

“点—线—面—管”系统治理,助力流域水生态修复

—水专项“清溪河流域水环境质量整体提升与功能恢复关键技术集成研究与综合示范”课题成果取得良好示范效果



清溪河属淮河流域沙颍河水系,发源于河南省新郑市,流经许昌市至鄢陵县陶城闸汇入颍河,流域面积2362平方公里,占沙颍河流域面积近32%,是沙颍河最主要的污染河流之一,清溪河担负沿河区域防洪、排涝、纳污及城区景观水的重要功能。近年来,虽经不懈努力,清溪河水水质得以改善,但流域天然径流匮乏、人工干扰严重,工业化、城镇化污染和集约化农业面源污染叠加,典型混合型污染问题依然存在。

为解决清溪河流域环境问题,由郑州大学主持,联合南京大学、北京林业大学、生态环境部华南环境科学研究所、河南师范大学及河南远东生物工程有限公司共同参与的“十二五”水专项“清溪河流域水环境质量整体提升与功能恢复关键技术集成研究与综合示范课题”(2015ZX07204-002),以流域水质改善为目标,从水质、水量、水生态、水管理四方面着手,点、线、面三位一体,管控结合,选择流域典型农产品行业、综合类工业集聚区、高度集约化农田和重污染河段(许昌段)河流为研究对象,突破关键技术4项,形成典型混合型污染河流流域水环境质量整体提升和功能恢复整装成套技术1套,形成流域污染治理及管理相关技术规范4项、技术方案7套,申请国家发明专利70项,授权发明专利15项,课题研究得到了许昌市相关管理部门及地方企业的高度重视和认可,通过在清溪河流域1500平方公里范围内开展综合示范,水质得到明显改善,2018年陶城闸断面水质COD、氨氮、DO全年达标率达到100%,为许昌市水环境污染攻坚工作与清溪河流域生态文明建设提供了技术支撑,成果在河南省流域管理和生态修复治理工作中得到了推广应用。



课题组人员在清溪河现场讨论示范工程建设。

成果一

聚焦特色产业排污,创新集成了发制品行业产业集聚区污水源头减排—梯次削减—深度净化技术

清溪河流域(许昌段)发制品行业占许昌市工业总产值的10.8%,为流域的特色产业和优势产业。发制品行业属“高耗水、高污染”产业,产品吨耗水量达225立方米,产生的废水具有高氨氮、高色度、可生化性差的特点,是清溪河流域主要污染行业之一。目前国内发制品企业内部废水处理工艺五花八门,均无法有效解决发制品行业废水氨氮难达标的问题。鉴于此,课题组以氨氮污染问题为导向,按照生产环节节水减排、企业污水站削减、集聚区污水处理厂脱氮的技术思路,创新集成了发制品行业产业集聚区污水源头减排—梯次削减—深度净化技术,彻底解决了氨氮不能达标排放的技术难题。

针对企业生产环节存在的高耗水、高氨氮问题,课题组研发了非氨中和剂部分取代氨水、多级逆流微纳曝气冲洗代替传统清洗、超滤/反渗透膜回收部分染色液等多项技术,集成了发制品行业“氨水替代—逆流节水—双膜回用”节水减排技术,并在许昌龙正发制品厂进行了技术示范,

在保障产品质量的前提下相比传统工艺实现了冲洗节水44.4%,每吨废水削减氨氮20.1%、COD46.9%。

针对企业污水处理站废水可生化性差的问题,课题组开发了以天然高分子物质淀粉为原料,辅以强阳离子季铵基团取代的绿色有机絮凝剂,与传统的絮凝剂PAC相比,投量从190mg/L减少至20-40mg/L,同时有效削减氨氮45%、COD25%,大大减轻了后续生化处理的污染负荷。

针对产业集聚区污水处理厂C/N偏低影响生物脱氮效率的问题,课题组开发了适用于处理发制品集聚区综合废水的多模式分段进水A/O工艺,根据来水的水质可以在A/O、二级A/O、三级A/O以及A/O等不同模式下切换工作。在小试参数优化、中试可行性验证的基础上,于许昌市屯南污水处理厂二期工程进行了示范应用,出水氨氮、COD等相关指标均稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准。

成果二

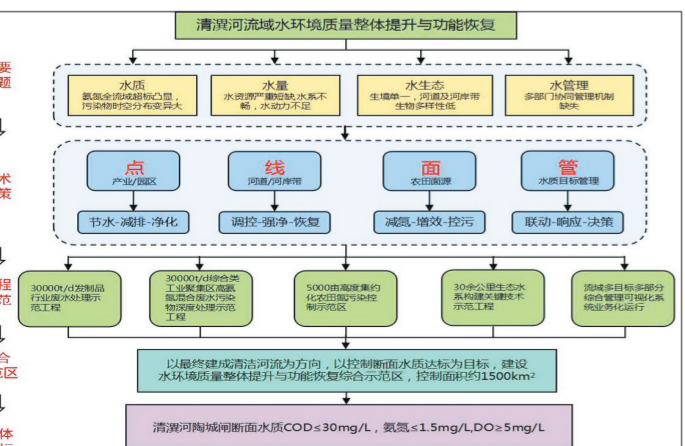
严控园区混合污染,创新集成了基于“物化—生物—生态”协同作用的高氨氮混合废水深度脱氮技术

清溪河流域企业数量众多,产业集聚区内化工、机械加工、制药、农副产品加工等重点行业混合废水成分复杂、氨氮浓度高、水质波动大,而产业集聚区污水处理厂现行的氧化沟工艺难以保证出水稳定达标排放。鉴于此,课题组从特色企业内部控制、集聚区污水处理厂强化治理和尾水保障的角度出发,创新了基于“物化—生物—生态”协同作用的高氨氮混合废水深度脱氮集成技术,以保障入河水水质稳定达标。

针对产业集聚区内屠宰等农副产品加工企业高氨氮混合废水的处理成本高、出水水质差的问题,研发了A/O+SNAD组合工艺,这项技术能够实现生物除磷单元与生物脱氮单元的分离,在节能的同时高效处理企业内部混合废水。这项技术在长葛市某食品企业进行了部分技术示范,企业污水出水稳定达到《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB13457-92)行业一级标准。

针对集聚区污水处理厂原有氧化沟工艺氨氮难以稳定达标的问题(尤其冬季),研发了基于强制曝氧—硝化菌高生物量维持—新型氨氮吸附材料的高氨氮混合废水稳定达标净化技术,通过调节曝气曝气机的开启模式、辅以硝化生物滤池和反硝化生物滤池的优化组合,彻底解决了集聚区污水处理厂脱氮难的问题,实现了出水COD、氨氮、TN稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准。

针对污水处理厂排水水质与受纳河流水质目标之间的差距,研发了外排尾水人工湿地生态深度净化集成技术,这项技术集成了人工湿地基质组配优化耦合、耐寒湿地植物优选组合、疏自养反硝化强化脱氮等技术,并据此设计了基于人工湿地和塘系统的生态净化系统布局,在长葛市杜村寺人工湿地(6万吨/天)进行了工程示范,人工湿地出水水质达到地表水IV类标准。



课题研究技术路线图

成果三

防控农田面源污染,创新集成了半湿润地区高度集约化旱作农田“减氮—增效—控污”技术

清溪河流域多年来存在施肥方式粗放、化肥施用量高、氮肥利用率低(仅有30%~35%)等问题,导致大量氮素流失进入清溪河,成为制约清溪河水水质持续改善的重要因素。鉴于此,课题组在全面解析农田面源氮污染发生机制及对入河水水质影响的基础上,从“农作物全生命周期氮素调控—氮素流失全过程控制”的角度出发,创新集成了半湿润地区高度集约化旱作农田“减氮—增效—控污”综合技术体系。

为实现减氮,课题组研发了一种土壤有效氮快速检测方法,在施肥前,指导农民快速判断土壤氮素含量范围,进而确定合理施肥量,减量施肥10%~30%。在施肥后,通过施用以造纸污泥制备的碱性生物物质、中性秸秆生物炭和施用的快腐还田—纤维素及木质素降解菌,以碳控氮实现对土壤氮素的容留固持。同时,针对施肥方式粗放的问题,课题组编制了《许昌市建安区小麦玉米轮作农田高产清洁种植技术规程》,累计培训农民200人次,有效地推广了清洁种植。

为实现增效,在作物生长期,一方面通过施加酶抑制剂和秸秆还田,减少氮挥发;另一方面,喷洒课题组研发的以γ-聚谷氨酸为原料的阴离子聚合物,促进肥料吸收、阻隔肥料固化、激活土壤已固化肥料、提高肥料利用率。所开发技术通过在玉米田对比试验,在减量施肥30%的情况下,平均每亩增产50.11千克。

成果四

构筑河道生态防线,创新集成了混合污染型河流“调控—强净—恢复”技术体系

清溪河流域水资源匮乏,流域内人工水系和天然河网纵横交错坝闸密集,河流水系不畅流量不足,水系水质分化严重。加之河道生境单一生物多样性低,水环境功能退化,自净能力很弱。鉴于此,课题组以河流水质改善和生态系统功能恢复为目标,研发集成了混合污染型河流“调控—强净—恢复”技术体系。

针对许昌清溪河水资源不足、高度人工干扰、水流不畅的难题,研发了基于“水文—水动力—水质”模拟的环

境流量调控关键技术。这项技术提出了城市高度人工干扰区域和自然区域满足不同水功能需求的环境流量目标,实现了“流域—河段—节点”的分质、分段水资源优化调配,克服了复杂河网水系连通性量化的难点。通过短脉冲冲量调节和提升常年环境流量,有效改善多闸坝控制、水资源匮乏流域水动力条件。这项技术在许昌城区水系区域构建了380平方公里的环境流量调控示范区,实施后全流域生态环境需水保证率由常规的50%提高到90%,整体缺水

成果五

统筹流域协调联动,创新构建了流域多目标多部门综合管理平台

随着信息化技术的日新月异,环境信息化建设日益成为推动环境保护、促进环境管理科学决策和提升监管效能的基础保障,但清溪河流域存在的水质目标管理技术体系不足、水环境跨部门协同管理机制不完善等现象,导致流域信息资源共享能力、环境信息化管理水平仍处于较低层次。鉴于此,课题组在对清溪河流域进行深入、详尽调研的基础上,对中小流域水质目标管理的支撑技术开展了研究,并构建了流域联动—响应—决策的多目标多部门综合管理平台。

针对流域存在协同管理机制不完善的问题,课题组以研究提出的清洁河流水质、水量、水生态多目标为指导,基于协同理论和研究范式开展了多目标多部门协同

管理研究,丰富了水环境协同管理内涵,构建了多部门协同管理框架,形成了以水环境质量改善为核心的水质、水量、水生态多目标及环保、水务等多部门在信息共享、监测预警、水污染事故应急响应等方面的协同联动管理机制。

针对流域污染源与断面水质缺乏响应的的问题,以水质目标为核心,依据分区、分类、分级、分期的管理要求,结合清溪河流域特点,筛选了反映流域自然区域差异、生态系统功能差异的指标,同时衔接流域水环境功能分区、水功能分区,提出了兼顾生态与管理的小流域生态环境功能分区技术;针对流域不同区域人工干扰程度不同,在清溪河流域水文资料缺失的条件下,利用一维水质模

课题成果科技支撑作用显现

针对河南省重点推进建设的污水处理厂外排尾水人工湿地制定了《污水处理厂外排尾水人工湿地工程技术规范》,以上两项技术规范已获河南省生态环境厅和省市场监督管理局立项,并完成征求意见,预期标准的发布实施将有利于促进河南省尤其是许昌市发制品行业污染控制,规范污水处理厂外排尾水人工湿地工程技术。此外,依托课题环境流量调控保障、水质目标管理技术等研究成果,制定了《清溪河(许昌段)流域河湖水质2017-2018年度水资源调配及环境流量调控方案》(许水市[2017]192号)等相关管理文件,均已颁布实施,推动了地方水环境管理水平的不断提升。

为工程应用提供支撑

课题组研发的河道分段多层次梯级原位生态强化净化、全食物链型微生物改善、生物多样性恢复集成技术在清溪河流域开展的30余公里工程示范初显成效的基础上,在许昌、漯河和平顶山市开展了工程推广应用,运行情况良好,效果显著。

此外,以清溪河课题研究团队为核心成员申报成立了河南省水污染治理与河湖生态修复产业技术创新战略联盟,形成了产、学、研、用相结合的技术创新体系,构建了课题水污染治理与河湖生态修复措施成果的推广应用平台,为河南省乃至全国环保产业发展和生态文明建设不断做出更大的贡献。

刘俊超



课题技术成果展示