

工业过程控制阀 设计选型与应用技术

陆培文 © 主编



 中国质检出版社
中国标准出版社

工业过程控制阀 设计选型与应用技术

陆培文 主编

中国质检出版社
中国标准出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

工业过程控制阀设计选型与应用技术/陆培文主编. —
北京:中国标准出版社,2016.8

ISBN 978-7-5066-8187-2

I. ①工… II. ①陆… III. ①工业控制系统-过程控制-控制阀-基础知识 IV. ①TH134

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 318892 号

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 336 千字
2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月第一次印刷

*

定价 100.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

《工业过程控制阀设计选型与应用技术》

编 委 会

主 编：陆培文

编 者：黄健民 叶建中 李东明 张晓忠 汪裕凯

仵 健 吴奈勋 黄春来 刘维洲 朱冠生

王一飞 孙江宏 王新凯 律光照 南海军

李 翔

前 言

控制阀在国民经济的各个部门中广泛地应用着。在石油、天然气的开采,提炼加工和管道输送系统中;在化工产品、煤化工产品的生产系统中;在水电、火电和核电的电力生产系统中;在冶金生产系统中;在医药和食品生产系统中;在城市和工业企业的给排水、供热和供气系统中;在船舶、车辆、飞机以及各种运动机械的流体系统中;在农田的排灌系统中;都大量地使用各种类型的控制阀。此外,在国防和航天等新技术领域里,也使用着各种性能特殊的控制阀。因此,控制阀与生产建设和人民生活都有着密切的关系。

控制阀安装在各种管路和装置系统中,用于控制流体的压力、流量和流向。由于流体的压力、流量、温度和物理化学性质的不同,对流体系统的控制要求和使用要求也不同,所以控制阀的种类和品种规格非常多。因此,如何正确地选用控制阀,是实现控制阀的调节性能、密封性能、动作性能和流通能力的关键所在。对大多数控制阀来说,控制阀的性能(基本误差、回差、死区、始终点偏差、额定行程偏差、固有流量特性、泄漏量)是首要问题,由于密封性能差或密封寿命低而造成流体的外漏或内漏,有毒有害的流体、腐蚀性流体、放射性流体和易燃易爆流体的泄漏会产生环境污染和经济损失,甚至造成人身伤亡。对于高、中压气体的控制阀,阀门的安全可靠是非常重要的,因此,必须十分重视控制阀的正确选用问题。

本书就是从控制阀选用所需的基础知识入手,重点介绍控制阀的组成及分类、控制阀计算的理论基础、流量系数的计算、控制阀的可调比、控制阀类型的选择、控制阀作用方式的选择、控制阀流量特性的选择、控制阀公称尺寸的选择、控制阀壳体和内件材料的选择、噪声的基本知识、噪声的允许标准、控制阀产生噪声的原因、空气动力流流经控制阀产生噪声的预测方法、液动流流经控制阀产生噪声的预测方法、控制阀噪声的治理、控制阀噪声的测量、控制阀的检测和安装、控制阀常见的故障及消除,顺便介绍控制阀的附件:阀门定位器、阀位变送器、空气过滤减压器、气动保位阀、空气安全阀、气动继动器、阀位控制器等。

本书在编写过程中注重标准的应用,贯彻 GB/T 17213.1~GB/T 17213.16、GB/T 4213—2008、IEC 60534-1~IEC 60534-8、BS EN 60534-1~BS EN 60534-8、ASME B16.34、API 6D、API 600 等标准。

本书在编写过程中尽量考虑控制阀选用者的需求,把可能用到的各种数据资料尽量提供清楚,在正文中无法提供的,在相关的技术标准中给予补充,力求全面。

本书在编写过程中,得到许多单位领导及同志的指导和帮助。为本书提供技术资料和协助出版工作的有沃福控制科技(杭州)有限公司总经理朱冠生、浙江(杭州)万龙机械有限公司研究所所长黄春来、天津贝特尔流体控制阀门有限公司副总经理李东明、浙江省阀门标准化技术委员会主任张晓忠、武汉希尔阀门技术有限公司仵健、中核核电运行管理公司吴奈勋高级工程师、北京信息科技大学孙江宏教授、杭州孚罗泰自控阀门制造有限公司博士王一飞、超达阀门集团股份有限公司叶建中副总工程师。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,真诚地希望广大读者批评指正。

编 者
2016 年 6 月

目 录

1 工业过程控制阀综述	1
1.1 现代工业对工业过程控制阀的要求	1
1.1.1 稳定的质量,可靠的工作,安全的操作	1
1.1.2 环境保护	2
1.1.3 节约能源	2
1.1.4 适用于新能源	3
1.2 控制阀的发展历史和现状	4
1.2.1 控制阀的发展历史	4
1.2.2 我国控制阀的现状	4
1.3 控制阀的发展趋势	5
1.3.1 控制阀应用中存在的问题	5
1.3.2 控制阀的发展方向	6
2 工业过程控制阀结构	9
2.1 工业过程控制阀的组成及分类	9
2.2 控制阀的类型	11
2.2.1 直通单座控制阀	11
2.2.2 直通双座控制阀	12
2.2.3 轴流式控制阀	13
2.2.4 CVS-C 型减温减压阀	14
2.2.5 三通控制阀	16
2.2.6 角形控制阀	17
2.2.7 高压阀	18
2.2.8 隔膜阀	20
2.2.9 套筒控制阀	21
2.2.10 球阀	23
2.2.11 偏心旋转阀	25
2.2.12 蝶阀	26
2.2.13 闸阀	27
2.2.14 数字控制阀	28
2.2.15 自力式控制阀	29
2.2.16 智能控制阀	32

2.2.17 其他特殊用途控制阀	33
2.3 控制阀的执行机构	62
2.3.1 气动薄膜执行机构	62
2.3.2 气动活塞执行机构	63
2.3.3 电动执行机构	64
2.3.4 伺服型电动执行机构	68
2.3.5 电液执行机构	70
2.3.6 气液联动执行机构	72
2.3.7 气动装置	73
2.3.8 阀门手动执行机构	78
2.4 控制阀的调节机构	79
3 控制阀的流量系数及其计算	91
3.1 控制阀流量系数计算的理论基础	91
3.1.1 控制阀的节流原理和流量系数	92
3.1.2 压力恢复和压力恢复系数	94
3.1.3 闪蒸、空化及其影响	95
3.1.4 阻塞流对计算的影响	96
3.2 流量系数的计算	97
3.2.1 不可压缩流体	98
3.2.2 可压缩流体的计算公式	99
3.2.3 修正系数的确定	100
3.2.4 控制阀流量计算流程图	113
3.3 层流和紊流及雷诺数	115
3.3.1 层流和紊流	115
3.3.2 雷诺数	117
3.4 控制阀的固有可调比	119
3.4.1 典型固有流量特性	120
3.4.2 实际固有流量特性与制造商规定的固有流量特性之间的允许偏差	121
4 控制阀的选择	123
4.1 控制阀类型的选择	123
4.1.1 控制阀结构型式的选择	123
4.2 控制阀的密封性能	124
4.2.1 泄漏标准	124
4.2.2 控制阀的密封面	129
4.2.3 垫片	131
4.2.4 阀杆密封	132
4.3 控制阀的固有流量特性	133
4.3.1 直线流量特性	133

4.3.2	等百分比(对数)流量特性	135
4.3.3	抛物线流量特性	136
4.3.4	快开流量特性	137
4.3.5	控制阀理想流量特性曲线	138
4.4	控制阀公称尺寸 DN(NPS)的确定	138
4.4.1	计算流量系数所需的数据	138
4.4.2	计算流量系数的确定	139
4.4.3	控制阀额定流量系数的确定	139
4.4.4	确定控制阀公称尺寸 DN(NPS)	144
4.5	控制阀材质选择	144
4.5.1	壳体常用的材质	144
4.5.2	控制阀内件常用的材质	145
4.6	控制阀端部的连接	166
4.6.1	螺纹连接	166
4.6.2	法兰连接	166
4.6.3	焊接端部连接	166
4.6.4	对夹连接	166
4.7	控制阀公称压力 PN(Class)的选择	166
4.8	控制阀作用方式的选择	167
4.8.1	气动控制阀的作用方式	167
4.8.2	作用方式的选择	167
4.9	控制阀执行机构的选择	168
4.9.1	输出力的考虑	168
4.9.2	选用执行机构的参考	173
5	控制阀的噪声	176
5.1	声音和噪声基本知识	176
5.1.1	噪声的允许标准	176
5.1.2	常用的声学术语	177
5.2	控制阀产生噪声的原因	179
5.2.1	机械振荡噪声	179
5.2.2	液体动力噪声	180
5.2.3	气体动力噪声	180
5.3	空气动力流流经控制阀产生的噪声预测方法	181
5.3.1	压力与压力比	181
5.3.2	各状态的定义	181
5.3.3	初步计算	182
5.3.4	状态 I (亚音速流)	183
5.3.5	状态 II 到状态 V (通用计算)	184

5.3.6	噪声计算	185
5.3.7	计算示例	187
5.4	液动流流经控制阀产生的噪声的预测方法	210
5.4.1	计算中符号的意义和单位	210
5.4.2	初步计算	212
5.4.3	噪声的预测	214
5.4.4	多级阀内件	216
5.4.5	示例	222
5.5	控制阀噪声的治理	229
5.5.1	带单级多路阀内件	229
5.5.2	单流路多级降压阀内件(2级或多级节流)	229
5.5.3	多流路多级阀内件(2个或更多流路,2级或更多级阀内件)	230
5.6	实验室内测量空气动力流经控制阀产生的噪声	231
5.6.1	方法 A(外部声压测量)	231
5.6.2	方法 B(内部声压测量)	236
6	控制阀的检测和安装	241
6.1	控制阀的检测	241
6.1.1	控制阀外观检验	241
6.1.2	控制阀尺寸检查	241
6.1.3	材料检查	243
6.1.4	液体静压和阀座泄漏量试验	244
6.2	控制阀的安装	265
6.2.1	控制阀的安装准则	265
6.2.2	安装施工的准备	266
6.2.3	控制阀安装施工的规定	266
6.2.4	控制阀安装前的检验	270
7	控制阀的故障分析和维修	273
7.1	控制阀的常见故障分析及消除	273
7.1.1	阀的主要故障	273
7.1.2	调节机构的故障分析及消除	274
7.1.3	阀门定位器的故障	276
7.1.4	气动系统常见故障	276
7.2	控制阀的维护	277
7.2.1	控制阀的日常维护	277
7.2.2	控制阀的预见性维护	278
7.3	控制阀的维修	279
7.3.1	预防性维修	279
7.3.2	控制阀的故障维修	280

7.4 控制阀的重点维修举例	283
7.4.1 输油管道用迷宫式控制阀的改进	283
7.4.2 某核电厂除气冷凝器喷淋控制阀振动的改进	288
8 控制阀的附件	295
8.1 阀门定位器	295
8.1.1 阀门定位器的分类及用途	295
8.1.2 阀门定位器的工作原理	296
8.1.3 阀门定位器的功能	304
8.1.4 几种阀门定位器简介	305
8.2 手轮机构	311
8.2.1 用途及结构	311
8.2.2 使用手轮机构注意事项	313
8.3 电-气转换器	313
8.4 阀位传送器	314
8.4.1 气动阀位传送器	314
8.4.2 电动阀位传送器	314
8.5 空气过滤减压器	315
8.6 空气安全阀	316
8.7 气动锁定装置	317
8.8 气动保位阀	319
8.9 气动继电器	320
8.10 阀位控制器	321
8.10.1 工作原理	321
8.10.2 使用注意事项	321
8.10.3 维修和保养	322
8.11 其他附件	322
参考文献	324

工业过程控制阀综述

1.1 现代工业对工业过程控制阀的要求

先进工业的生产过程的控制系统是以生产自动化为标志的,控制系统有各种不同类型。如图 1-1 是一个典型热交换器的自动控制系统图,从图中可以看出,控制阀的信号来自控制器,根据信号的变化直接改变蒸汽——被控介质的流量,即改变输入到热交换器的热量,使出口热水的温度保持在给定的温度值,这种典型的自动化控制系统主要由检测元件和变送器、控制器、执行器及被控制对象组成。

检测元件和变送器:用于检测被控变量,将检测信号转换为标准信号。例如,温度变送器将电阻信号转换为标准的气压或电流、电压信号等。

控制器:将检测变送环节输出的标准信号与设定值信号进行比较,获得偏差信号,按一定控制规律对偏差信号进行运算,运算输出送执行器。控制器可以用模拟仪表来实现,也可用微处理器组成数字控制器实现。

执行器:处于控制环路的最终位置,因此,也称为最终元件。执行器用于接收控制器的输出信号,并控制操纵变量变化。在大多数工业生产过程控制的应用中,执行器采用控制阀。

传统的工业过程控制阀虽然基本上满足许多工业系统的需要,但随着科技的不断进步,节约能源和保护生态环境的需要,对工业过程控制阀提出更严格,更高的要求。

1.1.1 稳定的质量,可靠的工作,安全的操作

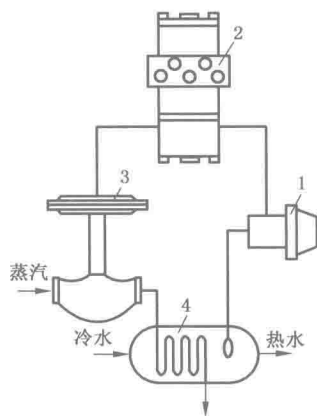
在过程控制中,控制阀直接和介质接触,一旦发生故障,就会影响生产。在石油、天然气的开采,输送和石油的冶炼

中,各种生产设备都在集中监测和控制,大部分操作条件都是在低温高压、高温低压、高温高压中进行,介质都是易燃易爆的天然气和各种油品,因此,控制阀的可靠性和防火、防爆性能非常重要。在化工工业中,过程的多样性及工艺条件的变化,对温度、压力、流量和液位四大热工变量的控制中,都有许多特殊条件要求控制阀能够适用。在电力工业中,火力发电厂要对输送到发电机的蒸汽流量进行控制,才能保证汽轮发电机正常工作,正常发电。

为了保证控制阀的性能和可靠性,必须做到如下要求:

(1) 确保控制阀的制造质量

控制阀的选用要经过严格的强度计算(壳体、螺栓),流量系数 K_v 值的计算;类型、压力等级、公称尺寸、各项性能指标都要符合国家标准或国际标准;控制阀的壳体或控压件的材料都应适应于使用介质和用户规定的运行技术条件,金属材料应选择耐腐蚀和耐磨损的,



1—温度变送器;2—控制器;
3—控制阀;4—热交换器。
图 1-1 热交换器温度调节系统

且具有足够的强度和刚度,以避免损害功能和承载能力。供烃类气体装置用公称压力等于或大于 Class600 的控制阀弹性材料的选择,应考虑具有抗释压爆裂的功能;要按照国家标准或国际标准进行壳体静水压试验和密封性能试验。

(2) 确保可靠的操作

为了防止误操作,工艺人员一定要认真阅读产品使用说明书,按 GB/T 4213—2008《气动调节阀》、GB/T 17213.5—2008《工业过程控制阀 第5部分:标志》仔细核对阀体标志,如表示介质流动方向的箭头。阀体材料的缩写符号,制造厂厂标,熔炼标志,公称尺寸 DN 及公称压力 PN;在气动执行机构适当位置的铭牌上应标出制造厂名、产品型号、工作温度、弹簧压力范围、额定行程、额定流量系数、流量特性、壳体材料、设计位号、产品编号、制造年月等。

(3) 有应急装置

当控制阀使用在天然气管线和装置上时,当输送的天然气的流量超过设定值或低于设定值时,为防止直接损害其他设备,必须在管线或装置上安装安全切断阀。安全切断阀的泄漏量应符合 ISO 5208 的 A 级,在容易发生火灾的场合,在结构上应考虑到控制阀的防火性能,应符合 API 6FA 的要求。

1.1.2 环境保护

保护自然环境、生活环境的重要性和必要性越来越得到各级政府的重视,而环保部门即将出台,每排放一吨,要收 1 000 元的排污费。控制阀对环境造成不良影响的因素主要是污染大气和噪声等问题,应该有相应的措施。

(1) 防止污染大气

“跑、冒、滴、漏”是众多化工厂,炼油厂常见的公害,阀门泄漏不仅浪费大量的物料和能源,而且污染环境,诱发中毒,引发火灾和爆炸。

为了防止污染大气,阀门的阀杆填料和阀盖垫片应选用适当的密封材料和恰当的密封方法,对于有毒和易燃易爆及强腐蚀的介质,要按 ISO 15848-2、API 622、GB/T 26481 等标准要求进行逸散性检漏。

(2) 防止噪声

在使用控制阀的环境保护问题中,噪声问题十分突出。由于控制阀的使用必然造成流体的减压,流速变化和振动,噪声产生是难以避免的,问题是要控制噪声级别的大小。控制阀噪声的类型有机械振荡噪声、液体动力噪声、气体动力噪声,对其产生的机理、预估和防止将在第 5 章进行详细研究。

1.1.3 节约能源

在使用控制阀的过程中要把节能问题和控制阀的结构、使用、安装、维修联系起来。

(1) 采用低流阻的控制阀

使流体流过阀门时的流阻最小,减少能耗。可选用球阀,全通径的球阀在全开位置,球体孔与管道的内径相同,流阻就相当一段结构长度的管道,就可以节约压缩机、泵等设备的电力消耗,利用一些阀内件结构改变的控制阀,如使用低阀阻比 S 值的控制阀,能够达到节能的目的。

(2) 提高阀芯、阀座的密封性

阀芯、阀座的密封性能不好,阀门就不能完全密封,产生泄漏会引起压力下降造成动力

损失。为了提高密封性,可采用增强聚四氟乙烯(RPTFE)或碳纤维来代替纯聚四氟乙烯制造阀座,采用缠绕式密封垫片,采用迷宫式密封面等办法。

(3) 提高阀杆的密封性能

采用特殊阀杆密封结构,如采用波纹管密封结构,唇封+口形密封圈+填料的阀杆密封结构。在填料密封中使用隔离环,提高填料密封性能。

(4) 尽量使用电动执行机构

采用气动执行机构要始终保持一定的气压才能动作,这样一年所消耗的能源很多。如果采用电动执行机构,只需在改变开度时供电,当控制阀达到所需的开度就停止供电。虽然电动执行机构造价高,防爆性能差,但有节能的优点。

1.1.4 适用于新能源

长期以来,石油是一种主要能源,而近年来出现了许多新能源,这些新能源从加工生产到运输、储存,都对控制阀提出特殊要求。

(1) 液化天然气

液化天然气是一种清洁的能源,它可以解决燃烧石油产生污染大气的公害问题。

由于生产液化天然气的装置的介质温度低至 $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$,在这种低温情况下,对低温控制阀及其所用的材料和结构都有新的要求。关键在于解决材料的韧性、强度和低温下的变形问题,要求阀杆填料密封部位在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,动作部分不能冻结。如果低温控制阀用于超低温的火箭的液态氢($-253\text{ }^{\circ}\text{C}$)及液态氮($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$)的控制系统,则从结构到材料处理都要求特殊的方法。

(2) 液化煤浆

将煤粉碎后与溶剂混合,再经过一系列的处理和脱硫,得到一种优质燃料——液化煤浆。用于这种系统的控制阀受煤浆的高速冲刷,会很快腐蚀,磨蚀而损坏,材料的韧性、硬度、耐磨性、耐蚀性及耐热性都很重要,除选用适当的材料外,还可以用迷宫式结构来缓和煤浆的冲刷作用。

(3) 核电

核电站的自动控制系统必须使用控制阀,在核聚变反应过程中控制超电导的低温液态氮,这种控制阀必须满足下述要求:

① 抗辐照要求:核电站给阀门辐照累积量为 $1.2\times 10^6\text{ GY}$,因此阀门选材除了满足工作介质外,还应耐辐照,即材料受辐照后其使用性能不改变。

② 密封要求:由于介质是带有放射性的含硼水,因此要求阀门密封好,无外漏。

③ 填料,垫片要求:由于氯化物会破坏水质,引起不锈钢设备的点腐蚀,因此要求控制阀选用的填料,垫片的氯化物含量应小于 100 mL/m^3 ,且不含卤素。

④ 禁用材料:由于事故而产生的安全壳内安全喷淋液中有 $\text{Na}(\text{OH})$ 和硼,因此阀门一般严禁使用铅或锌或镀锌。

⑤ LOCA 要求:装于安全壳内的阀门应满足 LOCA 要求,即在失水事故状态下阀门仍能动作。

⑥ 结构要求:由于阀门的介质具有放射性,所处的环境又有一定的辐照剂量,因此要求拆装阀门的速度要快,故要求阀门结构简单,拆装维修容易等特点。

⑦ 安全可靠的要求:阀门在核电站运行中,起着十分重要的作用,阀门性能好坏,会直接影响到核电站的安全,因此核电站要求阀门的性能必须安全可靠。

⑧ 抗震要求:

- a) 要求阀门的自振频率应大于 33 Hz,因为一般地震的频率在 0.2 Hz~33 Hz 范围内;
- b) 阀门必须作抗震计算;
- c) 对于抗震 1 类阀门,必须选择具有典型代表的阀门作抗震试验。

⑨ 严格的技术条件。

⑩ 质保要求:制造厂应根据要求编制相应的质保大纲、质保体系和质量控制等文件。

可见,与常规阀门相比,这种控制阀的设计、制造、试验、检查和使用环境更特殊、更严格,为了确保安全,必须从各方面严格控制。

展望未来,要面临的问题会更多,随着科技进步,对环境的要求会越来越高,对 CO_2 、 SO_2 、 H_2S 的排放控制越来越严格,这就要求对旧的过程控制系统进行改造,或者创造出更先进的过程控制方法,而新的控制系统对控制阀的要求就更高。

1.2 控制阀的发展历史和现状

1.2.1 控制阀的发展历史

控制阀的发展与工业生产过程的发展密切相关,远古时期,人们为了控制河流或小溪的水流量,采用大石板或树干来阻止流动或改变水流的方向。但是,普遍认为是古罗马人为了农作物灌溉而开发了相当复杂的水系统,采用了旋塞阀和柱塞阀,并使用止回阀防止水的逆流。阀门工业的现代历史与工业革命并行,随着工业革命的深入,1705 年,纽康曼发明第一台工业蒸汽发动机,对蒸汽发动机的运行提出了控制要求,瓦特发明了第一台调节转速的控制器,其后,对流体流量的控制越来越被人们重视。最早的控制阀是 1880 年由费希尔(William Fisher)制造的泵调节器,这是一种举重锤的自力式控制阀,当阀后压力增大时,在重锤作用下,使控制阀开度减少,从而达到稳定压力的控制效果。

在 20 世纪 20 至 30 年代,控制阀以阀体形状为球形的球形阀为主,其后,以 V 形缺口的单座和双座控制阀(globe valve)问世。40 年代相继出现适用于高压介质的角形控制阀。用于腐蚀性介质的隔膜控制阀和用于大流量的蝶阀等。并研制了阀门定位器等产品。1949 年在德国成立了化学和石化工业第一个专业协会——测量与控制标准协会 NAMUR,并开展标准的制定工作。50 至 60 年代出现了三通控制阀,用于配比控制和旁路控制,也进一步展开对球阀的研究,出现了适用于大压差和降低噪声的套筒控制阀。70 年代套筒控制阀被广泛应用于工业生产过程的控制,研制的偏心旋转阀成为角行程控制的佼佼者。偏心旋转阀具有良好的密封性,大的流通能力,可应用于较大压差场合。80 年代开始,各种精小型控制阀诞生,它对控制阀执行机构进行的改革,使控制阀的重量和高度降低,流通能力提高。90 年代开始,随着计算机控制装置的广泛应用,对智能控制阀的要求也越来越强烈,相继诞生各种智能电气阀门定位器和智能阀门定位器的现场总线控制,21 世纪初,现场总线控制阀得到应用,随着控制功能的提高,对控制阀的要求也越来越高。

1.2.2 我国控制阀的现状

我国控制阀工业生产行业起步较晚,在 20 世纪 60 年代开始研制单座控制阀、双座控制

阀等产品,但主要是仿制前苏联的产品。70年代开始,随着工业生产规模的扩大,工业过程控制要求的提高,一些控制阀产品已不能适应生产过程控制的要求,例如对高压、高压差、低温、高温和腐蚀、易燃易爆及有毒等介质控制的要求,为此,一些大型石油化工企业在引进装置的同时,也引进了一些控制阀,例如带平衡阀芯的套筒阀、偏心旋转阀、高压大口径轴流式控制阀等,为国内的控制阀制造企业指明了开发方向,80年代开始,许多石化装置先后引进国外的先进技术,随着引进装置的使用,一些控制阀制造厂引进了国外著名控制阀制造商的技术和产品,使我国控制阀产品的品种和质量得到明显提高。例如,生产出各种固有特性的套筒阀、偏心旋转阀,并开始研制精小型控制阀。随着600 MW、1 000 MW等大型超临界、超超临界火电站项目的建设,也研制了减温减压装置,主蒸汽控制阀及各种电液执行机构、长行程执行机构等,以适应火电站建设的需求。20世纪90年代开始,我国的控制阀工业也在引进和消化国外的先进技术后开始飞速发展,一些合资和外资的控制阀生产企业生产出有特色的产品,填补了一些特殊工业控制阀的空白,使我国控制阀工业水平大大提高,缩短了与国外的差距,随着现场总线技术的应用,在21世纪初,采用了现场总线技术的控制阀产品问世,国外一些现场总线控制阀和相关的产品,例如智能阀门定位器等,开始在国内一些新建工程项目中应用,国内一些厂商也开始研制有关产品。

目前,控制阀新的理论和计算公式已为大家所接受,但仍没有统一,历史留下来的各种计算公式仍被保留。用旧的公式虽然误差大,但计算较为简单;用新的公式计算虽然精确,但比较繁琐,因为计算的系数很多,要查阅很多的图表。

1.3 控制阀的发展趋势

1.3.1 控制阀应用中存在的问题

(1) 控制阀的品种多、规格多、参数多。控制阀为适应不同工业生产过程的控制要求,如压力、温度、流体特性等,有近千种不同规格,不同类型的产品,使控制阀的选型不方便、安装应用不方便、维护保养不方便、管理不方便。

(2) 控制阀的可靠性差。控制阀在出厂时的特性与运行一段时间后的特性有很大差异,如泄漏量增大、噪声增大、阀门重复精度变差等,给长期稳定运行带来困难。

(3) 控制阀体积大、笨重,给控制阀的运输、安装维护带来不便。通常,控制阀的质量比一般仪表质量要重几倍到几十倍,如一台公称压力 Class600,公称尺寸 DN200 的控制阀重达700 kg,运输、安装和维护都需要动用一些机械设备才能完成,给控制阀的应用带来不便。

(4) 控制阀的流量特性与工业过程被控对象特性不匹配,造成控制系统品质变差。控制阀的理想流量特性已在产品出厂时确定,但工业过程被控对象特性各不相同,加上压降比的变化,使控制阀的工作流量特性不能与被控对象特性匹配,并使控制系统控制品质变差。

(5) 控制阀噪声过大。工业应用中,控制阀噪声已成为工业装置的主要噪声源,因此,降低控制阀噪声成为当前重要的研究课题,并得到各国政府的重视。

(6) 控制阀外漏超标。随着环境保护意识的不断加强,控制阀的阀杆密封和垫片密封设计结构很关键,又加上对于易燃易爆有毒强腐蚀的介质要根据 ISO 15848-2、API 622、

GB/T 26481 进行检验,因此,改善阀杆填料密封和垫片密封是当务之急。

(7) 控制阀是耗能设备。在能源越来越紧缺的当前,更应采用节能技术,降低控制阀的能耗,提高能源的利用率。

1.3.2 控制阀的发展方向

控制阀的发展方向主要是标准化、智能化、精小化、旋转化和安全化。

(1) 标准化和智能化

控制阀的标准化和智能化已经提到议事日程,控制阀的标准化主要表现在下列方面:

① 为了实现互换性。使相同压力等级 PN(Class),相同公称尺寸 DN(NPS)的控制阀使用相同的结构长度,相同的法兰标准,使用户不必为选择制造商而花费大量时间。

② 为了实现互操作性。不同制造商生产的控制阀能够与其他制造商的产品协同工作,不会发生信号的不匹配或阻抗的不匹配等现象。

③ 标准化的诊断软件和其他辅助软件,使不同制造商的控制阀可进行运行状态的诊断,运行数据的分析等。

④ 标准化的选型程序。控制阀的选型仍是自控设计人员十分关心的问题,采用标准化的计算程序,根据工艺所提供的数据,能够正确计算所需控制阀的流量系数 $K_v(C_v)$,确定配管及选用恰当的壳体、阀芯及阀内件材质等,使设计过程标准化,提高设计质量。

控制阀的智能化主要采用智能阀门定位器,智能化表现在下列方面:

① 控制阀的自诊断。运行状态的远程通信等智能功能,使控制阀的管理方便,故障诊断变得容易,也降低了对维护人员的技能要求。

② 减少产品类型。减化生产流程,采用智能阀门定位器不仅可方便地改变控制阀的流量特性,也可以提高控制系统的控制品质。因此,对控制阀流量特性的要求可简化及标准化(如仅生产线性特性控制阀),用智能化功能模块实现与被控对象特性的匹配,使控制阀产品的类型和品种大大减少,使控制阀的制造过程得到减化,为减少控制阀的品种,国内亦有厂家生产全功能控制阀,这些智能化的方法将不断提高,并在生产和市场中经受考验和认可。

③ 数字通信。数字通信将在控制阀中获得广泛应用,以 HART 通信协议为基础,一些控制阀的阀门定位器将输入信号和阀位信号在同一传输线实现;以现场总线为基础,控制阀与阀门定位器, PID 控制功能模块结合,使控制功能在现场实现,使危险分散,使控制更及时,更迅速。

④ 智能阀门定位器。智能阀门定位器具有阀门定位器的所有功能,同时能够改善控制阀的动态和静态特性,提高控制阀的控制精度,因此,智能阀门定位器将在今后一段时间内成为重要的控制阀辅助设备被广泛应用。

(2) 精小化

为降低控制阀的重量,便于运输、安装和维护,控制阀的精小化采用了下列措施:

① 采用精小型执行机构。采用轻质材料,采用多组弹簧替代一组弹簧,降低执行机构高度,通常精小型气动薄膜执行机构组成的控制阀比同类型气动薄膜执行机构组成的控制阀高度要降低约 30%,重量减少约 30%,而流通能力可提高约 30%。

② 改变流路结构。如将阀芯的移动改变为阀座的移动,将直线位移改变为角位移,使