

全面构建流域水污染治理技术体系

水体污染控制与治理科技重大专项(以下简称“水专项”)围绕构建我国流域水污染治理技术体系的战略目标,按照“控源减排、减污修复、综合调控”三步走战略,部署项目(课题)510个,开展重点行业、城镇生活、农业面源三大领域的水污染控制和湖泊、河流、城市水体三类水环境改善的技术研发与工程示范,结合研究成果的推广应用,支撑我国流域水污染治理攻坚战等国家重大战略计划的实施。

“十三五”期间,水专项独立课题“国家水体污染控制与治理技术体系与发展战略研究”(课题编号:2018ZX07701001)设置了流域水污染治理技术体系集成的专题研究任务。流域水污染治理技术体系是以污染负荷控制和水环境改善为目标的技术集群,以整体解决不同流域、区域水环境问题为导向,集成系统的技术方法,形成有针对性的技术模

式,提出整体的技术解决方案。技术体系由重点行业水污染控制、城镇生活污染控制、农业面源污染控制和受损水体修复4个技术系统组成。

水专项针对湖泊、河流和城市水体三类水域,制定了流域水污染治理的技术路线图,编制了针对不同水域和目标的流域治理分类指导方案和总体解决方案,发布流域水污染治理技术发展蓝皮书,为流域水污染治理提供了系统性技术支撑,全面提升了我国流域水污染治理能力和整体技术水平,为我国重点行业、城市生活和农业面源领域的水污染负荷大幅度削减,以及湖泊、河流、城市水体的水环境质量和水生态状况显著提升提供了科技支撑,也有力地支撑了水污染防治攻坚战、长江生态保护、城市黑臭水体治理和海绵城市建设等国家重大战略行动。



云南大理洱海

关注一:以重点行业水污染全过程低成本控制为目标,致力于全行业绿色发展,构建先进适用的工业水污染全过程控制技术系统

水专项在重点行业污染控制方面,形成工业污染全过程控制治理理念,突破重点行业水污染控制重大技术瓶颈。针对工业水污染全过程控制机理模糊的难题,提出“工业污染全过程控制”的定义与内涵,实现基于污染物生命周期的全过程综合优化控制。奠定了工业污染以微观机理带动宏观全过程控制技术突破的理论基础,为污染全过程控制尤其是难降解工业废水的治理提供新的科学支撑。在此概念方法框架下指导了重点行业水污染全过程控制技术系统的构建。

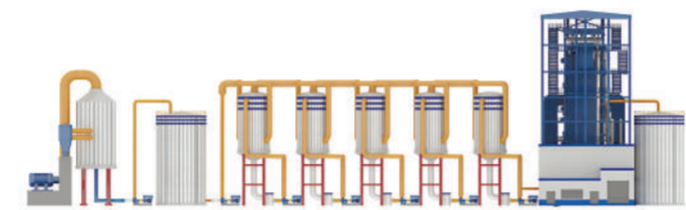
突破了行业技术瓶颈,补齐了技术短板,实现行业全链条技术提升。截至目前,针对钢铁、石化、制药、造纸、有色等重点行业的废水污染特性,从单元、工序到园区进行过程减排及末端综合污染控制,突破了八大重点行业水污染控制重大技术瓶颈,研发了关键核心技术28项,形成了近100项产业化技术/工艺包/装备。突破了行业技术瓶颈,补齐了技术

短板,实现行业全链条技术提升,推动水专项成果的工程化和产业化应用。

对标国际国内技术发展,实现行业技术进步大幅提升。水专项实施前后,重点行业技术系统技术就绪度总体上从2级~4级提高到6级~9级,推动我国相关行业水污染控制技术由国际跟跑到国际领先。

构建重点行业水污染控制技术新体系。突破了钢铁行业生产过程节水、焦化废水深度处理及回用、高盐水资源化利用、园区水网络优化等重大技术瓶颈,形成了覆盖绿色供水、源头节水、废水强化处理、废水回用和园区水网络优化等全生命周期的水污染控制集成技术。其中焦化废水处理、综合废水深度处理与回用等卡脖子技术,在鞍钢、河钢等特大型钢铁、煤化工企业建设5项行业首套工程。

突破石化行业ABS复合凝聚、高含油含盐乳化废水协同破乳除油、高浓度有机废水脱毒预处理等重大技术瓶颈,形成了覆盖炼油—大宗化学品—合成材



基于“MVR—多效蒸发—燃烧”碱回收处理关键技术

料全链条的重点装置识别、源头减排、综合污水提标与回用等水污染全过程控制技术。

突破制药行业基于培养基替代策略的发酵水污染控制技术、头孢氨苄酶法合成与绿色分离技术、原料药结晶清洁生产技术等关键核心技术,形成大宗抗生素从发酵减排、酶法合成、绿色分离、结晶母液回收等清洁生产工艺到废水深度处理和残留物脱毒的集成技术系统,为解决制药行业水污染问题提供核心技术方案。

突破了造纸行业无元素氯漂白、蒸煮置换脱木素、MVR等重大技术瓶颈,形成覆盖化机浆、化学浆、废纸浆和造纸等

工艺的清洁生产关键技术,首创化机浆废水组合蒸发碱回收处理技术,解决了化学浆三大组分连续分离的国际难题,构建了先进可靠、综合成本最小化的造纸行业水污染全过程控制技术体系。

突破锌电解行业阴极出槽挟带液原位刷刷和阳极泥最优控制等阴阳极智能和自控削污减水清洁生产技术,在生产过程中实现产品生产与污染物削减的协同,显著提升湿法电解过程清洁生产水平和技术装备的现代化水平,形成了环境、经济与社会三大效益共赢的锌电解整体工艺重金属废水源削减成套技术体系。

关注二:构建城镇水污染控制与水环境综合整治理论与技术系统,支撑我国城镇水环境综合整治及生态恢复

城镇生活污染控制技术系统包括排水系统优化与管网改造、降雨径流污染控制、污水高标准处理、污泥安全处理处置与资源化利用、集镇水污染控制和水体修复与生态恢复等6个方面,以支撑我国城镇水环境综合整治及生态恢复为目标,构建城镇水污染控制与水环境综合整治理论与技术系统。

在排水系统优化与管网改造方面,在规划设计、建设修复、检测评估和运维管理环节上突破城镇排水系统检测与优化控制等关键技术,全面构建排水管网改造与优化技术体系。如研发了领先国际水平的排水模式选择的多目标决策模型技术和大型污水管道输水方式决策技术,重点突破了管道检测与修复、对排水系统的仿真模拟与优化调度等关键技术。在管网淤积检测及控制、疏通清淤分离、原位修复等方面,重点

研发了一批具有自主知识产权的关键技术材料装备,建立了材料装备质量检测与评估体系,构建了产业化推广平台,实现管道检测修复等材料装备国产化,大幅提升我国排水管网、原位修复的整体水平。项目组在重庆、常州、上海等地建立示范应用工程或平台30余个,涉及京津冀、环太湖、长江经济带、三峡库区、滇池和巢湖六大流域。

在城镇降雨径流污染控制方面,形成了城镇降雨径流污染控制全链条技术体系,研发了70余项支撑技术(点),突破了径流污染负荷评估、规划设计及设施应用效果监测关键技术,构建了成片片区低影响开发工程径流污染控制关键技术,突破了老城区合流制溢流污染雨水净化与综合利用关键技术,在京津冀、太湖、巢湖、滇池

和三峡库区等流域和深圳市实施了40余项工程示范,为我国城镇降雨径流污染控制提供了科技支撑。

在城镇污水高标准处理与利用技术方面,开展了全链条、全流程、全系统的关键技术开发,形成了城镇污水高标准处理与利用成套技术1套,包括城镇污水强化预处理工艺系统、城镇污水悬浮物强化硝化工艺系统、城镇污水MBR强化脱氮除磷工艺系统、城镇污水深度净化处理工艺系统,城镇污水处理全过程诊断与优化运行技术、城市污水新兴微量污染物全过程控制技术等关键技术,突破20项支撑技术,连续性支撑技术点95项。水专项注重工程径流污染控制关键技术,突破了老城区合流制溢流污染雨水净化与综合利用关键技术,在京津冀、太湖、巢湖、滇池

水解等装备,填补了国内空白;优化提升了离心、圆盘和桨叶干化等污泥减量装备性能;开发了集成膜覆盖/动态好氧发酵、喷雾干化—焚烧、干化—自持焚烧、热解炭化等关键技术装备,实现产业化推广应用。一系列关键技术与成套装备,构建了城镇污泥安全处理处置技术体系,整体技术应用水平实现了与发达国家“并跑”,颁布了一批污泥标准指南和技术导则,初步形成了我国污泥处理处置标准管理体系,显著提升我国污泥处理处置设施的运行水平与创新能力。

在集镇污染治理方面,研发了标准化、模块化、一体化的集镇污水处理装备19种,所涉及的装备涵盖了集镇污水收集、输送、处理的全流程。新型装备在经过水专项的定点测试后,迅速运用于全国的集镇污水处理工程建设,对提高全国集镇污水建设与管理水平具有重要的促进和保障作用。同时,形成了适宜我国不同地域特点的集镇水环境整体解决方案。

在城镇水体修复与生态恢复技术方面,水专项针对太湖、巢湖、海河、滇池、三峡库区等流域的典型城镇水体开展水体修复与生态恢复技术研究。在系统研判城镇水体类型、污染成因、水动力特征的基础上,形成了1套城镇水体修复与生态恢复技术,研发了4项关键技术,突破了67个支撑技术点,形成了以监测评估、负荷控制、水质提升、生态恢复为核心理念的城镇水体修复与生态恢复技术体系。

关注三:以提升流域农业面源污染治理成效为目标,构筑农业面源污染控制技术集成与应用技术系统

水专项提出以“种—养—生”循环产业链技术模式实现农业面源污染的一体化防控。从流域区域的尺度深入解析农业面源污染的来源并形成协同治理方案,推动生态环境源头治理、系统治理、整体治理,形成11项成套技术和34项关键技术,探索了一系列有关技术推广路径、多元主体共治、长效保障机制等制度体系。这些技术模式在太湖苕溪、山东滨州、江苏武进、巢湖店埠河等流域开展了超过3000km²的集成示范与推广,包括“政府主导—科技支撑—制度创新—多方参与”县域种养业污染一体化防治与管理的安吉案例,以企业为主力军、生态循环的“种—养—生”污染一体化防治与管理的滨州案例,“三清”技术体系—精准诊断—生态文明带动新农村建设的“村域治水”的新康案例,以产业融合发展、环境与社会经济和谐统一、生态文明体系建设

为目标的海海案例。截至2019年年底,在全国20几个省市推广,累计削减COD、TN和TP分别超过97万吨、10.7万吨和1.6万吨,创造经济效益超过60亿元,有力支撑了流域区域水环境质量改善,助力了污染防治攻坚战、乡村振兴计划、农村人居环境整治等国家战略实施。水专项创建了“源头减量—过程拦截—养分再利用—末端修复”的种植业面源污染全程防控技术体系,梳理、筛选出“基于4R的农田氮磷流失全程防控”等多项种植业面源污染防控技术,从源头削减技术、过程拦截系统构建及基于技术

集成的全过程时段污染物削减三个方向进行创新,突破了种植业面源污染防控的技术瓶颈,构建了面源污染防控的技术体系与模式,实现了COD、TN和TP排放量40%、30%和30%以上的有效削减,实现了农田径流氮磷的近乎零排放,显著改善了区域农业生态环境。

水专项构建了“源头减量—生物发酵—全程控制—多元处理—农牧循环”的养殖业污染防控技术体系,实现了养殖业污染趋零排放,提出了以“源头减量—生物发酵—全程控制—多元处理—农牧循环”为思路的养殖业面源污染防控技术路线;梳理、评估和筛选出“基于微生物发酵床的养殖

废弃物全循环利用”等多项养殖业面源污染防控技术,从源头减量、过程发酵等多元处理及全循环资源利用等方面进行创新,突破了养殖业污染防控的技术瓶颈,构建了粪污收集、处理和利用的全程种养一体化防控体系,实现了养殖业污染趋零排放。

水专项梳理、筛选出“与种植业相融合的农村生活污水生物生态组合处理”等多项技术,从生物处理技术的高效低耗、生态处理技术的稳定资源化利用和菜单式可选技术体系三个方面开展创新研发,突破了农村复杂环境下的技术适应性难题,填补了我国农村的生活污水处理技术体系的空白。



“种—养—生”农业面源污染一体化防控效果图

关注四:以解决我国受损河流、湖泊生态功能不足与生态完整性受损等突出环境问题为目标,为受损水体修复提供技术支撑

经过水专项三个“五年”的实施,受损水体修复技术系统基本上在十大流域进行了示范推广,重点治理与修复了“三河三湖”,研发了一系列具有显示度的成套/关键技术,梳理形成了对流域环境提升显著的40项典型示范工程和5项流域综合示范案例。



淮安洪泽尾水湿地

突破了受损河流水质提升及生态完整性修复技术难点。明晰了河流生态退化驱动机制,阐明了水生植被修复原理;突破形成了河流生态完整性构建、河流原位净化能力维持、异位人工湿地

净化功能稳定化等技术。以“上中下游”分区修复的技术链条为主线,构建了“上游源头清水产流—中游完整性修复—下游洲滩恢复”的河流水质提升和生态完整性修复成套技术,提升了河流上游源头区的水源涵养与清水产流功能,水源涵养能力提升5%以上,枯水期径流量增加10%以上;提高了河流中游区域的生物多样性和水体自净能力,本土物种数量增加了50%,浮游动物生物多样性香农指数提高80%以上,水体TN和TP去除分别提高至50%和40%以上;提升了河流下游河漫滩区域的生态功能,特大夏汛时泥沙淤积厚度20mm以上。相关技术在松花江、辽河、淮河、东江等全国各流域进行示范应用,推广示范了180个项目,规划、设计与恢复的河段超过500km,湿地面积超过4500km²。提升了我国河流水体修复工程水平,支撑了我国河流域水环境质量的持续改善。

攻克了受损湖泊生境改善及生态功能提升技术难题。揭示了富营养化湖泊氮

磷循环特征,明确了生态修复关键制约因子;突破形成了不同类型湖滨缓冲带结构功能优化及稳定化技术、污染底泥精准疏浚与处理处置技术及装备等。构建了“湖荡与河口净化—湖滨缓冲带生态修复—湖荡生境改善与湖泊综合调控”的湖泊生态修复技术,解决了湖泊重要功能区生境改善与修复的难题,湖荡湿地恢复及入湖河口水质净化技术使水体的TN和TP去除效率分别达到25%和40%以上;缓冲带水质净化和湖滨带多样性修复技术将入湖径流TN和TP净化率分别提升至30%和50%以上,近岸湖滨带植被覆盖度提升至70%;蓝藻打捞技术将蓝藻去除率提升至80%,底泥资源化利用技术将处置成本降低1/3,沉水植被恢复与水生生态调控技术使海湾沉水植被盖度大幅增加。相关技术在太湖、巢湖、滇池、洱海、三岔、白洋淀等流域大规模推广应用,恢复河段湿地规模60万亩以上,恢复湖滨缓冲带超过400km,累计污染底泥清淤总量达到1500万m³,支撑了50多个湖泊的湖滨缓冲带生态修复。

撰稿:筱星
中国环境科学研究院:周俊丽 李丹 刘玥 籍瑶 赵艳芳 刘泉利 王成 王乐



长沙市污水处理厂污泥高级厌氧消化工程