

第六届全国阀门与管道 学术会议论文集

中国机械工程学会流体工程分会

主 编 | 朱绍源

第六届全国阀门与管道学术会议

主办单位:

中国机械工程学会流体工程分会

承办单位:

合肥通用机械研究院

国家压力容器与管道安全工程技术研究中心

协办单位:(以汉语拼音为序)

保一集团有限公司

方圆阀门集团有限公司

开维喜阀门集团有限公司

良精集团有限公司

上海特一阀门制造有限公司

上正阀门集团有限公司

生贵阀门有限公司

五洲阀门有限公司

永一阀门集团有限公司

浙江石化阀门有限公司

浙江永园阀门有限公司

北京市阀门总厂(集团)有限公司

华东阀门有限公司

科福龙阀门集团有限公司

上海科科阀门有限公司

上玉集团有限公司

慎江阀门有限公司

天胜阀门集团有限公司

永隆阀门有限公司

浙江超达阀门股份有限公司

浙江天正阀门有限公司

中泉集团有限公司

第六届全国阀门与管道学术会议
论文集编辑委员会

主 编:朱绍源

副主编:黄明亚 邱晓来 修长征 俞树荣

编 委:(以汉语拼音为序)

蔡小薇	陈建夫	陈锦法	陈金普
方建生	葛克克	李海平	林炳春
林永成	沈允铼	宋东岚	王汉洲
王运胜	吴胜俊	夏福荣	杨选荣
杨忠义	叶春年	叶旭强	余金亮
余金贤	余胜者	张晓东	赵安东
赵春岳			

评审专家组:(以汉语拼音为序)

曹耀华	陈鉴平	陈立龙	杜兆年
高秉中	葛天民	郭守帅	孔彪龙
李保升	李小明	林瑞义	刘汇源
鹿焕成	陆培文	吕召政	宁廷海
彭建宏	王 渭	王晓钧	项美根
徐维普	杨 恒	于国良	张晓忠
郑祖辉			

英文编辑:张 磊

序 一

阀门作为流程工业管路控制极其重要的基础元件,其作用越来越受到重视,已从单一的通/断装置逐步发展成具有导流、截止、调节、节流、止回、分流和溢流卸压等多种功能、多种用途的工业产品,品种和规格繁多,应用领域越来越广泛。

近年来,长输管线、大型催化裂化装置、新型核电站、南水北调、煤化工等多项大型工程项目的建设及成套技术的发展,对阀门提出了新的、更高的要求,其特点是高参数、高性能、大型化、自动化、长寿命、智能化和成套化。工况环境和介质条件复杂多样并趋向极端苛刻恶劣,如高温高压、易燃易爆、强腐蚀、高辐射、深冷环境等。驱动方式上,除一般手动、电动、气动、液动之外,各种电—液联动、气—液联动及智能化远程监控要求不断提高。这些对我国阀门制造业来说,既是一场挑战,也是一次机遇。

经过多年的发展,中国的阀门企业数量已居世界第一,各类阀门制造企业约6000家。近年来,随着国民经济增长,阀门行业的发展非常迅速。不仅产值、产能上有很大的增长,在产品的研发能力、成套水平、相关技术的吸收应用和自主创新等方面也都有非常大的进步。

我祝贺“第六届全国阀门与管道学术会议”的召开及其论文集的出版。相信本次活动一定能够为阀门的生产、研发、应用提供一个高水平、多方位学术交流的平台,进一步促进阀门行业的产品升级、技术创新,满足国民经济各领域发展对阀门提出的新要求,为振兴我国装备制造业做出应有的贡献。

中国工程院院士、北京化工大学教授

高金吉

2009年8月

序 二

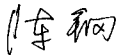
阀门作为压力管道元件之一,是压力管道的重要组成部分,广泛应用于石化、燃气、冶金、电力等重要工业设施和城市生命线工程,在国民经济建设和人民生产生活中发挥了重要的作用。

2003年3月,国务院颁布《特种设备安全监察条例》,并于2009年5月进行了修订,以国家法规的形式将阀门生产纳入我国特种设备安全监察范畴。伴随TSG D2001—2006《压力管道元件制造许可规则》、TSG D7002《压力管道元件型式试验规则》等一系列相关安全技术规范的出台,我国进一步加大了对阀门的制造、型式试验、制造许可、制造监督检验、安装和使用等各个环节的安全监察力度,为规范管理、预防和减少事故的发生奠定了坚实的基础。

我国是世界上最大的阀门生产国和使用国,阀门制造企业有数千家,取得特种设备制造许可证的企业也已超过了一千家。本次全国阀门与管道学术会议吸引了来自全国的涉及阀门设计、制造、安装、使用、检验、监察等各个环节的百余家单位参加,具有很好的代表性,是阀门行业的一次学术盛会,对于我国阀门行业的技术交流和安全质量意识的提高将起到重要的促进作用,对于推动特种设备的安全监察工作也有着重要意义。

预祝本次会议取得圆满成功!

国家质检总局特种设备安全监察局局长



2009年8月

前 言

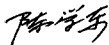
阀门是一种重要的流体控制设备和压力管道组成件。近十年来,随着国家经济的发展和多项大型工程项目的建设,阀门行业迎来了历史性的发展机遇,无论从产业规模、产品档次和技术水平都达到了前所未有的高度,各种新技术、新产品不断涌现。为了更好地展示我国阀门行业的最新技术成果,加强行业的技术交流,促进产品升级和技术创新,活跃行业的学术气氛,中国机械工程学会流体工程分会决定于2009年11月组织召开“第六届全国阀门与管道学术会议”,并为此进行了论文征集活动。

本次活动共收到应征论文近百篇,经过专家组的评审,我们从中选择了88篇理论水平与应用价值较高的论文编印成册。本论文集收录的论文涉及产品设计、试验与检验、制造工艺、驱动装置、数字化技术及应用、标准研究等多个方面。很多论文对近年来发展的热点领域、重点产品、前沿技术,从不同的角度进行了较深入的讨论,其中不乏创新和发现,也有理论的总结、实际生产和应用工作方面的技术交流,是全体作者智慧和汗水的结晶。希望本论文集能够成为今后阀门与管道专业研究、生产及应用工作方面的一本有价值的工具书或重要的参考文库。

本届会议由中国机械工程学会流体工程分会主办,合肥通用机械研究院、国家压力容器与管道安全工程技术研究中心承办,保一集团有限公司等单位协办。中国工程院院士、北京化工大学高金吉教授及国家质检总局特种设备安全监察局局长陈钢研究员为会议论文集撰写了序言。在此,我向他们表示感谢,并向对本次会议的举办及论文集的出版付出辛勤努力的全體人员表示衷心的感谢!

尽管我们做出了很大的努力,但由于时间仓促,水平有限,错误和疏漏之处在所难免,敬请读者和论文作者谅解并指正!

合肥通用机械研究院院长



2009年8月

目 录

产品设计

- 金属硬密封耐磨球阀的设计、制造与工艺 邱晓来(1)
- 单焊缝全焊接球阀的设计 许万武 施宗法(7)
- 金属硬密封球阀的密封结构设计及工艺特点 彭建宏 陈晓丽 谢建聪 余金亮(12)
- 固定球阀的设计与计算 陆培文(18)
- 水轮机进水球阀的结构设计 张清双 刘根节(33)
- 一种新型上装式球阀结构设计 张大辉(44)
- 第五代减温减压装置的研究 陈立龙 陈卫平 刘儒亚 陈荣斌 张 明 虞闻斌(47)
- A46Y 先导式安全阀的设计与计算 张显超 徐文炯(53)
- 即开式天然气集输专用安全保护阀的研制 王元清(58)
- 高性能高温高压蒸汽转换阀的设计 陈立龙 陈卫平 张 明 陈荣斌(65)
- 双金属可调先导超大排量蒸汽疏水阀研究与设计 李树勤 刘昌运 曹德彪(69)
- 高温高压双金属片蒸汽疏水阀的设计 陆培文(76)
- 电站气动疏水阀的选型与设计 张建华 王 芳 尤广泉(86)
- 氮气控制泄压阀的研制 明 友 王 涓 余金赞(90)
- 高参数氧气管路阀门设计与研制 高秉申 吴旭峰 吴礼学(94)
- YQJ11 双级氧气压阀的改进措施 严仁兴(99)
- 高压波纹管阀门的设计、检验试验及应用 曹耀华 付登堂(104)
- 陆用 CO₂ 固定式灭火系统遥控阀组的设计 林瑞义 夏福民 陈声坦(111)
- 新型水力控制阀的研制与应用 王桂生 李志鹏 吴 兴 冯 宪(125)
- 高压超高温快速换向阀的传动系统 李保升 吴尖斌 邵程达(128)
- 一种脉数调制数字式闭环控制阀 叶忻泉 罗 胜(137)
- 超短型高压闸阀的设计和应用 章友祥 王 涓(142)
- 干灰闸阀 矫永臣 刘 鑫(146)
- API6A 井口暗杆闸阀设计与计算 张清双 刘根节(150)
- 双闸板耐磨气锁出料阀的设计 靖金桃(157)
- 塑料阀门与塑料衬里阀门的开发 胡远报 许定舜 刘莉芬(161)
- 高压差高精度笼式调压器的开发及应用 王元清(167)

- 电液联动快关蝶阀控制部分的研制与应用..... 靖金桃(174)
- 无背压多功能水力控制阀的研制及应用..... 朱铁强 李志鹏 吴兴 冯宪(178)
- 卡箍式柔性管接头的研制..... 矫永臣 曲树茶 刘鑫(182)

试验与检验

- 工业阀门压力试验中存在的问题及解决方案..... 朱绍源 郭怀舟 吴怀昆(186)
- 低温阀门深冷试验装置..... 朱绍源 沈允敏 郭怀舟 吴怀昆 余金亮(191)
- 蝶阀的动态操作力矩试验研究..... 王晓钧 冯玉林 张建斌(196)
- 泵站出水口阀门结构特性试验研究..... 李效龙 陶武军 徐明阳(203)
- 减压阀动态运行特性测试系统..... 余晓明 茅忠明 孔彪龙(209)
- 氟塑料衬里阀门检验与试验若干问题的探讨..... 胡远银 许定舜(216)
- 关于研制阀门填料寿命试验机的新思路..... 黄少谷(221)
- 氦气检测低温低泄漏阀门气体密封性能的方法..... 袁霖千 徐维普 朱学智 顾培敏(225)

制造工艺

- 阀门耐磨堆焊工艺及材料研究..... 徐维普 罗晓明(229)
- 钝化处理在液体火箭发动机阀门中的应用..... 程正威 李小明 张万欣 谢宁(234)
- 浅析长输管线全焊接球阀焊接工艺..... 陶国庆 宋忠荣 张继伟 彭林 刘剑峰(239)
- 排液阀工艺改进的方法..... 矫永臣 刘鑫(243)

驱动装置

- 2Z-X()型少齿差行星齿轮传动在小转距核级阀门电动装置上的应用..... 余子仿(247)
- 阀门电动装置的技术特点..... 樊高鹏(253)
- 智能型电动执行器的创新设计..... 王恩钰(257)

数字化技术及应用

- 大口径闸阀阀体加筋结构优化..... 俞树荣 景鹏飞(262)
- 基于外部链接的法兰 CAD 系统开发..... 朱绍源 郭怀舟 吴怀昆(269)
- SolidWorks 在阀门系列化设计中的应用..... 刘建峰 郝伟沙(273)
- 基于 Pro/E 和 ANSYS 软件的阀门结构设计..... 关彦韬(277)
- 数字化阀门压力试验装置中模拟数据采集系统设计..... 吴怀昆 郭怀舟 朱绍源(281)
- 阀门低温试验装置中的测控系统设计..... 郭怀舟 吴怀昆 朱绍源(285)
- CAE 在核电站阀用金属波纹管研究中的应用..... 宋林红 黄乃宁 周湘君 李敬 张秀华 关长江 张策(291)
- 中、小型制造类企业的 ERP 系统开发..... 郭怀舟 吴怀昆 朱绍源(296)

中、小型制造类企业的 ERP 系统实施·····	郭怀舟	吴怀昆	朱绍源(300)
基于 Solidworks 的大型金属硬密封蝶阀结构设计·····	陆凤琴	谷成明	陈怀民(304)

标准研究

我国阀门标准的发展与现状·····	黄明亚	刘晓春	张继伟	胡 军(308)
国内外管法兰标准的技术发展·····				邱晓来(314)
最新阀门耐火试验标准比较及分析·····		吴 磊	王晓钧	(323)
钢制管法兰技术条件与相关要求简要归纳与分析·····	郑云海	吴明星	吴桂旭	(331)
API 规范 6D《管道阀门》第 23 版的重要修改·····			徐 华	(345)
气瓶阀门型式试验新旧标准比较研究·····	袁奕莹	徐维普	杨金富	(353)

技术交流

石化企业承压设备安全阀失效模式及失效原因·····	刘江源	陈学东	刘 扬	(359)	
091PV155 高压蒸汽减压阀运行分析与改造设想·····			肖书舟	(366)	
航天阀门中零泄漏金属波纹管密封技术及其新应用 ·····	魏国俭	黄乃宁	乔桂玉	孙正旺	王 慧
·····	赵凤红	赵 莹	陈晓琴	向 猛	许 键
·····	张 明	陈立龙	吴丽娜	陈荣斌	郑书斌
·····	余晓明	杨 恒	仲梁维		(392)
碳钢闸阀、截止阀的阀杆推力、操作扭矩及手轮圆周力的简易计算 ·····	彭建宏	陈晓丽	谢建聪	余金亮	(397)
合成氨分离器液位控制系统的改进·····			肖书舟	(403)	
浅论闸阀的安全运行·····			张建华	(408)	
闸阀异常升压的危害与防护·····	张建华	王 芳	尤广泉	(413)	
闸阀中部主动密封理论与结构·····	宁庭海	夏福荣	金公元	(416)	
高温球阀密封原理及结构分析·····	刘 扬		刘江源	(419)	
球阀的“球形体关闭件”的改型设计·····			葛天民	(422)	
先导式天然气电磁阀工作原理及活门与导套环形缝隙的研究·····			严仁兴	(424)	
电磁阀在石化行业使用过程中常见故障分析·····	王宗财	余晓明		(430)	
旋转球阀扇切片成因初探·····			杨元斌	(436)	
关于双向压金属硬密封蝶阀的研究·····	王 春	吴胜俊	蒋建勇	吴胜宇	(438)
偏心金属密封蝶阀结构特点及密封性能的研究·····	张 鹏	吴胜宇	陈时新	吴胜俊	(441)
阀用多元高分子材料性能研究·····		李振环	孔 建	杨家义	(447)
壳牌干煤粉气化装置中特阀的选型和应用·····	王 涓		明 友	(457)	
湿法烟气脱硫装置用阀门的选择·····	张清双		刘根节	(462)	

管线工程用阀门的质量保障·····	张继伟	宋忠荣	陶国庆(468)
某管道中进口阀门焊接坡口处缺陷原因分析·····	符明海	钱耀洲	曾剑全(472)
在役含缺陷压力容器的声发射检测·····	郭守帅	黄涛	郝宇飞(475)
低温阀梯形螺纹公差的研究·····			严仁兴(479)
气化装置粉煤线锁斗阀故障分析及改进措施·····	胡邦立	王渭	(482)

综述

浙江省阀门行业发展现状及对策建议·····	陈立龙	朱涛	(488)
-----------------------	-----	----	-------

企业介绍索引

保一集团有限公司	北京市阀门总厂(集团)有限公司
方圆阀门集团有限公司	华东阀门有限公司
开维喜阀门集团有限公司	科福龙阀门集团有限公司
良精集团有限公司	上海科科阀门有限公司
上海特一阀门制造有限公司	上玉集团有限公司
上正阀门集团有限公司	慎江阀门有限公司
生贵阀门有限公司	天胜阀门集团有限公司
五洲阀门有限公司	永隆阀门有限公司
永一阀门集团有限公司	浙江超达阀门股份有限公司
浙江石化阀门有限公司	浙江天正阀门有限公司
浙江永园阀门有限公司	中泉集团有限公司

金属硬密封耐磨球阀的设计、制造与工艺

邱晓来

(浙江超达阀门股份有限公司,温州 325105)

摘要:本文详细论述了用于高温、高压、含大量硬固体颗粒介质的工况条件下金属硬密封耐磨球阀的技术难点,以及阀门在设计、制造与工艺等方面的关键技术。

关键词:金属硬密封;球阀;设计;制造;工艺

Design Manufacture and Technics of Metallic Sealing Wear-resistant Ball Valve

Qiu Xiaolai

(Zhejiang Chaoda Valve Co., Ltd, Wenzhou, 325105, China)

Abstract: The paper presents the technical difficulties of metallic sealing ball valve working in high temperature, high pressure and large quantity solid particle medium conditions, and introduces key technologies on valve design, manufacture and technics.

Keywords: metallic sealing, ball valve, design, manufacture, technics

1. 引言

随着经济的发展,工业装置不断向高参数、大型化方向发展,工业装置的工况条件也越来越复杂,在很多情况下,阀门应用得工况条件甚至同时具有高温、高压、含大量硬固体颗粒的情况,如煤化工的煤气化装置以及煤制油的煤直接液化装置等,装置中的灰水、黑水、煤炭及渣水等介质含有大量的硬固体颗粒。以往用于高温高压的阀门通常为闸阀和截止阀等传统阀类,但由于介质中含有大量的固体介质,闸阀由于底部有沟槽,固体介质很容易结存在沟槽底部,使闸板无法关闭到位而导致阀门失效,另一方面,闸阀全开启时,闸板密封面及阀座密封面会受到介质的冲刷,由于介质中含有大量的硬固体颗粒,因此很容易导致闸板及阀座密封面的磨损。而截止阀的阀瓣密封面直接受到固体颗粒介质的冲刷,更容易磨损。常规球阀通常采用 PTFE 等非金属密封材料,通过改进或选用不同的密封材料,如 PEEK 等,可以适当的提高阀门的使用压力和适用温度,但还是非常有限,一旦阀门的使用压力和温度更高,非金属密封材料均无法适用,而对于含硬固体颗粒的介质,更无法适用或使用寿命极短。对于这样苛刻的工况条件,金属硬密封球阀是目前一种普遍认同的阀门类型。正因为如此,近年来金属硬密封球阀得到了非常迅速的发展,随着其技术与工艺的不断完善与成熟,其应用领域与范围将更加广泛。

2. 金属硬密封球阀的主要技术难点

对于苛刻工况的金属硬密封球阀,在设计、工艺及制造等方面所遇到的技术难点概括如下:

- (1)球体及阀座表面的硬化技术问题;
- (2)球体的圆度及加工制造工艺问题;
- (3)高温工况下因为材料的膨胀而卡死的问题;
- (4)金属硬密封球阀的启闭扭矩问题;
- (5)固体硬颗粒介质的冲刷和磨损问题;

(6)用于高温工况及固体颗粒介质的密封结构设计问题;

(7)其他问题。

对于不同的工况条件,阀门的技术难点并不完全相同,因此,阀门的设计、制造和使用者应该充分了解阀门使用工况条件以及阀门的结构特点,通过双方的共同努力,才能够制造出满足使用工况条件的阀门产品。

3. 金属硬密封球阀主要技术难点的解决措施

3.1 球体及阀座表面的硬化技术

球体及阀座密封面的耐磨材料和工艺是金属硬密封耐磨球阀最关键的技术之一,密封面耐磨材料及工艺的选用需要考虑使用工况的压力、温度、腐蚀性、介质硬度等因素。此外,还需要考虑密封面耐磨材料与基体材料的结合强度、耐磨层的厚度、硬度、抗擦伤性能及基体材料的硬度等因素。

以往通常采用镀铬的方法来提高球体表面的硬度,该方法由于镀层与基体的结合力较低,长期使用后镀层很容易脱落,使用效果不好,近年来已经很少使用。

另一种是采用球体表面硬化热处理、渗氮处理等方法来提高球体的表面硬度,前些年该方法在我国应用得较多,根据我们的使用经验,采用表面热处理或渗氮处理进行球体表面的硬化,其硬化层厚度较小,而且在热处理过程中,球体会有一定的变形,从而导致球体圆度降低,因此,采用该类球体硬化技术的效果并不理想,球体的抗擦伤性能也较差,在阀门的开关过程中容易引起球体表面的擦伤,而且球体热处理后,其耐腐蚀性能也有所降低。

目前比较常用并且使用效果较好的球体及阀座密封面的硬化技术是超音速火焰喷涂(HVOF)以及镍基热喷涂。

超音速火焰喷涂(HVOF)主要是通过极高的速度将耐磨粉末涂层材料喷涂到基体材料表面,喷涂时的气流速度在很大程度上决定了喷涂的质量,喷枪能够产生更高的气流速度,则耐磨粉末涂层就能够获得更高的运动速度,从而耐磨粉末涂层与基体材料就能够获得更高的结合力和更高的致密性,因此也就具有更好的耐磨性能和耐腐蚀性能。超音速喷涂的优点是可以喷涂超硬的涂层材料,涂层的硬度甚至可以达到 HRC74 以上,因此涂层具有很好的抗擦伤性能和耐磨性能。另外,超音速喷涂时,基体材料不需要进行高温加热,因此基体材料不会发生热变形。由于超音速喷涂主要是通过耐磨粉末涂层与基体材料的高速撞击而产生的物理结合,结合强度比镍基合金的热喷涂要低一些,通常结合力在 68~76MPa 左右,因此,对于高压球阀(如 CLASS1500~CLASS2500 的球阀)的球体,采用超音速喷涂技术其涂层在使用中有脱落的可能。

对于超音速火焰喷涂(HVOF),涂层的性能主要有以下几个方面的指标:孔隙率、氧化物含量、显微硬度、结合强度、金相结构、涂层应力状况、涂层加工性能、涂层的均匀性等。具有较小的孔隙率、较低的氧化物含量、更高的显微硬度、更强的结合力、涂层为压应力状况,则超音速喷涂的涂层质量更好。超音速喷涂的质量很大程度上取决于喷涂的设备,低气流速度的喷涂设备不可能获得良好的喷涂效果。采用高速喷涂设备,再加上良好的喷涂工艺,良好的耐磨粉末涂层材料以及基体材料,可以获得良好的涂层质量。常用的超音速喷涂材料有:碳化钨钴、碳化钨钴铬、镍基合金、碳化铬、陶瓷等。碳化钨钴及碳化钨钴铬的使用温度一般不超过 540℃,要适用于更高的温度,通常可以采用碳化铬及陶瓷等喷涂材料。图 1 为典型的超音速火焰喷涂设备。图 2 为典型的超音速喷涂系统。图 3 为球体的超音速喷涂。



图 1 典型的超音速火焰喷涂(HVOF)设备

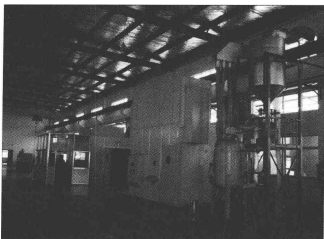


图2 典型的超音速火焰喷涂系统

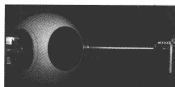


图3 球体的超音速火焰喷涂

考虑到超音速喷涂的结合力以及喷涂的成本,喷涂层的厚度通常控制在 0.3mm 左右,为了确保涂层的均匀性,球体喷涂前的圆度以及喷涂的均匀性非常重要,一般需要通过研磨以保证球体喷涂前的圆度,采用电脑控制的机械手对喷枪进行控制能够确保涂层的均匀性,而采用人工控制喷枪的方法则很难保证涂层的均匀性。

镍基合金热喷涂是目前在金属硬密封球阀上成功应用的一种密封面硬化方法,镍基合金耐磨、耐腐蚀、耐高温等,其综合性能优良,根据我们的实践,镍基合金适用于灰水、黑水、煤浆、煤渣等多种工况介质。镍基合金是一种白熔合金,主要成分包括镍铬硼硅,其中镍是主要成分,也是耐磨材料与基体材料的粘剂,根据配比成分的不同,可以获得不同的硬度,金属硬密封耐磨球阀一般采用 $\text{HRC}56\sim 64$ 的硬度。通过对基体材料及镍基合金材料的高温加热,能够使基体与密封面耐磨材料达到冶金结合,因此,镍基合金热喷涂具有结合强度高、涂层的厚度较大,一般为 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 左右。对于镍基合金的热喷涂,喷涂工艺对于基体与镍基合金材料的结合力有很大的影响,球体及镍基合金材料的加热温度的控制非常重要,温度过低,基体材料与镍基合金材料不能真正实现冶金结合,容易引起涂层的脱落。而温度过高,会导致镍基合金材料的熔化流失。对于大口径球体,由于球体各部位的壁厚很不均匀,因此,要精确均匀的控制球体的加热温度难度很大,这是镍基合金热喷涂的主要难点,为此,我们采取了中频感应球体加热的专利技术,取得了很好的效果,图4为球体的中频感应加热和镍基合金的热喷涂。



图4 球体的中频感应加热和镍基合金的热喷涂

此外,采用激光熔覆技术进行球体表面的合金喷焊也具有很好的效果,采用该技术,球体的热影响区很小,喷焊层的硬度比镍基热喷涂更高,但是喷焊效率相对较低,而且喷焊后的球体表面光洁度较低,加工量较大。

总之,球体及阀座表面耐磨层的硬化技术应该根据使用工况条件、介质硬度、制造厂的工艺条件来进行合理的选择和应用。

3.2 球体的圆度及加工制造工艺

对于金属硬密封耐磨球阀,密封性能直接关系到阀门的使用寿命,尤其在高压差工况,如果阀门存在一定的泄漏量,在阀门的泄漏部位很容易被高速流动的介质冲刷,而发生更大的泄漏,从而造成阀门的失效。对于金属硬密封球阀,球体的圆度直接关系到阀门的密封性能。通常,对于喷涂后的球体先采用数控球面磨床进行研磨,然后再采用自制的球体研磨设备进行球体的精密研磨,通过三坐标测量仪的检测,确保球体的圆度达到 0.02mm 以内,从而使金属硬密封球阀达到气体密封试验零泄漏。图5为球体圆度的精密研磨设备。图6为球体圆度的三坐标测量仪。

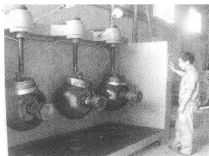


图5 球体圆度的精密研磨设备

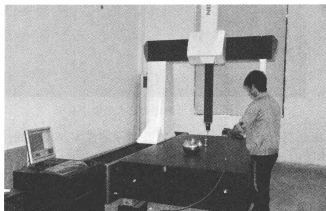


图6 球体圆度的三坐标测量仪

3.3 金属硬密封球阀启闭扭矩的问题

金属硬密封球阀由于密封面是金属与金属的直接接触,其摩擦力要远大于金属与非金属之间的摩擦力,因此与相同规格的软密封球阀相比,其启闭扭矩要大很多,前者的扭矩通常是后者的 $3\sim 4$ 倍。因此,从设计的角度考虑,即使相同规格的球阀,硬密封球阀的阀杆强度以及驱动装置的配置均要比软密封球阀大很多,只有这样才能保证阀门的可靠运行,不然,可能导致阀杆变形甚至断裂,或者因为驱动力矩过小而无法启闭阀门。

对于口径较大压力较高的球阀,一般采用固定球结构设计,对于该结构的球阀,可以通过改进结构设计以减少小作用在阀座上的介质推力,从而有效减小球阀的启闭扭矩,但是减少介质作用在阀座上的推力,同时也会降低阀门的密封性能,因此,如何通过优化设计既能保证阀门的密封性能,同时又能降低阀门的启闭扭矩是阀门设计者需要考虑的一个关键问题。

对于固定球阀,球体的支撑和定位有多种结构形式,图7是采用上下阀轴直接定位球体,该结构设计尽管简单,但是由于阀轴既要承受管道中介质的推力,又要承受启闭球阀的扭矩,因此,阀门的启闭扭矩较大。另一方面,由于阀轴与阀体为动配合,有一定的配合间隙,阀门关闭时介质作用在球体上的巨大推力必然会使阀轴产生一定的倾斜,从而导致阀门启闭时扭矩的增大,另一方面,阀轴的倾斜还容易引起阀

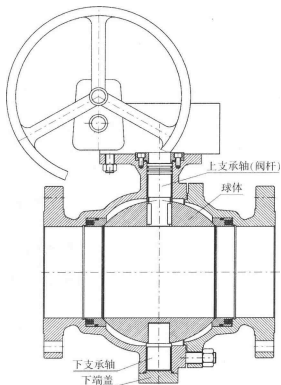


图7 采用上下阀轴直接定位球体的结构设计

轴部位的介质泄漏。图7为球体采用上下支承轴定位的结构设计,上下支承轴与阀体静配合,不会产生支承轴的倾斜,阀杆设置在上支承轴内部,介质对球体的推力由上下支承轴承受,阀杆仅仅传递启闭阀门的扭矩,因此可以大大减少阀杆的扭矩。与图6的结构设计相比,显然图7的结构设计更加合理。

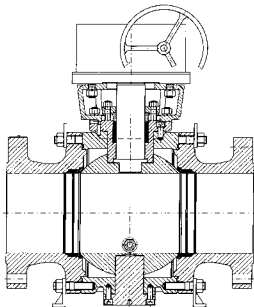


图8 采用上下支承轴定位球体的结构设计

3.4 高温工况的结构设计

金属硬密封球阀通常应用于高温工况,材料在高温下的热膨胀是金属硬密封球阀设计必须考虑的问题。高温金属硬密封球阀的阀座与阀体之间的密封通常采用柔性石墨,柔性石墨等材料在高温下会产生体积膨胀,如果结构设计没有考虑材料在高温下的膨胀补偿,阀门在高温下必然会因为材料的膨胀而被卡死而不能动作。为了解决该问题,通常在阀座背后设置弹簧,通过弹簧来调整和补偿高温下材料的膨胀问题。弹簧可以有多种结构形式,如圆柱螺旋弹簧、蝶形弹簧、板簧及波型弹簧等。为了保证弹簧在高温下的性能,弹簧一般采用 Inconel 材料制造。对于蝶形弹簧和板簧,为了改善弹簧的性能,可以采用多片薄型弹簧的组合结构设计。

3.5 固体介质的粘附问题

金属硬密封球阀通常应用于固体液体混合的介质,某些固体液体混合介质特别容易粘附在球体等零件的表面,导致阀门无法启闭。对于这样的工况介质,通常在阀座密封面的两侧设置刮刀结构(专利结构),这样在阀门的启闭过程中,阀座两侧的刮刀可以自动的刮除球体表面粘附的杂质,从而确保阀门能够自如的启闭,并同时具有良好的密封性能。对于易于粘附的固体液体混合介质,尽管采用刮刀可以刮除球体表面的粘附物,但是球阀的启闭扭矩必然会有较大的增加,因此,在设计时应该考虑到这种不利的影响因素,在阀轴的强度设计、材料的选择,尤其是球体与阀轴的连接强度以及阀轴与驱动装置的连接强度应该考虑有足够的余量,在驱动装置的配置时同样应该考虑有更大的驱动力,以保证在极端的工况条件下阀门的正常启闭。

固体介质的粘附还可能引起阀座弹簧的失效,严重的会导致阀门卡死而无法启闭,为了防止弹簧被介质粘附而失效,通常在弹簧腔设置柔性石墨密封圈,以阻挡固体介质进入弹簧腔体。

3.6 硬固体颗粒介质的磨损和冲刷问题

球阀全开时的通道相当于一个直管段,流体阻力最小,而且阀座和球体没有暴露在流动的介质中,因此,处在全开状态下的球阀基本没有磨损和冲刷的问题。而对于关闭状态下的球阀,如果阀门完全密封,则管道中的介质没有流动,因此,阀门也不会产生磨损和冲刷。对于含硬固体颗粒的高压介质,当阀门密封不良时是最容易引起磨损和冲刷的,在一些极端的工况条件下,阀门的泄漏甚至会在一、两个小时就导致阀体因为磨损而穿孔。对于

密封性能良好的球阀,在阀门刚刚开启的瞬间是最容易被磨损的。此时,在阀座与球体最先脱开的部位,由于此处压差大,流速高,因此很容易被磨损。可以通过以下几个方面的措施来减缓阀门的磨损:(1)提高阀门的启闭速度,使阀门迅速地从全关闭状态切换到全开启状态,可以有效地减少磨损,尤其对于开关频繁的阀门;(2)在开启球阀之前通过旁通对球阀前后的压力进行平衡,一旦球阀上下游的压差减小了,介质的流速也会相应的减小,介质对阀门的磨损也会同时减小;(3)设计时适当考虑增大球体的直径,使球体的密封部位不容易被磨损,即使球阀在使用过程中出现了磨损,也不会影响阀门的密封性能;(4)在球体和阀座容易被磨损的部位喷涂耐磨材料;(5)在球阀的通道部位增加耐磨衬套,以增强球阀的抗磨损能力。

3.7 部件之间的连接问题

由于金属硬密封耐磨球阀的工况条件苛刻,一些细节的忽视也可能引起阀门的失效。比如支架与阀体的连接、支架与驱动装置的连接、球体的上支撑接盘与阀体的连接,对于普通的软密封球阀,由于扭矩较小,采用螺栓螺母就可以解决连接问题,但是由于金属硬密封耐磨球阀的扭矩较大,而螺栓螺母的连接存在较大的间隙,很容易引起连接部件之间的错位移动,其结果会导致阀门无法关闭到位,从而引起阀门的泄漏,进而引起阀门的磨损而破坏。因此,对于金属硬密封耐磨球阀来说,采用销钉或其他方法进行连接部件之间的精确连接和定位是非常重要的。

4. 结语

金属硬密封耐磨球阀的设计与制造需要考虑多方面的因素,用户实际的工况条件千差万别,作为设计者应该详细的了解工况条件,并且认真的分析各种工况条件可能对于阀门的不利影响。针对各种影响因素提出一个综合考虑的设计方案。阀门的失效通常是因为某个薄弱环节所引起的,在很多情况下细节决定设计的成败。

对于金属硬密封耐磨球阀,通过采取了上述的关键技术解决方案,所研制开发的金属硬密封耐磨球阀在各种高压、高温、硬固体颗粒的工况介质下得到了非常广泛应用,如煤化工的黑水、灰水、煤浆工况、煤气化装置的锁渣排渣工况、煤制油的高温高压苛刻工况、多晶硅的耐磨工况以及电厂的排渣工况,大量的工业应用证明,在金属硬密封耐磨球阀的设计、制造及工艺中充分考虑了本文所论述的关键技术,就能够制造出性能优良的产品。大量的工业应用证明该产品的研制开发是成功的。

作者简介

邱晓来(1959—),浙江超达阀门股份有限公司总工程师,教授级高级工程师,享受国务院政府特殊津贴,全国五一劳动奖章获得者,浙江省有突出贡献的中青年专家。

单焊缝全焊接球阀的设计

许万武 施崇法

(上海科科阀门有限公司, 上海 201802)

摘要:本文通过对现有大中型口径球阀与新型结构的单焊缝球阀从产品结构、制作工艺、制造成本、综合性能等多方面对比分析,提出了单焊缝球阀改进设计的特点;外形美观成椭圆流线型,工艺简单、制造成本低、性能稳定、应用广泛等优点。

关键词:球阀;椭圆流线型;单焊缝;性能稳定

Design of the Single Welding Seam Full Welded Ball Valve

Xu Wanwu Shi Zongfa

(Shanghai KOKO Valve Co., Ltd., Shanghai, 201802, China)

Abstract: Through the relative analysis between the existing large- and middle-sized ball valve and single welding seam full welded ball valve with new structure on product structure, manufacture craft, production cost and comprehensive performance etc., the paper presents characteristics of single welding seam full welded ball valve after improvement: oval streamlined exterior, simple technics, low production cost, stable performance, wide application range and so on.

Keywords: ball valve, oval streamlined, single welding seam, stable performance

1. 概述

球阀是通过球体绕阀杆轴线旋转90°来实现阀门的开启和关闭。球阀在管道上主要用于切断、分配和改变介质流动方向。由于球阀结构简单、流阻小、密封性能好,因此使用非常广泛,是近年来发展较快的阀门品种之一;但球阀也存在制造工艺复杂、重量重、成本高等不利因素,特别是大口径的球阀更是如此。

2. 大口径球阀主要结构

目前大口径球阀的主要结构形式有:螺栓连接体盖的三体式球阀和焊接连接体盖的三体式球阀二种。现将其结构及特点分析如下:

2.1 螺栓连接体盖结构的球阀,结构如图1

该结构球阀的优点:(1)装配过程中体盖可以多次拆卸,组装方便有利于阀座密封圈压缩余量的调整,并且易损件可以更换,从而使阀门生产制造的成品率较高。

该结构球阀的缺点为:(1)由于螺栓联接,增加了阀门的对外泄漏点;(2)由于采用螺栓联接,在设计时,阀体壁厚必须满足设计压力下的强度要求,还应满足连接螺栓在设计(或操作)压力、垫片密封比压作用下的强度要求及阀体与阀盖连接法兰的刚度要求,从而使阀体阀盖体积增大,造成阀门体积大、重量重,原材料成本高;(3)该结构阀体分为左中右三部分,阀门加工过程中,左中右阀体的内外表面及两端都需要加工,加工工序繁杂,增加了加工成本。