

锅炉闸阀密封性能提升的技术方案研究

张志海

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司，贵州 遵义 563108

DOI:10.61369/ERA.2026030027

摘 要： 锅炉闸阀作为热力系统核心密封部件，其密封性能直接关系到锅炉运行的安全性、稳定性与经济性。针对锅炉工况下闸阀易出现密封失效的问题，本文从闸阀密封基础、影响因素、提升技术及方案验证四个维度展开研究。先明确密封结构、评价指标及工况要求，再分析材料、结构与工况对密封性能的作用机制，进而提出材料优化、结构改进及工艺提升的技术措施，最后通过测试方法与可行性验证完善方案。研究旨在为锅炉闸阀密封性能提升提供理论支撑与技术参考，助力解决实际运行中的密封难题，保障锅炉系统高效运转。

关 键 词： 锅炉闸阀；密封性能；技术提升；可行性验证

Research on the Technical Solution of Improving the Sealing Performance of Boiler Gate Valve The Impact of Smoking on Cognitive Function in Chinese Older Adults

Zhang Zhihai

Yaxi Power Generation Operation Branch, Guizhou Xidian Electric Power Co., Ltd., Zunyi, Guizhou 563108

Abstract： As a critical sealing component in thermal systems, the performance of boiler gate valves directly impacts operational safety, stability, and economic efficiency. To address the frequent sealing failures under boiler conditions, this study investigates four key dimensions: sealing fundamentals, influencing factors, improvement techniques, and solution validation. The research begins by defining sealing structures, evaluation metrics, and operational requirements, then analyzes how material properties, structural design, and operating conditions affect sealing performance. Subsequently, it proposes technical measures including material optimization, structural enhancements, and process improvements. Finally, the proposed solutions are validated through testing methods and feasibility studies. This study aims to provide theoretical support and technical references for improving boiler gate valve sealing performance, helping resolve practical sealing challenges and ensuring efficient boiler system operation.

Keywords： boiler gate valve; sealing performance; technical improvement; feasibility verification

引言

在锅炉运行系统当中，闸阀具有介质截断及调节的重要职能，其密封性能属于核心技术指标。锅炉运行时存在高温、高压、介质腐蚀等诸多复杂工况，长时间使用极易造成闸阀密封面出现磨损、变形情况，从而致使介质泄漏，不但会影响系统的热效率，而且有可能带来安全风险^[1]。当下，优化锅炉闸阀的密封性能已变成热力设备领域的一项关键研究方向。本文围绕闸阀密封相关基础展开，系统分析影响密封性能的关键因素，针对性提出技术提升措施并进行验证，为优化锅炉闸阀密封效果、延长使用寿命提供可靠方案，满足锅炉系统安全稳定运行的实际需求。

一、锅炉闸阀密封相关基础

（一）闸阀密封结构组成

锅炉闸阀的密封结构对于保证密封性能十分关键，它包含密封面、阀座、闸板、填料函这些主要部件。其中密封面处于接触

密封的关键位置，往往位于闸板和阀座的结合面，该面的贴合精确度会左右密封的效果。阀座和阀体相固连，给密封面给予稳定的支撑，并且还要承受介质所施加的压力和温度^[2]。闸板依靠自身的开关运动与阀座的密封面达成贴合或者分离，以此来做到对介质通断的调控。而填料函则是用来堵塞闸杆和阀体间的缝隙以达

作者简介：张志海（1997.04-），男，汉族，贵州省遵义市人，本科，助理工程师，研究方向：锅炉。

到密封的目的,阻止介质顺着阀杆向外泄漏,所用填料的材料应符合锅炉高温高压的工作环境。各个密封件相互配合,从而形成起一个完整的密封系统,其结构是否合理会直接关系到闸阀整体的密封能力。

(二) 密封性能核心评价指标

锅炉闸阀密封性能的评价需依托明确的核心指标,才可保证评定结果既科学又精准。密封性属于最为关键的一项指标,其含义在于闸阀处于指定工作状态时具备防止介质渗漏的机能,若不存在肉眼察觉的渗漏并且渗漏量达到行业标准所规定的限度就视为达标。耐压性表现密封构造在达到预定压力以及超出预定压力的工作条件下维持密封稳定性的状况,免除由于压力骤变而引发密封功能丧失。耐温性显示密封元件在锅炉高温环境下表现出来的稳定性,务必做到长时间处于高温环境下不会出现变形、老化或者密封效果下滑的现象。耐磨性关乎闸阀的使用期限,考量密封部位在频繁开关并产生滑动摩擦时的损耗情况。密封稳定性属于综合性指标,用以度量闸阀长时间运转时其密封性能得以保留的程度,是保障锅炉连续运行的重要依据。

(三) 锅炉工况对密封的要求

锅炉运行时存在一些特殊工况,这些情况对闸阀的密封性能有着严格的要求,要适应复杂的工况条件才能保证运行安全。高温工况下,密封部件要有很好的耐温性能,不能因为温度过高而使材料变软、变形或者密封面贴合变差。在高压环境下,密封结构要承受较大的介质压力,不能让压力超过密封面造成泄漏,还要抵抗住压力波动给密封性能带来的影响。锅炉中的介质往往含有腐蚀性物质,所以密封部件要有较好的耐腐蚀性,不能让介质破坏密封面,造成密封失效^[9]。而且锅炉启停很频繁,这种情况使得密封结构要有很强的抗疲劳能力,在不断启闭摩擦的时候守住密封稳定,还得跟上工况参数的动态改变,确保密封性能持续达标。

二、锅炉闸阀密封性能影响因素

(一) 材料特性影响

密封材料的特性对锅炉闸阀密封性能起着关键性的作用,它的材质性能会直接左右到密封效果及其使用年限。如果材料的耐高温性能不够,在高温工作环境下就会发生材质老化、硬度变小的情况,从而造成密封面产生变形或者磨损现象,这样就有可能出现泄漏状况^[4]。而那些耐腐蚀性能欠佳的材料,一旦被腐蚀性物质侵蚀,其密封面就会遭受锈蚀或者点蚀的损害,使得密封面变得不再平坦,影响到密封贴合的精准度。材料的硬度和耐磨性又同密封面抵抗损耗的能力存在直接联系,硬度低极易致使密封面留下划痕或者陷入坑洞,从而影响到密封功能的发挥。而且,材料自身的弹性和韧性也会对密封效果产生影响,弹性小就很难填补密封面上存在的微小缝隙,韧性差的话很容易因为在压力的强力冲击之下产生裂纹,这还会进一步加重密封失灵的严重程度。

(二) 结构设计影响

闸阀密封结构的设计是否合理,会给密封性能带来直接影

响,而且这种影响非常关键,一旦结构存在缺陷,就很可能造成密封失效。密封面的设计参数十分关键,如果贴合角度或者表面粗糙度不符合要求,就会加大泄漏的风险。角度出现偏差的时候,密封面就会受到不均匀的力,从而使得局部磨损加重。如果闸板和阀座的配合精度没有得到恰当的设计,就会产生间隙过大的情况,或者贴合不够紧密,这样也就无法达成有效的密封效果。填料函的结构设计会影响密封效果,填料安装空间及压紧结构若不合理,则极易致使阀杆处密封不严,造成介质渗漏^[5]。而且,如果阀体结构设计未考量工况应力分布,那么在运行过程中就会产生结构变形,这种变形会间接破坏密封面的贴合状况,从而减小整体密封性能。

(三) 工况条件影响

锅炉的复杂工况条件是影响闸阀密封性能的关键外部要素,工况参数的波动极易加重密封失效现象。高温环境会加快密封材料的老化速度,削减其力学性能,致使密封面贴合程度变差,而且高温还会致使部件发生热胀冷缩,从而破坏密封结构的稳定性。处于高压状态时,介质的渗透压力就会增大,如果密封结构的承压能力不够强,那么就很可能产生密封面变形以及介质冲破密封缝隙之类的状况。介质本身的性质对于密封性能有着很大的影响,具有腐蚀性的介质会损害密封部件,而含有杂质的介质则会加重密封面的磨损情况,进而减小密封的精准度。而且,工况参数经常起伏不定,使得密封部件不断承受着应力的改变,从而造成疲劳性破坏,这会进一步缩减密封结构的使用期限。

三、密封性能提升技术措施

(一) 密封材料优化

材料特性会对密封性能产生影响,要借助材料优化来改善闸阀密封的可靠性。首先选取耐高温、耐腐蚀的合金材料当作密封面基材,从而加强材料在复杂工况下的稳定性,免除出现高温老化以及被介质侵蚀的情况。对密封材料执行表面改性处理,利用喷涂、堆焊等技术在密封面上创建硬质保护层,以此优化材料的硬度及其耐磨性,缩减由于启闭摩擦所产生的损失^[6]。优化填料材质的选择,采用柔韧性佳、耐高温的复合填料,取代传统填料,从而加强阀杆部位的密封效果,阻止介质发生渗漏。要兼顾材料的弹性和韧性,使得密封面可以适应微小的变形,从而加强密封的贴合程度并延长密封结构的使用寿命。

(二) 密封结构改进

优化密封结构设计以填补原先的结构漏洞,从而改善闸阀的密封性能。调整密封面的设计参数,优化贴合角度及表面粗糙度,促使密封面均匀贴合,缩减因受力不均而产生的磨损现象。采取双密封面结构设计,在原来的密封之上增添辅助密封面,创建起双重密封保护机制,削减泄漏的可能性。优化填料函结构,优化填料的安装空间以及压紧形式,利用柔性压紧装置,让填料可以均匀地承受压力,进而加强密封的稳定性^[7]。而且,优化闸板与阀座相契合的结构,并设置导向装置,确保在开启或者关闭的时候,密封面能够准确地贴合在一起,防止由于偏移而造成的密

封功能丧失，从而加强整体的密封性能。

（三）加工工艺提升

优化加工工艺精度，这是保障密封结构性能的关键所在。利用高精度加工设备对密封面执行切削、研磨操作，保证密封面表面的平整度以及尺寸精度，缩减因加工误差而产生的密封间隙。优化焊接工艺，针对密封部件的焊接部位运用精密焊接技术，调控好焊接温度与速度，防止出现焊接变形和裂纹，维持密封结构的完整性。巩固加工过程中的质量控制，对于那些关键的密封部件实施严格的检测，尽早去除不合格的产品，以确保加工质量符合标准。而且，利用表面抛光工艺来改善密封面的光滑度，削减摩擦阻力并减轻磨损程度，从而进一步优化密封性能及其使用寿命。

四、技术方案验证与应用要点

（一）密封性能测试方法

创建科学的密封性能评价方法以保证技术方案有效。利用水压密封评价法，在模拟锅炉额定压力下对闸阀实施密封性检查，看是否有泄漏情况发生，从而评判密封效果。通过高温老化评价，把闸阀放在模拟锅炉高温工作环境里，运行一定时间之后，测量其密封性能的改变状况，以此来考察材料和结构在高温下的稳定性^[8]。做耐磨性评价，模仿闸阀频繁开关的动作，测定密封面的磨损程度以及密封性能下降的状况，进而考量方案的耐久性。并按照照行业标准制订出相应的评价指标，使得评价结果做到客观准确，为方案的优化提供依据。

（二）方案可行性验证

从技术、经济以及工况适配性这三个方面来验证密封性能优化方案是否可行。技术上要确定优化之后的材料、结构和工艺符合锅炉闸阀的设计标准，能够有效地解决原本的密封难题并改善

密封性能。经济上要全面考量材料成本、加工成本以及保养成本，保证该方案既能达到性能需求又具有经济合理性，不能因为过度追求成本效益而造成不必要的开支。工况适配性方面则需考察优化过的闸阀能否适应锅炉所处的高温、高压、含有腐蚀性介质等复杂环境状况，在实际操作过程中一直维持良好的密封效果。通过全方位的考量之后，使得这个方案具备实用的价值，可以切实得到执行。

（三）实际应用注意事项

技术方案的实际应用时，要重视细节的把控，以使密封性能得以稳定发挥。安装环节应遵照安装规范来执行，保证闸阀密封面干净无杂质，防止安装过程引发密封面受损，做到各个部件精确装配。运行期间，要控制锅炉工况参数的波动状况，免除出现超温、超压运行的情况，缩减工况改变给密封结构带来的影响^[9]。定时对闸阀实施保养，清除密封面的杂质，检查密封部件的磨损情形，对于那些已经老化或者损坏的密封件要及时更换。创建运行台账，记录闸阀密封性能的变化情况，给后续的维护和优化提供数据支持，从而延长闸阀的使用寿命。

五、结语

本文以加强锅炉闸阀密封性能为核心，就密封基础、影响因素、技术措施以及方案验证实施系统探究，制定出包含材料优化、结构改善和工艺加强的综合方案。此方案针对由材料、结构及工况造成的密封失效问题予以解决，并经科学验证具有较好的实用性和可靠性^[10]。加强锅炉闸阀的密封性能有益于防止介质泄漏，保障系统安全稳定运行，从而加强能源利用效率。未来可关注新型密封材料的研发，并将其与智能化技术相融合，不断优化密封效果和运维水平，给热力系统的高效运行提供更强有力的支撑。

参考文献

- [1] 赵伏前. 电厂锅炉管道阀门检修关键技术探析 [J]. 电力设备管理, 2025, (16): 88-90.
- [2] 赵嘉逸, 高俊峰, 崔永硕, 等. 基于某锅炉用闸阀闸板面密封失效研究 [J]. 液气密封, 2025, 45(01): 14-20.
- [3] 胡中维. 不同密封型式阀门在热风管道中密封性能分析 [J]. 电力设备管理, 2025, (14): 92-94.
- [4] 郑志成. 内楔式闸阀密封结构的设计与分析 [J]. 现代工程科技, 2025, 4(14): 93-96.
- [5] 蒋威. 给排水用软密封闸阀耐久性试验研究 [J]. 阀门, 2024, (10): 1212-1215.
- [6] 林孙荣, 林孙强, 金宗林. 高压平板闸阀密封性能改进与分析 [J]. 液气密封, 2024, 44(08): 78-81.
- [7] 程瑞荣, 边立平, 刘中川, 等. 火力发电锅炉炉顶密封施工技术 [J]. 安装, 2024, (S2): 50-52.
- [8] 温泽森. 燃煤锅炉回转式空预器密封改造技术的研究与应用 [J]. 自动化应用, 2024, 65(12): 141-143.
- [9] 傅浩. 高压锅炉水泵机械密封失效原因分析及对策 [J]. 大氮肥, 2023, 46(03): 167-169+194.
- [10] 刘久城. 浅谈锅炉燃油泵密封优化改进 [J]. 中国设备工程, 2021, (16): 123-124.