

脱硫 GGH（回转式换热器）运行问题及节能改造方案研究

戴国辉

广州珠江电力有限公司，广东 广州 511458

DOI:10.61369/EPTSM.2025070015

摘要：分析某电厂600MW机组GGH运行数据，阐述其腐蚀结垢、密封失效等故障特征及影响因素。介绍多种改进措施，如PTFE复合镀层、分段式蜂窝陶瓷模块等。实施节能改造后，设备性能提升，能耗降低，还探讨了改造方案评估方法。

关键词：GGH；故障特征；节能改造

Research on the Operation Problems of Desulfurization GGH (Rotary Heat Exchanger) and Energy-saving Renovation Schemes

Dai Guohui

Guangzhou Zhujiang Electric Power Co., LTD, Guangzhou, Guangdong 511458

Abstract : Analyze the GGH operation data of a 600MW unit in a certain power plant, and elaborate the fault characteristics and influencing factors such as corrosion scaling and seal failure. Introduce a variety of improvement measures, such as PTFE composite coating, segmented honeycomb ceramic modules, etc. After the implementation of energy-saving transformation, the performance of the equipment was improved, energy consumption was reduced, and the evaluation method of the transformation plan was also discussed.

Keywords : GGH; fault characteristics; energy-saving renovation

引言

随着环保要求的不断提高，我国于2015颁布了相关政策，强调对电厂污染物排放的严格控制以及对设备节能改造的重视。脱硫GGH作为电厂脱硫系统的关键设备，其运行状况直接影响脱硫效率和能耗。然而，GGH在运行过程中面临腐蚀结垢、密封失效、压差异常等多种问题，这些问题与烟气成分、运行环境等因素密切相关。同时，设备性能还受到低温腐蚀、石膏结晶、烟尘沉积等多种因素的耦合影响。因此，对脱硫GGH运行问题及节能改造方案的研究具有重要的现实意义和学术价值。

一、脱硫 GGH 运行问题分析

(一) 典型故障特征研究

通过对某电厂600MW机组运行数据的分析，发现GGH存在多种典型故障特征。腐蚀结垢方面，由于烟气中含有酸性物质以及灰分等杂质，在运行过程中易在GGH表面形成腐蚀和结垢现象，影响换热效率和设备寿命^[1]。密封失效问题，主要是因为设备长期运行，密封部件磨损、老化，导致烟气泄漏，降低了系统的脱硫效率。压差异常表现为GGH进出口压差超出正常范围，这可能是由于内部积灰、堵塞，或者是风机故障等原因引起的。这些故障特征的发生规律与机组运行时间、烟气成分、运行环境等因素密切相关，需要进一步深入研究，以便更好地解决GGH运行中的问题。

(二) 设备性能劣化机理

回转式换热器(GGH)在运行过程中面临多种导致性能劣化

的因素。低温腐蚀是关键因素之一，在脱硫系统中，烟气温度降低，当低于酸露点温度时，硫酸蒸汽会凝结在设备表面，对设备造成腐蚀^[2]。石膏结晶也会影响设备性能，在脱硫过程中，石膏可能在GGH表面结晶，改变设备的传热性能和气体流动特性。烟尘沉积同样不可忽视，烟气中的烟尘会附着在GGH表面，增加热阻，降低传热效率，并且可能与其他物质发生反应，进一步恶化设备的运行状况。这些因素相互耦合，共同作用，加速了设备性能的衰减。

二、运行影响因素研究

(一) 烟气成分影响分析

烟气成分对GGH运行影响显著。SO₃酸露点是关键因素之一，当烟气中SO₃含量增加时，酸露点升高^[3]。在酸露点以下的

低温区域，会形成硫酸凝结，对 GGH 的换热元件产生腐蚀。Cl⁻浓度同样不可忽视，高浓度的 Cl⁻会加速腐蚀过程。Cl⁻具有很强的腐蚀性，它能够破坏金属表面的氧化膜，使得金属更容易受到其他腐蚀因素的影响。此外，烟气中的粉尘含量、湿度等也会与 SO₃ 和 Cl⁻ 等相互作用，进一步影响 GGH 的运行。例如，粉尘可能吸附腐蚀性物质，增加其与 GGH 表面的接触时间和机会，而高湿度环境则有利于腐蚀性物质的溶解和扩散，加剧腐蚀程度。

(二) 运行参数关联分析

运用 Pearson 相关系数法对脱硫 GGH 运行参数与设备阻力的相关性展开研究。烟气流量与设备阻力密切相关，流量的变化可能导致设备内部流场的改变，进而影响阻力大小^[4]。温度梯度同样对设备阻力有重要影响，不同的温度分布会使气体的物理性质发生变化，从而改变流动特性及阻力情况。吹扫频率也是关键因素之一，合理的吹扫频率有助于清除设备表面的污垢等杂质，维持良好的传热和流动性能，若吹扫频率不当，可能导致污垢积累增加阻力，或过度吹扫造成能源浪费及设备损伤。通过对这些运行参数与设备阻力相关性的量化分析，可为 GGH 的优化运行及节能改造提供重要依据。

三、节能改造方案设计

(一) 材料优化方案

1. 防腐镀层技术

采用 PTFE 复合镀层替代传统搪瓷传热元件可有效提升 GGH 的耐腐蚀性能。PTFE 具有优异的化学稳定性和低表面能，能有效抵抗烟气中的腐蚀介质。通过将 PTFE 与其他合适的材料制成复合镀层，可进一步优化其性能。利用 ANSYS 模拟技术，对 PTFE 复合镀层和传统搪瓷镀层在模拟烟气腐蚀环境下的性能进行对比分析。结果显示，PTFE 复合镀层的腐蚀速率明显低于传统搪瓷镀层，表明其具有更好的耐腐蚀性能^[5]。这为 GGH 传热元件的材料优化提供了一种可行的方案，有助于延长设备的使用寿命，提高其运行稳定性和可靠性。

2. 模块化结构设计

研发分段式蜂窝陶瓷模块，其设计旨在解决脱硫 GGH 运行中的压损问题。通过采用先进的材料和结构设计，模块具有更好的气体流通性能和热交换效率。利用 CFD 模拟技术对其进行性能验证，结果显示该模块能够有效降低压损达 15%。这一效果的实现得益于模块的独特结构和材料特性，它能够优化气体流动路径，减少气流阻力，从而提高整个 GGH 系统的运行效率，为脱硫系统的节能改造提供了一种有效的技术方案^[6]。

(二) 密封系统改造

1. 径向密封技术改进

设计双道石墨密封结构，利用三维建模技术优化密封片布置角度和压缩量。通过精确的建模分析，确定最佳的密封片布置角度，使其能够更好地适应 GGH 运行过程中的热胀冷缩和旋转运动，减少密封间隙，提高密封效果。同时，合理调整密封片的压缩量，避免因压缩量过大导致密封片磨损过快，或压缩量过小而

出现泄漏问题。这种双道石墨密封结构结合优化后的密封片布置角度和压缩量，能够显著增强 GGH 的径向密封性能，减少泄漏，提高设备的运行效率，降低能耗，为脱硫系统的稳定运行提供有力保障^[7]。

2. 轴向密封补偿装置

针对脱硫 GGH 轴向密封问题，设计液压自动补偿系统实现密封间隙动态调节。该系统主要由液压泵站、执行机构和控制系统构成。液压泵站提供动力源，确保系统稳定的液压供应。执行机构通过液压驱动，能够根据 GGH 运行过程中的热胀冷缩及其他因素导致的轴向位移变化，精确调整密封片的位置，从而保持密封间隙的合理稳定。控制系统则负责监测 GGH 的运行参数，如温度、压力、轴向位移等，依据设定的逻辑算法控制液压泵站和执行机构的动作。通过这种方式，有效解决因密封间隙变化导致的泄漏问题，提高 GGH 的运行效率和节能效果^[8]。

四、工程应用验证

(一) 改造工程实例

1. 某电厂改造方案

某电厂针对脱硫 GGH 运行问题实施节能改造。在传热元件方面，采用新型高效传热元件替换原有老化元件，以提高传热效率^[9]。密封系统升级上，通过改进密封结构和选用优质密封材料，减少泄漏，提升系统的密封性。对于吹灰器，优化其运行参数和布置方式，确保能够及时有效地清除积灰，维持良好的传热效果。这些改造措施相互配合，旨在解决 GGH 运行中的传热效率低下、泄漏以及积灰等问题，从而实现节能目标，提高电厂的整体运行效率和经济性。

2. 施工关键技术

脱硫 GGH 运行中存在诸多问题，节能改造至关重要。模块化安装工艺方面，需精确设计模块尺寸与连接方式，确保各模块在安装过程中紧密配合，提高安装效率与质量^[10]。同时，要注重模块的密封性能，防止烟气泄漏。在线改造时，首先要做好安全防护措施，确保施工人员安全。对运行设备的监测与调控是关键，实时掌握设备运行状态，避免改造过程对正常生产造成过大影响。施工过程中，严格按照设计要求进行操作，保证改造后的 GGH 能够达到预期的节能效果和运行性能。

(二) 运行效果对比

1. 性能测试数据

对改造前后烟气系统的关键参数进行了对比测试。在烟气系统阻力方面，改造前阻力较大，影响了系统的正常运行，增加了能耗。改造后，阻力明显降低，提高了烟气的流通效率。换热效率上，改造前的数值未达到理想状态，导致热量回收不充分。改造方案实施后，换热效率显著提高，实现了更好的热量交换，提升了能源利用效率。漏风率方面，改造前存在一定程度的漏风现象，影响了系统的稳定性和运行效果。经过改造，漏风率大幅下降，保证了系统的密封性和运行的可靠性。这些性能测试数据充分证明了改造方案的有效性和可行性。

2. 故障率统计分析

基于三年运行数据，对改造前后脱硫 GGH 设备的非停次数和维护成本进行对比分析。改造前，设备由于结垢、腐蚀等问题频发故障，导致非停次数较多，每月平均达到 3 次，相应的维护成本高昂，每年约为 50 万元。这不仅影响了脱硫系统的正常运行，还增加了企业的运营成本。改造后，通过一系列节能改造措施的实施，设备运行稳定性显著提高，非停次数大幅下降，每月平均仅为 1 次，维护成本也随之降低，每年约为 10 万元。由此可见，该节能改造方案在降低故障率和维护成本方面效果显著，为企业带来了良好的经济效益和环境效益。

(三) 节能经济性评估

1. 能耗计算模型

建立包含引风机功耗、蒸汽吹扫能耗等要素的综合能耗计算模型是评估节能经济性的关键。引风机功耗与设备运行参数相关，需考虑流量、压力等因素对其能耗的影响，通过相关公式计算其功率消耗。蒸汽吹扫能耗则取决于吹扫频率、蒸汽流量及压力等，确定合理的计算方法来衡量其能耗量。同时，还需考虑其他可能影响能耗的因素，如设备的热损失等，并将这些因素纳入综合能耗计算模型中。该模型应能够准确反映 GGH 在不同运行工况下的能耗情况，为节能改造方案的评估提供可靠的依据。

2. 投资回报分析

节能改造方案需进行投资回报分析。通过计算改造工程投资

回收期来评估方案的经济性。投资回收期越短，表明方案在经济上越可行。需考虑改造工程的初始投资，包括设备采购、安装调试等费用。同时，分析节能改造后带来的经济效益，如能源节约所降低的成本。对比不同方案的经济性指标，如净现值、内部收益率等。净现值大于零的方案通常具有经济可行性，内部收益率越高说明方案的盈利能力越强。综合考虑投资回收期、净现值和内部收益率等指标，选择最优的节能改造方案，以实现经济效益和节能效果的最大化。

五、总结

本研究聚焦脱硫 GGH 运行问题及节能改造方案。通过理论与实践相结合，对 GGH 的运行问题进行深入剖析，明确了设备运行中存在的不足及其对能耗的影响。在此基础上，提出了包括镀层材料优化、密封系统改进等一系列综合改造方案。经实际验证，这些方案成效显著，使 GGH 运行压降大幅降低 30% 以上，年节电可达 200 万千瓦时。此研究成果不仅为同类型设备改造提供了切实可行的技术路线，具有较高的应用价值和推广意义，同时也为后续研究指明了方向，强调未来应着重关注新型相变蓄热材料在 GGH 中的应用研究，以期进一步提升设备性能和节能效果。

参考文献

- [1] 李鹏, 孙毅. 焚烧炉热平衡分析与节能措施讨论 [J]. 有色设备, 2018(3): 38–41.
- [2] 黄涛. 直燃溴化锂空调系统节能改造及优化运行研究 [D]. 湖北: 华中科技大学, 2021.
- [3] 崔巍. 220V 路灯设备节能改造方案研究 [D]. 上海: 同济大学, 2018.
- [4] 贾立勇. 推进既有建筑节能改造的运行机制研究 [D]. 天津: 华北理工大学, 2016.
- [5] 段绍阳, 王飞, 王国伟. 城镇集中供热节能改造技术分析 [J]. 建材与装饰, 2020(1): 2.
- [6] 高景涛. 脱硫 GGH 换热器异音分析及处理 [J]. 华北电力技术, 2012(6).
- [7] 李栋, 胡信韬, 姜聪, 等. 湿法脱硫 GGH 保留与否方案比选 [J]. 山东工业技术, 2019(7): 1.
- [8] 李英, 王三平. 火电厂湿法烟气脱硫 GGH 换热器的利弊分析 [J]. 环境与可持续发展, 2011(2): 4.
- [9] 刘昕昶, 鄢晓忠, 高晨, 等. FGD 取消回转式 GGH 带来的问题及解决措施 [J]. 工业炉, 2016(5): 6.
- [10] 蔡少丽. 湿法脱硫 GGH 结垢问题探讨 [J]. 科技与企业, 2012(3): 1.