

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



首届长江大保护 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

2024 年 5 月

目 录

1. 宜兴城市污水资源概念厂.....	1- 8
2. 九江市中心城区水环境系统综合治理一期项目.....	9-17
3. 长江经济带典型化工园区污水治理及生态环境提升工程.....	18-27
4. 安康市江南再生水厂项目.....	28-36
5. 武汉市黄孝河、机场河水环境综合治理二期工程.....	37-49
6. 内江沱江流域水环境综合治理 PPP 项目.....	50-60
7. 城市水管家模式创新与实践.....	61-66
8. “数智赋能·协同共治”泰州健康长江治理新模式.....	67-77
9. 长江大保护的一滴水系列科普视频.....	78-90
10. 三水统筹的常州污水治理实践.....	91-97

宜兴城市污水资源概念厂

申报单位：中持新概念环境发展宜兴有限公司

一、项目目的及意义

建设中国城市污水处理概念厂，是以曲久辉院士为首的国内六位环境领域知名专家于 2013 年发起的重大行业创新活动；其宗旨是以绿色发展的理念，为我国建设具有引领作用的未来水厂，以实现“水质永续、能源回收、资源循环、环境友好”的目标。

宜兴城市污水资源概念厂扎实践行低碳绿色的国际先进理念，集中应用和展示已经和即将工程化的全球先进技术，满足城市可持续发展的战略要求，其对于先进污水处理技术的集成和应用，以及对传统污水处理从单纯的污染物削减到资源回收利用的转变，具有极大的前瞻性和极高的性价比，使公众全方位体验“污水是资源，污水厂是资源工厂”的理念，将成为向社会传递新型污水处理技术集成和资源回收理念的标杆示范工程。

二、项目总体情况

2018 年 4 月，经宜兴市人民政府授权，宜兴市环保科技工业园管委会采取竞争性磋商方式确定中持水务股份有限公司在宜兴实施概念性污水资源厂（污水处理规模 2 万吨/日）的特许经营。依据宜兴城市污水资源概念厂特许经营协议，中持水务股份有限公司会同中国宜兴环保科技工业园发展总公司（代表宜兴市政府出资）、宜兴新概念环境技术有限公司共同出资设立中持新概念环境发展宜兴有限公司，负责宜兴城市污水资源概念厂的投资、建设、运营。

宜兴城市污水资源概念厂项目总投资 3.3 亿元（由企业自筹），新征用地 120 亩，工艺设计由中国市政工程华北设计研究总院有限公司完成，建筑设计由清华大学宋晔皓教授领导的素朴建筑工作室设计完成。建设内容包括：出水排放高标准、工艺可迭代升级的污水处理工艺线一条，处理规模 2 万吨/日；可实现“能源自给、资源回用”的污泥与协同有机质处置工艺线一条，处理规模 100 吨/日（含水率 80%）；内置五条生产型研发线的生产型研发中心一座（2 条千吨级/日、3 条百吨级/日生产型研发线，属国内首创）。概念厂服务范围为宜兴环科园新城生活污水。

三、项目解决的具体问题

1. 践行绿色低碳理念是推进长江大保护的必由之路。长江流域率先实现碳达峰碳中和意义重大，为确保长江经济带实现碳达峰碳中和目标和经济社会高质量发展，发展绿色低碳的水污染控制技术，从污水中回收资源与能源，推进生态长江建设，成为长江经济带发展的必由之路。

2. 绿色低碳环保科技创新是推动高质量发展的重要保障。加大包括污水绿色低碳处理技术的研发与应用，对落实减污降碳、协同增效战略任务具有重要支撑作用；同时，绿色低碳的污染防治标准与规范可倒逼生产生活方式转变，有利于建立健全绿色低碳循环发展经济体系。

宜兴城市污水资源概念厂项目的建立，旨在解决和应对多方面的环境和社会挑战，特别是与长江大保护绿色低碳战略相呼应。围绕“水质永续、能量自给、资源回收、环境友好”四大目标展开，通过引入全球最新的理念和技术，改变和引领中国乃至全球的水处理行业走向，推动污水厂向绿色低碳方向转变，推动长江大保护。

四、项目创新点

宜兴城市污水资源概念厂创新性的提供一流的一站式污水污泥处理研发创新产业化服务。协助助力进场厂家或高校科研机构实现相应工艺设施设备实现从小试到中试再到大试，最后实现产业化。

概念厂建有业界领先的生产型研发中心，现场拥有 8 间总面积超过 400m² 的专业化实验室，可供实验人员进行基础参数测量，研发中心 1 楼为专门的中试大厅，共设计容纳 3 条百吨线，2 条千吨线同时进行中试，并且配备完整的电力系统和从概念厂污水处理各单元接入的污水管道，包括从细格栅、初沉池出水直到二沉池、高效沉淀池出水，并于 2022 年成为国家长江经济带生态环境国家工程研究中心技术验证基地，与多个业界领先高校企业如三系集团、清华大学等建起强有力的合作伙伴关系。

在污水处理方面，可实现对 TN (3 mg N /L) 和 TP (0.1mg P/L) 的极限处理。应用创新性技术包括自主研发的珊氮®活性自持深度脱氮技术、高效加载澄清技术等，与常规处理工艺相比，减少碳源的投加，降低了能耗，真正做到了绿色低碳，同时与常规工艺相比，可节省运行费用 30%-50%。在初沉发酵单元，采用初沉+水解系统实现碳源的有效回收，初沉污泥经过水解发酵，脱水滤液及水解池的上清液中富含 VFA，回流进入生物池的厌氧区，可有效改善厌氧释磷的效果，提高生物除磷效果。多模式生化处理单元采用多种运行模式的切换实现水厂低碳源运行目标，通过阀门和管道的切换、曝气

管和搅拌器的启停，实现多级 AO 和 Bardenpho 工艺之间的灵活切换。通过局部投加填料，可以实现同步/短程硝化反硝化、主流程厌氧氨氧化。

在污泥等有机废弃物处理方面，应用自研的 DANAS 干式厌氧发酵技术，专门针对 15-35%含固率的市政、农业和工业等一种或多种有机固体废弃物的厌氧消化处理技术。具有物料适应性强；高有机负荷和高容积产气率；系统构成简单，可实现标准化、模块化设计和建设，易扩展；占地面积小、建设周期短；设备少，操作简单、检修和维护保养方便等优点。可实现废弃物的无害化、稳定化、减量化和资源化。

五、应用场景和运行实例

宜兴城市污水资源概念厂是首座落地实践的概念厂，传达“污水是资源，污水厂是资源工厂”的新概念，以实现“水质永续、能量自给、资源循环、环境友好”的目标。概念厂采用“三位一体”的形式建设，即由 2 万吨/日的水质净化中心、100 吨/日的有机质协同处理中心和生产型研发中心三部分组成，资产及运营模式独立核算。其中，污水处理部分做到了极限脱氮除磷（ $TN < 3 \text{ mg/L}$ 、 $TP < 0.1 \text{ mg/L}$ ），且其性价比明显优于现行的国内污水厂；有机质协同处理中心可处理污泥、蓝藻、餐厨垃圾和秸秆等，以产生能源和肥料；生产型研发中心由 2 条千吨线、3 条百吨线组成，实时展示验证全球最先进的污水处理技术。



图1 办公楼



图2 “四个追求”的体现



图3 千吨线、百吨线

水质永续：处理后的污水除了达标后排放进河道中，一部分作为厂区景观用水，另一部分会通过砂滤、炭滤、纳滤、反渗透等流程，净化成为可以直接饮用的“永续水”，出水检测完全满足生活饮用水国家标准，可以放心饮用。



图4 直饮水“永续水”

能量自给、资源循环：能源自给率约达 65%-85%。城市生活污水通过净化后，留下的污泥连同秸秆、餐厨垃圾、蓝藻、畜禽粪便等有机物通过高干厌氧及好氧堆肥过程，可加工为有机肥和营养土；产生的沼气则用于热电联产设备，产生的电能和热能用于厂内能量自给，达到了“能量自给、资源循环”的目的。



图5 资源循环&能量自给

环境友好：概念水厂做到出水、出料、出气等所有的排出物对生态环境安全。同时，概念水厂还将结合水厂精致、美观的生态景观设计和建设，给周边公众提供一个环境优美、感官舒适的集参观、休闲、娱乐、活动于一体的公共空间，成为生态综合体。



图 6 环境友好

六、项目实施效果和效益分析

本项目通过在资源收储、设备配置和工艺优化方面的持续优化，目前已实现了厂区

内总能源 65%~85%的自给率，水质净化中心更是实现了 100%能源自给。

1. 环境效益

本项目的实施对缓解地区水环境污染状况有积极的促进作用，可避免或减少污水对周边环境、河网的影响，保护居民正常的生活和工作环境，可有效地减轻太湖流域的水污染问题，为城镇服务，提高卫生水平，保护人民身体健康。随着内河水质变清，使城市环境优美、整洁、卫生，将创造良好的投资环境，可以大大促进经济及旅游业的发展，产生巨大的间接经济效益。

2. 经济效益

本项目中污泥的高效厌氧消化工艺，一方面增加污泥消化产生的沼气量，实现能源的回收，使污泥变废为宝；另一方面减小最终脱水系统的出泥含水率，减小后续处置费用。这种模式的建设符合循环经济和可持续发展理念，同时也具有可观的经济效益。

3. 社会效益

该项目可有效地解决城市水污染问题，可改善城市市容，提高卫生水平，保护人民身体健康。同时，可改善区域环境，促进城市经济发展，解决宜兴市餐厨废弃物出路的问题，扩大社会就业机会等。而项目变废为宝，节约资源，减少了环境负担，对人类生存环境作出了积极的贡献，是最大的社会效益之一。

七、经验总结和发展建议

项目实施过程中，为了追求资源循环与能源回收，也是遇到了诸多困难与挑战。第一个是外源有机质来源问题，宜兴市工业服务业全国领先，但是农业并不发达，导致中持先前所设计的实现能源回收的前提外源有机质获取变得极为困难，缺乏外源有机质如畜禽粪便。为了解决这一困难，一方面中持积极与当地政府沟通，希望寻求政府帮助，另一方面中持探索其他易获得的有机质。最终多方努力下，成功引入蓝藻的藻泥作为外源有机质，一方面帮助政府解决太湖蓝藻爆发的困局，另一方面增加有机质处理量，从而增加产气量，提高厂区的能源自给率。

另一个挑战是在有机质厌氧发酵后作为营养土再利用时，需要添加大量干物质如秸秆调节含水率。然而宜兴市大部分农村秸秆都是直接还田，会造成大量温室气体排放，了解到这一情况后，中持积极与当地农户沟通，陈述利弊，我们和农户达成合作，他们负责收储运，我们来利用他们的秸秆，真正做到资源循环，减污降碳。

1. 经验总结

（1）加强技术创新与集成：成功应用了一系列先进的污水处理技术，如自持深度脱氮、高效加载澄清技术等，实现了低能耗和高效率的水处理。实施了多模式生化处理单元，灵活运用多种工艺流程，以适应不同的处理需求。

（2）追求资源回收与能源自给：通过高干厌氧及好氧堆肥工艺，将污泥、蓝藻等有机物转化为有机肥和营养土，实现了资源的高效回收和利用。建立了能源自给的系统，将产生的沼气用于热电联产，显著提高了能源回收效率和自给率。

（3）深化政府与企业的协同合作：项目的成功实施得益于政府和企业之间的良好合作关系，包括资金支持、政策引导和技术实施等方面的共同努力。成功地将政府的战略目标与企业的技术能力相结合，推动了项目的顺利进行。

2. 发展建议

（1）拓宽有机质资源来源：开发和利用更多样化的有机质资源，如食品加工废弃物、园林废料等，减少对单一资源的依赖，增强系统的稳定性和可持续性。探索城乡结合部、周边工业和农业区域的有机质资源，实现资源共享和互利共赢。

（2）持续技术创新与升级：加大研发投入，持续优化和创新处理工艺和技术，提高处理效率和环境适应性。引入智能化、自动化技术，提升污水处理的精细化管理和运营效率。

（3）加强公众参与和环保教育：通过开放日、教育活动等方式，提升公众对水资源保护和循环利用的认识和参与度。建立多方参与的环保教育平台，促进环保理念的传播和实践。

（4）构建跨领域合作平台：促进水处理、农业、能源、环境等领域的跨领域合作，形成技术共享、资源互补的生态圈。加强与研究机构、高校的合作，共同推动环保技术的研发和应用。

九江市中心城区水环境系统综合治理一期项目

申报单位：长江生态环保集团有限公司

一、项目目的及意义

随着城市发展，九江市十里河、濂溪河居住区面积不断扩大，但排水设施建设相对滞后，导致生活污水直排和雨天溢流污染等问题，造成十里河城区段河道水质污染较为严重，至八里湖汇入点，水体浑浊，河底淤泥沉积明显。很多九江市民用这样的一句话形容十里河水质的变化：“60年代为饮用水，70年代成了浑水，80年代后变成污水”。十里河水质污染不仅影响了城区沿河百姓生活，也损害了九江整体城市品位。

为深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，积极践行生态文明建设，落实习近平总书记关于长江经济带“共抓大保护、不搞大开发”的指示精神。2018年12月九江市人民政府与三峡集团签署九江市中心城区水环境系统综合治理一期项目PPP项目合同。九江一期项目以整体根本改善生态环境质量为核心，以基本消除生活污水直排口、基本消除黑臭水体、基本消除老旧城区、城中村及城乡结合部的管网空白、基本消除城市内涝为目标，按照“总体规划、近远结合、分期实施”的原则，以中心城区问题最突出、治理最迫切、示范意义最重要的工程项目作为治理范围开展水环境综合治理。努力将江西省九江市建设成为水清、地绿、天蓝的绿色生态示范城市，为长江经济带“生态优先、绿色发展”提供示范项目支撑。

二、项目总体情况

表 1 项目基本信息表

工程名称	九江市中心城区水环境系统综合治理一期项目
建设单位	九江市三峡水环境综合治理有限责任公司
施工单位	中国水利水电第八工程局有限公司
勘察单位	上海勘测设计研究院有限公司
设计单位	中国市政工程华北设计研究总院有限公司 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司
监理单位	江苏建科工程咨询有限公司 江苏中源工程管理股份有限公司 九江市建设监理有限公司
运营单位	九江三峡水务有限公司
质量安全监督单位	九江市建设工程质量安全服务站

共分为芳兰区域污水处理综合治理一期、白水湖区域污水处理综合治理一期、九江市中心城区长江排水口污水综合治理、两河（十里河、濂溪河）流域综合整治、八里湖赛城湖控制枢纽、环赛城湖区域污染控制及生态化改造工程6大子项，项目总投资76.99亿元，直接服务人口数79.6万人，服务面积56.5平方公里。以城市总体规划为依据，按照“区域统筹、系统治理”的原则，以水环境污染治理为重点，统筹水安全、水资源配置、水生态修复、水景观提升和水文化传承，围绕“全面截污、排口溯源、源头治理、长效管理”四个环节，通过源头治理、活水畅流、生态修复、智慧管控和法规建设，实现河湖畅清风光美的愿景目标。



图 1 施工内容平面图

三、项目解决的具体问题

作为九江市重点民生工程，在九江市市委、市政府的大力支持配合下，在各级领导及全体参战人员不懈努力和辛苦工作下，以城市水环境质量整体根本改善为目标，坚持系统治理、标本兼治。项目于2022年12月竣工验收并投运。项目主要建设内容包括：改造小区136个，新建雨污水管网307.1公里，管网服务面积新增约200ha；新建调蓄池5座，有效容积3.5万m³；新扩建污水处理厂4座，新增污水处理规模14.5万m³/d；河道治理长度28.4公里，整治两河流域污水直排口50个，长江直排口5个；新建泵站5台。项目实施后极大地提高了污水收集率及雨污管网系统效率，进一步削减合流制溢流及初期雨水污染，减轻污水直排长江造成的污染，保障取水口水源安全；减少了排入其他河道或湖泊的污染物，缓解地表水水污染状况，消除了黑臭水体。完善了九江市新城区的防洪治涝体系，将城区防洪标准由20年一遇提高至50年一遇。在满足城市供水和水环境保护、水

生态改善的前提下，充分考虑景观、水文化及水经济发展等方面需求，发挥九江市河湖水系统综合功能，全面实现河畅、水清、景美的总体目标。

四、项目创新点

1. “厂网河（湖）一体”治理模式创新。

按照“规划引领、对标一流、市场运作、系统治理、长效管护”的原则，创新举措，全面发力实现中心城区生活污水直排口、收集处理设施空白区、黑臭水体基本消除和污水管网全覆盖、全收集、全处理的“三消三全”目标。提出“厂网河（湖）岸一体”治水模式，强调泥水并重、资源能源回收、建设养护全周期的治水方针，实现从“重厂轻网、重水轻泥”向“厂网并重、泥水并重”转变，从应急式运维向常态化运维转变，做到聚焦九江水，规划九江策。

2. 施工质量优良、技术先进的典范工程

针对管网施工点多面广线长，深基坑支护、大口径长距离顶管、大体积混凝土浇筑、多工艺非开挖修复、大管径截污主管导排等多项重难点施工内容。在当时国内无类似工程参考案例时，采用局部树脂固化法、紫外光原位固化法、水泥基砂浆喷筑修复法、机械螺旋缠绕修复法等多工艺，成功对国内直径最大、距离最长的十里河 DN2200 管道进行点状修复、整体修复和检查井整体修复。

3. 打造“地上造绿、地下治污”标杆污水处理厂

地上污水处理厂是目前污水处理的主要形式，但由于处于敞开状态，对周围环境和居民生活会产生不良影响，处理效果时常难以保证，占地面积较大，浪费土地资源。存在环境污染大、噪音污染大、占用土地资源、与自然景观不协调等缺点。一个环境友好的污水厂，应能使厂区环境与周边环境完全协调，在有利于污水厂运行管理的基础上，合理利用污水处理设施的上部空间利用，达到节约土地资源的目的。本工程厂区现状地势为西高东低，西侧及南侧有规划路，东侧靠近小杨河，结合现状地形，本工程创新性采用山地花园式全地下污水厂模式。两河地下污水处理厂结合现状地形，创新性采用山地花园式全地下污水厂模式。厂内除臭设施设计中采用新型的“离子送风+两级生物除臭”工艺，打造环境友好型标杆厂。

4. 坚持常态常抓，推进长效化管护

以常态化的监管、长效化的机制，确保建得起、管得好、见长效。以地方立法的形式出台《九江市城市湖泊保护条例》，建立健全了工程质量监管、排水管网周期排查等14项长效管理机制，初步摸索形成了一套水治理的体制机制。成立由城管、住建、生态环境、市场监管等部门组建的联合排水执法队伍，常态化开展执法，解决了“多头管理”

造成的盲区死角问题。

5. 建立全生命周期智慧化信息系统

针对项目点多面广体量大，为便于项目统筹管理，收集整理各项资料，项目推广应用质量控制信息化管理平台、城市水管家运营管理系统、工程建设安全管控云平台、声像管理系统、项目建设管理一体化系统。

为实现项目长效运营，建立九江智慧水务平台，搭建九江水务智能感知体系、涉水数据资源体系、智慧应用体系以及基础设施支撑体系为目标，融合物联网、模型、大数据等技术手段实现对城市各类涉水要素、水务资产的账册式监管；实现对城市水环境及排水运行指标的实时监管；实现对排水事务的一体化运营调度；实现对管网系统错接混接、偷排溢流等现象的追溯式监管；实现对内涝积水预警预报、模拟分析以及调度指挥；实现对水质恶化态势研判的决策支持与整治效果的监管考核。

6. 推进标准化及科技创新引领

依托项目建设开展科研攻关及标准化建设，形成一系列科技创新成果，包括专利 14 项、省部级工法 1 项、团体标准 3 项、中国市政工程协会 QC 成果 10 项、专著 1 部、论文 7 篇；科技成果获得长江技术经济学会一等奖、中国职工技术协会 2023 年职工技术创新成果三等奖。研发了可复制可推广的智慧水务平台，实现科学管控、智慧调度、全生命周期运行管理，引领治水成效持续提升。

五、应用场景和运行实例

1. 实施了优化河道水源补给、滨岸生境修复和改善、底泥内源治理等工程，保障河道生态需水和生态系统连通，提高河道生态系统生物多样性，优化下游水体水动力条件，确保两河自然水体水质根本提升，全面实现河畅、水清、景美的总体目标。曾经的十里河部分河段恶臭扑鼻，河道内藻类横生如今的十里河全线黑臭现象基本消除，真正做到水清岸绿、鱼翔浅底。



图2 两河（十里河、濂溪河）清淤点治理前后对比

2. 构建了多元化水景观，在十里河上、中、下游分别打造龙门公园、双溪公园、水木清华公园3个生态公园，形成集生态保护、文化旅游、市民休闲为一体的滨河生态景观廊道，让市民更加直观地感受长江大保护的生态价值的转换功效。其中为降低污水厂“邻避效应”的影响，提升周边居民的舒适度。两河再生水厂“隐身”于双溪生态公园综合体中，将地下再生水厂、环境教育展示中心、智慧管控中心融合为“一厂两中心”。



图3 两河（十里河、濂溪河）水木清华治理前后对比图



图4 两河（十里河、濂溪河）流域综合整治工程龙门公园建设前后对比图



图 5 两河地下污水处理厂+双溪公园建设前后对比图

3. 构建智慧水务系统，巩固治理成效。为实现九江中心城区水环境自动监管，科学更高效的进行管网调度，三峡集团打造了“智”的监测系统，以排水户、排水片区、厂网设施为核心，对片区内工况数据进行监测与采集，与城市各类涉水要素、水务资产、项目片区的数据进行整合，形成厂、站、网、河一体化等城市级水务智能调度及运营管理系统，构建“一朵云”（生态云）、“一张网”（监测感知网络）、“一张图”（基于 GIS 的三维可视化系统地图）、“四中心”（智慧感知中心、水务应用中心、指挥调度中心、展示宣传中心）和“一本账”（九江城市绩效评价的生态指标体系）的“11141”中心城区水环境监管体系。



图 6 九江智慧排水管控云平台与地下污水厂实时监测平台

4. 八里湖赛城湖控制枢纽工程是江西省最大泵站枢纽工程、九江市唯一强排出口，应急强排能力达 39.6 万立方米每小时。八赛枢纽工程不仅在长江大保护清源活水模式方面发挥良好的示范作用和社会效应，还有利于完善九江市新城区的防洪治涝体系，将城区防洪标准由 20 年一遇提高至 50 年一遇。2020 年汛期在九江市河湖水位先后全面

超警、长江九江站水位迫近历史最高的紧要关头，八赛枢纽工程发挥出“压舱石”作用，连续平稳运行近 840 个小时，为 60 万九江城区居民的生命财产安全提供有力保障。



图 7 八里湖赛城湖控制枢纽工程建设前后对比图

六、项目实施效果和效益分析

1. 社会效益

九江中心城区水环境治理一期项目试点实施后，减少九江城区污水收集空白区 453.3ha，减少雨污合流制片区约 564ha，污水集中收集率由 29.59% 提升至 67.47%。每天减少约 10 万 m^3 污水直排河道，削减入河污染物 BOD5 约 2839t/年、COD 约 5253t/年，污泥安全处置率 100%，出水达标率 100%，每年向鄱阳湖、十里河实现生态补水 1000 余万 m^3 。两河（十里河、濂溪河）流域综合整治工程各项水质指标明显改善，十里河 7.2 公里黑臭水体正式从住建部平台销号。双溪公园、水木清华、龙门公园建成以来累计接待访客 471 场，共计 2470 人次，是九江市加快绿色发展、加快智造创新、改善人居环境，提升百姓生活幸福感的真实写照。

项目荣获国家部委、地方政府认可，社会示范效益显著，多家媒体宣传报道。2020 年江西省建设工程安全质量监督管理局颁发 2019 年度江西省建筑安全生产标准化示范工地。水利部办公厅和中国农林水利气象工会联合授予江西省九江市三峡水环境综合治理有限责任公司“长江经济带重大水利工程建设劳动和技能竞赛先进集体”称号。2021 年中华人民共和国国家发展和改革委员会将九江市中心城区水环境系统综合治理一期 PPP 项目列为绿色政府和社会资本合作（PPP）项目典型案例。获评中华全国总工会“全国五一劳动奖”。两河地下水水质净化厂（双溪公园）被“双百跨越”污水处理标杆联盟授

予“生态化——生态优美标杆”称号。九江市两河（十里河、濂溪河）流域综合治理工程获中国环境报颁发“2020年生态环境创新工程百佳案例”。2022年九江市生活污水处理设施“厂网一体”建设和运维有关经验做法受到江西省住建厅高度认可并全省推广。2023年九江市“厂网一体”创新运维机制，被住建部推荐为“城市黑臭水体治理及生活污水处理提质增效机制建设工作经验”。《基于PPP模式下的长江大保护工程质量创新管理实践》入选商业科技质量中心联合《企业管理》杂志社2022年企业质量管理优秀案例。工程获天津市“海河杯”优秀勘察设计勘察-岩土工程一等奖。

2. 经济效益

运用新技术、新工艺，存量管网修复采用树脂固化法、紫外光原位固化法、水泥基砂浆喷筑修复法、机械螺旋缠绕修复法等多工艺，成功对国内直径最大、距离最长的十里河DN2200管道进行修复，相较于传统开挖工艺，总体降低成本2000万元。

运用智慧水务平台，一键填报与自动抓取汇总后台对接相关监管系统，减少80%的重复填报工作；自动排班、管线设施精准定位与运维过程在线跟踪，固定运维时间降低到原来的65%，异常运营工况实时推送、事件控制调度、线上审批流程等相比传统事件及运维处置综合效率提升38%左右。相比于传统厂站运营计划人数，平台通过集中控制调度减少20余名人员配置，关联逻辑+数据分析+自动化控制策略辅助同比药剂投加节能降耗26%左右。物资设施的账册化管控备件用量同比减少11%。优化调度晴天污水厂污水流量日变化系数由4降低到2.5，雨季入河污染负荷同比降低30%。异常情况快速溯源诊断、形成有效的分析解决方案与应急措施落实，上报问题量同比减少22%，每年总体可节约运营成本800万元。

水环境系统综合治理提质增效，工程实施后，原有水环境的污水处理能力、防洪排水能力等均得以大幅度增强，降低了环境治理隐患，在一定程度上保护区域人民生命财产安全，减免了周边区域、沿河村庄，两岸耕地的经济损失，有利于社会的稳定和经济的持续发展，满足区域发展需要。

环境治理、建筑安装、运行维护带动建筑业和运输业的发展，新增多个就业岗位，项目的实施改善城市基础设施建设条件，带动沿线和周边区域的开发建设，十里河、濂溪河正在创建省级水利工程名胜区，促进九江市绿色发展示范区建设，经济绿色发展具有十分重要的意义，社会经济影响效益较好，达到社会经济效益目标。

七、经验总结和发展建议

九江市以新机制、新理念、新实践为牵引，助推“国家生态文明试验区(江西)”建设，通过城市水环境综合治理，总结、提炼出改善城市小流域水环境质量可持续、可复

制、可推广的污水治理新模式，为长江经济带沿江 11 省市的“生态优先、绿色发展”提供江西样板。以一个模式（“厂网河（湖）岸”一体模式）；两个速度（九江作为先行先试城市之一，在长江大保护项目落地速度和项目推进速度方面均创造新记录）；三个重视（九江项目的实施，在三峡治水方案的指导下，重现场调查，重系统治理，重创新实践）；四个协同（传统技术和先进技术协同；顶层设计与具体实施协同；管理机制与效率提升协同；政府主导、三峡牵头、多方参与的和谐关系相协同），助推大保护事业蓬勃发展。

良好的政企合作关系、强劲的政策支持力度、联盟单位抱团的合作模式、先行的科学设计、当地群众的大力支持，九江市水环境综合治理项目的迅速推进离不开各方共同的努力，三峡集团将继续秉承九江市成功的治水经验，以抓长江大保护制度创新和体制机制改革的突破口，为江西省水环境质量整体提升做出更大贡献。

长江经济带典型化工园区污水治理及生态环境提升工程

申报单位：中交苏伊士泰兴环境投资有限公司

联合申报单位：中交生态环保投资有限公司、水利部交通运输部国家能源南京水利科学研究院、泰兴苏伊士环境技术有限公司

一、项目目的及意义

长江经济带是我国重要的化工聚集地，在中国占有举足轻重的地位，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。随着我国《长江保护法》的颁布，长江流域生态治理的强度不断加大，并取得了阶段性的成效。但长江经济带环境容量与产业规模不匹配仍是制约长江流域生态保护和高质量发展的重要因素，尤其是沿江化工园区经济快速发展，使区域水环境质量提升的需求越来越迫切。

江苏省泰兴经济开发区地处于长三角地理中心和江苏沿江发展带，始建于1991年，是江苏省首批13家省级开发区之一，也是全国最早的专业性精细化工园区，2023化工园区高质量发展综合评价排名第四。园区产污环节多、体量大、废水成分复杂、治理设施不完善等问题，给沿江水环境带来巨大压力。因此，补齐环境基础设施短板，开展水污染系统治理，是保障沿江水生态与水安全，助力长江经济带高质量发展的必由之路和重要任务。

二、项目总体情况

长江经济带典型化工园区污水治理及生态环境提升工程主要依托于泰兴经济开发区污水处理及生态环境提升PPP项目。2019年，由中交疏浚所属中交生态环保投资有限公司与中交一航局，联合法国苏伊士环境集团等单位中标本项目，同年与江苏省泰兴经济开发区管理委员会出资代表共同组建SPV项目公司-中交苏伊士泰兴环境投资有限公司，负责项目的投资、建设及运营。

设计单位：水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、南京市市政设计研究院有限责任公司、中机国际工程设计研究院有限责任公司等

施工单位：中交第一航务工程局有限公司等

运营单位：中法水务投资有限公司、泰兴苏伊士环境技术有限公司等

泰兴经济开发区污水处理及生态环境提升 PPP 项目包括污水处理厂及配套工程、生态环境整治工程、城镇污水管网工程三大子项；项目总投资 20.48 亿元，合作期 20 年，其中建设期 3 年，运营期 17 年；主要业务领域涉及生态环境保护、市政工程等。其中化工园区污水治理及生态环境提升工程，总投资约 8.5 亿元。主要内容及范围包括：

1. 污水处理厂及其配套工程：包括新建 5 万吨/日工业污水处理厂 1 座、1.5 万立方米/日提升泵站 1 座（含 1 座应急事故池）、工业污水管网 79km，以及 2 座提升泵站及应急事故池运营；服务范围覆盖全部化工园区 25.7km²，超过 100 家企业污水收集处理。工业污水处理厂于 2022 年 9 月进水调试，目前出水水质稳定达标，运行正常。

2. 河道生态修复工程：包括园区团结河、通江河等 7 条通江河道水体生态修复，实施总长度约 14.6km。项目已竣工并于 2022 年 8 月投入运营。

三、项目解决的具体问题

1. 彻底解决工业园区废水混合收集、监管维护困难的问题

园区企业排污管道修建较早，且多采用地埋敷设、多企业混管输送模式，后端既无法进行分质处理，破损后亦不能及时发现，容易滋生暗管排放、偷排等环境违法行为。工业污水管网“一企一管”建设，实现园区企业废水与生活污水分开收集；专管、明管输送使环境主管部门及运营方监管、运维更加有效。

2. 有效解决化工园区废水水质复杂、稳定达标困难的问题

园区入驻企业数量多、水质成分复杂、进水水质水量不稳定、经企业预处理后的废水中难降解 COD 占比超过 90%，处理难度大。污水厂通过“分质分线”处理方案确保出水水质稳定，满足主要指标（COD、氨氮和 TP）达到地表水Ⅳ类标准，其他污染指标达城镇污水一级 A 标准的要求。

3. 切实解决园区河道生态缓冲能力不足的问题

园区河道既是污水厂尾水接纳水体，又承担周边区域汇水，污染源复杂；还是具有行洪功能的通江河道，水动力闸控明显。项目通过恢复水生物群落生态系统功能结构，增强接纳水体自净能力，进一步提高生态涵养功能。

4. 创新解决环境治理类项目资金筹集困难的问题

项目在 2023 年完成资产证券化发行（PPP-ABS 产品），本次发行是中交集团规模最大的生态环保单体项目成功发行 PPP-ABS 产品，也是江苏省首单绿色 PPP-ABS 产品。本次发行规模达 19 亿元，期限 18 年，全场认购倍数 2.44 倍，优先级证券发行利率 3.67%。通过绿色金融与生态环保新兴业务结合，实现了资产、资金和资本的有效循环。

四、项目创新点

融合“源网厂河”一体化治理理念，打造区域多要素系统治理方案：项目以提高化工园区生态环境质量为导向，坚持一体化长效治污原则，针对水污染全链条、全要素进行统筹规划、统一治理，提出“源头监督管控+管网分类收集+污水厂集中深度处理+河道水质提升”的系统治理方案。

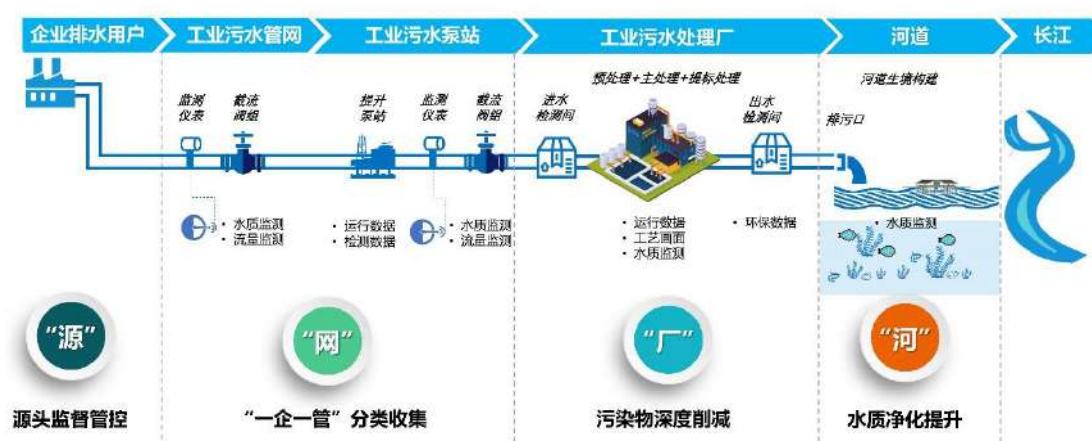


图 1 化工园区“源网厂河”一体化系统治理示意图

1. 自动化、智能化的“一企一策”源头管控系统

筛选特征污染因子作为特殊控制指标，协议中明确企业污染物接管标准及超标排放责任，从源头规范废水排放。

自动化、智能化：每个企业废水排口处及提升泵站设置水质在线监测装置、流量计及电动阀门，实现水质水量实时监测，根据监测数据反馈及时发现问题；监测系统具有超标反控（关阀、报警）、自动留样功能，能及时切断超标废水进入后续管道，降低后续处理风险。

2. 明管化、集约化的“一企一管”废水收集系统

大水量特殊行业企业单独建设专属管道，通过全天专管专送；小水量共性行业企业多家共享一根管道，通过分时错峰排放。具体通过“单管至污水厂、单管至泵站、混管分时排水至污水厂、混管分时排水至泵站”四类模式实现“一企一管”。

明管化、集约化：所有管道均入园区综合管廊进行管理，利于企业排水监管与运营维护，降低污染发生风险；四类收集模式提升管网利用效率，利于废水分质处理。

3. 先进性、灵活性的“分质分级”污水处理系统

采用创新组合处理工艺与智慧化运营手段，保障水质稳定达标。2023 年污水厂出水 COD、氨氮、总磷平均浓度分别为 23 mg/L、0.23mg/L 和 0.08 mg/L，低于地表水 IV 类排放限值。

先进性、灵活性：设置“缓冲池+调节池+事故池”进水缓冲系统，通过不同分格对原水按照不同种类和来源进行分类收储，均衡水质水量；污水根据水质差异分配至预处理、主处理两条处理线，采用 CarbazurTM DF 双向流炭吸附池、DensadegTM 高密度沉淀池、Oxyblue®臭氧-生物滤池组合工艺、上向流颗粒活性炭吸附系统等技术对废水中难降解 COD 及有毒有害污染物进行有效去除；采用 SCADA 系统，具备数据采集、设备控制、参数调节以及信号报警等功能，实现全厂智慧化运营。

4. 生态性、安全性的“因河施策”河道缓冲系统

针对河道周边企业分布、护岸形式、排口情况、水动力及水文特征、水生态基底等要素进行调研论证，为每条河道制定专属生态修复提升方案。

生态性、安全性：岸上采用“生态护岸”进行改造，水中利用“微孔曝气增氧+抗逆性植物选培”恢复重构生态系统，提升净化水质；制定内循环水系调度方案，实现“流水不腐”；与园区防洪排涝及三级防控体系形成联动，使其具备生态安全缓冲功能。

五、应用场景和运行实例

1. 工业污水收集系统

根据“一企一管”、“分时分区”和“达标收集”等源头管控理念，工业污水管网设置充分考虑园区规划与企业分布，新建工业管网 79 km，同时充分利用现

状旧管网。针对大水量企业采用单管收水，针对小水量共管企业采用间隔时段收水，工业污水自企业总排口至污水厂实现单独收集、单独输送。管网系统从北到南分为四个片区，每个片区设置一处中转泵站，配合水质监测系统，实现了精准溯源。

污水收集模式分为四类：

- (1) 单管专送-企业通过单管直接将污水输送至污水厂；
- (2) 单管至泵站-企业通过单管将污水输送至泵站，再由泵站输送至污水厂；
- (3) 分时排水至泵站-数家企业共管、分时排水至泵站，再由泵站输送至污水厂；
- (4) 分时排水至污水厂-数家企业共管分时排水至污水厂。



图 2 园区工业污水“一企一管”收集管网

2. 工业污水处理系统

新建 5 万吨/日工业污水处理厂，占地约 160 亩。尾水排放主要指标(COD、氨氮、总磷)执行《地表水环境质量标准》中 IV 类标准(浓度分别为 30mg/L、1.5(3)mg/L、0.3mg/L)，其它污染因子执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。达标后的尾水进入园区河道进行生态补水，以增强河道水动力。

污水处理系统主要包括以下单元：

废水收集及缓存：包括进水检测间、缓冲池、调节池、应急水池，实现源头污水的分类收集。

预处理线：包括高效沉淀池、V 型滤池、活性炭滤池，重点对可能含有微毒微害物质的污水进行处理。

主处理线：包含两级缺氧好氧生化处理系统、高效去除水中悬浮物质的

Densadeg 高密池和 V 型滤池、基于高级氧化和生物脱碳相联合的 Oxyblue 臭氧氧化单元，以及深度处理的氧化还原单元和活性炭吸附单元，重点去除污水中的各类污染物。

污泥处理线：包括污泥浓缩、脱水等工艺，对上述污水处理产生的生化污泥、物化污泥分别进行处理。

废气处理线：臭气经酸洗、碱洗、活性炭吸附三级处理后，去除氨气、硫化氢、VOCs 等物质，实现达标排放。



图 3 工业污水处理厂全景

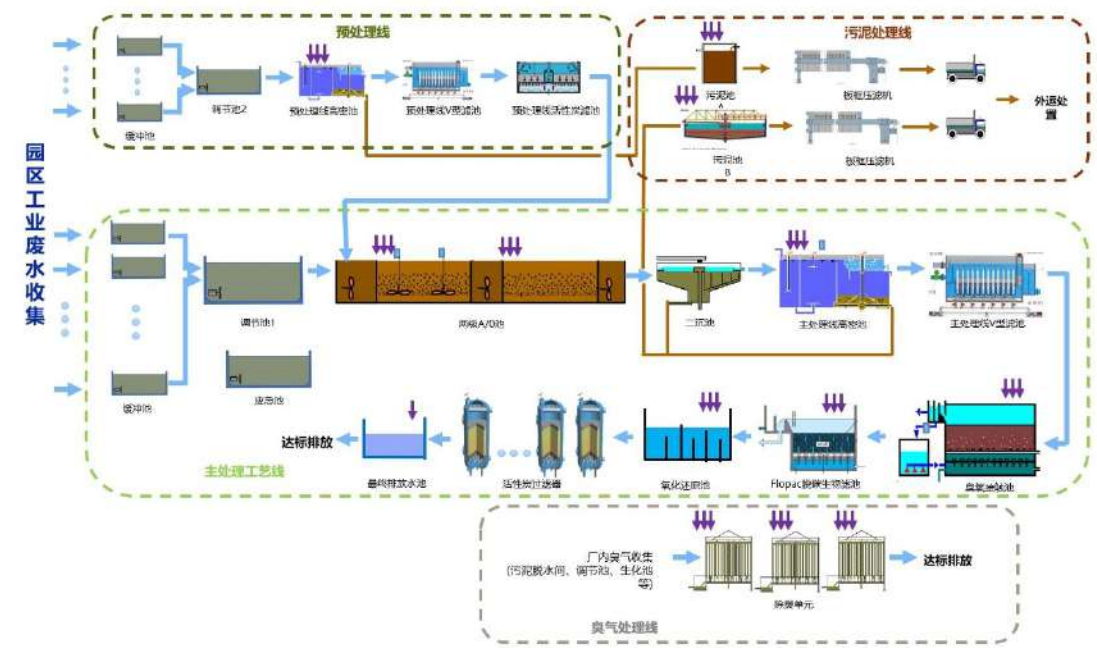


图 4 污水处理工艺流程图

数据采集与监视控制系统（SCADA 系统）：对上述运行设备进行监视和控制，以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节以及各类信号报警等各项功能。



图 5 污水处理厂中控室实景



图 6 污水处理厂工艺设施实景

3. 河道生态修复系统

项目实施了开发区团结河、通江河等共 7 条通江河道水体生态修复，修复面积约 300 亩，其中 2 条河道水源为工业污水厂尾水。具体实施内容包括：基于水

力学模型试验结果，通过水利调度、水系连通、闸站修建优化了园区河道水动力条件；放置人工强化曝气增氧装置 116 套，提高了水体中溶解氧水平，增强了好氧微生物的活性；放置高分子填料生态浮床 9000 m²，通过微生物的吸附或降解实现了水质原位净化；修复沉水植物 110000 m²，科学补投底栖动物与鱼类 19000 kg，提高了生物完整性，重构了水体食物网结构，构建了健康、稳定的水生态系统，提升了河道水体净化能力，构筑了园区排水入江的最后一道防线。



图 7 化工园区河道沉水植物种植效果



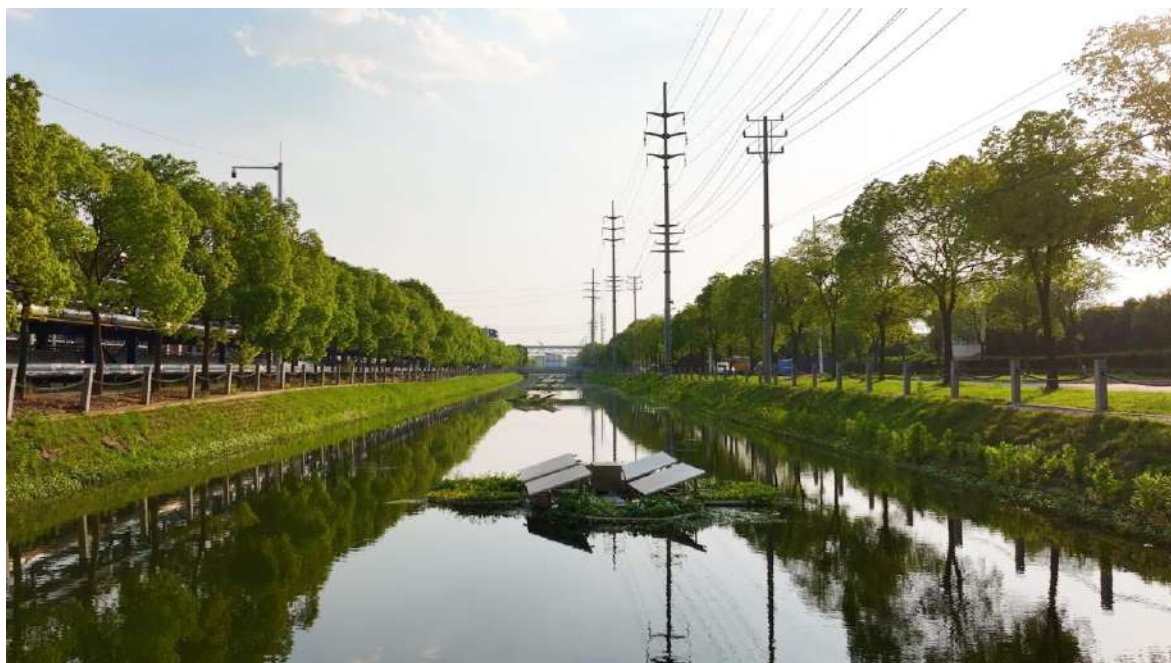


图 8 河道生态修复工程实施效果

六、项目实施效果和效益分析

1. 生态效益

本项目采取源头、过程、末端相结合的系统治理思路，按照“源、网、厂、河”一体化治水理念，打通了治污的全链条环节，实现了水岸、厂网联动。项目在 2023 年实现减排 COD 478.6 吨、氨氮 23.9 吨、总磷 2.7 吨，有效解决了化工园区废水收集处理难题，提升了园区环境承载力和环境监管水平；同时，显著改善了园区河道水环境现状，使其生态系统稳定性和安全缓冲能力显著提高，提升了园区整体生态品质。

2. 经济效益

本项目实施后园区企业无需再单独建设全流程污水处理设施，大幅节省企业设备投资和运行费用，同时也为园区吸引更多优质企业和投资项目起到积极的促进作用。2023 年泰兴经济开发区完成工业开票销售 1150 亿元，工商税收 46.35 亿元，全年新签约亿元以上项目 30 个，项目的建成投运为企业平稳生产和更多企业落户开发区提供了更优质的基础保障。

3. 社会效益

本项目展示了长江经济带典型化工园区水污染治理成套技术及体系，在深度解决园区工业污水治理问题、改善长江流域生态环境的同时，支撑区域高质量发

展。此外，项目已得到多方媒体的宣传报道，及国家部委、省市各级领导的视察指导，对项目建设成效予以高度肯定。项目先后获评中交集团十大民生工程、江苏省 PPP 示范项目等多项集体荣誉。

七、经验总结和发展建议

1.本项目坚持系统治理理念，注重顶层谋划设计。策划阶段充分将“源、网、厂、河”一体化长效治水模式用于工业园区水污染治理；设计阶段充分融入“一企一管”、“一企一策”、“分类收集”、“分质处理”、“生态缓冲”等概念，实现了废水源头的分类收集管控以及工业园区治污上的水陆协同。

2.本项目深入践行“投、融、建、运、退”项目全生命周期管理。项目以投资策划为驱动、以规划设计为引领、以依法合规为底线、以稳定运营为基石，牵头单位中国交建充分发挥中央企业影响力和带动力，充分整合各方优势资源，强强联动、统筹实施，实现项目平稳落地建设、安全稳定运营、存量资产盘活、全生命周期闭环管理。

3.本项目以长江大保护为出发点和落脚点，以长江经济带典型化工园区治污为主要突破口，强调全面治理、系统治理，为化工园区生态环境治理、沿江生态环境改善奠定了基础、提供了经验。未来，国内生态环境治理可以充分吸收借鉴本项目治理理念，统筹协调“源、网、厂、河”的一体化治理模式，通过多方协作的全流程、全要素治理，形成综合的治理体系，从根本上解决环境治理难题。

安康市江南再生水厂项目

申报单位：信开环境投资有限公司

联合申报单位：安康市住房和城乡建设局、安康安信水环境发展有限公司

一、项目目的及意义

为提升城市人居环境，安康市政府采用中国水环境集团创建的分布式下沉再生水生态系统技术新建江南再生水厂项目，确保汉江水质稳定达标，守护“一泓清水永续北上”，助力安康市实现“自然环境与人工环境共生”的生态型城市理念。汉江是长江最长的支流，是南水北调中线工程的水源(丹江口水库)，2015年4月，国家出台政策(“水十条”)规定汉江流域城镇污水处理设施应于2017年底前全面达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。安康市位于陕西南部，汉江上游，随着安康江南片区配套市政设施日益完善，人口持续提升，污水量随之增加，安康市原江南污水处理厂的污水处理能力将达到极限，出水水质亟须提升，项目的提标改造工作刻不容缓。

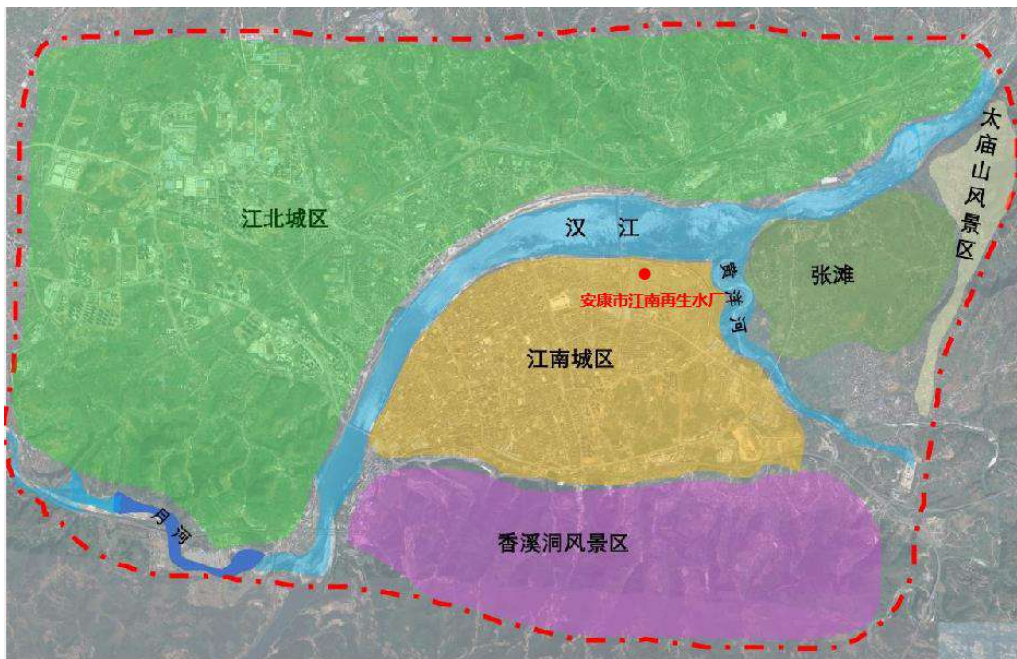


图1 安康市江南再生水厂区位图

二、项目总体情况



图2 安康市江南再生水厂

项目名称：安康中心城市水环境项目-江南再生水厂工程。

设计单位：中国市政工程东北设计研究总院有限公司。

建设单位：安康安信水环境发展有限公司。

运行管理单位：安康安信水环境发展有限公司。

项目主体业务领域：生活污水处理及资源化，主要负责安康江南城区居民生活污水处理任务。

项目服务面积：服务安康市江南城区约 14.2 平方千米，服务人口约 26 万人。

主要工艺流程：预处理（粗细格栅、曝气沉砂池、精细格栅）+二级处理（改良 AAO+悬浮填料工艺）+深度处理（高效沉淀池和反硝化滤池+臭氧工艺）+紫外消毒。

该项目于 2018 年建设，其设计规模为 8 万立方米/日，项目采用分布式下沉再生水生态系统技术，将处理后的污水进行资源化利用，出水主要污染物指标达到《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）Ⅳ类标准，投资约 5.8 亿元，项目建设形式为下沉式再生处理厂，水厂上部为操作层，下部为水处理构筑物及管廊，地面空间建设为生态公园，使生产区与休闲公园浑然一体。

三、项目解决的具体问题



图3 原江南污水处理厂厂址

1. 根据国家出台的“水十条”，汉江流域城镇污水处理设施应于 2017 年底前全面达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918—2002）一级 A 排放标准。原江南污水处理厂出水标准仅能达到一级 B 排放标准，为劣五类水，无法用于生态补水。新项目通过高标准的出水设计，彻底解决原厂不能满足更高出水标准的问题。

2. 当汉江水位超过 248 米时，安康市防汛办发布二号撤离命令，此时原江南污水厂将停止运行，所有污水通过南山排洪渠直排入汉江。项目在规划和设计阶段，综合考虑安康市安康市河流防洪规划，选定项目技术方案和新址从而提升防洪能力。

3. 随着安康市快速发展，原江南污水处理厂已被城区包围，紧邻安康金州广场、高端商业区、行政办公区和居民生活区等，设备运行时产生的噪声严重影响了周边区域的生活环境，产生的废气、废液、废渣无法达到宜居生活的高品质要求，也限制了周边区域的发展。新项目采用的分布式下沉再生水生态系统技术体系从根本解决原厂的“邻避”问题。

四、项目创新点

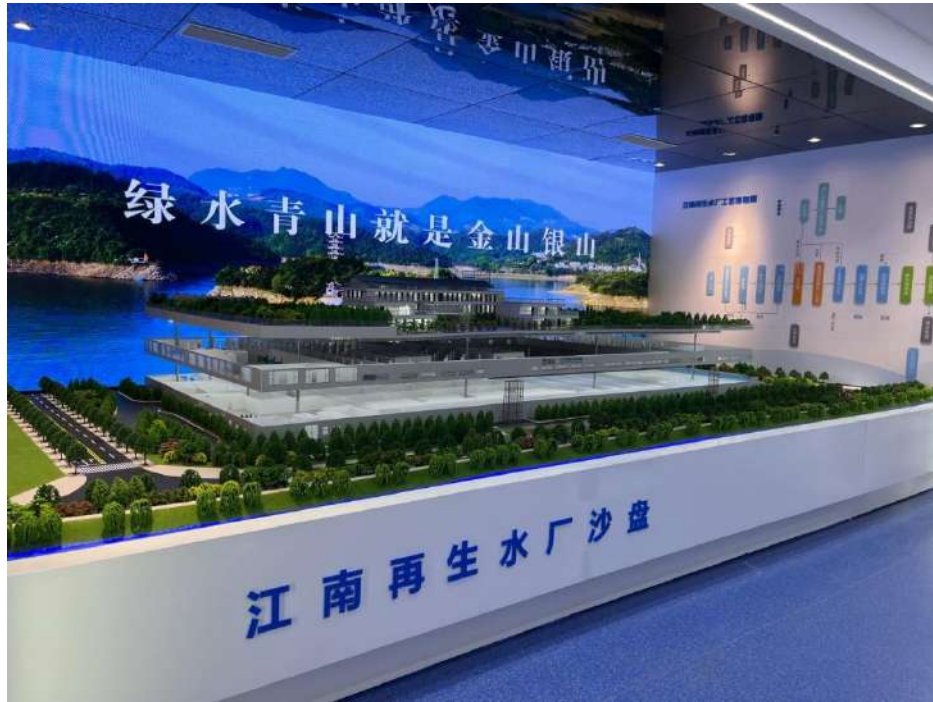


图4 江南再生水厂沙盘

江南再生水厂工程按照“环境友好、土地集约、资源利用、生态安全”的原则，采用中国水环境集团自主知识产权的分布式下沉再生水生态系统技术，将传统的污水处理厂由“负资产”转变为“正资产”，变“邻避”为“邻利”，具有以下4项技术特点：

1. 生态综合体构建技术

以下沉再生水厂为载体，将污水处理与城市功能、公众服务、生态景观以及产业开发等有机融合，构建了基于下沉式再生水厂的生态综合体，地面建设了陕西省内唯一以水知识、水污染防治为主题的公益性科普馆，实现污水处理、资源利用、生态景观、科普教育等功能的有机融合，土地和再生水资源100%利用。

2. 工艺单元优化组团设计技术

该项目通过采用地上地下集约构建，预处理单元强化技术、改良AAO+悬浮填料、高效沉淀池等高效节地工艺，充分合理利用地下空间多层结构，较同等规模地上厂节省占地60%以上。

技术指标：采用“改良AAO+悬浮填料+深度处理”的组合工艺，具有高效的脱氮除磷效果。出水COD、TN、氨氮和TP可稳定达到《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）准IV类水标准，气水比为5:1。

3. 炭质填料分段生物除臭工艺

该工程项目各处理单元采用全封闭设计，使用中国水环境集团自主研发的炭质填料分段生物除臭工艺，将预处理单元、生化处理单元及污泥处理单元收集的臭气体通过微生物氧化分解作用去除，实现厂区内臭气全收集、全处理，彻底解决安全健康和“邻避”问题。

4. 绿色低碳节能技术

该项目采用污泥低温干化、水源热泵、精确曝气、自然采光等绿色低碳节能技术强化污泥、污水的治理和资源回收；污泥低温干化技术通过密闭空间的空气循环，冷凝除湿，无废热排放，具有强大的干化减量能力，干泥含水率达到 40%。水源热泵技术利用污水中的热能，通过热能转换，为周边设施提供制冷采暖服务。

五、应用场景和运行实例

安康市江南再生水厂进出水水质设计值和实际值情况

项目	BOD ₅	COD _{cr}	SS	NH ₃ -N	TP	TN
设计进水值 (mg/L)	140	350	200	40	6	60
设计出水值 (mg/L)	≤10	≤30	≤10	≤1.5	≤0.5	≤15
2023 年实际出水值 (mg/L)	6.46	13.34	7.92	0.08	0.19	5.29

该项目污水通过污水收集管网进入厂区内的粗格栅井进入进水提升泵房，经泵提升后进入细格栅/曝气沉砂池；曝气沉砂池出水经精细格栅去除纤维状、毛发类物质，以防堵塞，随后污水重力进入生化池；生反池采用 改良 AA0+悬浮填料工艺；采用新型填料和高填充率的固定床构型，大幅缩短水力停留时间，减少占地，实现污染物的高效去除。该项目生化段工艺为改良 AA0+悬浮填料工艺，生反池总 HRT 为 13.5h，第三段好氧池填料填充率为 20%-30%。



图5 江南再生水厂高效处理单元

生化池出水进入二沉池，进行泥水分离，上清液进入深度处理单元提升泵站，之后进入高效沉淀池、反硝化滤池处理系统进一步去除污染物，经消毒池消毒后排至再生水管网。

剩余污泥通过改良 AAO+悬浮填料工艺在降解污染物的过程中，不断生长产生剩余污泥，在二沉池进行泥水分离后，通过排剩余污泥的方式进入储泥池进行重力浓缩。剩余污泥若不及时进行处理处置，所含的有机物、重金属、病原菌等容易对环境造成二次污染，污泥产生的臭气也会严重影响周边环境空气质量。该工艺泥龄长、产泥量少，污泥性质相对稳定，其剩余污泥处理处置更容易控制、成本更低。

臭气主要来自预处理、生化池曝气和污泥处理处置过程，一般经过生物除臭单元的处理，可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）的厂界排放标准。

六、项目实施效果和效益分析



图6 江南再生水厂水环境科普馆

新建的江南再生水厂工程于 2018 年 8 月底正式开工建设，仅用 10 个月，克服了深基坑涌水等施工困难，顺利于 2019 年 6 月通水调试，现在已持续稳定运行，且出水水质稳定达到《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）准Ⅳ类水标准。项目建成投运后，出水稳定达标，全面提升安康中心城市生态宜居品质，目前已成为全省乃至西北地区一流的污水处理示范工程。

水资源方面：江南再生水厂的高品质再生水，实现水资源循环利用，全年实现稳定为城市市政景观用水、公园绿植灌溉、行政办公用水和汉江生态补水等供应再生水约 2000 万吨。

土地资源方面：项目地面建设适合城市发展的党建基地、景观公园和水环境科普馆等设施，其中安康江南再生水厂水环境科普馆为陕西省内唯一以水知识、水污染防治为主题的公益性科普馆，自开放以来，多次接待政府部门、社会团体、大专院校、中小学校等各类社会团体，累计组织开展线下开放活动 220 次，共接待 8500 人次。

绿色低碳方面：项目采用水源热泵技术、精准曝气控制系统和太阳能等多种节能降碳措施，其中，每年水源热泵供暖减少二氧化碳排放量约 3000 吨，根据市政供暖按供热面积收费标准 25 元/㎡计算，水源热泵供暖还可节约成本约 36%。

七、经验总结和发展建议



图7 江南再生水厂水环境科普馆生态文明语录

安康市江南再生水厂项目采用中国水环境集团历时十余年研究实践构建了世界领先的分布式下沉再生水生态系统技术体系,该技术体系一改全世界百年来将城镇污水作为污染物长距离收集、地上建设污水厂处理排放的模式,而是把污水作为城市稳定的第二水源,进行科学的收集、处理和资源化利用,把污水厂集优于地下,从大集中到科学分布,解决“邻避”问题,实现水资源、土地资源、绿色能源高效利用。该项目具有减污降碳协同增效和资源能源高效利用等特点,是落实全面推进美丽中国建设、碳达峰碳中和目标和长江大保护等重大国家战略的具体体现。

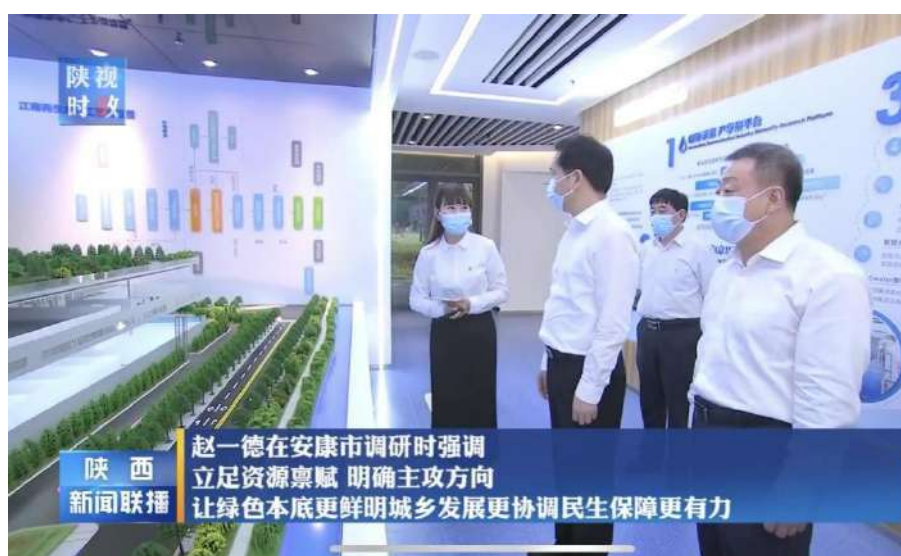


图8 陕西省委书记赵一德一行听取水环境科普馆讲解

项目自建成以来多次获得人民日报、新华社和陕西广播电视台等中央和地方媒体公开报道，并于 2022 年、2023 年连续两年被陕西省生态环境厅评定为“优秀环保设施开放单位”；2022 年 10 月被确定为安康市首家生态环境执法实战实训基地并挂牌；2022 年 11 月被陕西省委环保督察办公室作为“督察整改见成效”正面典型案例，推荐至中央环保督察办公室；2022 年 12 月，被陕西省人民政府授予“十三五”期间节能减排先进企业；2022 年 12 月，被中国环保产业协会评为“2022 年全国生态环境示范工程”；2023 年 6 月，被认定为“安康市十大生态环境公众参与案例”在六五环境日进行表彰；2024 年 4 月，入选由生态环境部和中央社会工作部联合开展的 2024 年“美丽中国，我是行动者”十佳环保设施开放单位。

2022 年，国务院办公厅、国家发改委相继发布文件提出：“积极探索污水处理厂下沉、地上地下空间综合开发。”下沉厂建设获得国家政策支持，后续应进一步发挥下沉厂的综合价值，带动污水处理厂从传统市政设施向资源能源中心绿色升级转型。

未来，中国水环境集团将基于“厂网河一体、水地生综合、碳能质融通”的理念，推动分布式下沉再生水生态系统技术体系打造成为城市的水资源中心、绿色能源中心、公共服务供给中心、数字化管理中心、空间综合利用中心。

武汉市黄孝河、机场河水环境综合治理二期工程

申报单位：中建三局绿色产业投资有限公司

联合申报单位：武汉市水务局、中建武汉黄孝河机场河水环境综合治理建设运营有限公司

一、项目目的及意义

武汉市黄孝河、机场河水环境综合治理二期工程是以水质净化、排水防涝为核心目标，兼顾河道生态、景观绿化等多功能于一体的重大工程。

1. 生态效益显著：作为生态环境部重点督查工程，项目响应国家生态文明建设及长江大保护的要求，持续强化水环境综合治理，按照“控源截污、内源治理、生态修复、活水保质、长制久清”的水环境综合治理思路，全面提升了汉口地区的水生态环境质量和防洪排涝能力，打造“蓝绿交织，清新明亮”的健康水系格局，实现“河畅、水清、岸绿、景美”。

2. 民生意义重大：通过“地下水厂+地上花园”的建设形式，以高标准绿化设计变邻避为邻利，打造生态、绿色和文化廊道，不断提升市民获得感、幸福感。

二、项目总体情况

项目名称：武汉市黄孝河、机场河水环境综合治理二期工程

实施机构：武汉市水务局

项目建设单位：中建武汉黄孝河机场河水环境综合治理建设运营有限公司

项目设计单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司

项目施工单位：中建三局集团有限公司

项目运行管理单位：中建武汉黄孝河机场河水环境综合治理建设运营有限公司

武汉市黄孝河机场河水环境综合治理二期工程是湖北省首个收入全球基础设施中心（GIH）项目库的项目、武汉市“四水共治”头号工程。项目主要治理范围为黄孝河和机场河的明渠段及部分箱涵段，总长度约为 24 公里。其中黄孝河治理范围总长 10.4 公里，机场河治理范围总长 14.1 公里。



图 1 项目覆盖范围

项目采用 PPP 模式实施，总投资 51.85 亿元，建设有 20 个子项，具有完善行洪排涝系统、提升污水收集处理能力、提升雨季溢流污染控制能力、完善水体修复系统、提升智慧运营管控能力五大功能，横跨武汉市江岸、江汉、硚口、东西湖 4 个行政区，服务面积 126 平方公里，惠及人口超 256 万人。

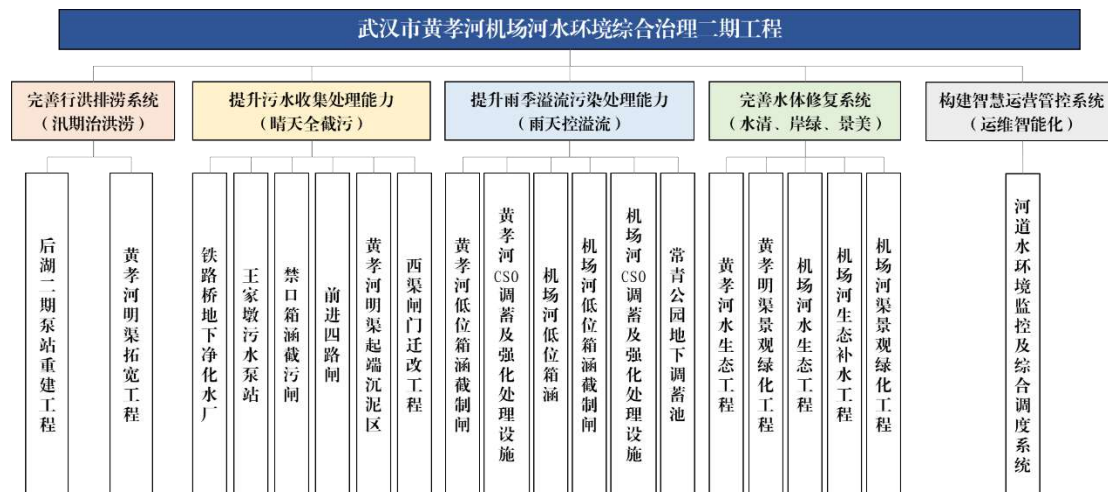


图 2 项目建设内容及功能分类

三、项目解决的具体问题

针对两河流域内行洪排涝能力不足、污水处理能力不足、雨季溢流污染问题、河道生态环境恶化、流域调度粗放简单等五大突出问题，实施了五大工程。

1. 完善行洪排涝系统。重建后湖二期泵站, 将其抽排能力由 43.5 立方米/秒提升至

88 立方米/秒，结合明渠拓宽工程，将流域排涝标准由 20 年一遇提升至 50 年一遇，减少城市“看海”风险。

2. 提升污水收集处理能力。通过闸门截污、新建污水泵站，优化污水分区；并在黄孝河明渠起端建设了铁路桥地下净水厂（10 万吨/日），提升污水处理效率和系统运行安全。

3. 提升雨季溢流污染控制能力。新增溢流污染调蓄能力 45 万方，溢流污染强化处理能力 86.4 万方/日。

4. 完善水体修复系统。实施了黄孝河、机场河明渠清淤疏浚工程，并利用水厂尾水对河道进行补水，恢复河道动力，黄孝河新增生态补水 10 万吨/日，机场河新增生态补水 20 万吨/日，辅以曝气、生态浮床等“灰绿结合”措施，提升河道自净能力。

5. 构建智慧运营管控系统。新建黄孝河机场河流域智慧管控平台，实现了对流域内 63 座厂站闸门、2685 公里管网 2000 余个运行数据的实时监控，依托在线模型的动态模拟结果，为流域联控联调提供科学决策，提升响应效率。

四、项目创新点

项目在建设过程中，创造性的应用了“绿色管家”服务理念，在项目建设各阶段实现了以下创新。

1. 基于项目功能目标，实现全生命周期技术管控

基于功能目标，将估算及概算重新进行合理分配，实现投资价值的最大化。如对黄孝河 CS0、常青公园 CS0 等重要子项结合选址调整进行支护和结构的优化设计等。

在限额设计前提下，充分发挥对现场实际情况的精确把握，联动施工与设计的优势，借助内外部资源，不断寻求投资、建造、运营的最优解，在施工阶段主导与各项目部持续开展优化论证工作。

项目边界条件复杂，为确保高标准、多目标、大尺度的运营维护管理考核目标的实现，特别是水质目标的可持续性，依托 MIKE 系列模型工作，通过细致调查及本底监测，构建耦合数学模型进行定量化分析，模拟流域水动力、水环境状况，同时评估在各种工程措施和治理方案下河道污染负荷、流场、浓度场的变化，并予以技术优化，化解运营风险。

2. 基于空间复合利用，打造城市绿心

黄孝河、机场河流域内状建设用地占比已接近区域总用地面积的 90%和 71%，人口

密度高达 12000 人/平方公里，用地紧张。通过采用“地下厂站+地上花园”的建设形式，将地面还原为服务群众的地上花园，为群众提供休闲散步的场地，有效解决用地和居民融合问题，化邻避为邻利。

3. 优化系统设置，确保低碳运行

传统化学加药除磷由人工控制加药量，无法根据进出水水质、运行参数进行实时调整，容易造成资源的巨大浪费，还会导致污泥产量增加。建立基于污水处理工艺的数学模拟及智能加药系统，根据现场在线正磷酸盐仪表反馈数据、污水在线数据及除磷药剂数据，实时计算除磷投加量，实现了按需精确投加。

传统的鼓风曝气或采用手动控制溶解氧（DO），或采用恒量 DO 值运行，存在出水水质不稳定、震荡周期长、运行能耗高等问题。建立基于污水处理工艺的数学模拟及精准曝气系统，通过及时跟踪生物池在线 DO、温度、压力、水量、进出水 COD、氨氮、总磷等参数的变化，自动计算曝气量并对控制系统的模型做出及时的调整，保证了曝气量控制的精准性。

4. 调蓄分质分区，管理灵活高效

国内外 CSO 调蓄池多是针对冲洗工艺进行分区，未针对进水水质波动进行分区，致使 CSO 调蓄池功能单一，无法有效地利用空间。为最大程度发挥调蓄池的工程效益，配合各种雨情有效合理利用调蓄池的容积，降低运维难度及成本，对调蓄池进行分格细化设计。根据 CSO 进水水质波动，将调蓄池分为高、中、低浓度蓄水室，实现分质分区储存、消能布水、分级处理、稳流出水的功能，提高了空间利用率，减少设备开启及维护频次，有效降低冲洗负荷和运维成本。

5. 从“治水”到“智水”，推动智慧管理

高密度建成区合流制流域治理时空跨度大、涉水设施管控要素多，联动联调逻辑关系复杂，流域管控不仅涉及水环境、水生态，更与极端天气下的水安全息息相关。当下阶段，流域的联调更多的是依靠传统控制方法，难以最大化发挥设施潜力，找到水环境与水安全的最优解，同时也无法预测未来极端情况，从而提前采取应对措施。依托“物联网+智慧水务”技术，搭建城市高密度建成区智慧水务运营管理系统，构建全要素在线监测系统，利用在线模型实时模拟，可实现流域态势预测预警，通过优化算法可寻找到水安全及水环境目标最优的调度方案，实现流域全系统联调联动及实时控制，为科学化决策、精准化调度、高效化响应提供技术支撑。

五、应用场景和运行实例

1. 精益建造

通过“总承包管理+专业施工+增值服务”的项目管理模式，聚焦施工资源，强化统筹协调，广泛引用 BIM 等新技术，确保精益建造，加快工程实施落地，高效达成治理目标。



图 1 机场河 CSO 调蓄及强化处理、铁路桥地下净化水厂设施建设示意图

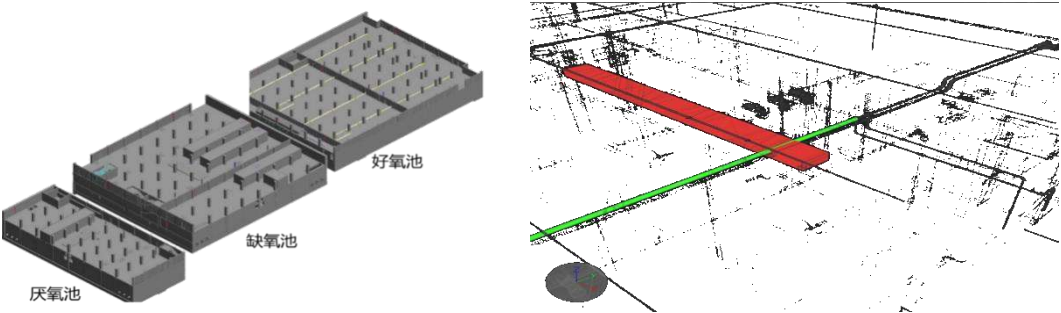


图 2 铁路桥地下净化水厂 BIM 模块化设计及管道碰撞检测



图 3 后湖二期排涝泵站（左）及铁路桥地下净化水厂（右）

2. 智慧管控

搭建黄孝河机场河流域智慧管控平台，实现在线监测、预测预警、动态调度等功能的应用。一是构建流域全要素监测体系，实现对流域内 63 座厂站闸门、2685 公里管网 2000 余个运行数据的实时监控；



图 4流域全要素监测

二是构建全流域在线水文水动力水质模型，利用流域在线监测数据与实时更新的降雨预报数据，对未来 2h 流域水安全、设施运行负荷、河道水环境等指标进行全方位预测预警；

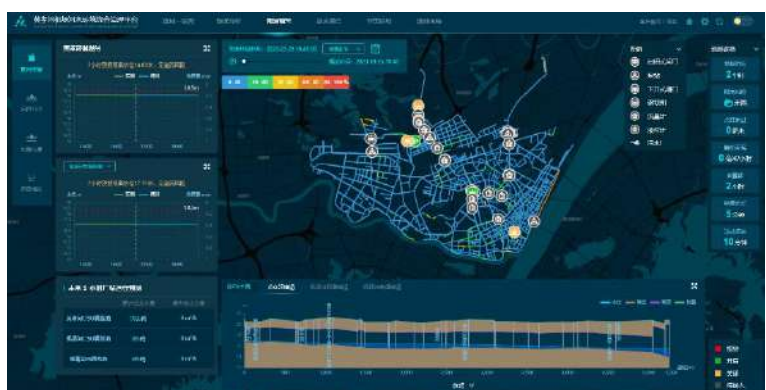


图 5 预测预警

三是以预测预警结果为基础，结合调度规则与 RTC 模型每 15min 进行一次运算，生成全流域设施的调度管理策略及操作指令，并通过平台下发至各个厂站，依托 SCADA 系统实时反馈指令执行情况，实现科学化决策、精准化调度、高效化响应。



图 6 动态调度

3. 低碳运行

建立基于污水处理工艺的数学模拟及智能加药系统，根据现场在线正磷酸盐仪表反

馈数据、污水在线数据及除磷药剂数据，实时计算除磷投加量，实现了按需精确投加，减少药耗约 15%。

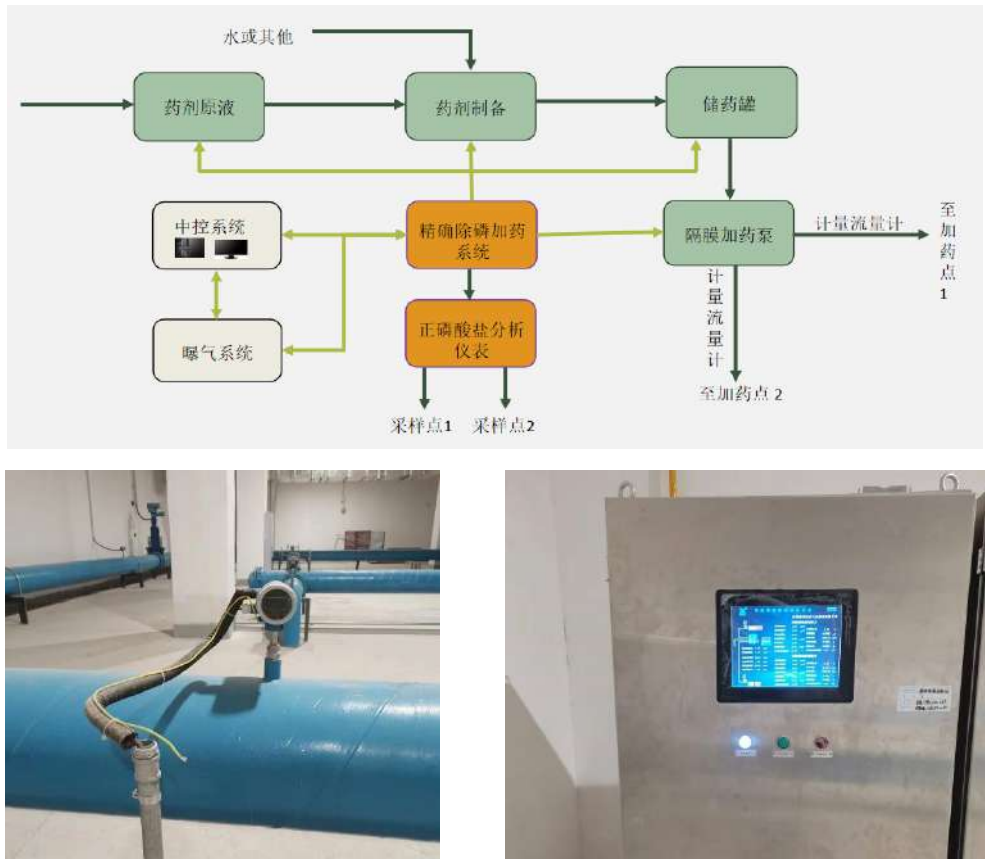


图 7 精准除磷系统流程图及控制柜

建立基于污水处理工艺的数学模拟及精准曝气系统，通过及时跟踪生物池在线 DO、温度、压力、水量、进出水 COD、氨氮、总磷等参数的变化，自动计算曝气量并对控制系统的模型做出及时的调整，保证了曝气量控制的精准性，节电比例约 10%。

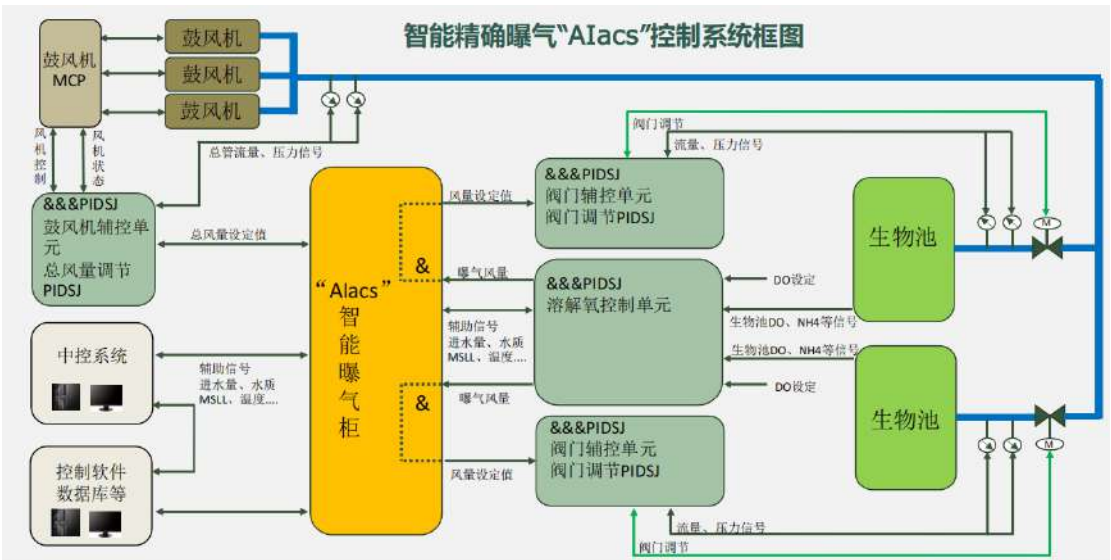




图 8 精准曝气系统原理图及其控制界面

4. 复合利用

(1) 铁路桥地下净化水厂是华中地区首座全地下花园式净化水厂，采用全地下式双层结构，地面还原为精品花园，在保障厂站功能的同时为居民打造绿色休闲空间。



图 9 铁路桥地下净化水厂全地下式双层结构



图 10 居民在铁路桥地下净化厂上露营

(2) 常青 CS0 调蓄池、机场河 CS0 调蓄池及黄孝河 CS0 调蓄池（总调蓄能力 45 万立方米）均采用“地上开放式公园+地下调蓄池”建设形式，在解决水环境问题的同时，用地于民，还地于民。



图 11 常青 CSO 调蓄池（左）、在常青 CSO 调蓄池上散步的居民（右）



图 12 机场河 CSO 调蓄池及强化处理设施（左）、黄孝河 CSO 调蓄池（右）

六、项目实施效果和效益分析

1. 环境效益

（1）环境品质显著提升

2019 年至 2021 年黄孝河机场河常年劣 V 类，局部河段经常有返黑返臭现象。经过项目治理，2023 年两河全年水质达到 V 类，合流制溢流污染控制系统 SS、COD、TP 削减量分别达 476.4 吨、278.91 吨、9.57 吨。项目治理案例作为湖北省唯一正面典型案例入选 2023 年国家长江经济带生态环境警示片，实现了下“黑榜”上“红榜”。



图 13 黄孝河治理前（左）后（右）对比



图 14机场河治理前（左）后（右）对比

（2）内涝防治效果显著

黄孝河机场河流域内的渍水情况得到显著改善，在 20.4mm/h 的降雨强度下，流域上游无明显渍水、下游未漫滩。

2. 社会效益

通过在项目上建立产学研教育基地、科普教育基地、生态环境宣传教育基地，为项目建设“增值赋能”，实现传统的污水处理厂运营模式向辐射周边产、学、研、教多维一体运营模式的转变，将治理成果与社区、学校共享，2023 年全年接待 113 场近 4000 余人调研。



图 15在项目开展的产学研活动

3. 经济效益

项目治理采用“截流调蓄+雨污分流”的方式，单位面积投资约 0.45 亿元/平方公里，相较于单一雨污分流治理方法，更符合帕累托最优解（即先用 20%的投入产生 80%的效益，再久久为功）。此外，通过地下空间复合利用，以高标准绿化设计化“邻避”为“邻利”，提升了周边土地价值。

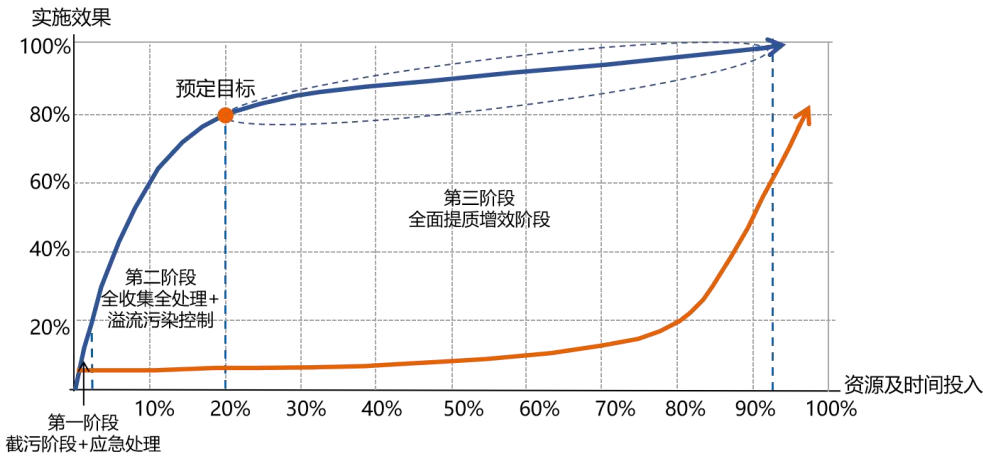


图 16 帕累托曲线

七、经验总结和发展建议

1. 难点问题

（1）管网易淤积且外水多，污水体系运行效能低下

老汉口地区属于长江一级阶地，地势较平坦，导致地下水位普遍高于污水管网管底标高，降雨时外水入流入渗情况严重，管网坡度较小，易发生淤积；区域内合流制与分流制并存，导致污水厂长期处于超负荷运行状态。以上特征与问题导致了流域污水体系运行效能较低。

（2）排水口单一合流区面积大，合流制溢流污染管控难度极大

黄孝河和机场河上游暗涵汇水范围均涉及大面积合流区（合流区面积约 43.8km²，占比 36%），排水压力巨大。当处于汛期或者遇到强降雨时，合流制溢流风险增大，管控合流制溢流污染的难度极大。

（3）运维管理弱

流域内涉水要素复杂多样，涉及排水管网、雨污水泵站、污水厂、分散处理设施、排水口、闸门、河湖水体等，各要素之间运行管理和联合调度的方式较为低效，同时上游暗涵作为污水收集传输的主要通道，缺乏科学的维护管理，是影响整个排水系统稳定

运行的重要因素。

2. 经验总结

（1）污涝同治增韧性

将排渍能力不足和污染控制能力不足统筹起来，建设调蓄池群，既能削峰又能极大地减少溢流污染负荷冲击。

（2）河岸同治系统干

重点解决“病在水里、根在岸上”问题，开展系统性治理。针对规划合流区和分流区并存的现状，统筹推进水里和岸上同步治理，同时通过管网普查摸清家底，针对性开展主干管网清淤修复、支管混错接整治、老化管网更新改造等排水管网维护建设工作，实现管网提质增效。

（3）水城同治更宜居

通过“地下厂站+地上公园”的建设形式，实现空间复合利用，补齐周边居民配套设施短板，促进人居环境提升，实现污水处理设施建设“邻避变邻利”。在两河沿线打造节点性景观，增设便民设施，使河道成为生态廊道、景观视廊、通风廊道和城市绿道，从黑臭水体成为了网红打卡点。

（4）调度管理有智慧

构建智慧运营管控系统，为流域联控联调提供科学决策，提升响应效率，推动流域管理的智慧化、高效化、科学化、精细化。

（5）多方同治享成果

与政府、高校、河湖长联动，通过“政府主导+民间助力”的流域治理和管理的新机制，形成全社会“共建共治共享的共同缔造”新格局。

3. 发展建议

本项目通过对难点问题的针对性解决，成功实现了项目目标，提出关于流域水环境综合治理建议。

（1）完善协调制度，建立长效机制

流域的水环境综合治理项目，涉及上下游、左右岸，涉及的政府部门和利益主体较多。因此，建立流域水环境综合治理的协调和系统机制尤为重要，根据有关法规赋予的职责，各司其职，才能实现流域水环境长制久清。

（2）重点关注排水管道系统问题

由管道、暗涵、明渠组成的城市排水管道系统，是现代化城市不可缺少的重要基础设施。它肩负着收集、输送城市雨、污水的重任，随着城市的发展，地下管网的规模在不断扩大，大批的地下管道由于铺设时间的久远，现已纷纷达到或接近使用年限，排水管道系统问题的排查和解决是流域水环境综合治理的基础。

（3）加强科技支撑，优化排水体系

流域水环境综合治理，需要加强科技支撑，并优化排水体系。一是对于涉及到老城区的流域水环境综合治理项目，需要利用先进科技手段，开展老城区排水管网的隐患排查和修复工作，逐步降低管网地下水渗漏量，逐步提高污水厂进水浓度；二是要建设智慧调度系统，逐步实现流域水体及相关治理设施的自动化和智慧化运行维护。

内江沱江流域水环境综合治理 PPP 项目

申报单位：北京首创生态环保集团股份有限公司

一、项目目的及意义

四川省内江市位于长江重要一级支流沱江下游中段，素有“成渝之心”之称，是沱江水污染防治的重点区域。2016 年地表水国考、省考断面无一达标，而作为沱江流域唯一以沱江为饮用水源的城市，内江市民深受水污染困扰。

作为国家发改委首批流域水环境综合治理与可持续发展试点项目之一，国家首批黑臭水体治理示范城市建设项目之一，四川省政府与社会资本合作（PPP）示范项目之一，该项目的实施是沱江流域水环境恢复的重要举措，是筑牢长江上游生态屏障的重要任务，是污染防治攻坚战的重要战役，关乎长江上游沱江的综合治理成效，亦是内江市绿色生态系统建设与保护的关键，是对产、城、人、水融合的城市发展模式的探索。

二、项目总体情况

2018 年 10 月，内江市政府与北京首创生态环保集团股份有限公司及联合体单位签约内江沱江流域水环境综合治理水环境 PPP 项目（以下简称“水环境 PPP 项目”）。水环境 PPP 项目总投资约 62.82 亿元（不含建设期利息），项目建设期 3 年，运营期 22 年。为了水环境 PPP 项目的实施，按照合同约定成立 SPV 公司——四川水汇生态环境治理有限公司，负责项目的投资、建设及运行管理。项目设计单位为中国市政工程华北设计研究总院有限公司。水环境 PPP 项目包含 26 个子项目，130 个分项目，建设内容包括沱江岸线及流域 21 条水体治理、4 座市政公园、2 座再生水厂、1 座城市污水处理厂、1 座工业污水处理厂、1 个海绵城市项目、91 座乡镇污水处理厂、446 公里污水收集管网以及 80 个行政村的污水无害化处理设施建设，遍及内江全域 8 个行政区划，囊括了市政污水处理厂、工业污水处理厂、乡镇污水处理厂站、村户级污水处理设施、黑臭水体治理、海绵城市、市政公园、道路桥梁、污水管网等各类型水环境综合治理内容，服务面积 5385 平方公里，人口约 400 万，是项目规模较大、覆盖面积较广、业态较为复杂，是长江一级支流中具有代表性和示范效益的水环境综合治理项目之一。

近年来，内江先后获得“全国黑臭水体治理示范城市”“全国典型区域再生水利用配置试点城市”“全国区域再生水循环利用试点城市”“全国第一、二批流域水环境综合

治理和可持续发展试点城市”“四川省生态环境试点城市”等称号，入选“四川省 2023 年系统化全域推进海绵城市建设示范城市”。

三、项目解决的具体问题

1. 城区黑臭水体全面消除

内江市建成区黑臭水体共计识别出 11 条，其中重度黑臭 4 条，轻度黑臭 7 条。水环境 PPP 项目自 2018 年开工以来，通过控源截污、内源治理、生态修复、活水保质等工程措施，于 2019 年实现建成区 11 条黑臭水体全面消除，2020 年实现“水清岸绿、鱼翔浅底”。

2. 污水收集处理能力全面提升

通过城镇污水处理厂及配套管网建设、提标提升污水处理厂规模及出水水质标准，通过排水管网建设、排查、修复和改造，消除污水收集处理空白区，进一步提升污水处理厂进厂 BOD 浓度和污水集中收集率。项目共计新建 446 公里污水收集管网，新增污水处理能力共计 11.65 万 $\text{m}^3/\text{天}$ ，城区污水收集率提升至 90%。

3. 沱江内江段水质全面改善

随着水环境 PPP 项目的实施，治理效果逐渐呈现。2022 年内江市 12 个国、省控考核断面水质首次全面达标，沱江干流出境断面水质由Ⅲ类提升至Ⅱ类，全市 12 个国、省控考核断面水质优良率达 100%，同比上升 25%，水环境综合治理初见成效。2023 年 12 个国、省控考核断面水质优良率继续保持 100%。

4. 人居环境全面提升

结合黑臭水体治理和沱江岸线综合整治工程，综合提升沱江生态岸线长度和人均公园绿地面积，市区沱江生态岸线率由 9.49%，提升至 20%，人均公园绿地面积由 $11.68\text{m}^2/\text{cap}$ ，提升至 $12.10\text{m}^2/\text{cap}$ 。

四、项目创新点

1. “厂-网-河一体化”调度管理体系搭建

在寿溪河流域，通过邓家坝再生水厂工程建设、寿溪河流域排水管网排查、清淤和修复、河道再生水补水及寿溪河流域排水监测评估系统搭建、运管配套措施同步推进，完成寿溪河流域“厂-网-河一体化”运管，达到流域内污水“随接随查、随查随治”，最终达到消除黑臭水体的目标。

同时，基于信息化和智慧化手段为依托的管理模式，通过对排水管网的智慧化指挥

决策及信息共享，使系统最大程度提升水环境质量，实现排水设施的全生命周期自主管理和智慧运行。

2. 污水资源化、能源化利用探索实践

在项目建设过程中，致力于将谢家河再生水厂打造一座“能源资源高效循环利用的污水处理绿色低碳标杆厂”。该项目是内江市第一座实现了水资源回用的水厂，再生水被广泛用于道路冲洗、绿化灌溉、公厕冲水、谢家河生态补水等，开辟了稳定的“第二水源”，为内江创建“区域再生水循环利用试点城市”和“典型地区再生水利用配置试点城市”，促进经济的绿色低碳发展注入无限动能。

通过在水厂生产调度中心顶、停车棚、地下通道顶等处加装光伏发电系统为生产供电，经测算，光伏发电系统年平均发电量约 10 万度，年节约标准煤超 30 吨、减排 CO₂ 超 100 吨。同时，安装污水源热泵空调系统，从污水中提取热源，实现了制冷供暖全程零污染，经测算，该空调系统较传统中央空调年节约空调运行费用约 5 万元。

3. 以人工湿地为核心的生态修复技术产品孵化

内江项目已正常运行湿地共 13 个，总面积约 27500 平方米，湿地类型包括潜流湿地、表流湿地和复合湿地，主要用于处理场站尾水、散排生活污水以及雨污合流水等，通过在项目中不断创新实践，自主研发了基于生物碳的高效脱氮除磷填料、定向植物发酵技术、微米曝气系统及模块化湿地工艺，可使脱氮除磷效果较传统填料提高 30-50%，更换周期提高 2 倍以上，低温条件下提高 37% 的处理时长。稳定提升至准 IV 类及以上水质标准。同时打造可持续、弹性、高效的人工湿地智慧平台，实现人工湿地长效管理、简易运维。相比传统污水处理技术，本产品可节约运营成本 80% 以上。同时，通过内江湿地项目总结出完整的本地化湿地植物名录及植物配置路线，为川南地区人工湿地提供有效借鉴。

目前已申请专利 10 项，其中获授权 4 项；《用于面源污染控制的功能填料强化人工湿地处理技术》入选 2022《国家先进污染防治技术目录（水污染防治）》；《湿地生物生境过程耦合与定向调控关键技术及工程应用》获得 2022 年国家产学研合作创新成果奖二等奖。

4. 信息模型助力小流域治理提质增效

玉带溪流域治理以管网提质增效为目标，通过采取暗涵末端污水截流及管道截污（一期截污工程），管网混错接改造（二期截污工程）等措施，改善暗涵及河道周边污水

排入污染，目前已稳定消除黑臭。

在项目实施前，通过对玉带河流域搭建管网与河道信息模型，分别进行典型年（枯水年、平水年）逐分钟降雨数据条件下溢流频次与溢流污染物负荷情况模拟，以及在场次降雨情况下（小、中、大雨），玉带溪北支河道 COD、NH₃-N、TP 浓度情况、水质恢复周期变化情况模拟。通过模型模拟，量化分析控源截污工程实际效果以及相应河道水质时空变化情况，有效指导了小流域整治工程技术措施的实现，同时为后续小流域水环境治理工程提供了经验依据。

5. 参与国家重点课题，持续科研创新成果产出

2020 年，依托该水环境 PPP 项目申报了住房和城乡建设部软科学研究项目《川南地区城市级流域水环境综合治理系统规划方案研究》；2022 年，与清华大学等共同申报了科技部国家重点研发计划《城镇节水提质增效与全过程降损管控技术研究集成应用》课题。截止目前，共计产出包括专利、专著在内的科研成果 9 项。

五、应用场景和运行实例

1. 史家至沱江四桥沱江右岸综合整治工程（一期）

史家至沱江四桥沱江右岸综合整治工程（一期）项目位于内江市史家镇，处于内江城区西北方向，紧邻沱江，项目主要建设内容为新建沱江右岸生态护岸约 2390m；堤顶道路 2454m（含四美河桥一座），景观建设 27400m²等；新建史家镇至四合镇寿溪河截污干管 5360m 等。



2. 内江经济开发区玉带溪黑臭水体整治项目

玉带溪发源地位于内江经济技术开发区内，流域面积约 8.31km²，总长度约 2.1 公里，整体走势呈斜 Y 字型。上游段共有两个源头，北侧支流附近主要为城市建成区，生产企业较为集中，南侧支流主要是农村区域，农田及鱼塘沿线分布。玉带溪于成渝高速、内宜高速互通处汇合，经人民公园后最终汇入沱江，汇合处河流断面宽度约 1~5 米，深度 0.5 米。因汇合后流经区域是内江市重要的居民生活区域及休闲娱乐区域，玉带溪水质情况改善对提升居民生活质量有重要意义。



3. 谢家河再生水厂

谢家河再生水厂主要服务内江谢家河片区，服务面积 1078ha 该区域总体定位内江城市主中心，成渝专业化服务基地。主要功能是成渝区域性特色商贸中心，成渝特色文化休闲、商务休闲基地，内江行政、文化、体育等综合服务中心，生态宜居示范区。本工程规划总用地 2.0915 公顷（约 31.37 亩），项目建设规模为近期 1.0 万 m³/d，远期 3.0 万 m³/d，土建一次完成，设备分期安装；谢家河再生水厂为全地下形式建设的再生水厂，污水处理设施均在地下，地面上为海绵公园。



4. 西南循环经济产业园区污水处理厂

西南循环经济产业园位于内江市东兴区椑木镇，是内江市重点推进的工业园区，以再生资源综合回收和生产利用为主导循环经经济业，新建西南循环经济产业园区污水处理厂主要服务于该工业园区。污水处理规模 5000 吨/天（近期），出水达到《四川省岷江、沱江流域水污染排放标准》中工业园区集中式污水处理厂排放标准。



5. 乡镇污水处理设施及配套管网建设工程

水环境 PPP 项目共 95 座镇级污水处理设施，规模从 50-1200 吨/天，分布在市中区、东兴区、威远县、资中县、隆昌市、经开区六个行政区域内，总处理规模约为 3.4 万吨/天。其中处理规模 500 吨/天以下厂站数量为 76 座，处理规模 500 吨至 1000 吨/天 厂站数量为 17 座，处理规模 1000 吨/天厂站数量为 2 座。



东兴区郭北镇污水处理场站，处理规模：1200 吨/天



隆昌市龙市镇污水处理场站 处理规模：800/吨天



东兴区平坦镇污水处理场站 处理规模：300 吨/天

六、项目实施效果和效益分析

在水环境 PPP 项目一套全流域治理“组合拳”下，内江沱江国考断面水质优良率从 2017 年的 6.2% 升至 2022 年的 100%，一跃成为四川省水环境质量改善幅度最明显的主要河流。2023 年内江继续维持 12 个国、省控考核断面水质优良率 100%，沱江干流出境断面水质稳定在 II 类，5 个小流域成功消除 V 类水质。

同时，结合水环境 PPP 项目实施的各类工程措施，通过沱江干流流域（内江段）河道水文水动力水质模型模拟，在项目工程实施后，污染物排放总量中的 COD_{Cr}、NH₃-N 和 TP 分别下降 19%、34%、26%，河污染物排放总量中的 COD_{Cr}、NH₃-N 和 TP 分别下降了 22%、36%、32%。另外，分项拆解各类污染源工程前后削减量，通过水环境 PPP 项目的工程措施，城镇生活污水污染削减约 60%，农村生活污水污染削减 15%-41%，河道底泥释放污染削减约 90%。

此外，水环境 PPP 项目自开工以来倍受社会各界关注，截至 2024 年 2 月底，项目已获得《新闻联播》《朝闻天下》等中央媒体和省级媒体采访报道 180 余次；接受各级政府调研超过 360 次，其中，部级及以上领导调研 4 次，厅级及以上领导调研近 110 次，各项工程取得了良好的环境效益及社会效益，得到了各级领导和市民的一致认可。



七、经验总结和发展建议

1. 经验总结

（1）构建流域综合治理项目系统规划方案理论体系

随着城市建设规模的不断扩大，水环境需求项目越来越多，综合整治的需求也越来越大，比如城市排水防涝治理、城市黑臭水体治理、海绵城市建设等涉及大量的工程项目。同时，项目之间有很强的关联性，在项目规划期间和建设任务分配时期需要综合统筹才能发挥最佳效益。目前的工程项目管理体系缺少对此环节的要求和管理，特别是环境需求和建设主体不一致的情况往往会导致“头痛医头”“脚痛医脚”“单项思维”现象，造成政府投资浪费、环境收益不高。

基于以上问题表现，流域水环境综合治理范围的系统规划方案和建设理论实践能够预判工程项目能否实现预期目标。从流域全局视角，分析问题和成因，评估现有工程措施实施效果。从完成整体目标的角度，统筹“源头减排—过程控制—系统治理”的工程体系，协调灰色和绿色基础设施关系，明确各流域工程措施应达到的目标，确保整体工程方案的实施效果。梳理多工程体系与目标实现之间的关系，进行多工程优化组合，综合考虑经济性、落地性和实施难度，力求做到整体效果最优。

特此，在水环境 PPP 项目实施之前，整体考虑项目需求和项目组成，构建系统规划建设理论方法，总结形成以污染解析（数据收集，归纳解析）—量化分析（以水定城，以水束规）—控制原则（生态优先，灰绿结合）—因域施策（分配目标，有机高效）—

评估建议（后续提升，规划建议）为框架的规划建设理论构建体系。水环境 PPP 项目脱离传统规划概念和传统建设模式，打破壁垒，总体形成以项目布局为目的的规划方案梳理，以规划方案引导为前提下的项目统一建设。

（2）利用数字化流域水环境模型开展模拟评估

水环境 PPP 项目通过数字化模型量化分析地区污染情况，以水定城，统筹建设项目多目标实现和多措并举选取示范区域开展流域水量、水质模型与应用研究，构建基于污染物时间、空间分配规律和河道水动力水质模拟的流域水环境动态耦合模型系统，基于模型系统开发一套流域水环境治理工程的达标性评估路线，为流域水环境系统、智慧化解决方案提供重要的量化技术支撑手段。

数字化模型近期用于水环境 PPP 项目工程规划及污染负荷削减控制，实现黑臭水体达标、水厂运行稳定沱江干流河道趋势化改善，远期可通过扩展服务政府，基于环境目标的改善需求，对现行规划提出调整并布局水环境治理和优化提升建设内容。

2. 发展建议

规划建设理论方法具有地区性流域治理的推广借鉴意义，助力长江保护修复和黑臭水体攻坚战役。

流域综合治理在不同流域和不同城市之间，既有共性也有个性，依托项目为沱江流域典型城市级流域综合治理项目，通过内江水环境 PPP 项目规划建设的理论和厂网河一体化专业化运维实践研究，在长江上游地区进行推广互鉴，使得共性治理理论不断加深，特征流域治理经验不断丰富，为区域性的流域综合治理体系形成和推广形成有力支撑，保障长江保护修复工作顺利进行。

城市水管家模式创新与实践

申报单位：中国长江三峡集团有限公司长江生态环境工程研究中心

联合申报单位：长江生态环保集团有限公司

一、项目目的及意义

三峡集团开展长江大保护城市污水治理过程中，针对城市治水主体多元、项目分散，排水管网等基础设施缺陷明显、投资回报机制不健全等问题，探索形成城市水管家系统治水模式，以排水管网为重点的城市水系统统一投资、建设和管理，促进城市治水降本增效。水管家已成为三峡集团“十四五”期间城市治水业务的主导模式，在多个城市成功应用。城市水管家模式的创新与实践，为行业提供了政府主导、企业实施的城市系统治水新思路，有助于政企责任的清晰划分和高效合作，有利于城市水环境基础设施的高质量建设和长期可持续运维，助力长江经济带城市水环境根本改善和高质量绿色发展。

二、项目总体情况

“城市水管家模式创新与实践”项目，由中国长江三峡集团有限公司长江生态环境工程研究中心（长江经济带生态环境国家工程研究中心）与长江生态环保集团有限公司共同策划和实施。城市水管家模式在 2021 年提出，成为“十四五”期间三峡集团开展长江大保护城市水环境治理业务的主导模式，正在按照“试点一批、谋划一批、全江推广”的思路应用推广，目前已先后在宜昌、岳阳、芜湖、九江、六安、吴江、宣城等多个地区注册成立水管家公司，开展城市供水、排水、防洪除涝、污水处理、水环境治理等治水业务。本项目为三峡集团城市水管家模式创新内容 and 应用成效的总结，包括城市水管家模式的核心内涵、目标设计方法、规划与评估技术、激励与保障机制、规范化管理等方面，是支持水管家模式创新、推动水管家落地推广、保障水管家长期可持续运营的核心内容。

三、项目解决的具体问题

1. 解决城市水环境系统治理模式缺乏问题。城市水环境治理呈现“九龙治水”局面，涉水项目碎片化、运营主体多元化，责任主体难界定、职能分工不清晰，应急式治理现象较普遍，导致治理效果难保证，主要原因在于城市涉水事务的实施缺乏统筹。城

市水管家模式将城市供排水等各类涉水事务统一由一个主体实施，统一规划、建设、运营、管理和调度，明晰各方责任、避免重复建设、提升治理效率。

2. 解决水管家模式下水环境系统治理规划评估工具缺乏的问题。城市水环境治理投资大但公益性强，传统以工程项目建设为导向的投资方式造成资金浪费和效率低下，因此水管家的要点之一就是转变为以目标为导向的投资模式，优化投入产出关系。目前可量化工程措施的投资-效益关系、优化治理投资决策的国产软件工具较少，存在模拟分析耗时长、数据需求不匹配、操作不友好等不足，本项目针对这一需求进行了技术创新。

3. 解决城市治水长效保障机制缺乏问题。以排水管网为代表的涉水基础设施问题多、缺陷大，管网建设运维资金匮乏、投资回报机制不健全，难以持续运行，缺乏以治水效果为导向的城市涉水设施建改费用机制，影响工程建设和治水效益。本项目针对这些问题开展保障机制的创新与实践。

四、项目创新点

1. 创新提出并在多个城市应用了“城市水管家”系统治水商业模式。提出了三峡集团城市水管家治水模式，其核心是以排水管网为重点，三峡集团作为第三方承担城市涉水系统治理目标和管理责任，对城市供水、排水、管网、防洪排涝、河湖等涉水设施统一规划、统一建设、统一运营、统一管理和统一调度。提出城市水管家“降本、增效、筹资、明责”四方面的核心要求，由“九龙治水”向政府监督下的水管家统一治水转变，明晰政府、企业各方职责，促使政府更有为、市场更有效。对标先进系统设置水管家目标，构建“七水”共治、“政企协同”的水管家目标指标体系，科学指导城市水管家目标设定与标杆打造。推动与 25 个长江沿线城市（区县）签订了水管家合作协议，在宜昌、六安等多个地区注册成立了水管家公司，实现水管家模式的实质性运营和有效复制。

2. 自主研发并应用了城市水系统治理项目管理工具。创新构建链接“工程量-投资额-治理成效”的城市治水成效评估工具，以城市水管家目标指标为导向，模拟不同工程组合条件下的投资情况与污染物削减效果，形成最优的城市水环境治理项目工程和投资组合，助力水环境治理项目的系统规划和协调设计。面向实际管理需求，开发了三峡集团首个城市水管家项目管理工具，拥有独立操作界面和多模块集成功能，具备易操作、响应快和模拟准确的特点，可极大提升项目管理效率和决策水平，助力城市水管家实现“降本增效”。长江环保集团牵头开发“水管家”智慧系统，统筹考虑源、网、站、厂、

河等涉水要素，打造了具有人机交互能力、软硬件一体的智慧“水管家”应用体系，标志着长江环保集团长江大保护项目拥有了国产替代、自主可控的生态环保科技智慧化管控系统。

3. 突破城市污水管网按效付费与污水收集处理价格机制改革，推动试点落地。水环境治理的关键和薄弱环节在管网，解决好城镇污水管网资金来源和可持续建设经营模式是重点。水管家模式有效适应新的 PPP 机制，聚焦污水收集处理使用者付费，与地方政府共同探索可持续经营的路径。依托城市排水管网攻坚战，以水环境治理成效为最终导向，开展污水管网建设运营按效付费和污水收集处理价格机制改革等相关方案的研究与落地推广。创新开展污水治理市场化探索，将污水处理费用于管网建设运维，逐步建立涵盖污水收集、处理、污泥处置全过程的定价、动态调整和费用保障机制，并与宜昌市政府积极对接，细化实施方案，2023 年《宜昌市城区污水管网补短板攻坚战特许经营项目实施方案》获批，切实推动了相关机制的落地实践。

五、应用场景和运行实例

1. 实现多地政企合作。三峡集团城市水管家业务开展以来，累计与宜昌等 25 个长江沿线城市（区县）签订水管家协议，在六安、宜昌、岳阳等多个地区组建水管家公司。在六安，政府“当家”、企业“管家”的水系统综合治理模式获得省委主要领导批示，肯定政企合作方向。六安市住建局、长江环保集团分别牵头编制完成《六安市城区“水当家”监管服务工作导则（试行）》《六安市智慧水管家服务手册》，政企责任边界以导则形式明确。

2. 打造特色指标指导水管家目标制定。六安“水管家”规划了“河安湖晏、水清岸绿、韧性智慧、文昌人和”的发展蓝图，为水管家实施主体设置了 6 类共 10 项核心目标指标，在智慧化管理等方面突出打造高水平标杆，构建以高水平规划为引领，以高质量工程、高效率运营、智慧化赋能、一体化调度、可持续发展为支撑的“1+5”六安水管家一体化创新体系。

3. 开发专有管理工具支撑项目优化。应用城市治水成效评估工具为工程项目优化提出建议，例如，在岳阳对东风湖提出采用源头治理方法，COD 峰值浓度降低 10%，单次溢流量峰值减少 8 万吨以上；整治雨水排口，COD 削减 5%等。城市“水管家”智慧系统，已在 60 余个长江大保护项目中得到应用、推广，显著提升了水务行业管理效率，该系统成功入选国务院国资委发布的《中央企业科技创新成果产品手册（2023 年版）》。

4. 推动污水管网“按效付费”落地。在宜昌，实施首个管网攻坚战项目，赋予管网经营属性，建立市场化回报机制，以污水收集效果导向建立管网“按效付费”机制，为探索社会资本参与污水管网建设的商业化路径提供示范。2023年年末，宜昌市城区污水管网补短板攻坚战项目开工，标志着三峡集团探索污水治理可持续发展路径从构想走向实践。



**市住建局 市城管委 市生态环境局 市财政局
关于印发《宜昌市污水收集系统按效付费
实施办法（试行）》的通知**

西陵区人民政府、伍家岗区人民政府、点军区人民政府、猇亭区
人民政府、夷陵区人民政府、宜昌高新区管委会、各有关单位：
为加快补齐宜昌市污水管网短板，创新“按效付费”机制，
提高污水治理资金使用效益，市住建局、市城管委、市生态环境

—1—

宜昌市污水收集系统按效付费实施办法（试行）

5. 系列规范文件指导水管家复制推广。2021年发布《三峡城市水管家工作手册》，提出了涵盖水管家内涵、服务内容、目标、模式 and 特点等要素及水管家实施路径的“五点一面”规范化文件。2022年发布《城市水管家实施方案编制指导手册（试行）》，构建“本底调查、策划评估、规划设计、投资估算、运营服务、保障机制”全链条、多维度的项目策划流程，指导水管家项目实施。各水管家公司也形成了标准制度，及时将水管家规划、建设、运维、服务等全周期的要求进行规范总结，保障水管家长效运行。

六、项目实施效果和效益分析

城市水管家模式，从城市生态系统整体性出发，聚焦系统治理、源头治理、综合治理、协同治理的新模式，以管网为重点，配套其他系统治理措施，最终实现水环境质量根本性改善。

1. 有力推动水环境治理降本增效，最大程度提升环境治理经济效益。从规划、投资到建设、运维等所有涉水业务由一个主体牵头，通过精准投入、靶向治理，实现人财物成本降低和资源节约，提高涉水系统运营管理效率，发挥资本效用建立行业长效机制，推动供排水主体市场化改革，实现管网建设运营向使用者付费转换。实现将传统以工程设计引导投资的方式转变为以目标为导向的决策模式，提升水环境治理决策水平，助力城市水管家“降本增效”。

2. 切实推进地方水环境根本改善，充分发挥环境治理社会效益。明晰政府、企业各方职责，由“九龙治水”向政府监督下的统一治水转变，解决了传统水环境治理主体多元化、项目碎片化、管网问题多等难点痛点，统筹推进地方水环境系统治理，在宜昌、岳阳、九江、芜湖、六安多地取得实效，黑臭水体、易涝点治理成效显著，城镇污水集中收集率、污水处理厂进水浓度、总氮总磷等污染负荷削减大幅提升，有力支撑长江水环境持续改善，实施成效获主流媒体赞扬。

七、经验总结和发展建议

“十四五”时期，三峡集团深入贯彻落实党的二十大精神，以习近平生态文明思想为指导，继续在共抓长江大保护中发挥骨干主力作用，推进沿江高质量绿色发展。

以水管家模式为核心，系统治理，管好城市水。坚持“可持续、系统性、高质量”发展思路，做好顶层设计，持续完善适宜水管家有效落地的组织体系、管控架构、标准规范、运维体系、技术体系，系统形成管理、商业、建设、运营、科技等工具包。在宜昌、岳阳、九江、芜湖、六安多地取得实效，城市水环境质量持续改善。

目前，在城镇水环境可持续治理方面仍有较大瓶颈急需突破，工作组将持续完善多主体均衡的资源环境定价方式，优化多场景的污水收集处理按效付费方案，探索水权、碳排放权、排污权等交易方式，积极与中央、地方政府对接，推进试点落地；结合三峡集团优势，深入探索生态环保业务与综合能源业务有机结合路径，推动水管家与“综合能源管家”互馈融合、协同增效，促进绿色低碳发展。

后续，根据《关于规范实施政府和社会资本合作新机制的指导意见》等相关政策文

件，将持续深化水管家模式内涵，使其能够有效适应政策导向，规范与政府合作新机制，充分发挥市场作用，聚焦使用者付费，把握重点领域探索与民营企业合作路径，吸引社会资本广泛参与。按照“试点一批、谋划一批、全江推广”的整体思路，推动水管家模式在长江经济带全面开花，引领行业高质量绿色发展，为共抓长江大保护做出新的更大贡献。

“数智赋能·协同共治”泰州健康长江治理新模式

申报单位：泰州市生态环境局

联合申报单位：南京大学

一、项目目的及意义

为贯彻党的二十大精神，推动长江经济带高质量发展，牢固树立和践行“共抓大保护，不搞大开发”，落实习近平总书记关于“建设绿色智慧的数字生态文明”的具体要求，江苏省泰州市积极响应中央号召，在全国率先开展“长江大体检”，扎实开展“健康长江泰州行动”，积极探索将大数据和人工智能应用于长江生态环境治理领域。通过本项目建设，提升大数据平台在环境治理决策中的应用价值，探索总结泰州市长江生态环境智能治理的新技术、新模式、新经验，推进长江泰州段生态环境治理体系和治理能力的现代化，为沿江城市实现高质量经济发展与高水平环境保护提供示范，实现长江生态环境保护新格局，书写“长江大保护”泰州答卷，助力“数字中国”建设。

二、项目总体情况

项目由泰州市生态环境局（项目建设及应用单位）、南京大学（流域治理 AI 算法和健康长江评价技术研发）联合完成，总投入经费 8875 万元。项目应用于泰州市长江段及其支流流域范围内生态环境监管，面向政府、企业与公众三大对象，服务于健康长江泰州行动。

项目基于“数据全息感知-AI 深度加工-治理成效评价”思路建设，主要包括：

1. 基于物联网与大数据技术，汇集 18 个部门 7.5 亿条数据构建“健康长江泰州行动”大数据平台，打通部门壁垒，实现跨部门协同共治，为守护长江健康提供强有力的环境决策数据支撑。

2. 建设重点入江排口污染智能预测预警系统、企业危废“瞒报漏报”预警系统、企业环境风险智能画像与动态管控系统三大智能环境治理系统，将立体感知数据转化为智慧治理能力，创新“事前预测-事中控制-事后溯源”全过程智慧监管决策手段，完善“污染源-生态环境质量-生态环境风险”全链条治理策略，常态化服务于长江泰州段排口和沿江企业非现场监管等日常管理工作。

3. 创新评价方法，科学评估健康长江治理成效，编制和发布我国首个长江大保护背景下的《健康长江评价技术规范》团体标准，并建设健康长江指数信息公开平台，建立公众互动渠道，形成以政府为主导、多元共治的现代化智能环境治理体系。

三、项目解决的具体问题

1. “健康长江泰州行动”大数据平台解决了长江泰州段生态环境数据涉及部门分散、数据查询及统计口径不一而导致信息资源开发和数据深层次挖掘不足的管理难题。

2. 三大智能环境治理系统围绕排口、工业企业等沿江重点污染源和风险源建设而成。其中：

（1）重点入江排口污染智能预测预警系统解决了目前已建成的排口监测监控网络侧重于入江排口相关基础数据的感知和采集，以事中监控和事后治理功能为主，而缺乏污染物预测能力，不能真正实现污染事前预防的难题；

（2）企业危废“瞒报漏报”预警系统解决了现有监管模式中危废产生量数据依赖于企业自主申报，而企业出于节约处置成本的考虑存在强烈的瞒报漏报行为动机，导致部分危废游离在全过程监管之外，产生危废沿江非法倾倒的重大风险隐患的难题；

（3）企业环境风险智能画像与动态管控系统解决了目前企业环境风险管理以静态风险评估为主、无法动态监控企业风险状态、风险管控精细化程度不够、不能提供针对性风险管控建议的难题。

3. 健康长江评价方法解决了以往河流健康评价指标单一、与新时期长江大保护目标脱节的问题，在此基础上建设健康长江指数信息公开平台，解决泰州市长江生态环境治理中公开信息不全、公众参与渠道不足的问题。

四、项目创新点

本项目共形成 5 项技术创新，技术性能优于同类其它技术。具体包括：

1. “健康长江泰州行动”大数据平台技术：该平台整合云计算、物联网、大数据、人工智能、5G 等技术，汇集 18 个部门 7.5 亿条数据形成互联互通；利用高分辨卫星遥感、无人机、无人船、污染源监测设备、铁塔视频等构建综合监控手段，形成“水陆空”于一体的长江生态感知监控体系，实现长江沿线缓冲区 3 公里区域的生态环境状况实时全面感知，是全国唯一实现了长江大保护的“五个全面”——“监控全覆盖，排口全公开，支流全监测，监督全过程，应急全联动”的大数据平台。

2. 重点入江排口污染智能预测技术：基于长短期记忆网络、门控循环神经网络、卷

积循环神经网络、极端梯度提升树和支持向量机等多种智能算法构建集成预测模型，实现入江排口未来 6 小时的污染因子浓度的回归预测和未来 24 小时的超标情况的分类预测，回归模型的 R^2 在 0.60~0.98，分类模型的准确率在 74%~100%，为遏制排口污染超标赢得了应对时间。

3. 企业危废产量预测与瞒报行为智能甄别技术：基于大数据挖掘企业危废产生规律，开发基于 AI 的“异常值检测-产量预测-瞒报概率计算”模型算法群，算法群利用企业基本信息及污水排放数据实现企业危废理论产量的准确预测，模型拟合性能 $R^2>0.65$ ，并基于理论产废量预测，评估危废瞒报漏报概率，从源头精准识别疑似“瞒报漏报”企业，实现危废全生命周期闭环监管。

4. 企业环境风险特征高维精准画像技术：基于多源异构的企业级权威数据库，创新基于少量关键信息“升维”模拟企业环境风险的动态智能画像算法，可在 3-5 分钟内完成包含 107 项指标的企业环境风险的动态评估，管理成本降低 90%，筛选出优先控制的风险企业与隐患节点，基于企业风险特征推荐风险管控提升课程，有效预防企业突发事件。

5. 健康长江评价技术：基于新时期“健康长江”的内涵特性，结合“压力-状态-响应”模型概念，从“资源和谐、水质清洁、环境安全、生态优美、公众满意”五个维度，构建了兼具普适性和创新性的健康长江指数评价体系，编制和发布了我国首个长江大保护背景下的《健康长江评价技术规范》团体标准（T/JSSSES 17-2021）。在此基础上建设健康长江指数公众环境监督平台进行指数信息公开、提供公众互动渠道，通过公开电子屏建设、健康长江手机端页面开发、临江居民进社区等多元化方式把公众参与和监督融入到环境治理中，切实提升了临江居民对生态环境监督的积极性和满意度。

五、应用场景和运行实例

1. “健康长江泰州行动”大数据平台

该平台为一个以健康长江主题库为基础，长江“体检表”、专项行动、决策分析、应急管理、环境管理五大模块为主体，融合长江三维全景展示的大数据平台，发挥“一张监测网络”“一套数据资源”“一个支撑大脑”“一体智慧应用”和“一屏指挥调度”的作用，给政府及相关部门提供长江大保护的决策参考和执法依据。平台先后荣获江苏省 2019 年度十佳环境保护改革创新案例、江苏省委网信办“2020 数据江苏建设优秀实践成果”奖、2022 年第五届数字中国建设峰会数字环保分论坛优秀应用案例。



图1 长江“体检表”模块界面展示

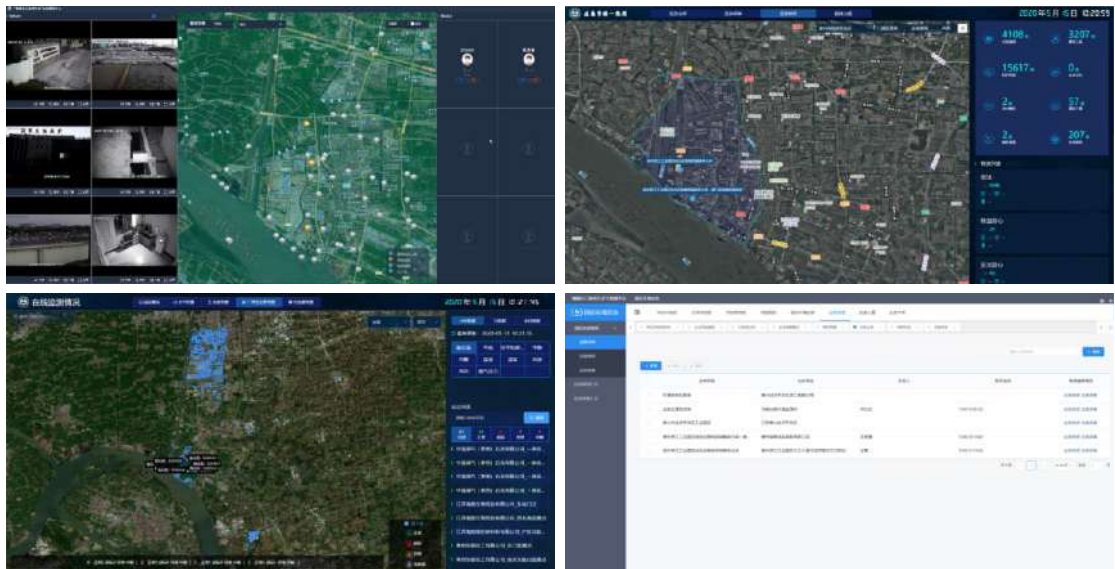


图2 应急管理模块界面展示

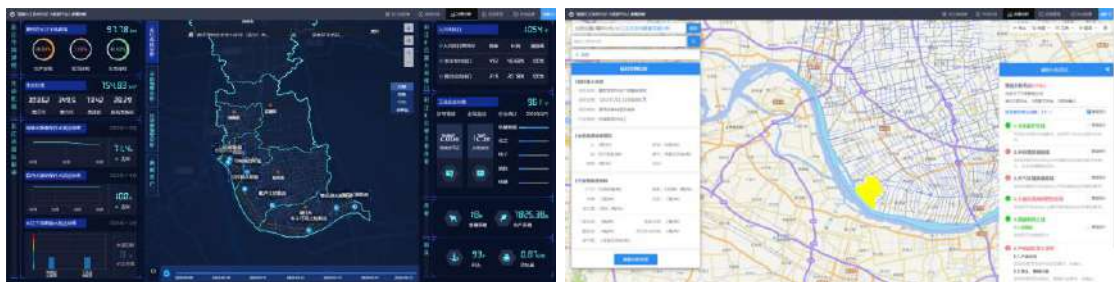


图3 专项行动模块界面展示



图4 环境管理手机端界面展示

江苏省 2019 年度十佳环境保护改革创新案例

- 1、泰州污染防治综合监管平台（泰州市，执法监督类）
- 2、创新实施“健康长江泰州行”守护一江清水（泰州市，环境管理类）
- 3、践行“两山”理念 江苏溧阳尾水湿地变身生态公园（宿迁市泗阳县，环境治理类）
- 4、南京建立排污权有偿使用与交易制度（南京市，绿色市场类）
- 5、常州大数据助力“蓝天保卫战”（常州市，科技服务类）
- 6、苏州环境管理合作伙伴计划（苏州工业园区，服务高质量发展类）
- 7、南通市民营企业环保服务驿站助推高质量发展（南通市，服务高质量发展类）
- 8、无锡锡东垃圾焚烧发电厂项目原址复工（无锡市锡山区，环境管理类）
- 9、扬州“七河八岛”街生态经济（扬州市生态科技新城，环境管理类）
- 10、淮安耿湾资源 精准治理 推动环境空气质量持续改善（淮安市，环境管理类）



图5 荣获江苏省2019年度十佳环境保护改革创新案例（左）和2022年第五届数字中国建设峰会数字环保分论坛优秀应用案例（右）

2. 智能环境治理系统

建设重点入江排口污染智能预测预警系统、企业危废“瞒报漏报”预警系统、企业环境风险智能画像与动态管控系统，将立体感知数据转化为智慧治理能力，创新“事前预测-事中控制-事后溯源”全过程智慧监管决策手段，入选国家智能环境治理实验子基地。

重点入江排口污染智能预测预警系统能够根据入江排口污染因子预测模型的超前预测结果进行预警研判，识别出预警信息后推送给监管部门和关联企事业单位。数据自

动更新达到 120 万余条，2023 年产生并推送 366 条预警信息。



图 6 重点入江排口污染智能预测预警系统界面展示

企业危废“瞒报漏报”预警系统每个月自动计算泰州市 171 家企业危险废物总量和行业重点危废的理论产生量，并基于企业申报值计算瞒报漏报概率，数据量达 200 万余条，共推送泰州市 2023 年逐月危废高瞒报漏报风险企业清单 11 个次。

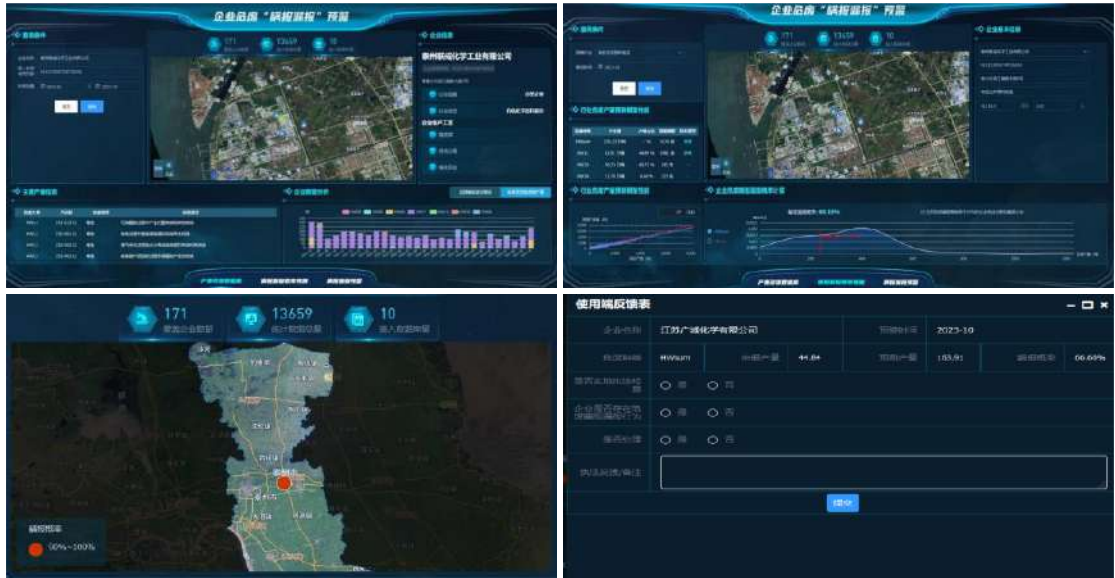


图7 企业危废“瞒报漏报”预警系统界面展示

企业环境风险智能画像与动态管控系统根据 107 项指标对企业环境风险进行高位精准画像，数据每周更新。2023 年度，模型自动分析企业环境风险画像 48 次，累计画像 5904 次，累计分析画像指标数据 94464 项；共绘制企业环境风险地图 96 张；共筛选获得高环境风险企业清单 96 张，累计筛选高突发环境风险企业 2160 家，高累积环境风险企业 2112 家；累计生成企业环境风险特征分析数据 94464 项，生成培训课程推荐 5904

次。



图8 企业环境风险智能画像与动态管控系统界面展示

3. 健康长江评价技术

编制和发布了我国首个长江大保护背景下的《健康长江评价技术规范》团体标准（T/JSSSES 17-2021）。以此为依据，对 2019-2023 年泰州市长江段的健康状况进行了评估，评价结果在健康长江指数公众环境监督平台上公开展示，数据每季度更新。同时，还开展了建设健康长江指数信息公开屏、手机端网页、进社区宣讲和调研等多元化宣传方式共同推进健康长江指数公开工作。



图9 《健康长江评价技术规范》团体标准（左）和新闻发布会（右）

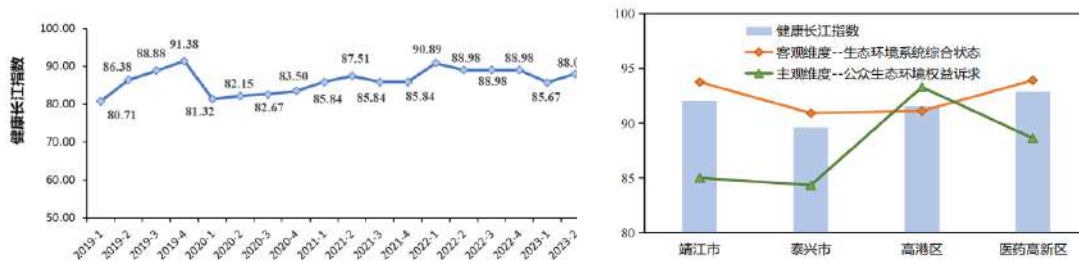


图10 长江健康状况评估结果



图11 健康长江指数公开显示屏



图12 健康长江指数信息公开手机端界面



图13 进社区开展健康长江行动宣讲和调研活动

六、项目实施效果和效益分析

项目建设推动了当地环境质量改善。近年来，泰州市长江干流水质基本保持Ⅱ类，主要入江支流Ⅲ类水体比例达 100%，排名全省第一；城市集中式饮用水水源地供水安全得到保障，达标率 100%；水土流失得到有效控制，自然湿地保护率 67.7%，增幅全省第一；鱼类资源密度增加明显，指示性物种长江江豚自 2021 年观测以来累计目击 235 头，种群数量显著增加，水生生物资源呈现良好恢复态势。通过健康长江指数公开，显著提升了临江居民对“健康长江泰州行动”工作满意度。

同时，精准高效的预警监测功能为企事业单位提供了更为准确的生产规划和资源分配参考，有效避免了因危废、废水处理不当而导致的罚款和诉讼费用和污染后的环境修复成本，同时增强了执法监管效率，减少监管部门的人力物力成本。有效提升了泰州市企业环境风险评估频率和管理部门掌握企业环境风险水平的时效性，进一步提高了企业的自主环境风险优化动力，激发企业的社会责任感和环保意识。

项目先后荣获江苏省 2019 年度十佳环境保护改革创新案例、江苏省委网信办“2020 数据江苏建设优秀实践成果”奖、2022 年第五届数字中国建设峰会数字环保分论坛优秀应用案例等，并入选了国家智能社会治理实验子基地，编制和发布了我国首个长江大保

护背景下的《健康长江评价技术规范》团体标准。

七、经验总结和发展建议

1. 本项目系统建设的经验总结如下：

（1）“健康长江泰州行动”大数据平台的建设实现了长江生态环境保护新格局。从过去的铁脚板巡查到人工智能主动发现，从过去依赖经验治理到现在精准管控，从过去部门单打独斗到多部门共享共治，“健康长江泰州行动”大数据平台建立集在线监控仪、卫星遥感、视频监控、无人机、无人船等“水陆空”于一体的长江生态感知监控体系，实现长江沿线缓冲区 3 公里区域的生态环境状况实时全面感知的同时，也切实提高了环境治理效率和科学决策水平。同时，该平台全面掌握长江沿线排口、工业、农业、航运、码头、岸线、生态、水质、专项工作和应急管理数据，摸清了全市长江沿线缓冲区 3 公里生态环境本底；实现数据统一采集，统一存储，统一分析，打破分割，融合其他政府部门（住建、交通、水利、农业、应急、海事等）信息资源，统筹内外，形成了全覆盖、全要素的可视化信息支持平台，为各级管理人员提供传输及时、口径一致的各类情报信息。平台建设经验为全省乃至全国长江大保护贡献泰州力量。

（2）三大智能环境治理系统的建设充分挖掘和发挥数据潜在价值，让低成本、高精度的事前预测成为可能。上述建立的大数据平台更侧重于基础数据的感知和采集，做好“查清楚”、“数明白”的基础工作，以事中监控和事后治理功能为主，缺乏多源数据联动融合以及智能研判分析能力，不能对可能发生的高风险环境情景进行提前预警，进而限制了管理部门的实时动态管控能力。因此基于大数据平台的建设，继续部署了重点入江排口污染智能预测预警系统、企业危废“瞒报漏报”预警系统、企业环境风险智能画像与动态管控系统三大智能环境治理系统，将立体感知数据转化为长江泰州段智慧治理能力，创新“事前预测-事中控制-事后溯源”全过程智慧监管决策手段，完善“污染源-生态环境质量-生态环境风险”全链条治理策略，巩固泰州在长江治理、数字生态文明建设领域的创新引领地位，彰显美丽泰州智慧底色。

（3）公众参与和监督是推进环境治理体系和治理能力现代化的重要组成部分。本项目不但创新构建健康长江指数用于评价泰州在长江治理的工作成效，还积极探索健康长江指数公开的方式，一方面总结经验编制成可推广的我国首个长江大保护背景下的《健康长江评价技术规范》团体标准，为其他地区开展工作提供了可借鉴的经验和模式；另一方面，把公众参与和监督融入进长江的环境治理体系中，在健康长江指数信息公开

屏建设、健康长江手机端页面开发、临江居民进社区等多元化的实践中总结了一套泰州经验，通过积极开展公众参与和监督，显著提升了公众对健康长江保护价值的认知，认可度高达 99.5%，同时也极大促进了公众参与环境监督的热情，97%公众表示愿意积极采取监督行动，切实提升了临江居民对生态环境监督的积极性和满意度。

2. 存在难题和相应的意见建议如下：

（1）增强平台数据标准化，形成跨部门、跨地区互联互通的信息报送和数据共享机制。当前平台的数据虽丰富，但仍存在由于缺乏数据录入标准导致的数据格式、内容不规范，增大了数据清洗的难度。同时，部分相关数据仍存在分享壁垒，无法全面应用管理部门掌握的数据进行实践应用，特别是跨地区数据的汇集和整理存在较大困难。建议规范数据录入的格式，建立健全跨部门、跨地区的信息报送和数据共享机制，实现多部门间数据信息资源的实时报送和处理，以及在保证数据隐私前提下实现多方共享。同时加强地区间的交流和协作，把“健康长江泰州行动”大数据平台建设的成功经验，以及《健康长江评价技术规范》团体标准能够推广到沿江的周边地区，共同实现长江治理模式的现代化。

（2）进一步建立健全三大智能环境治理系统辅助实际工作的机制。基于数据驱动的智能算法需要数据累积、反馈和优化，以提升模型精准度，因此需要进一步建立并实行“系统预警-专家研判-专项检查-结果反馈-系统优化”的体系，在系统推送高风险预警信息后，基于专家知识与企业实际生产情况进行初步研判；对于经专家研判后依然具有较高风险的企业进行实地的执法专项检查，查出违法行为后依法出发；专项检查后记录检查结果，并将专家研判与专项检查结果反馈模型，进一步优化系统判别准确度与调整预警阈值。随着系统运行更加稳定，系统预警与专家研判基本一致时，可以适当减少专家研判内容，依照系统预警信息进行专项检查。系统良好稳定的运行也有利于进一步建立健全三大智能环境治理系统辅助实际工作的机制，在日常管理的流程中探索更多应用场景，形成可复制易推广的管理机制模式。

长江大保护的一滴水系列科普视频

申报单位：武汉市生态环境宣教中心

联合申报单位：武汉市生态环境科技中心

一、项目目的及意义

深入贯彻习近平生态文明思想，把美丽中国建设摆在强国建设民族复兴的突出位置，以高品质的生态环境支撑高质量的发展。长江流域生态环境保护和科普教育活动是一项长期的、艰巨的、非常有意义的事业，也是作为长江流域核心城市武汉可持续发展的必由之路。

在武汉，生态环境志愿服务一直受到重视。2020 年底组建的武汉生态环境志愿服务总队打造了一批志愿服务品牌，其中环保课堂进校园、进企业、进社区、进机关、进乡村的“五进”是武汉市生态环境博士志愿服务团打造的生态环境科普品牌，引导带动市民群众全方位践行长江大保护生态环保理念。

二、项目总体情况

为了让长江大保护科普形式喜闻乐见，科普活动采取线上线下相结合、用微视频的方式讲述，理论故事实践相融汇，用深入浅出的语言、生动活泼的案例、诙谐幽默的表达给师生和市民，同时传递习近平总书记提出“共抓大保护、不搞大开发”的理念。其中，长江大保护的“一滴水”系列科普视频作品倍受欢迎。该系列视频是 2023 年由武汉市生态环境科技中心、武汉市生态环境宣教中心联合自制出品，由生态环境部国家长江生态环境保护修复联合研究中心武汉驻点跟踪研究团队技术负责人、武汉市生态环境科技中心副主任徐栋担任讲解员，全程聚焦长江大保护。

在《一滴水的长江之旅》视频中，徐栋博士化身一滴小水珠带大家开启长江溯源之旅，从长江源头到江豚家族再到从长江流域的重要性，用长江江豚迁地保护和回归家园的感人故事，激发青少年儿童和社区居民关心、支持和参与生态环境保护的热情。在《一滴水的奇妙之旅》中，一滴小水珠和徐栋博士又会带着大家从大东湖深隧、北湖污水处理厂、长江湿地开始一段净化、再生和回用之旅。《一滴水的长江之旅》作品被《学习强国》科学版块转载，阅读量近 23 万，获 7375 点赞量。一滴水系列科普视频先后在《学习强国》武汉学习平台、武汉市生态环境局官网、武汉生态环境官方微博及微信公众号

上面向社会进行展播，播放量达到 25 万余次。

三、项目解决的具体问题

项目的创新形式初步解决了长期困扰长江大保护科技支撑工作中出现“长江保护修复攻坚战宣传工作过于聚焦主流媒体”“丰富的科技成果转化应用困难”“突出生态环境问题解决过程不为人知”等阶段性问题。运用专业的讲解结合政务新媒体的融合宣传，将长江大保护理念深入校园师生的心中和日常行为中。

《一滴水的奇妙之旅》作为参赛作品成功晋级生态环境部 2023 年“我是生态环境讲解员”全国半决赛，《一滴水的长江之旅》荣获生态环境部 2023 年“我是生态环境讲解员”全国总决赛二等奖（见附件），徐栋也成为了生态环境部全国总决赛十强选手和全国生态环境讲解团讲师，作水生态环境保护的科普专家，自 2015 年以来，他坚持不懈走进校园、走进企业、走进社区和乡村，累积开展以长江大保护为主题的生态环保科普教育讲座 142 场。

他透过微视频讲解沿江城市污水收集、处理与回用中的低碳故事，呈现用绿色低碳方式来实现长江大保护的 effort 与成果。为师生做《湿地遇见你：城市降温行动与低碳城市建设》讲座，讲解气候变化下“双碳”知识，用最生动形象的故事和卡通形象唤起孩子好奇心和崇尚科学的兴趣。并自费远赴宜昌长阳土家族自治县和鄂州、黄石等地开展公益科普活动，为偏远山区的学校带去 35 场内容丰富、精彩有趣科普讲座，向近万余名学校师生、社区居民、企业职工宣传习近平生态文明思想和“绿色低碳助力双碳目标实现”理念，用科普的力量推动生态环境教育，树立正确的科学观、世界观，传播生态环保理念，引导广大青少年和社区居民积极参与到生态环境保护的行列之中，为生态文明建设注入更多活力。

四、项目创新点

项目团队始终将“三个坚持”与长江大保护理念融合，即坚持将生态环保领域科研和科普传播工作紧密结合，坚持运用新媒体不断创新“政务新媒体+我是生态环境讲解员+环保课堂进校园”的生态环境科普教育活动形式，坚持将生态环境志愿服务理念与加快形成人与自然和谐发展的现代化建设新格局结合起来。

因此，在《一滴水的奇妙之旅》科普视频中，创作团队先安排讲解员和环保吉祥物带大家探秘武汉北湖污水处理厂，北湖污水处理厂实现“四厂合一”，通过深隧运输污水，深隧串联武汉城区 3 个大规模污水处理厂及预处理泵站，将污水收集至北湖污水厂

进行处理，最后达标排放至长江。视频采用“科技专家+环保形象”2种类型代表以人物互动配合现场、光伏发电、污水收集、净水处理、再生水循环利用结合起来，用浅显易懂的解说方式讲述人们如何不断探索协同推进降碳、减污、扩绿、增长的长江大保护的有益探索。

在《一滴水的长江之旅》视频中，徐栋又化身一滴小水珠带大家开启长江溯源之旅，从长江源头到长江之滨，从珍稀动物白鱀豚、江豚家族再到从长江流域“十年禁渔”的重要性，用长江江豚迁地保护和回归家园的感人故事，激发青少年儿童和社区居民关心、支持和参与生态环境保护的热情。从长江流域环境污染和生态破坏、长江污染防治、长江生态环境保护修复、长江流域水生生物资源恢复、共同守护美丽长江等方面向大家讲述生态环保人在污染防治攻坚战和长江保护攻坚行动中的点点滴滴，同时也呼吁大家化身环保小水滴，用自己一点一滴的实际行动，携手共同守护长江母亲河。

五、应用场景和运行实例

在实际推广中，我们认识到，长江大保护理念通过政务新媒体出圈获得关注一个很重要的原则就是要讲述群众听得懂的故事，做群众喜闻乐见的作品，例如，要将推广案例变为“有真话、有态度、有温度、有互动”的宣传作品，再利用政务新媒体积极扩大影响范围，例如，武汉生态环境博士志愿服务团将忠诚干净担当的党性内化于心，外化于行，以实际行动践行习近平总书记关于“志愿服务是现代社会文明进步的重要标志”的重要指示。把“科普伴成长，筑梦向未来”作为科普品牌打造，持续聚焦长江大保护和湿地保护，不断丰富大保护与绿色低碳发展宣传元素，让公众眼中的深奥的科学原理变成一个个身边的小故事，我们开展的无废城市、城市降温行动、碳普惠等生态环境双碳领域热点话题都会和长江大保护紧密联系并尽可能安排直播。同时我们还继续深入创作一滴水系列视频，也制作了《当海绵宝宝遇到海绵城市》、《湿地遇见你—武汉市海绵城市建设与湿地保护》、《会呼吸的青山绿色江滩》、《解密社区屋顶绿色花园》、《为我们的城市降降温》等近20部优秀的科普作品。同时，我们还积极讲好中国生态环保故事，一滴水系列视频在生态环境相关节日及长江大保护相关的重要时间节点，例如世界水日、中国水周、《中华人民共和国长江保护法》周年日、世界环境日、全国生态日、低碳日、世界湿地大会等重要时间节点作为生态环境宣传片展播宣传。

六、项目实施效果和效益分析

从长江大保护与长江经济带城市绿色发展理念的“我知”到“大家知”，从中国科学

院国家重点实验室来到群众中和老百姓身边，从环境科学前沿走到荆楚科普大讲堂，我们不断深入校园、机关、社区、乡村、企业开展生态环境科普活动，创建“博士话环保”新媒体和“环保课堂进校园”等活动品牌，其中徐栋博士的志愿服务就超过 330 小时，微视频作品 17 部，培养同事、小学生、志愿者等各类讲解员 15 人，科普受众超过 120 万人。

践行长江大保护的美丽武汉，需要你我共建。从“要我环保”到“我要环保”，生态环境志愿者队伍这个大家庭，已辐射到武汉市的各个群体、各个年龄、各个行业，大家共同战斗在生态环境保护战线。近年来，生态环境志愿服务组织开展的参观、科普宣讲活动，地点涵盖与长江大保护相关的污水处理厂、热电厂、固废回收处理厂、电力博物馆等。这些环保设施成为开展生态环境宣教、环境科普工作的重要窗口阵地，在传播生态文明理念、提高公众生态环境素养、推动环保公众参与等方面发挥积极作用，在科普志愿服务中让“尊重自然、顺应自然、保护自然”的环保理念深入人心。

七、经验总结和发展建议

推进长江经济带的绿色发展，科普工作也是新质生产力的一部分。只有唤醒大众的生态保护底性意识，才能真正为长江生态环境保护作贡献。推动建立科研技术单位将科普工作与各级党委、政府的中心工作有机结合，整合科普资源，形成长效科普联合协作工作机制，提高地方干部群众讲科学、学科学、用科学的积极性，强化科普传播协作，积极与社会各界、有关单位和部门的信息网络平台科普信息互联共享，实现多渠道传播。充分发挥大众传媒在科普宣传中的重要作用，在新媒体、客户移动终端等大众传媒开设科普专栏，大力弘扬科学精神，传播科学知识，纵深推进长江大保护工作。

生态环境科普教育工作是推动社会可持续发展的重要举措，通过科普教育可以提高公众环保意识，促进人与自然和谐发展。在项目构建方面，一种成功模式是通过多渠道运用现代科技手段，如利用互联网平台进行环保知识传播，举办线下活动进行实践体验等，达到全方位的科普教育覆盖。成功经验在于与相关机构合作，整合资源，提高教育效果，同时注重与校园、社企基层组织合作，让科普教育活动更贴近实际生活需求。

然而，在实践过程中也存在一些难点和问题。首先，资金支持仍然是一个制约因素，很多科普项目都在资金短缺的情况下进行，需要更多的政府和社会资助。其次，人才队伍建设有待加强，需要培养更多具有科普教育背景的专业人才，提高科普活动的质量和水平。另外，科普教育的持续性也需要重视，一次性的活动可能无法产生长远的影响，

需要建立更加持续的科普教育机制。

针对以上问题，建议加强政府、企业和社会组织的合作，共同推动科普教育事业的发展。同时，加大对科普教育的资金支持力度，建立长效机制，确保科普教育项目的持续开展。另外，加强人才培养，鼓励更多有志从事科普教育的人员加入，提高整体教育水平。最后，注重科学评估和监测机制的建立，及时发现和解决科普教育工作中的问题，不断提升工作质量和效果。努力扛起长江生态修复的时代使命。

附件（案例社会效益及相关反馈）：



图1 学习强国武汉学习平台
《一滴水的长江之旅》阅读量22.7万人，点赞7375



图2 《一滴水的奇妙之旅》在武汉生态环境官方微博上展出



图3 2023年9月徐栋在武汉晴川公园作长江大保护科普宣讲



图4 中国环境报和中国环境等全国生态环境信息平台的持续报道（2023年）



图5 《湖北日报》的报道“敢打必胜，始终站在一线啃硬骨头”扛起长江生态修复的时代使命
2021年12月27日



图8 环保科普进校园活动海报



图9 徐栋在武汉东西湖将军路小学作“河湖无穷碧初心别样红”的长江大保护科普宣讲
2023年12月



图10 徐栋带领服务团在湖北省科协举办的“进出科普大讲堂”武汉武昌区棋盘街小学作“一滴水的奇妙旅行”的长江大保护科普宣讲
2023年12月



图11 2021年在武汉市江夏区清水入江污水厂为江夏实验小学科普报告



图12 2022年在武汉市青山区为红钢城小学作生物多样性科普报告



图13 武汉国际湿地大会周边科普中国星空讲坛
2022年11月



图14 在武汉市经开区为武汉外国语学校作科普报告
2023年5月

三水统筹的常州污水治理实践

申报单位：常州市排水管理处

一、项目目的及意义

常州市位于江苏省南部，长三角中心地带，北携长江，南衔太湖，长江常州段岸线总长 25.8 公里，常州市现辖一个县级市和五个行政区，总面积 4385 平方公里，2023 年，全市常住人口 536.62 万人，高质量迈入 GDP 万亿之城。常州地处太湖和长江之间的独特地理位置，无论是从经济社会长远发展、永续发展的自身需求，还是从肩负的加快打造现代化建设先行示范区的重大使命看，都更有条件、更有必要、更有动力加强太湖治理和长江保护。常州市排水管理处遵循“生态优先、绿色发展”理念，以“系统谋划，综合治理；标本兼治，注重实效”为工作思路，依托强有力的行业管理经验，奋力打造长江经济带绿色发展和长三角生态中轴的“常州答卷”。

二、项目总体情况

常州市排水管理处成立于 1993 年，主要工作职能先后历经了“小排水（污）— 大排水（雨污）— 河道 — 综合（雨、污、河水、中水、供水）— 全市域管理指导”的职能扩展跨越历程，长期坚持“源网厂河”和“规建管养”一体化管理体制，常州是在全国较早实施污水处理提质增效的城市，2019 年，获评江苏省提质增效示范城市。本项目按照问题导向和目标导向相结合的原则，综合采用工程措施和非工程措施，提升城镇污水处理系统运行的整体性、安全性和高效性，切实提升城镇水环境质量。项目覆盖常州市主城区，包括天宁区、钟楼区和新北区，合计面积约 436 平方公里，服务人口约 196 万人。为了实现“挤外水、收污水、治雨水、推新水、添能力、强管理”的建设目标，常州先后实施了常州市江边污水处理厂四期工程、常州市江边污水处理厂五期工程、江边污水处理厂管网完善工程、市区水体治理及排水系统效能提升工程等建设项目，投资额度超 10 亿元，经过持续努力，污水系统前瞻性科学规划、管网低水位运行、管网养护进小区、污水系统互联互通以及污水系统智慧管理平台等，已成为常州排水的城市名片，获得政府和百姓的高度认可。

三、项目解决的具体问题

常州以“系统谋划，综合治理；标本兼治，注重实效”为工作思路，积极谋划，主

动作为，聚焦解决污水治理瓶颈问题，实现从水污染源头治理向水环境、水生态、水资源“三水”统筹的转变。

1. 排水系统规划或实施不到位，污水系统管理存在壁垒，城市污水收集处理能力不足，水环境污染、水生态损坏问题，需要着力解决城市尾水排放受限困境，提升污水资源化利用水平，保障长江水生态安全。

2. 城市基础设施安全韧性能力不足，受政策法规、规范标准、技术条件以及对社会经济发展速度和规模的认识限制和影响，污水系统设施能力和冗余度在应对极端情况、突发事件方面仍有短板，特别是在当前高标准的城市和环境安全要求条件下，需要保持适度超前、留有余量、提升韧性。

3. 排水系统智慧化管理水平不够。相较其他行业，排水与污水处理管理方式偏于传统粗放，运行管控工作量大、依赖人工经验、智能化程度不足。已建信息系统存在信息孤岛、数据分散、未能共享总览、业务板块之间难以协同的问题。需要不断提升智慧化管理水平，充分运用大数据、物联网等先进技术整合系统、打造平台、打通环节，沉淀业务经验、挖掘数据价值，赋能城市社会水循环管理，持续改善“水环境、水生态、水资源”。

四、项目创新点

1. 坚持系统思维，提高污水管控水平

（1）体制机制。常州坚持“源厂网河一体”、“规建管养一体”和“雨污一体”的排水管理模式，注重全系统高标准建设管理、全覆盖科学运行养护和从源头到末端的内外系统管理，有利于打破行政区划壁垒和实现系统高效协作。

（2）规划引领方面。常州建立了体现专业优势的规划管理机制，坚持排水规划“以我为主，科学规划”，注重规划“留白”，并定期对规划实施效果进行科学动态评估，强化与城市总体规划相融合，与城市轨道规划等专项规划互适，实现真正“多规合一”。积极主动作为，优化长江沿岸区域污水规划布局，大大降低了长江的污染风险。

（3）源头治理方面。采取合同管理和排水许可并重的源头管理模式，建立工业排水户信用管理制度，鼓励诚信工业排水户规范排水。注重系统治理向小区公建和排放水体这两端延伸，建立老旧小区排水管道管理制度，解决管理盲区。

2. 坚持安全韧性，降低环境污染风险

（1）实施管网更新改造。系统开展管网系统排查、工况监测和动态评估，结合城市

更新改造计划，持续开展老旧管网更新、能力扩容，不断提升收集输送污水的效能。

（2）低水位运行。2005 年，全国首创中心城区管网泵站实施低水位运行，真正实现大部分管道内留有“进水余量”、保持系统“饥饿感”。该模式下，管道流速、自净能力得以保证，减少了积淤和养护量。

（3）互联互通。于 2001 年在全国率先实施厂站网“互联互通”，创新在不同污水厂间、主要提升泵站间以及输水主干管间设置联络通道，通过设置双向泵站，实现污水“多路通道”。

3. 坚持生态发展，保障长江生态环境

（1）拓展中水回用途径。持续推动中水回用综合利用水平，包括新龙生态林生态补水，高铁新城集中供冷供热，电厂循环冷却用水和滨江工业园区企业生产用水等，实现污染物排放总量大大降低。

（2）构建生态安全缓冲区。充分发挥自然生态系统对达标污染物的净化降解和生态涵养功能，充分利用污水厂远期用地和污水厂周边自然水体，构建生态安全缓冲区，实现环境“增容”。

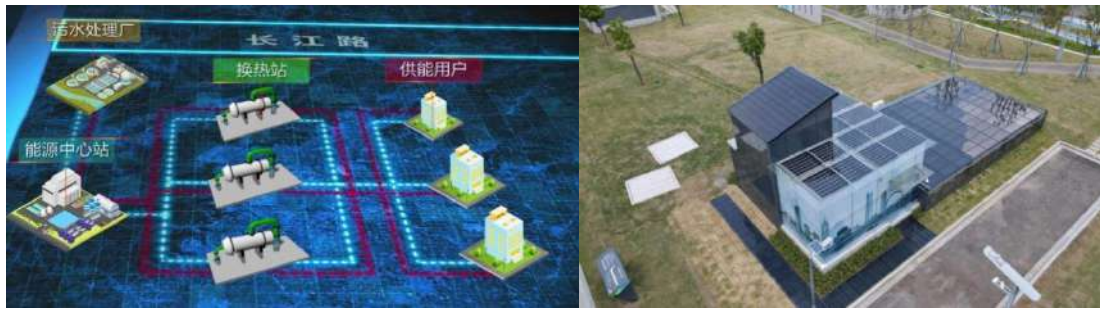
（3）推进生态评估。开展新污染物质的净化研究和尾水生态评估，实现“准自然水体”回补河道地表水的目标。

4. 坚持以“智”促“治”，提升智慧管理水平

建成以数据中台为核心、数十个业务系统为支撑的常州智慧排水平台系统。该平台系统以物联统一接入、数据底板构建、算法模型分析等为技术手段，全面服务于排水企业统一管控决策、管网泵站运维、污水厂提质增效、一体化智能调度等业务目标，形成 1 套数据资产体系、1 个决策支持中心和 1 个一体化智能调度平台。

五、应用场景和运行实例

1. 高铁新城集中供冷供热。常州新北区高铁新城核心区面积 6 平方公里，将江边污水处理厂中水作为冷热源，采用水源热泵技术进行集中供冷供热，为长三角体量最大的区域供暖系统，未来系统全部投运后将覆盖高铁新城 600 万平方米的建筑，可以每年减少 8 万吨的二氧化碳排放量。中水提取能量后，通过高铁公园湿地系统后，对周边河道进行生态补水，实现中水资源化利用。



2. 常州江边四期生态安全缓冲区。2020 年 10 月，常州市江边污水处理厂四期工程人工湿地项目投入试运行，被列为全省首批“生态安全缓冲区示范项目”。工程利用污水厂远期备用地，结合原有地块沟通进行湿地设计，强化新污染物净化研究，将原本可以直排长江的达标尾水经过水平潜流湿地和表面流湿地，实现尾水的深度净化和生态涵养，展示了常州“工程水”向“生态水”转变的效果。



3. 污水系统智慧化平台

管控方面。公司级决策支持中心，建立统一的决策支持中心，总览展示日常运营与决策所需数据支撑。制定不同主题数据报表，实现数据辅助决策，降低决策难度与成本。

管网方面。排水管网异常事件自动识别预警，通过数据挖掘与时序或时空深度学习模型，学习管网历史运行规律，预测未来运行变化，针对 4 类典型排水管网异常事件进行识别与预警。

调度方面。一体化综合调度模拟与策略优化，针对晴天优化调度等 4 类调度场景建立网站厂串联或并联算法，模拟泵站启闭、水位、管网运行水位及污水厂进水水量等参数，确定设定优先目标下的调度策略。



六、项目实施效果和效益分析

1. 环境效益。2023 年，全市 20 个国考断面累计优Ⅲ比例为 85%，51 个省考断面累计优Ⅲ比例为 94.1%。2023 年，全市城镇生活污水处理量 4.5 亿吨（中心城区污水处理量为 2.2 亿吨），再生水回用比例达 22%，全年城镇生活污水化学需氧量、总氮和总磷削减量分别为 10.75 万吨、1.2 万吨和 0.17 万吨。江边污水厂四期生态安全缓冲区，将达标污水进行再次净化，其中 COD_{Cr}、氨氮、总氮和总磷分别减排 262 吨/年、20 吨/年、35 吨/年和 1.5 吨/年。高铁新城集中供冷供热年减少碳排放 8 万吨。

2. 经济效益

（1）挤外水方面，实现挤外水 1.5 万吨/日，节约污水处理运行费约 1000 万元/年。

（2）政策方面。2008 年起实施的住宅小区阳台独立设置污水收集立管政策，截止 2017 年，按小区新建建筑面积 3758 万 m²，节约后期改造费用 11.27 亿元。

（3）中水回用方面，污水厂中水供钢铁厂回用一项，收回全部管网设施投资外，已产生 3800 万元收益。

3. 社会效益。根据第三方实施的“用户满意度调查分析报告”，公众对常州排水服务态度评分达 98 分。以泵站、污水厂、湿地为依托，打造了一系列集科技、生态、休闲、绿色于一体的邻利设施，其中新龙生态林已成为常州城市名片。

七、经验总结和发展建议

常州注重系统思维和管理提标，相关工作先后荣获江苏省提质增效示范城市、江苏省生态安全缓冲区示范项目，住建部提质增效示范案例，住建部智慧水务典型案例、华夏建设科技技术奖二等奖等，对促进生态环境持续改善，为常州全市“生态中轴”建设筑实生态根基和城市水环境综合整治提供创新思路。

1. 体制稳定、权责一体。常州排水在市委市政府的坚强领导和支持下，始终保持体制和机构稳定、三十年不变，专注专业技术与 modern 管理，为积累沉淀、持续深耕厚植优渥土壤。以服务社会经济发展、技术管理不断创新、资金绩效不断提升等为导向，按政府站位和目标、实行企业思维和管理。人员队伍长久稳定，为常州排水事业发展持续努力、贡献专业力量。涉及管辖范围内的涉水问题，市政府、主管局均要求市排水牵头负责处理解决，责任明晰。总体上形成了“政府放心支持、资金优先保障、各方积极配合”的良好局面。

2. “规建管养”一体、“源网厂治”一体。实行规、建、管、养一体化管理模式。污水处理厂、主干污水管网、泵站均由市排水管理处投资建设。突出建设单位在工程建设中的牵头引领和决策核心作用，在规划、设计和建设阶段，重点考虑实施的可行性、设计的合理性科学性、工程质量的目标可达性、运行维护的便利性及保障性要求，不断优化工程设计，强化建设质量。工程中发现的问题并在施工过程中同步做好整改，不合格的工程不移交使用。运行养护中的问题在设计和建设阶段予以避免，并累积经验，持续提升管理水平。实行“厂站网源”一体的运行管理模式。建立污水处理厂、泵站、管网系统运行、联调联控机制，通过各环节水质水量信息的反馈，加强研究分析，梳理重点单元系统，为有针对性制定策略方案进行精准导向。

3. 规划引领、多规合一。高水平规划，引领事业发展。注重专业性、科学性、系统性、前瞻性，始终坚持城市排水规划方案编制以我为主。实行“以我为主”的专项规划工作导向，积极争取市资规部门支持，密切配合市规划设计院，有关政策性文件起草、规划文本编研成果既有科学技术和标准规范的支撑，也重视结合实践经验以及对非技术因素的充分考量。不断提升对既有规范标准的准确理解、分析和掌握，不断培养对新理

念的关注容纳和对发展趋势的感知能力。排水专业规划与其他宏观规划保持协调统一，并通过规划文件刚性保障排水事业、行业良性发展。污水厂、管网、泵站适度超前建设，污水处理厂负荷率控制在 70-80%，非汛期管网冗余度保持约 50%。

4. 多措并举，生态安全。苏南地区土地资源相对紧缺，项目利用污水厂远期备用地和周边河道，构建生态安全缓冲区。

（1）采用建管养一体化模式，确保湿地运行效果。将污水厂、湿地运维、课题研究一体化，注重项目运维团队专业化，同时生态安全缓冲区资金纳入污水厂运维经费，确保项目资金和实施的可持续性。

（2）强化技术支撑，探索研究大型湿地运维管理技术。注重高校、科研院所的合作，强化新污染物净化研究、湿地项目的工程验证和科技支撑等。

（3）创新载体，积极强化科普宣传。项目同步配套集科普、教育、宣传为一体的邻里中心，积极融入周围环境，强化科普知识宣传。

