

电站锅炉水质现状及优化管控措施

赵思宇

内蒙古自治区特种设备检验研究院通辽分院

DOI:10.32629/btr.v8i12.5143

[摘要] 以130t/h、9.8MPa高压燃煤锅炉为对象,依据GB12145等标准,梳理锅炉用水分类、水质指标及劣化危害。结合现场检测,分析设备老化、药剂投加粗放、监测缺失、管理薄弱等问题。从硬件工艺、药剂调控、监测体系、管理制度四方面提出优化策略,改善水质超标,缓解结垢腐蚀,保障安全运行,为同类锅炉水质管控提供参考。

[关键词] 电站锅炉; 水质现状; 优化管控措施

中图分类号: TM621 文献标识码: A

Current Status of Water Quality in Power Plant Boilers and Optimization Measures for Management and Control

Siyu Zhao

Tongliao Branch of Inner Mongolia Institute of Special Equipment Inspection and Research

[Abstract] Taking a 130 t/h, 9.8 MPa high-pressure coal-fired boiler as the research subject, this paper reviews the classification of boiler water, water quality indicators, and the hazards caused by water quality deterioration based on standards such as GB 12145. Combined with on-site testing, it analyzes problems including equipment aging, extensive chemical dosing, inadequate monitoring, and weak management. Optimization strategies are proposed from four aspects: hardware and process improvements, chemical dosing control, monitoring system development, and management system improvement. These measures aim to improve excessive water quality indicators, mitigate scaling and corrosion, ensure safe operation, and provide a reference for water quality management and control of similar boilers.

[Key words] power plant boilers; current status of water quality; optimization measures for management and control

引言

水汽水质是高压电站锅炉安全运行的关键。水质不达标会引发结垢、腐蚀、汽水共腾等故障,增加能耗和爆管风险。当前服役超十年的中小型高压锅炉普遍存在水处理系统老化、管控粗放等问题,难以满足高压水质标准。本文结合实测数据,梳理管控痛点,深挖成因,制定优化方案,补齐运维短板,助力电厂降本增效与标准化运维。

1 电站锅炉水质基础理论与行业管控标准

1.1 电站锅炉用水分类及水质核心指标

(1) 锅炉原水取自地表水或地下水,杂质多,需深度处理;补给水是原水净化后补充锅炉损耗用水,纯度要求高;凝结水为蒸汽冷凝回水,杂质很少;锅筒水处于高温高压环境,盐分和药剂浓度较高;循环冷却水负责降温,水量大,重在控垢抑菌。五类水质工况和管控要求差异明显。(2) 水质理化指标直接决定锅炉运行安全:硬度控制钙镁离子防结垢;碱度平衡酸碱环境;溶

解氧加速炉管氧化损伤;pH值关系金属钝化膜稳定;氯离子易诱发应力腐蚀;含盐量影响汽品质;铁离子可预判管道腐蚀。这些是优先监测参数。(3) 微生物和悬浮物属次要指标。悬浮物易堵塞滤材、裹挟盐分沉积管壁;细菌、藻类易滋生黏泥,加剧局部垢下腐蚀,间接破坏水循环稳定性。

1.2 水质不达标对电站锅炉的危害机理

(1) 水垢附着机理:水中钙镁盐类在高温下析出,附着在水冷壁、省煤器等受热面上。水垢的导热系数远低于钢材,会大幅降低换热效率,炉膛热量散失增加,机组燃煤消耗量上升,推高电厂运行能耗成本。(2) 金属腐蚀机理:溶解氧会引发炉管均匀氧腐蚀;氯离子过高会破坏金属钝化膜,诱发炉管局部点蚀;碱度超标则会导致碱性脆化。这三类腐蚀持续损耗炉管壁厚,增加爆管停机的安全风险。(3) 汽水共腾隐患:锅水含盐量、悬浮物超标后,锅筒汽水界面的泡沫急剧增多,引发汽水共腾。含盐杂质被裹挟进入蒸汽,造成蒸汽品质下降,进而导致汽轮机叶片积

盐、动力设备效率衰减^[1]。

1.3 现行国家及行业锅炉水质管控规范

(1) 执行GB/T1576、GB12145等国标,明确工业电站锅炉各类水体的硬度、溶解氧、氯离子强制限值,划定了水质合格的基础红线,统一了国内电厂的基础管控底线。(2) 高压、超高压锅炉实行差异化标准。锅炉压力参数越高,水汽系统的精细化管控要求就越严。超高压锅炉进一步压缩含盐量、铁离子等指标限值,以适应高温高压运行工况。(3) 行业规范要求落实每日多点位水质化验和实时在线监测,完善监测数据、药剂投加、异常处置等台账归档,做到水质运维全流程可溯源,贴合电厂标准化运维的实际需要。

2 目标电站锅炉水质现场现状及问题调研

2.1 调研电站锅炉基础概况

(1) 本次调研的目标电站配置两台燃煤电站锅炉,额定蒸发量130t/h,额定运行压力9.8MPa,属于高压工业电站锅炉。机组常年平均运行负荷维持在72%—85%,峰值负荷可达90%。设备已服役11年,长期承担厂区生产供电、供热双负荷,处于常态化连续运行状态,老化部件逐步暴露出运维隐患。(2) 厂区现有水处理采用“原水过滤—软化预处理—反渗透净化—混床精处理”的工艺流程,配套石英砂过滤器、活性炭过滤器、反渗透机组、除氧器四大核心净水设备,没有备用精处理设备。整套架构属于常规中小型电站的标配,尚未适配高压锅炉对精细化水质处理的要求。(3) 现场采用人工定点抽检为主、简易在线监测为辅的模式。运维班组共6人,实行三班倒值守制度,沿用老旧的管理制度,只规定了基础水质化验工作,没有划分水质管控专项岗位职责,管控体系比较粗放。

2.2 锅炉水质取样检测与数据结果分析

(1) 本次检测布设了原水、锅炉补给水、给水、锅筒水、循环冷却水5个取样点,常规检测周期为每天人工检测1次,高负荷工况加测1次。试验参照电站水汽检测国标方法,采用滴定法、分光光度法完成全部理化指标和杂质指标检测,流程符合规范。(2) 实测数据对标GB12145高压锅炉水质标准来看,给水硬度和溶解氧超标幅度分别达到18%、22%;锅水氯离子、碱度偏离标准限值,铁离子含量小幅超标;只有循环冷却水的悬浮物、微生物指标符合国标要求,核心水系指标合格率不到65%^[2]。(3) 低负荷稳燃工况下水质指标波动较小;当机组升至80%以上高负荷运行时,炉内水温、水压升高,药剂消耗加快,溶解氧、碱度指标波动加剧,指标偏离标准阈值的概率明显上升,工况负荷与水质稳定性呈负相关。

2.3 当前锅炉水质现存核心问题梳理

(1) 锅炉给水硬度和溶解氧持续超标。前端预处理过滤、除氧工序的净化效能下降,原水中的钙镁离子和溶解氧没法彻底脱除,前端水处理工序的整体净水效果不达标。(2) 锅筒内部锅水碱度偏低、氯离子富集超标,水汽系统出现盐分沉积。水冷壁、对流管束等局部受热面生成了薄质碳酸盐垢层,管壁出现点状轻微腐蚀痕迹,长期运行容易加剧设备损伤。(3) 现场水质监测

频次低于行业规范要求,主要靠人工滴定检测,操作手法和药剂误差难以避免。在线监测设备没有联动数据终端,指标异常时无法实时预警,监测数据滞后性问题比较突出。

2.4 水质超标问题深层溯源分析

(1) 硬件设备老化失修。前端过滤罐的石英砂、活性炭滤料已超过24个月没更换,孔隙堵塞,吸附能力下降;反渗透膜组件出现结垢污堵,季度清洗、年度维保工作落实不到位,净水硬件的处理效能大幅衰减。(2) 水处理药剂管控不合理。适配高压锅炉的高效缓释阻垢剂、催化除氧剂选型偏老旧;缺乏根据机组负荷动态调整投加量的机制,一直按固定配比加药,高负荷期药剂投加量不足,水质调控能力跟不上。(3) 内部管理体系存在短板。水质运维作业流程被简化,台账记录流于形式;班组人员没有接受过高压锅炉水质专项培训,对指标波动和隐患预判的专业能力不足,精细化管理的管理闭环缺失。

3 电站锅炉水质全方位优化管控措施

3.1 水处理硬件系统工艺优化改造

(1) 升级原水预处理装置。拆除老化粉化的石英砂和失效的活性炭,按高压锅炉水处理标准更换大粒径高纯石英砂与柱状椰壳活性炭双层滤料,优化铺设厚度和级配。检修管路、反冲洗阀门及曝气装置,调整反冲洗时长与压力,消除悬浮物、胶体穿透问题,强化浊度和杂质拦截能力,从源头削减钙镁硬度离子及有机污染物,减轻后端精处理负荷。(2) 优化反渗透+离子交换精处理系统。清洗修复污堵老化的反渗透膜,更换破损或脱盐率不达标的膜元件,调整进水压力、水通量及回收率,提升脱盐效率;优化混床离子交换树脂配比,更换老化破碎的阴阳树脂,增设自动再生控制系统,精准控制再生浓度与时长。改造后能明显降低补给水和给水的含盐量及氯离子,满足高压锅炉水质限值,避免积盐和炉管腐蚀^[3]。(3) 加装真空式在线催化除氧装置,搭建给水溶解氧闭环自控系统。联动前端给水流量与炉内负荷传感设备,替代粗放式的热力除氧。装置根据进水水温、水压自动调整除氧工况,精准剥离游离溶解氧,将其稳定控制在国标限值以内,杜绝水冷壁及给水管道的氧腐蚀与点蚀,长效保护水汽系统的金属基材。

3.2 水质化学药剂精准投加优化方案

(1) 结合目标高压锅炉的运行参数和水体水质特点,淘汰原有低效的传统单体药剂,选用适配高温高压工况的环保复合型阻垢缓蚀药剂。这种药剂兼具螯合钙镁离子、钝化金属管壁、抑制垢下腐蚀三重功效,无磷低残留,符合电厂环保排污要求。它能瓦解钙镁盐类的结晶结构,抑制受热面水垢析出,同时在炉管内壁形成致密钝化保护膜,抵消氯离子、碱度失衡带来的腐蚀损伤,适合现场锅水水质失衡、存在轻微腐蚀的实际情况。(2) 摒弃固定剂量的加药模式,建立与机组负荷联动的药剂投加机制。根据锅炉低、中、高不同运行负荷,结合实时测得的给水pH、溶解氧、碱度数据,动态微调除氧剂、酸碱调节剂的投加量和投加速率。低负荷时减少药量,避免药剂冗余富集;80%以上高负荷时增加药量,匹配加快的消耗速率。这样实现按需精准投加,

既减少药剂浪费,又能稳定各项水质理化指标^[4]。(3)重构锅炉排污管控制度,落实连续排污与定期排污协同的模式。连续排污装置对接锅筒上部高盐分水体区域,持续排出锅水中的悬浮杂质、富集氯离子和可溶性盐类;每天固定时段开展底部定期排污,排出炉内沉积的泥垢和腐蚀铁渣。双向排污协同作用,平衡锅水碱度和含盐量指标,解决原有排污不规范、锅水水质失衡的问题,避免汽水共腾的运行隐患。

3.3 水质监测体系智能化优化升级

(1)破除原有监测点位少、覆盖面不足的问题,在生水、补给水、给水、锅筒水、凝结水、循环冷却水六大水系布设一体化在线水质传感器,全覆盖监测硬度、溶解氧、pH值、氯离子、铁离子、含盐量等核心指标。传感器具备耐高温、抗炉内水汽干扰的性能,贴合锅炉现场高温高压的运维环境,实现全水系点位同步监测,补齐监测点位的空白。(2)依托厂区工业内网搭建一体化水质数据联动管控平台,对接全部在线水质传感器和水处理设备运行终端,自动归集实时水质数据、设备运行参数、机组负荷数据,完成数据存储、曲线生成、趋势溯源等一体化管控。平台内置国标水质阈值参数,指标超标或数据波动异常时会自动声光报警、弹窗推送信息,解决原有数据滞后、异常处置不及时痛点,实现水质风险的前置预警。(3)优化原有人工抽检作业流程,划定每日、每周、月度的标准化抽检清单,固定取样点位、试验试剂与检测流程,规范运维人员的滴定检测操作标准。构建线上智能监测与线下人工化验双向校核机制,每日比对平台自动数据和人工实测数据,修正设备传感误差和人工操作误差,保障水质监测数据真实、精准、可溯源,提升监测结果的可靠性^[5]。

3.4 水质运维管理制度与人员管控优化

(1)搭建分级分类水质管控台账体系,划分水质监测台账、药剂投加台账、设备维保台账、故障处置四大专项台账,细化台账填写标准。制定水处理过滤装置、反渗透机组、在线监测设备的周检、月保养、年度拆解维保标准流程,明确维保内容、时限和验收标准,固化硬件运维作业规范,避免设备失养老化问题再次出现。(2)完善班组绩效考核与故障追责管理制度,将水质

指标合格率、设备维保完成率、台账合规率纳入运维人员月度绩效考核。划定水质管控岗位职责,明确水质超标、设备运维疏漏的责任主体,建立水质异常闭环追责机制,杜绝运维流程简化、工作敷衍、台账流于形式等管理漏洞,压实岗位管控责任。(3)针对性开展运维人员专项技能培训,围绕高压锅炉差异化水质标准、智能化监测平台操作、药剂动态配比、设备故障抢修、水质超标应急调控五个方面,进行授课和实操演练。结合现场水质超标案例复盘,讲解隐患溯源和优化处置方法,提升人员在水质预判、设备运维、应急处置方面的专业能力,补齐人员管控短板。

4 结束语

基于目标电站锅炉的实际运行工况,完成了水质问题溯源和全域优化改造。通过更换水处理滤料、升级精处理系统、动态调整药剂投加、搭建智能监测平台、完善运维制度等措施,有效降低了水体杂质含量,提升了水质指标合格率。优化方案能够适配机组负荷波动的特点,兼顾运维成本与环保要求,有助于减少设备检修频次、延长锅炉服役年限。后续结合不同季节的水源水质微调参数,可以进一步筑牢锅炉水质长效管控体系。

[参考文献]

- [1]李江华.电站锅炉水质管理现存问题及全过程优化管控措施[J].项目工程,2025,4(02):105-107.
- [2]万茂,程国浩.电站锅炉给水溶解氧指标管控现状及水质优化方案[J].电工技术,2025,16(23):84-86.
- [3]赵文韬.中小型电站锅炉水质超标原因分析与防控管理对策[J].能源与节能,2024,23(07):156-158.
- [4]周凯.锅炉水汽系统结垢腐蚀下水质管理短板及改进措施[J].化工设计通讯,2023,49(06):78-80.
- [5]张磊,刘畅.大型电站锅炉水质劣化危害及精细化水处理管控策略[J].工业水处理,2023,43(08):172-176.

作者简介:

赵思宇(1993--),女,蒙古族,内蒙古人,本科,中级工程师,研究方向:锅炉水介质。