

科技助力水设施功能提升与全系统调控技术及示范

科技助力水设施功能提升与全系统调控技术及示范

位于望虞河东岸的江苏省苏州市区,经过多年持续治理,已建成较为完备的水环境基础设施系统。如何朝着提升设施效能、实现生态安全的更高目标迈进,成为苏州面临的重大挑战,也是我国城市水环境治理转型必须面对的问题。因此,重大科技专项课题“望虞河东岸水设施功能提升与全系统调控技术及示范”应运而生,为国家“十三五”水专项“苏州区域水质提升与水生态安全保障技术及综合示范项目”其中1个课题,简称“课题1(2017ZX07205001)”。课题以水生态安全保障为宗旨,面向工业废水处理厂、城市污水处理厂、排水管网泵站等多类关键设施的效能提升开展研究,形成了3项关键技术、4项成套技术、3座工程示范等一系列成果。

印染废水处理厂实现污染物和毒性双减排,多屏障控制组合工艺保水质,仿水生态系统监控尾水更安全

苏州地处长三角生态环境保护核心区,对工业污染防治有更高要求。印染废水毒性效应复杂,厌氧处理易生成苯胺,苯的深度去除难度大。课题明确了毒害污染物高标准处理与毒性多屏障控制的技术路线,提出了印染废水毒害污染物与毒性多屏障控制组合工艺。在生物处理阶段,通过旋流微曝气、交替曝气、弹性立体填料,营造微氧、缺氧和好氧交替的微环境,形成悬浮污泥与生物膜菌群协作模式,高效去除染料、苯胺及毒性。在物化阶段,强化生成混凝活性组分并将絮体回流至前端气浮段,高标准去除磷、苯胺前驱体和毒性。技术成果在苏州吴江区联合印染废水处理厂得以示范,处理能力4.5万m³/d,仅出水急性毒性低于两倍、镉浓度低于13μg/L,且未新增运行成本。

面对水生态安全目标,工业废水处理设施排水的毒性监控同样重要。目前的管控大多采用生物指示池,灵敏度和自动化程度不足。课题在构建仿水生态系统基础上形成了设施排水生态安全监测技术,并开发出一体化监控设备。通过营造多介质底泥环境,引入多生态位物种,采集鱼类活动轨迹和机器学习智能判断,实现了对设施排水的复合慢性毒性和鱼类急性毒性进行评价、监测和预警,对毒害物质的响应时间降至1小时以内,运行成本低于50元/m³/d。监控设备在苏州吴江区联合印染废水处理厂排放口运行良好,已具备产业化推广条件。

城市污水处理厂践行出水提质与节能降耗双目标,管网泵站水厂协调运行,污泥淤积底泥统筹处置

太湖流域的城市污水处理厂普遍存在提高出水标准和运行成本的实际需求。课题运用信息化和智能化理念,研发了A2O和交替式两种典型工艺的污水处理厂数字化全流程节能降耗优化运行成套技术。通过集成污泥活性在线监测、大数据驱动的生化过程模拟、活性污泥机理模型、化学沉淀机理模型、智能化控制曝气、回流和加药等关键环节,根据进水负荷变化精准供氧加药,实现出水水质提升与节能降耗的最佳平衡。两套技术在福星污水处理厂进行示范,规模18万m³/d,出水TN、TP降低超过10%,全面优于一级A标准;除磷药剂节约13%以上,能耗降低10%以上,环境效益和经济效益显著。由此编制的《A2O污水处理厂智能化技术规程》已在中国给水排水协会立项为团体标准。

随着污水处理厂提质增效,实现网站多设施一体化协同运行成为全系统效能提升的难点。排水系统入流渗水量大、厂网运行协调性差、雨季漫溢风险高是河网城市的通病。课题采用多目标鲁棒优化技术、排水管网机理模型、长短时记忆神经网络模型、管道均匀填充算法、污水工艺模糊控制算法,研发了水环境设施雨季协同调控技术,实时确定漫溢量小、能耗低、安全性高的运行策略和控制参数。苏州市46.1平方公里的福星排水片区经调控后,旱天排水系统低水位运行,预留调蓄空间和处理能力;雨天有效收集降雨初期高浓度污水,多泵站片区协作提高传输效率,既降低对污水处理厂冲击又充分利用污水处理厂处理能力,COD负荷平均削减量超过11.7%。课题成果为雨季提高排水系统绩效,改善水环境质量提供了重要技术支撑。

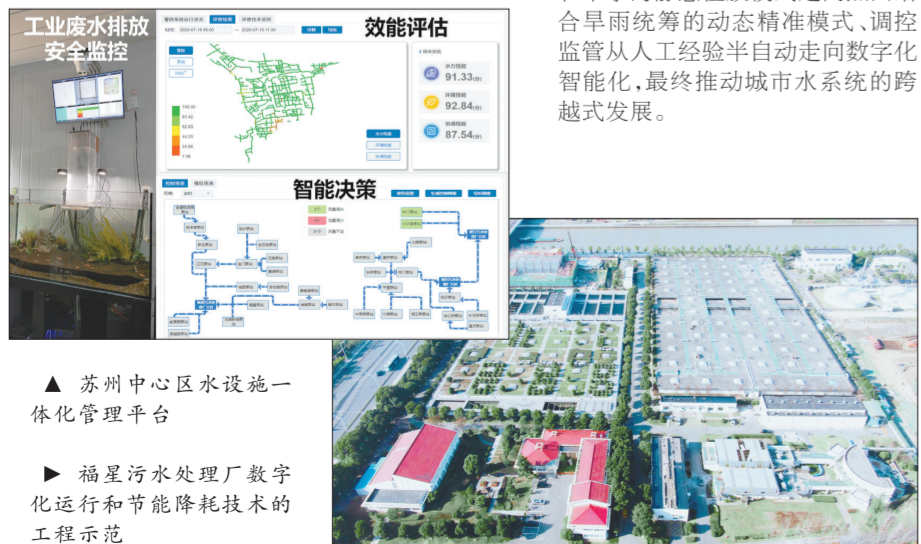
管道淤积、污水处理厂污泥、河道底泥是城市水系统运行的“副产品”,处置不当会带来二次污染,但处理技术种类多、影响因素复杂、选择难度大。课题从减量化、稳定化、资源回收、能源回收、环境影响、经济成本等角度出发,构建了城市污泥处理的环境绩效综合评价技术,评估优选出苏州市污泥处理最佳可行技术,为解决苏州市污泥问题提供决策依据。

全系统多设施实施一体化管理,建平台促发展,向智慧化运营要效益

课题针对苏州市中心区100.8平方公里范围内的管网、泵站、污水处理厂等设施,构建了一体化管理平台,服务于全系统高效运行。平台运用云计算、物联网、大数据和人工智能,实现了设施信息管理、数据查询分析、系统效能评估、设施调控和运维管理等功能,支撑了水设施一体化和规范化智能决策技术的应用示范,全面达到了业务化运行目标要求。平台首次嵌入中心区排水系统机理模型和人工智能优化调度算法,大大提高了设施效能评估和系统调控决策的时效性、有效性和智慧化水平。中心区3座污水处理厂及配套管网的效能

评估由过去的不定期月度评估提升为规范化逐日评估,及时精准识别瓶颈管段、高风险时段和区域。雨季运行决策支持手段不断丰富,基于经验的手动调度和基于AI的实时控制通过平台充分融合,摸索出了雨前有预案、雨中实时变、雨后评估再学习的效能提升路径。

课题成果显现出重要价值和积极示范效应,产出一系列水设施提质增效与水生态安全保障技术,可有效支撑我国城市水环境设施从规模扩张走向高效运行、污染削减从常规指标控制走向多种污染物和生态毒性协同控制、系统运行从注重点源和旱季的静态粗放模式走向向点面结合旱雨统筹的动态精准模式,调控监管从人工经验半自动走向数字化智能化,最终推动城市水系统的跨越式发展。



“望虞河东岸水设施功能提升与全系统调控技术及示范”课题组 供稿

精心守护太湖生态绿心 科技支撑生态涵养发展

——水专项“胥口湾水源地水生态健康提升与水质保障技术及工程示范”课题 助力太湖水源地水生态系统治理

胥口湾位于太湖东南部,是江苏省苏州市山水资源最丰富、山水林田湖草生态要素最齐全的地区之一,也是苏州重要的太湖水源地之一,素有“生态绿心”之称。胥口湾气候湿润,周边物产丰饶、风景名胜众多,拥有国家级苏州太湖旅游度假区、国家级西山农业示范园区和众多林场,农业与旅游业发达。得益于优异的自然禀赋和科学的系统保护,胥口湾水环境治理总体良好,但仍存在夏季局部湖泛、外源污染输入和生态系统退化等问题。

在苏州努力实现经济发展“高质量”和生态环境“高颜值”的大背景下,国家“十三五”水专项“苏州区域水质

优化水源地水生态安全评价 支撑水体生态风险预警管控

为破解常规水质指标难以客观反映水源地环境现状,无法及时提供蓝藻暴发等风险预警的难题,由苏州科技大学承担的课题组针对胥口湾区域开展了连续3年的水环境监测与生态调查,获取各类环境数据5600余条。利用大数据工具,系统分析了常规水质指标、新兴污染物、微生物群落、水生动植物和底泥磷释放等多类型参数间的响应关系,有效支撑了生态风险因子识别

创新陆域污染联合防控体系 实现水资源营养物循环利用

为有效提升胥口湾周边典型陆域污染源控制的系统性,课题组将胥口湾西侧的金庭镇选定为技术示范区。金庭镇位于太湖中最大的岛屿西山上,属典型的南方丘陵地区,山地茶园园是最主要的作物种植形式,存在田间水分管理缺乏、降雨期面源排放量突出等问题。此外,岛上全年游客人数,年接待人数超过400万人(次)。人口的频繁流动性给当地的生活污水治理造成了一定压力。基于对陆域污染源的

提升与水生态安全保障技术及综合示范项目”中“胥口湾水源地水生态健康提升与水质保障技术及工程示范”课题(编号:2017ZX07205002)结合国家水专项关于“提升太湖水生态系统健康水平”改善饮用水水源地水质和“保障区域水环境安全”的总体部署,开展了胥口湾水生态安全评价与风险管控、特色农业生态种植与面源减控、临湖村镇污水深度处理与长效管理、湖滨岸带水生植物优化管理与资源化等研究工作,形成了湖湾型水源地生态系统健康提升与水质安全保障综合技术体系,并实施了技术验证与工程示范,有效支撑了胥口湾水环境的稳步改善。

与水生态健康诊断。在此基础上,课题组提出了涵盖水体营养状态、水质安全与生态健康的多层级水生态安全评价新方法,并建立了以指示微生物为核心的生态风险预警机制,编制的《浅水湖泊型水源地水生态安全评价指南》已应用于苏州市阳澄湖、傀儡湖和尚湖等9个湖泊型水源地的水生态安全评价与健康诊断,相关技术方法的科学性、可靠性和易操作性获得了环境监测部门的高度认可。

系统调查,项目组提出了以“源头减控、过程净化、循环利用”为核心的治理理念,研发形成了多维立体的水源地陆域污染源截流净化与资源化利用技术体系。针对农业面源污染问题,课题组在金庭镇梨园和枇杷种植基地,开展了果园林地水肥一体化精准施肥技术验证,形成了景观生态种植新模式。将生活污水处理尾水作为水肥一体化的重要水源,通过与植物生物炭土壤培肥,复合肥减量根域深施,性迷向南

虫害绿色防控等技术相结合,使果园单位面积用水量、化肥、农药施用量分别降低了56.8%、32.7%和28.9%,果实产量连续三年增产10%以上。在此基础上,系统集成成了果树林下植草、等高生物篱拦截和生态沟渠净化等关键支撑技术,实现了果园林地径流中总氮、总磷流失负荷分别削减55.4%和45.8%,大幅减轻了对受纳水体的冲击。

针对生活污水治理问题,课题基于“一厂一湿地”理念,研发形成了“新型反硝化滤池+复合生态湿地”的组合技术体系,并依托苏州吴中区“263”重点工程,在金庭镇尾水深度净化工程示范中得到应用,设计处理规模为1万m³/d。经第三方监测,该项工程净化水质整体优于“苏州市特殊排放限值”要求,有效确保了入湖河道战备江水质由地表水V类提升

提升水生植被优化管理水平 推动山水林田湖草系统治理

针对胥口湾总磷浓度偏高、植被多样性偏低等问题,课题组提出了《胥口湾水源地外源污染导流阻隔方案》,研发了生态潜坝流泥削减、水生植被结构优化、植物残体制备生物炭等关键支撑技术。从水源地水质提升、水生植被生境改善角度,形成了水源地内源污染控制与水生植被优化管理成套技术,并依托胥口湾湖滨带水生植被收割及维护管理工程实施了工程示范,优化了水源地东侧湖滨带水生植被,使多样性指数增加10%以上,并实现芦苇等水生植物收割残体资源化处置,提高了作物养分利用效率和土壤营养固持能力。上述成果有利于完善胥口湾水源地山水林田湖草系统治理体系。

2019年12月,胥口湾



“胥口湾水源地水生态健康提升与水质保障技术及工程示范”课题组 供稿

助力高质量城市水环境建设 保障水体品质和水生态健康

——水专项“河道水环境品质提升与水生态健康维系技术及示范”课题 为苏州高质量水环境建设提供科学支撑

江苏省苏州市地处长江三角洲、太湖流域腹地,境内地势平坦,河道纵横交错,湖泊星罗棋布,以其独特水环境、水生态、水文化魅力扬海内外。作为水生态建设和城市水环境治理的重要典范,苏州市委市政府历来高度重视水环境治理工作,经过十多年的持续治理与污染防治,市区水污染治理得到了控制,水环境质量得到了改善,河道管理水平得到了提升,城区水质、水景观明显改善,苏州城市水环境治理已经开始提出更高质量的水环境质量目标。

针对苏州水环境问题以及构建高品质水环境的需求,国家“十三五”水专项“苏州区域水质提升与水

生态安全保障技术及综合示范项目”中“河道水环境品质提升与水生态健康维系技术及示范”课题(编号:2017ZX07205003,简称“课题3”)结合国家水专项总体部署和研发重点,开展了城市水体感官愉悦度与生态健康评价、城市区域径流多维立体控制、河道水体快速净化、河网水动力优化与活水工程调控以及河流水生态构建与健康维系等相关研究,进行了一系列关键技术和成套技术的研发,形成城市水环境品质提升与水生态健康维系的集成技术体系,并在苏州中心城区100.8平方公里范围内进行了技术验证与示范,建设了3项工程示范。

区域径流多维立体控制,助力苏州海绵城市建设,实现径流污染源头削减

地表径流控制是削减入河面源污染的关键。苏州具有“四高一低”(降雨量高、河网密度高、地下水位高、土地利用率高和土壤入渗率低)的特点,限制了传统雨水径流源头调控技术大规模的应用和效能发挥。

为此,课题组研发了城市降雨径流源头LID-BMPs面源污染控制技术,淹没式自排系统径流污染控制技术,基于源头减排—过程优化—末端控制的耦合模型技术,耦合工程性和非工程性措施,形成覆盖全过程、涉及全方位的可视化、可复制、可推广的区域径流多维立体控制技术。

依托江苏省海绵城市建设试点,技术成果在苏州平江新城5.5平方公里范围内进行示范,构建了一套“全域全覆盖”的管控体系,通过“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施,实现示范区域内径流总量控制率由建设前的45%左右提升至75%、SS去除率由建设前的30%提升至50%以上,实现自然积存、自然渗透、自然净化,提高了苏州海绵城市建设水平,助力推动海绵城市建设工作再上新台阶。

多目标实时监测—精准模拟—智能互馈,实现智慧化调度,提高水资源利用效率

苏州河网闸泵工程众多、水系复杂,要兼顾防洪排涝、水环境、水生态等多目标需求,闸泵联合调度难度大,水动力调控阈值不明确,缺乏智能化、精准化的调度管理决策平台,主要依靠人工凭借经验或采取试探的方式调控闸泵,水力调度精度也难以保证,经常导致流速忽高忽低,水资源利用效率不高,水环境改善效果也不稳定。

针对这些问题,课题组通过室内试验、理论分析、原型观测、清水建模等方法,构建了河网水动力—水质调控

提高至5分钟以内,大大提升了苏州城区防汛、排涝、水环境治理工作的现代化管理水平和科学决策能力,建设

旁路净化、生态修复双管齐下,著名历史街区水体品质更上一层楼

平江历史街区是苏州迄今保存最完整、规模最大的历史街区,堪称苏州古城的缩影,为著名AAA级旅游景区,保持着“水陆并行、河街相邻”双棋盘格局以及小桥流水、粉墙黛瓦独特风貌。

平江河贯穿平江街区南北,街区内大小河道十几条。从常规水质指标上分析,河道水质较好,但仍存在“三高”现象(浊度高、色度高、藻类数量高),水体感官品质不高,透明度基本维持在30厘米—50厘米。城市化程度高,河流坡岸直、底质硬,缺乏生态坡岸改造和水生植物的立地条件。与人们对“美丽苏州”的期望差距很大、与20世纪70年代水巷“水清岸绿鱼翔浅底”的印象仍有相当的差距。

为此,课题组研发了基于磁分离的悬浮物快速去除技术,采用5万m³/d的旁路净化设备,降低水体的色度和浊度,水体透明度提高至1.2米以上,为河道的生态修复创造良好的基础条件。

再利用课题组研发的基于生境营造的河道生态修复成套技术,在生态修复过程中,利用浮动式生态坡岸改造、流动水体水下植被恢复、植物源化感抑藻等水草生境构建技术与河流健

康食物链构建技术,进行水生植物的时间、空间合理配置,科学投放相应生态位水生动物,形成多营养层级的完整食物链。恢复健康的河道水生态系统,使平江河水体品质更上一层楼,实现了“水清河畅鱼儿游,岸绿景美游人穿”。

课题组研发的城市水体感官愉悦度评价,结合“公众满意度”理念,让人们直接参与到水体健康评价中,切实感受水环境治理的实在效果。促进了人们对环境保护的积极参与。

课题参与单位清华大学、水利部、交通运输部、国家能源局、南京水利科学研究所、上海交通大学、上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司、苏州河网管理处、上海海洋大学、悉地(苏州)勘察设计院顾问有限公司以及苏州科技大学,紧密围绕苏州水环境治理难题和需求,通过城市水环境品质提升与水生态健康维系的集成技术与工程体系,实现了“源头减排—过程优化—末端控制”的全方位控制,平江河水系等城区主要河道断面COD、氨氮、总磷达到IV类,实现了“水清河畅碧波漾”,全面提升了苏州城区河网水环境品质,为我国类似城市的水环境治理工作发挥积极的示范和引领作用。



“河道水环境品质提升与水生态健康维系技术及示范”课题组 供稿