

电厂化学水处理制水设备问题的分析与处置

邵光亮

鄂温克电厂 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘要: 电厂化学水处理制水设备对保障电厂稳定运行意义重大。然而,设备运行中常出现机械故障、化学问题、控制问题等,成因涵盖设计制造缺陷、运行维护不当、水质波动、环境与人为因素等。本文深入剖析这些问题成因,针对性地提出机械故障处置、化学问题治理、控制问题优化及预防性维护等策略,旨在提升制水设备运行稳定性与可靠性,确保电厂用水质量达标。

关键词: 电厂化学水处理;制水设备问题;处置

引言:在电力生产中,电厂化学水处理制水设备是保障机组安全、稳定、经济运行的关键环节。其产出的高品质水,对锅炉、汽轮机等核心设备的正常运行起着至关重要的作用。一旦制水设备出现问题,会直接导致水质下降,进而引发设备腐蚀、结垢、积盐等不良后果,严重影响电厂生产效率与安全性。因此,深入分析制水设备常见问题,探寻有效的处置策略,具有重要的现实意义。

1 电厂化学水处理制水设备概述

1.1 制水设备分类与工艺流程

(1) 预处理设备是制水流程的首要环节,核心作用是去除原水中的悬浮物、胶体杂质及部分有机物,为后续除盐处理奠定基础。澄清设备通过投加絮凝剂,使水中杂质形成絮体沉降;过滤设备利用石英砂、活性炭等滤料截留剩余微小颗粒;超滤设备则借助膜过滤技术,进一步去除水中大分子物质与微生物,大幅降低原水浊度与污染指数。(2) 除盐设备是实现水质纯化的核心,旨在去除水中离子类杂质。离子交换设备通过树脂的离子交换作用,置换水中阴阳离子;反渗透设备利用半透膜的选择透过性,在压力作用下截留水中盐分,脱盐率可达98%以上;EDI设备结合离子交换与电渗析技术,实现连续除盐,无需频繁再生树脂,降低化学药剂消耗。

(3) 后处理设备用于保障出水水质稳定达标,满足电厂用水需求。加药设备通过投加缓蚀剂、阻垢剂等,防止管道与设备腐蚀结垢;消毒设备采用紫外线、臭氧等方式,杀灭水中残留微生物;混床设备作为深度除盐手段,进一步降低水中离子含量,使出水电阻率达到 $10\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上^[1]。

1.2 设备运行关键参数

(1) 水质指标是衡量水处理效果的核心依据。pH值需控制在7-9之间,避免设备腐蚀或结垢;电导率反映水

中离子含量,除盐水电导率通常要求低于 $0.2\mu\text{S}/\text{cm}$;硬度需降至 $0.03\text{mmol}/\text{L}$ 以下,防止钙镁离子形成水垢;溶解氧含量应低于 $0.05\text{mg}/\text{L}$,减少管道与设备的氧化腐蚀。

(2) 设备性能指标直接影响制水效率与成本。产水量需满足电厂用水负荷需求,避免供水不足;回收率一般控制在70%-85%之间,提高水资源利用率;脱盐率是除盐设备的关键指标,反渗透设备脱盐率需稳定在98%以上,确保出水水质达标。

1.3 设备常见问题类型

(1) 机械故障是设备运行中的高频问题,直接影响系统稳定性。泄漏多发生于管道焊缝、阀门密封处;腐蚀常见于金属管道与设备内壁,由水质酸碱或氧化作用引发;磨损主要出现在泵叶轮、阀门阀芯及膜元件,因长期摩擦或颗粒冲击导致。(2) 化学问题易导致设备效能下降。结垢多因水中钙镁离子在设备表面沉积形成;污染包括有机物、胶体或微生物在膜表面附着;微生物滋生则因水质杀菌不彻底,引发藻类或细菌繁殖。(3) 控制问题会影响设备运行精度。仪表失灵导致pH、电导率等参数测量不准;程序错误引发设备启停或药剂投加逻辑异常;自动化故障则使系统无法实现自动调节,需人工干预。

2 电厂化学水处理制水设备问题成因分析

2.1 设计缺陷与制造问题

(1) 设备选型不合理是先天隐患,直接影响设备适配性与耐用性。若原水含氯量较高(如沿海地区电厂),却选用不耐氯的醋酸纤维素反渗透膜,运行中膜元件易被氧化降解,导致产水量下降、脱盐率骤降;预处理阶段若选用过滤精度不足的石英砂滤料(如粒径大于 1mm),无法有效截留微小悬浮物,会加重后续超滤、反渗透设备的污染负荷,缩短膜元件使用寿命。

(2) 结构缺陷会引发运行异常,降低设备效能。反渗透

膜壳若流道设计过窄或布水不均,会导致水流速度分布差异大,局部区域出现浓差极化,使膜表面盐分富集,加速结垢与膜污染;离子交换器若布水装置(如多孔板、水帽)开孔不均,会造成水流偏流,部分树脂无法充分参与离子交换,导致出水水质波动,同时增加树脂磨损风险。

2.2 运行维护不当

(1) 操作参数偏离设计值会破坏设备运行平衡。反渗透设备若运行压力高于设计值(如设计压力1.5MPa,实际运行2.0MPa),会加剧膜元件压实变形,缩短使用寿命;超滤设备若进水流量超出额定值(如额定流量50m³/h,实际60m³/h),会导致跨膜压差快速升高,引发膜污染;加热设备若运行温度过高(如超过45℃),会加速树脂老化,降低交换容量。(2) 化学药剂投加失误会失去水质调控作用。阻垢剂若投加浓度不足(如设计3mg/L,实际1mg/L),无法有效抑制钙镁离子结晶,易在设备内壁与膜表面形成水垢;杀菌剂投加量不足会导致微生物滋生,形成生物膜堵塞管道与膜孔;酸碱再生剂投加比例失衡(如离子交换器再生时酸过量),会腐蚀设备内部构件,同时影响树脂再生效果^[2]。(3) 清洗维护周期过长或方法错误会加剧设备损伤。超滤、反渗透设备若超过3个月未清洗,膜表面污染物会硬化结块,后续清洗难以彻底去除,导致膜通量永久性下降;化学清洗时若选用强酸性药剂(pH<2)且浸泡时间过长(超过2小时),会腐蚀膜元件或设备金属部件,破坏设备结构完整性。

2.3 水质波动影响

(1) 原水水质突变会打破水处理系统平衡。雨季或汛期时,原水浊度骤升(如从10NTU升至100NTU),预处理设备负荷激增,若未及时调整絮凝剂投加量,会导致悬浮物穿透过滤设备,进入后续除盐系统,污染膜元件与离子交换树脂;夏季高温时,原水易爆发藻类,藻类代谢产物会堵塞滤料孔隙,同时增加水中有机物含量,加重后续处理负担。(2) 再生水回用中的杂质积累会引发连锁问题。再生水若未彻底去除重金属离子(如铁、锰),回用过程中会在管道与设备内壁形成金属氧化物沉积,影响水流稳定性;再生水中残留的微量有机物(如腐殖酸)会在反渗透膜表面吸附,形成有机污染层,降低膜的透水性及脱盐性能,同时增加化学清洗频率。

2.4 环境与人为因素

(1) 温度、湿度对设备材料的腐蚀作用显著。高温高湿环境(如南方夏季配电室湿度超过80%)会加速电气控制柜内线路老化,增加短路风险;室外安装的管道与

阀门若未做保温防腐处理,冬季低温会导致管道冻裂,夏季高温会加速金属部件氧化腐蚀,缩短设备使用寿命。(2) 人员操作技能不足或违规操作是人为隐患。新上岗人员若不熟悉设备操作规程,可能误将反渗透设备进水阀与浓水阀反向开启,导致设备超压损坏;运维人员若为缩短工作时间,违规减少离子交换树脂再生步骤(如省略反洗环节),会导致树脂再生不彻底,出水水质超标,同时加速树脂失效。

3 电厂化学水处理制水设备问题处置策略

3.1 机械故障处置

(1) 针对泄漏问题,需先通过压力测试、可视化检查定位泄漏点。若为管道焊缝泄漏,采用氩弧焊进行补焊,补焊后需进行水压试验,确保无渗漏;若为阀门、法兰密封处泄漏,及时更换老化的密封垫片或密封圈,优先选用耐酸碱、耐高温的氟橡胶密封件,更换后检查密封面平整度,避免因密封面损伤导致二次泄漏。(2) 腐蚀防护需结合设备材质与腐蚀类型制定方案。对于碳钢管道、储罐,采用环氧树脂涂层或聚四氟乙烯衬里,形成隔离层阻断腐蚀介质接触;对于不锈钢设备,若出现局部点蚀,可采用钝化处理恢复表面钝化膜;针对循环水系统等大型设备,采用阴极保护技术,通过外加电流或牺牲阳极(如锌块),降低设备腐蚀速率,延长使用寿命。(3) 磨损部件更换需遵循“精准匹配、及时更换”原则。泵类设备若出现叶轮磨损、轴承异响,需拆解设备后更换同型号耐磨叶轮(如双相钢材质)与高精度轴承,更换后进行动平衡测试,避免运行振动;阀门磨损多发生在阀芯、阀座,需更换硬质合金阀芯,确保密封性能;反渗透膜元件若因颗粒磨损导致产水量骤降、脱盐率下降,需整体更换膜组件,更换前检查膜壳内壁是否光滑,防止新膜受损^[3]。

3.2 化学问题处置

(1) 结垢控制需从“预防+清除”双管齐下。运行中通过在线pH监测仪实时调整加碱量,将水质pH控制在8.0-8.5,减少碳酸钙结垢;根据水质硬度投加足量阻垢剂(如有机膦酸盐),浓度维持在3-5mg/L,抑制晶体生长;若设备已形成水垢,采用柠檬酸、盐酸等酸洗药剂(浓度2%-5%)进行循环清洗,清洗过程中控制温度在40-50℃,避免药剂腐蚀设备,清洗后用清水冲洗至pH中性。(2) 污染治理需根据污染类型选择对应方案。针对有机物污染,在预处理阶段增加活性炭过滤器,通过活性炭吸附去除水中有机物,定期检测活性炭吸附能力,吸附饱和后及时再生或更换;超滤设备若出现膜污染导致跨膜压差升高,采用反洗+化学清洗结合方式,先用清

水反洗10-15分钟，再用次氯酸钠溶液（浓度500-1000mg/L）浸泡30分钟，恢复膜通量；反渗透膜若受胶体污染，采用碱性清洗剂（如氢氧化钠溶液）循环清洗，去除膜表面胶体附着物^[4]。（3）微生物抑制需构建“杀菌+抑菌”双重防线。在预处理环节安装紫外线消毒设备，紫外线剂量控制在30-40mJ/cm²，杀灭原水中的细菌、藻类；根据水质微生物含量，在循环水系统中投加次氯酸钠，维持余氯浓度在0.2-0.5mg/L，抑制微生物滋生；若设备内部已形成生物膜，采用氧化性杀菌剂（如臭氧）进行冲击处理，破坏生物膜结构，后续定期投加非氧化性杀菌剂（如异噻唑啉酮），防止生物膜再生。

3.3 控制问题优化

（1）仪表校准与冗余设计是保障参数监测准确的关键。每月对pH计、电导率仪、流量计等关键仪表进行校准，采用标准溶液（如pH = 7.00、10.01标准缓冲液）校准pH计，确保测量误差小于±0.02pH；对重要参数仪表采用冗余设计，如反渗透进水压力、产水流量分别安装2台同型号仪表，当两台仪表测量值偏差超过5%时，自动触发报警，避免因单台仪表失灵导致参数误判。（2）PLC程序调试与故障预警系统升级需提升设备自动化稳定性。定期对PLC控制系统进行程序调试，检查设备启停逻辑、参数调节算法是否正常，针对频繁出现的程序错误（如药剂投加量计算偏差），优化程序代码，增加逻辑校验功能；升级故障预警系统，通过采集设备运行数据（如膜压差、泵电流、水质指标），建立故障预警模型，当参数超出正常阈值80%时，提前发出预警信号，通知运维人员排查，避免故障扩大。

3.4 预防性维护措施

（1）制定标准化操作规程（SOP）需覆盖设备全生命周期。针对预处理、除盐、后处理各环节设备，编写详细的操作手册，明确设备启停步骤（如反渗透设备启动前需先冲洗膜壳）、参数控制范围（如离子交换器运行流速15-20m/h）、异常处理流程；SOP需定期修订，结合设备运行反馈与技术更新，补充新的操作要求（如新型阻垢剂投加方法），确保操作人员有章可循^[5]。

（2）建立设备健康档案与大数据监测平台，实现全流程管控。为每台设备建立独立档案，记录设备型号、安装日期、维护记录（如清洗时间、部件更换情况）；搭建大数据监测平台，实时采集设备运行参数与水质数据，通过数据分析识别设备潜在问题（如根据膜压差变化趋势预测膜污染风险），实现从“被动维修”到“主动维护”的转变。（3）定期开展人员培训与应急演练，提升运维能力。每月组织技术培训，内容包括设备原理、操作规范、故障判断（如根据电导率变化判断离子交换树脂是否失效）；每季度开展应急演练，模拟常见故障场景（如设备泄漏、水质超标），考核操作人员应急处置能力，确保故障发生时能快速响应（如立即关闭故障设备进水阀、启动备用设备），减少故障对制水系统的影响。

结束语

电厂化学水处理制水设备的问题分析与处置是一项长期且系统的工作。通过对设备常见问题的深入剖析，我们明确了各类问题的成因，并针对性地提出了机械、化学、控制等方面的处置策略以及预防性维护措施。在实际运行中，需持续关注设备状态，严格执行相关策略与措施。如此，才能有效提升制水设备的运行稳定性与可靠性，为电厂的安全、高效运行提供坚实的水质保障，推动电力行业持续健康发展。

参考文献

- [1]李茂清.全膜分离技术在电厂化学水处理中的运用探讨[J].电气技术与经济,2024,(03):103-104.
- [2]王意恒.电厂化学水处理设备设施腐蚀问题对策分析[J].中关村,2024,(03):110-111.
- [3]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,2023,52(22):250-251.
- [4]李瑞.电厂化学水处理制水设备的应用要点研究[J].造纸装备及材料,2023,52(06):185-187.
- [5]张龙娜.电厂化学水处理制水设备问题的分析与处置[J].化工管理,2023,(05):41-43.