

海宁数字孪生河流数字化系统开发与实践

徐飞燕¹ 洪侃² 何昕杰³ 汤亦平⁴ 朱曙雄³ 查海峰³

1. 海宁市水文站（海宁市水旱灾害防御中心） 314400；

2. 浙江量世科技有限公司 310000；

3. 海宁市河湖与农村水利管理服务中心 314400；

4. 海宁市水利工程质量管理服务服务中心 314400

[摘要]随着数字化技术的不断兴起，通过数字化对治水进行数字赋能，实现水利数字化，建设数字水库、数字堤塘、数字闸站等水利综合治理模式对我国国家水网建设具有重大深远的意义。本文以海宁市为实例对象，对海宁市开展全域可视化智能监管系统、水质监测系统、应急管控系统、无线上网系统、数字虚拟系统建设，开发海宁数字孪生河流数字化系统，利用水利工程和科技技术结合的方式，为我国水利数字化建设提供良好示范。

[关键词]水利数字化；河流监管系统；水质监测；河流数字虚拟系统

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.03.159

1 引言

水利现代化体系是现代化国家的标配，今后一段时期，需持续推动国家水网、重大引调水、防洪减灾、农田水利等一批强基础、增功能、利长远的重大项目建设，达到国际领先、人民满意，有效支撑我国现代化建设的目标^[1]。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》（以下简称《建议》）是指导今后一个时期国民经济和社会发展的纲领性文件，水利事关国家安全、经济命脉、民生福祉、绿色转型，《建议》把创新驱动发展摆在最突出位置，强调要坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位。水利现代化的实现，要靠创新来引领，创新不仅仅体现在水利工程和科技手段，而是要体现在科技创新、管理创新、制度创新等各个方面^[2-3]。

随着近几年数字化的不断兴起，如何通过数字化进行数字赋能成为治水工作新命题，这几年从中央到省市，都将水利数字化改革提上了议事日程。2019年7月，水利部印发《加快推进智慧水利的指导意见》。2020年，浙江省水利厅印发《浙江省水利工程管理“三化”改革试点方案》（以下简称《方案》）积极推进水利工程管理产权化、物业化、数字化改革试点工作^[4]。《方案》明确指出：到2022年，数字水库、数字堤塘、数字闸站等建设试点成功；在试点县（市、区）率先构建起责任主体明确、管理智慧高效的水利工程管理体系，形成一批可复制可推广的改革试点成熟经验^[5]。

2 概述

浙江省嘉兴市海宁市水网发达，共有大小河道2151条，其中市、县级河道27条。2011年海宁市率先主动开展水环境综合治理，经过多年的努力与实践，探索出了“互联网+”水环境治理的新模式，同时积极打造五水共治“河长制”治水模式，采用市镇村三级领导挂帅，职能挂钩、包干巡查、问责督查的方式构筑起了“十三五”治水样板。

根据数字治水新要求和海宁市实际情况，在这次的河湖数字化改造项目中，按照：“感知一张网、数据一中心、业务一平台、保障一体系”总体思路，经过涉水多个职能部门积极沟通，了解各部门对实际工作的要求，结合目前全市已经开展和即将开展的数字化治水项目，参照数字化特点制定

了本次数字堤防改造项目思路。

本系统设计以数字堤防建设项目为蓝图，结合海宁市不断扩大的生态智慧平台为发展背景，针对新建的洛塘河圩区内的“一横三纵”四条市级河道为主体（洛塘河、平阳堰港、麻泾港、木场桥港，共计23.6 km）。通过化项目推进治水工作从“人防”到“智防”转变，不断增加海宁市治水工作的现代化和智慧化水平。

在工程设计中结合了水管理平台项目、洛塘河圩区数字化、水文水质监测、海宁市“五水共治”智慧平台，包括长山河、洛溪河、西连接河共计31 km河道，以及10个3、4级堤岸的水文监测点，一并考虑技术融合和升级改造。构建以1条嘉兴市级、5条海宁县级河道为主体，其他主干河道为支撑的一体化数字感知网，如图1所示。

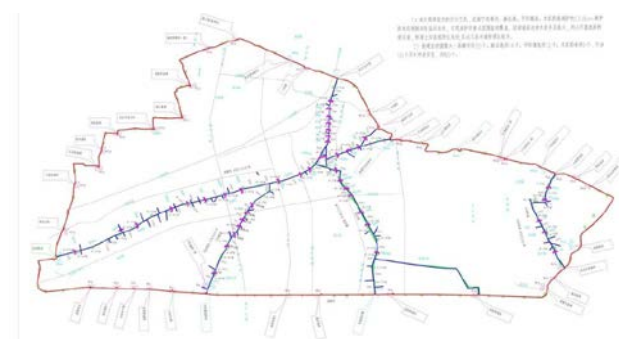


图1 海宁市一体化数字感知网

3 数字堤防项目架构

3.1 全域可视化智能监管系统

根据应用需求，在河道实际勘测基础上，我们将AI（Artificial Intelligence, AI）人工智能化管控模式作为水利可视化监管平台的重点。使用激光式高清封闭球机，结合市区桥梁较多的特点，采用制高点见识方式，实现对60 km河道全天候可视覆盖。日常使用上，尽可能做到一机多能，在设备中引入AI智能模块，通过后台软件实现水域智能识别、来往船只抓拍、水面漂浮物报警、异常定点抓拍等多项功能。在平台建设上，按照精简节约的原则，计划将视频数据统一接入洛塘河圩区数字中心，集成高效。全域可视化智能监管系统如图2所示。



图2 全域可视化智能监管系统

3.2 水质监测系统

水质监测作为“调好水、管好水、用好水”的需求的保障，本项目中也进行了考虑。由于传统的试剂式的水质监测站建设费用高、后期维护费用较大，本项目优化设计方案，采用24 h探头式水质监测设备。对河道内的氨氮、COD、高锰酸盐、PH值、水温、浑浊度等8个主要指标进行实施检测，同时可在后台设置预警指标，当水质产生问题的时候进行报警，为“河长治水”提供科学依据。

3.3 应急管控系统

应急管理作为水利管理的重中之重，承担着防汛抗旱、应急处置、远程监管的重要职能。在发生紧急情况时，利用可视设备智能检测发现紧急情况时，按照事先录制的语音进行现场广播，同时将信号统一传输到管控中心，控制中心可以对单个或者区域广播实现喊话和固定广播。本文所构建的应急管控系统如图3所示。

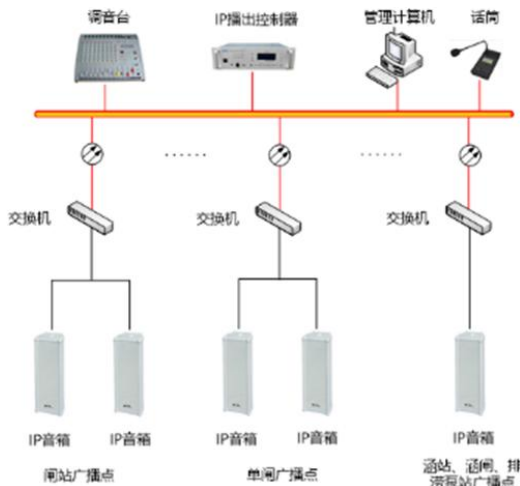


图3 应急管控系统

3.4 无线上网系统

为进一步将水利建设项目和人民群众的日常生活相结合，在设计过程中考虑了无线上网捆绑功能，在沿河设备上增设无线上网模块，对300m范围实现无线覆盖，在沿河公共区域为市民提供免费上网服务，强化水利设施为民服务理念。

3.5 数字虚拟系统

在数字提防项目框架基础上，通过数字孪生技术，将三维实景和河道巡查相结合，实现数字虚拟场景和现场监控场景的无缝对接，同时结合智能报警设置，将河道问题的发生

更直观的展现在数字河道上，再由系统生成统一的数据汇集和数据报表，做到有据可查。

4 海宁数字孪生河流数字化系统

本项目开发的海宁数字孪生河流数字化系统系统覆盖范围为海宁洛塘河、麻泾港、平阳堰港、木场桥港共23.6km。河流横向覆盖150m左右，如图5所示。由河流及沿岸三维建模，实现河流的实时逼真真实感及三维河流的综合管理能力。

项目监控定点接入为海宁洛塘河（31个）、麻泾港（12个）、平阳堰港（9个）、木场桥港（9个）共61个的，如图6所示，涉及接口开发、数据接入、地理位置标注等。通过监控定点接入及提供实时图像，可提升河道长效的管理工作，并达到河湖健康状态长期保持或得到改善目标。项目数字化系统基于地理信息系统（Geographic Information System, GIS）引擎，三维GIS和数字孪生的融合为企业和公众提供了时空大数据的业务应用支持，满足了水利行业应用的建设需求，从而构建基于时空信息服务构建互联互通无缝协同的业务应用体系。

5 结论

本文以海宁市为实例对象，对海宁市开展全域可视化智能监管系统、水质监测系统、应急管控系统、无线上网系统、数字虚拟系统建设，开发海宁数字孪生河流数字化系统。主要涉及的技术包括：

1. 采用激光式高清封闭球机对河道实际勘测。
2. 采用24小时探头式水质监测设备对河道内氨氮、高锰酸盐等8个指标实施检测，并在后台设置预警阈值进行实时监测预警。
3. 利用可视设备智能检测发现紧急情况时，按照事先录制的语音进行现场广播。
4. 在沿河公共区域为市民提供免费上网服务，强化水利设施为民服务理念。
5. 利用三维GIS实景和河道巡查相结合，同时结合智能报警设置，将河道问题的发生更直观的展现在数字河道上。

本文所开发的海宁数字孪生河流数字化系统利用水利工程和科技技术结合的方式，为水利数字化建设提供良好示范。

参考文献

[1] 洪冰. 基于地理信息技术的朝阳地区河流数字化提取研究[J]. 水土保持应用技术, 2019 (05): 40-41.
 [2] 柏睿, 郭云峰. 应用数字化技术提高河流水电规划效率[J]. 企业管理, 2018 (S2): 358-359.
 [3] 沈皆希, 赵又霖, 郭利丹. 跨界河流空间信息服务模型研究: 以涪公河为例[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2017, 39 (03): 330-333.
 [4] 赵静. 并行密度聚类算法在河流数字化并行提取中的应用研究[J]. 水利技术监督, 2017, 25 (01): 39-41+84.
 [5] 傅蜀燕, 赵志勇, 杨硕文, 等. 基于三维BIM+WebGIS技术的区域数字水库构建[J]. 长江科学院院报, 2018, 35 (04): 134-136+142.