

Research on the Application and Optimization of Chemical Water Treatment Technology in Waste Incineration Power Plants

Li Zhang

Guangzhou HuanTou Zengcheng Environmental Protection Energy Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 511335, China

Abstract

Waste-to-energy incineration serves as a pivotal approach for urban solid waste management, offering advantages in waste reduction, harmlessness, and resource recovery. The quality of boiler feedwater critically impacts the operational stability of power generation systems, energy efficiency, and environmental compliance. Chemical water treatment technology forms the cornerstone of feedwater quality assurance, precisely controlling impurities, scale formation, and corrosive components to ensure efficient boiler operation, stable equipment performance, and emission safety. This paper examines the water quality characteristics of waste-to-energy plants, analyzes the application status of chemical water treatment technologies, identifies implementation challenges, and proposes optimization strategies. The research aims to develop cost-effective and reliable improvement solutions, providing theoretical support and practical guidance for industry upgrading.

Keywords

Chemical water treatment technology; Waste incineration power plant; Application status; Optimization strategy

化学水处理技术在垃圾焚烧电厂中的应用与优化研究

张丽

广州环投增城环保能源有限公司, 中国·广东广州 511335

摘要

垃圾焚烧发电是城市固废处理的关键方式, 具有减量化、无害化和资源化优势。其中, 锅炉补给水水质关乎发电系统运行稳定性、能源利用效率及环保指标。化学水处理技术是保障锅炉补给水质量的核心, 能精准控制水中杂质、结垢及腐蚀性成分, 确保锅炉高效运行、设备稳定服役和排放安全。本文围绕垃圾焚烧电厂水质特性, 剖析化学水处理技术应用状况, 探讨应用问题, 并提出优化策略, 旨在探寻兼顾经济成本与可靠性的改进方案, 为行业优化升级提供理论支撑和实践指导。

关键词

化学水处理技术; 垃圾焚烧电厂; 应用现状; 优化策略

1 引言

城市化加速使城市生活垃圾产生量爆发式增长, 妥善处理垃圾成为城市发展的紧迫问题。垃圾焚烧发电作为先进处理方式优势显著, 能大幅减少垃圾体积、杀灭病原体, 还可将化学能转化为电能实现资源再利用, 逐渐成为城市固废处置主流。不过, 垃圾焚烧电厂运行环境特殊, 对化学水处理要求严格。化学水处理成效关乎锅炉安全稳定运行、设备寿命及电厂效益, 水处理不当会引发锅炉结垢、腐蚀等问题, 降低热效率、增加能耗, 甚至引发安全事故和污染, 故研究

其应用与优化意义重大。

2 垃圾焚烧电厂的水质特点与水处理需求

2.1 水源构成的特殊性

垃圾焚烧电厂用水需求复杂, 主要有锅炉补给水和辅助系统用水。锅炉补给水对保障锅炉正常运行至关重要, 用于补充蒸汽循环中损失的水分。其水源多样, 城市自来水较常见, 经处理可直接用, 但易受城市供水系统因素影响; 地下水水质相对稳定, 不过可能含较多矿物质和微量元素; 中水回用水是污水处理达标后的水, 能实现资源再利用, 但水质成分复杂。此外, 垃圾焚烧工艺特殊, 垃圾储坑渗滤液含大量有机物、悬浮物和微生物代谢产物等, 一旦混入原水系统, 会显著改变原水水质, 进而大大增加水处理难度^[1]。

2.2 水质的具体特征

垃圾焚烧电厂水质特征复杂。其一, 悬浮物与有机物

【作者简介】张丽(1994—), 女, 中国贵州遵义人, 本科, 助理工程师, 从事电力化学(主要从事化学水处理、污水处理(垃圾渗滤液处理)、餐厨垃圾处理)研究。

含量高。垃圾储坑渗滤液可能混入原水，携带腐殖质等胶体物质，以微小颗粒存在，既影响水的清澈度，又易在管道和设备表面沉积，妨碍设备正常运行。其二，硬度与碱度波动大。部分地区自来水或中水中钙、镁离子及碳酸氢根浓度不稳定，钙、镁离子浓缩后易在锅炉受热面形成水垢，降低热传递效率；碳酸氢根加热分解产生的二氧化碳，会增强水的酸性，加剧金属设备腐蚀^[2]。此外，还存在氯离子与重金属潜在风险，氯离子腐蚀性强，重金属离子有毒，会危害生态和人体健康。

2.3 水处理的核心目标

基于垃圾焚烧电厂复杂水质特点，化学水处理有多个核心目标。一是有效去除悬浮物与胶体杂质。这些杂质若沉积在管道和换热器表面，会造成局部过热，缩短设备寿命，甚至堵塞流道，影响系统运行。去除杂质可保证管道设备畅通，提升热传递效率。二是严格控制结垢与腐蚀。水中钙、镁离子及溶解氧是导致锅炉受热面结垢和金属腐蚀的主因，结垢会降低热效率、增加能耗，腐蚀会缩短设备寿命、提高维护成本。借助化学水处理技术，能降低有害物质含量，减少结垢与腐蚀。三是抑制微生物滋生。冷却水系统等易成微生物繁殖地，其滋生会产生生物黏泥，堵塞管道、加剧腐蚀，需采取杀菌抑菌措施保障系统运行。

3 化学水处理技术的典型应用

3.1 预处理：去除大颗粒与胶体杂质

预处理是化学水处理的关键前端环节，能去除原水中的大颗粒物质、胶体及部分有机物，为后续处理工艺奠定良好基础。常见预处理工艺有三种：一是多介质过滤，这是常用预处理方法。它借助石英砂、无烟煤等不同粒径滤料层过滤，去除水中较大悬浮颗粒。滤料孔隙结构不同，可有效拦截悬浮物，降低水的浊度。其操作简单、成本较低，是基础预处理方式^[3]。二是活性炭吸附，利用活性炭多孔结构，吸附水中有机物、余氯等。活性炭比表面积大，能与有机物物理吸附，还可去除余氯，保护后续反渗透膜等设备，既能改善水的口感，又能提高水质。三是混凝沉淀，通过投加混凝剂，让细小胶体颗粒凝聚成大絮体，再经沉淀去除。它能有效降低水的浊度和有机物含量。

3.2 除盐处理：降低硬度与离子含量

除盐处理是化学水处理核心环节，旨在降低水中硬度与离子含量，满足锅炉补给水水质要求。主流工艺有离子交换法、反渗透技术和电去离子技术等^[4]。

离子交换法是传统成熟方法，通过阳、阴离子交换树脂串联组合，去除水中钙、镁等阳离子和硫酸根、氯离子等阴离子，将水电导率降至较低水平。它操作相对简单，但需定期再生树脂，消耗酸碱药剂。

反渗透技术利用半透膜在压力下只让水分子通过的特性，截留大部分溶解盐类及有机物，反渗透膜选择性强，产水水质高、占地面积小，不过存在通量衰减快、浓水排放量

大等问题。

电去离子技术结合离子交换与电渗析原理，在直流电场下连续再生树脂，无需化学药剂，产水水质更高且无需酸碱再生，适用于高水质要求的锅炉，但设备成本高、投资大。

3.3 后处理：调节 pH 与抑制腐蚀

除盐后的水离子含量虽低，但仍需后处理以满足锅炉运行特殊要求，主要包括调节 pH、控制溶解氧、抑制硅与铁含量。

调节 pH 方面，投加氨水或吗啉等有机碱，保持锅炉水弱碱性。在此环境下，金属表面会形成保护膜，防止金属腐蚀；若 pH 值过低，金属易发生酸性腐蚀，缩短设备寿命。

控制溶解氧时，采用热力除氧或化学除氧法。溶解氧是金属腐蚀的重要因素，会与铁反应生成铁锈。热力除氧利用蒸汽加热使水中氧气析出，化学除氧则投加化学药剂与氧气反应将其去除。

抑制硅与铁含量上，通过离子交换或膜过滤等方法进一步降低。硅酸盐高温下易形成硅酸凝胶附着受热面，影响传热；铁离子会加速腐蚀产物沉积、堵塞管道。控制二者含量可保证锅炉正常运行。

4 化学水处理技术应用中存在的问题

4.1 预处理效果不稳定的问题

预处理效果容易受到多种因素的影响而不稳定。原水水质的季节性波动是一个重要因素，例如在雨季，雨水会携带大量的泥沙、有机物等进入原水系统，导致浊度骤增。这种浊度的变化会影响过滤设备的过滤效果，使得预处理无法有效地去除水中的悬浮物和胶体杂质^[5]。

滤料老化也是影响预处理效果的关键因素之一。随着使用时间的增加，滤料的孔隙会被堵塞，过滤性能会逐渐下降。老化的滤料无法有效地拦截水中的杂质，导致预处理出水水质变差。这不仅会影响后续处理工艺的效果，还会增加后续设备的运行风险，如反渗透膜的污堵和腐蚀等。

4.2 除盐系统运行成本较高的问题

除盐系统的运行成本主要包括药剂消耗和设备更换等方面。离子交换树脂需频繁再生，这是因为随着处理水量的增加，树脂的交换能力会逐渐下降。为了恢复树脂的交换能力，需要定期用酸碱药剂对其进行再生处理。这不仅消耗大量的酸碱药剂，增加了运行成本，还产生了废酸碱液处理的问题。废酸碱液如果处理不当，会对环境造成污染。

反渗透膜存在通量衰减快、使用寿命有限以及浓水排放量等问题。在长期运行过程中，反渗透膜会受到水中杂质、微生物等因素的影响，导致膜的通量逐渐下降。为了保证产水水质和水量，需要定期更换反渗透膜，这增加了设备更换成本^[6]。

4.3 腐蚀与结垢风险控制的问题

锅炉受热面结垢会影响传热效率，导致局部过热甚至引发爆管等严重问题。水中的钙、镁离子在加热过程中会形

成碳酸钙、氢氧化镁等水垢,这些水垢附着在锅炉受热面上,阻碍了热量的传递,使得受热面的温度升高。当温度超过金属材料的承受极限时,就会引发爆管事故,严重影响锅炉的安全运行。

腐蚀产物脱落会加剧下游管道堵塞。锅炉中的金属设备在与水接触的过程中会发生腐蚀,产生铁锈等腐蚀产物。这些腐蚀产物会随着水流进入下游管道,逐渐沉积在管道内,导致管道堵塞。管道堵塞会影响水的正常流动,降低锅炉的热效率,甚至可能导致系统故障。

5 化学水处理技术的优化方向

5.1 预处理效果的优化

为了提高预处理效果的稳定性,可以采取一系列优化措施。增设自动反冲洗控制系统是一种有效的方法。该系统可以根据滤池进出口压差或定时程序自动清洗滤料。当滤池进出口压差达到一定值时,说明滤料表面已经积累了大量的杂质,需要进行反冲洗。自动反冲洗控制系统可以及时启动反冲洗程序,确保滤料的过滤性能始终处于良好状态。

采用超滤技术替代传统多介质过滤也是一种优化方向。超滤膜孔径更小,可截留更小的胶体与细菌,产水浊度更低。超滤技术能够有效地去除水中的微小颗粒和胶体物质,减少后续膜污染风险。与传统的多介质过滤相比,超滤技术具有更高的过滤精度和更好的水质保障能力^[7]。

定期检测预处理出水的SDI等指标,动态调整混凝剂投加量。SDI(污染指数)是衡量预处理出水水质的重要指标之一。通过定期检测SDI,可以及时了解预处理效果,并根据检测结果动态调整混凝剂的投加量。这样可以保证预处理过程始终处于最佳状态,有效地去除水中的杂质。

5.2 除盐系统运行成本的优化

对于除盐系统运行成本的优化,可以从工艺改进和设备管理等方面入手。对于低参数锅炉,采用“反渗透+钠离子交换”组合工艺是一种可行的方法。利用反渗透降低硬度后,水的含盐量大幅降低,此时仅需少量树脂处理残余离子,从而减少酸碱用量。这种组合工艺既可以保证除盐效果,又可以降低运行成本^[8]。

推广浓水回收技术也是优化除盐系统运行成本的重要措施。通过反渗透浓水二次软化后回用于冷却塔补水或绿化用水,可以降低水资源浪费和浓水排放成本。浓水虽然含盐量较高,但仍然具有一定的利用价值。通过适当的处理,可以将浓水回收利用,实现水资源的循环利用。

选用抗污染型反渗透膜,并定期进行化学清洗,延长膜的使用寿命,降低设备更换成本。抗污染型反渗透膜具有更好的抗污染性能,能够在较为复杂的水质条件下保持较高的通量和分离性能^[9]。定期进行化学清洗可以去除膜表面的

污垢和杂质,恢复膜的通量和性能,延长膜的使用寿命,从而降低设备更换成本。

5.3 腐蚀与结垢风险的协同控制

为了有效协同控制腐蚀与结垢风险,需要采取综合的策略。精准加药是关键措施之一。根据水质分析结果动态调整阻垢剂与缓蚀剂的投加量,避免药剂过量导致的二次污染。阻垢剂可以防止水中的钙、镁等离子形成水垢,缓蚀剂可以保护金属设备免受腐蚀。

加强在线监测是实现协同控制的重要手段。安装电导率、pH、溶解氧及铁含量等在线传感器,实时反馈水质变化并联动控制系统调整加药泵频率,实现对水质的精准控制。在线监测可以及时发现水质的变化情况,通过控制系统自动调整加药泵的频率,保证水质始终处于最佳状态^[10]。定期进行化学清洗,如酸洗和碱洗等,去除锅炉受热面的结垢和腐蚀产物,恢复受热面清洁度,保证锅炉的安全运行。

6 结语

化学水处理技术对垃圾焚烧电厂意义重大,关乎运行安全、设备寿命及经济效益。该电厂水质特殊,合理应用并优化预处理、除盐处理和后处理等技术,可解决预处理效果波动、除盐成本高昂、腐蚀与结垢风险控制难等问题。

随着环保要求提升和技术进步,化学水处理技术正朝着智能化、低碳化、资源化方向发展。智能化能实时监测水质并自动调控参数,提升处理精准度与效率;低碳化可减少药剂使用和废水排放,降低环境影响;资源化能回收浓水中的有用物质并回用于生产,实现水资源循环利用。未来,该技术将持续创新,为垃圾焚烧发电行业可持续发展提供有力支撑,助力提高运行效率、降低能耗污染,实现经济、社会与环境的协调共进。

参考文献

- [1] 王世忠.电厂化学水处理技术探讨[J].造纸装备及材料,2023,52(06):179-181.
- [2] 王普军.浅谈电厂化学水处理技术[J].科技资讯,2016,14(02):68-69.
- [3] 贾兰,刘兴华,刘鹏,等.电厂化学水处理系统现状及技术创新应用研究[J].科技创新与应用,2025,15(14):48-53.
- [4] 王亮.浅析电厂化学水处理技术发展与应用[J].山东工业技术,2017,(09):12.
- [5] 罗雪明.电厂化学水处理存在的问题及应对措施[J].科技与创新,2025,(10):160-163.
- [6] 陈建花.关于电厂化学水处理中反渗透膜技术的应用探讨[J].当代化工研究,2021,(14):119-120.
- [7] 都琳.电厂化学水处理工作中双膜工艺技术的应用实践浅析[J].科技与企业,2015,(22):102+104.