

文章编号: 1002-5855 (2006) 05-0038-04

调节阀流量特性分析及应用选择

杨世忠, 邢丽娟

(青岛理工大学自动化工程学院, 山东 青岛 266520)

摘要 介绍了调节阀的组成分类、工作原理和流量特性, 论述了调节阀的选择方法和应注意的问题。

关键词 调节阀; 组成; 流量特性; 选择

中图分类号: TH134

文献标识码: A

The flow characteristic analysis and application selection of regulating valve

YANG Shi-zhong, XING Li-juan

(Automation Engineering College of Qingdao Technological University, Qingdao 266520, China)

Abstract: This article introduces the composition and classification, the work theory, the flow characteristic of regulating valve in detail, and gives the selection method and the attention questions.

Key words: regulating valve; composition; flow characteristic; selection

1 概述

在自动控制系统中, 调节阀是其常用的执行器。控制过程是否平稳取决于调节阀能否准确动作, 使过程控制体现为物料能量和流量的精确变化。所以, 要根据不同的需要选择不同的调节阀。选择恰当的调节阀是管路设计的主要问题, 也是保证调节系统安全和平稳运行的关键。

2 调节阀的组成

调节阀由执行机构和调节机构组成, 接受调节器或计算机的控制信号, 用来改变被控介质的流量, 使被调参数维持在所要求的范围内, 从而达到过程控制的自动化。

2.1 执行机构

执行机构按照驱动形式分为气动、电动和液动 3 种。气动执行机构具有结构简单, 动作可靠, 性能稳定, 价格低, 维护方便, 防火防爆等优点, 在许多控制系统中获得了广泛地应用。电动执行机构虽然不利于防火防爆, 但其驱动电源方便可取, 且信号传输速度快, 便于远距离传输, 体积小, 动作可靠, 维修方便, 价格便宜。液动执行器的推力最大, 调节精度高, 动作速度快, 运行平稳, 但由于设备体积大, 工艺复杂, 所以目前使用不多。

执行机构不论是何种类型, 其输出力都是用于克服负荷的有效力 (主要是指不平衡力和不平衡力矩、摩擦力、密封力及重力等有关力的作用)。因此, 为了使调节阀正常工作, 配用的执行机构要能产生足够的输出力来克服各种阻力, 保证高度密封和阀门的开启。对执行机构输出力确定后, 应根据工艺使用环境要求, 选择相应的执行机构。例如, 对于现场有防爆要求时, 应选用气动执行机构, 且接线盒为防爆型。如果没有防爆要求, 则气动或电动执行机构都可选用, 但从节能方面考虑, 应尽量选用电动执行机构。对于要求调节精度高, 动作速度快和运行平稳的工况, 应选用液动执行机构。

综合各类执行器的特点, 自动控制系统普遍采用电动执行机构。如结构简单、体积小的 ZAZ 直行程类及 ZAJ 角行程类, 3610L (R) 型电子式及 SKD 型多转电动执行机构等。各类执行机构尽管在结构上不完全相同, 但基本结构都包括放大器、可逆电机、减速装置、推力机构、机械限位组件、弹性联轴器和位置反馈等部件 (图 1)。

电动执行机构一般需要与伺服放大器配套, 接受调节器的信号, 该信号经过伺服放大器放大后转换为三位继电信号, 控制可逆电机正转或反转, 带

作者简介: 杨世忠 (1973 -), 男, 讲师, 从事智能建筑及计算机过程控制的研究与应用工作。

动调节机构,使阀开启或关闭。

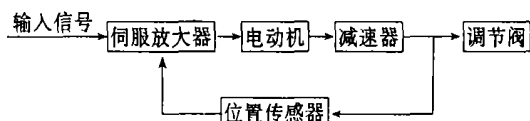


图 1 电动执行机构的方框图

2.2 调节机构

调节阀是调节阀的调节机构,它根据控制信号的要求而改变阀门开度的大小来调节流量,是一个局部阻力可以变化的节流元件。调节阀主要由上下阀盖、阀体、阀瓣、阀座、填料及压板等部件组成。在自动控制系统中,阀门主要的调节介质为水和蒸汽等。在压力比较低,使用情况单一的情况下,常用的调节阀有直通调节阀、三通调节阀和蝶阀等。

直通阀有直通单座阀和双座阀之分。单座阀结构简单,价格低廉,关闭时泄漏量小,但由于阀座前后存在的压差对阀瓣产生的不平衡力较大,所以适用于低压差的场合,例如供水管或回水管中。双座阀有两个阀瓣阀座,在其关闭状态时,两个阀瓣的受力可部分抵消,阀瓣所受的不平衡力小,但是由于热胀冷缩效应,其密封性较差,造价也较高,只适用于阀前后压差较高但密闭要求不高的场合,例如供水或回水之间的压差旁通阀。

三通阀有三个出入口与管道相连,总进水量较恒定,适用于定水量系统中,并要求有固定的安装方向,不宜反装,不适于温差较大场合。三通调节阀有合流阀与分流阀之分。合流阀是将来自两个入口的流体混合至一个出口。分流阀则是将一个入口的流体分别由两个口送出。

蝶阀结构较简单,由阀体、蝶板轴及轴封等部分组成,其行程为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。蝶阀有位式控制和比例控制 2 种方式。蝶阀的特点是阻力损失小,体积小,质量轻,安装方便,并且开启阀门和关闭阀门的允许压差较大,但其调节性能和关阀密闭性能较差,通常用于压差较大但调节性能要求不高的场所。除用作两通阀外,还可以用两个蝶阀组合,完成三通阀的功能。在自动控制系统中,开/关型电动蝶阀常用于冷水和热水系统中,作为水路的连通和关断控制。

3 性能

3.1 工作原理

根据流体力学可知,调节阀是一个局部阻力可以变化的节流元件。对不可压缩流体,调节阀的流

量可表示为

$$Q = \frac{A}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} \quad (1)$$

式中 Q ——调节阀某一开度的流量, mm^3/s

P_1 ——调节阀进口压力, MPa

P_2 ——调节阀出口压力, MPa

A ——节流截面积, mm^2

λ ——调节阀阻力系数

ρ ——流体密度, kg/mm^3

由式 (1) 可知,当 A 一定, $P = P_1 - P_2$ 也恒定时,通过阀的流量 Q 随阻力系数变化,即阻力系数愈大,流量愈小。而阻力系数则与阀的结构和开度有关。所以调节器输出信号控制阀门的开或关,可改变阀的阻力系数,从而改变被调介质的流量。

3.2 流量特性

调节阀的流量特性是指被调介质流过调节阀的相对流量与调节阀的相对开度之间的关系。其数学表达式为

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = \left(\frac{L}{L_{\max}} \right)^n \quad (2)$$

式中 Q_{\max} ——调节阀全开时流量, mm^3/s

L ——调节阀某一开度的行程, mm

L_{\max} ——调节阀全开时行程, mm

调节阀的流量特性包括理想流量特性和工作流量特性。理想流量特性是指在调节阀进出口压差固定不变情况下的流量特性,有直线、等百分比、抛物线及快开 4 种特性 (表 1)。

在实际系统中,阀门两侧的压力降并不是恒定的,使其发生变化的原因主要有两个方面。一方面,由于泵的特性,当系统流量减小时由泵产生的系统压力增加。另一方面,当流量减小时,盘管上的阻力也减小,导致较大的泵压加于阀门。因此调节阀进出口的压差通常是变化的,在这种情况下,调节阀相对流量与相对开度之间的关系。称为工作流量特性^[1]。具体可分为串联管道时的工作流量特性和并联管道时的工作流量特性。

(1) 串联管道时的工作流量特性 调节阀与管道串联时,因调节阀开度的变化会引起流量的变化,由流体力学理论可知,管道的阻力损失与流量成平方关系。调节阀一旦动作,流量则改变,系统阻力也相应改变,因此调节阀压降也相应变化。串联管道时的工作流量特性与压降分配比有关。阀上

压降越小,调节阀全开流量相应减小,使理想的直线特性畸变为快开特性,理想的等百分比特性畸变为直线特性。在实际使用中,当调节阀选得过大或生产处于非满负荷状态时,调节阀则工作在小开

度,有时为了使调节阀有一定的开度,而将阀门开度调小以增加管道阻力,使流过调节阀的流量降低,实际上就是使压降分配比值下降,使流量特性畸变,恶化了调节质量。

表 1 调节阀 4 种理想流量特性

流量特性	性质	特点
直线	调节阀的相对流量与相对开度呈直线关系,即单位相对行程变化引起的相对流量变化是一个常数	小开度时,流量变化大,而大开度时流量变化小 小负荷时,调节性能过于灵敏而产生振荡,大负荷时调节迟缓而不及及时 适应能力较差
等百分比	单位相对行程的变化引起的相对流量变化与此点的相对流量成正比	单位行程变化引起流量变化的百分率是相等的 在全行程范围内工作都较平稳,尤其在大开度时,放大倍数也大,工作更为灵敏有效 应用广泛,适应性强
抛物线	特性介于直线特性与等百分比特性之间,使用上常以等百分比特性代之	特性介于直线与等百分比特性之间 调节性能较理想 但阀瓣加工较困难
快开	在阀行程较小时,流量就有比较大的增加,很快达最大	在小开度时流量已很大,随着行程的增大,流量很快达到最大 一般用于双位调节和程序控制

(2) 并联管道时的工作流量特性 调节阀与管道并联时,一般由阀支路和旁通管支路组成,调节阀安装在阀支路管路上。调节阀在并联管道上,在系统阻力一定时,调节阀全开流量与总管最大流量之比随着并联管道的旁路阀逐步打开而减少。此时,尽管调节阀本身的流量特性无变化,但系统的可调范围大大缩小,调节阀在工作过程中所能控制的流量变化范围也大大减小,甚至起不到调节作用。要使调节阀有较好的调节性能,一般认为旁路流量最多不超过总流量的 20 %。

4 调节阀的选择

4.1 流量特性选择

流量特性^[2]的选择方法有两种,一种是通过数学计算的分析法,另一种是在实际工程中总结的经验法。由于分析法既复杂又费时,所以一般工程上都采用经验法。具体来说,应该从调节质量、工况条件、负荷及特性几个方面考虑。

(1) 根据自动调节系统的调节质量 根据自动控制原理中的特性补偿原理,为了使系统保持良好的调节质量,希望开环总放大系数与各环节放大系数之积保持常数。这样,适当选择阀的特性,以阀的放大系数变化来补偿对象放大系数的变化,从而使系统的总放大系数保持不变。

(2) 根据管道系统压降变化情况 调节阀的压降比 s 定义为该调节阀可控制的最大流量所对应阀门进出口差压 P_{1m} 和系统差压 P 之比

$$s = \frac{P_{1m}}{P} \quad (3)$$

调节阀流量特性与压降比 s 有密切的关系(表 2)。

表 2 管道系统压降选择调节阀特性

管道系统压降比 s	1 ~ 0.6	0.6 ~ 0.3	0.3 ~ 0
实际工作流量特性	直线 等百分比	直线 等百分比	直线 等百分比
所选流量特性	直线 等百分比	直线 等百分比	直线 等百分比

(3) 根据负荷变化 直线阀在小开度时流量变化大,调节过于灵敏,易振荡。在大开度时,调节作用又显得微弱,造成调节不及时,不灵敏。因此在压降比 s 较小,负荷变化大的场合不宜采用直线阀。等百分比阀在接近关闭时工作缓和平稳,而接近全开状态时,放大系数大,工作灵敏有效,因此它适用于负荷变化幅度大的场合。快开特性阀在行程较小时,流量就较大,随着行程的增大,流量很快达到最大,它一般用于双位调节和程序控制的场合。

(4) 根据调节对象的特性 一般有自平衡能力的调节对象都可选择等百分比流量特性的调节阀,不具有自平衡能力的调节对象则选择直线流量特性的调节阀。

4.2 口径选择

调节阀口径是根据工艺要求的流通能力确定的,要根据提供的工艺条件计算出调节阀的流通能力,再依据其流通能力选择调节阀的口径。流通能力是指当调节阀全开,阀两端压差为 9.81×10^4 Pa,流体的密度为 1 g/cm^3 时,每小时流经调节阀的流量值,该值以 m^3/h 或 kg/h 为单位。调节阀

的流通能力是合理选择阀门及阀门口径的一个重要参数,通过对调节阀流通能力的计算,对比厂家提供的技术参数确定阀门口径的大小。对于自动控制系统来说,水是流经调节阀的常见的介质之一,所以以水为例介绍调节阀的流通能力 C

$$C = \frac{316Q}{\sqrt{P}} \quad (4)$$

实际工程中,阀门口径是分级的, C 值通常也不是连续值(公式计算的 C 值是连续的)。不同厂商的同类型产品有不同的 C 值与口径对应表。在计算出期望的 C 值后,就可以查阅生产商的相应产品数据表来决定所需的阀门口径。选取阀门口径的原则应尽可能接近或大于计算结果,不应小于计算结果。

4.3 选用注意事项

(1) 调节阀直接按照接管管径选取是不合理的。阀门的调节品质与接管流速或管径没有关系,阀门的调节品质仅与水的阻力及流量有关。亦即一旦系统设备确定之后,理论上适合该系统的阀门只有一种理想的口径,而不会出现多种选择。

(2) 调节阀口径不能过小。选择的阀门口径过小,一方面会增加系统的阻力,甚至会出现阀门口径 100% 开启时,系统仍无法达到设定的容量要求,导致严重后果。另一方面阀门将需要通过系统提供较大的压差以维持足够的流量,加重泵的负荷,阀门易受损害,对阀门的寿命影响很大。

(3) 调节阀口径不能过大。选择的阀门口径过大,不仅增加工程成本,而且还会引起阀门经常运行在低百分比范围内,引起调节精度降低,使控制性能变差,而且易使系统受冲击和振荡。

(4) 为了保证系统控制品质,最好的方法是在系统允许的范围内选择能获得较大压力降的阀门口径,使阀门在运转过程中压力降的变化值尽可能小。阀门全开状态下的压力降占全泵压百分比越高,则阀门压力降相对变化值越小,阀门的安装特性就越接近其内在特性。

(5) 控制系统中调节阀应尽可能工作于恒定的压力降条件下,因为阀门是否匹配盘管依赖于它的内在特性和流量因子,而这些阀门参数取决于恒定的阀门压力降。

5 结语

设计调节阀时,要求对调节阀的组成、分类和特性有一个清楚的认识,并在此基础上掌握正确的选择方法。而且,对于一个实际系统配置调节阀时,还需要对整个管系环路进行详尽的分析,综合考虑各种因素。只有这样,才能正确地选择调节阀,保证调节系统的控制质量。

参 考 文 献

- [1] 李中华. 自动控制系统中调节阀的设计 [J]. 中氮肥. 2002 (1). 43 - 46.
- [2] 张九根, 马小军, 朱顺兵. 建筑设备自动化系统设计 [M]. 北京: 人民邮电出版社. 2003, 60 - 66.

(收稿日期: 2006. 05. 30)

(上接第 32 页) 巨大的价格优势。FGD 直接按照国外先进国家的标准来强制指定,在起点高的同时无疑也将给我国陶瓷阀门的发展带来非常难得的机遇。

据 McIlvaine 公司的《世界阀门市场》预测,到 2008 年,全世界的工业阀门市场销售额将达到 460 亿美元,其中自动调节和控制阀门的销售额将超过 110 亿美元,其他阀门的销售额将分别为:球阀 105 亿美元,蝶阀 48 亿美元,闸阀和截止阀 81 亿美元,国际市场潜力巨大。

5 结语

新材料技术是 21 世纪人类文明实现持续和突破发展的关键核心和必由之路,陶瓷阀门必将伴随着材料技术的发展而发展,这是一项方兴未艾、永无止境的事业。同时,我们应注重发挥在技术、人才和成本等方面的优势,以陶瓷阀门这一高端阀门

产品为契机,不断的改进和创新,在新材料应用和开发新的加工工艺方面有所突破。在现有 Al_2O_3 和 ZrO_2 的基础上,还应努力开发其他新材料的应用(例如 SiC 、 Si_3N_4 等),使陶瓷阀门能应对更多复杂环境,适用范围更广泛。研发新的成型、烧结和加工工艺,以及陶瓷增韧塑化和微裂纹控制等新技术,提高产品品质和可靠性,降低制造风险和生产成本。积极拓展陶瓷阀门的种类和规格,使其具备较强的配套能力。

参 考 文 献

- [1] 钦征骑. 新型陶瓷材料手册 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.
- [2] 杨源泉. 阀门设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 孙维一. 国外机械工业基本情况—阀门 [Z]. 沈阳: 沈阳阀门研究所, 1994.

(收稿日期: 2006. 05. 23)