



太湖流域典型示范工程现场技术交流

揭示湖泊富营养化机制,解析控制修复技术原理

湖泊富营养化是水专项十分关注的领域。花费巨资却给人以“越治越污——乱花钱”、“治理无效——白花钱”、“方法不对——错花钱”的尴尬印象,这是浅水湖泊富营养化治理的世界性难题,也是实践中需要解决的问题。

科学的政策离不开科学的标准。水专项研究首先在标准制定上发力,系统总结了重点湖泊水华暴发营养盐阈值相关研究成果,剖析了我国湖泊营养盐分级标准中缺少湖泊富营养化指标分级标准、湖泊营养盐基准缺乏地区化差异等现存问题,提出了我国中东部平原和云贵高原两大重点湖区湖泊富营养化分级控制指标标准建议值。依据蓝藻水华暴发和洱海10年来的监测数据,明确了四大典型湖泊基于水华暴发的氮磷控制阈值。

围绕太湖重点开展蓝藻水华暴发与控制机理研究,明确了2005年~2018年间太湖叶绿素a浓度波动范围和不同时段内叶绿素a浓度的变化趋势,分析了太湖蓝藻水华10年来时空变化特征,剖析了气温和风向对太湖蓝藻水华暴发的重要影响,提出了“越治越污——乱花钱”、“治理无效——白花钱”、“方法不对——错花钱”的尴尬印象,这是浅水湖泊富营养化治理的世界性难题,也是实践中需要解决的问题。

科学的政策离不开科学的标准。水专项研究首先在标准制定上发力,系统总结了重点湖泊水华暴发营养盐阈值相关研究成果,剖析了我国湖泊营养盐分级标准中缺少湖泊富营养化指标分级标准、湖泊营养盐基准缺乏地区化差异等现存问题,提出了我国中东部平原和云贵高原两大重点湖区湖泊富营养化分级控制指标标准建议值。依据蓝藻水华暴发和洱海10年来的监测数据,明确了四大典型湖泊基于水华暴发的氮磷控制阈值。

围绕太湖重点开展蓝藻水华暴发与控制机理研究,明确了2005年~2018年间太湖叶绿素a浓度波动范围和不同时段内叶绿素a浓度的变化趋势,分析了太湖蓝藻水华10年来时空变化特征,剖析了气温和风向对太湖蓝藻水华暴发的重要影响,提出了“越治越污——乱花钱”、“治理无效——白花钱”、“方法不对——错花钱”的尴尬印象,这是浅水湖泊富营养化治理的世界性难题,也是实践中需要解决的问题。

15年,突破一批关键技术,研发一批核心材料及国产化成套装备,取得一系列创新成果,“水体污染控制与治理”科技重大专项(以下简称“水专项”)自2006年启动至今硕果累累。

问渠哪得清如许,为有源头活水来。

在解决流域、区域水环境问题之外,“十三五”期间,“国家水体污染控制与治理技术体系与发展战略”(2018ZX07701001)设置水专项理论创新成果的专题研究任务,在理论上寻求突破,在实践中总结凝练,用基础理论研究为科技和管理创新提供源头供给。

由各标志性成果牵头,相关科研单位系统梳理水专项实施以来在基础理论探索和创新方面开展的研究和取得的进展,增强技术成果的原理性和机理性创新,以期为解决当前水污染治理和管理面临的科学难题提供决策支撑。

明晰科学规律 带动水污染防治技术创新

——“水专项”基础理论探索和创新为治水提供支撑



钢铁行业焦化废水深度处理现场调研

深度解析重点行业,引领治污技术发展

的局限性。针对这一问题,课题提出将行业废水末端处理和控制在原料使用、产品产生、废物处理、排放的全过程中,对不同环节特征污染物实施减排的重要意义和有效技术手段,明确了基于“问题识别-过程控制-末端无害化-优化集成”全过程综合控污技术在典型重化工业水污染控制领域的核心地位,指明了未来全过程控制作为行业水污染控制技术体系的发展方向,以及在推动行业清洁生产水平和产业升级改造方面的重要影响及作用。

找到规律后,课题更进一步,集成了各重点行业的全过程控制技术原理、技术突破及控制路线。

在石化行业,通过剖析废水排放特征以及污染处理现状特点,课题提出了集废水污染源解析、生产工艺改进及管理减排、废水分质处理策略的选择、废水预处理、生物处理和深度处理等技术为一体的石化行业水污染全过程控制技术体系及控制路线,着重阐述了关键工艺单元及技术突破原理,从石油开采、石油炼制、大宗有机化学品生产、高分子合成材料成型全生命周期的视角,实现石化行业水污染全过程控制。

而针对当前末端污染治理无法根本解决钢铁行业污染问题的严峻形势,课题指出了基于全生命周期的钢铁行业水污染全过程控制的必要性,明确清洁生产审核及关键技术开发、技术集成与全局优化、标准化与行业推广等钢铁行业水污染全过程控制的3个实施阶段,深入阐述干熄焦清洁生产焦化废水强化处理及回用高盐废水电膜制酸等8项关键核心技术的关键工艺流程及技术突破。

围绕制药行业,课题集成了优化产业结构、清洁生产、分质处理及资源回用、强化末端治理四个方面的研究成果,系统阐释了制药行业水污染防治全过程控制的技术内涵和控制路线,并对清洁生产关键技术、分质处理及资源回收关键技术和末端治理关键技术的原理及关键工艺单元进行了解析。

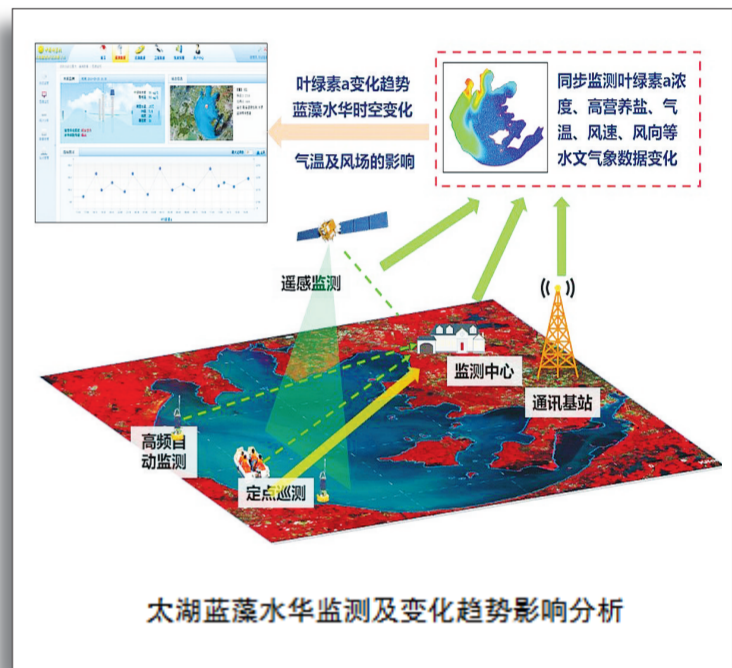
通过对纺织印染行业废水产排污特征和当前废水处理技术特点及局限的剖析,课题明确了包括节水减排集成技术和末端处理技术在内的印染行业水污染全过程控制技术体系,构建了控制路线图,并系统阐述了印染行业基于水封法的冷凝水回收技术、印染废水的自絮凝技术、零价铁强化厌氧处理印染废水技术等13项关键技术原理。

在梳理造纸行业的总体技术思路

及技术路线后,课题提出造纸行业水污染全过程控制方案的3个实施阶段,即清洁生产审核及关键技术开发、技术集成与工艺包、标准化与行业推广,指明清洁生产工艺、废弃物资源化和污染物无害化与水回用等关键技术开发的关键技术原理,为形成全局优化工艺包提供理论支撑。

皮革行业的水污染全过程控制体系组成构架则是基于清洁工艺、废弃物资源化、污染物无害化与水回用等技术,课题阐明了清洁生产与废弃物资源化和污染物无害化与深度处理的技术原理和集成思路,为提升皮革行业水污染控制和资源化整体技术水平奠定基础。

结合食品加工行业的发展需求和污水处理需要,课题针对玉米深加工、大豆深加工、果汁深加工、味精深加工和酿造(发酵)加工等食品加工重点行业的全过程控制体系构建原理及内涵进行阐述,深入解析了玉米加工、大豆加工、糠醛加工等六大行业集成技术原理及技术突破,为食品行业水污染低成本有效控制、食品行业可持续发展及培育战略性新兴产业环保产业三大目标的实现提供有力的科技支撑。



集成流域管理理论,指明技术突破方向

长期以来,在流域水环境管理领域,水环境本土化标准、水质与污染控制响应关系和水环境风险管理机制缺失问题一直存在。同时,在水专项启动之初,我国尚未形成面向水质目标的环境管理技术体系,从根本上限制着流域水环境管理技术的突破性和有效性,极大地制约了流域水环境管理对我国水环境保护的贡献作用。

课题系统总结了国内外流域水质目标管理的原理及发展进程,突破了我国当前以水化学目标为主的管理要求,明确水质目标的设定主要是针对水生态系统完整性的保护和恢复,结合我国当前水环境现状,搭建具有我国特色的水质目标管理指标体系,在水化学目标的基础上,延展至水生态、水化学、水风险和人文水量等目标。以水环境目标改善为核心,以水环境基准标准和功能分区为基础,按照“目标制定、问题诊断、管理方式”为主线,形成了适应我国水环境管理需求的关键管理技术手段。

科学确立目标才能精准施策。就像系扣子,如果“第一颗扣子”出现偏差,后面一系列的决策都将失去根基。水环境标准是水环境管理的依据,针对我国水环境标准主要是依据国外研究成果制定,存在保护和欠保护的问题,明确了水环境基准和标准的内涵及分类,建立了我国水环境基准技术体系,解决了我国水环境基准本土化关键技术,解析了水质基准向水质标准转化原理和关键技术,阐明了水环境风险的内涵,集成突发性风险和累积性风险管理的原理及方法。

针对不同环境问题实施分类管理模式,在水质目标管理原理梳理集成的基础上,课题重点突破基于水质的排污许可管理技术、流域水环境风险预警、水生态健康分区管控、重点行业最佳可行技术评估、生态流量管控、流域水环境监测与大数据平台建设和水环境经济政策工具包建设等关键技术、政策和平台,明确了水质目标的组成、确定方式及制定标准,形成了流域水质目标管理的四大模式,即容量总量控制模式、水环境风险管理模式、生态流量保障模式和水生态管理模式,系统阐述了四大模式的内涵、核心组成、重要作用及战略意义,并梳理了四大模式在全国重点流域的应用案例。

太湖流域就是容量总量控制模式的典型示范区。太湖流域是全国河道密度最大的地区,也是我国经济最发达的地区之一,是容量总量控制模式的典型示范区。近年来,太湖流域氮磷污染负荷居高不下,蓝藻暴发仍未得到有效控制,流域水生态系统受损严重。针对氮磷污染控制要求,课题研究提出了太湖富营养化控制标准,核定太湖流域(江苏)70个控制单元的水环境容量,对流域内1024个重点污染源主要水污染物初始许可量进行分配,并配套制定了太湖流域水污染排放许可证的政策,并通过苏州常熟、常州武进、无锡宜兴3个示范区,开展基于水环境质量要求的排污许可制度应用示范,取得良好的运行效果,极大地改善了流域环境。针对太湖流域水生态系统退化,划定了太湖流域水生态功能区,制定了太湖流域包括水化学、水生物完整、物种保护和土地利用等水生态目标体系,提出了水生态健康监测、评估和考核办法。

作为水专项实施10多年来成果总结凝练的重要出口,课题突出系统性和科学性,集成流域水质目标管理技术理论,突破水环境基准本土化、水环境风险预警、水生态健康管理、大数据平台等关键技术,形成了面向水生态健康、容量总量控制、水环境风险管理和生态流量保障的分类管理模式,引领了我国水环境管理核心技术突破方向。

长期以来,工业废水对我国污染排放总量的贡献比重居高不下,因工业废水排放导致的水污染问题日趋严峻。尤其钢铁、石化、制药、有色、造纸、皮革、印染和农副产品深加工等行业,既是国家层面和各流域层面重点关注的八大行业,也是工业水污染治理急需啃下的“硬骨头”。

谋定而后动。要开展废水污染处理控制,必须先明确各行业特征污染物的贡献及分布规律,找出生产过程中的关键产污节点,分节点进行负荷削减和污染治理,才能有效实现基于全过程控制的行业水污染治理模式。

按照这个思路,课题首先剖析了相关成果对各重点行业内部各产污节点和污染物排放水平的研究,明晰各生产工序、装置的污染度。

在重点行业中,传统末端无害化水污染控制技术存在稳定性差和成本高的问题。

阐明农业面源污染特征,助力最佳适用技术模式研发

水专项立项以来,针对农业面源污染及其防治对策开展了大量深入的研究。课题基于长期定位实验监测和实地调研等相关研究成果,明确了种植业、养殖业和农村生活污水等方面主要污染物的来源、输出及其组成,识别了重点污染物的产排污特征,量化了产排污及入河系数,为提出最佳适用技术模式和技术推广应用奠定基础。

课题全面梳理了不同作物系统氮磷的投入、输出总量及组成,指出了化肥施用对于农田氮高投入状态的决策性作用,以及径流氮排在种植业面源污染中的突出贡献,明确了周年氮平衡内部组成与结构,以及各项影响因素在不同作物系统对氮平衡影响作用的差异;获得了磷的主要损失途径为径流输出,颗粒态磷是磷损失的主要形态等重要结论。由此,进一步结合田间原位监测,定量分析了农田径流氮磷的沿程去除与入河率。

通过追踪识别种植业从源头产生-

沿程迁移-入河消纳的全过程氮磷流失特征,得出了化肥施用和径流损失控制是农田面源污染减排重点、作物生长前期是径流拦截控制重要时段的原理性结论,为农田氮磷流失综合治理的“源头减量-过程拦截-养分再利用-末端修复”的“4R”技术体系构建提供指引,为提出源头减少氮磷排放、全过程拦截系统建设、全面开展长期定位监测和加强技术的标准化和物化研究等农田种植业面源污染控制对策与技术途径建议提供依据。

养殖业污染排放总量大、污染份额高、治污水平低,对农业面源污染贡献巨大。基于水专项针对太湖流域养殖业10年来的监测及调研成果,测算了流域内47个养猪场和10个水产养殖场在不同养殖模式、不同粪污收集方式下典型污染物的产排污系数和入河系数,总结了不同养殖模式和粪污处理方式下污染物流失规律,明确了粪污收集与处理过程中氮挥发对养殖业氮流失总量的决定性作用和加大养殖场磷治理力度对于太湖水体水质改善的重要意义。

农村生活污水来源分散且复杂,排放量大、增长速度快、处理水平低,已成为我国河流污染的重要驱动因素。课题以农村生活污水产排污调研数据和专项产出的相关研究成果为基础,以太湖和巢湖两大典型流域为例,从污水产生系数、产污系数、折算综合家庭污水浓度等11个方面,全面测算了两大流域农村生活污水产排污系数,定量解析了农村生活污水产排污特征,得到了经由化粪池-污水管网-污水处理设施后,各项污染物排放系数削减率均不低于74%的整体结论。

农村生活污水产排污系数的测定对村镇分散水源地特征污染物识别、水源地特征污染物控制和水源水处理等关键技术的研发具有重要的指导意义,为相关技术的应用推广提供科学依据。



农田面源污染研究试验区