

学校编码: 10384
学号: 19920101152711

分类号
密级
UDC

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

高压软密封球阀的设计、制造及实验研究

Research on Design, Manufacture and Experiment for

High-pressure Soft-seated Ball Valve

兰 丕 祥

指导教师姓名: 胡国清 教授

专业名称: 机械电子工程

论文提交日期: 2013年5月

论文答辩日期: 2013年6月

学位授予日期: 2013年6月

答辩委员会主席: 冯勇建

评 阅 人:

2013年6月

厦门大学学位论文原创性声明

本人提交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

()2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘 要

球阀是以球体为开关件的阀门,是阀门中的重要分支。球阀具有流体阻力小、开关迅速方便、密封性好、寿命长、可靠性高等优点。近年来,随着工业对球阀需求的日益增多,对球阀的使用要求也提出了更为苛刻的要求。本文对高压软密封球阀的设计、制造及试验进行了研究:将经验设计,CAD技术和有限元技术相结合,运用到本球阀的设计与优化中;同时对球阀球体密封面加工技术进行了详细的探讨;最后的球阀试验验证了有限元仿真的有效性和球阀优异的使用性能。本文取得的主要成果如下:

设计了一种高压软密封球阀,其操作方便,结构紧凑,同时此球阀通过了静压试验、寿命试验和爆破试验的验证,试验结果表明本文研制的球阀具有优异的使用性能:静压试验(水压:30MPa,气压:0.7MPa)及爆破试验(水压:60MPa)无泄漏,使用寿命达2万次。

基于有限元理论,运用MSC.Patran/MD.Nastran软件对球阀的关键零件和装配体进行有限元仿真,分别进行了应力和位移分析,最后通过球阀压力试验验证了有限元分析的有效性,即球阀加压前后的距离变化与有限元仿真分析的位移变化趋于一至。

对阀球的杯形研具加工方式进行了详细的研究,得出了杯形研具加工的去函数;通过试验验证了去函数的正确性,得出了研磨工艺参数对研磨效果的影响规律,同时获得了较好的加工工艺参数:压力为0.35Mpa,浓度为40%,速度为30m/min。

设计并制作了杯形研具工装,该工装使用方便,安装在现有机床上,工装制作成本低,加工效率高,人工成本低,经济;同时能满足小尺寸到大尺寸的阀球加工,通用性好。

关键词: 球阀设计 有限元 Patran/Nastran 阀球加工 球阀试验

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

The ball valve is an important branch of valve and it is switched by a ball. There are many advantages of the ball valve: small fluid resistance, easy running switch, good sealing, long life, high reliability, etc. In recent years, with the increasing demand of ball valve from industry, the performance requirement of the ball valve is becoming stricter. This thesis researches on design, manufacture and experiments of high-pressure soft-seated ball valve: combining experience design, CAD and FEA technology and applying them in the designing and optimization of the ball valve; researching deeply on the processing technology of the valve ball's sealing surface; finally, the experiments verify the FEA simulation and excellent performance of the ball valve. The major achievements of this paper are as follows:

A high-pressure soft-seated ball valve is designed and it is compact and easily to be operated; the hydrostatic test, life test and burst test show that this ball valve has excellent performance: without leakage under static pressure test (water pressure: 30MPa, gas pressure: 0.7 MPa) and burst test (water pressure: 60MPa), the life of the ball valve is up to 20,000 times.

Based on FEA theory, MSC.Patran/MD.Nastran software is applied for the FEA stress and displacement analysis of the key parts and assembly of the ball valve. Finally, the static pressure test verify the FEA simulation: the displacements in the experiment are very close to the displacements in the FEA simulation.

This thesis researches deeply on the valve ball's cup-shaped tool lapping method and gets the removing function of this method; the lapping experiments verify the removing function and provide a good combination of the technological parameters: pressure (0.35MPa), concentration of the lapping powder (40%), velocity (35m/min).

A valve ball's lapping instrument which has a cup shaped cutter is achieved; the instrument is convenient, efficient, compatible for different size of the valve ball, and it has a low labor cost. What's more, the instrument is equipped on an existing

machine and its price is very low.

Keywords: Ball valve's design; FEA; Patran/Nastran; valve ball's processing; ball valve's experiment

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

中文摘要	I
英文摘要	III
第一章 绪论	1
1.1 球阀.....	1
1.1.1 球阀的作用原理.....	2
1.1.2 球阀的分类及其特点.....	2
1.2 行业现状	4
1.3 国内外研究现状	5
1.4 有限元技术	6
1.4.1 有限元的基本理论.....	6
1.4.2 有限元分析的基本步骤.....	7
1.5 课题来源及意义	8
1.6 课题主要工作	8
1.7 本章小结	9
第二章 球阀关键零件的设计与校核.....	10
2.1 球阀总体设计	10
2.2 阀体的结构设计与计算	12
2.3 密封副的设计与计算	13
2.3.1 密封机理.....	13
2.3.2 影响密封性能的因素.....	14
2.3.3 浮动球阀的密封原理.....	16
2.3.4 密封副比压计算及验算.....	17
2.4 阀杆的强度计算	20
2.4.1 阀杆强度计算.....	21
2.4.2 阀杆与球体连接部分的计算.....	24
2.5 本章小结	24
第三章 球阀关键零部件的有限元分析	25
3.1 MSC.Patran 与 MD.Nastran 软件介绍	25
3.1.1 MSC.Patran 介绍	25
3.1.2 MD.Nastran 介绍.....	26
3.2 阀体强度校核及变形仿真	26
3.2.1 阀体壁厚的校核.....	27
3.2.2 阀体顶端圆环的校核.....	29

3.3 阀盖强度校核及变形仿真	31
3.4 装配体校核	33
3.4.1 前置处理	33
3.4.2 后置处理	34
3.5 本章小结	39
第四章 球阀球体密封面加工技术的数学建模与实验	40
4.1 现有加工技术	40
4.2 杯形研具研磨技术理论研究	42
4.2.1 研磨理论	42
4.2.2 研磨轨迹的求解与分析	43
4.2.3 研磨速度求解与仿真分析	46
4.2.4 研磨时间求解	48
4.2.5 去除函数与仿真分析	49
4.3 研磨设备设计与制作	52
4.3.1 创成性加工机理	52
4.3.2 研磨设备的结构设计	53
4.3.3 研磨设备的整体结构和工作原理	54
4.4 研磨设备的使用方法	56
4.4.1 计算加工参数	56
4.4.2 加工设备的操作步骤	57
4.5 研磨试验	58
4.5.1 理论验证试验	59
4.5.2 研磨正交实验	61
4.6 本章小结	67
第五章 球阀的测试试验	68
5.1 验证有限元仿真有效性试验	68
5.2 球阀性能试验	70
5.2.1 静压试验	70
5.2.2 寿命试验	71
5.2.3 爆破试验	71
5.3 本章小结	72
第六章 总结与展望	73
6.1 总结	73
6.2 展望	74
参考文献	75
硕士期间发表的学术论文	79
致 谢	80

Table of Contents

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Ball valve.....	1
1.1.1 Working mechanism of the ball valve.....	2
1.1.2 Classification and characteristics of the ball valve.....	2
1.2 Current state of the industry.....	4
1.3 Current research state in and out of China	5
1.4 FEA technology	6
1.4.1 Basic theory of FEA.....	6
1.4.2 Basic steps of FEA.....	7
1.5 Sources and significance of this project	8
1.6 Major work of this project	8
1.7 Chapter summary	9
Chapter 2 Design and Verification of the ball valve key parts.....	10
2.1 The overall design of the ball valve	10
2.2 The structure design and calculation of the valve body	12
2.3 Design and calculation of the Sealing pair.....	13
2.3.1 Sealing mechanism	13
2.3.2 Factors affecting the sealing performance	14
2.3.3 Sealing principle of floating ball valve.....	16
2.3.4 Calculation and verification of pressure at ball valve's sealing faces...	17
2.4 Strength calculation of the valve rod.....	20
2.4.1 Strength calculation at the rod part	21
2.4.2 Strength calculation at the connection of the valve rod and valve ball.	24
2.5 Chapter summary	24
Chapter 3 FEA simulation of the ball valve's key parts.....	25
3.1 Introduction of MSC.Patran and MD.Nastran software	25
3.1.1 Introduction of MSC.Patran.....	25
3.1.2 Introduction of MD.Nastran.....	26
3.2 Strength verification deformation simulation of the valve body	26
3.2.1 Verification of thickness of valve body.....	27
3.2.2 Verification of the ring on the top of the valve body	29
3.3 Strength verification deformation simulation of the valve cover	31

3.4 Verification of the assembly	33
3.4.1 Pre-processing	33
3.4.2 Post-processing	34
3.5 Chapter summary	39
Chapter 4 Mathematical model and experiment of valve ball's	
processing technology	40
4.1 Current processing technology	40
4.2 Lapping theory of the cup-shaped cutter.....	42
4.2.1 Lapping theory	42
4.2.2 solution and analysis of the lapping track.....	43
4.2.3 Solution and simulation of the lapping velocity	46
4.2.4 Solution of the lapping time.....	48
4.2.5 Removing function and its simulation	49
4.3 Design and manufacture of the lapping instrument	52
4.3.1 Processing mechanism	52
4.3.2 Structure design of the lapping instrument	53
4.3.3 Overall structure and working mechanism of the lapping instrument ..	54
4.4 Usage of the lapping instrument	56
4.4.1 Calculation of processing parameters	56
4.4.2 The steps of the lapping instrument	57
4.5 Lapping experiment.....	58
4.5.1 Theory verification experiment.....	59
4.5.2 Orthogonal lapping experiment	61
4.6 Chapter summary	67
Chapter 5 Ball valve's experiment	68
5.1 FEA verification experiment.....	68
5.2 Ball valve performance test.....	70
5.2.1 Static pressure test.....	70
5.2.2 Life test	71
5.2.3 Burst test	71
5.3 Chapter summary	72
Chapter 6 Summary and prospect	73
6.1 Summary.....	73
6.2 Prospect.....	74
References	75
Publications	79
Acknowledgements	80

第一章 绪论

阀门在国民经济各个部门中有着广泛的应用。在石油、天然气、煤炭和矿业的开采、提炼加工和管道输送系统中；在化工产品、医药和食品生产系统中；在水电、火电和核电的电力生产中；在城市和工业企业的给排水、供热和供气系统中；在农田的排灌系统中；在冶金生产系统中；在船舶、车辆、飞机以及各种运动机械的流体系统中，都大量地使用阀门。此外，在国防生产系统和航天等新技术领域里也使用着各种性能特殊的阀门。因此，阀门是我国实现四个现代化不可缺少的重要机械产品。它与生产建设、国防建设和人民生活都有着密切的联系。

阀门安装在各种管路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，所以阀门的种类和品种规格非常多。比如闸阀、截止阀、节流阀、球阀、蝶阀、旋塞阀等等。为了实现流体的控制，阀门一般应具备以下性能：即密封性能、强度性能、调节性能、动作性能和流通性能^[1]。

1.1 球阀

球阀是以球体最为开关件的阀门，是阀门中的重要分支。球阀具有流体阻力小、开关迅速方便、密封性好、寿命长、可靠性高等优点。

球阀的发展大致经历了三个阶段：一是从 19 世纪 80 年代到 20 世纪的 20 年代初期，美国开始在一般生活用管道上使用小口径球形旋塞阀，是球阀发展的初始阶；二是 20 世纪 20 年代到 50 年代，1921 年瑞士爱舍、魏斯(Escher Wyss)公司，提出了以摩擦面进行密封的研究课题，并生产了泵站用 2m 直径的球阀(与目前球阀有很大差别)，但由于密封材料没有解决，球阀技术处于停滞不前的状态；三是从 20 世纪 50 年代开始，由于塑料高分子材料作为密封面材料的出现，使球阀得到了迅速发展。60 年代日、英两国从美国大量引进球阀，随后在世界范围内进入了球阀发展的全盛时期，球阀也就从过去的特殊阀门变成了一般通用阀门，成为一种独立的阀门类型，得到各工业部门的广泛应用^[2]。

1.1.1 球阀的作用原理

球阀结构如图 1.1 所示，其主要有阀体、阀座、球体、阀杆、手柄组成。

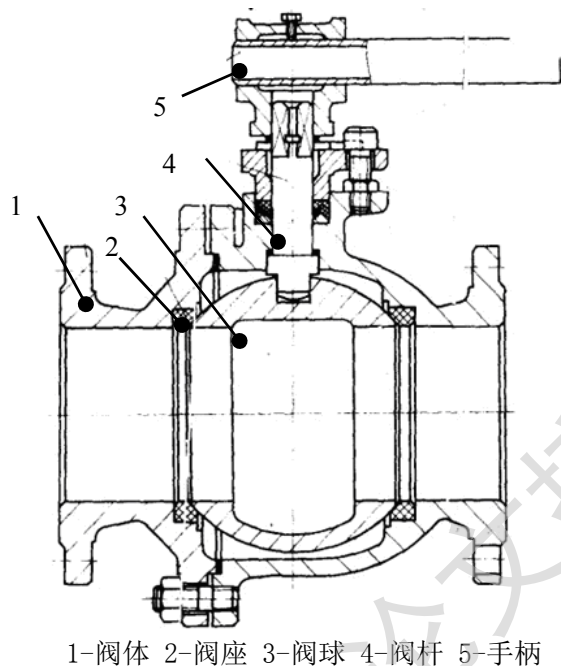


图 1.1 浮动球球阀结构^{[3]2}

球阀的主要功能是切断或接通管道中的流体通道，即球阀通常为闭路阀。因此球阀的作用原理很简单：藉助手柄或其它驱动装置在阀杆上端施加一定的转矩并传递给球体，使它旋转 90° (特殊球阀结构例外)，球体的通孔则与阀体通道中心线重合或垂直，球阀便完成了全开或全关的动作^{[3]1}。

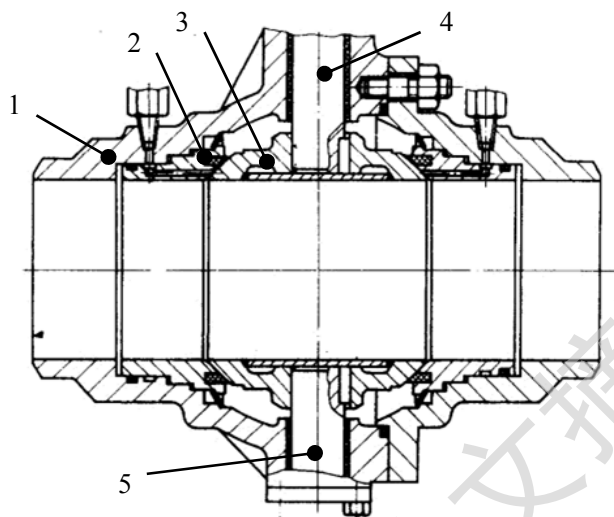
1.1.2 球阀的分类及其特点

(1) 按球体的支撑方式分类^{[3]6}

①浮动球球阀：其主要特点是球体无支撑，球体系籍阀门进、出口两端的阀座予以支撑，如图 1.1 所示。阀杆与球体为活动连接，因此，这种球阀的球体被两阀座夹持其中呈“浮动”状态。当球体的流道孔与阀门通道孔对准时，球阀呈开启状态，流体畅通，阀门的流体阻力最小；当球体转动 90° 时，球体的流道孔与阀门通道孔相垂直，球阀呈关闭状态，球体在流体压力的作用下，被推向阀门出口端阀座，使之压紧并保证密封。浮动球球阀的主要优点是结构简单、制造方便、成本低廉、工作可靠，因此得到广泛的应用。

②固定球球阀：如图 1.2 所示，球体与上、下阀杆连成一体，或制成整体连轴式球，即将球体与上、下阀杆锻(焊)成一体装在轴承上，球体可沿与阀门通道

相垂直的轴线自由转动，但不能沿通道轴线移动。因此，固定球球阀工作时，不会使球体向出口端阀座移动，因而阀座不会承受过大的压力，所以固定球球阀的转矩小，阀座变形小，密封性能稳定，使用寿命长，适用于高压、大通径的场合。



1-阀体 2-阀座 3-球阀 4-上阀杆 5-下阀杆

图 1.2 固定球球阀结构^{[3]13}

(2) 按球阀阀座使用材料分类

①硬密封球阀：其密封特点主要是采用金属密封副，其优点是适用温度范围广，各种金属的热膨胀系数相差不大，只要选用得当，可以达到基本一致，有利于协调温差变形。缺点是材料硬度高，达到密封所需的比压高，即使采用预紧力达到密封，但因密封比压大，阀座和球体之间的磨损也很大，而且由于金属密封面摩擦系数较大，导致球阀的启闭力矩较大。因此，硬密封球阀大多采用弹性密封副，其性能可靠，弹性补偿能力强，使用温度范围广，并对浮动球球阀和固定球阀都适用^{[4]31}。

②软密封球阀：其一般装有钢制整体球和聚四氟乙烯制成的软阀座，阀座依靠装配时的预紧力紧贴在球体上。软阀座密封球阀的优点有：a.全通径，流体阻力小，节省能源。b.流向不受限制，阀门可任意位置安装。c.阀门安装空间小。d.开关迅速，只需旋转 90° 。e.因系软(阀座)硬(球体)密封副，所以密封容易实现。f.因球体正常贴紧软阀座，旋转时，球体表面在阀座表面滑动，故密封副间不结渣。g.结构简单，制造成本低。软密封球阀的缺点是，由于阀座材料的限制，不耐高温^{[5]30}。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库