

电厂自动化节水一体化技术的实践与探索

张若君 李亚超 杨志文

国网能源哈密煤电有限公司 新疆 哈密 839000

摘要: 在“双碳”战略与水资源短缺双重背景下,电厂作为高耗水工业领域,推行自动化节水一体化技术是实现绿色转型的关键。本文阐述该技术的核心理论与构成,结合白杨河电厂、同华发电公司典型案例,分析实践应用效果,剖析技术、管理、经济层面存在的问题及成因,提出针对性优化路径,展望未来发展趋势,为同类电厂节水技术升级、提升水资源利用效率提供理论支撑与实践借鉴。

关键词: 电厂自动化;节水一体化技术;实践与探索

引言: 水资源是工业生产的核心要素,电厂用水集中且耗水量大,传统人工节水模式存在效率低、调控不精准等弊端,难以适配绿色低碳发展需求。随着物联网、大数据技术的普及,自动化节水一体化技术成为破解电厂节水难题的重要路径。本文围绕该技术的实践与探索展开,结合行业现状与案例实践,探讨技术应用要点、现存问题及优化方向,助力电厂实现节水、减污、降碳协同发展。

1 电厂自动化节水一体化技术核心理论与构成

1.1 电厂节水核心需求与技术基础

(1) 电厂用水结构分析: 电厂用水主要集中在循环水系统、空冷系统,耗水占比分别约60%、25%,废水排放及其他环节占比15%左右。其中循环水系统节水潜力最大,可通过优化运行参数降低耗水,空冷系统可通过智能调控减少蒸发损耗,废水排放环节可通过回收处理提升水资源利用率。(2) 自动化节水核心原理: 依托物联网、大数据技术实现用水全环节智能监测与精准调控,遵循水资源循环利用核心逻辑,将监测数据转化为调控指令,实现精准管控与节能降耗协同,兼顾节水效果与电厂生产效率。

1.2 自动化节水一体化技术核心构成

(1) 智能监测系统: 部署水质(pH值、电导率等)、水量、水压实时监测设备,搭配高效数据传输模块,结合温场监测等专项技术,实现用水全参数、全时段精准监测,确保数据实时上传。(2) 自动调控系统: 搭载基于监测数据的智能决策模块,对循环水泵、冷却塔风机实施变频调控,配套自动加药、在线清洗等执行机构,实现节水设备无人化、智能化运行^[1]。(3) 水资源循环利用模块: 集成超滤+反渗透等废水深度处理技术,推进再生水回用、非常规水利用,构建水资源梯级利用体系,最大化减少新鲜水取用。

1.3 自动化节水一体化技术关键指标

(1) 节水效率指标: 重点关注单位发电量取水量、节水率、废水回收率、循环水浓缩倍数等,核心目标是降低单位发电量耗水,提升水资源重复利用率。(2) 运行稳定性指标: 严控设备运行故障率、保障监测数据准确率,提升调控响应速度,确保异常指标及时判别、反馈与处理,保障系统稳定运行。(3) 经济性指标: 核算节水成本、投资回报率,降低运维工作量,兼顾节水带来的直接经济效益与减污降碳间接效益。

1.4 自动化与节水技术的融合关键点

(1) 数据融合: 整合多环节监测数据,开展深度分析,为智能调控提供可靠数据支撑,实现动态水平衡测算,精准掌握水资源供需情况。(2) 流程协同: 推动各节水环节与电厂生产流程协同联动,平衡节水与生产效率,实现节水、减污、降碳协同发展,提升电厂整体绿色发展水平。

2 电厂自动化节水一体化技术的实践应用案例分析

2.1 案例选取与概况

(1) 案例电厂基本情况: 选取2家代表性电厂,分别为火电(白杨河电厂)和空冷火电(同华发电公司)。白杨河电厂为老牌高温高压火电厂,装机容量300MW,日均用水1000吨,原有节水模式以再生水回用为主,存在水质波动导致膜组件堵塞、人工调控效率低等问题;同华发电公司装机容量600MW,以空冷机组为主,原有空冷岛人工半自动冲洗模式,存在冲洗耗水多、效率低、设备故障率高的痛点。(2) 案例选取依据: 兼具代表性与典型性,覆盖不同装机规模、不同用水场景(循环水系统、空冷机组),两家电厂均已成熟应用自动化节水一体化技术,能全面体现技术在核心用水环节的应用效果,可为同类电厂提供可借鉴的实践经验。

2.2 案例电厂自动化节水一体化技术实施方案

(1) 前期调研与方案设计: 结合两家电厂用水痛点,

开展为期1个月的全面调研,精准掌握各环节耗水数据与现存问题,制定个性化方案,明确技术选型贴合电厂实际,分调研诊断、设备采购、安装调试、试运行四个阶段推进,确保方案可落地、可见效。(2)核心技术应用:部署水质(pH值、电导率)、水量、水压及温场实时监测系统,搭建数据传输模块;同华发电公司安装空冷岛智能机器人冲洗系统,白杨河电厂部署循环水精准加药控制设备,配套变频调控装置;搭建“超滤+反渗透”废水深度处理模块,实现再生水梯级回用^[2]。(3)实施过程与管控:规范施工流程,开展技术交底确保施工人员掌握操作标准,严格把控设备安装精度;试运行期间加强参数监测,及时优化调控逻辑,排查设备隐患,确保技术应用符合设计标准,保障施工质量与系统稳定运行。

2.3 实践应用效果分析

(1)节水效果:实施后,白杨河电厂废水回收率提升至65%,年节水20余万吨;同华发电公司空冷岛冲洗除盐水节约30%,循环水浓缩倍数提升至8倍以上,两家电厂整体节水率均达25%以上,节新水量成效显著。(2)运行效果:设备运行故障率降至3%以下,监测数据准确率99%,自动化调控响应速度提升60%;智能诊断系统可提前72小时预警故障,运维工作量减少40%,彻底解决人工调控精度不足、效率低的问题。(3)经济与环境效益:白杨河电厂年减少排污费支出,同华发电公司年产生经济效益300余万元,两家电厂节水成本均在2年内回收;年减少水资源消耗合计超50万吨,有效涵养地下水源,减少污染物排放,实现经济与环境双赢。

2.4 案例实践经验总结

(1)成功经验:技术选型需贴合电厂实际用水场景,避免盲目套用;方案设计要聚焦用水痛点,强化多环节数据协同管控;实施过程中严格把控施工质量与试运行管控,及时优化参数,保障技术落地见效。(2)存在的实践问题:部分老旧设备与自动化系统适配性不足,需额外改造;水质波动易导致膜组件堵塞,影响处理效率;运维人员自动化操作技能不足,需加强专业培训,确保系统长期稳定运行。

3 电厂自动化节水一体化技术应用中的问题与成因剖析

3.1 技术层面存在的问题

(1)核心技术瓶颈:自动化调控精度不足,难以根据水质、水量实时波动实现精准调控,部分节水设备兼容性差,不同厂家设备衔接不畅;高盐废水处理等关键技术尚未突破,处理效果不佳,同时膜技术存在使用寿命短、更换成本高的难题,难以实现成本与效益平衡。(2)

技术集成不足:各节水模块独立运行,监测、调控、循环利用等模块数据不互通,形成“信息孤岛”,无法实现全流程自动化协同调控;智能化管理平台与电厂原有生产系统融合不深入,未能充分发挥数据驱动的调控优势。(3)技术更新滞后:部分电厂尤其是老旧电厂,仍沿用传统人工节水模式,自动化、智能化技术升级缓慢,未能及时对接先进节水技术目录中的新型技术,节水效率难以提升。

3.2 管理层面存在的问题

(1)运维管理体系不完善:多数电厂缺乏专业的自动化节水设备运维团队,运维流程不规范,日常巡检、故障排查不到位,导致设备故障处理不及时,影响系统正常运行。(2)人员专业素养不足:相关工作人员多熟悉传统节水技术,对自动化节水设备的操作、维护能力不足,缺乏数智化管理技能,难以适应智能化系统的运维需求,制约技术效能发挥。(3)节水管理制度不健全:缺乏完善的节水考核机制与激励政策,节水工作成效与员工绩效关联度低,未能充分调动员工参与节水工作的积极性,难以形成全员节水的良好氛围^[3]。

3.3 经济层面存在的问题

(1)前期投资成本较高:自动化节水一体化设备、智能监测系统的购置与安装成本偏高,部分电厂尤其是中小型老旧电厂,资金压力较大,改造意愿不强,制约技术推广应用。(2)成本效益核算不全面:部分电厂未建立完善的节水成本效益核算体系,仅关注短期设备投资成本,未能充分核算节水带来的水费节约、排污费减少等长期效益,导致对技术应用价值认知不足。

3.4 问题产生的核心成因

(1)技术研发投入不足:多数电厂将重点放在生产发电上,对自动化节水技术研发的重视程度不够,核心技术自主创新能力薄弱,过度依赖外部技术引进,难以突破技术瓶颈。(2)管理理念落后:部分电厂仍停留在“被动节水”理念,将节水视为辅助工作,对自动化、智能化节水的重视程度不足,缺乏绿色低碳发展意识,忽视技术应用的长期价值。(3)政策支持与引导不足:针对电厂自动化节水技术的专项扶持政策较少,补贴力度不足,技术推广机制不完善,先进节水技术的普及难度较大,尤其是老旧电厂改造缺乏政策支撑。

4 电厂自动化节水一体化技术的优化路径与发展趋势

4.1 技术层面优化措施

(1)突破核心技术瓶颈:加大自动化节水技术研发投入,重点优化智能调控算法,提升调控精度,实现水质、水量波动的实时适配;加强设备兼容性研发,解决

不同厂家设备衔接不畅的问题,提升系统稳定性;集中力量攻克高盐废水处理、膜技术使用寿命短等关键难题,推动核心技术国产化升级,降低设备更换与运维成本。

(2) 强化技术集成融合:打破各节水模块独立运行的壁垒,构建全流程自动化节水协同体系,实现监测、调控、循环利用等模块的数据互通与协同联动;搭建水资源全过程智能化管理平台,深度融合节水系统与电厂原有生产系统,充分发挥数据驱动的精准调控优势,提升节水效率^[4]。(3) 推动技术更新升级:严格结合先进节水技术目录指引,主动推广应用新型自动化节水技术与装备;加快老旧电厂节水设备与系统的升级改造,淘汰落后工艺,推动传统节水模式向智能化、自动化转型,确保技术应用贴合行业发展要求。

4.2 管理层面优化措施

(1) 完善运维管理体系:组建专业的自动化节水设备运维团队,明确岗位职责,规范日常巡检、故障排查、设备维护等运维流程;建立设备故障智能预警与快速处理机制,依托监测数据提前预判隐患,提升运维响应效率,保障系统稳定运行。(2) 提升人员专业素养:开展针对性技能培训,覆盖自动化设备操作、系统维护、数据解读等内容,提升工作人员的专业能力;重点培养数智化管理人才,适应智能化节水系统的运维与管理需求,推动技术效能充分发挥。(3) 健全节水管理制度:建立完善的节水考核机制与激励政策,将单位发电量取水量、节水率等核心指标纳入企业绩效考核;设立节水奖励基金,鼓励员工主动参与节水技术优化与管理,强化全员节水意识,营造全员参与的节水氛围^[5]。

4.3 经济层面优化措施

(1) 优化投资模式:积极争取政府专项扶持资金与税收优惠,缓解前期投资压力;采用“政府引导、企业主导、社会参与”的多元化投资模式,鼓励企业加大节水技术投入,降低老旧电厂改造的资金负担,提升企业技术升级意愿。(2) 完善成本效益核算:建立全面的节水成本效益核算体系,不仅核算设备购置、安装、运维等短期成本,更要充分考量节水带来的水费节约、排污费减少等直接经济效益,以及水资源保护、减污降碳等

间接环境与社会效益,让企业清晰感知技术应用的长期价值,提升节水积极性。

4.4 未来发展趋势展望

(1) 智能化升级:深度融合人工智能、大数据、物联网技术,构建全流程智能感知网络,实现节水系统的智能监测、智能决策与智能调控,打造“感知-分析-调控-反馈”的闭环智慧水务管理模式,大幅提升节水智能化水平。(2) 绿色协同发展:推动自动化节水技术与碳减排、污染物治理技术深度融合,优化水资源循环利用体系,实现节水、减污、降碳一体化发展,助力电厂实现绿色低碳转型,契合国家“双碳”战略要求。(3) 标准化与规模化推广:加快完善电厂自动化节水一体化技术标准体系,明确技术选型、安装调试、运维管理等规范;总结典型案例成功经验,形成可复制、可推广的技术方案,推动先进节水技术在不同规模、不同类型电厂中规模化应用,助力电力行业水资源高效利用。

结束语

电厂自动化节水一体化技术的实践,实现了节水效率、运行稳定性与经济效益的同步提升,有效破解了电厂高耗水痛点,契合国家绿色发展与节水优先战略。尽管目前该技术在应用中仍存在诸多瓶颈,但通过技术革新、管理优化与政策扶持,其规模化推广前景广阔。未来需持续深化技术融合,完善应用体系,推动电力行业实现水资源高效利用与绿色低碳转型。

参考文献

- [1]薛飞,徐震.电力调度自动化系统中的一体化技术应用[J].集成电路应用,2023,40(10):238-239.
- [2]周宇泽.浅析一体化技术在电力调度自动化系统中的应用[J].电子世界,2021,(14):166-167.
- [3]周加凤.机械工业自动化中运动控制技术的运用探究[J].新型工业化,2021,11(6):65-66.
- [4]田波.电力调度自动化中的一体化技术[J].现代工业经济和信息化,2020,10(12):119-120.
- [5]金维佳.电力调度自动化中的一体化技术分析[J].集成电路应用,2023,40(9):110-111.