

巢湖小流域科学管控精准治理

——全面支撑巢湖流域先行文明示范区建设打造合肥优质名片

◆安昕 吴欣羽

巢湖是国际上在集水城内近千万人口特大城市的独特大型淡水湖泊,是国家重点治理的“三湖三河”之一,一直承受着流域经济、社会活动和城市快速扩张带来的巨大的压力。巢湖及其流域时常出现水质不达标和湖体藻类富营养化反复及藻类水华暴发等问题,流域水环境改善持续面临一些亟待解决的问题。

水专项“十一五”“十二五”期间在巢湖流域开展了控源减排、生态修复、水质保障等技术研发,获得了一批亮点技术。“十三五”期间水专项为提升其在巢湖流域污染治理、生态修复及美丽巢湖建设中的作用,在流域布局了巢

湖派河小流域水污染综合治理与湖体富营养化管控关键技术应用推广项目(以下简称“水专项巢湖项目”)。

水专项巢湖项目组,紧扣巢湖流域磷自然本底含量高和底山丘陵大坡降耦合致自然磷流失严重特点,围绕旱作坡耕及高强度农田施肥和高位分散居民点叠合致氮磷排放入河量大;城市扩容近湖存量难减量难控致点源污染物入湖程短量大;巢湖年接纳氮磷负荷高远超湖体容量等问题,瞄准巢湖小流域科学管控精准治理的目标,深入开展了水专项“十一五”“十二五”等研发关键技术的验证、完善、集成研究和综合示范,全面支撑巢湖流域先行文明示范区建设,打造安徽省合肥市的优质名片。

泊蓝藻水华和水质动态模拟等技术。

“这其中入湖污染负荷削减动态优化技术是以‘湖体—入湖河道—分段河流’为主线,构建了以湖泊为起点,沿水体流线性逆向递推污染物的空间排放的成组配套模型,实现了传统由源到汇的正向输移模拟和逆向追溯的耦合校验。”胡维平说。他还特别介绍说,此次湖体部分模型是首次在大型淡水湖泊水环境中提出了以生态系统结构变化为基础确定湖泊水质目标,实现了有别于传统静态目标水质确定的思路和方法。

在此基础上,水专项巢湖项目组提出了蓝藻水华灾害天空地一体化监测预警系统架构,围绕“现状掌握、异常报警、原因追溯、未来模拟”建设目标,利用中高分辨率卫星、无人机、岸基视频、自动浮标、人工巡测、数值模拟等技术或手段,按照“整个湖体、重点区域、关键位置”三个监测层次,明确了不同手段的协同方式和业务流程。

2020年1月,巢湖流域水环境水质目标管理平台开始在巢湖管理局开展业务化运行。这一平台整合了流域水质、水文、气象等数据,研发了水质目标制定、湖泊分区环境容量计算、入湖污染通量分配等功能,实现了以水质目标为约束的流域污染精准减排和管控。同时实现了不同水质目标、不同水文年型下的方案比对、遴选和最优方案入库,实现了巢湖分区分时动态水质目标制定和流域精准减排方案的可视化展示。经第三方评

估,总氮、总磷、高锰酸盐指数、氨氮等模拟精度满足要求,对于巢湖流域精准减排提供了抓手,显著提升了巢湖流域管理信息化水平。

平台部署后,迅速开始发挥效力,在巢湖逐月水质水情形势分析、巢湖流域氮磷总量控制方案编制、炳汤河小流域精准治理、巢湖流域2020年汛情监测与洪水水位预测预报、2020年夏季巢湖大规模蓝藻水华应对等方面发挥了重要作用,受到了安徽省各级政府部门的高度关注与好评。同时,巢湖水质目标管理平台研究成果向滇池、天目湖、长潭水库等流域进行了推广应用,取得了令人满意的实践效果,受到地方相关管理部门的高度评价。

2020年7月,巢湖流域发生多次强降雨,巢湖水位不断上涨,防汛压力新增。

“针对巢湖可能面临的严重汛情,结合地方水安全需求,项目积极与巢湖管理局等应用单位配合,依托水专项巢湖水质目标管理平台水文模型,基于最新的气象预报资料和水情情况做了模型分析,对巢湖未来2天~3天的水位发展态势进行预测预报。”项目技术负责人安徽省水利水运勘测设计研究院副院长、巢湖研究院院长朱青介绍说。

在此基础上,水专项巢湖项目组根据降雨预报可能形成的最新洪水水位情势,完成了《巢湖周边汛情遥感监测简报》3期、《巢湖水情预报》专报16期,报送合肥市政府,供防洪决策参考。

养和生态保育技术”“多元污染城镇区点一面一河综合治污技术”和“清水廊道保障区缓冲带阻截—湿地削减技术”。

水专项巢湖项目组在派河全流域,通过整装集成低山丘陵农业区水源涵养和生态保育集成技术,快速发展多元重污染小流域点面河综合治污成套技术、缓冲带阻截/湿地削减/水力优化综合集成清水廊道保障技术,攻克派河流域“山水林田湖”土地覆

盖类型齐全、相互镶嵌、交织作用导致的污染复合和生态斑块化难题。

“这一技术在585平方公里流域应用后,消除了派河干流劣V类水体,降低派河入巢湖污染负荷,支撑了派河下游肥西化肥厂国控断面水质达标。同时,研究成果对减轻巢湖西半湖富营养化和保障大型调水工程水质安全提供了有力支撑。”胡维平介绍说。

提升巢湖蓝藻水华科学防控水平,制定巢湖富营养化中长期治理方案



派河口蓝藻防控与生态修复工程

巢湖蓝藻水华频发,已成为常态,蓝藻的应对策略需要从“被动应急”转变为“主动防御”。

为此,水专项巢湖项目组针对巢湖流域总量控制目标与水质改善不挂钩,富营养化和藻类水华危害尚未得到有效缓解的问题,开展了广泛研究。

水专项巢湖项目组探明,巢湖具有流域水气象年际年内变化大,污染物入湖通量、湖体营养盐含量和水质不稳定变幅大,水位上升快慢,加之巢湖闸等兴建显著抬升水位致湖滩带浅滩大面积缩减,巢湖水生植被面积小,巢湖生态系统结构简单化和藻型化、种群结构单一化、鱼类个体小型化致湖体富营养化与藻类水华反复化特征。这表明巢湖水污染和水环境具有极其显著特点和代表性。

研究表明,水体总磷和总氮分别为0.03mg/L和0.6mg/L是蓝藻水华暴发的营养浓度阈值。近5年来,巢湖总磷和总氮浓度的均值分别为0.11mg/L和1.69mg/L,高于阈值,足够支撑藻类快速繁殖及规模化水华形成。同时,春季高水位管理导致湖滨带湿地难以发育,藻类生长是氮磷等无机物转化为有机颗粒唯一途径,水生植物抑制蓝藻和降低营养盐作用微小。另一方面,巢湖鱼类小型化严重,导致浮游动物群落中小体型的原生动物和轮虫占比高达82.7%,大型食藻类密度最低,占比4.9%,难以形成抑制藻类压力。巢湖底栖动物资源匮乏,不利于湖底有机物转化利用。其次,气候变暖缓和冬、降雨增加和风速降低等因素加重了巢湖水华暴发规模与频次。这些因素导致巢湖蓝藻水华防控是一项艰巨任务。

针对水华防控难题,项目组将蓝藻水华发展划分为越冬期、复苏与快速增殖期、暴发期和衰退期四个阶段。通过现场研究,甄选出不同阶段关键参数和阈值,结合全湖监测,确定不同阶段

蓝藻的空间分布特征,针对性采用全过程防控差别技术。

根据水专项提出的蓝藻水华形成“四阶段假设”,基于水华形成过程中蓝藻生理生化特征和关键环境因子,项目组阐明了蓝藻水华处于水华形成的各阶段特征与时空分布规律,研发了蓝藻水华形成不同阶段的判别技术,确定了甄别蓝藻水华不同阶段的关键参数和阈值、有效削减蓝藻水华暴发强度的控制阈值,为针对不同阶段有效采用针对性措施提供了依据。

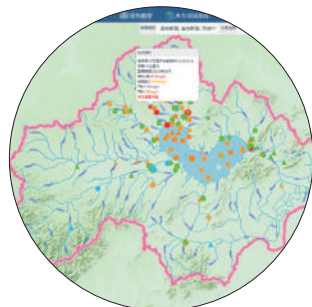
在此基础上,水专项巢湖项目组遴选并验证了秋冬季下沉到底泥越冬的蓝藻种源去除和内源污染物削减、春季生长期生物控制、水华暴发期物理智能拦截和高效打捞等关键技术,优化集成了湖泊内源污染物及藻种捕获去除、水华物理防控、生物控藻与水质调控三项成套技术,形成了蓝藻水华全过程防控技术体系。

水专项巢湖项目组研究的湖底抽槽水力捕获污泥和藻种关键技术,突破了底泥疏浚破坏沉积物界面原生态的技术瓶颈,发明了湿地内部高效除藻自动化装置,解决了湿地内聚集的蓝藻无法清除的难题等。

这些技术应用于派河口蓝藻防控与生态修复工程,使工程区蓝藻生物量削减70%以上,水质达到地表水Ⅲ类~Ⅳ类,生物多样性显著提高。蓝藻应急防控技术有效支撑了2020年巢湖大水后蓝藻水华防控。提出了巢湖富营养化中长期治理工程方案,有力支撑了“十三五”巢湖富营养化防治与蓝藻水华防控工程。技术同时应用于全国多地,成效显著。

“水专项巢湖项目组形成的一系列技术在巢湖流域治理中的持续深化应用,将为新一轮巢湖综合治理提供技术服务,为建设安澜巢湖、碧水巢湖、健康巢湖、美丽巢湖继续努力,为打造最好名片和实现城湖共生做出新的贡献。”朱青说。

从全巢湖流域合理科学减排,促进流域可持续发展



巢湖流域水环境水质目标管理业务化平台

巢湖流域总面积1.35平方公里,地跨合肥、芜湖、六安、马鞍山、安庆等五市16县、市、区,是安徽省会经济圈主体。长期以来,经济发展速度快,污染物和废水排放量不断增加,流域河湖污染承受巨大负荷,超出了巢湖的环境承载能力。围绕巢湖供水安全和水污染防治,国家和地方均投入了大量的人力、物力和财力,控制了水质继续恶化的趋势,但富营养化和藻类水华危害尚未得到有效缓解。

“十一五”“十二五”巢湖水专项,重点聚焦东巢湖水源地附近污染河流、巢湖西部重污染河流和局部湖湾的治理,以及城市水环境改善等技术研发,缺乏从全流域出发,基于流域水雨情和物质输移转化动态过程的水环境管理和调控技术体系系统研究。并且,巢湖作为水源地保护是合肥市多年的战略目标,但由于流域水质生态功能的管理体制尚未形成,风险预警系统也难以支撑湖泊和流域的水质目标管理。

因此,此次水专项巢湖项目组构建了一套从全流域角度出发,以不同控制单元和水体功能区水质指标为约束的水质目标管理技术体系和业务化运行平台,贯彻并实践“减什么?减哪里?减多少?如何减?”的科学管理理念,制定流域污染管控方案,以实现全巢湖流域合理、科学的减排,形成“城湖共生”的巢湖模式,促进流域社会经济和人民生活生活的可持续发展。

“项目组按照‘从湖泊水质目标基点出发,以环境容量为纽带,采用倒逼递推的方法,基于水雨情和物质输移转化过程由入湖干

流河口逐级将污染物削减量分配至上游各级支河的小流域综合管控’的思路,系统开展了蓝藻水华动态模拟、湖体水质目标制定、水环境容量计算、入湖河口允许污染通量分配与河流溯源追踪、污染物陆域单元削减等技术在巢湖流域应用验证和优化。”水专项巢湖项目负责人、中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员胡维平说。

胡维平介绍说,此次水专项巢湖项目组突破了“基于流域水情工况的入湖污染负荷削减动态优化”和“基于湖泊—流域不同过程模型集成的误差传递与精度控制”两项关键技术。形成了基于WEB环境与大数据支持的“数据标准化建库—功能模块规范化耦合—系统可视化展示”整装集成技术;在关键技术支撑下,形成了标志性成果“巢湖流域水环境水质目标管理业务化平台”,并依托示范工程建设,实现了蓝藻水华监测预警和水质目标约束下的流域污染物精准削减等功能和项目目标。

水专项巢湖项目组立足“城湖共生”和流域水雨情特点,循“以湖泊水环境管控目标为起点,环境容量为约束,逆物质输移转化过程,由入湖干流河口倒逼递推把污染物削减量逐级分配至上游各级支河和小流域”的路径,研发突破了基于流域水情工况的入湖污染负荷削减动态优化技术,反向集成了基于水雨情工况的水质和藻类水华控制动态目标制定技术—动态环境容量计算技术—流域模式构建与应用推广工程1项。



派河下游的生态河道

集成小流域污染治理和生态修复整装成套技术,有力支撑流域精准减负

入湖污染负荷精准削减一直是流域污染治理的难点。水专项巢湖项目组从巢湖入湖河流中选择了派河流域作为典型小流域研究案例,集成小流域污染治理和生态修复整装成套技术,有力支撑流域精准减排。

水专项巢湖项目组紧扣派河流域低山丘陵地形特点,针对上游农业开发强度高、水土流失严重,中游快速城镇化区面源污染负荷大、一级支流污染严重(部分河道出现黑臭)、生态基流匮乏、污水处理厂尾水品质不高,下游生态退化、水质仍有超标等问题,系统地解析了流域特征。

在派河流域上游,由于受到低山丘陵地貌的影响,小流域水土流失污染特征较为明显。磷自然本底含量高和大坡降耦合致使自然本底磷流失严重;坡耕地面积占比大,在农业生产中缺乏有效的水土保持措施;高落差导致水流速度快,对土表、沟道边坡、沟底侵蚀严重;农村居民多依山居住在高处,生活污水对流域上游水质直接影响;污染物产、转、移、离全过程与流域降雨、产、汇、流过程紧密相关。

为此,水专项巢湖项目组针对巢湖流域低山丘陵农业区的特征,以小流域养分和水资源循环利用为思路,提出了低山丘陵农业区清洁产流与水源涵养整装成套方案,研发了低山丘陵农业区水源涵养和生态保育集成技术。技术研发共获得发明专利5项,建立了派河小流域水源涵养和生态保育清洁小流域模式构建与应用推广工程1项。

在派河中游,合肥城市建设向派河流域急剧扩张,人口聚集,城镇用地性质改变、污染负荷总量的增加,使得城镇地表径流、城镇

生活污水、工业废水排放量急剧增加,加上城郊和城乡接合部环境设施缺失,使得派河尤其是中下游快速城镇化地区河道呈现多元化和重污染的态势。

为此,水专项巢湖项目组以小流域层面上入湖污染物削减和生态功能恢复为主线,通过多元重污染小流域点源污染高效收集、污水处理厂提质增效和尾水品质提升、城市水体污染强化削减、缓流水体生态综合调控与功能用水保障等关键技术集成与优化,形成快速发展多元重污染小流域点面河综合治污成套技术,并在派河中游小流域进行工程示范和推广,逐步推进该成套技术的规范化和标准化,推动我国快速发展区人水和谐的可持续发展。

而在派河下游,水专项巢湖项目组选择派河下游106平方公里示范区,通过光明大堰河上游原位湿地、下游生态河道和派河干流生态岸线工程示范,依托派河支流水体达标工程和引江济淮江淮沟通段工程,实现派河下游示范区氨氮和总磷水质指标较中游稳定改善,平均改善率分别达到20.6%和18.7%,派河下游入湖水质由工程示范建设前的劣V类提升至Ⅲ类~Ⅳ类,为减轻巢湖西半湖富营养化和保障大型调水工程水质安全提供有力支撑。

同时,水专项巢湖项目组针对污染产、排、汇、输关键环节,突破了“基于有机废弃物和养分循环利用的农业农村面源污染治理”“以海绵体与排水系统耦合为核心的城镇面源污染收集”和“以原位湿地深度净化为核心的污染负荷削减”关键技术,基于交界面上边界条件,集成了“低山丘陵农业区水源涵



派河上游 生态沟渠和多级微灌径流调蓄工程、坡耕地水源涵养与水土流失控制工程



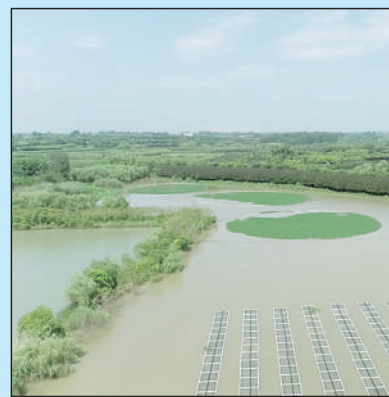
派河中游 王建沟流域综合治理工程、潭冲河小流域城镇水质提升与水环境综合整治工程



派河下游 光明大堰河原位湿地工程、派河口蓝藻防控与生态修复工程



光明大堰河原位湿地工程、派河口蓝藻防控与生态修复工程



光明大堰河原位湿地工程、派河口蓝藻防控与生态修复工程



光明大堰河原位湿地工程、派河口蓝藻防控与生态修复工程