

浅析垃圾焚烧电厂化学水处理系统设计

徐立然

中煤科工集团南京设计研究院有限公司 江苏南京 210031

摘要: 电厂化学水处理系统是保障锅炉和发电机组安全和稳定运行的重要环节。工艺的设计与优化是水处理过程中的必要工作。本文从化学水处理的概念、内容及相关设计工作介绍入手, 浅析了目前垃圾焚烧电厂化学水处理系统的设计, 可为类似项目设计提供参考。

关键词: 化学水处理; 垃圾焚烧电厂; 除盐水; 热力系统加药

引言

在“垃圾围城”的严峻形势下, 垃圾焚烧发电作为“减量化、无害化、资源化”处置生活垃圾的最佳方式, 近些年迅速发展且技术趋于成熟。垃圾焚烧发电技术在处置固废的过程中协同发电或供热, 也涉及锅炉系统, 因此化学水处理系统也是垃圾焚烧电厂稳定运行的关键环节之一。

1. 化学水处理工艺概述

电厂化学水处理系统热力发电厂水汽循环系统中对作为热力系统工作介质及冷却介质的水有严格的水质要求, 如高压锅炉给水不仅要求硬度低, 溶氧量极微、固体含量和有机物含量也极微, 没有达到给水标准的水将会使发电厂设备无法安全经济的运行, 需要严格的控制用水水质。垃圾焚烧电厂化学水处理内容主要包括锅炉补给水处理系统、给水加药及炉水加药系统, 汽水取样系统。各系统的设计与锅炉参数相关。

2. 化学水处理系统设计

2.1 锅炉补给水处理系统

2.1.1 水质水量及工艺流程设计

锅炉补给水系统的设计与锅炉参数相关。垃圾焚烧发电的锅炉大多为中温中压锅炉, 或中温次高压锅炉, 对照《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》(GB12145-2016) 可以确定锅炉给水和锅炉补给水的水质要求。锅炉补充水量一般根据厂内水汽循环损失、对外供汽量、锅炉排污率、其他用除盐水量以及系统自用水量来计算考虑。

由于垃圾焚烧电厂的锅炉及发电机组相较燃煤电厂较小, 锅炉补给水处理系统规模也不大, 目前绝大多数采用全膜法处理工艺, 即“超滤+两级反渗透+EDI”工艺。主要

工艺流程为: 除盐水处理系统进水采用厂区清水池内的水, 为保证补给水水质, 降低锅炉排污率, 提高机组运行的经济性, 另考虑到来水中有有机物、游离氯等因素, 除盐系统前增设过滤器, 经过滤器进入原水箱后, 由原水泵升压后, 经换热器、保安滤器打入超滤, 去除水中部分重金属、游离氯等杂质后, 至超滤产水箱, 经升压泵打入保安滤器, 再通过高压泵打入一级 RO 处理系统, 一次脱盐后产水进入一级 RO 产水箱, 再经过二级高压泵进入二级 RO 处理系统脱盐后, 处理后的水进入二级 RO 产水箱, 由中间水泵升压后进入 EDI 装置, 在 EDI 装置中深度去除水中所有溶解性固体和其他杂质后, 达到余热锅炉用水标准的水进入除盐水箱, 除盐水电由除盐水泵打入除氧器等, 作为锅炉给水的补给水。

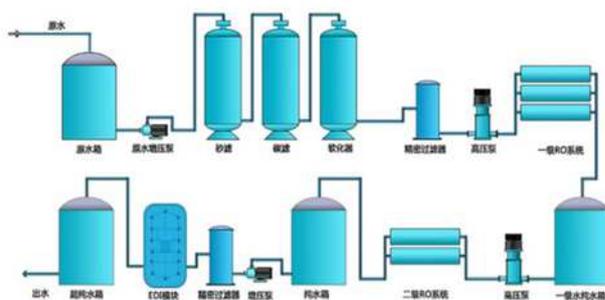


图 1 全膜法锅炉补给水处理流程图

2.1.2 工艺比较

(1) 反渗透与离子交换

反渗透技术是一种以压力差为驱动力, 从溶液中分离除溶剂的膜分离技术, 对膜一侧的料液施加压力, 当压力超过它的渗透压时, 溶剂会逆着自然渗透的方向作反向渗透。

通过此种方式，将水中的有机物、无机盐、胶体、细菌、病毒等杂质与水进行分离。

反渗透技术是当今最先进的膜分离技术之一。无需酸碱再生即可连续制取纯水，不会产生酸碱废液污染环境，具有耗能低、无污染、操作简单、运行可靠等诸多优点，其缺点在于初期投资较大。离子交换树脂初期投资少，占用面积小，但需要定期进行离子再生，再生也一般采用酸碱药剂，产生的酸碱废水处置难，会造成环境污染。

反渗透相较于离子交换法具有以下优点：无须采用酸碱再生，可以连续运行；产品水水质较为稳定；不产生酸碱废水，减少污水处理设施及处置费用；不需要酸碱储存设施和酸碱稀释运输设施；建筑面积小；使用安全可靠，避免工人接触酸和碱；降低运行及维护成本；安装方便，安装成本低；劳动强度小，自动化程度高。

(2) EDI 装置与混床

EDI（电去离子）技术采用直流电使污染离子持续的从进水中迁移出来，并穿过离子树脂和离子交换膜进入浓水室，同时直流电能够将水分子电离成氢离子和氢氧根离子，持续的对离子树脂进行再生。因此 EDI 装置可连续的制备出等同甚至优于混床出水的高纯水。

EDI 装置一般接在反渗透单元之后，形成预处理 + 反渗透 + EDI 的全膜法除盐水处理系统，取代传统的阴阳离子混床设备，出水电阻率超过 $15\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，可满足电厂锅炉补水水质要求。EDI 装置吨水运行成本约 2.4 元 / 吨，而传统混床装置吨水运行成本约 2.7 元，略高于 EDI 装置。因此，在 EDI 设备上增加的投资通过运行可以在几年内回收。

总体而言，EDI 装置具有如下优点：无需化学再生，可不间断运行，自动化程度高，因而不会产生酸碱废液。相较于传统的混床工艺主要优点为：出水水质稳定；易实现自动控制，劳动强度小；无须酸碱再生；无需再生废水处理设施；产水率高（可达 95%）。

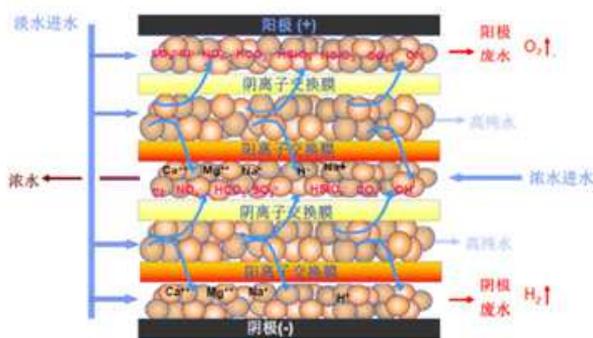


图 2 EDI 工作原理图

2.1.2 产水率的设计

垃圾焚烧电厂的锅炉补给水处理系统原水一般由全厂生产水池供应。全厂生产用水水源常采用地表水、自来水或污水差中水。生产水池的水已经过原水预处理满足生产和循环冷却水用水水质要求，因此锅炉补水系统一般直接经预处理和全膜法工艺即可满足锅炉补水水质要求。一般产水率设计为一级反渗透 75%，二级反渗透 85%~90%，EDI 产水率 90%，由于二级反渗透浓水是回到超滤水箱的，EDI 浓水回至二级反渗透进水，因此锅炉补给水处理系统产水率一般设计可达 64% 左右。化水系统产生的浓水为一级反渗透浓水，浓缩 4 倍左右，与循环冷却排污水浓缩倍率接近，水质接近，可考虑合并处理和处置。

2.2 给水 / 炉水加药校正系统

为了将水的腐蚀作用降到最低程度，防止水汽循环系统中的设备被腐蚀，需设置热力系统化学加药设施。

全套化学加药装置包括氨加药装置、加除氧剂装置（与锅炉参数有关）与磷酸盐加药装置。热力系统化学加药装置布置在主厂房内。

加氨装置主要控制锅炉给水的 pH，防止管路和设备腐蚀，加氨点可设在除氧器出口下降管或除盐水泵出口母管上，加氨调节按给水流量信号和省煤器入口 pH 值信号予以调节。

加除氧剂装置主要为在热力除氧措施以外增加的化学除氧措施，是否设置化学除氧和锅炉参数有关，常用的除氧剂有联氨、二甲基酮肟等。选择何种类型的除氧剂与是否对外供热也有关系。除氧剂加药点可设在除氧器出口下降管。加除氧剂调节按给水流量信号和除氧器出口含氧量信号予以调节。

加磷酸盐装置主要为减少锅炉结垢，加药后形成的沉淀物通过锅炉排污去除，磷酸盐加药点在汽包。一般采用手动控制加药。

2.3 汽水取样系统

为准确监控机炉运行中给水、炉水和蒸汽品质情况，确保电厂机炉安全、经济运行，本工程对水汽采用集中取样分析。水汽取样主要对样水中电导、pH、氧进行在线检测，以满足电厂安全生产要求。设备布置在主厂房。

水汽系统包括高温架、仪表架、除盐水冷却装置。对于垃圾焚烧电厂典型分析项目如表 1 所示。

表 1 典型垃圾焚烧电厂水汽取样分析项目汇总表

序号	项目	取样点位置	配置仪表
1	给水	除氧器出口	O2、M
		省煤器入口	SC、CC、pH、M
2	炉水	汽包	SC、pH、PO4、M
3	饱和蒸汽	饱和蒸汽	CC、M
4	过热蒸汽	过热蒸汽	CC、M
5	凝结水	凝结水泵出口	CC、O2、M
6	疏水	疏水泵出口	M

注：SC—比电导率仪；CC—带有离子交换柱的电导率仪；pH—工业酸度计；O2—溶氧分析仪；PO4—磷表；M—手动取样

2.4 凝结水处理系统

垃圾焚烧电厂因锅炉参数不高，厂内汽水循环产生的凝结水一般通过疏水箱、凝结水箱直接回补于锅炉给水系统。

对于对外供热的焚烧项目，可能会需要对供汽的凝结水进行回收处理。一般凝结水容易发生超标的污染物有铁、铜、电导率、有机物等。具体处理工艺以及处理后的水质指标需结合热用户情况和回收凝结水水质，按照《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》（GB12145-2016）执行。

3. 化学水处理过程技术改进与可持续性策略

全膜法工艺前端絮凝加药的控制，会对膜系统的稳定

运行产生重要影响，过量的絮凝剂投加会导致膜的污堵。建议根据锅炉补给水系统原水水质情况进行絮凝药剂投加的合理设计和相关保护措施。全膜法工艺虽然解决了酸碱废液的产生问题，但是膜系统的性能和寿命直接影响着锅炉补给水系统的运行成本。膜的性能包括超滤膜老化、断丝问题，反渗透膜的老化、结垢、脱盐率下降等问题。如何延长膜的使用寿命，减少膜的清洗频次，研发性能更优的膜材料仍是今后膜技术的发展方向。

水汽取样系统的样水为纯水，多数垃圾焚烧电厂中，未对该部分样水进行收集再利用，造成资源的浪费。可考虑设计样水回收装置，将排放的样水回收指疏水箱或凝结水箱，可节约一部分除盐水补充量。

3. 结语

垃圾焚烧发电厂的化学水系统较燃煤电厂规模都要小，因此很多设计理念上会有一些区别。在“碳达峰”和“碳中和”的要求下，如何提高水资源利用效率，探索系统之间的差异与关系，取长补短也可以作为优化设计的思路 and 方向。

参考文献

- [1] 杨光. 电厂化学水处理系统反渗透预处理超滤系统的工艺选择——黄河水为水源的化学水处理系统的反渗透预处理超滤系统的工艺选择[J]. 内蒙古石油化工, 2007,(08):284-286.
- [2] 李宏峰. 电厂化学水处理技术的应用及发展探讨[J]. 山东化工, 2023, (22):250-251+255
- [3] 段丽璇. 关于电厂化学水处理中反渗透膜技术的运用研究[J]. 清洗世界, 2023,(11):13-15
- [4] 王琳, 周军. 浅析秸秆发电厂化学工艺系统设计特点[J]. 电站系统工程, 2024,(1):73-75

作者简介:

徐立然(1990-07), 女, 汉族, 安徽滁州, 硕士研究生, 中级工程师, 现主要从事的工作及研究方向: 水处理。