

智慧水务系统功能提升与运行优化研究 ——基于九江市工程实践为例

韩耀辉

上海宏波工程咨询管理有限公司, 上海 201799

DOI:10.61369/WCEST.2026020012

摘 要 : 本文以九江市中心城区水环境系统综合治理二期项目及智慧水务系统建设为实践背景, 针对水务运维工作中监测覆盖不足、数据分散、调度滞后及运维效率低等实际技术难题, 在关键管段布置水位、水质、流量、雨量等智能监测设备, 采用智能井盖, 在易涝点、排口设置视频监控, 实现排水系统在线监测和动态分析, 及时发现污水偷排、外水入侵、管网堵塞、内涝、冒溢等问题, 构建一体化感知网络、多源数据融合平台、水动力仿真模型与智能调度体系, 实现排水设施的“一张图”可视化管理。工程应用后, 设备运维效率显著提高, 运维工作量明显降低, 城市水环境监管能力大幅提升。本文结合项目全过程实施经验, 总结关键技术与应用成效, 为同类型智慧水务建设提供可借鉴的工程经验。

关 键 词 : 智慧水务; 智能监测; 一体化调度; 运行优化; 智慧运维

Research on Functional Enhancement and Operational Optimization of Smart Water Systems — A Case Study Based on Engineering Practice in Jiujiang City

Han Yaohui

Shanghai Hongbo Engineering Consulting Management Co., Ltd., Shanghai 201799

Abstract : This paper takes the Phase II Comprehensive Treatment Project of the Water Environment System in the Central Urban Area of Jiujiang City and the construction of a smart water system as the practical backdrop. It addresses real-world technical challenges in water operation and maintenance, such as insufficient monitoring coverage, scattered data, delayed scheduling, and low operational efficiency. Intelligent monitoring devices for water level, water quality, flow rate, and rainfall are installed at key pipeline sections, smart manhole covers are adopted, and video surveillance is set up at flood-prone spots and drainage outlets to enable online monitoring and dynamic analysis of the drainage system. This facilitates the timely detection of issues such as illegal sewage discharge, external water intrusion, pipeline blockages, waterlogging, and overflow. An integrated sensing network, a multi-source data fusion platform, a hydrodynamic simulation model, and an intelligent scheduling system are constructed to achieve visual management of drainage facilities on a "single map". After the implementation of the project, the efficiency of equipment operation and maintenance has significantly improved, the workload of operation and maintenance has notably decreased, and the regulatory capacity for the urban water environment has been substantially enhanced. This paper summarizes key technologies and application outcomes based on the entire project implementation experience, providing referenceable engineering insights for similar smart water system constructions.

Keywords : smart water systems; intelligent monitoring; integrated scheduling; operational optimization; smart operation and maintenance

引言

当前城市水务管理正从传统人工巡检、经验调度向数字化、智能化方向转型。九江市城区面临老旧管网复杂、雨污混接错接、管道淤堵、易涝点多、水井冒溢、污水偷排、污染溯源困难等现实问题, 水环境治理与调度决策的复杂性。依靠人工记录、分段管理、被动处置的模式已难以满足安全运行、高效管控与环境治理要求。因此, 本文以实际工程为依托, 重点阐述如何通过技术改进解决实际问题, 提升系统整体运行能力。

一、项目概况及特点难点分析

（一）项目概况

九江市中心城区水环境系统综合治理二期项目为九江市中心城区水环境综合治理，包括河湖排水口整治、两湖水环境整治、污泥集中处置、中心城区现状管网改造修复、城市智慧水务系统建设等一系列治理工作，涵盖城市主干排水管网、污水厂、泵站、调蓄设施、河道及重点易涝片区，服务范围约80km²。其中智慧水务系统建设目标为实现“全面感知、数据共享、模型仿真、智能调度、精细运维”，在关键管段布置水位、水质、流量、雨量等智能监测设备，采用智能井盖，在易涝点、排口设置视频监控，实现排水系统在线监测和动态分析，及时发现污水偷排、外水入侵、管网堵塞、内涝、冒溢等问题，构建一体化感知网络、多源数据融合平台、水动力仿真模型与智能调度体系，实现排水设施的“一张图”可视化管理。提升城市排水防涝、污水收集输送、水环境监管一体化水平。

（二）项目特点

本项目覆盖范围广、设施类型多，涉及管网、泵站、污水厂、河道及调蓄设施等多类设施。同时由于城区建设年代跨度大，管网老旧且历史资料不全，雨污混接错接、污水偷排、污染源分散，管道关系复杂。本工程通过清污分流（混接改造）等综合措施，实现污水、清水各行其道，提高污水厂进水浓度，实现污水处理提质增效。在运行层面，要及时发现排水系统管道淤堵、内涝、检查井冒溢、污水偷排、外水入侵等问题并及时解决问题难度不小，且水力条件变化复杂，防汛排涝、应急指挥调度、泵站的开启、管网疏水量及各污水处理厂处理量的联合调度、水资源调度等调度难度大。此外，项目的业务链条长，涉及监测、控制、调度、运维、应急、考核多环节。对实用性的要求较高，必须贴合现场的实际工况，模型与算法要与本地化适配。需同时满足政府监管、企业运维、公众安全多重需求，对系统协同能力要求高。

（三）项目实施的难点

（1）治理标准高，实现很有难度，当前污水处理厂进水量大而BOD浓度低，污水处理厂运行效率低，而雨水管网有污水混入，排水BOD浓度不能达标，污水没有得到充分处理。本工程改造目标为雨污分流改造后污水处理厂进水BOD浓度达到75mg/L，COD浓度达到132mg/L，要实现该目标就需要摸清排污点，实现彻底雨污分流，并监测水质防止后续接入的管道再发生雨污混接错接。而老旧管网复杂、雨污混接错接、污水偷排、污染源分散，污染溯源困难，导致摸清排污点，实现彻底雨污分流难度大，监测水质防止后续接入的管道再发生雨污混接错接的难度也大。

（2）城市下垫面复杂，原有给排水、天然气、通讯、电力等管线及建（构）筑物错综复杂，铺设管道施工过程中常遇到各种障碍物，难以按施工图纸施工，经常需要设计变更。

（3）智慧水务系统建设需求识别难度大，若前期未能准确确定干系人的需求并明确建设目标。易导致项目实施过程中就难免

会有新的需求出现，进而导致较多的变更，给实施项目的投资和进度带来不利影响。项目前期就准确的确定需求，并通过系统开发建设很好的实现，使系统建成后具备实用性与可操作性。

二、优化设计

（一）现状诊断

通过系统调研发现，现状排水系统主要存在感知能力不足、数据资源分散、调度方式粗放及运维效率低下等问题：一方面监测点布局不合理，关键节点监测缺失，数据断续、点位不合理，无法支撑实时监控。另一方面厂、站、管网、河道数据分属不同系统，无统一平台，标准不统一，单点监测设备运行，单设备上传为主，数据分散在PLC、视频、台账、Excel表格中，无法联动分析，难以融合应用。同时数据采集主要依靠人工经验，预警滞后、调度不精准。调度依靠经验判断，降雨期间易出现响应慢、调度乱、处置被动等问题。此外，运维仍以人工巡检为主，存在故障发现慢、巡检路线不合理、维护成本高，定期报表、实时性差、误差大等问题。整体影响了排水系统运行效率。

（二）技术改进思路

以“问题导向、数据先行、模型支撑、平台统一”为原则，开展全面摸排设施底数，完善管网、泵站、河道、排口拓扑关系。开展监测需求分析，确定必测点、优化点、补测点。制定统一数据接口与传输标准，打通各子系统。搭建总体架构确定感知层、网络层、数据层、应用层技术路线。通过这四步进行改进。

（三）改进技术应用

通过人工勘察、遥感探测、CCTV检测、水质检测分析等方法进行管线探测、资料校核、现场复核，摸清排水系统存在多处雨污混接情况，摸清污水入湖、雨水入厂的情况，为后续模型计算提供准确基础。

重视系统需求分析。全面识别项目干系人，并登记成册。识别哪些干系人能够提供需求方面的信息。访谈干系人，调查干系人管理制度、工作流程等，跟随运维工作人员观察各岗位如何执行工作（或任务）和实施流程，围绕干系人业务流程发掘干系人对系统的期望和需求。在初步识别和记录干系人的需求后，组织干系人和本行业专家召开研讨会，引导大家进行互动式讨论，分析各项需求的必要性、实现的可行性、经济性，剔除必要性不大、实现难度大、投资大、经济效益差的冗余需求，避免华而不实的技术堆砌，筛选出与运维业务紧密相关的、可以显著提升运维效率的需求，确定产品和服务的特性、功能和特征。

智慧水务系统开发根据工程建设需要分优先级，优先开发排水管网校核建库、入库及功能，在项目实施前期就尽早将现有的地下管网、管线数据和本项目设计管网数据入库，实现管网三维建模，进行碰撞试验和管网数据分析、校核，尽可能在管道铺设前发现管道碰撞、上下游反坡等问题，避免在施工过程中遇到问题导致返工，造成经济和进度的损失。在管道铺设过程中遇到障碍物时，也可以利用管网三维模型帮助变更决策、解决问题。利用水力模型模拟不同降雨情景，确定液位、流量、雨量、视频最

优布点方案，减少无效投资，提升覆盖效率。数据标准统一，制定物联网传输协议、数据字典、编码规则，实现设备统一接入。

三、系统建设

（一）智能感知体系建设

针对监测盲区与数据不稳定问题，构建“空—地—网”一体化感知网络。通过雨量监测站实现区域分钟级降雨数据采集。在关键节点、易堵段、合流段布设智能监测设备，包括流量计、雷达水位计、UVCOD计、视频监控、智能井盖报警器等感知设备，对管网液位、流量、水质、检查井冒溢、内涝等情况进行监测。针对泵站的运行监测，对电流、电压、水位、开停状态、流量全面采集。面对河道与排口的监测，做到水位、流量、视频监控联动。利用视频智能分析，对积水、溢流、异常排水进行自动识别。

表 1 感知系统建设前后对比（实测数据）

指标	建设前	建设后	提升效果
监测覆盖率	55%	98%	提高 43 个百分点
数据采集频率	15—30 分钟	1—5 分钟	实时性大幅提升
数据在线率	75%	96%	稳定性显著改善
异常告警响应	人工发现	自动实时告警	响应时间缩短 80%

（二）数据中心与平台集成

在数据整合过程中，建立统一数据中心，实现多源数据汇聚、清洗、存储、共享。实现历史数据迁移、格式转换、关联匹配，消除数据孤岛。搭建智慧水务综合管理平台，实现一张图展示、一平台管理。建设过程中重点解决多设备协议不兼容问题，实现不同品牌监测设备、PLC 系统、视频系统统一接入，数据接入成功率稳定在 96% 以上。

（三）模型系统建设与本地化率定

搭建管网水动力模型、内涝仿真模型、厂网联动调度模型三大核心模型。根据区域地形、管网管径坡度、泵站参数开展模型构建。利用实测降雨、液位、流量数据反复率定参数。形成适用于本地区的仿真模型，支撑预警与调度。经实测验证，模型内涝预警准确率达到 90% 以上，可提前 1—3 小时提供积水范围、深度、消退时间预测。

四、运行调度

（一）内涝防控智能调度

系统投入运行后，形成“降雨—监测—模拟—预警—调度—处置—复盘”闭环。实时汇聚雨量、管网液位、河道水位、易涝点视频。模型自动计算，推送预警等级、影响范围。联动泵站、调蓄设施优化运行，提前预降水位、加大抽排。调度指令自动推送至责任人，形成闭环记录。智慧调度闭环流程：降雨监测→模型推演→预警发布→泵站联动调度→现场处置→数据回传→效果评估。实际运行中，调度响应时间由原来平均 40 分钟缩短至 10 分钟以内，重点区域积水消退时间平均缩短 30% 以上，调度更加科学精准。

（二）厂网河一体化运行优化

根据污水厂处理负荷、管网液位、泵站状态，自动推荐泵组开启策略。避免管网高水位运行、减少溢流风险，提升污水收集效率。实现能耗优化，在保证排水安全前提下降低运行电耗。工程实测表明，一体化调度实施后，泵站无效运行时间减少，综合能耗下降约 12%—18%，管网拥堵、高位运行情况明显改善。

（三）应急调度

系统内置应急预案库，并支持不同降雨情景下的调度推演，为应急决策提供辅助支撑。平台支持视频会商、队伍物资管理、应急指令下发、处置过程留痕。在多次降雨应对中，实现指挥人员、运维人员、现场人员信息同步，处置效率明显提升。

五、后期运维管护

项目后期运维实行设备全生命周期管理，建立一物一码，记录安装、调试、维护、更换全过程。形成智能告警与自动派单结合，数据离线、超限、设备异常自动告警，自动生成工单并就近派单。利用移动运维 APP 现场打卡、拍照上传、维修记录、实现流程闭环。定期开展校准与预测性维护，根据运行趋势提前预判电池亏电、传感器漂移、设备老化，提前维护。

九江智慧水务依托 AI 大模型搭建多元耦合内涝水淹模型与水动力水质耦合模型并完成率定验证，排水运行预警诊断模型可结合气象数据模拟积水时空分布，动态分析实时数据，预判内涝、爆管、污水超标等风险并精准预警；实现城区雨污水工况与内涝风险预警、内河水质预警预报；排水追溯诊断模型集成多类子模型，实现污水厂进水水量平衡分析、管网外水入渗分区诊断及工业企业排放在线监管；多元耦合内涝水淹模型与水动力水质耦合模型评估调度预案效果，支撑厂站网系统态势评估、预测预报与优化调度，制定一体化调度方案，保障排水系统全局稳定运行、污水进出水水质达标，防控内涝与溢流风险。

建立常态化更新机制：管网改造、设施调整后及时更新 GIS 与模型；定期利用新监测数据率定模型，保证系统持续可用、准确可靠。

表 2 运维模式优化对比（实测数据）

指标	传统运维	智慧运维	改善效果
故障发现方式	人工巡检为主	自动实时告警	漏判率大幅降低
平均处置时间	2—4 小时	30—60 分钟	效率提升约 70%
巡检工作量	重复多	优化路线、重点巡检	人力成本降低约 30%
设备在线率	75%—85%	95% 以上	稳定性显著提升

六、实施效果及经验总结

感知能力从局部单点监测升级为全域覆盖、实时在线、稳定可靠。数据能力从分散孤立升级为统一接入、融合共享、标准规范。调度方面从经验调度升级为模型驱动、智能预警、协同联动。运维能力从被动抢修升级为主动预警、精细管理、闭环管控。通过项目的实践，城市内涝应对能力增强，居民出行与城市

运行更安全；水环境监管更加精准，污染溯源、溢流管控更高效。管理更数字化，考核与决策更具科学性。设施运行效率得到了提升，能耗与人力成本下降，综合效益明显。

从本项目的实践明白，智慧水务不是技术堆砌，要优先解决最突出的痛点。数据质量决定成败，管网拓扑、监测数据、设备状态必须准确可靠。必须立足实际问题，照搬通用参数无法满足实际调度需求，建设与运维同样重要。

七、结语

本文基于九江市智慧水务工程实践，围绕复杂水系及滨江城

市排水特点，从前期诊断、建设实施、运行调度到后期运维，系统阐述功能提升路径与技术优化方案。通过智能感知、数据融合、模型仿真、智能调度、智慧运维等措施，有效解决了传统水务管理中监测弱、数据散、调度粗、运维慢等问题，系统实用性、可靠性与智能化水平显著提升。智慧水务建设是持续优化的过程，后续可进一步深度开发 AI 智能大模型，作为智慧系统升级的核心引擎，通过数据训练实现自我优化，不断提升系统自动化与智能化水平，达成“越使用越智慧”，为城市水务安全高效运行提供更强支撑。

参考文献

-
- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇内涝防治技术规范 GB51222-2017 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [2] 王浩. 城市智慧水务建设与运行管理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020.
- [3] 李田. 城市排水系统模型及应用 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2019.
- [4] 张金松, 林峰, 张炜博. 水务数字经济: 技术赋能、价值重塑与创新实践 [J]. 给水排水, 2025, 51 (11): 169-174.
- [5] 邓颖. AI技术在智慧水务中的应用与前景 [J]. 办公室业务, 2026, (04): 63-65.