



中国城市科学研究会
水环境与水生态分会
Water Environment & Ecology Council
of Chinese Society for Urban Studies



长江生态环境保护
修复联合研究中心
National Joint Research Center
for Yangtze River Conservation



2025(第二届)长江大保护 优秀实践案例汇编

主办单位：中国城市科学研究会水环境与水生态分会
长江生态环境保护修复联合研究中心

2025 年 5 月

目 录

1、贵阳市南明河水环境综合治理创新与实践.....	1-10
2、南湖水环境提升工程.....	11-19
3、苏州市吴江区太湖水环境综合治理提升模式创新与实践.....	20-25
4、川渝跨界河流长江一级支流大陆溪生态修复协同面源污染治理工程项目	26-38
5、城市水管家节能降耗诊断分析平台.....	39-44
6、武汉市大东湖核心区污水传输系统工程 PPP 项目.....	45-54
7、城市内湖遗爱湖水生态环境治理修复实践.....	55-60

贵阳市南明河水环境综合治理创新与实践

申报单位：信开环境投资有限公司（中国水环境集团有限公司）

联合申报单位：贵州筑信水务环境产业有限公司

一、项目目的及意义

长江是中华民族的母亲河，是我国重要的生态安全屏障，是中华民族发展的重要支撑，习近平总书记多次强调长江经济带高质量发展的重要意义。南明河是贵阳市的“母亲河”，是长江上游的重要支流和生态屏障，对贵阳经济社会发展和改善民生具有重大支撑和保障作用。历史上，南明河清澈见底，随着经济社会发展，城市人口增多，污水排放量大幅度增长，超过南明河环境承载力，南明河生态环境质量一度“告急”。

贵阳南明河的水环境恢复不仅保障了长江上游水质安全，还成为生态修复与经济发展协同推进的成功实践，生动诠释了“两山”理念，更通过“贵阳经验”为长江经济带沿线城市的水环境治理提供了可复制的技术路径和管理模式，为美丽中国建设贡献力量。

二、项目总体情况

贵阳市委、市政府坚持以习近平生态文明思想为指导，2012年以来，为彻底整治南明河污染问题，引入具有专业技术能力的社会资本方—中国水环境集团。从重投资、重建设转为重购买服务和过程监管，并打破以往“条块分割、多头治水”的传统模式，成立了常设机构—南明河水环境综合整治工程指挥部，确立了“政府主导、机制创新、依法治理、科技支撑、全民参与、长治久清”治河总方针，按照“控源截流、内源治理、疏浚活水、生态修复”的思路，分“救急”、“治本”和“系统提升”三个阶段对南明河流域进行综合治理。中国水环境集团牵头实施南明河水环境综合治理工程与贵阳市政府一同解决南明河黑臭治理难题，建成了贵州省首座下沉厂，在贵阳实现国际首个城市尺度分布式下沉再生水生态系统技术应用。

贵阳市南明河水环境综合治理项目实现厂网河湖一体化治理，共新建或提标改造污水处理厂34座（其中新建分布式下沉再生水厂17座），总规模达180余万吨/天。配套完善污水收集管网120km。19条排污大沟整治工程，治理长度50.3km，改造排口265个。三期共实施主、支流河道清淤113.08万m³，深坑整治回填21.64万m³，防淤管道2.3km；翻板坝改造5座等，服务人口约320万，总投资约76亿元。



图 1 贵阳市南明河流域部分再生水厂分布图

三、项目解决的具体问题

1、彻底解决南明河流域黑臭水体治理难题

本世纪以来，随着工业化、城镇化快速推进，至今，贵阳市人口、经济分别增长了 2 倍和 19 倍，大量水资源被消耗的同时，城市污水处理设施、污水收集管网建设严重滞后等，致使南明河流域水质恶化，部分支流生态系统完全崩溃，中心城区段水质长期处于劣 V 类等问题。

南明河水环境综合治理工程始终坚持系统思维、综合治理、精准施策，统筹谋划南明河综合治理大文章，从更广的地域范围、更长的时间范畴来看待经济发展与生态保护的关系，严守河湖生态红线，实现南明河流域水质指标逐年提升，“水清岸绿、鱼翔浅底”的自然景观得以恢复。

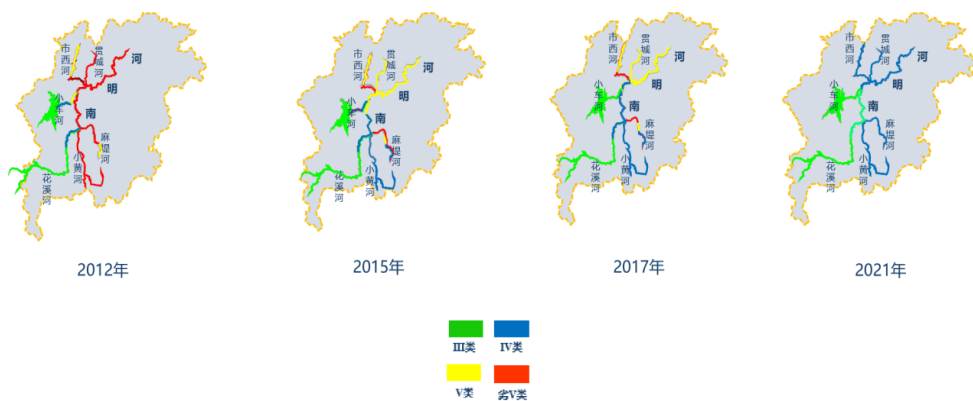


图 2 贵阳市南明河流域部分年度水质检测结果图

2、系统解决喀斯特地貌城市水环境治理及资源化利用难题

贵阳市属于典型的喀斯特地貌城市，山多地少，土地资源紧缺，同时贵阳市人口、产业集聚度较高，用水需求大、污染负荷大，成为约束贵阳市可持续发展的重要瓶颈。贵阳市南明河水环境综合治理工程采用分布式下沉再生水生态系统技术体系，坚持土地集约、资源利用、环境友好，新建污水处理厂因地制宜采用下沉模式，地上修建公园广场、图书馆、体育场等设施，有效解决传统地面厂“邻避”问题的同时，节省管网建设、征地投资和建设用地，提升项目综合利用价值，再生水资源和绿色能源使用效率，实现了城市生态“负资产”向“正资产”的转变。



图3 镶嵌在城市社区内的青山再生水厂

四、项目创新点

1、转变治理思路，打破“多头治水”模式

贵阳市政府转变南明河传统治理观念，从重投资、重建设到重购买服务和过程监管，确立了“市统筹实施，区配合完善”的原则，确定了治理费用“市区分摊”的分配模式，统一规划、分步实施，制定系统治理方案，坚持“一张蓝图绘到底”。

南明河水环境综合整治工程指挥部，由副市长任指挥长，市水务、住建、发改、生态、城管等市直部门一把手为副指挥长，各市局、区（县）为指挥部成员。下设综合协调组、工程建设组等10个工作组。领导小组定期召开会议，统筹推进规划、招投标、项目设计等重点难点问题。领导小组决策具有高度权威性，研究决定的事项简化办事程序，严格贯彻落实，一举扭转了以往水务、城管、农委、发改等多个部门各管一段，“九龙治水水不治”的窘况，形成了市区联动、条块结合的良好治理态势，为南明河治理提供了坚实的组织保障。

2、城市尺度上实现了分布式下沉再生水生态系统的成功应用

科技创新是破解贵阳市环境污染和资源约束的关键。中国水环境集团率先提出并实践的分布式下沉再生水系统和浅层好氧生态河道治理创新技术体系，保障了南明河“水清岸绿、鱼翔浅底”治理目标的实现，支撑了“厂网河一体，水地生综合，碳能质融通”的分布式下沉再生水生态系统在城市尺度首次成功应用。推动了《地下式城镇污水处理厂工程技术指南》《城镇地下式污水处理厂技术规程》等国内行业标准的制定与实施，该技术成果荣获 2023 年贵州省科技进步奖一等奖，破解了山地城市污水处理设施建设用地难题。



图 4 贵阳南明河分布式下沉再生水生态系统发展方向

（1）分布式再生水厂布局

贵阳市改变了原有在下游“大截流、大排放”规划建厂的做法，应用考虑水量平衡、污染物平衡、水质目标、能源综合利用等多重约束的分布式决策模型，在南明河上、中游结合中心城区优化布局，结合下沉式再生水生态系统建设，将原规划 8 座集中式污水处理厂调整为 34 座分布式再生水厂，高效利用土地资源，减少收集和再生水回用管网，实现高品质再生水就近回用和补给河道，实现高效节约、减污降碳、绿色高质量发展。出水主要指标达到地表水Ⅳ类，解决了传统地面厂臭气、噪声的邻避效应和选址建设难题。

（2）生态型下沉式再生水厂集约构建成套技术

生态型下沉式再生水厂通过集成“善水”柔性生物处理工艺、“清新”多维空气恒净系统、地下空间优化、浅层好氧生态河道治理技术等高效节地和绿色低碳技术，以下沉式再生水厂为核心构建“一地多用”的生态综合体，实现土地集约、环境友好和资源利用。

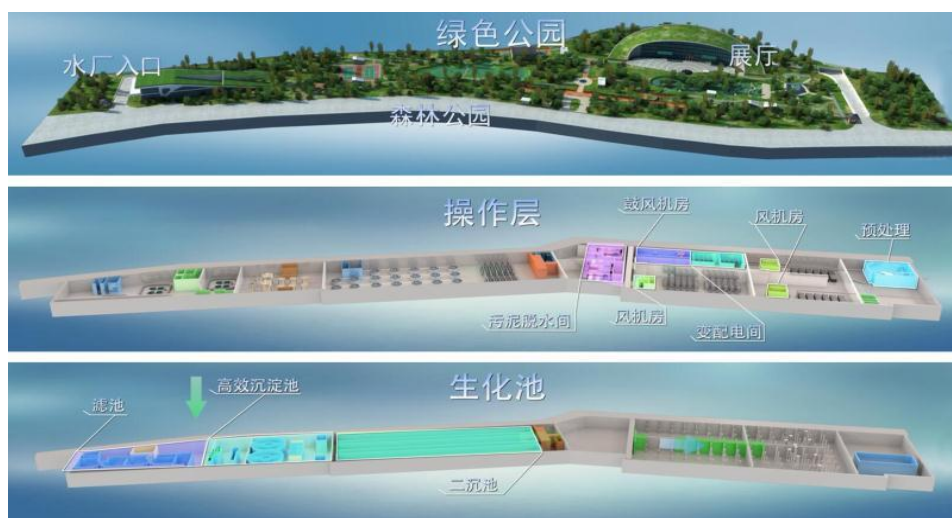


图 5 生态综合体竖向分层结构图

五、应用场景和运行实例

1、“三水”融合，打造城市“母亲河”治理标杆

在南明河水环境综合治理过程中，根据贵阳喀斯特地貌城市特点，结合污水的收集、处理及回用系统由集中式变为分布式，污水处理厂由地上转到地下，在国家水专项等重大课题支持下，历经十余年研究实践，针对下沉式再生水厂土地集约、环境安全、减污降碳、生态回用的多层次需求，创建五大中心，从城市尺度突破了厂网河联动的分布式决策方法及生态河道构建技术，实现了污水再生与河道治理由分割向耦合联动的转变，以南明河水环境治理为应用场景树立了从水资源、水环境、水生态单项目标治理向三水融合转变的标杆性示范项目，通过系统综合的解决方案，有效平衡了生态环境保护、社会经济发展和资源能源利用等多方面的发展难题。2023 年，已入选国家生态环境部公布第二批美丽河湖优秀案例。



图 6 贵阳南明河甲秀楼段

2、上下统筹，实现资源能源综合利用

贵阳市南明河流域水环境治理始终注重集约高效，因地制宜建设下沉式再生水厂，通过“地下建污水处理设施，地上建商业综合体、公园广场、体育场等”模式，放大了南明河治理政治、生态和经济价值的乘数效应，实现了环境治理与水资源利用、土地资源利用和公共产品供给的有机结合，为贵阳生态文明示范和绿色高质量发展提供了有力支撑。



图 7 贵阳青山下沉式再生水厂实景图

水资源方面：年均 5 亿吨尾水从不同点位为南明河河道补充生态基流，节省调水补水费用 1.58 亿元/年，为南明河生态系统的恢复和稳定提供了保障。随着贵阳市被国家水利部评选为典型地区再生水利用配置试点城市，已开展了 17 个再生水利用试点项目，涉及园林绿化、市政环卫、生活用水、工业用水等方面，设计规模达 3000 吨/天。

土地资源方面：项目开展以来，节省管网建设、征地投资约 15 亿元，节省土地资源千余亩，根据城市发展规划，建设了停车场、体育公园、科普馆等，释放了城市发展空间。

绿色能源方面：项目采用智慧管控系统、水源热泵技术、精准曝气控制系统和太阳能等多种节能降碳措施，每年碳减排量超过 40000 吨。



图 8 贵阳河滨下沉式再生水厂地面公园实景图



图 9 贵阳太慈下沉式再生水厂地面图书馆实景图

3、智慧管控，实现厂网河一体提质增效

贵阳南明河流域污水处理系统智慧管控平台基于贵阳南明河流域沿线再生水厂，通过一个水环境监管平台、一个流域管理调度中心、一个运营管理数据中心，运用数字技术，实现在线监测、预测预警、动态调度等功能的应用，有效降低运行成本，减少管理成本，提升工作效率、实现流域水厂统筹协调管理。智慧管控平台的数据集成上传至贵州省污染源自动监控管理系统、贵阳河湖大数据监控平台，形成综合化、流域统一调度指挥的系统管理平台，支撑了南明河“厂—网—河—湖”一体化智慧管控的调度和联动。



图 10 贵阳市南明河流域污水处理系统智慧管控平台

六、项目实施效果和效益分析

1、生态环境效益

贵阳市南明河水环境综合治理取得显著成果，截至目前，南明河全流域干支流黑臭彻底消除，7条主要支流水质全部达标，溢流问题基本得到解决，项目实施段水质稳定达到Ⅳ类，其中全年80%时间可达Ⅲ类，河道10年未曾清淤，流域水质明显提升。沉水植物覆盖率从15%达到85%；水生植物种类突破23种；优势鱼类种类数多达9科、29种，浮游植物达到6门73属（种）；底栖动物种类达到33属种，浮游动物16属种。发现贵州特有、国家二级保护鱼类多斑金线鲃，贵州特有水生生物宽头林氏鲃、贵州拟鲮等。



图 11 贵阳南明河流域部分河段治理前后对比图



图 12 白鹭回归南明河

2、社会经济效益

随着南明河水环境恢复，贵阳市充分挖掘历史文脉和生态资源，将流域文化元素融入群众休憩休闲的生活空间，让人与自然和谐共生体现在日常生活中，彰显了南明河人文底蕴，营造出社会各界共治共享的文化氛围，沿岸土地价值进一步提升。

结合贵阳市城市发展特点，因地制宜建设下沉式再生水厂，地面建设配套设施。比如在人口最密集的中心城区，建成贵棉再生水厂（2万吨/天），地面空间配套建设商业建筑 2.5 万 m²、停车位 1000 余个，预计带动就业 1500 余人；青山再生水厂上部建有活

水景观公园，总占地面积约 1.8 万 m²，其中贵阳水环境科普馆已入选国家生态环境科普基地和国家水情教育基地。



图 13 南明河沿岸日常居民生活



图 14 贵阳市水环境科普馆



图 15 贵阳市水环境科普馆入选国家生态环境科普基地（左）
入选国家水情教育基地（右）

七、经验总结和发展建议

贵阳市南明河水环境综合治理项目的成果得益于政府主导、科技支撑、专家指导以及全民参与，通过机制创新、依法治理实现长治久安。在南明河治理过程中，企业和政府共同解决了管理机制的问题。中国水环境集团和创新团队共同在南明河治理多年深耕，依据贵阳和南明河的自然禀赋，创建了南明河水环境治理与水生态回用技术体系一分布式下沉再生水生态系统，并首次实现了城市尺度的成功应用，为南明河的成功治理提供

了强有力的科技支撑。全市地区生产总值增速连续多年位居省会城市前列，连续 4 年荣获“中国最佳表现城市”称号，连续三届蝉联全国文明城市，“爽爽贵阳”名片更加靓丽。南明河水环境治理成果实现了生态环境和民生福祉互惠共利，已成为贵州省乃至国家母亲河黑臭水体治理的成功范例。

经地方政府、企业和群众的多年共同努力，治理成果显著，国家、省市领导多次考察，肯定南明河水环境治理模式，项目吸引了全国省市各级政府代表团学习考察千余次，带动了下沉厂在全国大范围的推广。南明河治理，于 2015 年，被国家三部委评为城市“母亲河”治理典范；2016 年，贵州省水利厅、环保厅系统评估总结南明河治理，贵州省委要求以南明河为“牛鼻子”全面带动全省生态文明建设。2020 年，《新京报》整版点赞“贵阳铁腕打造中国版清溪川”；2021 年，入选中宣部重点丛书《中国科技之路》之《水利民生》，学习强国专题报道《贵阳南明河：国际首个城市尺度的分布式下沉再生水生态系统创新实践》，央视经济信息联播专题报道《贵州贵阳：从黑臭河到清水河南明河见证生态变迁》；2021 年，获住建部授予“2021 年度智慧水务典型案例”；入选中央党校《与领导干部谈生态文明》开篇案例；2023 年，入选国家生态环境部公布第二批美丽河湖优秀案例；2024 年，入选国家自然资源部《节地技术和节地模式推荐目录》案例等荣誉。

南湖水环境提升工程

申报单位：武汉碧水集团有限公司

联合申报单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司、武汉市市政建设集团有限公司、武汉市城市防洪勘测设计院有限公司、武汉碧水投资运营有限公司

一、项目目的及意义

为响应国家生态文明建设及长江大保护的要求，南湖水环境提升工程采用“控制外源污染、削减内源污染、生态修复、加强管控”的技术路线，解决南湖大型排口溢流问题，消减面源污染，构建健康稳定的水生态系统，建立流域管控平台实现智慧管控，确保 2025 年南湖水质主要指标（TN 除外）达到Ⅳ类的规划目标。

项目实施提升了南湖流域水环境质量，削减排入长江污染物总量，提高河湖生态系统服务价值，树立水环境治理的典范。南湖水质转变提升了城市品位，为周边 60 万人提供宜居环境，增强人民的获得感和幸福感，具有重要意义。将南湖治理经验固化融入武汉市地方标准及团体标准中，并推广应用到武汉汤逊湖、黄冈遗爱湖湖泊治理，助力国内水环境治理行业发展进步。

二、项目总体情况

项目名称：南湖水环境提升工程

主管部门：武汉市水务局

建设单位：武汉碧水集团有限公司

承包单位：武汉市市政建设集团有限公司、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、武汉市城市防洪勘测设计院

运行管理单位：武汉碧水投资运营有限公司

南湖是武汉市第三大湖泊，横跨洪山、高新两区，流域范围 37.44km²，湖面7.67km²，库容2000万m³。周边以住宅和高校为主，是高密度城市建成区；流域人口约60万人，人口密度大。治理前流域内排水管网长期高水位运行，溢流污染较严重，湖泊水质长期为劣Ⅴ类，水生态系统脆弱，被中央生态环境保护督察及长江经济带生态环境警示片曝光。

为确保南湖水质按期稳定达到Ⅳ类，实现“水清、岸绿、景美”的治理目标，市政府在前期已实施的多项治理工程基础上，决策进一步实施南湖水环境提升工程，工程总

投资24.68亿元，内容包括：

- 1、初雨收集及处理：初雨收集管道7.2km、初雨处理厂1座（日处理能力25万 m^3/d ，调蓄容积9万 m^3 ）；
- 2、污水收集快速通道：1.6km污水管道；
- 3、生态工程：12个大型排口生态化改造及1.29 km^2 水生植物恢复工程；
- 4、智能化工程：建成37.44 km^2 流域管控平台。

项目实施解决了南湖大型排口溢流问题，消减了面源污染，构建了健康稳定的水生生态系统，建立了流域管控平台实现智慧管控。

三、项目解决的具体问题

针对南湖陆域初期雨水溢流污染较重、区域污水收集未完善、水生生态系统脆弱，流域调度管理分化等突出问题提出解决方案。

- 1、提升溢流污染控制能力。

新增初雨收集管道 7.7km（含 6.9 m^3/s 提升泵站）、新增溢流污染调蓄池 9 万 m^3 ，溢流污染强化处理能力 25 万 m^3/d ，将南湖重点 9 个大型雨水排口的溢流次数控制在 5 次以内，可截留 25mm 降雨。

- 2、完善区域污水收集系统

新建 1.6km 污水收集快速通道，解决了部分区域混排现象，完善区域的污水管网系统。

- 3、构建健康的湖泊生态系统

通过 12 个大型排口生态化改造、1.29 km^2 水体生态修复、鱼类群落结构调整、突发事件应急除藻船、无人监测船等工程措施，调整和优化南湖生态系统结构，构建良好的湖泊复合生态系统，改善湖泊生态环境，为城市大型湖泊生态修复提供成功典范。

- 4、流域治理全设施在线集中控制调度平台

南湖水环境治理管理相对分化，存在“多龙治水”的问题，为实现南湖的长治久清，确保所有工程最大发挥、实现水环境改善预期效果，建设南湖流域管控平台。通过该平台，对流域内所有的污水处理厂、雨污管网、初雨厂及闸口等进行监控和统一调度管理，对采集数据加以分析，提前预判问题的出现，并提供解决建议，以保证流域水环境、水生态和水安全需求。

四、项目创新点

- 1、城市内湖面源污染控制技术

(1) 提出了在设计重现期条件下基于芝加哥雨型以初雨弃流时间为设计参数的调蓄深度计算方法。

(2) 全国首次采用“智能截流井+水力旋流分离器+管道冲洗”相结合的先进初雨收集系统。

(3) 初雨收集系统创新性地设置了通气井，避免“空管-满管”频繁交替造成检查井井喷。

(4) 袖阀管注浆技术、始发洞门双层帘布技术、岩溶 CT 扫描技术等多重技术组合使用保障长距离（466m）大断面（4.0m）湖底岩溶顶管。

(5) 创新性将加砂高效沉淀池应用于初雨处理，解决间歇来水、水质水量复杂多变的难题，并增加出水水质未达标的回流措施，确保出水稳定达标。

(6) 采用三座调蓄池串联依次溢流进水和多种冲洗设施组合使用的技术手段，有效减少调蓄池泥砂淤积，便于运行管理。

2、城市富营养化内湖生态协同恢复提升技术

基于浅水湖泊生态系统多稳态转换理论，通过重污染底质生境改良、真光层透明度阈值提升、高等水生植被重建、水生动物结构优化等生态学工法，同时集成排口全时监测、无人船全域智慧监测预警技术及高效移动式微滤除藻平台的生态修复形成城市富营养化内湖生态协同恢复提升技术，为城市大型湖泊生态修复提供成功典范。

3、数字化技术深度应用

综合运用 InfoWorks ICM 模型确定初雨收集管道、调蓄池及初雨厂的规模；采用 CFD 对泵站进出水流态进行分析，优化泵房布置及选型方案。

基于 BIM 的正向设计方法，结合 InfoWorks、绿建分析、鸿业、Revit 及 civil3D 等建立现状管网模型、三维地质模型、设计管网模型、提升泵站及初雨厂模型，同时将 BIM 数据轻量化后作为水质、沉降、监控等监测设备的终端信息数据的载体，实现了建筑信息与建造信息、监测信息的高度融合。

4、利用流域管控平台运维管理

基于 GIS+IOT 技术的时空模型耦合下的初雨收集、调蓄及处理实时在线控制，构建监测数据采集、数据交换共享、水动力等模型辅助模拟系统、决策分析与支持等系统，建立了基于流域治理全设施在线集中控制调度平台，从而实现排水系统的全生命周期管理，为南湖水务管理提供科学依据和决策手段。

5、绿色建造

采用高度集约化设计手段将初雨处理及管理设施全面叠建于调蓄池上部，用地节约 50 亩，节约 57%以上。

初雨处理厂雨天和晴天分组分系统配电，形成分时分季节供电模式，节约电耗 19.6 万 kW · h/年。调蓄池采用重力和水泵提升相结合的模式，节约电耗 3 万 kW · h/年。

初雨厂各建（构）筑物布置南北通透，综合楼及主要建筑物采用高透低碳型玻璃幕墙，在保证天然采光同时减少采暖和空调能耗，节约电耗 2 万 kW · h/年。

五、应用场景和运行实例

1、初雨收集及处理

初雨收集管线截流南湖北侧及东侧 9 个大型南湖雨水排口的初雨，截流后的初雨经限流阀、沉泥井进入初雨收集管线送至初雨厂处理，解决南湖约 60%流域范围内面源污染问题。智能截流井、水力旋流分离器及管道冲洗单个设备应用规模最大，数量最多，总截流量最大。



图 1 总体布置图

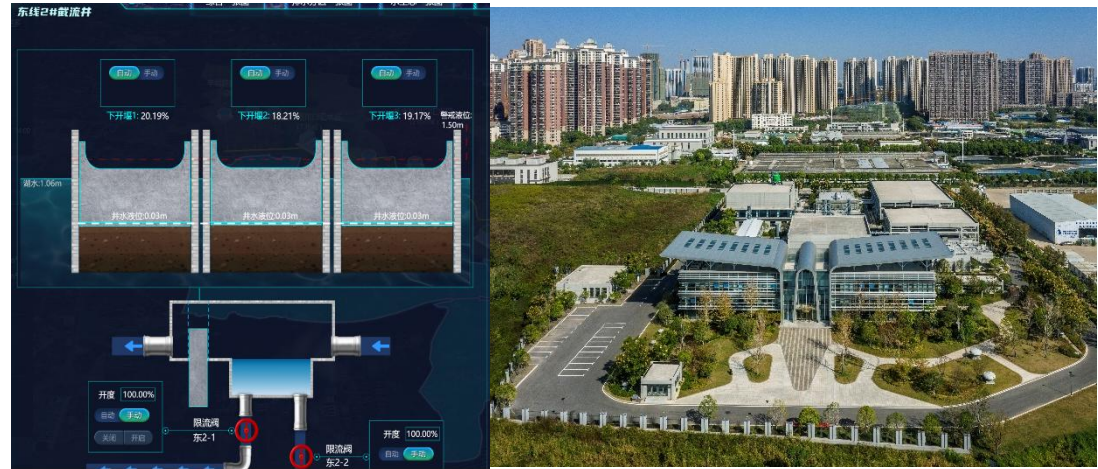


图 2 初雨收集截流井（左）及初雨厂（右）



图3 调蓄池（左）及加砂高效沉淀池出水（右）

初雨水质、水量冲击负荷影响大，初雨处理系统处于停机→启动→停机的的工作状态，本项目将加砂高效沉淀池应用于初雨处理，可在 15min 以内启动并达到稳定的出水水质，并在初雨水量水质及来水时间不确定的情况下，增加出水水质未达标的回流措施，出水水质优于设计出水水质。

2、生态工程

在南湖 12 个排口外围构建“格宾挡墙沉淀区+生态水道式”生态缓冲区，在有效拦截消减外源污染的同时创造适宜多种生物生息繁衍的环境。



图4 排口生态改造

基于浅水湖泊生态系统多稳态转换理论，对南湖 1.29km² 水域生态修复，南湖从 2021 年至今未发生水华，修复后的南湖水体水下森林丛生风茂，构建了健康水生态系统。



图 5 生态修复后的南湖

利用太阳能的一体化沉水植物补光装置，补充一定量的水下光照是帮助沉水植物恢复。

无人船能够实现定时、定点、定量水质监测及采样，同时完成水流速、流量、水深的测量，具备自主导航、智能避障、防沉和远距离通信功能。



图 6 太阳能的一体化沉水植物补光装置（左）及无人监测船(右)

利用微滤除藻平台潜水泵抽吸藻水并加药，经过快速混凝进入具有藻水分离器，使藻水被完全分离，分离出来的高浓度藻渣经叠螺压榨机压榨后袋装运输，除藻方式新颖，可有效控制“藻华”。



图 7 微滤除藻平台

3、数字化技术应用

综合运用 InfoWorks ICM、CFD 等数字仿真技术，合理确定规模、优化方案。

BIM+GIS+IOT 技术贯穿设计、施工、运维全过程，构建南湖初雨截流、收集及处理的物联感知及远程控制体系，实现了生产运行及管理调度一体化功能。

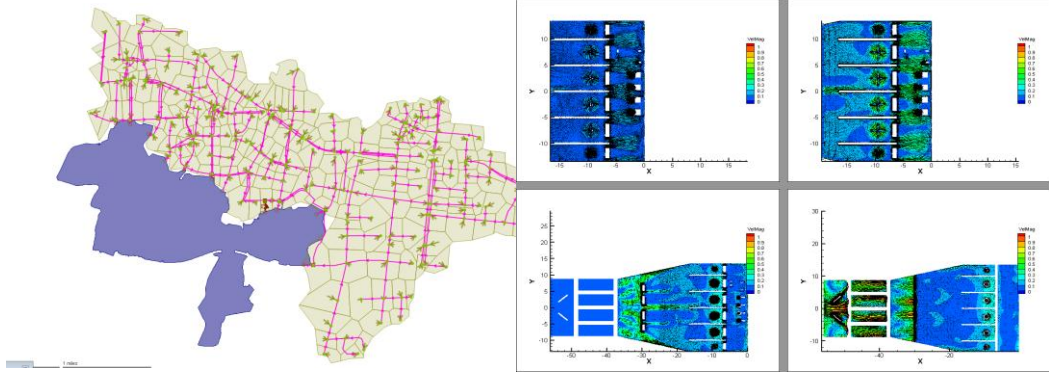


图 8 截流系统模型论证（左）及 CFD 模型分析（右）

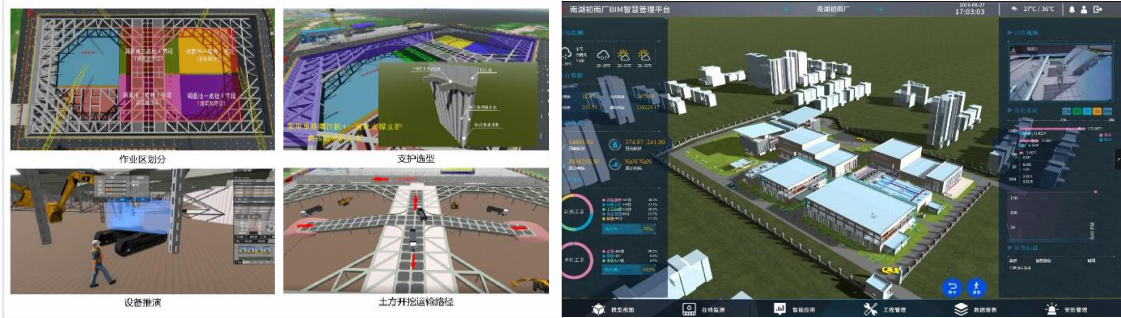


图 9 基坑 BIM 方案优化（左）及 BIM 智慧管理平台（右）

4、南湖流域管控平台

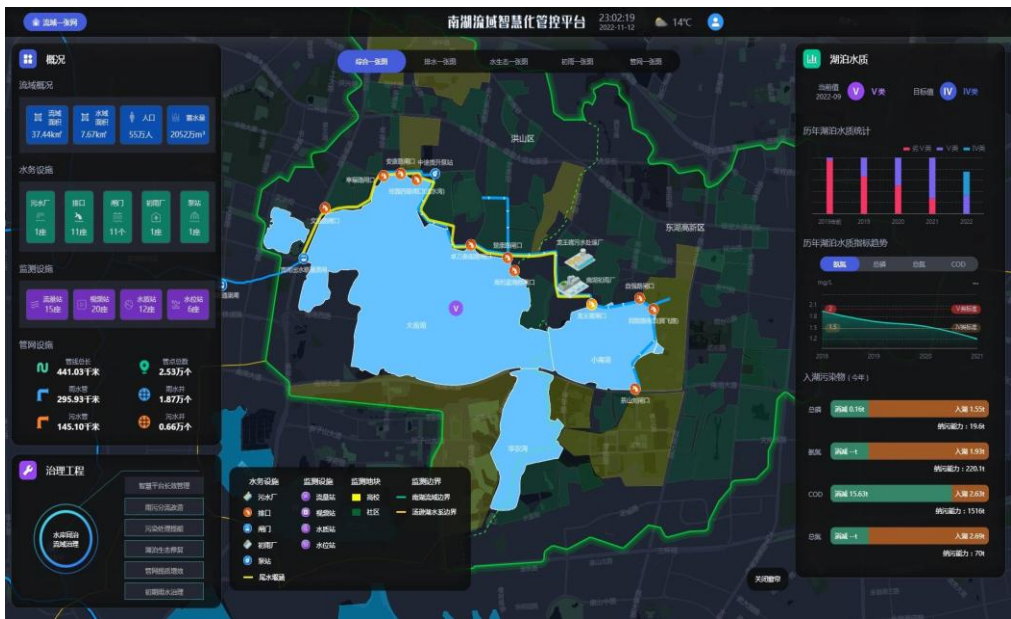


图 10 流域管控平台

围绕“发现问题-诊断问题-解决问题”的闭环为主线，依照“水岸同治”的治水原则，

将流域内的湖泊、末端排口、市政管线、排水地块单元等统一纳入为核心管理对象，并结合初雨厂、污水处理厂、提升泵站等涉水设施作为核心调度管理对象，构建数据采集、预测预警、指挥调度、运营管理于一体的省内首例湖泊流域管控平台。

六、项目实施效果和效益分析

1、实施效果

工程实施后大幅降低管网运行水位，实际年溢流次数 ≤ 5 次，年平均削减入湖 TP92t，COD 15178t。南湖水质逐年向好，连续四年未发生水华，2022 年 2 月南湖水质首次达到 IV 类，2023 年南湖年均水质达到全指标 IV 类，为十多年来首次。

区域污水厂进水浓度 BOD 从 92mg/L（2018 年）提升至 133mg/L（2023 年），南湖流域污水系统运行效能显著提升。

2、经济效益

通过优化工程方案节约建设投资 5600 万，节省土地 52.87 亩，节能 24.6 万 kW·h/a，投入使用后不完全统计湖泊生态系统服务总价值增加 22077 万元。

项目在水环境治理领域产生积极而深远的示范效应，将南湖治理经验固化融入武汉市地方标准及团体标准中，并推广应用到武汉汤逊湖、黄冈遗爱湖湖泊治理，助力国内水环境治理行业发展进步，产生巨大经济效益。

3、社会效益

南湖水环境治理工程具有示范效益，国家及省市领导、院士、其他多地市水务系统、集团公司等调研取经，项目获学习强国、湖北日报、长江日报、省市协会公众号、新媒体掌上直播间等多渠道多方面报道。项目的实施有效改善南湖区域 60 万人居环境，提升城市综合品质及竞争力，增强人民的获得感和幸福感。

同时本项目实施有助于改善下游连通渠、巡司河水环境生态景观质量提升，促进长江大保护目标的实现。

七、经验总结和发展建议

项目采用 EPC 一体化建设模式，有效保证项目质量，控制项目成本，缩短项目工期，降低项目风险。

本项目技术创新硕果累累：工程通过市政工程最高质量水平评价，中施企协设计水平评价“二等成果”，湖北省市政示范工程，湖北省优秀勘察设计项目，湖北省勘察设计“一等成果”等 22 个奖项，并被武汉市总工会授予“武汉市工人先锋号”。此外授权使用发明专利 2 项、实用新型专利 19 项，发表核心论文 9 篇，并将南湖治理经验固化，参编团体标准 1 项，武汉市地方标准 2 项，著作 2 项，软著 1 项，助力国内水环境治理行业发展进步。

南湖水环境问题成因复杂，技术难度较大，可借鉴的工程案例较少，初雨收集及处理系统、水生态修复及南湖流域智慧管控平台是武汉在水环境治理领域的探索性尝试，项目建设模式、水环境治理技术、先进工艺及装备经验值得推广，主要以下总结和建议：

总结 1：水环境综合治理初期阶段，末端截污设施对于削减排口溢流污染起到立竿见影的效果。初雨收集及处理工程于 2021 年建成后，南湖主要超标污染物总磷超标倍数较 2020 年下降了一半，沿湖排口溢流污染较 2018 年削减了 80.6%。另外，初雨收集管道高程低于南湖流域内的现有雨污水管道高程，工程运行后能大幅降低管网运行水位，在管网调查、检测及改造方面为源头雨污分流创造了良好的条件。

总结 2：污水快速通道的建设能有效提升污水单元收集效能。污水系统优化应大而化小，小而治之，快速通道项目将局部单元污水快速转输至污水厂，提高污水收集效能。

建议 1：水生态在维护现有水生态修复成果的基础上，后期应逐步扩大修复区域，构建健康稳定的湖泊生态系统。

建议 2：水环境治理建管并重，借助南湖流域“智慧管理平台”，为南湖水环境综合治理工程提供全生命周期信息化支持，后期应进一步完善系统性监测体系，减小对单一测点的依赖，建立基于多源数据融合的 CIM-water 水务数字底座耦合大模型。

水环境治理是持续的工作，应以流域视角进行全要素管控与治理，建立长效运维管理机制，维护湖泊健康生命，对落实长江大保护具有重要意义。

苏州市吴江区太湖水环境综合治理提升模式创新与实践

申报单位：苏州市吴江区水务局、苏州市吴江生态环境局、苏州市吴江区农业农村局

联合申报单位：苏州市吴江水务集团有限公司、苏州三峡水管家有限公司

一、项目目的及意义

太湖是我国第三大淡水湖和长三角地区最重要的饮用水水源地。太湖流域地跨江苏省、浙江省和上海市，是我国经济最发达、最活跃的地区之一。加强太湖流域保护治理，对于保障长江下游和长三角地区水安全及生态安全、推动长三角一体化发展和长江经济带共抓大保护具有重要意义。

苏州市吴江区拥有河道 2600 多条，湖泊 330 个，水域面积占比达 25.41%，是典型的江南水网地区。近年来，作为长三角生态绿色一体化发展示范区重要组成部分，吴江始终将太湖水环境治理提升作为工作重心，加大资金投入，依靠科技赋能，创新机制模式，深入推进工业废水、城乡生活污水、河湖水环境综合治理提升，吴江全域水生态环境得到显著提升。

二、项目总体情况

高标准建设全国水务行业首个自主可控的全信创智慧水务平台，入选国家住建部城镇水环境治理类典型案例；全国首创“联合河湖长制”，常态化运行“联合巡河、联合管护、联合监测、联合执法、联合治理”五大机制，开创了多方共赢的跨区域联合治水新局面，入选中组部《贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想、在改革发展稳定中攻坚克难案例》、《中国改革 2020 年 50 典型案例》；首创“太浦河云管家”智慧管理平台，重点打造三大应用场景，达到“最小方案、最低成本，最大效能”智慧治水模式，构建跨区域现代化治水新模式；获评首批国家级水产健康养殖和生态养殖示范区，入选国家农业绿色发展先行区；创新采用“PPP+一体化”模式开展吴江农污项目，建成 1000 余座处理设施，实现农村污水治理全生命周期管理；试点桃源富乡工业污水处理厂，对

相关企业实行园区化管理，做到一企一管一策，中水回用率达 85%，全面形成中水回用、集中处理、分质供水新模式，强化了对企业用水及处置的全流程管理。

三、项目解决的具体问题

1、跨区域“联合河湖长制”积极推动区域一体化协同治水，形成了相对完善的河湖治理制度体系，开创了多方共赢的区域联合治水局面。

2、智慧水务项目是水务行业首个全面践行国家信创自主可控战略与国产化平替的落地实施项目，率先将国产自主可控要求贯穿项目全过程工作，通过项目的整合与迭代测试，水务行业全面国产化提供先行先试经验。

3、太浦河云管家项目以跨域水体共治联保为突破口，在探索和实践基本构建了跨域一体统一的监测体系，跨域一体的制度体系和智慧管理体系，提高了上下游之间的治理协调水平。

4、富乡工业污水厂项目为改良传统工业污水处理提供了样板，为工业污水治理提供了系统性的解决方案。项目建立针对排水单元的信息、类型、水质及水量的定期监管机制，实现精细化管控目标。以工业污水处理为例，项目对每一个上游企业的用水量、排水量及排水水质实施实时监控，通过水质水量平衡分析，有效规范企业用水排水行为。借助这种管理手段，确保了污水厂进水负荷稳定，出水水质达标排放，同时有效保障了上游企业的用水和排水。

5、农污项目解决农村生活污水直排问题。项目通过建设分布式污水处理设施，覆盖农村地区，实现污水集中收集和处理，减少污水直排，显著改善了太浦河、淀山湖等重点水域的水质。

四、项目创新点

1、联合河湖长制

（1）全国首创的跨区域“联合河湖长制”，“联合巡河、联合管护、联合监测、联合执法、联合治理”五大机制常态化运行。

（2）区域一体化协同治水，形成了相对完善的河湖治理制度体系，开创了多方共赢的区域联合治水局面，保障了河湖的生态安全。

（3）按照统一指挥调度、统一队伍建设、统一检查程序、统一执法力度和统一自由裁量的“五统一”原则，构建生态环境统一执法模式，有效地打击了涉水违法行为。

2、太浦河云管家智慧管理平台

（1）依托“四跨”，全领域汇集数据。全面整合区内生态环境安全应急管理系统、

无人机巡航系统、智慧卡口监控系统等 10 多个系统资源，集成政府部门、企事业单位、社会团体多方涉水综合数据，建立青浦、吴江、嘉善三地生态环境数据互通共享机制，跨境收集超 5 万条生态环境监测数据，打通国家、省、市、区、镇数据融合通道，实现 10 万多条数据实时同步更新。

（2）聚焦“三新”，全方位拓展功能。在太浦河新增建设 3 个重金属铊监测站点，在界标汾湖大桥构建完成异味物质自动监测系统，44 公里的太浦河上，建立 14 个干流水质自动监测站，重要站点具备 14 项指标分析能力，且 4 小时内均可分析完成，确保水质异常状况及时感知，另外依托吴江低空服务平台，高效调用沿线无人机资源，全天候开展日常巡河。

（3）构建“五制”，全链条闭环处置。通过无人机、路面监控、水质自动站等，构建“天上、桥上、水上、岸上”的立体监控感知网络，通过立体感知网络，及时分析各类可疑信息，按照不同等级分类预警处置，同时与青浦、嘉善建立协同联动机制，可统筹调配示范区相关部门资源，保证应急人员能够半小时到达现场，问题处理完毕后，处理结果均上传平台。

3、吴江农村生活污水处理设施智慧化运维监管平台

利用物联网与数字化工具，实现污水处理全面覆盖与智慧运维。平台已覆盖 9 个乡镇街道，监管近 900 座设施，通过线上监控与线下实操结合，运维人员利用小程序上传信息，平台即时接收并核查，快速响应异常，派发工单。前端感知系统实时监测运行状态，确保问题及时发现处理。

4、智慧水务平台

（1）国内首个水务行业全信创（国产化）项目，覆盖芯片、系统、数据库等关键环节，突破 10 万点数据采集，推动苏州信创战略落地。

（2）信创改造存量设施，开发 Linux 版驱动适配多品牌老旧 PLC（如西门子、浙大中控），并通过 WinCC-OPC 集成实现老旧厂站集中控制。

（3）物联网安全加密，采用 MQTT 协议（TLS/SSL 加密），保障数据安全传输与设备身份认证，支持远程升级与故障快速响应。

（4）数字孪生智能加药，基于 Unity 引擎开发可视化控制系统，集成污泥回流、碳源投加等模块，实现精准调控与动态仿真。

5、桃源富乡污水厂技术改造项目

（1）采用膜生物反应器（MBR）和高效生物脱氮除磷工艺，提升污水处理效率。

(2) 应用高级氧化技术，有效降解难处理有机物，提高水质。

(3) 研发中水深度处理技术，回用水达工业、市政及农业标准，回用率达 85%，年节水 1000 余万吨。

(4) 研发园区一体化管理平台，实现“企业、管网、水厂、湿地”四位一体化可持续、数字化管理模式。

五、应用场景和运行实例

1、联合河湖长制

近年来常态化开展联合巡河，解决大量涉水矛盾纠纷。吴江、青浦联合实施跨省交界湖泊鼋荡的联合治理，完成 23 公里生态岸线贯通，鼋荡获评示范区首个示范幸福河湖，成为全国首个跨省统一标准、共同认定的幸福河湖。携手秀洲完成江浙首个跨界幸福河道(小天圩)联合创建，登上央视纪录片《治水记》。“联合河长制”进一步筑牢了长三角生态安全屏障，为地区经济社会的可持续发展增添动力，助推示范区生态安全进一步向好向善发展。

2、太浦河云管家

针对太浦河沿线可能存在的问题，我们重点打造了三大应用场景。一是船舶智慧管理。围绕可疑船只的“7 大特征”，利用新建的智慧口门系统对太浦河段船舶建模建档，结合 AI 智能识别吃水线功能、报港系统以及立体视频监控，对可疑船舶跟踪预警，严打船舶水上偷倒行为。二是水质异常应急处置。针对 44km 的太浦河，平台充分运用干流、支流自动监测站水质感知能力，重点站点异味物质以及重金属镉监测能力，严控出境水质状况，界标断面年均水质连续 7 年稳定达到 II 类，全面保障水环境安全。三是水面漂浮物智能识别。通过无人机全域覆盖巡航，智能识别水面漂浮物，并结合 AI 算法实时判断水葫芦危险等级，为高效处理水葫芦聚集事件提供科学决策。

3、吴江农村生活污水项目

吴江农污项目建成 1000 余座污水处理设施，建立智慧监管平台，实现远程运维，处理率超 90%，消除农村黑臭水体。

项目主要针对以下场景：一是分散式村庄。针对人口较少、居住分散的村庄，采用分散式污水处理设施，如小型污水处理站或生态湿地；二是集中式村庄。针对人口密集、居住集中的村庄，采用集中式污水处理设施，如污水处理厂或一体化处理设备；三是旅游景区周边。针对旅游景区周边的农村地区，重点治理污水，保护景区生态环境，提升旅游体验；四是农业种植区。针对农业种植区，结合农田灌溉需求，将处理后的污水用

于农田灌溉，实现资源化利用。

项目一方面将污水处理后达到排放标准，改善村庄水环境。另一方面，污水处理后达到农田灌溉标准，实现资源化利用，减少化肥使用量，提高农作物产量。

4、智慧水务八厂合一集控调度中心

八厂合一集控调度中心整合 8 座城镇污水厂数据，依托 AI 算法优化运行模式，全面提升应急响应效率。

项目主要针对以下场景：一是工艺运行管理。工艺驾驶舱集成八厂（城南、运东、城北等）实时运行数据，动态监控负荷、水质、药耗等关键指标，通过颜色标记异常状态，支持自定义关注参数。再生水驾驶舱分析进水流量与处理进度，智能提醒水量调度需求。SCADA 系统实现全厂设备状态监控与分级权限控制，报警分类（工艺/设备）并跟踪处置进度；二是泵站调度优化。泵站驾驶舱动画展示液位动态，设置两级报警，联合水厂进水泵房调控，保障水量平衡与防冒溢。GIS 一张图整合管网、泵站、排水户空间分布，实时显示报警（液位/设备/工单）及服务片区流向。所有泵站实现远程自动化控制，页面直接操作水泵、格栅等设备；三是工单协同处置。分类处置 12345 投诉、管网维护、设备检修等工单，实时跟踪报警与年度考核参数。通过运营系统快速派发五类工单（排水、生产、设备等），提升事件响应效率。

项目全域生产数据可视化，异常响应速度提升 50%；泵站液位智能联动，减少冒溢风险 90%以上；工单线上流转，处置时效缩短 60%。

5、桃源富乡厂技改项目

项目所在地桃源工业园区喷织废水需统一处理后再回用。随着园区周边企业扩张，工业废水处理量超负荷，且废水污染物十分复杂（含 1000 余种，难降解 30 余种）。通过对相关企业实行园区化管理，做到一企一管一策，中水回用率达 85%，全面形成中水回用、集中处理、分质供水新模式，强化了对企业用水及处置的全流程管理。

六、项目实施效果和效益分析

1、环境效益

项目现阶段通过以上项目，全面推进吴江区农村生活污水、城镇生活污水、工业污水及河湖治理等业务，促进全域水环境质量根本好转。通过太湖水环境综合治理提升实践，太湖连续十七年实现安全度夏，水质创 30 年来最好水平，首次实现全年达“良好”湖泊标准，总体达到Ⅲ类；水生生物多样性指数首次提高到“优秀”等级，

流域物种数增加到 6899 种，水生态环境质量迈向更高水平。

2、经济效益

项目通过智慧化、集约化、高效化管理，实现降本增效，为区域经济高质量发展注入绿色动能。助力乡村旅游产业发展，年节约水资源超千万吨，年节约运维成本超亿元。

3、社会效益

项目在改善民生、推动行业创新和保障生态安全方面成效显著。“联合河湖长制”积极推动区域一体化协同治水，形成了相对完善的河湖治理制度体系，开创了多方共赢的区域联合治水局面。太浦河云管家，高效辅助各级巡河 1600 余次、船舶监管扫测 9 万余次，明显提升了太浦河监管的精准性、及时性、有效性。农污项目彻底消除黑臭水体直排现象，显著提高村民生活质量；智慧水务平台推动水务行业国产自主可控化；桃源富乡厂技改项目进一步提升桃源工业污水处理能力和水平，有效保护太浦河等跨界水体，保障长三角区域居民饮水安全。

七、经验总结和发展建议

在区域污水治理方面，吴江统筹开展工业污水、农业面源污水和生活污水“三水同治”，系统解决了地区水环境“碎片化”管理难题，实现了从“单一治污”向“系统治水”的转变，为长三角生态绿色一体化发展示范区提供了可复制的治理经验，综合效益显著。

在环境层面，全面统筹推进农村生活污水、城镇生活污水、工业污水及河湖治理等业务，系统提升城乡污水治理综合效率，促进全域水环境质量根本好转；在经济层面，降低运维成本，降低企业治污成本，带动乡村旅游等绿色产业发展；在社会层面，有效保护太浦河等跨界水体，改善太湖水质，保障长三角区域居民饮水安全，实现核心设备 100%国产化。

该项目通过模式创新、技术引领和系统治理，实现了经济、社会、生态效益的多元共赢，为长江大保护提供了“厂网河湖岸一体”的综合治理样板。未来需在精细化运营、区域协同和智慧赋能等方面持续深化，构建水环境治理现代化标杆。

川渝跨界河流长江一级支流大陆溪生态修复协同面源污染治理工程项目

申报单位：四川省生态环境科学研究院

联合申报单位：中国科学院生态环境研究中心、四川捷途环保服务有限公司

一、项目目的及意义

党中央、国务院高度重视成渝地区发展。《成渝地区双城经济区建设规划纲要》明确要求，推进跨界水体环境治理。2022 年大陆溪四明水厂成为四川 203 个国考断面中唯一不达标断面，也是川渝跨界河流联防联控重点断面，以农业农村面源为主的污染防治联防联控任务艰巨。

针对大陆溪和姚市河水质不能稳定达标、污染源不清、水生态环境退化等问题，项目开展流域污染溯源解析，安排部署削减点源、面源、内源及提升河流水生态系统服务功能的工程措施，并创新实践“行政+技术”双河长管理模式，以有效解决流域突出环境问题和改善流域生态环境质量为核心，紧盯水环境治理中的关键问题和薄弱环节，持续针对性地提出综合解决措施，强化控源截污、生态修复环节，全面提升水体自净能力，保障流域水质达标，推动水生态环境质量持续改善，有效治水管河。

项目创新构建了流域“精准溯源-污染减控-生态修复-平台管理”的综合治理管理技术体系，全面助力了 2023 年四川省国、省考断面和水功能区水质首次实现“三个 100%”达标的历史性突破，项目为流域水生态修复协同面源污染治理提供了关键技术支撑与模式借鉴；对构建“党委领导、政府主导、企业主体、社会组织和公众参与”的现代环境治理体系具有重要示范意义。

二、项目总体情况

项目名称：川渝跨界河流长江一级支流大陆溪生态修复协同面源污染治理工程项目

建设单位：泸州市泸县生态环境局

运行管理单位：四川省生态环境科学研究院（牵头进行源解析、生态本底调查、工程技术参数优化、水生态修复成效评估和技术支撑工作）、中国科学院生态环境研究中心（现场指导、工程运行等技术支撑）、四川捷途环保服务有限公司（现场实施主体）

项目投资：本项目基于中央水专项资金，总投资 4576 万（2022-2025），并带动地方投入 2.6 亿元

项目内容：实施了以污水处理厂为重点的尾水湿地工程，实现点源截污与生态化改造协同，包括建成 3 个污水处理厂尾水湿地，面积约 1500m²；实施了以农业种植和水产养殖为重点的面源污染治理，实现面源阻控与农业生态保护协同，包括建成 10 个面源入河排污口湿地；实施了以河道为重点的内源原位修复与水系连通工程，实现内源修复与水资源利用协同，包括投放人工生态浮岛 5000m²，安装原位水质净化设备 60 套，超氧纳米曝气设备 12 台，对关键管控断面进行底泥清淤，实施 6 处拦河坝改闸工程；实施了以生态系统修复为重点的水陆生境构建与生态扩容工程，实现水生态修复与面源治理协同，包括建设石牛栏、高洞、冯桥溪 3 处河口湿地，生态湿地面积约 15 万 m²；创新实践“行政+技术”双河长管理模式，实现流域治理与管理协同，面向本工程的适应性管理及流域水生态环境的精细化管理配套开发了 ESS·云上智水数字系统及农村生活污水智能处理系统，并建立健全流域管理档案，进行治理全过程的智慧信息化管理。

三、项目解决的具体问题

1、解决了大陆溪污染来源不明、监测不清、迁转复杂、治理不足、技术不优、监管困难等突出问题，实现了四川 203 个国考断面中唯一不达标断面稳定达标。

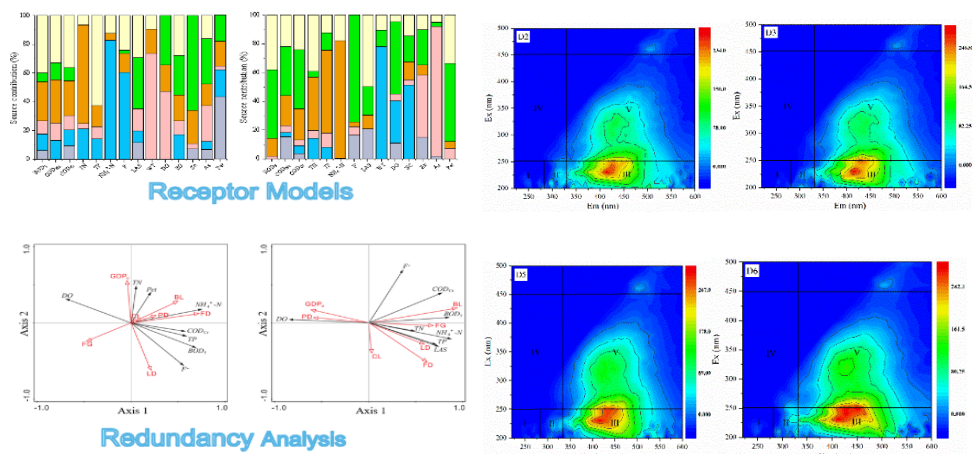
经过政府与技术河长岸上岸下协同管护治理，2021 年至 2023 年，流域水质显著改善，主要污染物浓度指数下降接近 20 个百分点，如：四明水厂高锰酸盐指数从 6.53mg/L 降至 5.44mg/L，化学需氧量从 22.71mg/L 降至 18.67mg/L，2023 年为近 3 年全年均值首次达地表水Ⅲ类，全面助力了 2023 年四川省国、省考断面和水功能区水质首次实现“三个 100%”达标的历史性突破，2024 年水质继续稳定达标。

2、解决了传统单一关注污染治理，忽略水生态系统修复的问题，实现了流域污染治理与水生态修复协同推进。

项目重点在水陆交界处构建了生物群落和栖息地，建立河口湿地等关键生态工程，并开展生态基线调查和水文评估，针对性地优化了湿地生态功能，提升了区域生物多样性，从水生植物种类变化上看，浮游植物由 4 门 30 种到 5 门 41 种，植物种类大幅增加，Shannon-Wiener 多样性指数结果显示生态修复区域物种丰富度良好，且随着生态修复工程的完善，区域物种丰富度逐步提高。着生藻类种类维持在 9 种，变化较小；水生植物由 13 种（其中挺水植物 7 种，湿生植物 6 种）增加到 18 种（其中挺水植物 6 种，湿生植物 6 种）；底栖动物种类由 3 种增加到 4 种。总体来看，水生态动植物物种数均呈增加的趋势。

3、解决了流域治理管理过程中基层河长投入河流管控治理的精力十分有限且缺少专业技术知识，难以有效精准进行河流治理的问题，构建了流域适应性管理与效益机制。

创新实践“行政+技术”双河长管理模式，打通了政府、治理企业、排污企业、群众



b.多元统计-受体模型

c.三维荧光光谱分析

图 1 多方法联合的正-反向溯源方法

2、创新构建了流域污染治理与水生态修复的多元协同模式，实现流域国控断面稳定达标与水生态系统逐步恢复。

本项目不仅实现四明水厂国控断面首次达标，全面助力了 2023 年四川省国、省考断面和水功能区水质首次实现“三个 100%”达标的历史性突破，而且在点源截污与生态化改造，面源阻控与农业生态保护，内源修复与水资源利用，水生态修复与面源治理，流域治理与管理等方面实现多元协同。

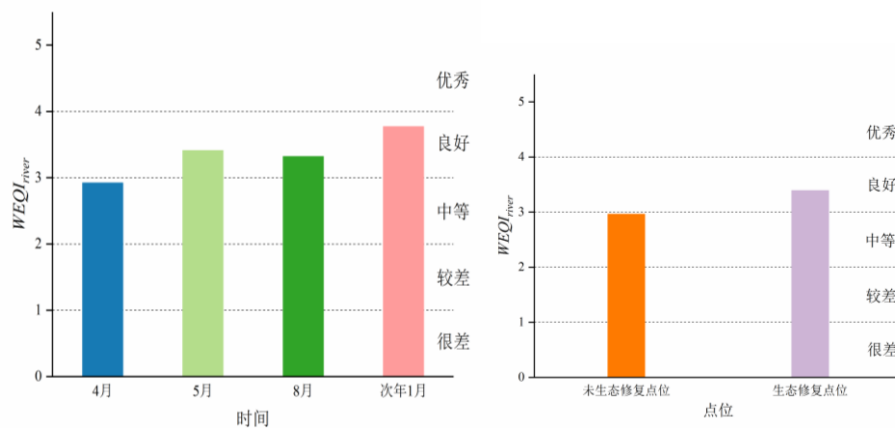


图 2 水生态环境质量跟踪评估结果

3、创新构建“行政+技术”双河长治理模式和联动机制，实现流域精细化协同管理。解决了流域治理管理过程中基层河长投入河流管控治理的精力十分有限且缺少专业技术知识的难题。

当前流域管理机构的管理，本质上还是条状管理，尚无法实现有效的流域综合管理，基于对水资源、水环境、水生态的综合管理的“行政+技术”双河长工作方式与 ESS·云上智水数字系统相结合，构建了一个智能的流域管理体系。该系统能够集成和分析大量环境数据，为各利益相关方提供决策支持，并通过建立协同机制，保障各方的参与合作。

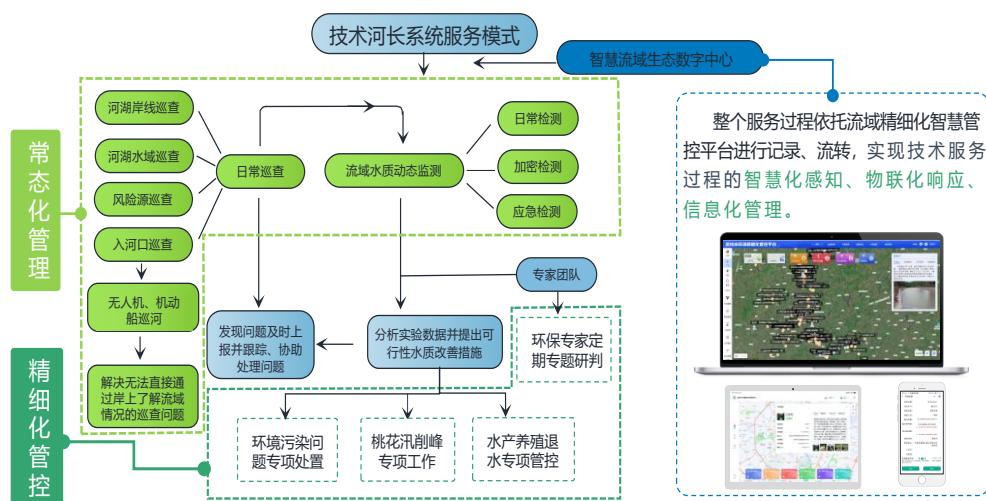


图 3 技术河长服务模式

五、应用场景和运行实例

1、应用场景

项目的应用场景主要集中在流域点源、面源、内源防治，流域生态修复等领域。具体应用场景包括：

（1）污染防治：一是应用溶解性有机质溯源技术识别小流域溶解性有机质污染源并定量解析污染源贡献比例，有效解决溯源明责难题。二是应用碳基电催化内源原位修复技术控制和治理水体内源污染，有效削减河道内源污染。三是应用 ESS•云上智水数字系统，通过技术集成，提高了对复杂流域水环境的理解和管理能力。四是应用太阳能农村生活污水集成智能控制技术，精确控制农村污水处理过程，提高处理效率。五是应用绿色生态农村污水处理方案系统，定时或实时采集获取农村污水处理设备的数据，对采集到的数据进行处理和分析，并提供处理方案选择，高效选择针对性的方案，优化处理效率。

（2）生态修复：一是应用模块化过滤系统环境修复技术，有效解决人工湿地堵塞需整体更换填料基质的问题。二是应用生物丰度提升护堤材料，减少传统护堤建设对周围生态系统的影响，提升护堤与自然环境的和谐共生。三是应用水陆交界区域生物优化配置生态修复系统技术因地制宜采取农田型垄形湿地、生物配置技术、污水处理厂尾水生态深度处理系统、入河口湿地等削减点源、面源污染并提升生态系统多样性、稳定性、持续性。

2、运行实例

（1）点源截污、治理与尾水生态化改造

建设背景：百和、五通、土主 3 个污水处理厂存在前端雨污分流不彻底、污水处理能力不足、运行管理水平有待加强，雨天发生溢流的问题。

工艺设计：污水处理厂尾水排入的大陆溪水质达标压力大，从尾水进一步净化和地表水环境改善两方面考虑，在实现污水处理厂尾水达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/ 2311-2016）中的城镇污水的排放标准的基本要求上，新建百和、五通、土主 3 个以污水处理厂为重点的点源截污、治理与尾水生态化改造，面积约 1500m²；采用“调节沉砂池+垄型湿地+岸线均质布水”为主的组合工艺对尾水进一步深度处理。湿地中有不同处理特性的填料构造层与生态植物形成强化的净化单元，尾水与湿地的上层、中层和下层微生物、根系和基质充分接触，大量营养物质被削减，然后通过岸线均质布水系统进入长江一级支流大陆溪。

污水处理厂尾水生态化改造	日处理量	污染物削减率
百和镇污水处理厂尾水生态化改造	600m ³ /d	COD削减率 15~32% 氨氮削减率 26~70% 总磷削减率 24~71%
土主污水处理厂尾水生态化改造	300m ³ /d	
五通污水处理厂尾水生态化改造	200m ³ /d	



百和镇污水处理厂
尾水生态化改造



土主污水处理厂
尾水生态化改造



五通污水处理厂
尾水生态化改造

图 4 尾水生态化改造现场图

（2）以水生生态系统修复的水—陆生态带生物群落配置与生境构建

建设情况：基于“遵循自然、因地制宜”的生态修复原则，实施生态修复扩容工程，充分利用流域原有的坝体和灌溉渠系统引水配水，在重要的干流节点高洞、石牛栏，关键支流处入河口冯桥溪共建设河口生态湿地三处，同时对重点流域段开展水生生物生态干预，增加生物多样性。同步针对已建生态设施及流域开展适应性管理，不断优化调整，保障已建工程措施充分发挥生态效益，动态管控流域水环境质量，逐步修复流域水生态系统。

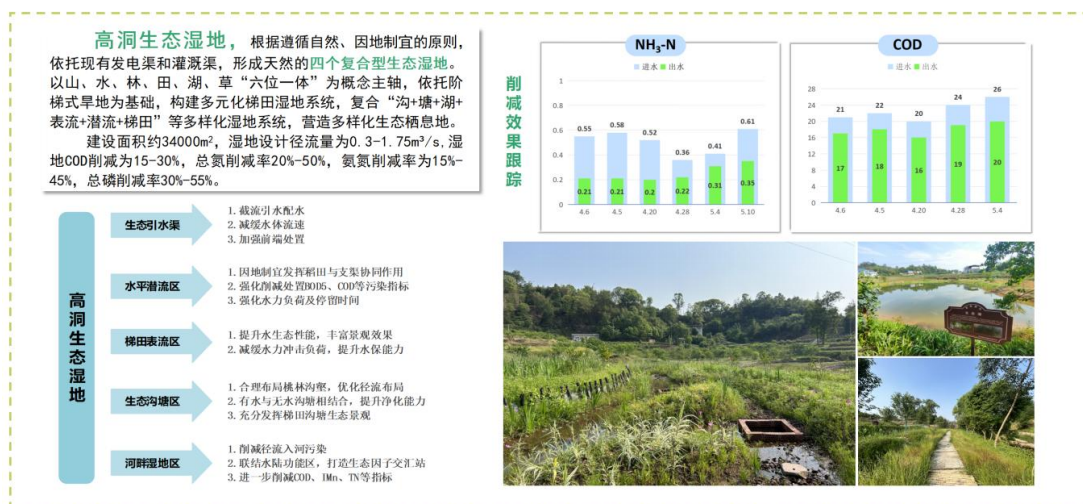


图5 高洞生态湿地



图6 冯桥溪生态湿地

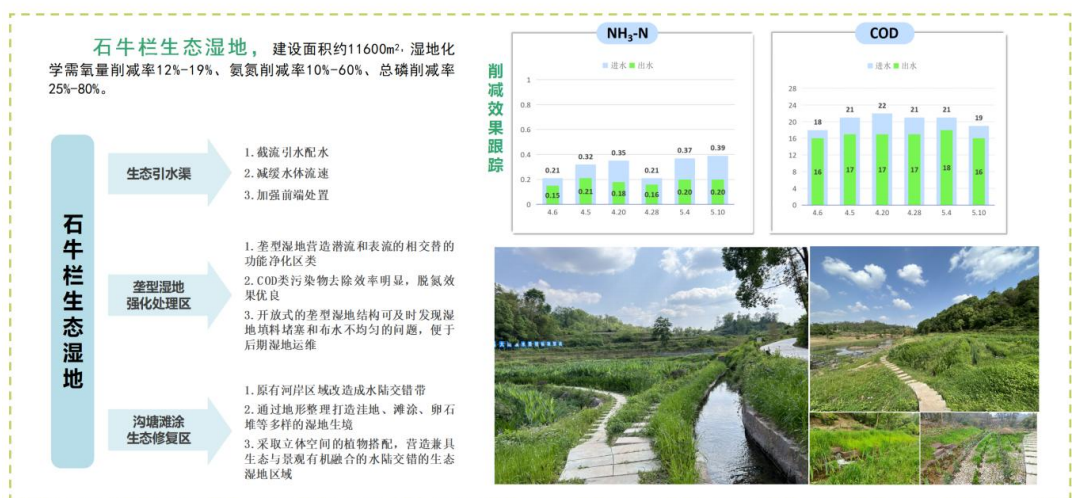


图7 石牛栏生态湿地

六、项目实施效果和效益分析

1、生态效益

通过流域治理，提高了水资源利用效率，改善了生态环境。在不影响流域内正常生活生产活动的前提下，在无外部水资源调配的前提下，通过流域内现有闸坝进行内部生态调蓄，满足生态流量与农业生产需求，四明水厂断面水质优于往年同期，2023 年四明水厂平均水质首次提升至地表水Ⅲ类。2023 年大陆溪四明水厂国控断面达到国家地表水Ⅲ类水质标准，较 2021 年主要污染物化学需氧量下降了 18%、高锰酸盐指数下降了 17%。优化了湿地生态功能，提升了区域生物多样性，水生态动植物种数均呈增加的趋势。

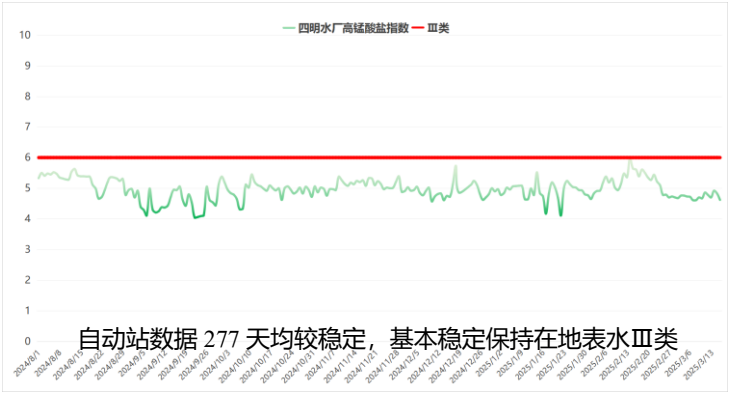


图 8 2024 年 8 月至今四明水厂断面水质情况

2、社会效益

流域治理效果受到生态环境厅、泸州市人民政府、泸州市生态环境局、泸县生态环境局的高度认可。形成多方协作、科学系统的治水局面，建立产学研机制，促进流域管理水平提升。全面建立现场管理和后台技术决策支撑的技术服务体系。联合多家高校、科研院所开展四川省重点课题研究。项目实施有效改善流域生态环境，提高广大人民群众的环境保护意识，沿岸居民自发在大陆溪流域乘凉、垂钓、野营等，学校也组织在石牛栏湿地开展春游，提升居民幸福感。流域治理效果被四川省人民政府官网、中国日报网、中国环境、川观新闻等多家国家、省级主流媒体报道。



图 9 泸州市领导批示及媒体报道情况



a.居民在大陆溪乘凉、垂钓、休闲等 b.学校组织在石牛栏湿地春游

图 10 居民在大陆河流域休闲

3、经济效益

本项目总投资 4576 万（2022 年到 2025 年），包括设计、建设、运维费用，并带动地方投入 2.6 亿元。项目为社会公益性项目，经济效益将间接体现于大陆河流域水生态环境质量改善带来农业高质量发展、旅游发展等。可结合整治建设水景观，营造水生态休闲场所，发展休闲旅游及第三产业，带动其他产业发展，带动地区经济增长。尤其是水产养殖业，在大陆河流域治理期间养殖面积不仅没有减少，而且还增长了约 2000 亩。



图 11 大陆河流域举办龙虾节

4、示范效应

本项目的实践经验与模式在资阳市的雁江区、乐至县、安岳县，内江市威远县，遂宁市的船山区得到了应用推广，并在成都市，自贡市，雅安市等地延伸出了专家河长、行政河长+专家河长+民间河长等多种模式。流域治理项目的成功实施，对于其他地区的小流域生态环境治理具有示范带动作用，为其他类似地区提供了宝贵的经验和借鉴。



图 12 居民在大陆河流域休闲

5、可持续发展

通过流域治理，实现了水资源的可持续利用，为地区的长远发展奠定了基础。同时，这也有利于提高人民群众的生活质量，满足人民群众对美好生活的向往，让广大人民群众共享绿色发展成果。项目创新构建了流域“精准溯源-污染减控-生态修复-平台管理”的综合治理管理技术体系，有力支撑了四川省水环境质量达 20 年来最好水平，确保了一江清水向东流。

七、经验总结和发展建议

大陆溪是长江的左岸一级支流，发源于重庆永川，流经泸县汇至重庆李家沱入长江。泸县境内河段长 30 公里，流域面积 64 平方公里，四明水厂是泸县大陆溪出境的国控考核断面，水质考核目标为地表水Ⅲ类。2021 年 9 月，第二轮中央生态环境保护督察反馈问题指出，大陆溪四明水厂国控断面水质常年不达标，影响下游水环境质量。

为实现大陆溪流域水生态环境的持续改善，推动绿色发展，泸县探索并实施“行政+技术”双河长工作方式，2022 年起在大陆溪启动污染治理与水生态修复工程，坚持问题导向、目标导向、绩效导向，建立基于流域适应性管理和水生态环境精细化管理为重点的水生态环境修复体系与机制，在大陆溪流域泸县段全面开展流域水生态环境适应性管理，并分区、分级、分期开展流域水生态环境修复项目建设，探索了科学治水、生态理水、系统管水的经验。2023 年大陆溪四明水厂国控断面达到国家地表水Ⅲ类水质标准，较 2021 年主要污染物化学需氧量下降了 18%、高锰酸盐指数下降了 17%，完成了省、市政府对泸县的目标责任考核要求。

1、工作做法

（1）全面研究分析开展大陆溪流域污染溯源解析

明确水生态环境质量现状的基线，掌握大陆溪流域三区三线、土地开发利用情况、河道蓝线、水功能区划等情况，基于此开展后续工作安排；分析水质量环境变化的谱线，监测、评估与分析大陆溪流域水环境质量的时空特征、沿程变化与特征问题；研究水资源开发利用的上线，数据分析、实地勘察掌握大陆溪流域水资源总量、时空分布格局以及各种利用形式的需求；制定水污染防治清单，全面摸排，掌握流域点源、面源、内源清单（主要包含城镇污水处理厂、涉水企业、畜禽养殖、水产养殖大户、重点场镇、坝体上游、污水处理厂下游等区域底泥情况）和入河排污口清单。

（2）全面规划大陆溪流域的“三减一增”项目建设

在大陆溪流域系统安排部署削减点源、面源、内源，以及提升河流水生态系统服务功能的项目，实施了一批以污水处理厂为重点的点源截污、治理与尾水生态化改造；以农业种植和水产养殖为重点的面源污染治理与生态阻控；以河道底泥为重点的碳基光电

催化内源原位修复；以水生生态系统修复的水—陆生态带生物群落配置与生境构建；开发了流域水生态环境精细化管理系统，建立了健全流域管理档案，进行治理全过程的智慧信息化管理。

（3）深化“河长制”工作体系，创新了以适应性管理为核心的流域生态环境保护机制

创新实践“行政+技术”河长，开展水质管控。建立“技术河长吹哨、部门报到”的工作机制，即技术河长（或属地镇）发现问题，河长办核实派件，行业部门（或属地镇）及时整改，河长办验收销号的响应机制，形成问题“交办—整改—销号”闭环管理、快速处理的模式。

2、经验与体会

（1）深化流域生态环境保护的治理体系与治理能力现代化实践

全面贯彻落实中共中央办公厅和国务院办公厅《关于构建现代环境治理体系的指导意见》，在大陆河流域生态环境保护中始终以构建“党委领导、政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与”的现代环境治理体系为中心，始终以提升生态环境治理现代化为重点，深化并完善流域生态环境管理体系，打造共建共治共享的流域生态环境治理格局。一是建立了以“技术河长”为纽带的流域生态环境监管机制，以专业化、日常化、规范化的巡河体系，延伸了基层生态环境监管的时空范畴，发现问题与解决问题一体化，加强了基层监管能力，提升了生态环境监管效能。二是加强了基层智慧治理能力建设，在大陆河流域以智慧流域系统平台为依托，搭建了流域水生态环境动态感知、问题识别与分析、决策响应的集成系统，全方位地为流域水环境预测模拟与趋势判断、水生态修复规划任务与方案的优化选择等工作提供基于大数据运算的科学决策支撑，提高了基层生态环境治理效能。三是不断提升流域生态环境治理能力，加快补齐了以“三减一增”为重点的环境基础设施短板，提升了解决群众身边突出生态环境问题的能力。

（2）探索以适应性管理为核心的流域生态环境保护机制

2023年，大陆溪（泸县段）水质达标有两个突出的表现：一是以环境保护与经济社会发展相统筹的原则，不为水质达标，而干扰流域正常的经济活动，向管理要效益；二是以系统内水资源的优化利用为原则，不为达标，而向系统外调水，优化系统内水资源的合理利用，这依赖于流域生态环境的适应性管理机制。

流域生态环境受自然、社会方方面面的影响，是一个动态变化、影响不确定、多维复杂的生态系统。适应性管理是一种动态的管理方法，它强调在不确定和变化的环境条件下灵活地调整管理策略和行动。大陆溪的“技术河长”的工作实践中，一方面深化了河长制工作的内涵，另一方面建立了适应性管理机制。

在大陆溪的适应性管理中，体现了因地制宜、因势利导、因时而为的特色。一是持续的监测和评估，在大陆溪建立了 15 个断面的监测和评估体系、日常监管体系，以跟踪管理行动的效果并及时发现问题；二是“分区、分时”的精细化管理机制，以污染防治重点区、流域生态敏感区为重点管控点源、面源污染，在枯水期、桃花水期、汛期等水文特征期，在农业生产的退水期、基肥期、追肥期等农业活动影响期，实施有针对性的生态环境管理措施，采用灵活的动态管理方法，以适应环境和社会经济条件的变化；三是现场问题识别和快速响应，建立有效的现场监测和信息反馈系统，以确保环境问题可以被及时识别和报告，根据具体地点的生态条件和当地社会经济活动现状，定制化解决方案与策略，因地制宜的有效性和适应性，减少潜在的负面影响；四是整合科学与管理实践，由“技术河长团队+专家团队”共同服务于流域管控目标，构建管学研机制，形成技术需求、技术研发、技术验证和技术应用的一体化管理，将科学研究与管理实践相结合，使决策基于最佳可用科学和经验知识。

（3）搭建“政府-社会-第三方”的多方协同管理模式

以地方行政部门为主导，充分协调区域内各部门的力量，针对流域环境问题，引入第三方先进技术和经验，明确“技术河长”治理目标、责任和义务，突出技术支撑科学系统性，防止流域治理“碎片化”，发挥“技术河长”连通行政、科研单位、治理企业、污染企业、群众等的桥梁作用，统筹各方力量，采取问题清单管理、职能部门担当、属地管理负责、目标绩效考核、专项跟踪排查等措施，协同推进，共同发力，做强做实治水“神经末梢”，建立长效运行机制，突出系统施策，动态化开展流域问题排查跟踪、周期性开展专家会诊剖析问题、常态化协商流域问题整改落实，全面统筹的河湖保护管理长效机制。

3、需继续优化与提升的方向

虽然在大陆溪流域泸县段实现了水质达标，初步探索了适应性管理机制，但流域生态环境系统的复杂性、生态环境问题的综合性、生态环境质量的脆弱性未有根本性的改变，生态修复与污染防治攻坚仍需进一步系统推进。

（1）在空间上。大陆溪是川渝交界河流，大陆溪泸县段是承上启下，在水生态修复的空间上，需更加突出上下游、左右岸、水陆界的系统修复。在大陆溪流域上，需进一步体现一盘棋、一体化的成渝地区生态共建环境共保理念，纵深推进大陆溪全流域的生态环境保护与适应性管理，成为一个具有成渝地区辨识度，在全国具有影响力的合作样板，形成可复制、可推广的生态环境保护经验，构建生态文明建设跨省域协作示范案例。

（2）在时间上。生态系统保护与适应性管理，是一个过程管理，需从长计议，守正笃实，久久为功，站在“长期+短期”时间维度进行谋划，致力实现兼顾短期治标、长期

治本的目标，突出系统施策。

（3）在对象上。在突出的环境污染问题不断解决、水环境质量不断改善的背景下，要以人与自然和谐的理念，更加突出基于自然的解决方案，以生态绩效评估生态修复，做实实实在在的生态修复项目。需进一步对标国家《长江流域水生态考核指标评分细则》，谋划基于水生态考核的水生态环境适应性管理的新办法、新机制。

（4）在领域上。还需更加统筹与协调行业、部门、区域的管理机制，在流域水质达标后，要保达标触及的矛盾问题层次更深、领域更广，对污染防治工作的要求也更高，还需要进一步完善和加强有效的措施和办法。

（5）在技术上。生态修复与污染防治的技术手段与管理方式需提质升级，现有监测网络的覆盖范围、指标项目等能基本适应污染防治要求，但尚不能满足水生态环境质量评估、考核、预警的需求，基于流域可持续的生态修复与保护为目标的管理方法、治理能力水平有待提升。

城市水管家节能降耗诊断分析平台

申报单位：三峡环境科技有限公司

一、项目目的及意义

污水处理能耗约占全球电力消耗的3-5%，碳排放量约占全球总碳排放的1%~2%，截止2018年，全国超过46%的污水处理厂执行国标一级A排放标准，全国平均吨水能耗由0.25kWh·m³增长至0.31kWh·m³，双碳政策和存量市场精细化运营背景下，污水厂开展节能降耗具有重大意义！

基于混合模型驱动的水管家节能降耗诊断分析平台是三峡环境科技有限公司（以下简称三峡环科）融合了行业大型水务公司先进运营经验和高校理论研究基础，并结合长江经济带生态环境国家工程研究中心智能调控课题形成的研究成果。节能降耗是响应国家“双碳”战略的重要举措，有助于减少碳排放，推动绿色低碳发展。

目前，化学药剂费用在污水处理成本中占比显著，通过优化投加量、改进工艺和引入智能化控制系统，可有效减少药剂使用量，直接降低运营支出。其次，减少药品消耗有助于降低对环境的影响。过量使用化学药剂可能造成二次污染，影响出水水质和生态环境，优化药剂使用是实现绿色环保的重要途径。此外，减少药品消耗还能延长设备使用寿命，降低维护成本，提升整体运行效率。因此，推进药品消耗的节能降耗，不仅是经济效益的体现，更是实现环保目标和可持续发展的重要举措。

三峡环科以水管家作为治水新模式，业务管理的要素不再单独局限于某一个、N个厂站，而是涉及到水务各类业态的集中统一管理，同时也涉及到长江生态环保集团有限公司（以下简称环保集团）的整体统筹管理，如何增强环保集团水务的核心运营能力和水平，是水管家模式下业务需求的重点。

二、项目总体情况

项目名称为“城市水管家节能降耗诊断分析平台”，由三峡环科独立开发完成，融合了行业大型水务公司先进运营经验和高校理论研究基础，并结合长江经济带生态环境国家工程研究中心智能调控课题形成的研究成果。平台统筹考虑水质、水量要求、经济运行成本、设备状态等多要素。深度应用数字化、自动化前沿技术，系统集成机理模型、数据模型及寻优算法，对水厂运行成本、关键问题进行分析及诊断并提出工艺优化控制策略和设备调度执行策略。完成从数据管理到计算模拟到分析决策再到调度执行的全链条一体

化。以全自动、高可靠、智能化实现水厂节能降耗、出水稳定、节省药剂等目标，提升水厂智慧化水平。

平台在芜湖城南厂二期、九江芳兰厂、六安城北厂等数十个水质净化厂进行功能验证，取得了良好的分析诊断效果，对厂站工作人员运维提供较大帮助。

三、项目解决的具体问题

1、高能耗与高成本问题

污水处理厂是能源密集型设施，能耗主要集中在曝气、泵送、污泥处理等环节。高能耗直接导致运营成本居高不下，尤其是电费和药剂费用占比较大。通过节能降耗，可以显著降低能源和化学品消耗，从而减少运营成本，提升经济效益。

2、环保压力与排放标准提升

随着环保法规日益严格，污水处理厂需要满足更高的出水水质标准。传统的高能耗、高药剂消耗模式不仅难以持续，还可能因过度使用化学品造成二次污染。节能降耗项目通过优化工艺、引入高效设备和技术，能够在降低能耗的同时确保出水水质达标，减轻环境负担。

3、资源浪费与效率低下

许多污水处理厂存在设备老化、工艺落后、运行效率低等问题，导致能源和资源浪费。节能降耗项目通过技术改造和智能化管理，能够提高资源利用效率，减少浪费，实现可持续发展。

4、碳减排与绿色发展需求

污水处理厂的能耗和化学品使用与碳排放密切相关。节能降耗是推动污水处理行业实现“双碳”目标的重要途径，有助于减少碳足迹，促进绿色低碳转型。

四、项目创新点

1、全链条一体化智能决策

集成机理模型、数据模型及寻优算法，实现从数据管理、计算模拟、分析决策到调度执行的闭环优化。

2、多要素协同优化控制

统筹水质、水量、经济成本、设备状态等因素，动态优化工艺控制和设备调度策略。

3、高级数字化分析决策平台

深度融合数字化、自动化技术，构建高可靠、高智能的节能降耗系统，提高水厂智慧化水平。

五、应用场景和运行实例

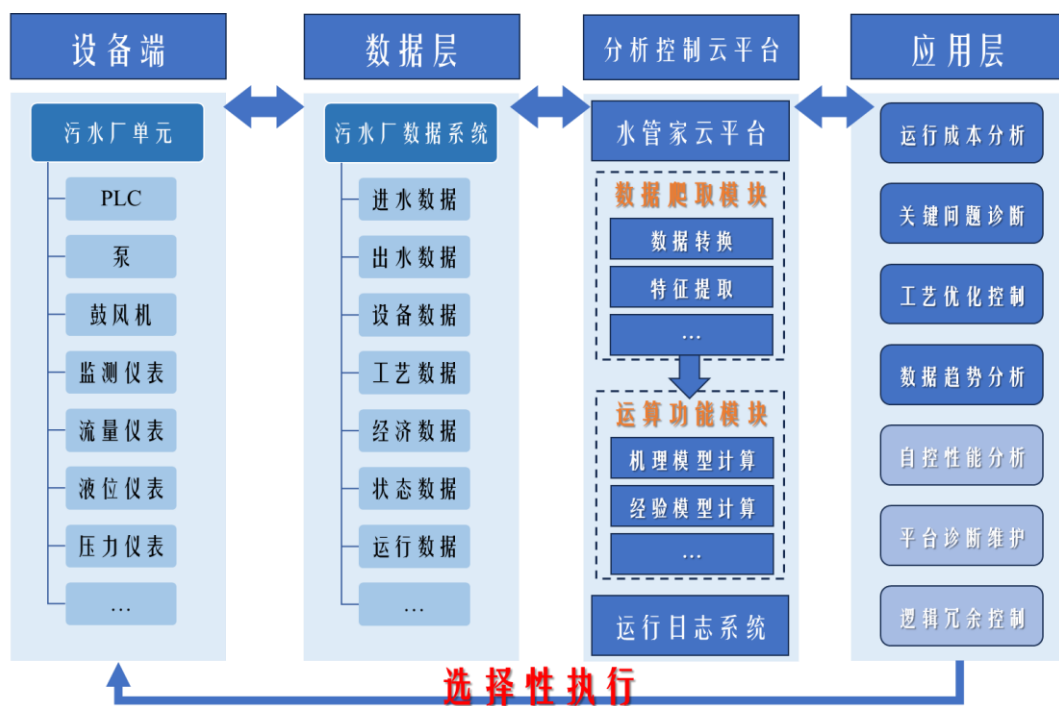


图 1 基于混合模型驱动的水质净化厂节能降耗诊断分析平台示意图

平台核心计算策略分为了数据输入、多元数据融合、数据库建立、分析诊断、执行建议五个步骤。数据输入主要为采集全面、实时的运行数据，为后续分析提供基础。多元数据融主要将水质净化厂多元素数据整合并一键快速生成分析所需特征数据。同时多元数据融也对数据进行清洗，剔除异常值和噪声，确保输入数据的准确性和有效性，便于后续模型分析。

■ 软件平台数据清洗及特征提取



图 2 自主开发多元数据融合软件

数据库主要为构建系统化的知识库和数据支撑平台，为分析诊断提供深度支持。内容主要包含：经验知识库、运行历史库、工艺模型库、算法模型库。同时定期更新数据库内

容，确保知识和模型与最新运行情况保持一致。此外，数据库支持自学习功能，根据新数据优化已有模型。

分析诊断主要是基于数据和模型的综合分析，识别问题并计算优化方案。其核心功能主要包含：数据分析、问题诊断、优化计算。综合水质、工艺和历史数据，提取关键特征并识别异常。动态预测未来水质变化趋势，为提前决策提供依据。基于经验与机理模型，动态计算药剂需求量。并结合目标（如节约成本、稳定水质），优化投加策略。

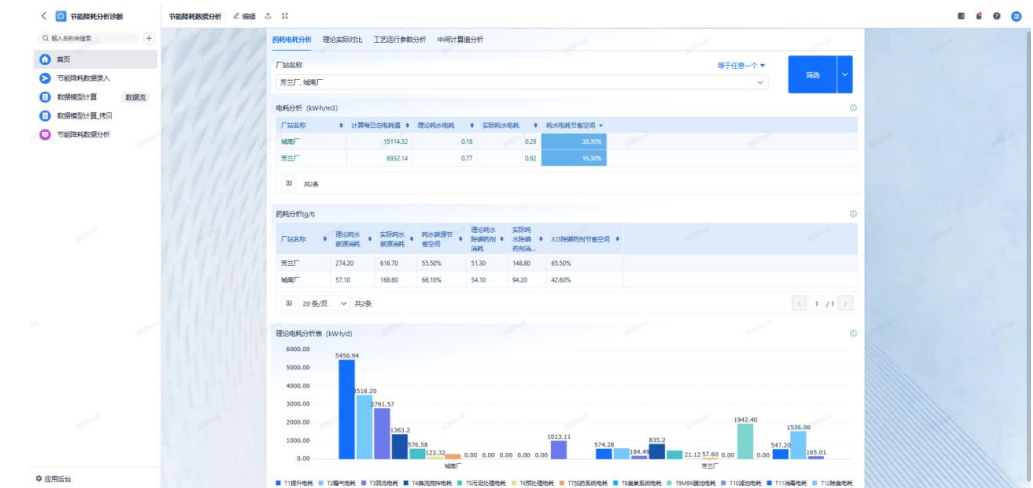


图 3 节能降耗分析诊断软件界面

调控建议主要以生成可视化的调控方案并推动执行实现闭环优化为主。输出内容包括投加策略建议、可视化展示、自动执行与人工审查。如6推荐具体投加量、投加点分布与调整时间。提供预期效果，如水质改善幅度、药剂节约量等。图形化显示实时水质状态、加药执行情况和历史对比数据。输出投加决策的分析依据与调控步骤，便于运维人员理解和验证。



图 4 分析诊断决策及选择性执行建议

六、项目实施效果和效益分析

目前环保集团已运营水质净化厂156座，主要成本指标为：吨水电量为0.36kwh/吨水、吨水电费为0.22元/吨水，吨水药剂费0.10元/吨水，吨水成本0.61元/吨水；通过三峡环科

城市水管家节能降耗诊断分析平台能系统分析出各工艺水质净化厂理论吨水药耗、电耗、理论内回流量，外回流量，能指导水厂人员有效提升运营管理水平，分析厂站节能降耗空间。预期25年度在长江环保集团所运营厂站全面推广使用，预期产生节能降耗收益约1000万元。

环保集团芜湖城南厂2023年吨水电耗为0.21元/吨，吨水药耗0.19元/吨，经过2024年节能降耗软件及工艺优化调整后，2024年吨水电费0.19元/吨，吨水药耗0.11元/吨。吨水整体成本约下降0.1元/吨，全年节约成本约500万元。后续以2023年-2024年吨水碳源消耗量平均值为基准（169.98g/吨），预计2025年吨水碳源可继续下降10%，即碳源费用可节省约57万元左右。

三峡环科节能降耗数字化诊断分析系统在充分利用现有设备及仪表基础上，替换和新增部分在线监测仪表、加药泵、流量计、电动开关阀、压力变送器、成套定制系统等（系统服务器，系统控制柜，控制系统软件，安装指导，调试，人员培训等），投入精准加药数字化分析控制系统后，通过乙酸钠投加药耗节约、辅助降低鼓风机电耗、污泥处理量等有效减污减排手段，预计在3-4年内实现投资回报。同时，芜湖城南污水厂精准加药数字化分析控制系统具有开放性，可与污水厂现有自动控制模块互通，节省后续污水厂提升改造成本。此外，成套定制的数字化分析系统也可升级增加针对污水厂精准曝气、除磷等的控制策略软件，节省后期额外购置模块的成本。先行搭建芜湖城南厂碳源投加可编程逻辑控制系统实现污水厂节能降碳的自动化控制是实现芜湖城南厂打造标杆水厂的前置条件，具有示范引领作用，可推动污水处理行业的技术创新和发展。通过精确加药控制项目的先行投资能有效降低运行成本，实现对碳源和除磷药剂的精准控制，发挥显著的经济、社会和环境效益；同时，积极引进适合自身工艺流程特点的新技术和新工艺，做到精准监控数据并及时调控；实时监控污水厂水质水量变化，及时对各工艺段参数进行优化调控，在提高污染物去除率的同时实现降本增效，最终可达到标杆水厂建设要求。

七、经验总结和发展建议

1、项目构建模式

（1）多要素协同优化

项目通过统筹水质、水量、经济成本、设备状态等多要素，构建了一个综合性的节能降耗诊断分析平台。平台结合了机理模型、数据模型和寻优算法，实现了从数据管理到计算模拟、分析决策再到调度执行的全链条一体化。

（2）数字化与自动化技术深度融合

平台深度应用了数字化和自动化前沿技术，系统集成多元数据融合、数据库建立、分析诊断和执行建议等功能模块。通过自主开发的多元数据融合软件，平台能够快速生成分析所需特征数据，并确保数据的准确性和有效性。

（3）智能化决策与闭环优化

平台通过动态预测未来水质变化趋势，结合经验与机理模型，动态计算药剂需求量，并优化投加策略。最终生成可视化的调控方案，推动执行实现闭环优化。

2、成功经验：

（1）全链条一体化智能决策

平台实现了从数据管理到调度执行的闭环优化，显著提升了水厂的智慧化水平。通过集成机理模型、数据模型及寻优算法，平台能够高效识别问题并计算优化方案。

（2）多要素协同优化控制

平台统筹考虑水质、水量、经济成本、设备状态等因素，动态优化工艺控制和设备调度策略，有效降低了运营成本。

（3）高级数字化分析决策平台

平台深度融合数字化、自动化技术，构建了高可靠、高智能的节能降耗系统，提高了水厂的智慧化水平。

3、存在的难点和问题

（1）数据准确性与实时性

平台依赖全面、实时的运行数据进行诊断分析，但在实际运行中，数据采集可能存在延迟或不准确的情况，影响分析结果的可靠性。

（2）模型更新与自学习

平台虽支持自学习功能，但如何确保模型能够及时更新并与最新运行情况保持一致，仍是一个挑战。

（3）设备兼容性与升级成本

平台需要替换和新增部分在线监测仪表、加药泵、流量计等设备，这可能带来较高的升级成本。此外，如何确保新设备与现有系统的兼容性也是一个问题。

4、意见建议

（1）加强数据采集与清洗

建议进一步优化数据采集系统，确保数据的实时性和准确性。同时加强数据清洗功能，剔除异常值和噪声，提高输入数据的质量。

（2）定期更新与优化模型

建议建立定期更新机制，确保模型与最新运行情况保持一致。同时，加强自学习功能，根据新数据不断优化已有模型。

（3）降低设备升级成本

建议在设备升级过程中，优先选择兼容性强的设备，并探索成本较低的升级方案。同时，可以考虑与设备供应商合作，争取更优惠的采购价格。

武汉市大东湖核心区污水传输系统工程 PPP 项目

申报单位：中建三局绿色产业投资有限公司

一、项目目的及意义

大东湖核心区污水传输系统工程 PPP 项目是武汉市“四水共治”中“治污水”重点工程，其建设目标是为武汉大武昌片区 130 平方公里内约 300 万居民打造排水收集及传输主动脉，实现中心城区四座污水厂搬迁至北湖集中处理，解决区域雨、污水收集处理、溢流污染等问题，改善城区生态环境、优化城市污水处理设施布局、提升城市功能与环境品质，助力长江大保护战略实施。

项目作为内地首条正式建成和投入运营的城市污水处理深隧工程，其代表的“深隧传输、集中处理”城市污水治理新模式，践行绿色、环保的建设理念，有效推进城市核心区域污水处理厂提标改造，改善城市人居环境，并避开地铁及管网等浅层地下空间设施，预留宝贵的城市地下空间资源，为大城市解决人口高度密集城区污水处理难题提供参考范例。

二、项目总体情况

大东湖核心区污水传输系统工程 PPP 项目，工程总投资 30.29 亿元，实施机构为武汉市水务局，由中建三局作为社会资本方与武汉市城投集团合资组建项目公司，负责投资、建设、运营等全过程管理工作。

表 1 项目参建单位一览表

实施机构	武汉市水务局
政府出资方代表	武汉市城市建设投资开发集团有限公司
社会资本方	中建三局集团有限公司
建设、运营单位	中建三局湖北大东湖深隧工程建设运营有限公司
设计单位	武汉市政工程设计研究院有限责任公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、泛华建设集团有限公司联合体
施工单位	中建三局集团有限公司

本项目属于市政污水处理领域，主要功能为收集武汉大武昌片区污水，通过“强化预处理+深隧传输”的方式将污水输送至北湖污水处理厂进行深度处理。建设内容主要

分为污水深隧系统和地表完善系统两部分，其中，污水深隧系统含主隧及支隧，用于传输污水。主隧全长 17.5 公里，直径 3 到 3.4m，埋深 30 到 50m；支隧全长 1.7km，直径 1.65m，埋深 20-30m；地表完善系统用于污水入隧前的预处理，包括 1 座污水提升泵站和 3 座污水预处理站。

项目横跨武昌、青山、洪山与东湖风景区，服务范围约 130 平方公里，服务人口约 300 万人，近期实现 80 万吨/日的污水传输规模，远期将达到 100 万吨/日的规模。项目于 2020 年 8 月 30 日正式运行，日均传输污水约 60 万吨，截至 2025 年 2 月，累计传输污水超 8.8 亿吨。



三、项目解决的具体问题

随着城市化发展和环境品质要求不断提升，武汉城市核心区污水处理、内涝防治以及溢流污染问题日益严峻。通过建设大东湖深隧项目，主要解决以下问题：

1、解决污水处理厂与城市发展格局的矛盾

武汉市核心城区内现有沙湖、二郎庙和落步咀 3 座污水处理厂，其中沙湖污水厂位于内环，是武汉市最早建成的污水处理厂；二郎庙污水厂地处二环内，落步咀污水厂位于城市副中心杨春湖，紧邻武汉火车站。

以上三厂均位于武汉市当前及未来发展的重点区域，面临城市发展导致污水处理厂中心化的问题。污水处理厂与周边地区的功能定位格格不入，阻碍土地资源价值释放，影响地区发展。

2、解决与城市环境保护要求的矛盾

项目建设前大东湖生态水网范围内 76%的湖泊水面达不到水环境功能区的要求，东湖、沙湖等 5 个湖泊水质不达标，其中沙湖水质属于劣 V 类。

三厂均采用二级处理工艺，尾水水质达一级 B 标准，与武汉市要求的一级 A 标准有较大差距。处理尾水经港渠排入长江，影响沿线水质及生态环境。汛期期间尾水随雨水排入沙湖，影响湖泊水质。同时三厂紧邻商业及住宅小区，卫生安全防护距离严重不足。

3、解决污水处理厂厂区升级、扩建需求与用地限制

沙湖污水厂处理能力不足，改造扩建无土地资源可用。二郎庙、落步嘴污水厂虽然预留空地，但无法从根本上解决处理厂与地区发展、土地利用的矛盾。

4、完善区域配套排水管网设施

片区雨污水分流改造及管网设施不完善，影响污水处理厂进水水质。沙湖、二郎庙污水系统仍有部分污水未接入污水处理厂，落步咀系统因为管网滞后，污水处理厂实际进水水量与厂区建设规模不符。

四、项目创新点

1、科学规划、合理设计

（1）设计理念创新

内地首次采用深层隧道传输污水，充分利用深层地下空间（地下 20-50m），避免长距离管道施工对地表的大面积占用破坏。主要污水处理构筑物采用全地下式结构，地下是厂房、地上为绿植，减弱邻避效应，改善周边人居环境。

（2）设计技术创新

针对隧道入流、排气淤积等设计难点，研发国内首个污水深隧数学和物理模型，提出低溶气高消能涡流式竖井结构形式与基于临界不淤流速的输水工艺，确定不淤流速、断面尺寸等关键参数。提出“管片+二衬+渗透结晶材料”的污水隧道结构设计，保障隧道百年耐久，较国内外其他深隧设计的可靠性更高，系统运行风险更低。

（3）工艺与设备选型优化

通过理论分析、CFD 模型、物理模型对压力流和重力流传输方式进行方案比选，确定深隧传输采用压力流方式，显著降低隧道末端泵站的扬程，减少日常运行能耗。预处理站水泵及风机等设备均采用高效、节能产品，可匹配来水量的不断变化，减少电耗。场站供电采用新型无功补偿装置，提高功率因数，减少无功损耗。

2、绿色施工、高效建设

（1）应用绿色环保材料

研发固废大掺量预制盾构管片，实现水泥等强条件下 50%粉煤灰掺量，同时提高管片抗渗能力，促进废弃资源高值利用。所有盾构管片均采用预制流水线式生产，有效保

障管片及预埋件的生产精度，提高生产效率与质量合格率。

（2）创新施工技术

研发长距离小直径隧道掘进及二衬施工设备，提出小断面超深竖井高效施工技术，并在国内首创小断面超薄二衬多作业面连续同步施工技术，解决污水深隧施工难度大和效率低的问题，实现隧道安全、高效建造。

（3）重视施工节材降耗

应用 BIM 技术开展施工精细化模拟，减少工程废料产生。对基坑降水、盾构耗材、盾构渣土等回收直接利用或处理后作为工程材料二次利用。施工临建生活区安装空气能热水器，减少能源消耗。

3、智慧运营、管理创新

（1）智能化运营管理

搭建涵盖系统智慧运营，结构健康监测，机器人水下巡检以及无人机巡线的深隧智慧管理系统，实现深隧上下游物联感知，运维数据智能分析、调度策略智慧调整、系统风险准确预测，巡检作业无人化远程控制，显著提高运营管理效率。

（2）加强资源利用

根据工程设计文件，预处理厂细格栅及精细格栅需用自来水进行反冲洗。项目经过研究实践，创新采用临近污水处理厂排放的中水替代自来水冲洗格栅，每年节约自来水 86.4 万吨。

五、应用场景和运行实例

大东湖核心区污水传输系统工程 PPP 项目是武汉市为解决城市核心区污水治理难题，改善城市水环境质量而实施的重要基础设施项目。项目实施前，武汉市城市核心区内存在沙湖、二郎庙、落步嘴三座污水处理厂。污水厂毗邻重要商圈、居民小区以及公共设施，已被城市中心化。三厂处理能力（ $45 \times 104 \text{m}^3/\text{d}$ ）和尾水水质标准（一级 B 标准）均无法满足城市发展与环保要求。

通过实施本项目，建设沙湖污水提升泵站（处理规模 $1 \text{m}^3/\text{s}$ ，下同）、二郎庙预处理站（ $9.8 \text{m}^3/\text{s}$ ）、落步咀预处理站（ $5.7 \text{m}^3/\text{s}$ ）、武东预处理站（ $2.4 \text{m}^3/\text{s}$ ）以及污水深隧系统。将原有三厂的污水进水预处理后经深隧输送至北湖污水处理厂集中处理。实现上游区域来水全预处理、全传输，日传输污水约 60 万吨，区域污水处理规模从 45 万吨/天提升至 80 万吨/天，处理能力提高近 80%，出水标准由一级 B 提升至一级 A，有效提升城市污水收集和处理能力，减少合流污水溢流污染，优化城市基础设施布局，为改善城

市水环境提供有力支撑。

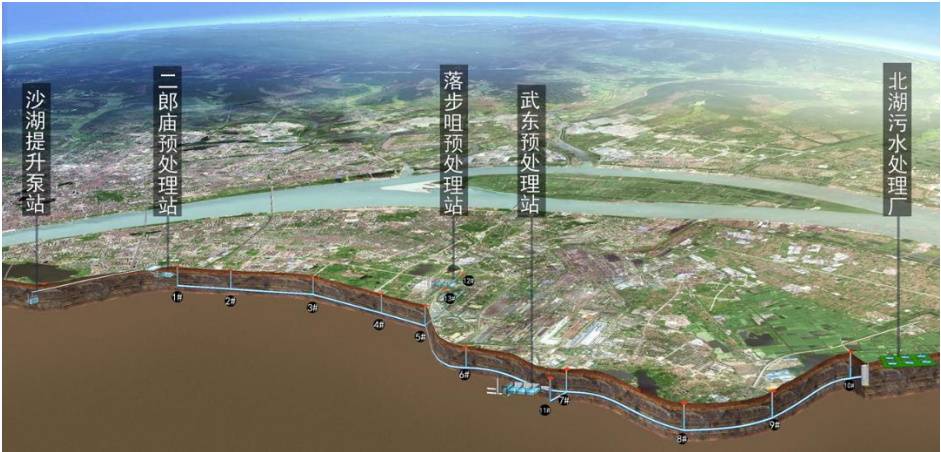


图 2 大东湖深隧工程透视图

本项目投入运行后，污水提升泵站、预处理站以及配套管网运行稳定。相比于原有污水厂，预处理站占地面积小，极大释放周边土地资源，促进土地潜在价值实现。预处理站整体采用全地下式结构，地下为污水处理工艺单元，地面为绿植及管理用房，环境友好度更高，消除污水处理设施的“邻避效应”。



图 3 二郎庙污水处理厂与二郎庙污水与处理站占地对比



(1) 地表景观



(2) 地下生产单元

图 4 二郎庙污水预处理站

污水在预处理站中依次通过粗格栅（20mm）、细格栅（6mm）、曝气沉砂池、精细格栅（3mm），在去除污水中漂浮物、丝状物和粒径 0.2mm 以上的砂粒后进入深隧。预处理过程中的废气经生物除臭排出，废渣由专业队伍定期清运，并进行无害化处理。



图 5 废气处理及检测

污水经深隧传输，最终输送至北湖污水处理厂，经“多模式 AA0+深度处理+MBR”组合工艺进行处理，日处理规模 80 万 m^3/d 。尾水水质优于一级 A 标准，最终排入长江。自 2020 年 8 月 30 日投运以来，深隧日均传输污水约 60 万 m^3/d ，累计传输污水超 8.8 亿吨。



图 6 污水入流



图 7 北湖污水处理厂

针对国内城市排水深隧工程较少，深隧运行维护技术与经验欠缺，项目首次将智慧水务理念应用于城市排水深隧管理，研发污水深隧智慧运维系统，形成智慧深隧运营平台、结构健康监测系统和深隧巡检系统。

污水深隧智慧管理平台，具备对深隧运行工况、设备及人员管理等数据的全面收集、多维分析、立体展示，并建立深隧与上下游设施的智能联合调度体系，保障深隧高效运行。同时，研发国产化深隧淤积模型并嵌入智慧管理平台，构建深隧淤积风险评估层次分析方法，实现深隧淤积厚度实时预测及淤积风险实时预警。

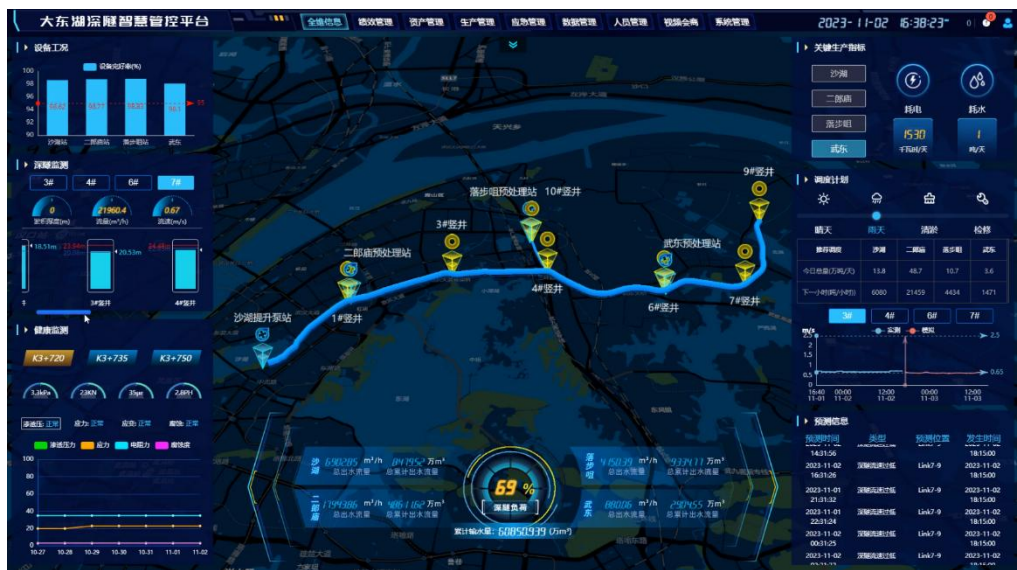


图 8 污水深隧智慧管理平台

结构健康监测系统可在线监测深隧结构内力、渗压、腐蚀等关键参数，结合深隧结构健康三级预警模型，实现运营期隧道结构安全智能监控、准确预警。



图 9 深隧结构健康监测系统

研发全球首台污水深隧智能巡检机器人，可在高水压、长距离、大流速和低可视度条件下实现自动巡检，检测深隧渗漏、淤积并进行清理。定位精度在 1m/km 以内，淤积检测精度 5cm，裂缝检测精度 0.2mm。



(1) 机器人本体



(2) 机器人下放笼



(3) 机器人下放



(4) 深隧检测

图 10 深隧巡检机器人

同时，通过无人机地表巡检系统，远程监测并识别隧道沿线地表的风险源，保障深隧运行安全。

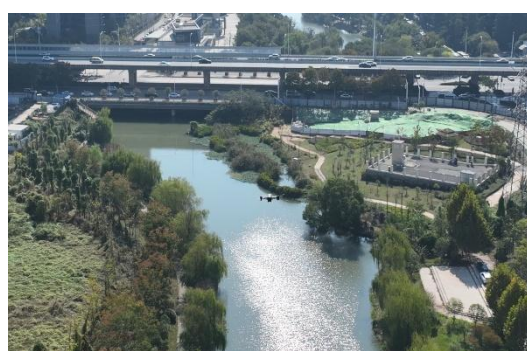
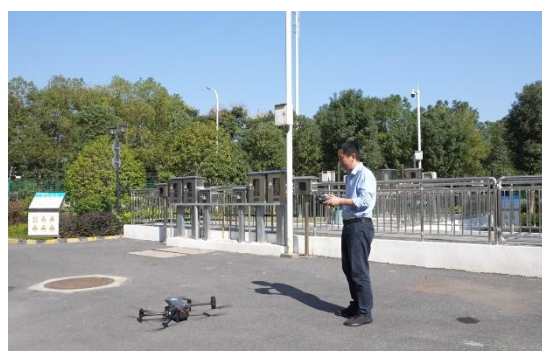


图 11 无人机巡线

六、项目实施效果和效益分析

大东湖深隧项目是武汉市重点建设的民生工程，关系到片区百万居民的民生福祉。

项目的建成推动了城市核心区污水处理厂的改造，通过高标准离子除臭、负压收集等多重措施有效解决了污水厂周边的邻避效应问题，改善了周边自然生态，营造城市核心区宜居环境，显著提高了市民获得感、幸福感。

自投产以来，项目运行高效平稳，实现上游来水全预处理、全传输，日传输污水约 60 万吨，区域污水处理规模从 45 万吨/天提升至 80 万吨/天，处理能力提高近 80%，城市污水出水标准由一级 B 提升至一级 A。项目的实施有效解决武汉市核心城区污水处理难题，大幅减少对周边江河湖泊生态环境的污染，整体推动长江生态环境质量持续稳定提升，助力国家“长江大保护”战略实施。

项目实现了武汉大武昌片区污水的统一收集、集中处理，降低污水单位处理成本。同时，项目建设推动沙湖、二郎庙以及落步嘴污水处理厂的土地腾退，预计可节约土地面积 488163.2 平方米，为城市发展提供宝贵土地资源。基于项目科技创新成果形成的城市污水深隧建造与运营成套技术，在深隧规划设计、建造施工与运行维护阶段，节约水、电、材料等消耗以及人工投入，创造经济效益 2 亿余元。

七、经验总结和发展建议

针对武汉大东湖生态水网核心区内老旧污水处理厂提标改造需求迫切，以及区域发展导致污水厂中心化的问题，项目在国内首次成功应用“深隧传输、集中处理”的全新模式，解决城市污水治理难题。

1、项目构建模式与成功经验

（1）规划设计先行：立足于全面解决大东湖地区内的水环境问题，采取整体规划、分项建设的设计思路，贯彻近、远期结合、分步实施的方针，合理确定工程近期及远期建设规模，使工程建设与城市的发展相协调，最大程度地发挥工程效益。

（2）政府主导与社会参与：本项目采用 PPP 模式，由政府作为项目的主导方，负责统筹协调各方资源，同时引入社会资本和专业技术力量，形成多元化的投资和建设模式，共同发挥优势，助力项目目标实现。

（3）先进技术应用与科学管理：，充分发扬创新能力，加强“新技术、新材料、新设备、新工艺”的攻关研发，研发城市污水深隧工程设计、建造与运维关键技术体系，并着重提高施工与运营统筹管理水平，提高工程的质量和效率。

（4）环保理念贯穿始终：在项目的规划、设计、建设和运营过程中，始终贯彻环保理念。在规划设计阶段，优化工程设计参数，降低工程对环境的影响，减少后期建设与运行投入。在施工阶段，开展技术创新，应用绿色环保材料，节约水、能源、材料投入，

提高建设质量。在运维阶段，应用智能化的管理系统，改进设备运行和维护手段，降低管理成本，加强对水、气、声、渣的管控，营造适宜的人居环境。

2、存在难点和问题

（1）技术挑战多：深隧工程建设涉及多个技术领域，如地质勘探、隧道掘进、污水处理等。在复杂的地质条件和施工环境下，可能会遇到复杂技术难题和挑战。

（2）运营维护难度大：污水深隧工程运营维护需要专业的技术和管理团队，对设备的维护和检修要求较高。同时，由于隧道深埋地下，运营期间可能会面临安全隐患和应急处置等难题。

3、意见建议

（1）强化技术研发和人才培养：加大在隧道掘进、污水处理等领域的技术研发力度，培养一支高素质的专业技术和管理团队，为项目的顺利实施提供人才保障。

（2）完善运营维护体系：建立健全的运营维护体系和管理制度，加强设备的维护和检修工作，提高运营维护的水平和效率。同时，加强安全隐患排查和应急处置能力建设，确保项目的安全稳定运行。

（3）加强环保宣传和公众参与：持续加强环保宣传工作，提高公众对污水深隧工程的认识和支持度。同时，积极引入公众参与机制，让公众参与到项目的决策、建设和运营过程中来，形成共建共治共享的良好局面。

城市内湖遗爱湖水生态环境治理修复实践

申报单位：湖北省生态环境科学研究院（省生态环境工程评估中心）

联合申报单位：中铁十一局集团有限公司

一、项目目的及意义

遗爱湖地处湖北省黄冈市中心城区典型的城市内湖，水域面积 3.16 平方公里。至本世纪初，由于城市快速发展和城区 20 多万人生活污水直排，导致湖泊水质长期处于劣Ⅴ类，连续被第一轮、第二轮中央生态环保督察督办整改，水环境治理与修复压力巨大。

2020 年以来，黄冈市坚持“控源、扩容、净水、严管”多措并举，创新“政府主导、科技支撑、工程实施”协同治理模式，全面推进遗爱湖水环境综合治理工程实施，旨在通过系统治理和生态修复，全面改善遗爱湖水环境质量，提升水生植被覆盖度，恢复湖泊生态功能，构建健康稳定的水生态系统，实现“水清、岸绿、景美”的治理目标，为市民提供优质生态休闲空间，提升市民生活品质和幸福感，带动周边土地增值和文旅产业发展，为城市绿色经济和可持续发展注入新活力。

二、项目总体情况

遗爱湖水环境综合治理项目以湖北省生态环境科学研究院为主要技术支撑单位、以中铁十一局为总承建单位，由遗爱湖水环境综合治理指挥部统筹全局，有序推进。项目总投资 7.78 亿元，项目于 2023 年 6 月通过竣工验收，目前运行稳定，效益良好：

1、完成遗爱湖沿线外源截污与排口监管

封堵环湖污水排污口 48 处，取缔湖内围网养殖和环湖 32 处畜禽养殖点，采用入河排污口巡查与信息管理系统对 14 处重点排口开展常态化监测管控。

2、建成管线调蓄及智能分流工程

结合城区地下管网普查成果，完成管网、箱涵清淤和环遗爱湖 9 条道路主管网修复，对遗爱湖污水处理厂进行扩容改造；通过管线调蓄及智能分流，对降雨量 4mm 以下初雨进行调蓄处理。

3、完成湖区生态清淤和水生植被修复

累计清淤 43.45 万方，妥善转运并处置遗爱湖内源污染；种植挺水植物、沉水植物

138 万平方米，湖区水生植被覆盖度提升至 46.7%以上。

4、实施长河遗爱湖水系连通工程

通过进水闸和 2.4 公里顶管建设，将遗爱湖与长河全线贯通，解决了枯水期遗爱湖生态补水难题。

建成遗爱湖智慧管控平台。通过在主要入湖口及湖心建设水质水文自动监测系统，搭建遗爱湖水质水量耦合模型，实时水生生物人工智能快速监测，对湖泊入湖污染物通量、水质变化动向及水生态演变进行实时掌控，为政府及环境保护部门科学决策提供有力支撑。

三、项目解决的具体问题

1、彻底解决了遗爱湖沿湖雨污溢流入湖问题

项目通过遗爱湖周边淤积管网清淤、环湖道路管网功能性和结构性缺陷修复、遗爱湖污水处理厂扩容改造，有效解决了降雨期间由于城市生活污水收集管网破损及污水处理厂处理能力不足而导致的城市生活污水和雨水混合溢流入湖问题，有力促进了周边城区生活污水收集处理提质增效。

2、妥善解决了遗爱湖历史遗留内源污染问题

项目通过湖区内源污染详查和局部生态清淤，累计清除污染严重底泥 43.45 万立方米，解决了由于历史高密度渔业投肥投饵养殖和生活污水直排导致的湖区内源污染累积，将底泥有机质含量由 12%降至 4%。同时，采用沸石+牡蛎壳复合基质改良湖床 120 公顷，增强底质氧化能力，有效解决了遗爱湖内源污染问题。

3、科学解决了遗爱湖水生态功能退化问题

项目通过取缔湖区围网养殖、敷设生态围格、生态网膜，科学配比种植水生植物，投放滤食性鱼类 30 万尾等措施，对遗爱湖水生态系统进行了重构，有效解决了遗爱湖水生态系统退化的问题。目前湖内水质总体稳定在 IV 类及以上，水生植被覆盖度达到 46.7%以上，水生态状况良好。

4、高效解决了遗爱湖环境监管能力不足问题

项目通过在湖心及主要入湖口布设水质水文自动监测站点和重点排口自动采样系统，可实现对重点排口和湖泊入湖污染物通量、水质变化动向及水生态演变的实时监管，有效提升了地方环境监管能力和智慧化水平。

四、项目创新点

1、城市内湖初雨调蓄和智能分流技术，有效拦截城市面源污染入湖

在沿湖岸边城市道路地下建设调蓄主管网接通至城市污水处理厂，在现状溢流排口处设置智能分流井截流入湖雨污水。智能分流井内设置有污水水质监测、井内水位监测等仪器设备，通过实践模拟调整参数，最终实现晴天时将污水全部截留至排水主管道汇入污水处理厂处理；雨天时截留初期雨水及部分溢流的污水排至污水处理厂进行处理，降雨后期的干净雨水排入遗爱湖，有效拦截城市面源污染入湖。

2、沉水植物恢复带水抛种技术，有效提高植株成活率，减少水体扰动

沉水植物恢复施工中，常采用降水施工的方式以保证种植效率和存活率，需要降低湖泊水位，且施工会对湖泊底质造成扰动。针对遗爱湖存在的杂食性鱼类过多、底泥营养盐负荷高、水体浑浊等水生态环境难题，以及水面宽阔、岸线长、水体深、雨季水量交换大等复杂的水文条件，遗爱湖在修复前期选取水深从 0-3.9 米，面积约 3 万平方米的区域建设了生态修复试验区，通过开展工程试验与设计纠偏工作，比选集成水体营养盐与污染物沉降、食物网调控、以及内源污染物钝化等技术手段，实现了带水抛种沉水植物和浮叶植物，在施工全过程不排水、不降水的同时，保持修复水域水清见底，水质达到了地表水Ⅲ类，水草存活率达到 98%。

3、排污口远程智能采样终端，有效管控重点排污口污染排放

为了满足野外环境下排污口实时监管需求，在遗爱湖周边重点排口布设了全自动智能采样设备。该设备采用创新的采样方式和监管手段，通过在重点排口布设智能采样终端，实现等比例混合采样、同步备份采样（平行样）、远程即时采样等多种采样功能，有效解决了现场人工采样工作量大，时效性不高、样品代表性不强等问题。通过样品防伪技术手段，可对采样的业务流程进行闭环管控，有效杜绝样品的弄虚作假，可实时抽查排污口排放情况，可实时、随时、远程对排口进行采样和监测管理。

4、水生生物人工智能监测技术，有效提高监测时效和准确率

针对传统水生生物鉴定耗时较长、对鉴定人员专业要求较高等难点，项目技术支撑单位研发了水生生物智能检测系统，实现了水生生物的人工智能鉴定和密度、生物量的快速准确计算，目前设备可实现样品混匀、自动进样、显微拍照、管道清洗、自动识别、密度和生物量计算、报告生成等功能，真正实现了水生生物从检测到生成报告的全程自动化。该设备已在遗爱湖水生态跟踪监测和水华应急监测中使用，监测速度快，精度高，得到黄冈市政府及环境保护部门的高度认可。

五、应用场景和运行实例

遗爱湖水生态环境治理修复实践项目的实际应用场景主要集中在黄冈市中心城区

遗爱湖流域，涵盖了污水调蓄、生态清淤、植被修复、智慧管理等多个方面：

1、初雨调蓄和智能分流

（1）应用场景

针对未实现且未有条件进行雨污分流且雨季城区污水处理厂处理能力不足的城区，通过在城市道路地下建设调蓄主管网，并接通至城市污水处理厂，可通过智能分流井、闸门井布置，进行初期雨水的收集，减少强降雨条件下雨污混合溢流污染。

（2）运行实例

遗爱湖水生态环境治理修复实践项目，建设了管径为 2-3 米的管道 8.1km，4 座智能分流井、1 座闸门井、1 座末端提升泵站。通过管线调蓄及智能分流工程，实现了雨污分流，可对降雨量少于 4mm 情况下初雨进行收集调蓄，减少了雨季入湖污染负荷。

2、内源污染生态清淤

（1）应用场景

针对底泥存在重度污染或特征污染的小型浅水湖泊，可结合底泥污染详查结果，开展底泥生态清淤，清淤区域和清淤深度、清淤方式可根据实际情况调整。

（2）运行实例

通过生态清淤工程，清除了遗爱湖污染较重区域的底泥，总工程量 43.45 万 m³，削减了内源污染；同时对排口区域进行微地形改造，微地形改造面积 10 万 m²，为后续湖泊水生植被修复提供了有利条件。

3、水生植被高效恢复

（1）应用场景

针对湖泊水深在 1.5-3 米，透明度在 2 米水深的区域，采用带水抛种法开展水生植被恢复，可有效提高植物存活率，减少对湖泊底质扰动和对水位要求。

（2）运行实例

采用带水抛种法实施遗爱湖水生植被修复，修复面积 138 万平方米，水生植物存活率达 98%。通过水生植被恢复，构建了“水下森林”生态景观，有效提升了水体透明度和水质净化能力，满足了公众亲水休闲需求。

4、流域智慧化监管体系

（1）应用场景

针对缺乏水质在线监测和实时监控，存在数据缺乏、管理难等问题的河湖，可通过智慧化管理手段，提高对河湖的管理效率和科学性。

（2）运行实例

结合遗爱湖入湖通量监测系统、重点排口实时监管系统、视频监控系统和水生生物智能识别系统建设，建成遗爱湖智慧水务控制中心，将湖区水质监测点、排口视频监控、水生生物类群变化及水华情势等联网并入，实现了对湖区水环境的实时监测管控。

六、项目实施效果和效益分析

1、生态效果

经过综合治理，遗爱湖水质已从劣Ⅴ类转变为Ⅳ类，其中局部水域水质达到Ⅱ-Ⅲ类标准。核心污染物指标显著下降：省控点位氨氮平均浓度较工程实施前下降 57.8%，总磷平均浓度下降 61.9%。湖泊水生生物多样性明显提升，现存鱼类 32 种，水生植被覆盖度大于 46.7%，构建起“水下森林”生态景观，湖泊生态系统稳定性明显改善。

2、经济效益

通过项目实施，遗爱湖总体生态环境质量明显改善，有效带动了周边文旅休闲产业发展。2024 年春节期间，遗爱湖公园共接待游客 65 万人次，高峰期每日游客达 8 万人次。遗爱湖美术馆“奋进新征程 礼赞新时代”、黄冈市书画联展等相继召开，累计接待游客 1 万余人次。建设馆、纪念馆等 9 大展馆参观游客络绎不绝，每天都达到了最大接待量的 80%。随着遗爱湖水生态环境持续改善，遗爱湖公园入园人数、旅游收入、人气活力持续刷新历史新高。

3、社会效益

本项目的实施保障了黄冈市民早日在遗爱湖公园体验健康的水生态系统环境，周边 2 万居民生活环境质量显著提升。随着“水韵荷香”、“江柳摇村”等 8 个核心景区相继完工，湖岸线增设 12 公里亲水步道、8 处观景平台，日均健身市民超 5000 人次，成为城市“天然会客厅”，不仅改善了城市人居环境，更提升了城市品质和竞争力，增强了人民群众幸福感。

4、示范效益

如今的遗爱湖，由过去的臭水湖蝶变城市“绿肺”，获得国家 AAAA 级旅游景区、国家湿地公园、湖北省十大最美湖泊等称号。2024 年水质稳定达标天数同比增加 90 天，市民满意度调查显示生态获得感达 92.6 分。本项目的成功实践，充分验证了城市内湖的有效治理路径，为同类型城市内湖治理提供了可复制、可推广的实践经验。

七、经验总结和发展建议

遗爱湖水生态环境治理修复的成功实践，是当地政府高度重视、技术单位支撑有力、

施工单位精准实施的共同结果。通过遗爱湖水环境综合治理实践，我们从中总结了几条经验：

一是污染源精细调查是湖泊水环境综合治理的科学基础。只有详细污染源调查，才能精准识别问题，为后续治理的靶向施策提供关键支撑。

二是无论是工程实施前、中、后期，都要对工程治理成效进行预评估；根据评估结果适时调整工艺参数，实现工程动态优化。

三是综合考虑极端气候、水文条件变化等不利因素对工程成效的冲击评估，提升工程韧性，提前做好应对。

四是构建基于政府统筹、专业运维团队和技术团队通力合作的长效运维机制，保障治理成效可持续性。

五是要借助物联网、大数据分析等智慧监管技术，实现运维管理的智能化，有效降低运维成本。