

基于可靠性分析的GSP气化炉激冷水系统 长周期稳定运行优化

白纪涛

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司 宁夏 银川 751400

摘要: 基于可靠性分析, 本文探讨了GSP气化炉激冷水系统长周期稳定运行的优化策略。通过对关键设备如过滤器、渣口、激冷环及喷头的性能提升, 系统运行参数的精细调整, 以及维护与管理策略的强化, 实现系统效率与稳定性的显著提升。研究表明, 这些优化措施有效降低故障率, 延长设备寿命, 确保了GSP气化炉在复杂工况下的高效稳定运行, 为化工企业的安全生产与节能减排提供有力支持。

关键词: GSP气化炉; 激冷水系统; 可靠性分析; 长周期稳定运行; 优化

引言: GSP气化炉作为现代煤化工的核心设备, 其激冷水系统的稳定运行对于整个工艺过程的效率与安全性至关重要。长期高温高压作业易导致系统部件磨损、堵塞等问题, 影响气化炉的稳定运行。因此基于可靠性分析, 对激冷水系统进行全面优化, 以提升其长周期稳定运行能力, 成为当前研究的热点。本文旨在探讨一系列优化策略, 以期为解决上述问题提供科学依据和实践指导。

1 GSP 气化炉技术概述

1.1 GSP气化炉工作原理

GSP气化炉是下喷式加压气流床液态排渣气化炉, 操作压力在2.0~4.0MPa之间。该技术以煤为原料进行发电、制备化工产品以及生物质气化。GSP气化炉的结构和工作原理与德士古气化炉相似, 但在气化炉结构和工艺流程上有其独特之处。GSP气化炉采用气化炉顶干粉加料与反应室周围水冷壁结构, 在气化过程中, 煤粉被高压氮气或二氧化碳作为载气, 定量输送至气化炉。煤粉在气化炉内与纯氧及水蒸气进行部分氧化反应, 生成以CO和H₂为主要成分的热粗煤气。煤中的矿物部分形成熔渣。热粗煤气和熔渣一起通过反应室底部的排渣口进入下部的激冷室。气化炉的反应室四周装有水冷壁管, 在高温高压条件下, 水受热沸腾变成蒸汽, 降低炉壁温度, 同时煤气被冷却。冷却后的粗煤气送至洗涤系统, 而气化后的熔渣固化成玻璃状, 通过锁斗系统排出。GSP气化炉的气化反应在高温高压条件下进行, 温度通常在1450~1650℃之间, 因此对煤质的灰熔融性要求较低。气化炉对煤种的适应性广泛, 从较差的褐煤、次烟煤、烟煤到石油焦均可使用, 甚至高水分、高灰分、高硫含量和高灰熔点的煤种也能使用。

1.2 激冷水系统的结构与功能

激冷水系统是GSP气化炉的重要组成部分, 主要功能是冷却和洗涤从反应室排出的高温熔渣和合成气。激冷室设计有上下两路裙座, 以保护激冷室免受高温渣和合成气的损伤。激冷室内设有多个激冷水喷头, 其结构决定了激冷水在激冷室内的流动分布^[1]。喷头通常分为A、B、C三组, 合计16个喷头, 每两个喷头间夹角为22.5°。A、B喷头主要用于冷却熔渣和饱和合成气, 同时洗涤飞灰; C喷头则主要起保护激冷室穹顶的作用。激冷水通过喷头与高温熔渣和合成气直接接触, 迅速将温度降低。熔渣在激冷室内迅速固化, 而合成气经过激冷、饱和后再进行洗涤, 除去残余的飞灰。为保护激冷室炉壁不超温, 在激冷室内还设计有上下两路裙座, 从内部夹层进入的激冷水能从顶部的溢流口自上而下的形成一层水膜, 对激冷室进行保护。激冷水系统还具有应对气化炉事故的功能。在气化炉发生事故时, 引入一定量的激冷水可以迅速降低设备温度, 减缓热量的积聚, 降低内部压力, 并抑制火焰的蔓延, 从而避免事故进一步扩大。然而激冷水的注入需要严格控制流量, 避免过早注水或过量注水对设备造成损害。

2 GSP 气化炉激冷水系统可靠性分析

2.1 系统失效模式与影响分析(FMEA)

GSP气化炉激冷水系统的失效模式与影响分析(FMEA)是评估系统潜在故障及其对整体运行影响的重要步骤。激冷水系统的主要失效模式可能包括喷头堵塞、磨损、泄漏以及激冷室内部构件如导向管和下渣口的损坏。这些失效模式可能导致合成气冷却不充分、熔渣固化不良、炉壁超温以及系统压力波动等后果, 进而影响气化炉的稳定运行和安全性。通过FMEA, 可以识别出系统中最关键的失效模式, 并评估其对生产效率和设

备寿命的潜在影响,从而为后续的故障预防和应对措施提供指导。

2.2 故障树分析(FTA)

故障树分析(FTA)是一种基于逻辑推理的方法,用于分析系统失效的根本原因。在GSP气化炉激冷水系统中,FTA可以从系统失效事件出发,逐层追溯至基本事件(如设备故障、操作失误等),构建故障树模型。通过分析故障树,可以识别出导致系统失效的主要路径和关键因素,从而制定针对性的预防措施和应急预案。FTA还有助于评估不同故障模式之间的相互影响,以及它们对整体系统可靠性的影响程度。

2.3 可靠性评估与预测

可靠性评估与预测是GSP气化炉激冷水系统可靠性分析的重要组成部分。通过对系统历史运行数据的收集和分析,可以评估系统的当前可靠性水平,并预测未来的可靠性趋势。可靠性评估通常涉及对系统失效概率、平均无故障时间(MTBF)和平均修复时间(MTTR)等关键指标的计算和分析。预测则基于这些指标,结合系统维护策略、备件库存情况以及潜在故障模式的预防措施等因素,对系统未来的可靠性表现进行预测。通过可靠性评估与预测,可以为气化炉的维护计划、备件采购以及系统升级提供科学依据,确保激冷水系统的持续稳定运行。同时这也有助于降低系统故障率,提高生产效率,延长设备寿命。

3 基于可靠性分析的优化措施

3.1 激冷水过滤器配置优化

基于可靠性分析,对GSP气化炉激冷水系统的激冷水过滤器进行配置优化是提升系统整体性能的关键一环。在实际操作中,需要选用具有更高过滤精度和更强耐用性的过滤介质,以有效拦截水中的微小颗粒和杂质,减少它们对系统内部构件的潜在损害。要根据系统的实际需求,合理增加过滤器的并联数量,确保在过滤器进行清洗或更换时,系统仍然能够持续稳定地运行,避免因过滤器维护而导致的生产中断。还需优化过滤器的布局,确保水流经过过滤器时的压力损失尽可能小,从而提高整个激冷水系统的运行效率。通过这些措施,可以显著提升激冷水的清洁度,降低喷头堵塞的风险,为气化炉的稳定运行提供有力保障^[2]。

3.2 渣口结构优化

渣口作为GSP气化炉激冷水系统中的关键部件,其结构设计的合理性直接关系到熔渣的排放效率和系统的可靠性。基于可靠性分析,对渣口结构进行了全面优化。一方面,增大了渣口的直径,使得熔渣能够更顺畅地排

出,减少了因渣口过小而导致的堵塞问题。另一方面,优化了渣口的形状,使其更加符合熔渣的流动特性,进一步提高了熔渣的排放效率。还采用了耐磨性更强的材料来制造渣口,以延长其使用寿命,减少因渣口磨损而导致的系统停机时间。通过这些优化措施,显著提升熔渣的排放能力,降低系统压力波动,为气化炉的整体运行稳定性提供了有力支持。

3.3 激冷环与喷头改进

激冷环与喷头作为GSP气化炉激冷水系统中的核心部件,其性能的好坏直接影响到合成气的冷却效果和熔渣的固化质量。基于可靠性分析,对这两个部件进行全面改进。在激冷环方面,优化其设计参数,如增加冷却水的流量和压力,提高其冷却效率。采用耐磨性和耐腐蚀性更强的材料来制造激冷环,以延长其使用寿命。在喷头方面,改进其内部结构,使其能够更均匀地喷洒冷却水,提高合成气的冷却效果。还增加喷头的数量,以进一步提高系统的冷却能力。通过这些改进措施,显著增强系统的冷却能力,减少喷头堵塞和磨损的问题,提高熔渣的固化效率,为气化炉的长期稳定运行提供有力保障。

3.4 渣水闪蒸系统与排黑系统优化

渣水闪蒸系统和排黑系统是GSP气化炉激冷水系统中处理废水和废渣的重要部分。基于可靠性分析,对这两个系统进行了全面优化。在渣水闪蒸系统方面,提高了其运行效率,通过优化工艺流程和增加设备并联数量,使得系统能够更快速地处理废水,减少废水在系统内的停留时间,降低系统堵塞的风险。在排黑系统方面,优化其工艺流程,使得废渣能够更顺畅地排出系统,减少因废渣堆积而导致的系统停机时间。还增加废水处理设备的并联数量,以提高系统的废水处理能力。通过这些优化措施,显著提升系统的废水处理能力和废渣排放效率,降低系统堵塞和污染的风险,为气化炉的长期稳定运行提供有力支持。

3.5 日常维护与监测

日常维护与监测是确保GSP气化炉激冷水系统稳定运行的基础。基于可靠性分析,制定详细的日常维护计划和监测方案。在日常维护方面,定期对过滤器、渣口、激冷环和喷头等关键部件进行检查和维护,及时发现并处理潜在的故障隐患。同时对系统的运行状态进行实时监测,包括激冷水的流量、压力和温度等关键参数^[3]。通过这些监测数据,可以及时了解系统的运行状态和性能变化,为系统的优化调整提供有力依据。还建立完善的故障预警和应急处理机制,以确保在发生故障时能够迅速响应并妥善处理。通过这些措施的实施,可以显著提高系

统的可靠性和稳定性,确保气化炉的长期高效运行。

4 激冷水系统长周期稳定运行优化策略

4.1 关键设备优化

4.1.1 过滤器性能提升

激冷水系统中的过滤器是防止杂质进入系统内部的第一道防线。为提升过滤效果,可采用多级过滤设计,每一级使用不同精度的滤芯,以有效拦截从大到小的颗粒杂质。选用耐腐蚀、耐磨损的材质,延长过滤器使用寿命,减少更换频率。引入自动清洗机制,如反冲洗或超声波清洗,确保过滤器在连续运行中的持续高效性,避免因堵塞导致的系统压力升高和流量下降。

4.1.2 渣口与激冷环结构创新

渣口设计需考虑熔渣的流动性与耐磨性,采用流线型设计减少阻力,增加耐磨合金涂层提升使用寿命。激冷环则需优化其冷却水通道布局,确保冷却水均匀分布,提高热交换效率。探索新型材料,如陶瓷复合材料,以增强激冷环的耐腐蚀性和耐热冲击能力,减少因长期高温作业导致的结构变形和材料退化。

4.1.3 喷头技术革新

喷头作为冷却水的直接喷射部件,其性能直接影响冷却效果。采用可调节喷头设计,根据工艺需求调整喷射角度和流量,实现更精准的冷却控制。同时,引入耐磨耐蚀材料,减少因长期冲刷导致的喷头磨损,延长使用寿命。

4.2 系统运行参数调整

通过精确计算和系统模拟,确定最优的冷却水流量和压力范围,既保证足够的冷却能力,又避免不必要的能耗。考虑季节变化和原料性质的波动,实施动态调整策略,确保系统在不同工况下均能高效稳定运行。激冷水系统的温度与压力控制对于维持气化炉的稳定运行至关重要。采用先进的传感器和控制系统,实时监测并自动调节冷却水的进出口温度、系统压力等关键参数,确保它们始终保持在安全、高效的运行区间内。优化渣水闪蒸系统和排黑系统的操作参数,如调整闪蒸压力、增加排渣频次,以提高废渣处理效率,减少系统内部沉积物的积累,降低堵塞风险。

4.3 维护与管理策略

4.3.1 预防性维护计划

建立全面的预防性维护计划,包括定期的设备检

查、性能测试和必要的更换。利用大数据分析技术,预测设备故障趋势,提前采取措施,避免非计划停机。

4.3.2 智能化监控系统

引入智能化监控系统,集成传感器网络、数据分析软件和远程监控平台,实现对激冷水系统状态的实时监测、预警和故障诊断。通过数据可视化,管理人员可以直观了解系统运行状况,快速响应异常情况。

4.3.3 人员培训与应急响应

定期对操作人员进行专业培训,提升其对激冷水系统工作原理、故障处理及应急响应能力的理解。制定详细的应急预案,包括紧急停机程序、泄漏处理等,确保在突发情况下能够迅速、有效地采取行动,保护人员安全,减少财产损失。

4.3.4 持续改进与创新

鼓励技术创新和流程优化,定期评估现有系统的性能,收集运行数据,分析存在的问题,提出并实施改进措施^[4]。关注行业动态,引入新技术、新材料,不断提升激冷水系统的可靠性和运行效率。

结束语

基于可靠性分析的GSP气化炉激冷水系统长周期稳定运行优化研究,不仅提升系统的稳定性和效率,也为化工行业的可持续发展提供了重要支持。通过综合应用设备优化、参数调整及维护管理策略,有效降低故障率,延长设备寿命,确保了气化炉的高效运行。未来,随着技术的不断进步和数据的持续积累,将继续深化可靠性分析,探索更多创新优化方案,为GSP气化炉激冷水系统的稳定运行贡献力量。

参考文献

- [1]徐建华,孙金忠,杨苗苗.无钠型高效水煤浆添加剂的开发与应用研究[J].煤化工,2022,50(06):39-43.
- [2]王峰,张宏伟,邹海旭.碎煤加压气化工工艺煤制天然气粗煤气含尘量控制[J].煤炭加工与综合利用,2016(12):27-28+46+7.
- [3]马青.高温煤气化炉热力性能计算及分析[J].电力与能源,2022,43(06):533-539.
- [4]宋天俊,陈鹏程,白海,等.干煤粉气化合成气洗涤塔折流板改造策略及质量要求[J].化学工程与装备.2021,(1). DOI:10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2021.01.075.