

# 数字孪生南通城区水网建设探讨

邱旭东,单 瑾,戴天齐

(南通市水利工程管理站,江苏 南通 226004)

**摘要:**在总结南通城区水利信息化发展现状的基础上,对数字孪生南通城区水网建设思路和目标进行了阐述,围绕数字底板、模型平台、知识平台及城区综合调度“四预”决策支持系统等关键任务,提出了项目建设的具体内容及下一步工作建议。

**关键词:**智慧管控;数字孪生;南通城区;四预

中图分类号:TV697.1

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)Sup2-0065-04

## Discussion on construction of digital twin water network in Nantong City

QIU Xudong, SHAN Jin, DAI Tianqi

(Nantong Water Conservancy Project Management Station, Nantong 226004, China)

**Abstract:** On the basis of summarizing the current situation of the development of water conservancy informatization in Nantong urban area, this paper expounds the ideas and objectives of the digital twin Nantong urban water network construction, and puts forward the specific contents of the project construction and suggestions for the next step around the key tasks such as the digital base plate, model platform, knowledge platform and the “Four Pre” decision support system for urban comprehensive dispatching.

**Key words:** smart management and control; digital twin; Nantong urban area; “Four Pre”

南通市是典型的感潮平原河网地区,地处江苏东南部,南临长江、东濒黄海,隔江与上海及苏南相望,北接广袤的苏北大平原,南北跨距 114.2 km,东西跨距 158.8 km,陆域土地总面积 8 001 km<sup>2</sup>。其中主城区位于市域东南部,紧邻长江,区域内河网密布、水系发达,水流往复、关系复杂,防洪和水环境问题也随着经济社会的发展日益突显。2019 年以来,南通市以“江河联运、水岸共治、全域防治”新理念,推行“系统化思维、片区化治理、精准化调度”的

治理新思路,开展主城区 100 km<sup>2</sup>水环境“一控三自然”治水新实践,满足人民对美好水环境的需求和期盼。在城区水环境治理过程中,基本建成了城区水利信息感知网、水利业务应用和水利信息化保障环境组成的水利信息化综合体系。为认真落实国家“十四五”规划纲要,加快推进智慧水利建设,统筹水资源、水生态、水环境、水灾害治理<sup>[1]</sup>,亟需加快推进数字孪生水网建设,为新阶段南通水利高质量发展提供强大动能和保障。

收稿日期:2022-11-01

作者简介:邱旭东(1980—),男,工程师,硕士,主要从事水利工程建设与管理工。E-mail:303146772@qq.com

## 1 信息化建设情况

### 1.1 现状

南通自2019年以来新建、改建了一大批水利工程,通过城区水利工程智慧管控系统一期、二期项目建设,基本完成主城区100 km<sup>2</sup>范围内主要闸泵工程的自动化监控、上下游水文监测、视频监控、数据资源整合、信息网络建设等内容,实现了区域84个闸站自动化提升改造和接入,建设了164处水位监测点和367路视频监控点,基本覆盖城区主要河道。同时整合已有系统资源,建立统一的数据资源汇集管理中心,建立业务融合的水利工程智慧管控平台,形成以“监测预警、智能控制、精细管理、智慧调度”为标志的“南通市闸站智慧管控”模式,实现闸站运行统一调度、集中控制、分级管理,构建防洪排涝调度优先、水环境调度常态的管理机制,全面提升主城区水利工程的综合效益和管理水平,保障城市防洪排涝安全,改善城市水环境。

### 1.2 存在的问题

南通城区水利工程智慧管控系统虽然为数字孪生水网建设打下了基础,取得了一定成效,但与智慧水利和数字孪生流域建设要求相比,与南通日益增长的水利工程科学调度、精细化管理、强可视化、高互动性决策会商需求相比,尚存在较大的差距,主要体现在资源整合共享不足,数字映射能力薄弱,孪生底板要素欠缺,智能模型融合应用不够,网络安全态势感知能力较弱,主动防护能力不足等方面,整体信息化、数字化、智能化水平不能满足南通城区水灾害防御、水资源配置、水工程管理等方面的需要。

## 2 数字孪生南通城区水网建设思路和目标

数字孪生南通城区水网建设总体思路是按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求,遵循“大系统设计、分系统建设、模块化链接”的原则,以数字化、网络化、智能化为主线,以采用信息技术提升南通城区水灾害防御、水资源配置、水工程管理能力为重点,以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径,以构建数字孪生水网为核心,全面推进算据、算法、算力建设,加快构建具有预报、预警、预演、预案“四预”功能的南通城区智慧水利体系,为新阶段南通水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。

总体目标是充分运用云计算、大数据、人工智能、物联网、数字孪生等新一代信息技术<sup>[2]</sup>,构建“1+2+N”系统框架,建成具有“四预”功能的数字孪生南通城区水网,赋能南通城区水灾害防御、水资源配置、水工程调度等各项业务,实现“数字一张网、管理一张图、调度一指令、安全一平台”。通过数字化管理、科学化调度、安全化运行保障南通水安全,助力南通幸福河湖构建,实现“河安湖晏、水清岸绿、鱼翔浅底、文昌人和”,打造具有南通特色的数字孪生水网综合样板。

(1)算据方面:建成南通城区数字孪生底板,融合静态、动态数据资源,建立更加全面、透彻的感知体系,实现城区工情、水情、水质监测全覆盖,提供全面及时的“算据”支撑与服务。

(2)算法方面:基本建成南通水利模型平台,初步建成知识平台,对南通城区水灾害防御调度及水环境活水调度过程进行预测预警、预演预案模拟仿真和推演分析,为管控系统提供智能“算法”服务。

(3)算力方面:完善水利信息基础设施,扩展数字孪生计算存储资源,提供有力的“算力”支撑与服务。

(4)应用方面:融合数字孪生底板和水利数学模型平台,构建“四预”过程决策支撑应用平台。通过“四预”功能提前预排、预降城区水位,进一步保障城区防洪安全;根据长江潮位和城区河道水位进行高效活水,进一步改善城区水环境。通过统筹调度南通城区水利工程,加强洪水风险管控和水资源的优化配置,增强区域协同治水管水效能,提高水利工程精细化管理水平。

## 3 数字孪生南通城区水网建设关键任务

### 3.1 建设数字孪生平台

#### 3.1.1 数字底板构建

针对南通主城区100 km<sup>2</sup>范围,构建数字孪生南通城区水网框架,通过汇集整理水利系统内外的所有相关数据,建设多维多尺度时空数据模型,将水利对象实体作为数据表达与分类组织的基本单元,从而以时空属性为纽带融合、重组各类数据,实现水利要素的数字化管理<sup>[3]</sup>,实现静态基础信息、实时监测信息、业务行为过程掌控。通过建立L1、L2、L3三级孪生底板,形成南通城区范围内河流水系、水利工程、堤防、水域岸线管理空间等对象以及水灾

害、水资源、水环境、水利工程、模型预测等主要业务专题的数字化地图。建立城区重点区域和重点工程的三维孪生模型,将底板地图服务与水利业务融合,构建多要素、多时相、种类齐全、功能完善的空间数据库,并共享叠加气象、水文、环保等部门的涉水专题图,支撑城区预报调度一体化系统可视化场景展示,完成对河湖的监测、分析、研究、预测、预演、预案、执行全过程的数字映射和动态变化模拟。

### 3.1.2 数据资源管理

整编南通市已有水利数据资源,进行数据资源划分,确定数据资源责任,编制数据资源目录,建设市级水利数据仓,将分散的存量数据和增量数据全部录入水利数据仓,并基于大数据政务云基础设施,全面支撑跨层级、跨部门数据共享交换。

完善数据汇集与支撑平台,对新增站点的水位、水量、泵闸、视频等直接采集的信息进行接收、处理和存储<sup>[4]</sup>,同时共享接入气象、交通、环境等部门共享的信息与已有的监测信息,进行统一汇集、有序交换、集中管理。

### 3.1.3 模型平台建设

采用大数据、人工智能、传统水利数学模型等技术,依托南通城区数字底板和水利数据仓服务资源,构建南通城区预报调度一体化数学模型,支撑南通水灾害、水资源、水环境、水工程等方面业务智能预测分析、科学调度预演的需求。通过更新模型基础资料,构建大数据分析模型,完善降雨径流、水量模型功能,提升南通平原河网地区水循环模拟水平,满足新形势下水流运动情况智能模拟及精度要求。

### 3.1.4 知识平台建设

知识平台以数字底板对涉水数据汇集、清洗、整理而形成的成果为基础,通过对空间地理数据、水利对象基础数据、监测数据、业务管理数据、水利政务数据等各类结构化数据、非结构化数据以及半结构化数据进行知识融合,以数据标签的方式通过筛选定位指定的数据集,以关联图的形式展现相关联的数据标签及数据集,为决策支撑提供一个全方位的数据呈现结果。

## 3.2 完善网络安全体系

完善涵盖安全技术、安全管理、安全运营的南通城区智慧水利网络安全主动防御体系,实现网络安全威胁防御、发现和处置能力全面提升。构建集中安全管理控制平台和应急决策指挥系统,提升应

急响应能力。强化控制中心及沿江重点闸泵站点等水利关键信息基础设施的安全防护,推动水利关键信息基础设施安全防护工程的实施。

## 3.3 构建智能应用体系

### 3.3.1 全域骨干水网水灾害防御形势研判

基于全域骨干水网,对全域骨干水网开展水灾害防御形势研判,对全域城市水位、雨量代表站及沿江沿海重点枢纽工程进行监视预警。

### 3.3.2 城区综合调度“四预”决策支持系统

围绕城区水灾害防御调度和活水调度,依托南通城区河网水动力调度模型,结合气象预报产品和实时水雨情,运用大数据分析、人工智能算法等,求解不确定性规划问题,形成对应水网管理主题的方案集。通过动态模拟仿真和效益风险分析,智能优选决策方案,为南通城区水灾害防御调度和活水调度“预报、预警、预演、预案”过程提供支撑,实现城区预报调度一体化智能决策和闸泵群多目标科学调度、精细调度。

### 3.3.3 水利工程调度运管助手

针对日常工程运行值班,实现值班监视任务管理、任务提示和工作留痕,达到值班轮巡全覆盖、任务留痕全记录、告警提示全方位、精细管控全过程的目标。实现任务提示、要素统计、值班巡视内容列表等功能,在不增加值班人员工作量和操作复杂度的前提下,方便值班人员更全面地掌握区域水利工程运行状况,更及时地发现运行隐患。

### 3.3.4 智慧运维子系统

接入所有的闸泵感知软硬件设备状态信息,包括系统总体运行、采集终端、电压、功率、温度、湿度、噪声、振动、服务器、网络通信链路、存储设备、计算资源、应用支撑服务、数据传输、用户行为等对象,通过自动监测工程设备和工程采集传输数据的相关信息,判定自动化系统数据监控的工作状态,按照评判标准给出自动化系统的健康状态,并对超警戒指标及时进行消息提示和短信推送。

### 3.3.5 数字水网APP

将移动APP融合数字孪生水网,实现河湖水系、水利工程、水情、雨情、工情等信息的手机端快速查询、监测预警、灵活统计等,便于各级管理人员及时了解水利工程的相关信息。同时,实现岸线管理一张图快速查询功能,采用在线地图结合离线地图方式,实现南通城区范围堤防、河湖岸线、水利工程管理范围上图,满足野外场景下利用手机快速查询工程管理红线、蓝线范围的功能。



### 3.3.6 全景南通数字孪生场景

通过对南通城区水利全要素的“数字孪生化”,完成对河湖的监测、分析、研究、预测、决策、执行和反馈等管理全过程的数字化映射<sup>[5]</sup>,实现水利工程安全运行态势场景和平原河网“四预”场景展示。通过研究虚拟仿真技术与数字流域应用场景的结合,模拟时空全貌,实现工程安全运行状态、工程引排过程、区域水位变化可视化预演展示,使重大问题的应急调度、常规调度决策能够在数字孪生水网上仿真和预演。

## 4 结 语

数字孪生水网建设是一个系统工程,涉及多个部门、多个层级。推动数字孪生水网建设,一要重视顶层设计,从区域角度统筹考虑各河道水系间的关系,做到系统建设标准统一、功能实用、兼顾个性、流程闭合<sup>[6]</sup>。二要加强资源整合与共享,数据是数字孪生水网建设的基础,需尽快与水文、自然资源和规划等部门建立数据成果共享机制,汇集区域

的感知数据、水利专题数据、空间数据、社会经济数据等,实现区域数据资源的整合与共享。三要坚持“需求牵引、应用至上”的原则,围绕南通城区水灾害防御调度和活水调度的需求,以系统目标、系统功能“实用、好用、管用”为方向,开展数字孪生南通城区水网建设。

### 参考文献:

- [1] 廖晓玉,高远,金思凡,等. 松辽流域智慧水利建设方案初探[J]. 数字流域建设,2022,32(2):40.
- [2] 李文学,寇怀忠. 关于建设数字孪生黄河的思考[J]. 中国防汛抗旱,2022,32(2):28-29.
- [3] 甘郝新,吴皓楠. 数字孪生珠江流域建设初探[J]. 中国防汛抗旱,2022,32(2):38.
- [4] 刘海瑞,奚歌,金珊. 应用数字孪生技术提升流域管理智慧化水平[J]. 水利规划与设计,2021(10):5.
- [5] 李国英. 在2022年全国水利工作会议上的讲话[J]. 中国水利,2022(2):7.
- [6] 李琛亮. 永定河“四预”智慧防洪系统建设初探[J]. 中国防汛抗旱,2022,32(3):60.