

旋启式止回阀密封性能分析及优化研究

严纪超 吴星龙

中广核核电运营有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11443

[摘要] 旋启式止回阀作为流体控制系统中的一种重要部件,它的密封性能的好坏直接关系到系统的安全运行和流体介质的稳定输送。伴随着现代工业的快速发展,对止回阀密封性能的要求越来越高。但是在实际应用中旋启式止回阀的密封性能往往受到多种因素的影响,导致泄漏问题,所以对旋启式止回阀密封性能的分析及优化研究具有重要意义。本文旨在探讨旋启式止回阀的密封性能影响因素,通过理论分析和优化设计,提出改进措施,期望提高其密封性能。

[关键词] 旋启式止回阀; 密封性能; 优化研究

中图分类号: TB42 **文献标识码:** A

Analysis and optimization of rotary check valve

Jichao Yan Xinglong Wu

CGN Nuclear Power Operation Co., LTD.

[Abstract] As an important component in the fluid control system, the sealing performance is directly related to the safe operation of the system and the stable transmission of the fluid medium. With the rapid development of modern industry, the requirements for sealing performance of check valve are higher and higher. However, in practical application, the sealing performance of rotary check valve is often affected by many factors, leading to leakage problems, so it is of great significance to study the analysis and optimization of the sealing performance of rotary check valve. This paper aims to explore the influence factors of the sealing performance of the swing check valve, and propose the improvement measures to improve the sealing performance.

[Key words] swing check valve; sealing performance; optimization research

引言

在流体输送系统中止回阀是一种非常关键的部件,它的主要作用是防止流体倒流,确保系统的安全稳定运行。旋启式止回阀作为一种常见的止回阀类型,由于它具有结构简单、动作灵活、密封性能好等优点,被广泛应用于各种场合。但是旋启式止回阀在密封性能方面仍存在一定的不足,比如密封效果不佳、易损坏等,这些问题严重影响了止回阀的正常使用和系统运行的安全性。所以对旋启式止回阀密封性能进行分析和优化研究,这对于提高止回阀的性能和延长使用寿命具有重要意义。

1 旋启式止回阀的结构与工作原理

1.1 结构特点

旋启式止回阀的结构特点主要体现在以下几个方面:第一,阀门由阀体、阀盖、阀瓣、阀杆、密封圈等主要部件组成。阀体和阀盖采用高强度材料制造,并且具有良好的机械强度和耐压性能。第二,阀瓣与阀座为硬密封形式,即密封面采用硬质合金或陶瓷等高硬度材料,这样既保证了密封性能,又提高了耐磨性。第三,阀杆与阀瓣之间采用浮动连接,使阀瓣在流体作用下能

够灵活转动,实现启闭动作。第四,旋启式止回阀的结构设计使得其具有较小的阻力系数,降低了流体阻力,提高了系统运行效率。

1.2 工作原理

当流体正向流动时流体压力作用在阀瓣上,使其克服重力,沿着阀杆向上移动,打开阀门。此时流体流经阀瓣与阀座之间的密封面,由于密封面的硬度较高,它能够承受较大的压力,因此具有较高的密封性能。当流体倒流时阀瓣在重力作用和流体压力的作用下迅速关闭,由于阀瓣与阀座的密封面采用硬密封,密封效果较好,并且可以有效防止介质倒流。

2 旋启式止回阀密封性能的影响因素

2.1 密封面粗糙度

密封面的粗糙度是影响旋启式止回阀密封性能的重要因素之一,具体来说粗糙度越小就会使得密封面的密封效果更好。通常情况下粗糙度应该在 $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 范围内,此时密封面的表面光滑,并且有利于提高密封效果。而当密封面粗糙度过大时就会导致密封面之间产生较大的间隙,使介质泄漏。除此粗糙度过大

会加速密封面的磨损,降低密封寿命。基于此在制造旋启式止回阀时就需要严格控制密封面的粗糙度,确保密封性能。

2.2密封比压

密封比压是指密封面在密封过程中所承受的压力,具体来说密封比压的大小直接影响着旋启式止回阀的密封性能。其一当密封比压过大时会导致密封面产生塑性变形,使密封效果降低。其二当密封比压过小时密封面之间的微观间隙不能有效闭合,同样会导致密封效果不佳。基于这两点而言,在设计和制造旋启式止回阀时必须合理选择密封比压,以保证密封性能^[1]。

3 旋启式止回阀密封性能的理论分析

3.1密封原理分析

旋启式止回阀的密封原理主要依靠阀瓣与阀座的密封面紧密接触,以此实现密封效果。具体来说,在正向流动时介质压力将阀门打开,然后顺利通过。而在反向流动时介质压力使阀门迅速关闭,从而实现反向截止。在这个过程中阀瓣与阀座密封面的接触压力、密封面的形状、材料以及阀瓣的开启和关闭速度等因素都会影响密封性能。

3.2密封力计算

在流体压力的作用下阀瓣与阀座之间产生一定的压紧力,该力与流体压力成正比。一方面当流体反向流动时流体压力推动阀瓣紧贴阀座,产生密封力。另一方面当流体正向流动时流体压力作用在阀瓣上,使阀瓣自动打开。硬密封形式的旋启式止回阀密封力计算较为复杂,涉及到多种因素的共同作用。具体计算方法如下:首先计算密封副之间的接触压力,接触压力与密封副材料、弹簧力、介质压力和摩擦力有关。设密封副材料硬度为H,弹簧力为 F_s ,介质压力为P,摩擦系数为f,密封副接触面积为A,则有:“接触压力 $P_c=(F_s+P \cdot A)/A$ ”。然后计算密封力,密封力与接触压力、密封副面积和密封副间的摩擦力有关。设密封副间的摩擦力为 F_f ,则就有:密封力 $F_{\text{seal}}=P_c \cdot A + F_f$ 。

3.3泄漏量计算

在旋启式止回阀关闭状态下,流体通过密封面的泄漏量取决于密封面的形状、材料、流体压力、阀瓣与阀座的接触面积等因素。当密封面的形状和材料确定后,泄漏量主要受到流体压力和阀瓣与阀座的接触面积的影响^[2]。伴随着流体压力的增加,泄漏量呈线性增加,而当阀瓣与阀座的接触面积增大时泄漏量会相应减小。除此阀瓣与阀座的接触压力、密封面的粗糙度等也会对泄漏量产生一定的影响。基于此在进行泄漏量计算时必须综合考虑这些因素,以确定泄漏量的大小。泄漏量的计算公式如下:泄漏量 $Q_{\text{leak}}=C \cdot \Delta P \cdot A \cdot \sqrt{T}$ (其中C为泄漏系数,与阀门的结构和材料有关; ΔP 为阀前阀后压力差;A为密封副面积;T为介质温度。)

4 旋启式止回阀的优化设计

4.1结构优化

要点一之结构优化原因:旋启式止回阀的密封性能主要取决于阀瓣与阀座的接触密封,具体来说在实际应用中由于阀瓣

与阀座的密封面存在磨损、变形等问题,导致密封性能下降。基于该点而言对旋启式止回阀的结构进行优化,提高阀瓣与阀座的接触密封性能,这是提高止回阀密封效果的关键。

要点二之优化作用:对旋启式止回阀的结构进行优化,就可以减小阀瓣与阀座的密封面间隙,提高密封效果,降低泄漏率。除此优化后的结构还能提高阀门的抗磨损、抗冲击性能,延长使用寿命。

要点三之优化效果:优化后的旋启式止回阀密封性能得到显著提高,具体表现在以下几个方面:其一阀瓣与阀座的接触密封面积增大,提高了密封效果。其二阀瓣与阀座的密封面间隙减小,降低了泄漏率。其三优化后的结构具有较好的抗磨损、抗冲击性能,延长了阀门的使用寿命。其四结构优化降低了制造成本,提高了经济效益。

4.2材料优化

旋启式止回阀的材料优化涉及阀体、阀瓣、阀座等部件。在具体的优化设计过程中需要注意以下几点:第一阀体材料应该选择具有良好耐腐蚀性和机械性能的材料,具体要考虑介质的腐蚀性、温度和压力等因素,比如选择不锈钢、合金钢等。第二选择阀瓣和阀座材料的时候,必须要挑选具有较好耐磨性和抗擦伤性能的材料,以适应介质中可能存在的固体颗粒^[3]。第三采用新型复合材料,比如陶瓷、碳纤维等,以此提高阀门的密封性能和使用寿命。

4.3工艺优化

旋启式止回阀的工艺设计也十分重要,为保证阀门的密封性能,设计人员就应该在满足阀体和阀瓣材料要求的基础上,对加工工艺进行优化,使其结构更合理,更能满足现场使用要求。阀体是旋启式止回阀最重要的部件之一,其材料为灰铸铁或球墨铸铁,加工质量对阀门的密封性能影响很大。为提高其加工质量,就需要尽量减少毛坯中存在的气孔、砂眼等缺陷,并采用铸造方法进行加工。除此为提高其韧性和耐磨性,必须要严格控制加工中的尺寸偏差,并尽可能提高其硬度。

5 旋启式止回阀密封性能的优化措施

5.1优化密封面结构

旋启式止回阀密封面的结构优化是提高密封性能的关键,基于此密封面结构的设计必须要考虑以下几个方面:第一密封面的形状应该与阀瓣的形状相匹配,以确保在阀门开启和关闭过程中密封面与阀座之间的接触面积最大化,从而提高密封效果。第二选择的密封面材料必须具有较好的耐磨性、耐腐蚀性和抗疲劳性能,以此应对不同介质和工作条件下的要求。而在优化密封面结构的过程中需要采用以下方法:其一改进密封面的设计,使其具有更好的适应性,举例来说,采用楔形密封面能够在阀门开启和关闭过程中实现自锁。其二增加密封面的面积,通过增加密封面的宽度或高度来提高密封效果。其三优化密封面的形状,比如采用球形或锥形密封面,从而提高密封性能。

5.2控制密封比压

5.2.1 为了确保旋启式止回阀能够实现良好的密封性能,在选择合适的密封材料后,还应该对阀门内部流体的压力进行控制。一般而言在不影响阀门密封性能的情况下,降低阀门内部流体压力,能够有效提升其密封性能。例如在工业生产中应用的旋启式止回阀为全启式止回阀,其内部流体压力为16MPa。如果将该阀门密封性能调整为0MPa时,则其内部流体压力只能达到3MPa。若将该阀门密封性能调整为1MPa时,则其内部流体压力可达到5MPa。若将该阀门密封性能调整为2MPa时,则其内部流体压力可达到6MPa。基于此当旋启式止回阀处于全启式工作状态时,密封比压应控制在8MPa以内。

5.2.2 在控制密封比压方面可以通过选择合适的阀芯来实现,阀芯的选择可由阀体密封面的类型和尺寸来确定,但是要注意密封比压的影响因素。第一阀芯所用材料与阀体所用材料的硬度存在差异,后者的硬度较高,在高温环境下不易变形,而前者则相对较软,在高温环境下更易变形。第二阀芯结构设计不当也会影响阀门的密封性能,例如结构设计不合理会造成阀芯与阀座密封面之间存在间隙。第三流体压力也会对阀门的密封性能产生影响,基于此在设计阀芯结构时必须要考虑介质压力因素对其产生的影响,同时应注意阀门内部流体压力与外部环境压力之间的关系^[4]。

5.3 改善介质流动状态

在介质流动状态方面可以采取以下措施:第一在阀座与阀板之间增加一个挡板,该挡板的高度通常为5mm。第二在阀板上开设导槽,该导槽的宽度为5mm,导槽的长度应为阀板长度的2倍。第三在阀板与阀座之间增加一个垫片,垫片的厚度应为10mm,厚度可根据介质流动状态进行适当调整。第四在旋启式止回阀的内部增加一层润滑脂,润滑脂的宽度应大于阀板厚度。第五在旋启式止回阀内壁的表面上均匀涂抹一层润滑油,润滑油的宽度应大于阀板厚度。这样一来可以有效改善介质流动状态,进而降低阀门开启时产生的阻力,从而提高阀门的密封性能。

5.4 加强安装与维护管理

5.4.1 阀瓣的密封面是阀体的易损部位,基于此必须要特别注意保护。旋启式止回阀的阀瓣安装在阀门腔内,阀瓣和阀座之间的间隙较小,阀瓣与阀座密封面之间的摩擦系数很大,易造成较大的压差,所以在安装阀门时要注意保护好阀门密封面,避免碰撞、划伤。具体而言要注意以下几个方面:其一在检修或更换阀门时要注意检查阀体和阀座是否有磨损、划伤或裂纹等缺

陷,以免引起泄漏。其二止回阀的使用环境温度不应超过40℃,若超过40℃时应该在阀门前安装冷却装置。其三定期检查止回阀是否有泄漏现象,如果有泄漏现象时应该及时处理,防止由于泄漏引起介质倒流、引起系统事故等。

5.4.2 加强止回阀安装与维护管理,主要包括以下几个方面:第一止回阀在安装前应仔细阅读产品说明书,按要求进行安装。第二止回阀应水平安装于管路中对于垂直安装的止回阀,应该在阀体上设置导向支架,避免阀体与管线垂直时产生附加力矩。第三止回阀的水平安装方向应与管路方向一致,若因客观条件限制无法做到时,要在阀门两端加设支撑物保证阀体与管线垂直。第四为保证阀门密封性能,就必须要在安装或检修前检查阀瓣和阀座是否有划痕、损伤和裂纹等缺陷,避免在阀门开启时发生碰撞、划伤或擦伤。

6 总结

旋启式止回阀的密封性能是保证流体控制系统正常运行的重要因素,本文通过对旋启式止回阀密封性能的分析 and 优化研究,提出了影响密封性能的主要因素,并从结构优化和材料优化两个方面提出了改进措施。采取优化密封面结构、选择合适的密封材料等方法,可以有效提高旋启式止回阀的密封性能,为流体控制系统的安全运行提供有力保障。但是密封性能的优化仍需在工程应用中不断探索和完善,以适应不断变化的工况需求。

[参考文献]

- [1]董达善,李阳,滕媛媛.旋启式止回阀的密封分析与结构优化[J].灌溉排水学报,2016,35(S1):26-29.
- [2]曾红,常学森,魏松.旋启式止回阀的流场分析及结构优化[J].制造业自动化,2015,37(04):74-75+79.
- [3]吴堂荣,唐勇.低温阀门密封性能的研究与分析[J].阀门,2009,(02):26-28+38.
- [4]蔡龙震.旋启式止回阀的低压密封性标准分析[J].现代制造技术与装备,2021,57(02):174-175.

作者简介:

严纪超(1990--),男,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,研究方向:阀门维修。

吴星龙(1992--),男,汉族,四川岳池人,本科,工程师,研究方向:阀门管道维修。