

● 施俊良 著

的选择 调节阀

32
3

中国建筑工业出版社

调节阀的选择

施俊良 著

中国建筑工业出版社

049174

调节阀是自动调节系统中的重要环节，如选用不当有时会导致整个系统失去自动调节功能。本书详细介绍了调节阀的结构、流量特性与流通能力 C 的计算方法。探讨了影响加热器静特性的主要因素，并推导出静特性计算公式。最后介绍调节阀的选择，重点是三通调节阀选择，提出了三通阀总流量波动的普遍公式和最佳阀权度的概念及寻找最佳阀权度的标准方程。如三通阀选配恰当，可获得显著的节能效果。

本书虽仅研究暖通空调自动调节系统中调节阀的选择，但研究方法和结论可推广至其他热工调节系统。故本书可供从事暖通空调、热工自动调节的工程技术人员与运行管理人员使用，也可供化工、石油和机械行业的有关人员参考。

调节阀的选择

施俊良 著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：6⁵/₈。字数：149 千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数：1—4,960 册 定价：1.05元

统一书号：15040·5017

序

施俊良同志的新著《调节阀的选择》一书，即将由中国建筑工业出版社出版，这是一件令人高兴的事情。

随着科学技术的飞速发展，所谓“A”的革命已进入实施阶段。“A”是英语Automation即自动化的第一个字母。它包括了工厂自动化(FA)、办公自动化(OA)、住宅自动化(HA)、商店自动化(SA)、医疗自动化(MA)……等等方面。而自动控制系统是保证质量提高效率的重要手段。现代工业设备的容量愈来愈大，参数愈来愈高(如高温、高压、超临界运行等)，高层建筑愈来愈多，因而技术要求也必然愈来愈高。

任何自控系统都是由检测环节(变送器或传感器)、调节环节和执行环节以及调节对象组成。从地域分布来说，又可分为中控室和现场两部分。在我国自控技术的发展过程中，许多专家和工程技术人员都突出感到，存在一个“两头小中间大”的问题。中控室用的自动调节控制装置发展较快，从气动单元组合仪表(QDZ—I；QDZ—II及QDZ—III系列)、电动单元组合仪表(DDZ—I；DDZ—II及DDZ—III系列)、电动组装仪表(MZ—III及TF—900系列)到数字式单回路控制系统(如YS—80系列)以及多回路集散系统。后两者都带有微机，具有和上位机联机通讯的能力。但相比之下，对检测元件和执行器的发展却重视不够，而这两“头”恰恰是确保自控系统正常工作十分重要的环节。它们品种规格繁多，环境条件恶劣，接触介质的部位还

有相应的防腐蚀要求，而动作还必须准确可靠，因此研制的难度很大。

就调节阀来说，应该从两方面加强工作：一是研制出能满足多种需要的高质量产品；二是正确选用。本书就是针对调节阀的正确选用而写的。虽然研究的范围侧重于暖通空调系统，但其研究方法和某些结论仍可适用于其他工业自动化系统。

希望本书的出版，能进一步引起有关方面对执行器的重视，使这一重要领域在开发、制造和使用等方面都能尽快赶上世界先进水平。

中国仪器仪表学会过程检测学会理事

执行器专业委员会主任委员

高级工程师

冯锡嘉

1985年11月

前 言

在自动调节系统的设计中，调节阀的选择是一个十分重要的环节。由于调节阀选用不当而使整个自动调节系统失去自动调节功能的例子是屡见不鲜的，国内外均有此情况。正确选择调节阀，合理地确定水泵的扬程，还有明显的节能效果。因此一定要重视调节阀的选择。

为了说明调节阀在自动调节系统中的应用，以图 0-1 所示的室温自动调节系统为例。图中温度敏感元件 2 反映室温，通过温度调节器 3 将室温的测量值与要求值进行比较运算，根据运算结果控制调节阀 5 上部的执行机构 4，改变调节阀的开度，使流入蒸汽加热器 1（装在送风道上）的蒸汽量发生变化，从而使流入室内（通过风道）的热量与流出到室外的热量自动保持平衡，实现室温的自动调节。

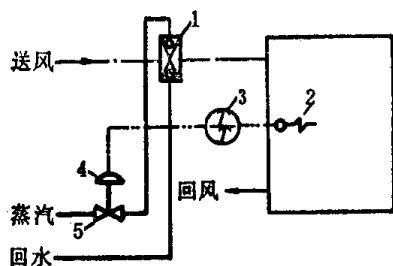


图 0-1 室温自动调节示意图

1—蒸汽加热器； 2—温度敏感元件； 3—温度调节器； 4—执行机构；
5—调节阀

假定要求室温控制在 20°C ，当没有外界干扰时调节阀开

度为50%，通过阀门的蒸汽流量为10kg/h，此时室温测量值与要求值相同（即20°C），系统达到平衡状态，如图0-2中的实线所示。

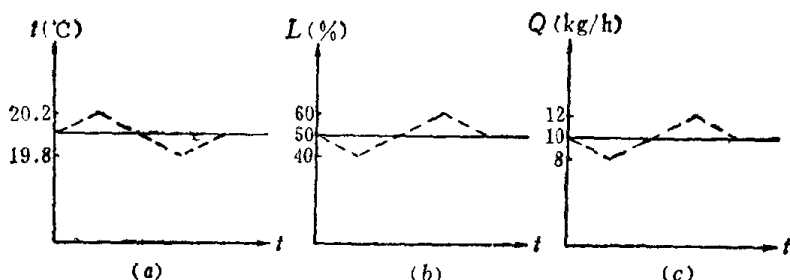


图 0-2 室温与调节阀开度和蒸汽流量的关系曲线

由于室外温度的变化，蒸汽加热器前送风温度的变化，蒸汽压力的变化，室内照明灯的开关和工艺设备的开停，都会使室温发生变化。当室温从20°C升高到20.2°C，此时室温测量值与要求值不相同，即产生偏差，为了克服这个偏差，调节阀的开度应从50%减小到40%，通过阀门的蒸汽流量从10kg/h减少到8kg/h，如图0-2中的虚线所示。

同样道理，如果室内外的干扰使室温从20°C下降到19.8°C，此时阀门开度应从50%增大到60%，使通过阀门的蒸汽流量从10kg/h增加到12kg/h。

有人把调节器比喻为自动调节系统的“头脑”，而把调节阀比喻为自动调节系统的“手脚”。“头脑”简单固然影响调节质量，但仍然可以使用，倘若“手脚”不灵，往往使整个系统瘫痪。

由于调节阀既是管道系统中的一个元件，又是自动调节系统中的一个环节，控制的对象往往是热交换器，因而要正

确选择调节阀，不仅需要对这个问题的重视，而且需要了解流体力学、热工学、自动调节原理和自动调节仪表方面有关的基本知识。

本书共分五章。第一章介绍调节阀的结构，在这一章中将根据工艺条件来选择调节阀的结构型式和材质。第二章介绍调节阀的流量特性和流通能力，在计算气体调节阀的流通能力 C 时，除了介绍常用的压缩系数法外，本书还着重介绍并推荐阀后密度法。由于研究换热器的特性是正确选择调节阀流量特性和确定阀压差的基础，所以本书第三章专门研究换热器的特性。在这一章中着重探讨影响热水加热器静特性的主要因素，根据质调节和量调节的不同特点，推导出再加热器和预加热器静特性的计算公式。由于其结论比较简明，故易于在实际工作中使用。对于换热器的水阻力，根据作者的研究结果，从理论上说明目前我国通用的表冷器水阻力计算公式忽略肋管长度对水阻力的影响是有问题的。现行按新表冷器实测数据决定表冷器水阻力经验公式的方法不能反映实际运行中旧表冷器的水阻力，因而本书建议测定旧表冷器的水阻力以进一步完善水阻力的计算方法。本书第四章介绍直通调节阀的选择，为了便于使用，在书末附录中列有常用直通阀的蒸汽流量计算表和水流量计算表。第五章是本书的重点，介绍三通调节阀的选择。作者在这一章第二节中探讨三通阀总流量波动的普遍公式，提出最佳阀权度的概念并建立寻找最佳阀权度的标准方程，作出在最佳阀权度下各种三通阀的总流量变化曲线和工作流量特性曲线，指出非对称型（直线一等百分比理想特性）三通阀与冷热水热换热器相配，当阀权度 $P_v = 0.367$ 时，既可保证自动调节系统的稳定性，与 $P_v = 0.5$ 相比，还可使阀压降减小42%，从而使

水泵的扬程显著降低。这一章第二节的主要结论曾在1985年第一次世界暖通空调大会上发表。

本书虽较侧重于研究暖通空调自动调节系统中调节阀的选择，但其研究方法和有关结论可以推广到其他热工调节系统中。

本书可供从事暖通、空调和热工自动调节的工程技术人员和运行管理人员使用，也可供化工、石油和机械行业的有关人员参考。

在本书写作过程中，得到机械工业部第六设计研究院李志浩工程师、湖北汽车工业学院胡运康工程师和同济大学宋子彦老师的热情帮助，在此致以深切的谢意。

施俊良 1985.6.

目 录

第一章 调节阀.....	1
第一节 调节阀的工作原理.....	1
一、伯努利方程式.....	1
二、调节阀的节流原理.....	3
第二节 调节阀的结构.....	4
一、调节阀的阀芯.....	5
二、调节阀的上阀盖.....	7
三、调节阀的填料.....	8
第三节 调节阀的品种.....	10
一、直通双座调节阀.....	10
二、直通单座调节阀.....	11
三、三通调节阀.....	12
四、小流量调节阀.....	13
五、套筒型调节阀.....	14
六、低温调节阀.....	16
七、波纹管密封调节阀.....	17
八、角形调节阀.....	18
九、高压调节阀.....	19
十、隔膜调节阀.....	19
十一、阀体分离调节阀.....	21
十二、偏心旋转调节阀.....	22
十三、蝶阀.....	23
第四节 调节阀的执行机构.....	24

一、气动执行机构	25
二、阀门定位器	29
三、电动执行机构	37
第五节 调节阀的允许压差	40
一、调节阀的不平衡力	40
二、执行机构的输出力与调节阀的允许压差	46
第二章 调节阀的流量特性和流通能力	49
第一节 调节阀的流量特性	49
一、流量特性的定义	49
二、理想流量特性	50
三、工作流量特性	56
第二节 调节阀的流通能力	66
一、流通能力的定义	66
二、液体的C值计算	68
三、气体的C值计算	71
四、蒸汽的C值计算	80
五、特殊情况下的C值计算	83
第三章 热交换器的静特性	89
第一节 热水加热器的静特性	89
一、量调节	90
二、质调节	98
三、结论及其应用	102
第二节 蒸汽加热器的静特性	105
第三节 热交换器的水阻力	107
一、国内现在采用的计算方法和问题	108
二、旧表冷器水阻力的估算公式	113
第四章 直通调节阀的选择	114
第一节 直通调节阀流量特性的选择	114
一、从调节系统的调节品质来分析	114

二、从调节阀压降情况分析	117
三、从负荷变化情况来分析	118
第二节 直通调节阀口径的选择	118
一、蒸汽直通阀	119
二、热（冷）水直通阀	121
第三节 调节阀开度和可调比的验算	123
一、调节阀开度的验算	123
二、可调比的验算	125
第五章 三通调节阀的选择	128
第一节 三通阀的流量特性和阀权度	128
第二节 三通阀的总流量波动和阀权度	129
一、对称型三通调节阀	130
二、非对称型三通调节阀	137
三、几种三通调节阀的比较	144
四、使用非对称三通阀的节能效果	149
第三节 三通阀的实际可调范围和阀权度	150
第四节 三通调节阀的选择方法	155
一、三通阀流量特性和阀权度的确定	155
二、阀压差的确定和阀径选择	156
三、选择举例	160
附 录	167
附表1-1 电动调节阀主要参数表	167
附表1-2 B型电动调节阀主要参数表	168
附表1-3 C型电动调节阀主要参数表	169
附表1-4 电动调节阀外形尺寸	170
附表1-5 小流量电动调节阀主要参数表	171
附表1-6 VP型直通单座调节阀主要参数表	171
附表1-7 VN型直通双座调节阀主要参数表	172
附表1-8 VQ型、VX型三通调节阀主要参数表	172

附表2-1	液体在15~20°C时的密度表(g/cm^3)	173
附表2-2	饱和水蒸汽及过热水蒸汽的密度表(kg/m^3)	174
附录3-1	式(3-96)的证明	190
附表4-1	VP型直通单座调节阀饱和蒸汽流量计算表	195
附表4-2	ZAP型小流量电动调节阀饱和蒸汽流量计算表	197
附表4-3	VP型直通单座调节阀水流量计算表 ($\rho_s=1\text{g}/\text{cm}^3$)	198
附表5-1	VQ型、VX型三通调节阀水流量计算表 ($\rho_s=1\text{g}/\text{cm}^3$)	199
参考文献		200

第一章 调 节 阀

第一节 调节阀的工作原理

调节阀是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。了解调节阀的工作原理，要从伯努利方程式开始。

一、伯 努 利 方 程 式

在流体力学中，流体的压力常常用高度来表示，人们把它叫做压头。流体的压头有三种：

流体所在位置距标准面的高度叫做几何压头，用流体距标准面的高度 h 来表示。

流体因有压力而具有的压头叫做静压头，它的大小等于液柱的压力，用公式表示就是：

$$\text{静压头} = \frac{p}{\rho g}$$

式中 p ——流体的压力；

ρ ——流体的密度；

g ——重力加速度。

流体在流动时因流速而造成的压头叫做速度压头，它用公式表示就是：

$$\text{速度压头} = \frac{w^2}{2g}$$

式中 w ——流体的流速。

几何压头、静压头和速度压头的总和叫做流体的总压头，用公式表示就是：

$$\text{总压头} = h + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} \quad (1-1)$$

如果流过管道的流体是理想流体，就是说流体流过管道和阀门时没有能量损失，根据能量守恒定律，流体的总压头始终是相等的，用公式表示就是：

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (1-2)$$

这个公式就叫做伯努利方程式，用文字表示就是：当理想流体作稳定流动时，管道上任一断面的总压头不变，如图 1-1 所示。

对于实际流体，由于内摩擦力（总是与运动方向相反）的存在，流体在流过管道和阀门时，总有机机械能转化为热能（由摩擦引起的），使机械能量不守恒，因而实际流体的伯努利方程式为

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_r \quad (1-3)$$

式中 h_r ——由于摩擦引起的单位重量液体的能量损失，常称为压头损失。

与图1-1相对应，实际流体的总压头示意如图1-2所示。

对于图1-2所示的水平管道，如果各处的断面是相同的，即 $h_1 = h_2$ ， $w_1 = w_2$ ，则

$$h_r = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} \quad (1-4)$$

压头损失 h_r 也可用下式来表示

$$h_r = \sum \xi_i \frac{w^2}{2g} \quad (1-5)$$

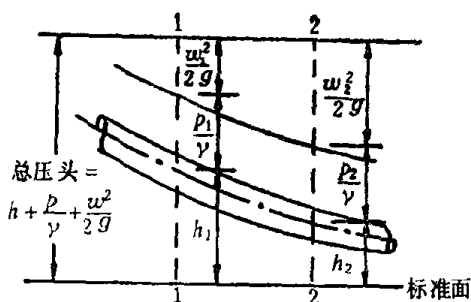


图 1-1 理想流体伯努利
方程式图解

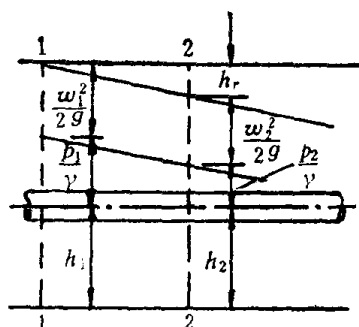


图 1-2 实际流体伯努利
方程式图解

图中 $\gamma = \rho g$

就有

$$w = \frac{1}{\sqrt{\Sigma \xi_i}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

$$Q = Fw = \frac{F}{\sqrt{\Sigma \xi_i}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (1-6)$$

式中 $\Sigma \xi_i$ ——管道各处阻力系数之总和，通常 ξ_i 由实验确定；

F ——管道的截面积。

(1-6) 式为实际流体的流量方程式。

二、调节阀的节流原理

从流体力学的观点看，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，由流量方程式 (1-6) 可得，

$$Q = \frac{F}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (1-7)$$

式中 ξ ——调节阀的阻力系数；

p_1 ——阀前压力；

p_2 ——阀后压力；

F ——调节阀接管截面积。

由(1-7)式可见，当 F 一定， $p_1 - p_2$ 不变时，流量 Q 仅受调节阀阻力系数而变化。若 ξ 减小，则 Q 增大；反之，若 ξ 增大，则 Q 减小。调节阀就是根据控制信号的大小和方向改变阀芯的行程来改变阀的阻力系数，以达到调节流体流量的目的。

在(1-7)式中，如令

$$C = \frac{F}{\sqrt{\xi}} \cdot \sqrt{2} \quad (1-8)$$

则

$$Q = C \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{\rho}} \quad (1-9)$$

C 就是本书第二章第二节中要详细说明的调节阀的流通能力，它是调节阀的重要参数。

第二节 调节阀的结构

调节阀的品种很多，常用直通双座调节阀来说明调节阀的整体结构。直通双座调节阀的结构如图1-3所示。它由上、下阀盖4、13，阀体10，阀座8、9，阀杆1，阀芯7，填料3和压板2等零部件所组成。阀芯和阀杆连接在一起，为了防止阀芯因旋转脱落，用圆柱销钉14固定。

上、下阀盖装有衬套6、11，对阀芯的移动起导向作用。直通双座调节阀的阀芯上下均有导向衬套，称为双导