

**一、调节阀在自动控制中的作用:**

调节阀是自动调节系统不可缺少的组成部分, 接受来自调节器的输出信号, 从而改变调节介质流量, 完成调节功能。它的性能和动作完成的好坏, 直接影响调节质量和效果, 是自动调节系统一个重要环节。气动薄膜调节阀是经常使用的执行器, 与气动调节仪表配套使用, 可以实现工业生产过程中的工艺参数的自动化调节, 目前, 国内外普遍使用的是电动单元组合仪表, 有Ⅱ型、Ⅲ型、带微机的智能化仪表及集散型控制系统, 这是自动化仪表发展的主流方向, 气动仪表只是在特定的条件下及配套设备上使用。但是做为气动仪表的气动薄膜调节阀, 在现实的使用中却大放光彩, 原因是它不但可以和气动仪表配套使用, 而且在配上电——气转换器后就可做为电动仪表的执行器, 组成调节系统。该阀的优点是, 结构简单、操作方便、使用可靠、维修方便, 防火防爆, 是目前生产的电动调节阀无法比美的, 因此广泛应用在石油化工、冶金、电力等行业。

**二、气动薄膜调节阀的工作原理及工作形式**

气动执行器由执行机构和调节机构两部分组成。气动执行机构包括: 气动薄膜, 气动活塞, 气动长行程三种执行机构。调节机构为: 阀、闸板, 调节阀等, 有直、角行程两种。该阀是由气动薄膜执行机构和调节阀组成。

**1. 型号**

型号表示方法是由两节字母和数字组成, 第一节为四个方框表示结构形式, 后一节为三个方框, 表示工作压力、开闭形式、工作温度, 中间以横线连接。

气动薄膜调节阀的型号命名

Z	M	A	B	P	N	S	T	O	X	U	W		K	B	
执 行 器 式	薄 膜 用	正 作 用	反 作 用	直 通 座 阀	直 通 座 阀	角 形 阀	隔 膜 阀	三 通 阀	三 通 分 流 阀	体 分 流 阀	螺 纹 阀	公 称 压 力	气 开 闭	气 开 闭	工 作 温 度

其中, 工作温度; 不注字的为  $t = -20^{\circ}\text{C} \sim +250^{\circ}\text{C}$ ; 注有“G”的为  $t > 225^{\circ}\text{C}$ ; 注有“T”的为  $t < -60^{\circ}\text{C}$ 。

**2. 工作原理 (正作用气闭阀)**

$0.2\text{--}1\text{kg/cm}^2$  的气压信号通过接口进入膜片上

空腔, 压力信号在有效面积的波纹膜片上产生作用力; 该力通过膜片下面的托板刚性传送到连接杆, 带动下面的阀芯动作, 与阀座形成一定开度, 信号压力越大, 推力越大, 反之越小, 在连杆下移时同时压缩弹性很大的弹簧, 当托板的推力和弹簧的反作用力相平衡时, 阀芯便停留在一定位置, 从而使一定的压力信号对应一定的阀门开度。一般情况下两者是线性的, 行程为  $10\text{--}100\text{mm}$  左右, 这就是正作用气闭阀的工作原理, 如图 1 所示, 气动薄膜调节阀还有正作用气开阀, 反作用气闭, 气开阀四种工作型式, 只是改变阀芯位置和倒换信号压力输入入口而构成的。

**3. 工作型式**

根据工艺条件, 介质性质决定阀门的结构型式 (单双阀座)、公称压力、开闭形式 (气开、气闭)。单阀座密封性能好, 泄漏量小, 但流体对阀芯推力较大, 不宜使用在大差压、大口径的场合 (高压)。双阀座流通能力大, 流体对阀芯推力小, 但泄漏量大。公称压力的选择较简单, 只要该阀的耐压大于系统压力即可。开闭形式的选择就是根据系统及设备的安全要求而决定, 气闭阀在事故 (断电、断气) 时打开, 如锅炉给水调节阀。气开阀在事故 (断电、断气) 时

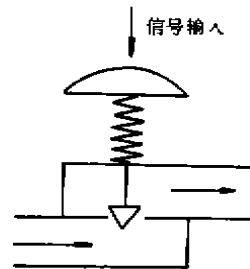


图 1 气动薄膜调节阀示意图 (正作用气闭阀)

关闭, 一般情况下是出口阀及加热用的蒸汽调节阀。目的就是防止事故时使生产系统及设备发生更大的破坏。

**三、气动薄膜调节阀的流量特性及其选择原则**

信号压力的大小和阀位的开度是成线性的 (行程), 但是阀位开度和流量的大小成什么关系, 这就是调节阀的流量特性。流量特性直接影响调节质量和系统的稳定性, 不同的被调参数和不同的设备对象、工艺流程, 它们在被调时显示出不同的特性, 因此要根据不同的被调参数、对象, 选用不同流量特性的阀门。

理想流量特性: 是指调节阀两端压差不变时相对流量与相对开度 (行程) 的关系。

$$\frac{Q}{Q_{max}} = f \frac{L}{L}$$

式中：Q：1—某一开度时，调节阀的流量， $m^3/h$ ，及阀杆行程，mm。

$Q_{max}$ 、L—调节阀全开时的最大流量  $m^3/h$ ，及阀杆全行程，mm。

理想流量特性取决于阀芯的几何尺寸，不同的阀芯曲面可得不同的理想流量特性，这是调节阀本身所固有的特性，也就是不同的阀门有不同的流量特性，如图2所示。

工作流量特性：是指调节阀前后两端压差变化情况下得到的流量特性。在一般的工艺流程或系统中，理想流量特性不能保证，产生的原因是：<1>在能源压头改变时，系统的阻力件压差发生变化，促使调节阀差压发生变化。<2>，系统流量发生变化时，促使调节阀压差发生变化，流量大时差压小，流量小时差压大。这样阀门的理想特性就成为工作流量特性，这是我们研究的主要对象。

1. 直线流量特性：单位行程变化所引起的流量变化是恒定的，即调节阀的相对开度与相对流量成直线关系。

1/L	开度	10%	50%	80%
Q/Q <sub>max</sub>	流量	10%	50%	80%

但是，实际上对于调节作用有意义的是流量相对变化率，即单位行程所引起的流量变化量与原来行程位置下流量的比值。

$$\delta = \frac{Q_{增} - Q_{原}}{Q_{原}} \times 100\%$$

因为在实际调节过程中，阀门不是处于全开或全关的位置，而是处于无定位状态，也就是阀门可以稳定在任何位置上，以满足不同的工艺要求。当干扰出现时，产生偏差信号，它只能使阀门在原来的位置上产生上下微小的位移，这是调节的动态，并且对被调参数、设备对象影响很大。所以我们研究  $\delta$  是很有意义的，它直接可以看出不同特性阀门对调节系统调节的功能和能力。

对于直线阀，如果在这三点都增加 1/L 行程 10%，由此而引起的相对流量变化率  $\delta$  却是不同的。

1/L	10%	50%	80%
Q/Q <sub>max</sub>	10%	50%	80%
1/L = 10%	$\delta = \frac{20 - 10}{10} \times 100\% = 100\%$		
1/L = 50%	$\delta = \frac{60 - 50}{50} \times 100\% = 20\%$		
1/L = 80%	$\delta = \frac{90 - 80}{80} \times 100\% = 12.5\%$		

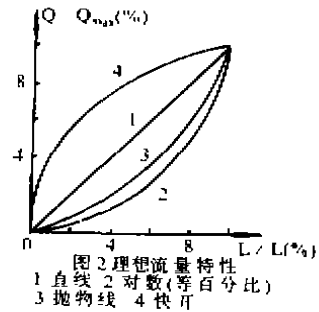
由上分析可见，在小流量（小开度）时  $\delta$  大，在大流量（大开度）时  $\delta$  小，因此直线特性调节阀工作

在小开度时，调节性能强，相对流量变化率过于激烈，不易控制，小干扰大克服往往容易过头，引起系统振荡。而在大开度时，相对变化率过小，调节性能弱，太迟钝，大的干扰不能很快克服。

2. 对数特性（等百分比）：对数流量特性是指单位开度变化所引起的相对流量变化值与此点相对流量成正比。

1/L	10%	50%	80%
Q/Q <sub>max</sub>	4.67%	18.3%	50.8%

对数阀在开度小时流量小，开度大时流量较大。如果仍按上述在 10、50、80 三点都增加 10%，由此



引起的相对流量变化率  $\delta$  却是相等的。

1/L = 10%	$\delta = \frac{6.58 - 4.67}{4.67} \times 100\% = 40\%$
1/L = 50%	$\delta = \frac{25.6 - 18.3}{18.3} \times 100\% = 40\%$
1/L = 80%	$\delta = \frac{71.2 - 50.8}{50.8} \times 100\% = 40\%$

由上可见对数阀在全刻度的任一行程上，单位行程所引起的流量相对变化率即百分比总是相等的，所以又称为等百分比特性。

对数阀在小开度时，放大倍数小，缓和平衡，利于操作控制，而在大开度时，放大倍数大，工作能灵敏有效。在自动化调节系统中是最常用的阀门，能适应各种负荷条件下，均能保持正常运行。

3. 快开特性，小开度调节。

4. 抛物线特性：特性在直线和对数之间，流量特性的选取：

目前，工业生产中常用的调节阀为直线、对数、快开特性三种。一般选取直线、对数特性即可满足工艺调节要求，快开特性适应于二位调节。对于比较难控制和要求较严的对象，调节阀的流量特性选择要慎重，具体分析，抓住主要矛盾，酌情处理，一般可从下列几个方面出发来考虑。

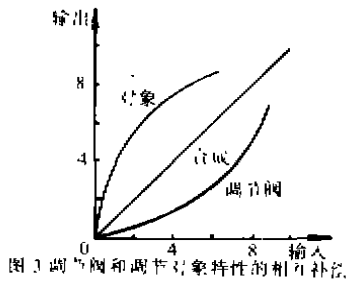
1. 用调节阀的非线性去补偿过程的非线性，使系统总的增益变化较小，稳定。如放大系数 K。随负荷的加大而趋向减小的工业对象，可选用 K<sub>0</sub> 随负荷的加大而趋向增加的调节阀，便能达到两者变化相

互抵消,如图3所示,对数阀特性具有这种性能,应用十分广泛。

2. 工艺管道情况

同一调节阀在不同管路中,由于网上压差受工艺管路阻力不同的影响,所以显示出不同的流量特性,因此要根据系统对调节阀的流量特性要求和结合工艺管道阻力的具体情况来选择相适应的流量特性,一般情况下,

- $S = 1 \sim 0.6$  { 实际特性, 直线, 对数  
理想特性, 直线, 对数
  - $S = 0.6 \sim 0.3$  { 实际特性, 直线, 对数  
理想特性, 对数, 对数
  - $S < 0.3$  时, 控制不适宜。
3. 适应系统的负荷波动



由于对数特性阀它的放大系数  $K_d$  随行程而增大,而其相对流量变化率在不同开度时是相等的,因此,对数特性调节阀可以适应系统负荷的较大幅度波动,而仍能保持有较好的调节性能,而直线特性阀则显得较差。

4. 考虑调节阀的工作条件和使用寿命

当调节阀经常工作在小开度时,宜采用对数特性阀,当介质是微小颗粒时,可选用直线阀,因为该阀的阀芯比对数阀的阀芯瘦(锥角小)不易磨损,所以寿命较长,如系统对阀门的特性无严格要求,从使用寿命考虑,多选用直线阀。

5. 调节阀工作特性的改善

在理想特性不能满足工艺要求或实际流量特性变化时,可改变阀芯角度,从新加工,有时要配制阀门定位器,修改反馈凸轮,使阀门有更好的工作特性,以适应自调系统的需要。

四、流通能力 C 值的计算和调节阀口径的确定

调节阀的型号和流量特性确定后,就要计算所需流通能力,并以此确定 C 值及其公称通径  $D_g$  和阀座直径  $D_s$ 。

流通能力 C 值的定义:我国规定,在调节阀前后压差为  $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ ,流体重度为  $1\text{kgf}/\text{cm}^3$ ,每小时通过调节阀的流体  $M^3$  数值,表示流通能力 C

值的大小。如阀前后压差为  $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ ,每小时通过的水量为  $25\text{m}^3$ ,则该调节阀的 C 值为 25,实际上也就是该调节阀的额定容量。

1. 落实工艺条件

主要是最大流量和最小流量,相应的阀前后压力或压力差,系统总阻力等,工艺提供的条件有时可能不够准确,如动力压头及流量变化,材质及安装等情况,应彻底了解和掌握,流通能力应留有一定余量,以利以后扩容。

① 要先求出  $\Sigma\Delta P_F$ (应包括系统中所有串联局部阻力件在最大流量时的压降损失),由工艺专业提供。

② 计算调节阀压差: a. 选择调节阀前后最近的两个压力基本稳定的装置或设备作为系统计算范围, b. 按最大流量计算各局部阻力之和  $\Sigma\Delta P_F$ , C. 按系统具体情况选取 S 值, D. 计算公式。

$$\Delta P = \frac{S \cdot \Sigma\Delta P_F}{1 - S}$$

式中:  $\Delta P$ —调节阀差压

$\Sigma\Delta P_F$ —最大流量时管路阻力降

$$S = \frac{\Delta P}{\Sigma\Delta P_F + \Delta P}$$

2. C 值的计算

<1> 一般液体 C 值的计算

$$C = Q \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P}} = \frac{G}{\sqrt{\Delta P \cdot \gamma}}$$

式中: Q, G—工艺所提供的体积或重量流量

$\Delta P$ —阀门前后压差

$\gamma$ —重度

<2> 气体 C 值的计算

由于气体具有可压缩性,重度可变,同时流量还受临界压缩比  $\beta$  的限制 ( $\frac{P_2}{P_1} < \beta$  时,流量不再增加),所以计算 C 值较为复杂,方法有,阀前重度法、阀后重度法、平均重度法、压缩系数法,目前常用国际通用的平均重度法。

① 一般气体的计算

(亚临界)  $P_2 > 0.5P_1$  时

$$C = \frac{Q_N}{380} \sqrt{\frac{\gamma_N(273+t)}{(P_1 + P_2)\Delta P}}$$

(超临界)  $P_2 < 0.5P_1$  时

$$C = \frac{Q_N}{330} \sqrt{\frac{\gamma_N(273+t)}{P_1}}$$

式中:  $Q_N$ —标准情况下的流量

$\gamma_N$ —标准情况下的重度

$P_1, P_2$ —阀前后的绝对压力

$\Delta P$ —阀前后的压差

t—操作温度

② 蒸汽 C 值的计算 (饱和)

$P_2 > 0.5P_1$  时

$$C = \frac{G_s}{0.827K} \sqrt{\frac{1}{(P_1 + P_2)\Delta P}}$$

$P_2 < 0.5P_1$  时

$$C = \frac{1.4G_s}{KP_1}$$

式中:  $G_s$ —蒸气流量

$K$ —蒸气修正系数

③ 蒸汽  $C$  值的计算(过热)

$P_2 > 0.5P_1$  时

$$C = \frac{G_s}{16} \cdot \frac{1 + 0.0013\Delta t}{\sqrt{(P_1 + P_2)\Delta P}}$$

$P_2 < 0.5P_1$  时

$$C = \frac{G_s(1 + 0.0013\Delta t)}{1.38P_1}$$

式中:  $\Delta t$ —水蒸汽过热度,  $^{\circ}\text{C}$

这样过热蒸汽的  $C$  值比饱和蒸汽增加 0.0013 $\Delta t$  倍。

④ 高压气体的  $C$  值计算

当气体公称压力大于 100kgf/cm<sup>2</sup> 时, 可用一般气体  $C$  值的计算式的得数乘  $\sqrt{Z}$ ,  $Z$  为压缩系数, 与温度、压力有关, 由工程手册可查得。

除以上计算公式外, 还有闪蒸液体、高粘度液体、两相流体  $C$  值的计算公式, 因不常用这里省

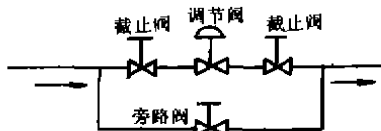


图 4 调节阀旁通示意图

略, 使用计算时, 可查有关数据。

3. 调节阀  $C$  值的选取和公称通径  $D_g$  及阀座直径  $d_g$  的确定

把工艺所提供最大流量和与之相应的最小压差代入上述适当公式, 即可得所需最大计算流通能力  $C_{max}$ , 便可由系列产品数据中选大小合适的阀。通常选用大于  $C_{max}$  并最接近它的那一档  $C$  值, 同时据此确定  $D_g/d_g$ 。

经过以上几个问题的分析, 就基本上确定了调节阀的型号, 流量特性和流通能力, 也就把阀门基本确定下来。但是调节阀的不平衡力、允许压差和稳定性的分析; 阀门定位器的配制; 气动执行器的测试; 安装和使用等问题应清楚。

#### 五、调节阀在安装和使用中应注意的问题

调节阀和气动仪表配套组成调节系统, 本质安全防爆, 用于危险场合和特定的生产过程及设备。和电动仪表配套加装安全栅等仪表, 可组成安全防爆型。目前国内外工业生产自控仪表的设计均采用这种结构形式, 广泛用于石油化工、冶金、电力等行业。可对温度、压

力、流量、液位等工业参数进行调节、控制。

调节阀安装时应注意: ①气动调节阀应安装在便于维护、修理的地方, 安装位置最好是垂直安装于水平管道上。为了检修方便调节阀体中心线与地面距离不得小于 400—700mm。安装场地应有较好的环境条件(振动和温度)。②当选定调节阀的公称通径与工艺管径不同时, 应加装异径接头(大小头)进行连接。对调节阀管线必须加装旁路(付线), 其作用是当调节阀进行维修时流体走旁通, 维持正常生产。如图 4 所示。在自调系统投入时, 也要用到旁通, 手动正常后才投入自动。③当过程仪表采用气动仪表时, 如调节阀距仪表盘较远, 气动调节器到调节阀管线较长时, 调节阀膜头较大时应考虑加装 1:1 继电器或在阀门旁加装阀门定位器。加快调节速度, 否则调节过程较长, 影响调节质量。

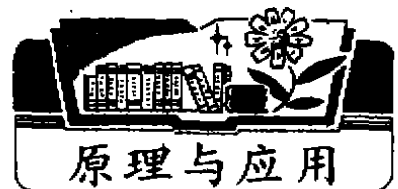
调节阀易出现的问题:

① 调节阀  $C$  值的计算是由工艺提供的原始数据而得出的, 如现实工艺条件和设计条件一致, 阀门的大小问题不大。当工艺条件和设计条件有较大差别时, 所选阀门将会出现不是过大就是偏小的情况。阀门选的过大, 阀门经常工作在小开度, 有效行程短, 可调范围显著减小, 易引起强烈振荡, 权宜措施, 是把调节阀前后阀门关小一点, 使调节阀开度增大一些, 缓和一些矛盾。但是这样做增加了系统阻力, 使  $S$  值减小, 会使流量特性变坏, 调节质量变差。阀门选的过小, 阀门全开时也不能满足生产需要, 只能把旁路阀打开一些来补救, 这时放大倍数下降, 可调比降低, 旁通开大时调节阀将不起作用, 成为人工调节。解决以上问题的办法是根据实际工况重新计算选型, 更换调节阀。使调节阀工作在最佳状态, 使被调参数稳定工作在所希望的数值上。

② 在使用过程中当阀门的流量特性不能满足生产需要时, 可配置阀门定位器, 根据具体情况适当修改阀门定位器的反馈凸轮, 使其具有更好的工作特性, 满足对象的要求。

通过以上几个问题的讨论, 对气动调节阀有了一个概括的了解。但是要做到了如指掌、运用自如, 只有理论知识是不够的, 还需要丰富的实践经验, 对工艺过程的深刻了解, 具备调节阀的调校、故障分析、修理等技术。只有这样才能根据工艺条件设计选择合适的阀门, 满足自调系统的需要。

屈念民



原理与应用