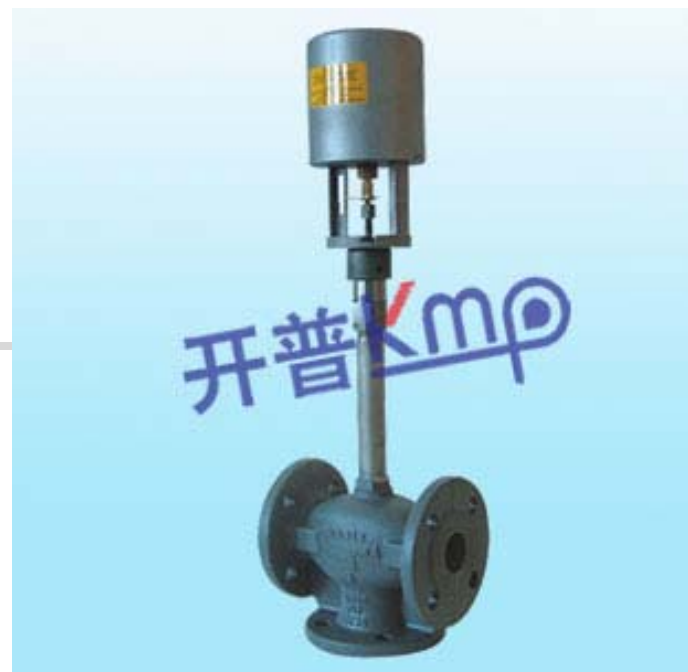
调节阀有：

直通双座调节阀、直通单座调节阀、套筒调节阀、低温调节阀、三通调节阀、小流量调节阀、隔膜调节阀、偏心调节阀、和蝶阀等。

仪表与阀门的功能：

按能源形式分类主要可分为：

- 电动阀门；
- 气动阀门；
- 液动阀门；





4.1.1 气动执行器

---以压缩空气为动力的执行器，由气动执行结构和调节阀组成。

气动执行结构类型原理：

(1) 薄膜式，弹性膜片将输入气压转变为推力，结构简单、价格便宜、应用广；

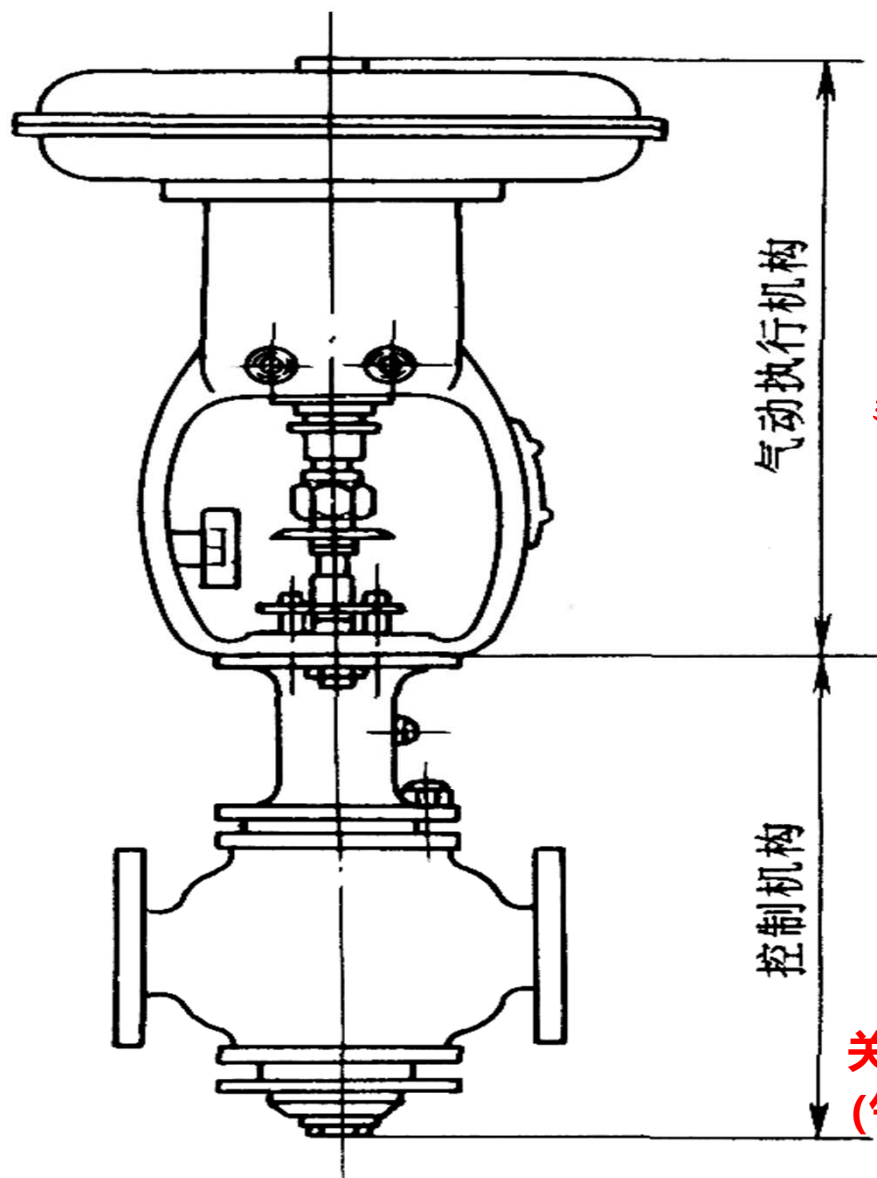
(2) 活塞式，由气缸活塞输出推力，允许压力高、有较大推力、行程长。



薄膜式原理说明



活塞式现场应用演示



气动执行机构

控制机构

关闭阀芯
(气闭式)



薄膜

弹簧

调节螺丝

推杆

阀杆

填料

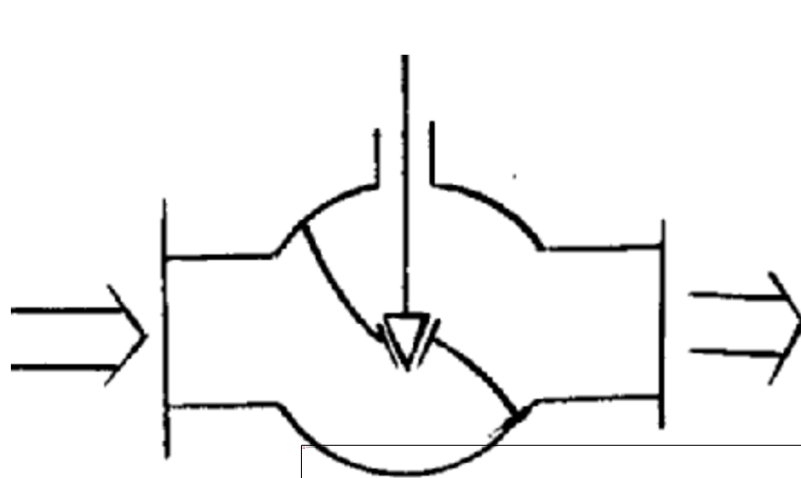
阀体

阀心

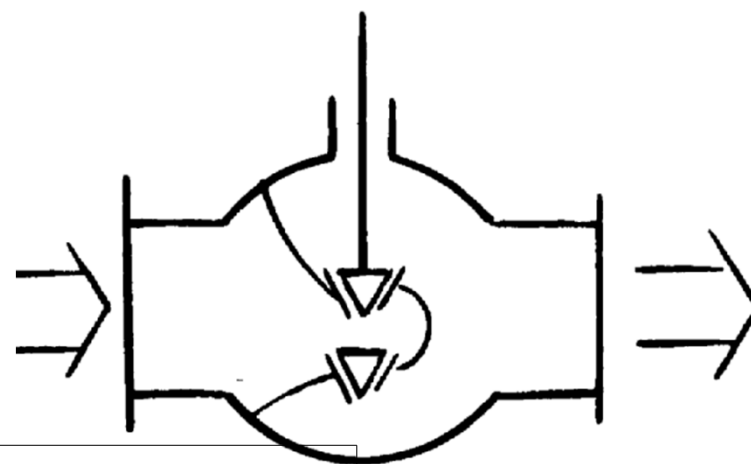
阀座



控制阀类型

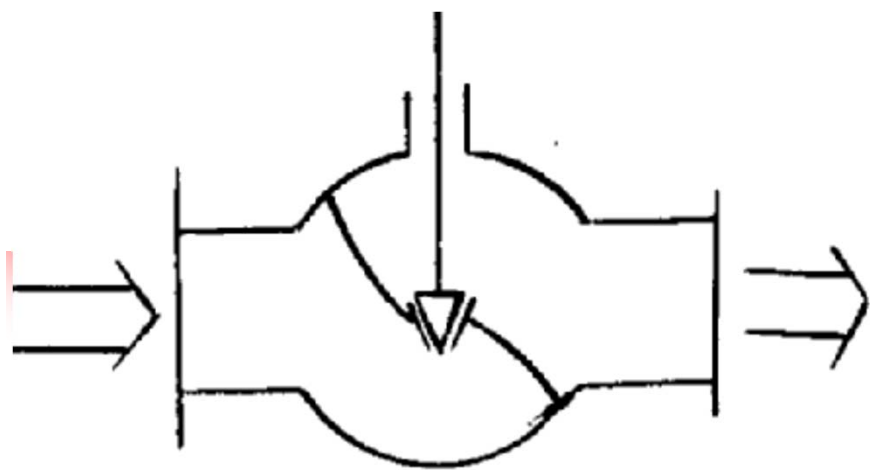


直通单座阀

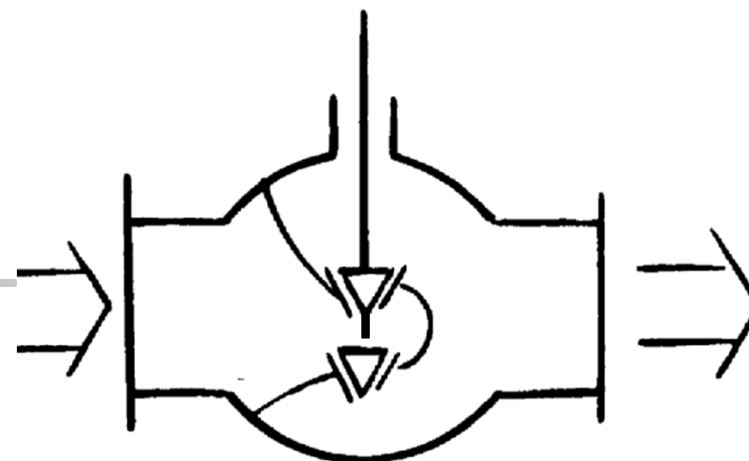


直通双座阀

流体对阀芯的作用力



直通单座阀



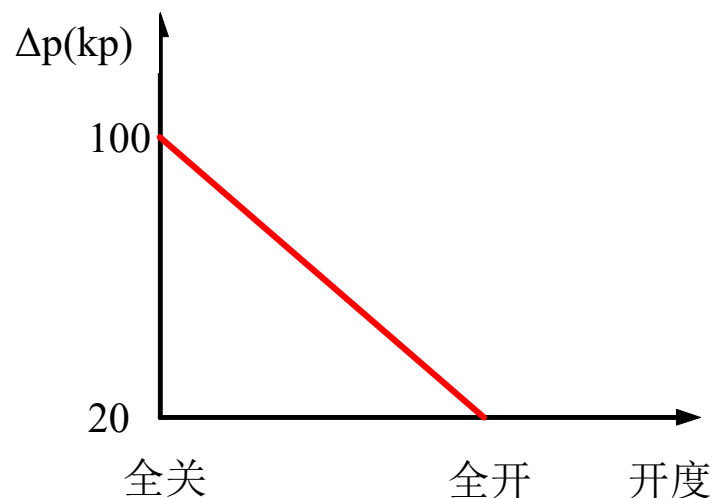
直通双座阀

	直通单座阀	直通双座阀
结构特点:	只有一个阀芯	有两个阀芯
优点:	泄漏量小	不平衡推力较小
缺点:	阀芯受到的不平衡推力大	泄漏量大
适用:	压差较小、泄漏量较小的场合	漏量要求不高的场合

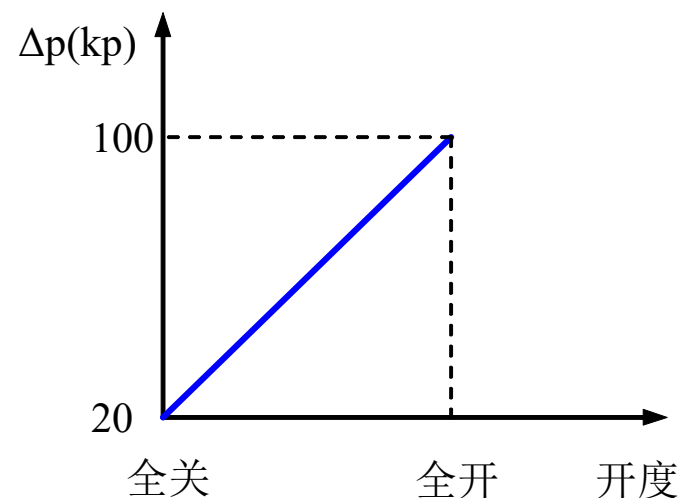
气动控制阀的气开、气关特性

气关阀：供气量越大，阀门开度越小，而在失气时则全开，称FO型。

气开阀：供气量越大，阀门开度越大，而在失气时则全关，称FC型；



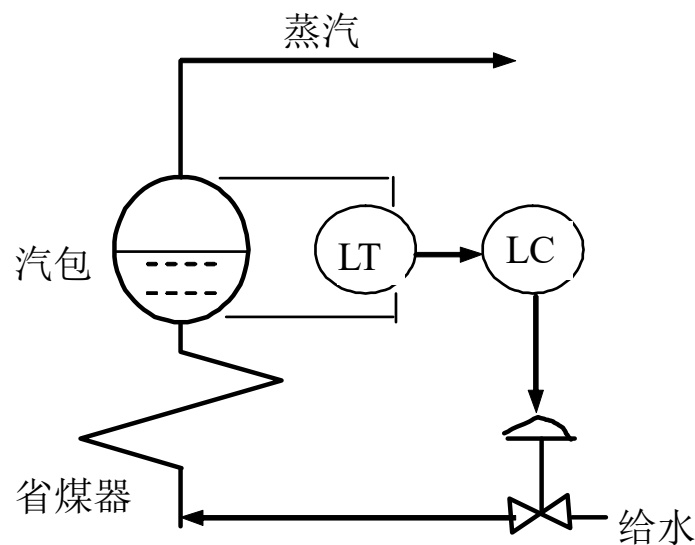
气关阀



气开阀

控制阀气开、气关的选择

例 1：锅炉汽包水位的控制 **原则：安全原则**



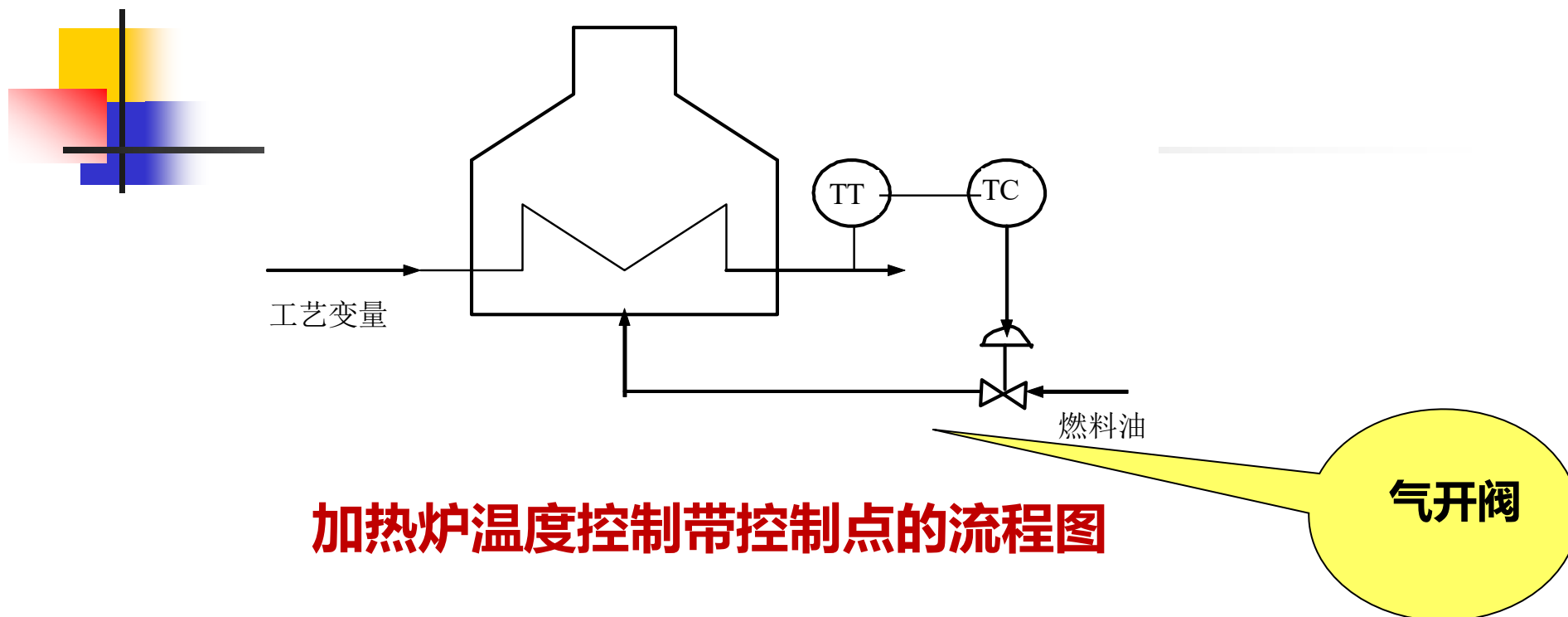
因：供气中断时，应使给水阀全开，使得锅炉不致烧干引起爆炸。

故：选气关阀。

气关阀

锅炉汽包水位控制带控制点的流程图

例2：加热炉炉温的控制



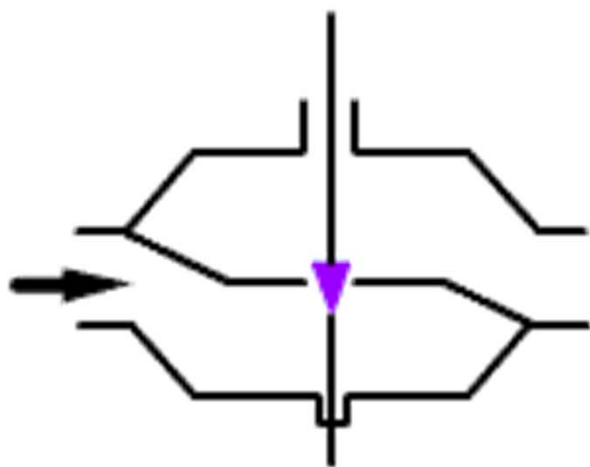
因：供气中断时，应使燃料阀全关，停止供应燃料油，不致使加热炉温度过高烧坏炉子。

故：选气开阀。

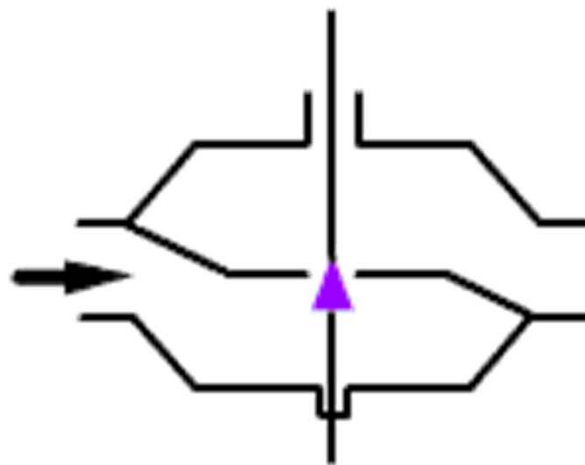
阀门的结构与FC\FO:

1、阀门的正作用、反作用结构

对调节阀来说气源从膜头上面进的称**正作用调节阀**,
气源从膜头下面进的称**反作用调节阀**。



正作用



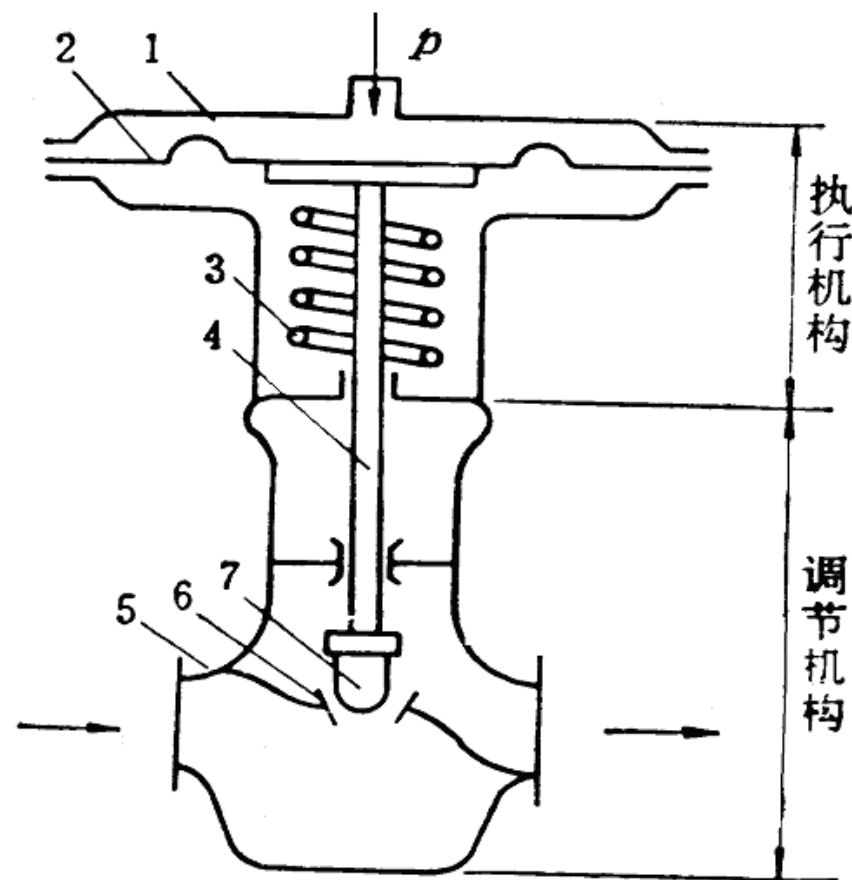
反作用

阀门的结构与FC\FO:

正作用的执行机构是信号压力增加时，推杆下移；

反作用的执行机构是信号压力增加时，推杆上移。

反作用执行机构的信号压力通入到波纹膜片的下方。





单座阀的正装、反装结构：

直通单座调节阀的阀芯有**正装**和**反装**两种类型。

当阀芯向下移动时，阀芯与阀座间流通面积减小，称为**正装**；反之则称为**反装**。

正装：阀杆向下，阀芯向下，流通面积减少。

反装：阀杆向下，阀芯向上，流通面积增大。

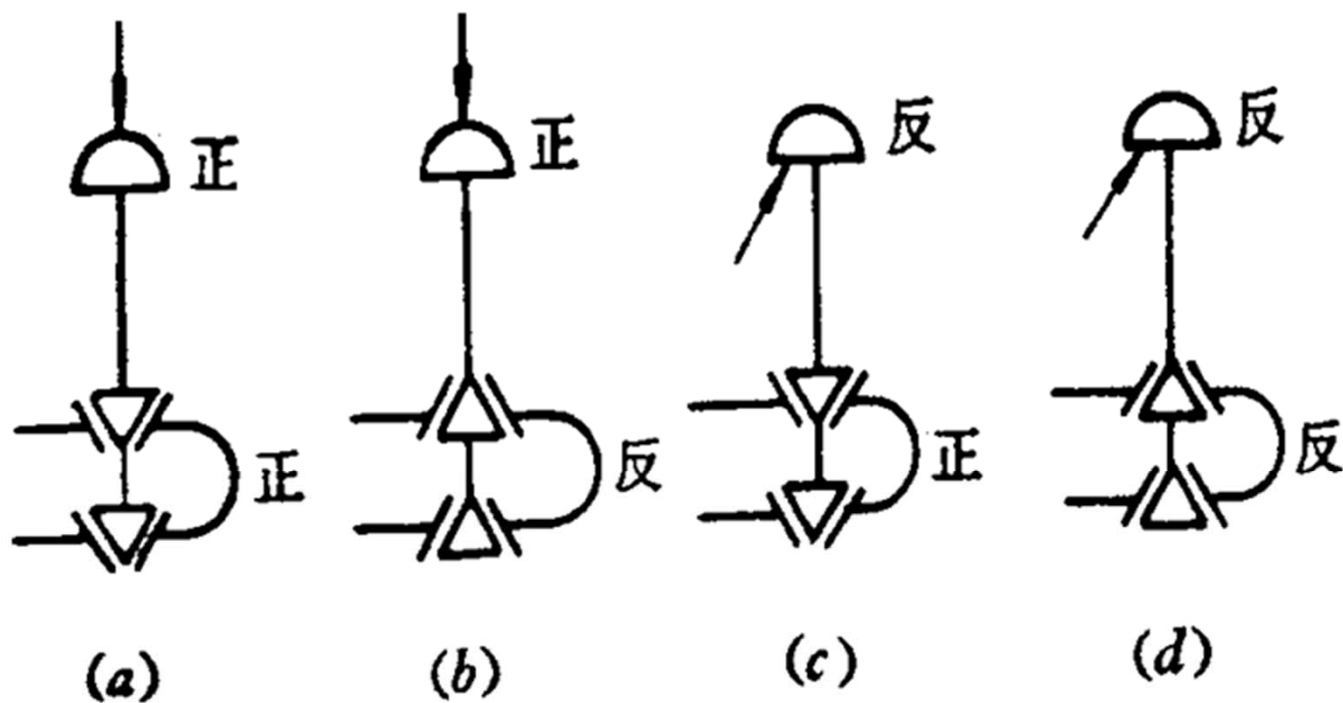


双座阀的正作用与反作用：

执行器如气动薄膜控制阀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。

由于气动阀的膜片受气作用的方向不同（正作用、反作用），以及阀座和阀芯的相互位置不同（正装、反装），双座气动阀可分为**正作用气关阀、正作用气开阀、反作用气关阀、反作用气开阀**等几种。

双座阀的正作用与反作用：



气开、气关执行器组合方式

(a), (d) 气关式 (b), (c) 气开式



总结

- **调节阀的形式：**
- **（1）分为单座阀和双座阀，以阀芯阀座的套数决定，单座一套，双座两套；**
- **（2）分为气开和气闭，气开：气压增加阀趋于开，气闭：气压增加阀趋于闭。**



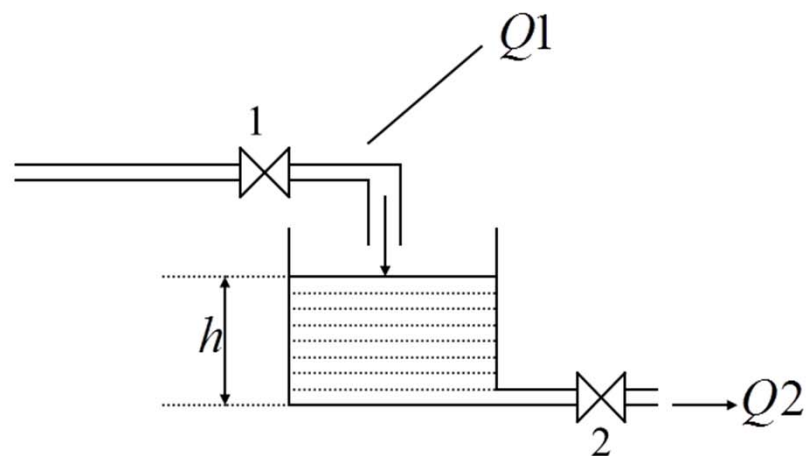
总结

- **调节阀的优缺点及适用场合：**
- **单座：**易改装、结构简单、无同步问题；被调气流对阀芯有作用力，可能影响正常工作。
- **双座：**作用力可大致抵消，不平衡力小；两组阀芯不易同时关闭，关闭泄漏量比单座阀大。
- **选用气开、气关的原则：**主要从安全角度考虑。事故状态下阀门打开危险性小，选气闭；反之选气开。

练习题

下图为一液体储液罐，需要对液位加以自动控制。为安全起见，储槽内液体严格禁止溢出，试在两种情况下，分别确定控制阀的气开、气关形式

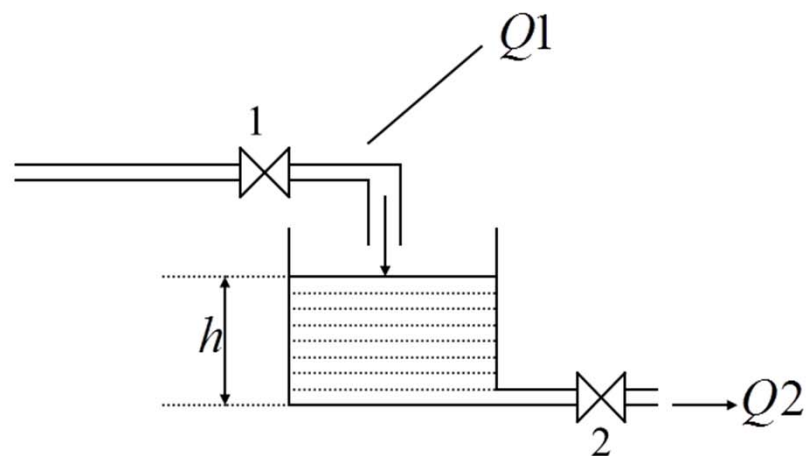
- (1) 选择流入量 Q_1 为操纵变量
- (2) 选择流出量 Q_2 为操纵变量



练习题解析

下图为一液体储液罐，需要对液位加以自动控制。为安全起见，储槽内液体严格禁止溢出，试在两种情况下，分别确定控制阀的气开、气关形式

- (1) 选择流入量 Q_1 为操纵变量
- (2) 选择流出量 Q_2 为操纵变量




- (1) 气开阀
- (2) 气关阀



4.1.2 调节阀的流量特性

定义：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（阀门的相对开度）之间的关系。

数学表达式


$$\frac{q}{q_{\max}} = f\left(\frac{l}{l_{\max}}\right)$$



4.1.2 调节阀的流量特性

数学表达式

$$\frac{q}{q_{\max}} = f\left(\frac{l}{l_{\max}}\right)$$

$\frac{q}{q_{\max}}$ 表示调节阀某一开度的流量与全开时流量之比，称为**相对流量**。

$\frac{l}{l_{\max}}$ 表示调节阀某一开度下阀杆行程与全开时阀杆全行程之比，称为**相对开度**。

类型：理想特性、工作特性



理想流量特性

定义：控制阀的前后压差不变时得到的流量特性。

特点：完全取决于阀的结构参数

类型：线性、对数、快开

可调比（可调范围）：控制阀所能控制的最大流量 q_{\max} 与最小流量 q_{\min} 之比。用R 表示，它反映了控制阀调节能力的大小。

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

国产控制阀： R=30。

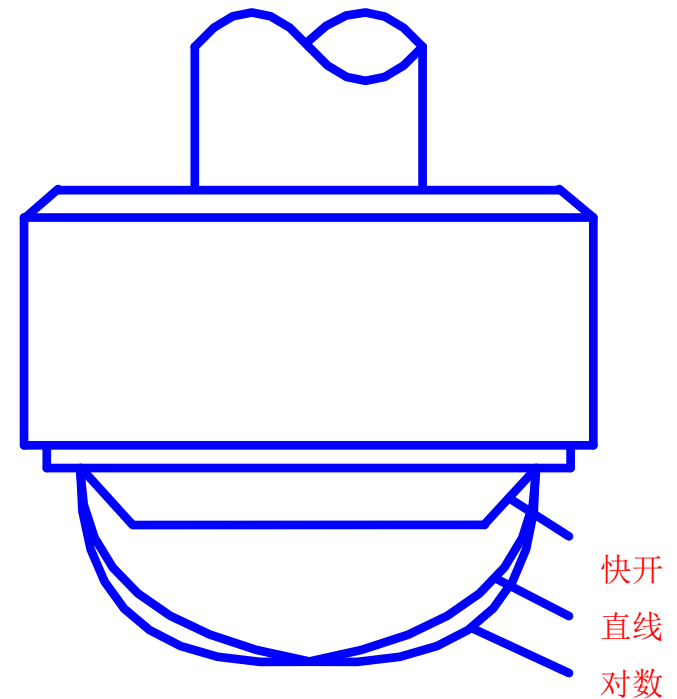
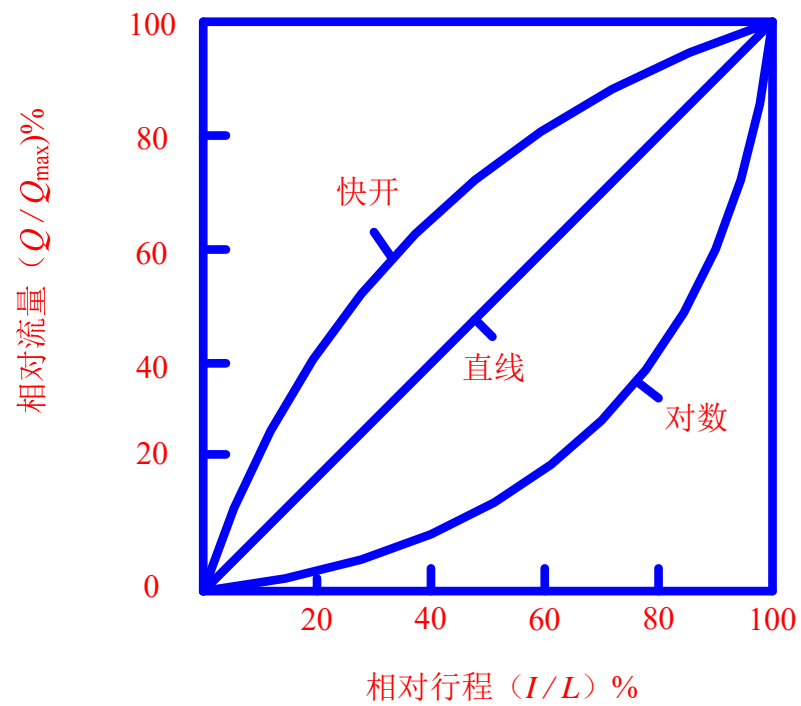


理想流量特性

在前后压差不变的情况下得出的流量特性为固有流量特性或称为理想流量特性，通常有三种典型形式：

- (1) 直线特性（线性）—流量与阀芯位移成直线关系；
- (2) 对数特性（等百分比）—流量与阀芯位移成对数关系，即引起的流量变化的百分比相等；
- (3) 快开特性—开度较小时流量变化较大，随开度增大很快达到最大值。
- 快开特性主要用于二位式调节及程序控制中。因此，控制阀的特性选择是指如何选择直线和等百分比流量特性。

固有流量特性





三种典型固有流量特性的比较

线性阀：是指控制阀的相对流量与相对开度成线性关系。阀杆单位行程变化所引起的相对流量变化是常数。

也就是说阀门开度达到50%，阀门的流量也达到50%。

$$\frac{d\left(\frac{q}{q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{l_{\max}}\right)} = k \qquad \frac{\Delta q}{\Delta l} = k$$



三种典型固有流量特性的比较

$$\frac{d\left(\frac{q}{q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{l_{\max}}\right)} = k \qquad \frac{\Delta q}{\Delta l} = k$$

积分表达式为

$$\frac{q}{q_{\max}} = k \frac{l}{l_{\max}} + C$$



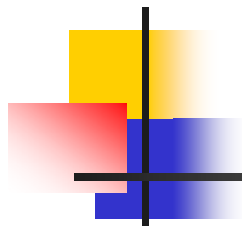
三种典型固有流量特性的比较

对数阀：是指单位行程变化所引起的相对流量变化与此点的相对流量成正比关系。

$$\frac{d\left(\frac{q}{q_{\max}}\right)}{d\left(\frac{l}{l_{\max}}\right)} = k \frac{q}{q_{\max}} \quad \frac{\Delta q}{\Delta l} = k * q \quad \frac{\Delta q}{q} = k * \Delta l$$

积分表达式为

$$\frac{q}{q_{\max}} = R^{\left(\frac{l}{l_{\max}} - 1\right)}$$



三种典型固有流量特性的比较

快开阀：在开度较小时就有较大流量，随着开度的增大，流量很快就达到最大，随后在增大开度时流量的变化很小，故称为快开特性。



等百分比特性（对数）

等百分数特性是指阀杆移动行程的增减相同时，流量特性是按等百分比增减。用数字表明这一关系会更清楚些。

设相对行程 L'/L 分别为10%、50%和80%，

流量分别为4.67, 18.3, 50.8

当行程变化增加10%时，流量增加到6.58, 25.6, 71.2



等百分比特性（对数）

则，其相对流量间的变化率分别为：

$$(6.58 - 4.67) / 4.67 \times 100\% = 40\%$$

$$(25.6 - 18.3) / 18.3 \times 100\% = 40\%$$

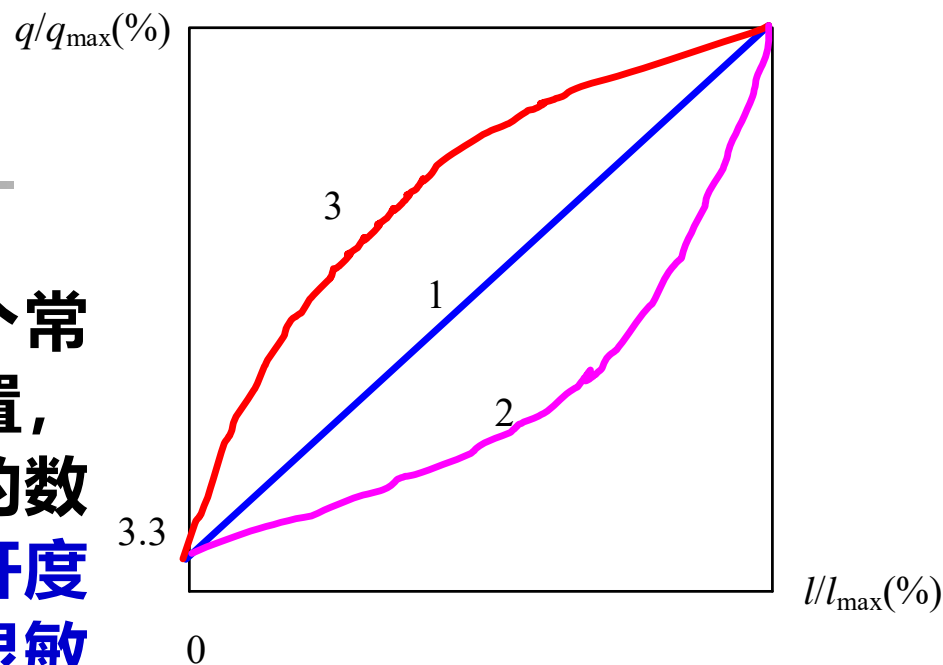
$$(71.2 - 50.8) / 50.8 \times 100\% = 40\%$$

$$\frac{\Delta q}{q} = k * \Delta l$$

可见，当某一流量的行程 L' 分别变化10%时，所引起的相对流量变化值都是**当前流量数值**的40%，因此称为等百分数流量特性。

各种阀的特点:

线性阀：放大系数KV是一个常数，不管阀杆原来在什么位置，只要阀杆相同的变化，流量的数值也做相同的变化。因此在开度较小时流量相对变化值大，灵敏度过高，控制作用过强，容易产生振荡，对控制不利；在开度较大时流量相对变化值小，灵敏度又太小，控制缓慢，削弱了控制作用。不适宜用于负荷变化大的场合。



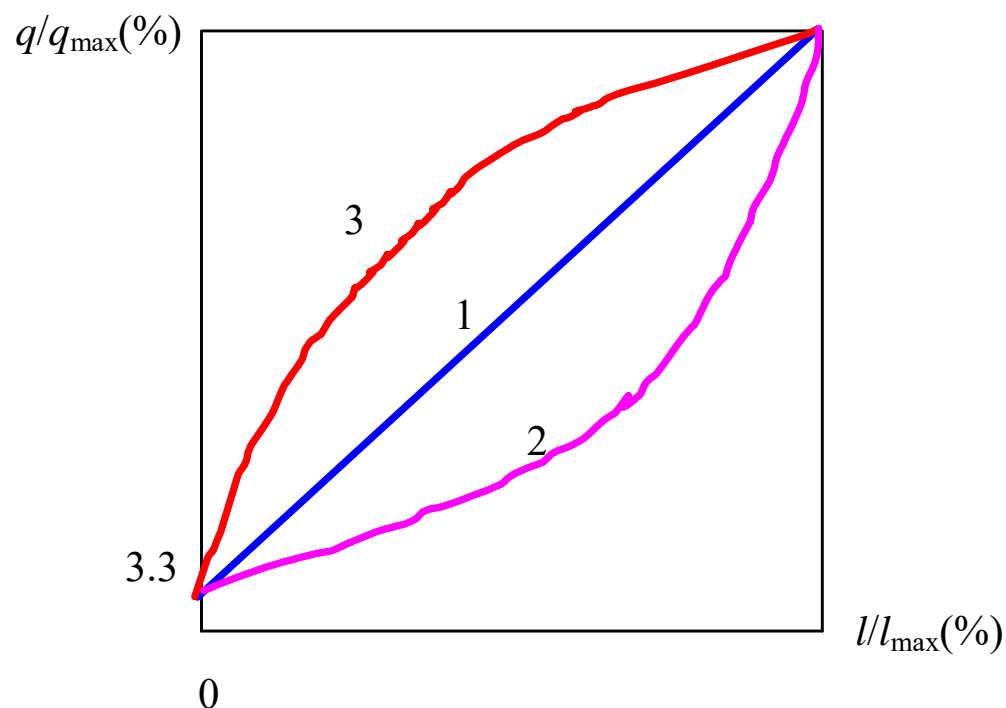
控制阀的理想流量特性

$R=30$

1——线性

2——对数

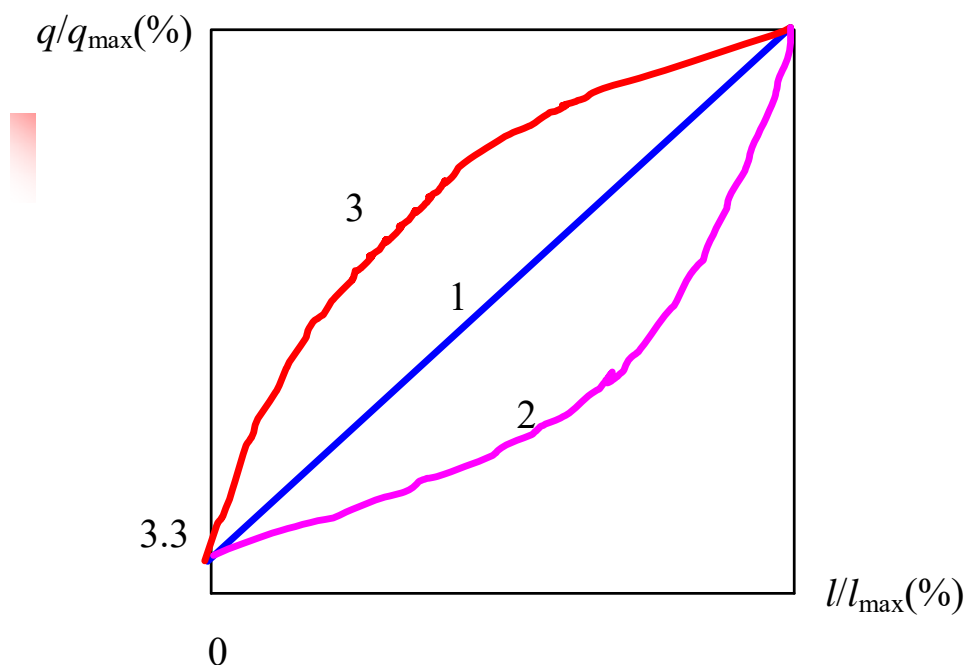
3——快开



控制阀的理想流量特性
R=30

- 1——线性
- 2——对数
- 3——快开

对数阀：对数阀的放大系数KV随着相对开度增加而增加。在小开度时控制阀的放大系数小，控制平稳缓和；在大开度时放大系数大，控制灵敏。



控制阀的理想流量特性 $R=30$

1——线性

2——对数

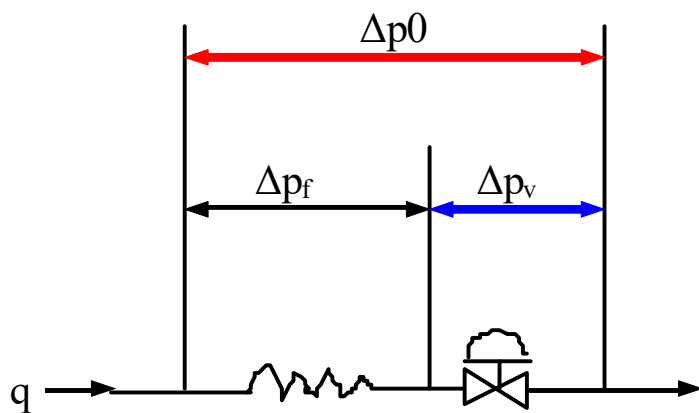
3——快开

快开阀：适用于迅速启闭的双位控制系统

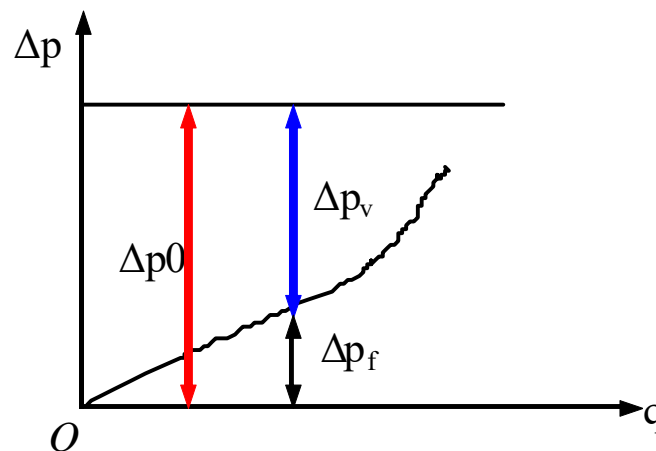
控制阀总是与管道、设备等连在一起使用，由于系统配管情况的不同，配管阻力的存在引起控制阀上压降的变化，因此，阀的工作流量特性与阀的理想流量特性也有差异。

工作流量特性

定义：实际上控制阀的前后压差是变化的，此时得到的控制阀的相对流量与相对开度之间的关系称为**工作流量特性**。



串联管道情况



串联管道控制阀压差变化



工作量特性

配管系数S：控制阀全开时，控制阀上压差 Δp_v 与系统总压差 Δp 之比。

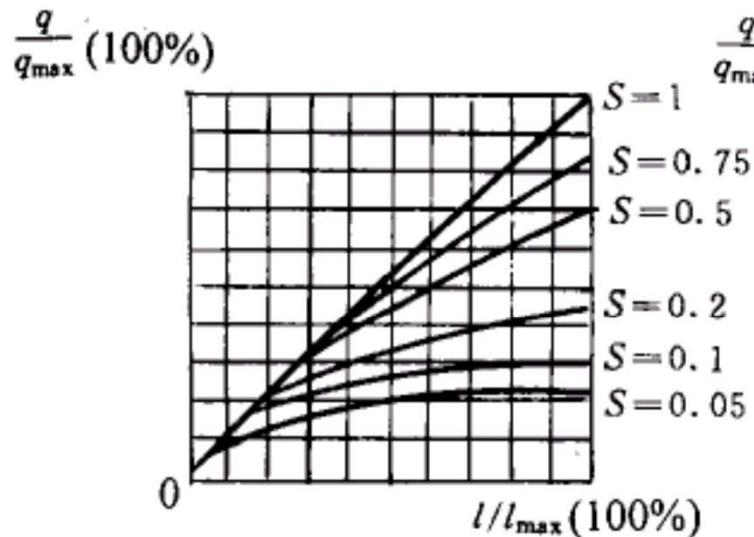
$$S = \Delta p_v / \Delta p$$

S=1时，系统的总压差全部降在控制阀上，工作量特性就表现为理想流量特性。

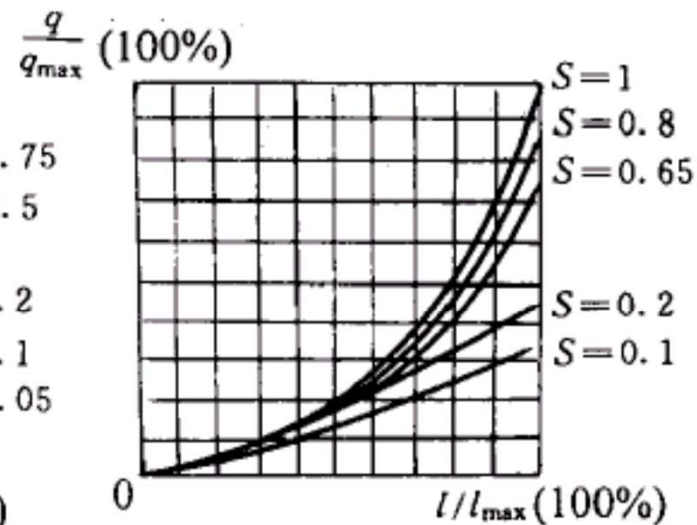
S减小会带来两个不利后果:

$$(1) \Delta p_{f管} \uparrow \rightarrow S \downarrow \rightarrow \Delta p_V \downarrow \rightarrow q_{max} \downarrow \rightarrow R(q_{max}/q_{min}) \downarrow$$

(2) 流量特性畸变 ($0.3 < S < 0.6$)



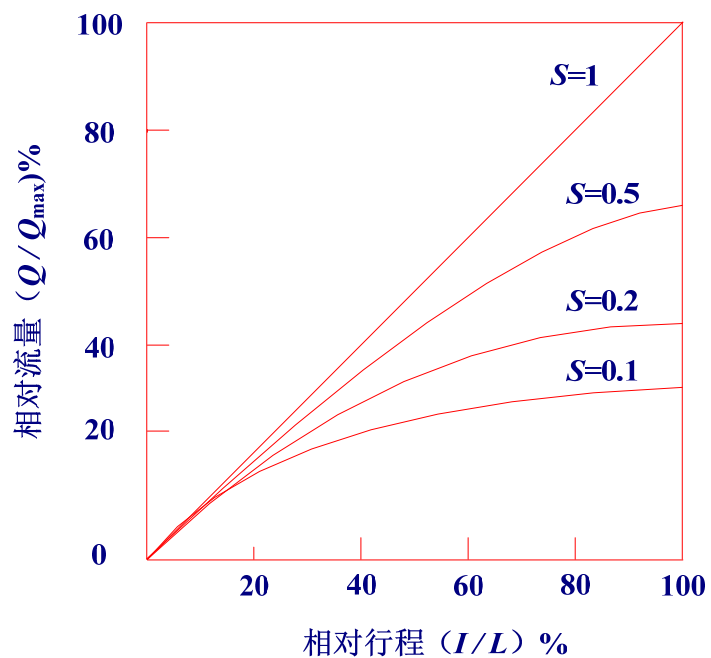
(a) 理想特性为线性型



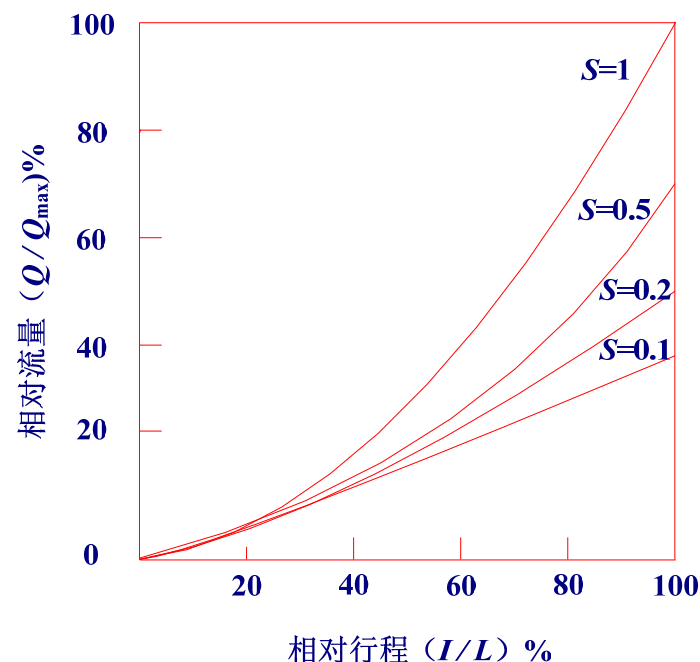
(b) 理想特性为对数型

直线阀、对数阀的实际工作特性

直线阀、对数阀的实际工作特性（考虑管道阻力）



直线阀



对数阀

配管系数S的选择：

在实际使用中，S选得过大或过小都有不妥之处。S选得过大，在流量相同情况下，管路阻力损耗不变，但是阀上压降很大，消耗能量过多；S选得过小，则对调节不利。

一般希望S值最小不低于0.3。

选择原则：

$S > 0.6$ ：认为工作特性与理想特性相同。

$0.3 < S < 0.6$ ：需要调整分析

$S < 0.3$ ：流量特性畸变很大

流量特性的选择

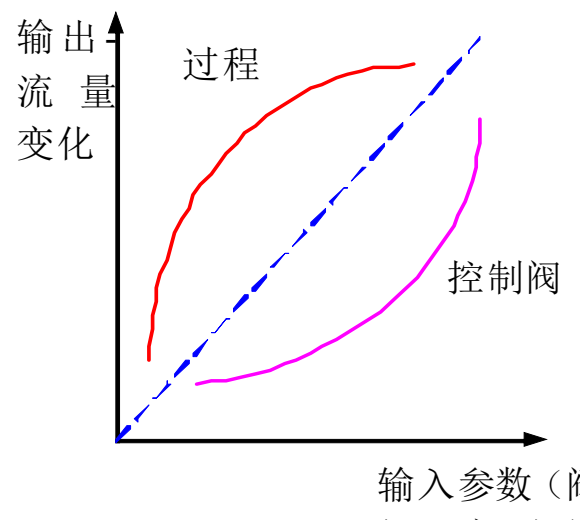
通常是指如何合理选择线性和对数流量特性。

选择步骤：

- (1) 根据过程特性，选择阀的工作特性；
- (2) 根据配管情况，从所需的工作特性出发，推断理想流量特性。

选择原则：使整个广义对象具有线性特征。

控制阀特性的选取要能够补偿广义对象特性的非线性特性。





调节阀口径的选择方法

- **选择的目**的：保证工艺操作正常进行，准确控制阀门的流量能力。
- **选择不当时可能出现的问题**（主要原因是阀门口径选择不当）：
 - **（1）口径过大**：在小开度位置工作调节质量不高。
 - **（2）口径过小**：无法满足正常生产的需求。



4.4 控制阀口径的确定:

依据：流通能力，用流量系数 C_v 表示。

原因：流量系数 C_v 直接反映了流体通过控制阀的最大能力。

流通能力定义：控制阀全开时，阀前后压差为100kPa、流体密度为 1g/cm^3 时，每小时流经控制阀的流量值 (m^3/h)

调节阀选择依据的计算过程

由通过阀的压力损失 ΔP 与流速 v 之间的关系知: $\Delta P = \xi \rho \frac{v^2}{2}$

其中: ξ 为调节阀阻力系数, ρ 为流体密度。

另由: 流速 v 与体积流量 Q 和阀截面积 A 的关系知: $v = Q / A$

代入压力损失表达式并整理得 $Q = \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$

若 面积 A 单位为 cm^2 、压力损失 ΔP 单位为 KPa、流体密度 ρ 单位为 Kg/m^3 、流量 Q 的单

位 m^3/h , 则: $Q = 3600 \times \frac{1}{\sqrt{\xi}} \frac{A}{10^4} \sqrt{2 \times 10^3 \frac{\Delta P}{\rho}} = 16.1 \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$

由前述分析知, 流量还与阀芯、阀座形状有关, 且引入工程计算中使用的参数—流通能力 C ,
 C 的使用条件: (1) 阀前后压差为 100KPa ; (2) 流体密度 ρ 为 1000 Kg/m^3 。

有调节阀手册选出 C 参数为 $C = 5.09 \frac{A}{\sqrt{\xi}}$

转换为与 Q 的关系, 即为: $Q = C \sqrt{\frac{10\Delta P}{\rho}}$



小结

气动执行器

- ◆气动执行结构类型原理
- ◆气开阀、气关阀
- ◆调节阀的流量特性