



加速石化水务数智化绿色化升级

——中国石化第十九届水处理技术研讨会综述

阅读提示:

7月24日至26日,中国石化第十九届水处理技术研讨会在云南昆明举办。此次大会由中国石化化工事业部、中石化石油化学工业研究所有限公司、《给排水》杂志社联合主办。

会议以“创新驱动,智慧赋能,助力石化水务高质量发展”为主题,全国石油化学工业及环境保护领域的专家学者、企业管理者及技术人员齐聚一堂,共同探讨智慧水务、节水减排、节能降碳及污水深度处理等前沿技术领域,全面提升水务系统节能降碳与节水减排技术水平,加速水务管理数智化升级进程,推动石化水务系统实现高质量可持续发展,助力石化行业绿色低碳转型。

本版文图由本报记者 陈子佩 通讯员 赵玥 高嵩 孟凡丽 王辉 常成 提供

智慧水务,助力绿色低碳转型发展

近年来,中国石化通过不断增强节能降碳、节水减排能力,实现了水务管理的智能化升级,为行业探索出一条数字化赋能绿色发展的创新路径。

中国石化化工事业部水务管理室副经理叶晓林介绍,中国石化水务管理信息系统已完成企业端推广,实现了水务装置全覆盖,显著提升了专业化、信息化水平。2022年,集团公司启动智慧水务试点建设工作,通过应用机理模型和专家经验模型,实现了运行自动分析、自动预警和问题诊断,形成水处理智能化运行诊断,指导企业深入开展运行优化,实现运行管理的决策智能化,推进企业实现少(无)人值守。

目前,智慧水务试点建设项目已在茂名石化、扬子石化、河南炼化、齐鲁石化和天津石化等5家企业初步上线,在智慧新鲜水场、智慧循环水场、智慧化学水场、智慧污水处理场建设等方面进行了深度优化。

天津石化生产部公用工程高级专家李晨光就智能水质分析系统应用进行了交流。他表示,当前石化企业水质分析工作面临分析人员不足、监测频次未达标要求等突出问题。天津石化在集团公司的支持下创新研发了智能水质分析系统,目前已在中国石化36家企业的循环水、化学水及锅炉水系统中实现规模化应用,在总工作量持续增长的前提下,将分析人员的人均日工作量从2020年的16.2项次降至2024年的10.9项次,工作效率显著提升,应用成效显著。

石科院刘帅博士介绍,石科院针对石化废水水质波动大、工艺调节滞后,以及石化废水高盐、高有毒有机物的特点,基于国际活性污泥模型开发了适用于石化废水的

专业模型,同时应用自动校准与强化学习技术,在保障出水达标的同时,降低能耗与碳排放。目前机理模型已在线部署,成功预警水质异常,为污水处理场稳定运行提供智能支撑。

北京交通大学宏宏教授团队与石科院通过合作研发炼化企业水网络智慧碳管控系统,建立科学的碳排放核算与效益评估体系,深入分析水系统在资源、能源与碳排放方面的关联特性,研究行业碳中和路径和评价模型,成功开发行业“水-能-碳”智能管控系统,该系统实现了水系统碳排放的精准核查与智能化管理,能够进行多情景碳排放预测分析,为管理者提供科学的减排决策支持,助力企业实现碳达峰碳中和目标。

齐鲁石化供排水厂高级工程师张辉俊介绍,齐鲁石化遵循管理标准化、运行自动化、数据信息化、环境友好化和决策智能化“五化”原则,创新采用“数据+平台+应用”三位一体模式,成功构建了具有石化行业特色的智能化决策体系,通过开发水场智能优化模型,实现了水质预测、故障诊断及智能预警等功能,在反渗透运行诊断与优化、离子交换工艺优化等重点领域取得显著成效,不仅保障了系统稳定运行,而且全面增强了水务管理的数字化水平与可持续发展能力。

综合施策,挖掘循环水系统节水潜力

循环水系统用水量占石化企业总用水量的50%~70%,减少循环水系统的补水量并提高污水回用比例是石化企业实现节水减排的关键路径之一,但同时也会带来循环水系统腐蚀、结垢、微生物滋生等问题,增加循环水系统管理难度。

随着《工业水效提升行动计划》等政策的密集出台,行业水效率标准持续提升,在保障循环水系统安全稳定运行的同时,深入挖掘其节水潜力,不仅能创造可观的经济效益,而且能创造显著的环保效益。

石科院以绿色缓蚀阻垢杀菌技术、循环

水系统水冷却器周期运行管理评价、智能化循环水有机物泄漏快速溯源技术为核心,突破新结构水处理剂等关键技术,形成绿色低碳化学处理技术及配套新药剂和监测设备、化学处理与电化学协同水质集约化管控等成套技术,完成了新结构水处理剂的升级,实现了新型微生物长效控制技术的工业化转化,进一步提升了循环水系统的安全性和效率。

减污增效,推动污水处理减量化资源化

近年来,随着排放标准持续严格,炼化新工艺不断涌现,石化污水成分日益复杂,对污水处理提出更高挑战。石化行业亟须发展具有高效污染物矿化能力、复杂水质工况适应能力及低运行成本的工业污水处理新技术,以突破炼化新工艺技术推广的环保瓶颈。

新泽西理工大学纽瓦克工程学院土木与环境系及化学与材料工程系张教授利用电化学膜反应器还原硝酸盐并回收还原产物氨,通过催化剂改性等方法增强硝酸盐向氨的转化,同时实现高效氨资源回收与分离,具有高产量和回收效率。该技术处理费用与其他硝酸盐去除技术相当,且可回收大量氨实现资源化利用,具有良好的应用前景。

南京工业大学食品与轻工业学院院长胡永红教授通过环境微生物的定向筛选、定性进化、定向构建、微生物菌种库建立、合成生物学、高密度发酵耦合在线监控调控等六项技术,以生物菌种定制、靶向进化的方案,在含酚废水除COD(化学需氧量)、高盐去除氨、高盐石化废水脱氮、含硫污染物生物修复与资源化利用、油品中噻吩硫的生物脱除及烃类生物降解方面取得多项显著成果。

同济大学环境科学与工程学院教授陈家斌介绍的多相循环催化氧化技术和高温多元催化氧化技术,显著提升了难降解污染物的去除效率,同时降低了芬顿反应铁泥固

废的产生量,拓宽了温度和酸碱适应性范围。这些技术在高浓度有机废水资源化、难降解高盐废水减量化与资源化方面得到了良好应用。

华中师范大学刘晓教授提到的零价铁还原-氧化耦合技术、臭氧选择性生成单线态氧技术、二氧化氯活化技术等,在络合态重金属废水、高浓度有机废水COD去除方面效果显著。

污水处理过程中产生的污泥是困扰石化企业的难题。中国石化南化公司设备工程部副经理张荣生介绍了公司在污泥减量化等方面的实践经验。对于污泥干化系统成本高、异味大、操作复杂等问题,南化公司通过污泥低温生物干化零排放技术,利用自带的嗜热高温复合微生物菌群及配套生物催化剂和天然生物药剂协同作用,将污泥中的“束缚水”转变成“自由水”,使干化后的含水率小于25%,污泥减量率高达80%,具有安全性高、操作简单、运行稳定等优点。

技术改造,助力系统安稳长满优运行

茂名石化水务部副经理龙智指出,传统膜片式曝气器存在易堵塞、长期运行后充氧效率下降、阻力损失大等痛点,茂名石化针对传统膜片式曝气器缺陷,改用新型叠片升流式曝气器取得很好效果。新型曝气器具有抗堵塞性能优异、氧利用率高、能耗低、抗冲击负荷能力强等显著优势,使生化处理效率从原来的14.6%大幅提升至67.1%,取得了突破性成效。

湖南石化水务部副经理刘旭指出,为解决冷却塔收水器效率低、填料热性能低、布水系统存在缺陷等问题,湖南石化实施针对性提标改造工程。改造后,冷却塔出水温度降低1.15摄氏度左右,冷却能力由86.7%提升至96.5%,达到标准要求,耗电量由0.044千瓦时/立方米降至0.038千瓦时/立方米,在实现节水节能目标的同时保障了循环水系统“安、稳、长、满、优”运行。



石科院科研人员开展污水生化试验。

新闻会客厅

水处理技术是价值创造的“绿色引擎”

嘉宾



赵晓敏
石科院副院长



赵锐
石科院第二十五研究室主任

二是突破环保壁垒,构建绿色发展防线。随着《工业废水近零排放》等标准实施,水处理技术成为石化企业生存发展的“通行证”。高级氧化、电催化、MBBR生物膜等技术的应用,使COD去除率突破99%,重金属含量降至ppb级(十亿分之一,1ppm等于1000ppb)。随着水处理技术的升级,部分石化园区甚至可以彻底终结工业废水外排,周边水体中特征污染物浓度下降90%,显著改善了区域生态环境。

三是挖掘资源价值,创造循环经济效益。现代水处理技术正从“治污”向“淘金”转变。例如膜蒸馏技术可以从废水中提取纯度99.9%的氯化钠结晶盐;离子交换树脂可回收镍、钨等贵金属,将环保投入转化为经济效益。

四是驱动工艺革新,提升全链条能效。降本增效是石化企业关注的重点,水处理技术的升级,部分石化园区甚至可以彻底终结工业废水外排,周边水体中特征污染物浓度下降90%,显著改善了区域生态环境。

五是赋能低碳转型,服务“双碳”战略目标。水处理环节碳排放占石化企业总排放的8%~12%,技术创新成为减碳关键。光伏驱动曝气系统、污水源热泵等技术的应用可以使水处理单元碳足迹下降50%。

不难看出,水处理技术既是环境治理的“刚需利器”,更是价值创造的“绿色引擎”,必将成为驱动石化行业向节水型、清洁化、低碳化迈进的关键动能。

问:石化水务运行面临的难点、问题是什么?

赵锐:石化水务运行目前主要面临三个难题:

首先,循环水系统的管理仍面临技术支持能力不足的挑战。不同企业循环水系统存在差异化特征,当前缺乏针对性的个性化解决方案,导致部分特性问题难以有效解决;系统协同优化深度不足,节能节水、绿色低碳、成本管控及运行效率提升的潜力尚未被充分挖掘;水务价值转化路径尚不清晰,现行技术较多停留在成本管控层面,对水务资产向价值中心转型的推动不足。

其次,污水处理效率低与能效瓶颈突出。石化废水成分复杂,存在多环芳烃等大量高且难处理的有机物,传统生化处理方法效果有限。此外,煤化工领域的高盐废水钙镁离子含量高,造成处理能耗大、药剂成本高。现有技术对COD等关键指标的去除效率仍有待提升,亟须在降本增效方面实现技术突破。

再次,装备化与智能化水平相对滞后。新技术从开发到产业化周期较长,主要原因在于缺乏模块化、可移动的中试装备,延缓了工艺放大进程。同时,智慧水务系统的覆盖度和深度不足,基于“机理+数据”驱动的水质预测、药剂投加优化、能效管控等智能化应用尚待完善和大规模普及,制约了石化水务系统精细化运营水平的提升。

问:针对石化水务运行面临的行业痛点,有哪些创新的解决路径和发展方向?

赵锐:针对石化水务运行中的三大难点问题,结合行业现状与绿色低碳转型目标,石科院采取了以下做法:

为企业循环水系统提供集约化技术支持,赋能企业提质增效。在水质管理领域,提供个性化水质集约化管理服务,针对不同企业新鲜

水与污水水质差异,低/无磷阻垢缓蚀技术“量体裁衣”定制方案,精准适配水质特性;智慧循环水有机物泄漏快速溯源技术实现泄漏水冷却器的精准定位,从而在保证循环水系统长期稳定运行的同时实现节水减排。

针对污水处理效率低和能耗高的行业痛点,开发系列高效高级氧化技术。比如,新型紫外高级氧化技术对煤化工高盐废水等难降解废水的COD去除率可达30%以上,水中苯并芘去除率超过99.9%,成功将难降解污水生化需氧量与化学需氧量比值(B/C比)提高到0.3以上,大幅提升石化废水可生化性。针对高盐废水除硬难题,深入剖析高盐水处理系统在除硬方面的问题根源,创新研发的氧化破络剂及耦合工艺突破了硬硬度去除技术瓶颈,为煤化工废水零排放处理提供了关键技术支撑。这些技术突破不仅解决了传统处理工艺效率低下的问题,而且为石化企业实现绿色低碳转型提供了切实可行的解决方案。

建设撬装式“高级氧化+生化”集成装置,搭建涵盖预处理、氧化、生化和深度净化的全流程中试平台,推动绿色低碳污水处理技术加速产业化。石科院围绕智慧水务建设,已搭建融合污水、循环水与新鲜水系统的动态模型,并将构建覆盖“监测-分析-优化-预测”的全流程智能水务平台,实现药剂投加、能耗管理的自主优化。未来,石化水务运行的技术发展将聚焦绿色化、智能化和资源化三大方向持续创新,以绿色低碳为导向,深化智慧化与数字化融合,构建“生产-回用-再生”闭环体系,通过技术创新与系统优化降低能耗和碳排放,提升水资源利用率,为石化行业绿色低碳可持续发展提供支撑。



问:为什么水处理技术对石化行业至关重要?

赵晓敏:当前,水处理技术已深度融入石化行业高质量发展进程,正在经历从“末端治理”到“过程控制”、“从“达标排放”到“价值创造”的转变。它不仅保障着石化行业的合规运营,更通过技术创新为石化企业打开资源效率提升、环境负荷降低、经济效益增长的“三重门”,其重要性主要体现在以下五个维度:

一是破解水资源约束,支撑可持续发展。石化企业作为耗水大户,炼化过程中循环冷却、工艺用水、设备清洗等环节需消耗大量水资源。通过分级回用、膜分离、蒸发结晶等水处理技术,企业可大幅提升水回用率。