

# 第42篇 气动执行器

**主编单位:**

上海工业自动化仪表研究所

**合稿人:**

余善富 汪克成

**特约编辑:**

汪时雍

CAI 6415

## 常用符号表

$A_e$ ——有效面积	$P_2$ ——阀后绝对压力
$C$ ——流通能力	$\Delta P$ ——压差
$F$ ——力	$p$ ——信号压力
$F_F$ ——临界压力比系数	$Q$ ——体积流量
$F_K$ ——比热比系数	$R$ ——调节阀的可调比
$F_L$ ——压力恢复系数	$T$ ——时间常数；绝对温度
$F_R$ ——雷诺数修正系数	$V$ ——流速
$G$ ——转矩系数；比重	$W$ ——重量流量；线圈匝数
$g$ ——重力加速度	$X$ ——压差比系数
$h$ ——压力损失；高度	$Y$ ——膨胀系数
$I$ ——电流	$Z$ ——压缩系数
$K$ ——放大系数	$\alpha$ ——角度；放大系数的修正系数
$k$ ——弹簧刚度	$\Upsilon$ ——重度
$l$ ——行程	$\phi$ ——磁通
$M$ ——输出力矩；分子量	$\zeta$ ——调节阀的阻力系数
$P_1$ ——阀前绝对压力	

# 第1章 概 论

## 1 气动执行器

气动执行器是控制系统中以压缩空气为动力源的直接改变操纵变量的一类仪表，它是自动控制系统的终端主控元件。

气动执行器根据不同的结构原理和使用场合可分为气动调节阀、气动马达和气动机械手等。其中气动调节阀是气动执行器中的主要产品，它广泛应用于生产过程中的流体介质的控制、调节。由于气动马达和气动机械手正在发展之中，因此本篇仅介绍气动调节阀。

## 2 气动调节阀的组成、分类和特点

气动调节阀主要由气动执行机构和阀两部分组成，根据需要还可配上阀门定位器和手轮机构等附件。

气动调节阀的品种很多，各种气动执行机构与各种阀可组合成各种型式的气动调节阀产品。典型

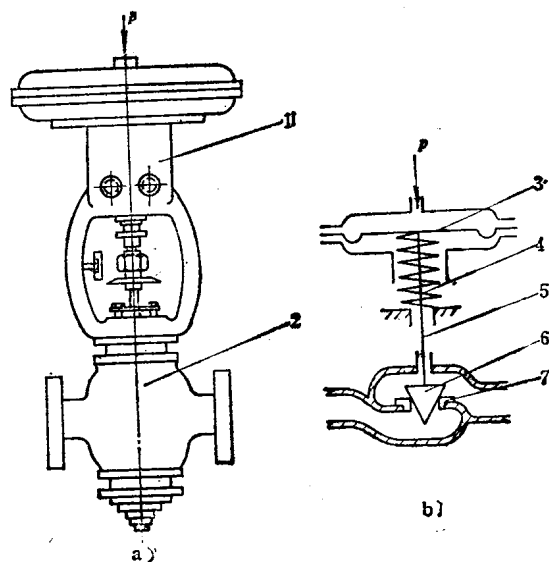


图42.1-1 气动薄膜调节阀

a) 外形图 b) 内部结构示意图

1—气动执行机构 2—阀 3—波纹膜片 4—压缩弹簧 5—阀杆 6—阀芯 7—阀座

产品为气动薄膜调节阀，如图42.1-1所示。

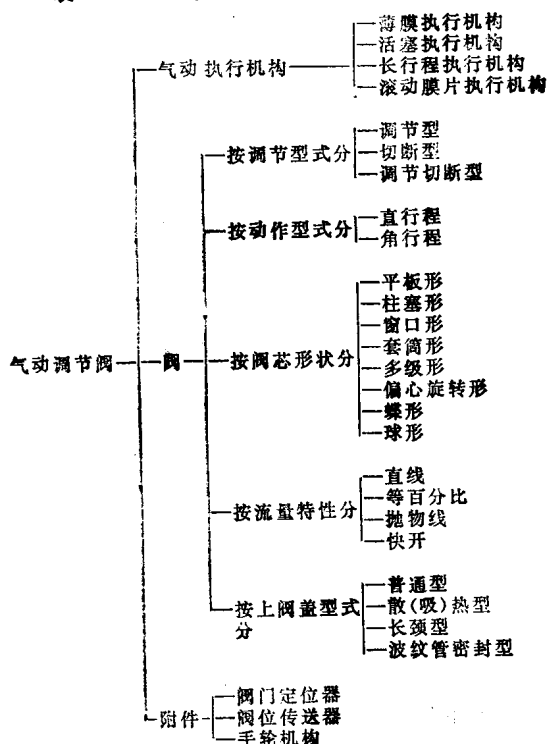
气动执行机构是气动调节阀的推动部分，它按控制信号的大小产生相应的输出力，通过阀杆使调节阀阀芯产生相应的位移（或转角）。

阀是气动调节阀的调节部分，它与被调介质直接接触，在气动执行机构的推动下，改变阀芯与阀座间的流通面积，从而达到调节流量的目的。

一般说来，阀是通用的，可与电动执行机构配合构成电动调节阀。

气动调节阀的各个组成部分，根据不同的结构原理可按表42.1-1所示进行分类。

表42.1-1 气动调节阀各组成部分的分类



气动调节阀的特点是：

1) 它与电动调节阀相比，具有结构简单、动作可靠、性能稳定、成本较低、维修方便、本质防爆以及容易做成大功率等优点；与液动调节阀相比，其防爆、清洁等优点也较突出。

2) 它不仅能与气动调节仪表、气动单元组合仪表等配用,而且通过电-气转换器或电-气阀门定

位器也能与电动调节仪表、电动单元组合仪表以至控制计算机等配用。

## 第2章 气动执行机构

### 1 薄膜执行机构

薄膜执行机构通常接受 $0.2\sim 1\text{kgf/cm}^2$ 的标准气压信号,是一种最常用的气动执行机构。它按动作方式可分为:正作用式和反作用式。

#### 1.1 正作用式薄膜执行机构

##### 1.1.1 动作原理

当信号的压力增大时,凡执行机构的推杆伸出薄膜气室方向的称为正作用式执行机构。如图42.2-1所示,当压力信号通入薄膜气室1时,波纹膜片

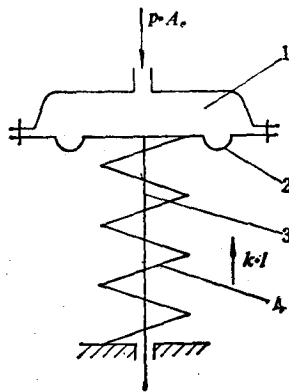


图42.2-1 正作用式薄膜执行机构的动作原理图

- 1—薄膜气室 2—波纹膜片 3—推杆  
4—压缩弹簧

2产生一个推力,使推杆3下移,将压缩弹簧4压缩,直到弹簧反作用力与压力信号在波纹膜片上的推力相平衡为止。其平衡方程式为:

$$P A_c = k l$$

式中  $P$ ——薄膜室的压力 $\text{kgf/cm}^2$   
 $A_c$ ——波纹膜片有效面积 $\text{cm}^2$   
 $k$ ——压缩弹簧刚度 $\text{kgf/mm}$   
 $l$ ——推杆行程 $\text{mm}$

得 
$$l = \frac{A_c}{k} P \quad \text{mm} \quad (42.2-1)$$

从公式(42.2-1)可知,当执行机构的规格确定后,即波纹膜片有效面积和压缩弹簧刚度也就确定了,两者的比值为常数,执行机构推杆的行程与信号压力成正比。

##### 1.1.2 结构和主要参数

正作用式薄膜执行机构的结构如图42.2-2所示。它具有结构简单、动作可靠、维修方便和成本低的特点。波纹膜片的材料采用了膈橡胶夹锦纶丝织物,膜片的有效面积有70、200、280、400、630、1000和1600 $\text{cm}^2$ 七种规格。压缩弹簧采用弹簧钢绕制并经热处理。上、下膜盖由灰铸铁铸成或用钢板冲压。执行机构的行程有6、10、16、25、40、60和100 $\text{mm}$ 七种规格。

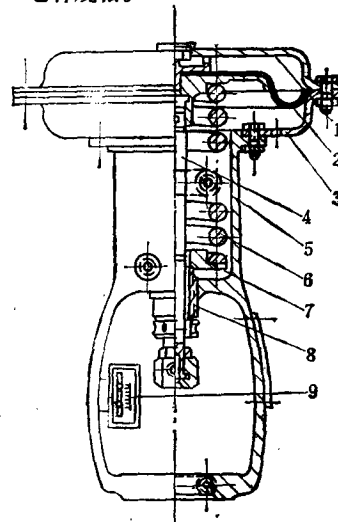


图42.2-2 正作用式薄膜执行机构的结构图

- 1—上膜盖 2—波纹膜片 3—下膜盖 4—推杆  
5—支架 6—压缩弹簧 7—弹簧座 8—调节件  
9—行程标尺

正作用式薄膜执行机构的一些产品的主要参数见附表42-1。

## 1.2 反作用式薄膜执行机构

### 1.2.1 动作原理

当信号的压力增大时，执行机构的推杆退入薄膜气室方向的称为反作用式执行机构。如图42.2-3所示，当压力信号进入波纹膜片2的下方时，随着信号压力增大，波纹膜片2连同推杆3就向上移动。

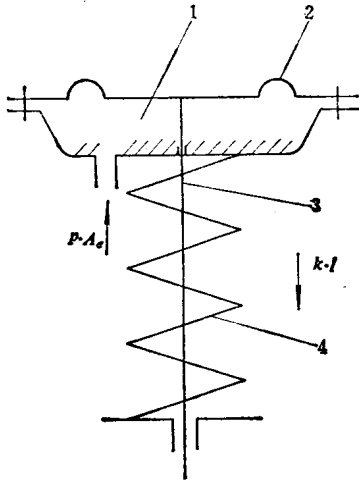


图42.2-3 反作用式薄膜执行机构的动作原理图  
1—薄膜气室 2—波纹膜片 3—推杆  
4—压缩弹簧

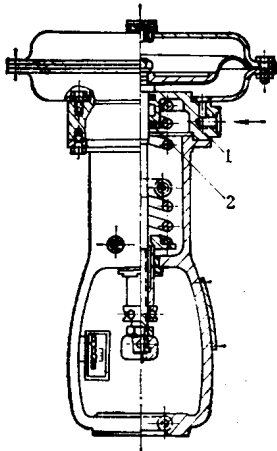


图42.2-4 反作用式薄膜执行机构的结构图  
1—填块 2—“O”形密封环

### 1.2.2 结构和主要参数

反作用式薄膜执行机构的结构如图42.2-4所示，与正作用式结构基本相同，只不过是在正作用式执行机构上增加一个“O”形密封环，并更换个别零、部件而已。

反作用式薄膜执行机构的一些产品的主要参数见附表42-1。

## 2 活塞执行机构

活塞执行机构的操作压力较大，可达5kgf/cm<sup>2</sup>。它一般不用弹簧抵消推力，是一种推力较大的气动执行机构，适用于高静压、高压差的场合。它按动作方式可分为：两位动作和比例动作。

### 2.1 两位动作活塞执行机构

两位动作就是由于通入活塞两侧的操作压力的大小不同，活塞由高压侧被推向低压侧，使推杆由一个极端位置走到另一个极端位置。它适用于两位动作的控制系统中。

### 2.2 比例动作活塞执行机构

#### 2.2.1 动作原理

比例动作就是执行机构的信号压力与推杆行程成比例关系，当信号压力由0.2kgf/cm<sup>2</sup>增大到1kgf/cm<sup>2</sup>时，推杆也相应成比例地由零走至全行程。比例动作又分正、反两种作用。正作用式就是压力信号增大时，活塞杆伸出气缸方向；反作用式就是压力信号增大时，活塞杆退入气缸方向。

活塞执行机构要实现比例动作，必须安装一个阀门定位器，通过阀门位置反馈，使两位动作变成比例动作。阀门定位器的动作原理如图42.2-5所示，它是按力矩平衡原理工作，当通入波纹管1的信号压力P增大时，主杠杆2绕支点15偏转，挡板13靠近喷嘴14，喷嘴背压通到双输出放大器16的薄膜室17中，使滑阀18向上移动，放大器的输出压力P<sub>1</sub>增大，P<sub>2</sub>减少，通到气缸8的上侧压力大于下侧压力，使活塞杆向下移动，并带动反馈杆9绕支点4偏转，反馈凸轮5也跟着作逆时针方向偏转，通过滚轮10使副杠杆6绕支点7偏转，从而把反馈弹簧11拉伸。弹簧11对主杠杆2的拉力与压力信号作

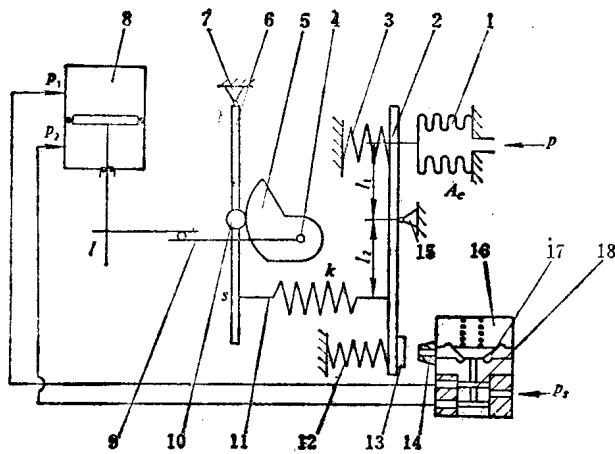


图42.2-5 活塞执行机构比例动作原理图

- 1—波纹管 2—主杠杆 3—迁移弹簧 4—反馈凸轮 支点
- 5—反馈凸轮 6—副杠杆 7—副杠杆支点 8—气缸
- 9—反馈杆 10—滚轮 11—反馈弹簧 12—调零弹簧
- 13—挡板 14—喷嘴 15—主杠杆支点 16—双输出放大器
- 17—薄膜室 18—滑阀

用在波纹管1上的力，在杠杆2上达到力矩平衡时，定位器处于平衡状态，从而使一定的信号压力就对对应一定的阀门位置。弹簧12用以调整零位。

定位器达到平衡状态时，其平衡方程式为：

$$P A_e l_1 = k s l_2 \quad (42.2-2)$$

式中  $P$  —— 信号压力  $\text{kgf/cm}^2$

$A_e$  —— 波纹管有效面积  $\text{cm}^2$

$k$  —— 反馈弹簧刚度  $\text{kgf/mm}$

$s$  —— 反馈弹簧变形量  $\text{mm}$

$l_1$  —— 波纹管到主杠杆支点的距离  $\text{mm}$

$l_2$  —— 反馈弹簧到主杠杆支点的距离  $\text{mm}$

因为  $s = c l$  (42.2-3)

式中  $c$  —— 执行机构推杆行程转变为反馈弹簧变形量的比例系数

$l$  —— 推杆行程  $\text{mm}$

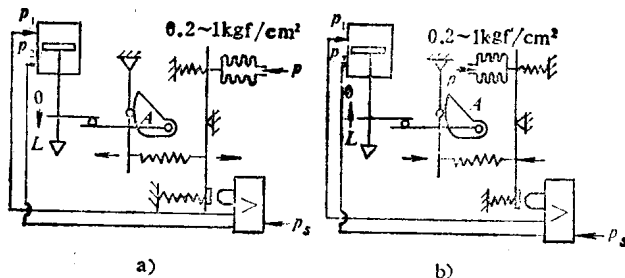


图42.2-6 活塞执行机构的动作方式示意图

a) 正作用式 b) 反作用式

把公式(42.2-3)代入公式(42.2-2)后，可得

$$l = \frac{A_e l_1}{k c l_2} P \quad \text{mm} \quad (42.2-4)$$

从公式(42.2-4)可知，当波纹管有效面积、反馈弹簧刚度、反馈比例系数和杠杆长度为常数时，活塞执行机构的推杆行程与信号的压力成比例关系。

图42.2-5所示是正作用式活塞执行机构，如要得到反作用式活塞执行机构，只要把波纹管从主杠杆右侧调到左侧即可，如图42.2-6所示。

### 2.2.2 结构和主要参数

活塞执行机构的结构如图42.2-7所示。气缸的密封结构采用“O”形橡胶密封环，该结构具有结构简单、密封性能好、摩擦力小的特点。活塞直径有100、150、200、250、

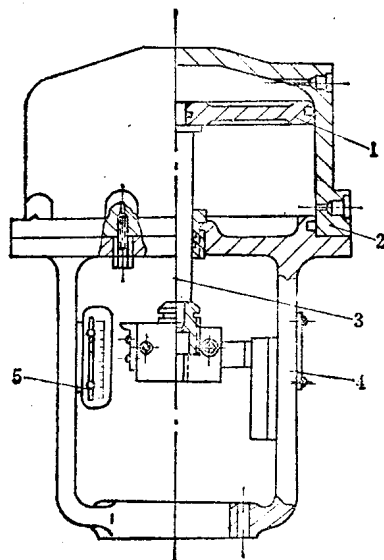


图42.2-7 活塞执行机构的结构图

- 1—活塞 2—气缸 3—推杆 4—支架
- 5—行程标尺

300和350mm六种规格。活塞执行机构的行程有10、16、25、40、60和100mm六种规格。

活塞执行机构的主要参数见附表42-

### 3 长行程执行机构

长行程执行机构具有行程长和输出力矩大的特点，它将  $0.2 \sim 1 \text{ kgf/cm}^2$  的压力信号或  $0 \sim 10 \text{ mA}$ （或  $4 \sim 20 \text{ mA}$ ）的电流信号转变成  $0^\circ \sim 90^\circ$  转角或位移，因此适用于需要大转矩的蝶阀、风门等场合。它可分为：气动长行程执行机构、电信号气动长行程执行机构和大功率长行程执行机构。

#### 3.1 气动长行程执行机构

##### 3.1.1 动作原理

气动长行程执行机构的动作原理如图42.2-8所示

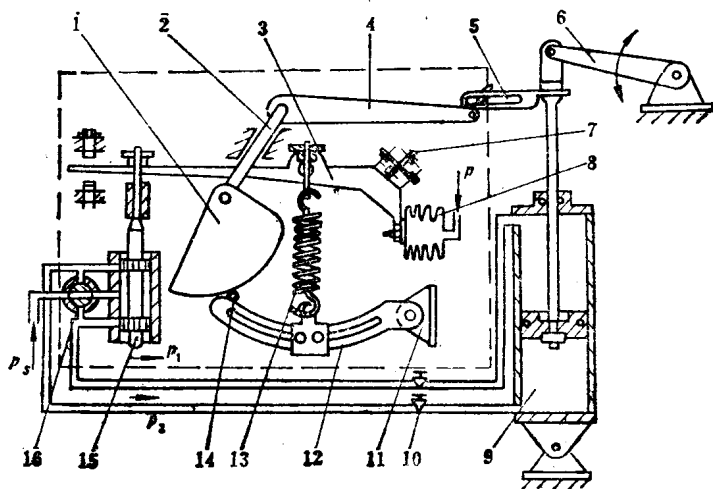


图42.2-8 气动长行程执行机构的动作原理图

- 1—反馈凸轮 2—转轴 3—杠杆 4—反馈杆 5—导槽 6—输出摇臂
- 7—杠杆支点 8—波纹管 9—气缸 10—针形阀
- 11—弧形杠杆支点 12—弧形杠杆 13—反馈弹簧 14—滚轮
- 15—滑阀 16—平衡阀

示，它是按力矩平衡原理工作的。当进入波纹管 8 的压力信号增大时，推动杠杆 3 绕支点 7 偏转，带动滑阀 15 向上移动，从而使下缸压力  $p_2$  增加，上缸压力  $p_1$  降低，活塞便向上移动，带动摇臂 6 输出角位移。这时连在活塞杆上的导槽 5 带动正弦机构的反馈杆 4 偏转，连在同一转轴 2 上的反馈凸轮 1 也跟着作逆时针方向转动，通过滚轮 14 把弧形杠杆 12 推向下转，将反馈弹簧 13 拉伸，弹簧对杠杆 3 的拉力随之增大。当反馈弹簧的拉力矩与波纹管的推力矩相平衡时，杠杆连同滑阀又回到原来的平衡位置，仪表达到平衡状态。此时活塞已上升到相应的高度，气缸两侧产生的压差与外负荷相平衡。随着压力信号的增大，活塞行程和摇臂转角亦相应地成比例增加。平衡阀 16 作为自动与手动切换之用，针形阀 10 可调节活塞动作的速度。

气动长行程执行机构有正作用式和反作用式两种动作。正作用式就是压力信号增大，活塞杆伸出气缸方向，摇臂由水平面下  $45^\circ$  开始转至水平面上  $45^\circ$  终止；反作用式就是压力信号增大，活塞杆退入气缸方向，摇臂由水平面上  $45^\circ$  开始转至水平面下  $45^\circ$  终止。只要把凸轮翻转安装，上下缸的气管反接，就可改变动作方式，如图42.2-9所示。

##### 3.1.2 结构和主要参数

气动长行程执行机构的外形结构如图42.2-10所示。它的气缸采用无

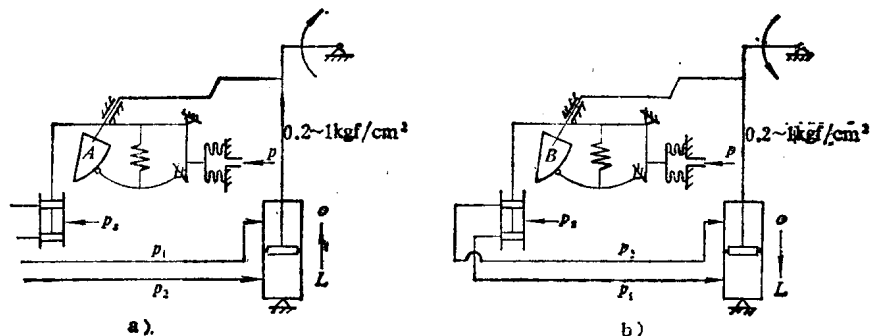


图42.2-9 气动长行程执行机构的动作方式示意图

- a) 正作用式 b) 反作用式

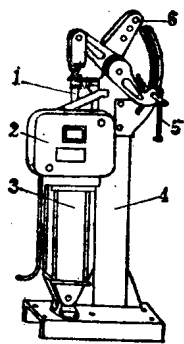


图42.2-10 气动长行程执行机构外形图

- 1—推杆 2—阀门定位器 3—气缸 4—支架  
5—自锁件 6—输出摇臂

缝钢管，密封型式采用“O”形密封环，活塞直径有80、100、130和170mm四种规格。支架用来将活塞的直行程转换成输出摇臂的转角。

气动长行程执行机构的主要参数见附表42-3。

### 3.2 电信号气动长行程执行机构

#### 3.2.1 动作原理

电信号气动长行程执行机构的动作原理如图

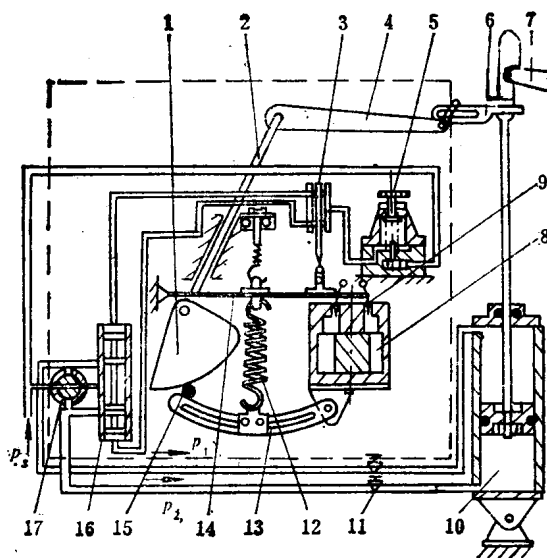


图42.2-11 电信号气动长行程执行机构的动作原理图

- 1—反馈凸轮 2—转轴 3—小滑阀 4—反馈杆 5—减压器 6—导槽 7—输出摇臂 8—磁钢 9—动圈 10—气缸 11—针形阀 12—反馈弹簧 13—弧形杠杆 14—杠杆 15—滚轮 16—大滑阀 17—平衡阀

42.2-11所示，它是按力矩平衡原理工作的。当0~10mA的电流信号通入动圈9时，杠杆14被推向上方，并带动小滑阀3的阀杆也向上移动。小滑阀3的输出使大滑阀16的阀杆向下移动，其结果使下缸压力 $p_2$ 升高，上缸压力 $p_1$ 降低，活塞便向上移动，带动输出摇臂7输出角位移。这时连在活塞杆上的导槽6带动反馈杆4偏转，通过反馈凸轮1和弧形杠杆13将反馈弹簧12拉伸，当反馈弹簧12的拉力与动圈9的推力在杠杆14上达到力矩平衡时，仪表达达到平衡状态。

电信号气动长行程执行机构也有正作用式和反作用式两种动作。正作用式要改变成反作用式的动作有两种方法：一种是把凸轮翻转使用，上、下缸的气管反接；另一种是把通到动圈的电流的方向反接即可。

#### 3.2.2 结构和主要参数

电信号气动长行程执行机构是气动长行程执行机构的变型产品，除阀门定位器外，气缸、支架等都可与气动长行程执行机构通用。

电信号气动长行程执行机构的主要参数见附表42-3。

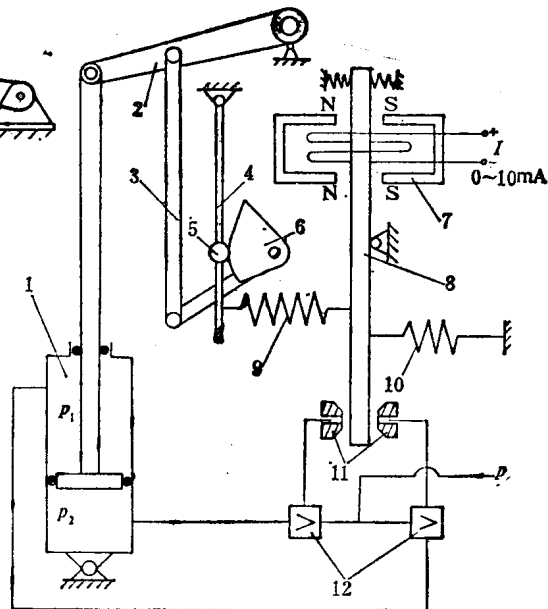


图42.2-12 大功率长行程执行机构的动作原理图

- 1—气缸 2—输出臂 3—连杆 4—副杠杆 5—滚轮 6—凸轮 7—力矩电机 8—主杠杆 9—反馈弹簧 10—调零弹簧 11—喷嘴 12—放大器



### 3.3 大功率长行程执行机构

#### 3.3.1 动作原理

大功率长行程执行机构的动作原理如图42.2-12所示,它是按力矩平衡原理工作的。当0~10mA的电流信号通到力矩电机7时,主杠杆8作逆时针方向偏转,使挡板靠近右喷嘴11而离开左喷嘴11,两喷嘴的背压经放大器12放大后,气缸1的上缸压力 $p_1$ 增大,下缸压力 $p_2$ 减小,活塞向下运动,输出臂2也作逆时针方向偏转,并通过连杆3、凸轮6和副杠杆4将反馈弹簧9拉伸,主杠杆8作顺时针方向偏转,直到主杠杆8被拉回到原来的平衡位置为止。这时输出臂2已转动了一定的角度,输出臂的角度与电流信号成比例关系。

#### 3.3.2 结构和主要参数

大功率长行程执行机构由气缸、支架、手操机构、阀门定位器、阀位变送器、三断自锁装置等零件组成。这里仅介绍三断自锁装置。

三断自锁装置的作用是在切断气源、电源或信号的任一情况下,执行机构的输出臂都能自动锁定在原来的位置上。它的动作原理如图42.2-13所示。

断气源:在正常情况下,自锁阀膜片硬芯所处的位置使A阀口处于关闭状态,B阀口打开,因此

气源与气阀的膜室相通,此时的气阀是打开的。当气源压力下降到某一数值时,因自锁阀膜片下部压力减小,使膜片的硬芯向下移动,A阀口被打开,B阀口被关闭,气阀膜室与大气就相通,气阀处于关闭状态,因此就切断了通往上下气缸的气路,使活塞停留在原来位置上,实现了断气源自锁。

断电源:在正常情况下,电磁阀1'-2'通,1'-3'和2'-3'不通。出现断电源时,电磁阀的动作使1'-2'和1'-3'变为不通,2'-3'变为相通。因电磁阀3'阀口与大气相通,使自锁阀膜片下部压力降到零,系统出现了相当于断气源时的情况。

断信号:对通常使用的0~10mA直流电流信号人们无法识别信号是否断线,所以对0~10mA的下限应进行限幅才能实现断信号自锁。例如用0.5~10mA,当电流小于0.5mA为断信号。在正常情况时,R上的电压大于150mV,继电器触点K是闭合的。出现断信号时,R上的电压减小到小于150mV时,开关电路使继电器动作,继电器触点K断开,电磁阀的电源被切断,从而实现了自锁。

大功率长行程执行机构的主要参数见附表42-4。

### 4 滚动膜片执行机构

滚动膜片执行机构是专配偏心旋转调节阀的一种气动执行机构。它的结构如图42.2-14所示,在一个圆筒形的缸体内装有滚动膜片和活塞等零件,

压缩弹簧一头顶在缸底上,另一头穿过活塞杆顶在活塞底部。滚动膜片由丁腈橡胶制成,活塞上装有尼龙导向环,可保持活塞与气缸对中,活塞杆出口处装有丁腈橡胶防尘圈。当执行机构通入压力时,滚动膜片随压力的变化而松开或卷上,从而使活塞作往复运动。

这种执行机构兼有薄膜执行机构和活塞执行机构的优点,并弥补了它们的不足。它与薄膜执行机构相比,膜片有效面积相同而行程较大;它与活塞执行机构相比,摩擦力小、密封性好。但滚动膜片制造较困难。

滚动膜片执行机构的主要参数见表附表42-5

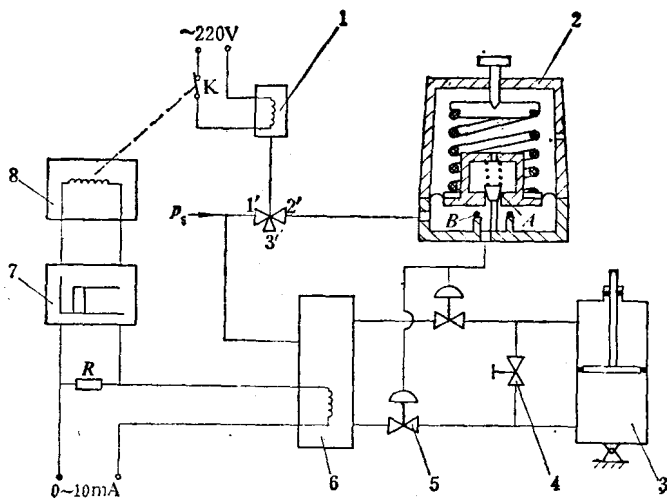


图42.2-13 三断自锁装置的原理图

1—两位三通电磁阀 2—自锁阀 3—气缸 4—平衡阀 5—气阀(气开式) 6—定位器 7—开关电路 8—继电器

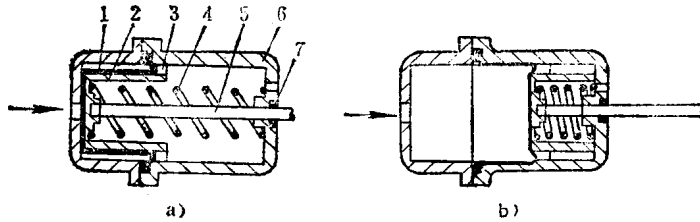


图42.2-14 滚动膜片执行机构的结构图

a) 无气状态 b) 有气状态

1—滚动膜片 2—活塞 3—导向环 4—压缩弹簧 5—活塞杆 6—缸体 7—防尘圈

### 第3章 阀

#### 1 阀的工作原理

从流体力学观点，可把阀看作一个可变节流件。流体流过阀时，与流过孔板时的压力及流速变化过程很相似，所不同的是阀的口径（即阀的流通截面积）是可变的，而孔板的孔径是不变的，如图42.3-1所示。

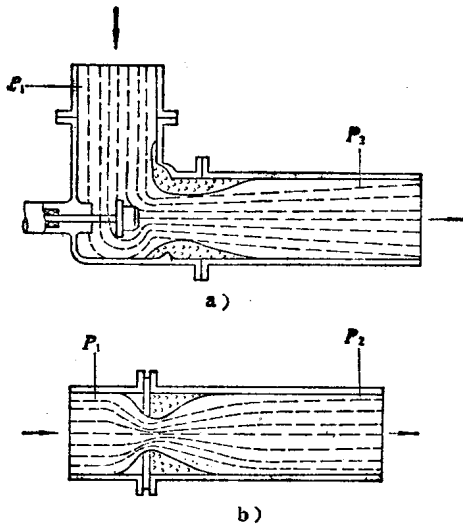


图42.3-1 流体流动状况示意图

a) 阀 b) 孔板

对于不可压缩的流体，在流动过程中压力与流速变化如图42.3-2所示。流体通过阀芯时，静压下降，流速增加，到节流处下游附近流速增至最大，静压最小。流至阀下游后，因流体通道变宽，使流速下降，压力回升。但由于摩擦，流体的压力不可

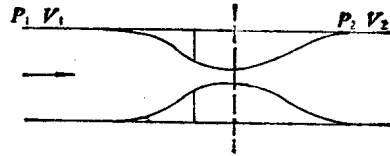


图42.3-2 压力与流速的变化曲线

能回升到阀前的压力值，阀前和阀后的静压差就是阀的压力损失。

根据伯努利方程，并考虑阀管道是水平的，各处的几何压头相等，则：

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h \quad (42.3-1)$$

式中  $P_1$ ——阀前绝对压力

$P_2$ ——阀后绝对压力

$V_1$ ——阀前平均流速

$V_2$ ——阀后平均流速

$\gamma$ ——流体重度

$g$ ——重力加速度

$h$ ——压力损失

又根据流体流动的连续性方程可得，

$$F_1 V_1 = F_2 V_2 \quad (42.3-2)$$

式中  $F_1$ 、 $F_2$ ——阀进出口通径截面积

因为  $F_1 = F_2 = F_0$

所以  $V_1 = V_2 = V$

把公式(42.3-2)代入公式(42.3-1)后, 则可得阀的压力损失为:

$$h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} \quad (42.3-3)$$

当流体流动时, 压力损失与流速、阻力系数和重力加速度有关, 则:

$$h = \zeta \frac{V^2}{2g} \quad (42.3-4)$$

式中  $\zeta$ ——阀的阻力系数

所以  $\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \zeta \frac{V^2}{2g}$

$$V = \frac{1}{\sqrt{\zeta}} \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma} 2g} \quad (42.3-5)$$

用体积流量代替流速, 则上式可写成

$$Q = \frac{F_0}{\sqrt{\zeta}} \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\gamma} 2g} \quad (42.3-6)$$

从公式(42.3-6)可见, 当  $F_0$  为一定,  $P_1 - P_2$  不变时, 则流量  $Q$  仅随阻力系数  $\zeta$  而变化。若  $\zeta$  减小, 则  $Q$  增大; 反之, 若  $\zeta$  增大, 则  $Q$  减小。阀就是按照压力信号的大小通过改变阀芯行程来改变阀的阻力系数, 从而达到调节流量的目的。

## 2 阀的类型

阀的类型较多, 根据结构、用途的不同来分, 一般有直通双座阀、直通单座阀、低温阀、波纹管密封阀、套筒阀、低噪音阀、三通阀、角形阀、高压阀、超高压阀、隔膜阀、阀体分离阀、小流量阀、偏心旋转阀、蝶阀和球阀等品种。

### 2.1 直通双座阀

直通双座阀的结构如图42.3-3所示。阀体内有两对阀芯、阀座, 通过阀杆作上下移动来改变阀芯与阀座的位置。流体从左侧进入, 通过上、下阀芯后再汇合在一起, 由右侧流出。这种阀的优、缺点是:

1) 有两个阀芯和阀座, 并采用双导向结构, 因此阀芯与阀杆的连接可有正装和反装两种方式, 如图42.3-4所示, 只要把阀体部件倒装, 阀杆与阀

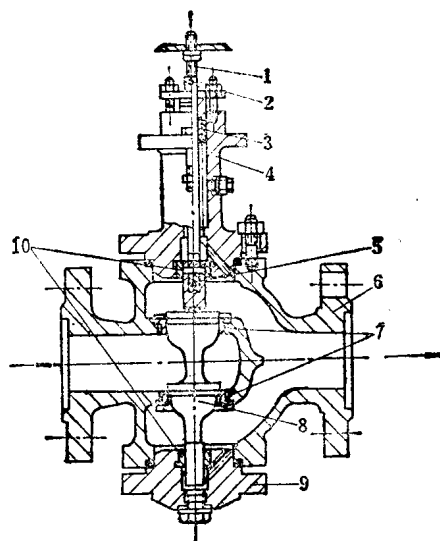


图42.3-3 直通双座阀的结构图

1—阀杆 2—压板 3—填料 4—上阀盖 5—圆柱销钉 6—阀体 7—阀座 8—阀芯 9—下阀盖 10—衬套

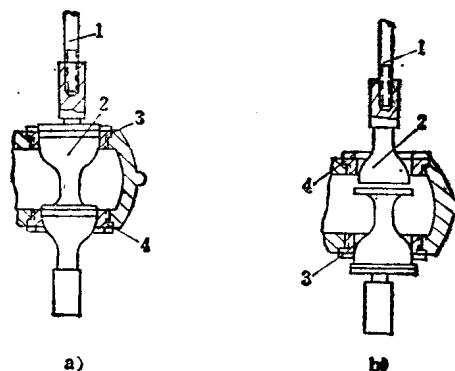


图42.3-4 阀芯与阀杆的连接图

a) 正装 b) 反装

1—阀杆 2—阀芯 3—上阀座 4—下阀座

芯的下端连接, 就可变正装方式为反装方式。这样, 气关式就可方便地改装成气开式, 不必采用反作用执行机构。

2) 有上、下两个阀芯, 流体作用在上、下阀芯上的推力, 其方向相反而大小接近相等, 所以双座阀的不平衡力很小, 允许使用的压差比单座阀大。

3) 流通能力比同口径的单座阀大。

4) 因双座阀上、下两个阀芯受加工限制, 不易保证同时关闭, 所以关闭时泄漏量大, 尤其使用在高温或低温的场合, 因材料的膨胀系数不同, 泄漏量就更大。

5) 阀体流路较复杂, 不适用于高粘度和含纤维介质的调节。

直通双座阀的主要参数见附表42-6。

### 2.2 直通单座阀

直通单座阀的结构如图42.3-5所示, 阀体内只有一对阀芯、阀座, 其基本组成部件与双座阀相同。这种阀的优、缺点是:

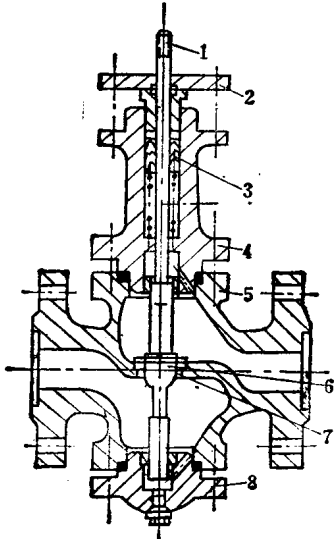


图42.3-5 直通单座阀的结构图

1—阀杆 2—压板 3—填料 4—上阀盖 5—阀体 6—阀芯 7—阀座 8—下阀盖

1) 单阀芯结构容易保证密封, 所以泄漏量小, 一般是双座阀的十分之一。在结构上根据阀芯形状, 可分为调节型、切断型和调节切断型。

2) 根据口径大小, 单座阀有双导向和单导向两种。 $D_g \geq 25\text{mm}$ 的阀芯为双导向, 只要改变阀杆与阀芯的连接位置就可实现正装和反装;  $D_g < 25\text{mm}$ 的阀芯为单导向, 通常为气闭式, 气开式的必须采用反作用执行机构。

3) 单座阀只有一个阀芯, 流体对阀芯的推力不象双座阀那样能互相平衡, 所以不平衡力较大, 尤其在高压差、大口径时不平衡力更大。

直通单座阀的主要参数见附表42-7。

### 2.3 低温阀

低温阀的结构如图42.3-6所示, 它是直通单、双座阀的变形产品。这种阀的优、缺点是:

1) 采用长颈型的上阀盖, 以保证阀在 $-60\sim$

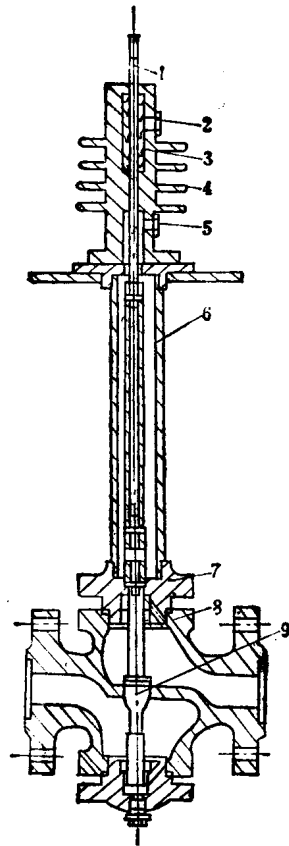


图42.3-6 低温阀的结构图

1—阀杆 2—上方螺孔 3—填料 4—散(吸)热片 5—下方螺孔 6—长颈 7—上阀盖 8—阀体 9—阀芯

$-250^{\circ}\text{C}$ 的低温下工作时, 填料仍处在常温状态。散(吸)热片的上下方设有两个螺孔, 上方螺孔供防冻用, 下方螺孔供清洗用。

2) 采用隔离式双层填料, 更容易密封。

3) 为避免一般钢材在深度低温时的发脆现象, 阀芯、阀座采用不锈钢耐酸钢, 阀体采用不锈钢或铜合金。

低温阀的主要参数见附表42-6和附表42-7。

### 2.4 波纹管密封阀

波纹管密封阀的结构如图42.3-7所示, 它也是直通单、双座阀的变形产品。这种阀的优、缺点是:

1) 采用波纹管密封型的上阀盖, 波纹管上端通过波纹管上座与阀杆焊接在一起, 波纹管下端与波纹管下座焊接, 并由上阀盖的下法兰和阀体的上法兰将波纹管下座夹紧, 这样可使阀杆、阀芯在波

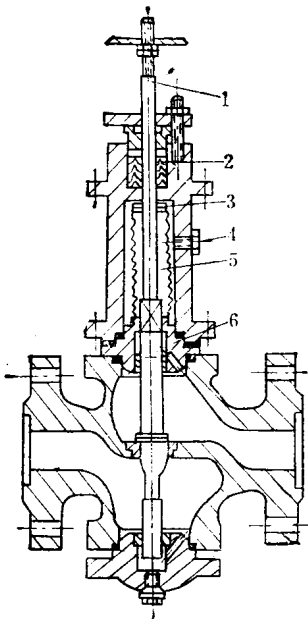


图42.3-7 波纹管密封阀的结构图

1—阀杆 2—填料 3—波纹管上座 4—螺纹孔  
5—波纹管 6—波纹管下座

管下座内自由移动。同时在波纹管下座的上面开有方形孔，与阀杆下端的方形部分相配，以防止阀芯转动而损坏波纹管。

2) 除采用波纹管密封外，还采用聚四氟乙烯填料密封，这样一旦波纹管损坏时，阀仍能维持短期的密封。必要时可在螺纹孔上安装压力表，以检查介质是否外漏。

3) 由于装有波纹管，该阀耐压较低 ( $P_0 < 10 \text{ kgf/cm}^2$ )。

波纹管密封阀的主要参数见附表42-8。

## 2.5 套筒阀

套筒阀的结构如图42.3-8所示，它是在一个单座阀体内装入一个圆筒形的套筒，并以套筒为导向，内装一个能自由滑动的阀芯。这种阀的优、缺点是：

1) 采用平衡型阀芯结构，在阀芯上设有上下连通的平衡孔，所以不平衡力小，允许压差大，稳定性好。

2) 采用阀芯和套筒侧面导向，可改善由涡流和冲击所引起的振荡，并减少原有双导向的摩擦和阀芯损坏现象。

3) 由于套筒阀内部结构没有螺纹连接，套筒

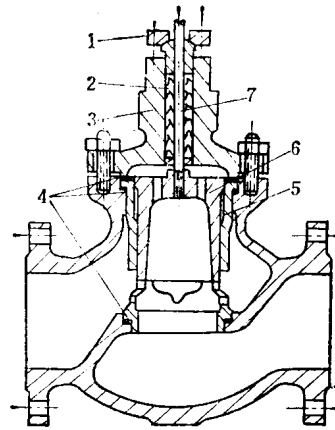


图42.3-8 套筒阀的结构图

1—压板 2—填料 3—上阀盖 4—密封垫板  
5—套筒 6—阀芯 7—阀杆

靠阀盖压紧在阀体上，故装拆、维修都方便，不需要特殊工具。

4) 具有降低噪音的作用，比一般直通单、双座阀的噪音低10dB左右。如采用低噪音的套筒，则可进一步降低噪音。

5) 在要求阀切断的场合，可采用软密封结构。使用场合是高温或低温介质时，可带散热片或长颈型。

6) 改变套筒的窗口形状，可有不同的流量特性。

7) 密封面与节流面分开，介质流动时对密封面的冲蚀减少，从而提高使用寿命。

8) 不适用于颗粒介质的场合。

套筒阀的主要参数见附表42-9。

## 2.6 低噪声阀

低噪声阀的结构如图42.3-9所示。这种阀的优、缺点是：

1) 阀体型式与套筒阀相似，都有一个套筒和阀芯。套筒有两种型式，开长槽的和打圆孔的，如图42.3-10所示。

2) 低噪声阀比一般阀可降低噪声10~30dB，如图42.3-11所示。

3) 流量特性近似直线特性。

4) 流通能力在一般阀的  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$  之间。

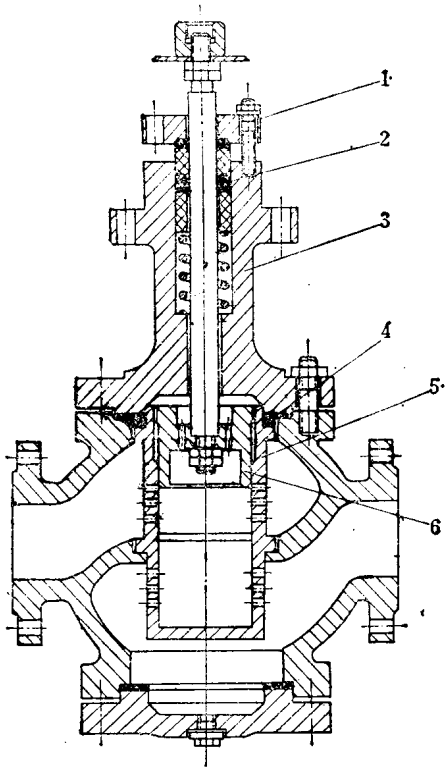


图42.3-9 低噪声阀的结构图  
1—压板 2—填料 3—上阀盖 4—密封垫片  
5—套筒 6—阀芯

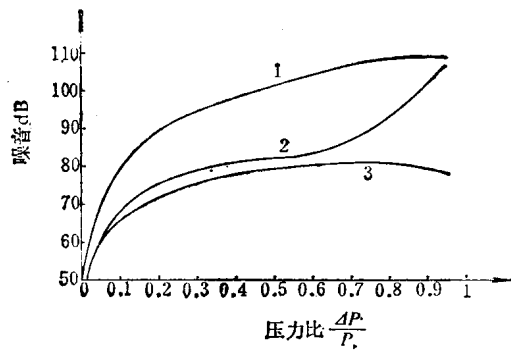
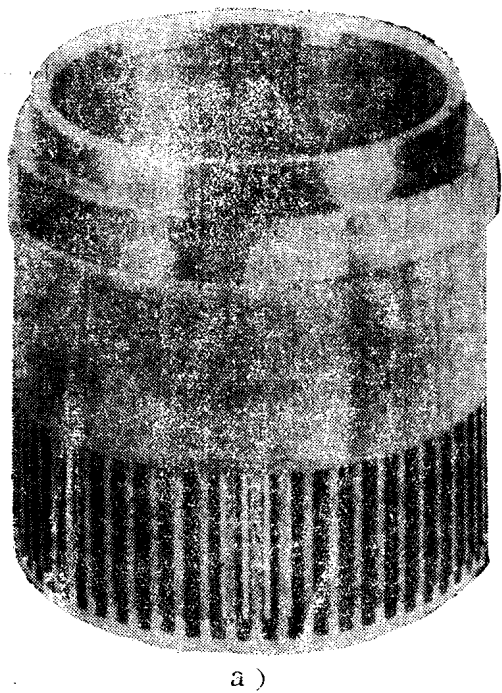
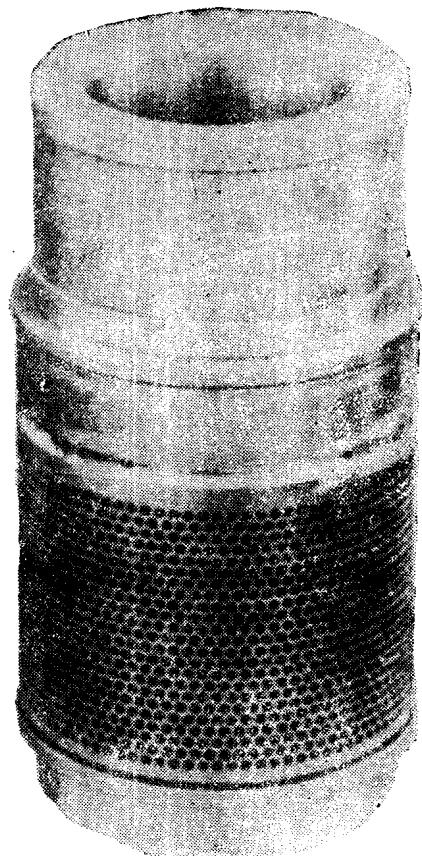


图42.3-11 低噪声阀的噪声曲线  
1—般阀 2—开长槽的低噪声阀 3—打圆孔的低噪声阀



a)



b)

图42.3-10 低噪声阀的套筒形状  
a) 开长槽 b) 打圆孔

### 2.7 三通阀

按作用方式三通阀可分为合流阀和分流阀两种，如图42.3-12所示。合流阀工作时两种流体通过阀时混合产生第三种流体；分流阀工作时一种流体通过阀后分成两路。这种阀的特点是：

1) 阀芯结构采用薄壁圆筒窗口形，并用阀芯侧面导向，不同于柱塞形阀芯的衬套导向。

2) 合流阀和分流阀的阀芯形状不一样，合流阀的阀芯位于阀座内部，而分流阀的阀芯位于阀座外部。这种结构易使流体的流动方向将阀芯处于流开状态，能稳定操作。

3) 三通阀的阀芯不能反装使用，要实现气关式、气开式必须采用正、反作用执行机构来实现。

三通阀的主要参数见附表42-10。

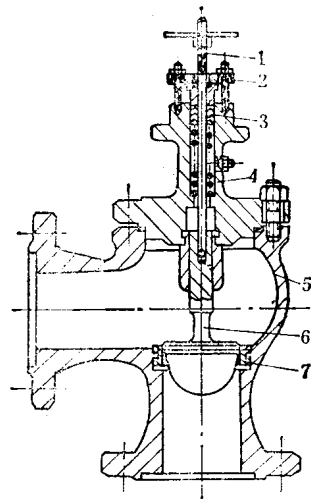


图42.3-13 角形阀的结构图

1—阀杆 2—压板 3—填料 4—上阀盖 5—阀体 6—阀芯 7—阀座

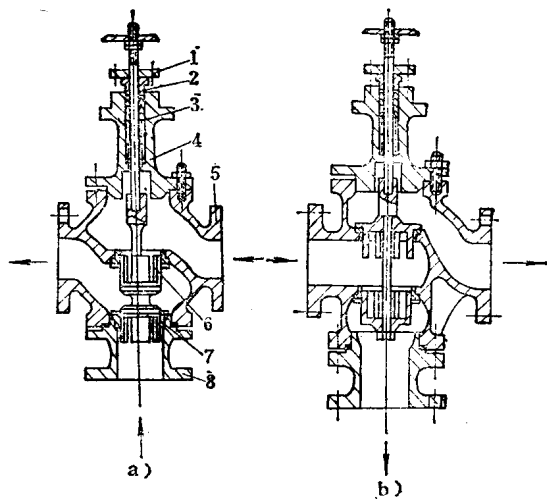


图42.3-12 三通阀的结构图

a) 合流阀 b) 分流阀

1—压板 2—阀杆 3—填料 4—上阀盖 5—阀体 6—阀芯 7—阀座 8—接管

### 2.8 角形阀

角形阀的结构如图42.3-13所示，除阀体为直角形之外，其它结构与直通单座阀相似。这种阀的优、缺点是：

1) 阀的流路简单，阻力小，阀体两端的接管成直角形。

2) 阀芯为单导向结构，只能正装不能反装，要实现气开式必须采用反作用执行机构来实现。

角形阀的主要参数见附表42-11。

### 2.9 高压阀

按结构型式高压阀可分为单级阀芯的高压阀和多级阀芯的高压阀。

1) 单级阀芯的高压阀

单级阀芯高压阀的结构又可分为两种，如图42.3-14所示。这种阀的优、缺点是：

(1) 阀为锻造成型，采用直角连接，填料箱

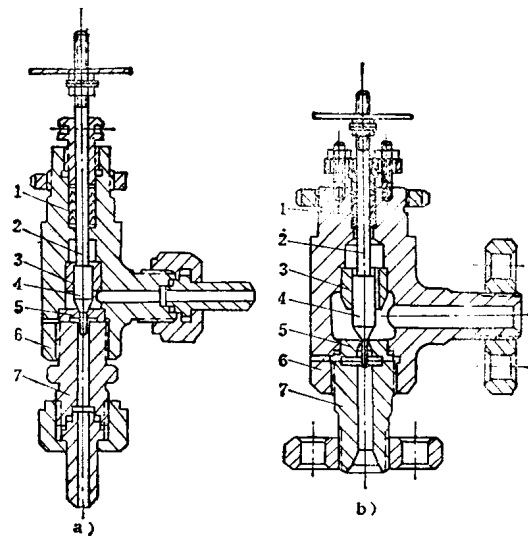


图42.3-14 单级阀芯的高压阀的结构图

a)  $D_g6\text{mm}$  b)  $D_g10\sim100\text{mm}$

1—填料 2—阀杆 3—衬套 4—阀芯 5—阀座 6—阀体 7—下阀体

与阀体连成整体，阀座与下阀体分开，便于更换。

(2) 为防止高压差所产生的汽蚀现象对材料的严重损伤，提高阀芯使用寿命，阀芯采用硬质合金。

(3) 阀芯为单导向，气开式应采用反作用执行机构。

(4) 使用时因压差高，介质对阀芯的不平衡力较大，所以应选用刚度较大的执行机构并安装阀门定位器。

2) 多级阀芯的高压阀

多级阀芯高压阀的结构如图 42.3-15 所示。它

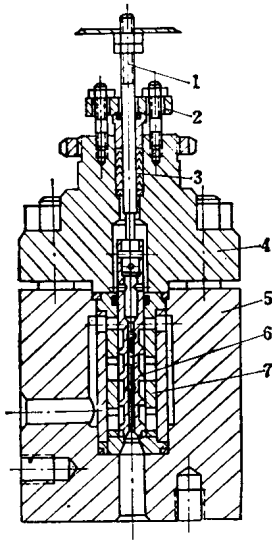


图42.3-15 多级阀芯的高压阀的结构图

1—阀杆 2—压板 3—填料 4—上阀盖 5—阀体 6—阀芯 7—套筒

采用多级降压的原理，把四个阀芯串在一起，使每个阀芯上分担一部分压差，这样可减少高压差对阀芯、阀座的气蚀现象。这种阀的优、缺点是：

1) 阀芯、阀座采用套筒结构型式，其流量特性为直线特性，流量特性由套筒侧面的窗口形状来实现。

2) 采用平衡型阀芯结构，可减少高压差对阀芯的不平衡力。

3) 密封面与节流孔分开，阀关闭时依靠第一级阀芯和阀座面紧密接触，与直通单座阀关闭时一样。

4) 阀芯为单导向，气开式应采用反作用执行机构。

高压阀的主要参数见附表42-12和附表42-13。

2.10 超高压阀

图42.3-16所示是一种1750kgf/cm<sup>2</sup>超高压阀，它是石油、化工工业中用来控制高压聚合反应的关键仪表。它由两个阀门定位器、两个气缸以及阀体、连杆和阀位传送器等零、部件组成。这种阀的优、缺点是：

1) 整台仪表构成“十”字型，结构紧凑。

2) 装有阀位传送器，在中央控制室可观察阀门位置。

3) 装有安全装置，当气源被切断时可防止阀处于关闭位置而损坏设备。

4) 成本较高。

超高压阀的主要参数见附表42-14。

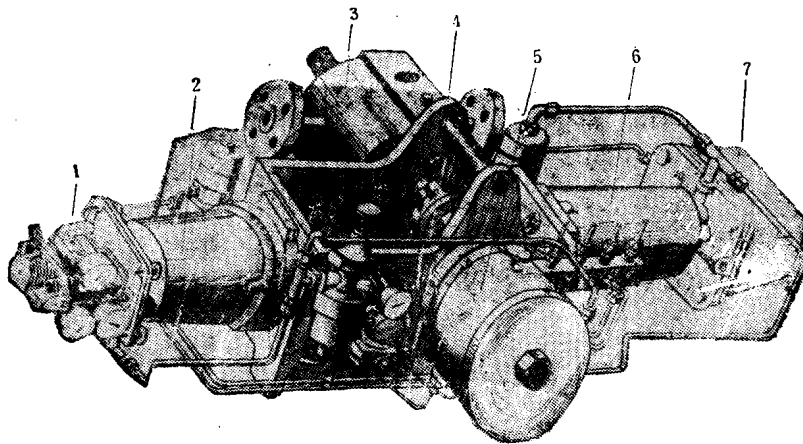


图42.3-16 超高压阀的结构图

1、7—阀门定位器 2、6—气缸 3—阀体 4—连杆 5—阀位传送器



### 2.11 隔膜阀

隔膜阀的结构如图 42.3-17 所示。隔膜由螺钉和阀芯连接，并被阀体、阀盖用螺栓、螺母夹紧，阀杆的位移带动阀芯，使隔膜作上下动作，改变它与阀体堰面间的流通面积，从而调节介质的流量。这种阀的优、缺点是：

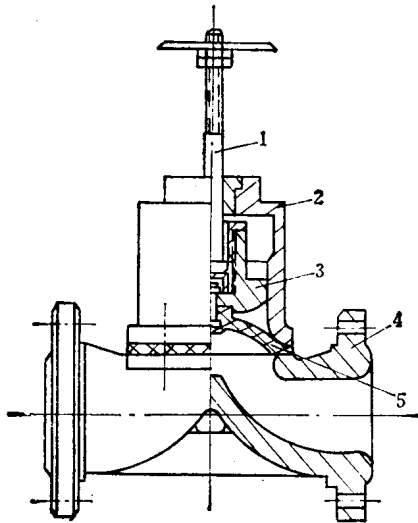


图42.3-17 隔膜阀的结构图

1—阀杆 2—阀盖 3—阀芯 4—阀体 5—隔膜

1) 阀的流路简单，阻力小，流通能力较同口径的直通单、双座阀大。

2) 介质由隔膜与外界隔离，故无需填料函密封。

3) 采用耐腐蚀衬里的阀体和耐腐蚀的隔膜。阀体材料采用铸铁、铸钢、陶瓷和酚醛增强塑料，衬里材料采用天然橡胶和聚苯硫醚，隔膜材料采用氯丁橡胶和聚四氟乙烯。该阀特别适用于有腐蚀性或带颗粒体的介质。

4) 由于隔膜衬里的限制，耐压耐温较低 ( $P_g \leq 10 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $t < 150^\circ\text{C}$ )。

5) 流量特性近似快开特性。

隔膜阀的主要参数见附表42-15。

### 2.12 阀体分离阀

阀体分离阀的结构如图 42.3-18 所示，阀体分为上阀体和下阀体两个部分。用螺栓把阀座连接在两阀体之间。这种阀的优、缺点是：

1) 阀体采用耐腐蚀衬里，阀盖、阀芯、阀座

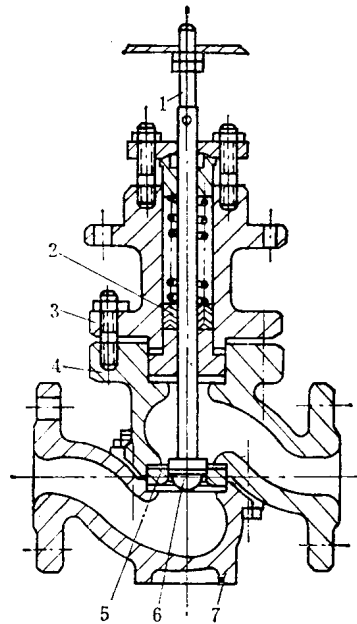


图42.3-18 阀体分离阀的结构图

1—阀杆 2—填料 3—阀盖 4—上阀体 5—阀座 6—阀芯 7—下阀体

采用耐腐蚀的衬压件，适用于强酸、强碱等强腐蚀介质。

2) 阀体流路简单，衬里均匀，光滑平整，适用于高粘度流体。

3) 阀体可拆为上、下两个阀体，便于清洗阀体内的杂质，适用于带有悬浮颗粒、纤维介质及结晶介质。

4) 与隔膜阀相比，调节性能比隔膜阀好，耐压、耐温也较隔膜阀高。

5) 为保证阀芯、阀座与上下阀体的同心度，加工、装配要求较高。

阀体分离阀的主要参数见附表42-16。

### 2.13 小流量阀

小流量阀的结构如图 42.3-19 所示。这种阀的优、缺点是：

1) 结构紧凑，体积较小，重量轻。

2) 阀芯型式采用锥形或圆柱开槽形（通过拉槽深度来改变流通截面），可对小流量进行调节。一般调节阀的流通能力最小为0.08，而小流量阀的流通能力最小可达0.05~0.0012。

3) 流量特性为直线特性。