

垃圾焚烧电厂循环水处理系统问题与对策研究

徐立然

中煤科工集团南京设计研究院有限公司, 中国·江苏 南京 210031

摘要: 垃圾焚烧电厂在发电过程中需要大量的循环水来冷却发电设备, 由于循环水中的污染物会对设备的性能和环境造成负面影响, 循环水处理问题已成为一个引起关注的话题。论文旨在研究电厂循环水处理问题, 并提出相应的对策, 以改善循环水的质量, 保障电厂的正常运行和环境的可持续性。

关键词: 电厂; 循环水处理; 问题; 对策

Research on Problems and Countermeasures of Circulating Water Treatment System in Garbage Incineration Power Plants

Liran Xu

Middling coal Technology&Industry Group Nanjing Design&Research Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210031, China

Abstract: Garbage incineration power plants require a large amount of circulating water to cool the power generation equipment during the power generation process. Due to the negative impact of pollutants in the circulating water on equipment performance and the environment, the issue of circulating water treatment has become a topic of concern. The paper aims to study the problem of circulating water treatment in power plants and propose corresponding countermeasures to improve the quality of circulating water, ensure the normal operation of power plants, and ensure environmental sustainability.

Keywords: power plant; circulating water treatment; problem; countermeasure

1 引言

近几年垃圾焚烧电厂发展与建设迅速, 垃圾焚烧发电技术也已非常成熟。焚烧电厂循环冷却水系统多采用间冷开式循环冷却水系统, 小规模项目采用机力通风冷却塔进行冷却, 规模较大的项目采用双曲线冷却塔进行冷却。敞开式循环冷却水系统在实际运行中主要问题在于微生物污染、结垢和腐蚀等方面。

2 循环水污染物来源及其对设备和环境的影响

敞开式循环冷却水系统中的热水是经过冷却塔(又称凉水塔)或冷却池与空气直接接触被冷却变为冷水, 再返回系统循环使用的, 敞开式运行时甚至会带入悬浮物和微生物污染, 冷却塔在运行过程中会产生风吹和蒸发损失, 循环冷却水系统的浓缩会导致硬度以及无机盐的富集。

2.1 悬浮固体(SS)

例如, 泥沙、藻类、微生物遗骸及其他悬浮颗粒, 它们会因水中的流动而被携带。悬浮固体会减少水的透明度, 降低光合作用的效率, 并可能堵塞系统中的过滤器或细小通道。悬浮固体主要源自原水自然携带的颗粒物, 以及系统运行过程中的腐蚀和磨损。它们对环境的影响相对较小, 但对循环水系统的损害却很严重, 可能会加速管道和设备的磨损, 降低热交换效率, 增加能耗并缩短设备寿命。

2.2 微生物及其产物

包括细菌、病毒、真菌、原生动物等, 可能导致循环

水系统内生物膜(生物粘泥)的形成, 影响设备的正常运行, 如降低管道的流量和热交换器的传热效率等。微生物及其产物的来源通常是周边环境和水体中本身的微生物, 以及系统中的生物沉积物。

2.3 无机盐

循环水系统中的无机盐主要来源于两部分, 一部分来源于原水中, 如地表水、中水等; 另一部分来源于循环水系统设备及管路, 如碳钢管路中铁元素会溶于水形成铁离子并产生电化学腐蚀。影响循环水系统稳定运行的无机盐成分主要为氯离子、钙离子、镁离子、铁离子、硫酸根离子等, 会造成系统管路和设备的腐蚀及结垢问题, 因此也是循环水系统的主要控制指标之一。

3 垃圾焚烧电厂循环水处理问题分析

3.1 污染物积累与处理周期

在电厂循环水系统中, 污染物的积累与处理周期是保障水处理效率和系统运转的关键。水体中固有的矿物质、引入的污染源以及运行过程中产生的化学反应副产品都会造成污染物积累。这些污染物包括但不限于可溶性盐类、金属离子、悬浮物、沉淀物、有机物质以及微生物等。电厂对循环水的处理周期一般是基于循环水质量和这些污染物的积累速率来设定的。一个合理的处理周期可以保证污染物被及时且有效地移除, 以维持水质。规模较大的循环水系统一般会有旁滤措施以保证系统水质的情况下提高浓缩倍率, 减少

排污量。对于垃圾焚烧电厂,循环水量较燃煤电厂要小的多,往往采用 3~5 倍浓缩倍率,通过对冷却排污量进行控制来调节系统水质,不设旁滤设施。允许循环冷却排污水作为地下水外排的项目,通过外排总量进行控制,零排放的项目则对循环冷却排污水进行处理后回用作补水。

3.2 设备腐蚀与结垢问题

腐蚀和结垢是电厂循环水系统面临的两大常见问题,它们直接影响设备的寿命、效率和安全运行。腐蚀是由循环水中的化学或电化学作用导致的金属材料逐渐破坏。含有一定浓度氯离子、硫酸盐等腐蚀性物质的水以及不当的 pH 值,都可能加速金属腐蚀。结垢是由于水中溶解盐类随温度升高而沉淀形成的硬垢,它会在热交换设备内壁沉积,降低设备热传递效率,甚至导致流量受限和机械损害。腐蚀与结垢不仅增加了运维成本,还可能导致意外停机和生产效率下降。

4 循环水系统处理技术

4.1 循环水运行加药处理法

垃圾焚烧电厂在循环水系统运行中常通过加缓蚀阻垢剂、杀菌剂来控制微生物生长、防止水垢形成和减少腐蚀等,对于碱度较高的水质还会采用加酸减少系统的结垢问题。然而,传统的化学处理方法往往需要大量化学试剂的投加,既增加了运营成本,又产生了新的环境问题。

4.2 循环排污水处理方法

垃圾焚烧电厂循环水系统浓缩倍率一般控制在 3~5,具体也和原水水质有关,对于自来水作为原水的系统,浓缩倍率可以取更高值。经过浓缩后,循环排污水浓度比较高的污染物主要是盐分、硬度。对于循环排污水可以外排的项目,往往同雨水一同外排;绝大多数的垃圾焚烧电厂有零排放的要求,循环水系统排污水需经处理达标后厂内回用,处理后出水需达到 GB/T 19923—2005《城市污水再生利用 工业用水水质》中敞开式循环冷却水系统补充水标准后再回用至循环冷却水系统。图 1~2 是某垃圾焚烧电厂循环冷却水运行水质情况。

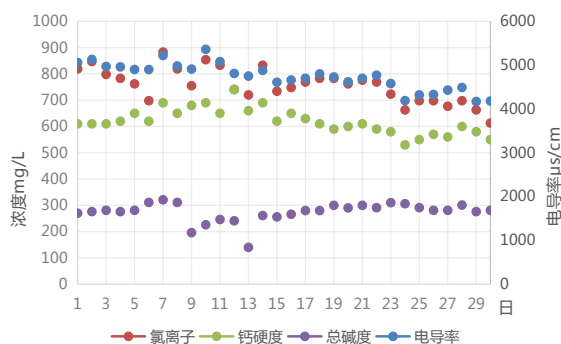


图 1 某垃圾焚烧电厂 6 月份循环冷却水运行水质

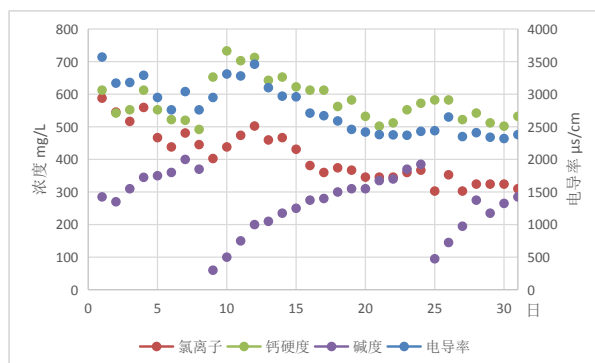


图 2 某垃圾焚烧电厂 10 月份循环冷却水运行水质

由上图可以看出,循环水系统电导率约 2500~3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$,氯离子约 300~800 mg/L ,硬度 500~800 mg/L ,该垃圾焚烧电厂以自来水和部分雨水作为生产水源,循环冷却水系统浓缩倍率在 3~5。循环冷却排污水设置工业废水站进行处理,处理后回用于循环冷却水补水。因此工业废水站主要需去除硬度、氯离子和溶解性总固体,采用“超滤+TUF 化学软化+BWRO”工艺,RO 浓水采用海淡 RO 减量处理,系统产水率为 90%,产水达到 GB/T 19923—2005《城市污水再生利用 工业用水水质》中敞开式循环冷却水系统补充水标准直接作为循环冷却水补水,浓水回用于焚烧厂石灰制浆,该工艺吨水运行成本约 10.4 元/吨。通过此工艺对循环冷却排水的处理实现了厂内废水零排放。

4.3 循环水原水处理方案

垃圾焚烧电厂生产用水来源一般为地表水、中水或自来水。当采用地表水作为原水时,主要考虑去除悬浮物,一般采用一体化净水器进行处理;当采用污水处理厂出水或其他中水作为原水时,需根据水质情况设置中水处理站;当采用自来水作为原水时,则直接作为生产消防水池补水补入循环冷却水系统。具体原水处理方案需根据原水来源及水质情况具体分析。循环水补水水质标准一般可参照 GB/T 50050—2017《工业循环冷却水处理设计规范》中表 6.1.3 进行设计。也可综合补水水质和浓缩倍率进行调整,补水水质优,则可以取更高的浓缩倍率,反之,则浓缩倍率取低值。

5 针对垃圾焚烧电厂循环水处理问题的几点对策

5.1 循环水质量监测与控制

循环水质量监测与控制在电厂的水处理系统中至关重要,其主要目的是确保循环水的稳定性、延长设备寿命、节约成本并遵守环保法规。水质监测一般涉及物理、化学和生物参数的测定。物理参数包括温度、浊度、pH 值和电导率等;化学参数主要包括溶解氧、硬度、碱度、氯化物、硫酸盐、有机物等;生物参数则包括微生物总数以及生物膜形成的监控。监控技术通常包含定期取样分析和现场实时监测两种方式。传统上,水样会被送往实验室进行分析,而现代技术则更多地依赖于在线分析仪器,可实时监测水的化学和生物状

态，这为循环水质量控制提供了有效的技术支持。有效的循环水监测系统可以辅以自动控制技术，根据监测结果调整添加化学试剂，进行 pH 值控制，浓度补充、系统冲洗等操作。通过数据分析，可以建立起预测性维护模型，以预防性地解决可能出现的污染物积累、结垢、腐蚀和生物污染问题，提高循环水的使用效率。

5.2 循环水处理技术改进与优化

为了应对现代电厂日益严格的环境标准和不断上升的

生产效率要求，循环水处理技术正不断进行改进与优化。目前，垃圾焚烧电厂的循环排污水已经较多采用膜法进行脱盐处理，但是运行成本相对偏高，主要集中在软化单元药剂成本，目前也在研究将处理系统产水的浓水接入渗滤液站膜系统协同处理的方式，以降低运行费用和投资（见表 1）。在运行中的循环冷却水加药处理方面，绿色化学品的研究与应用旨在减少对环境的影响，这包括开发更为环保的生物腐蚀和垢形成抑制剂以及非磷系列的水处理化学品。

表 1 600m³/d 工业废水站（处理循环冷却排水）处理方案对比

工业废水处理工艺	方案一		方案二		方案三	
	UF+RO，RO 浓水采用浓水 RO		UF+RO，RO 浓水进入渗滤液站化软系统处理（化软 +RO+DTRO）		软化 +RO，RO 浓水采用浓水 RO	
回收率	UF+RO	75%	UF+RO	75%	化软 +RO	80%
	浓水 RO	60%	化软 +RO+DTRO	85%	浓水 RO	50%
	总体	90%	总体	96.25%	总体	90%
投资（万元）	413		360		475	
运行成本（元 / 吨）	7.86		6.93		10.43	

6 结语

综上所述，垃圾焚烧电厂循环水处理不仅是保证电力生产连续性的关键，也是实现清洁生产和环境可持续性的重要方面。我们希望本研究能为垃圾焚烧电厂水处理的改进提供有价值的参考，并鼓励业界及学术界继续在这一领域深入研究，携手推动垃圾焚烧行业走向更加绿色、高效的未来。

参考文献：

[1] 黄凯,罗小虎,张叶,等.工业循环水处理技术改进的几点思考[J].

化工设计通讯,2021,47(12):145-146+164.

[2] 叶帅帅.化工企业循环水处理问题与解决方案[J].山西化工,2022,42(4):183-184.

[3] 冯曼.改善工业循环水水质的方法与实践[J].山东冶金,2023,45(6):73-75.

作者简介: 徐立然(1990-),女,中国安徽滁州人,硕士,中级工程师,从事水处理研究。