

数字孪生技术 在城区智慧水网建设中的应用

王忠凯¹, 马 赛², 高 舒¹, 繆成晨¹, 杨玉衡³

(1. 扬州市水利局, 江苏 扬州 225000; 2. 扬州市城市河道管理处, 江苏 扬州 225000;

3. 扬州市水利工程建设中心, 江苏 扬州 225000)

摘要:对扬州市城区智慧水网建设基础以及数字孪生在试点中的设计框架、主要应用情况进行了解读,阐述了数字孪生技术的发展及其在智慧水利建设中的重要性,以城区智慧水网建设试点项目为先行,引入数字孪生技术,充分利用云计算、物联网、互联网+、人工智能等新兴技术,以防洪排涝、水资源与水环境保护、工程管理与运行调度等为应用场景,构建具有预报、预警、预演、预案功能的智慧水网综合管理系统,旨在为扬州水利高质量发展提供可靠样本。

关键词:数字孪生技术; 智慧水网; 水利工程

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)Sup2-0048-04

Application of digital twin technology in urban smart hydraulic engineering

WANG Zhongkai¹, MA Sai², GAO Shu¹, MIAO Chengchen¹, YANG Yuheng³

(1. Yangzhou Water Conservancy Bureau, Yangzhou 225000, China;

2. Yangzhou Urban River Management Office, Yangzhou 225000, China;

3. Yangzhou Water Conservancy Engineering Construction Center, Yangzhou 225000, China)

Abstract: The foundation of smart water network construction in Yangzhou City and the design framework and main application of digital twins in pilot projects are interpreted, and the development of digital twin technology and its importance in smart water conservancy construction are expounded. Network construction pilot project as the first, introduce digital twins, make full use of cloud computing, Internet of Things, Internet +, artificial intelligence and other emerging technologies, and use flood control and drainage, water resources and water environment protection, project management and operation scheduling as application scenarios to build The smart water network integrated management system with functions of forecasting, early warning, rehearsal, and pre-planning strives to provide a reliable sample for the high-quality development of Yangzhou's water conservancy.

Key words: digital twin technology; smart water network; water conservancy project

“智慧城市”概念的提出带动城市发展各领域智慧化进程加快。2021年,水利部先后印发《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》《“十四五”期

间推进智慧水利建设实施方案》《智慧水利建设顶层》等文件,明确提出“以构建数字孪生流域为核心,全面推进算据、算法、算力建设,加快构建具

收稿日期: 2022-11-01

作者简介:王忠凯(1991—),男,工程师,硕士,主要从事城市水利与科技工作。E-mail:610834649@qq.com

有预报、预警、预演、预案(以下简称“四预”)功能的智慧水利体系,为新阶段水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。”

在此背景下,扬州市大力推进智慧水利建设,以城区智慧水网建设试点项目为先行,引入数字孪生技术,为扬州智慧水利探索提供更多技术支撑,力求为全市智慧水利建设提供可靠的发展样本。

1 数字孪生技术

1.1 数字孪生技术的发展

2003年,密歇根大学的 Michael Grieves 教授在产品全生命周期管理课程上提出“镜像空间模型”,这也是“数字孪生”的抽象概念的首次出现^[1]。2011年,Michael Grieves 教授和 John Vickers 合作发表的白皮书中正式提出“数字孪生”这一术语,将其定义为“充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据,集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程,在虚拟空间中完成映射,从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。”同年,美国空军研究室和美国通用电气公司开始着手研究数字孪生在战斗机中的应用^[2]。2015年,从航天领域开始,数字孪生开始进入我国研究人员的视野,北京航空航天大学、工业4.0研究院等众多研究机构对数字孪生技术展开了理论与应用探索^[3-5]。

1.2 智慧水利建设中的数字孪生技术

由于水网要素的随机性和复杂性,智慧水利的发展一直受限颇多,数字孪生技术的出现为智慧水利的发展提供更多可能。在智慧水利的建设过程中,数字孪生流域是核心与关键,包括数字孪生平台和信息化基础设施。水利业务应用则需要调用数字孪生提供的算据、算法、算力等资源来实现。

2022年2月,水利部印发《水利部关于开展数字孪生流域建设先行先试工作的通知》,计划用2年时间在大江大河重点河段、主要支流开展数字孪生建设先行先试。

2 项目建设区域概况

2.1 项目建设范围

扬州市城区智慧水网建设试点项目建设范围北至沿山河,南至长江,西以乌塔沟—润扬河为界,东以京杭大运河为界,面积约221.8 km²,该区域承载着全市“政治、经济、文化”的核心职能,也是防洪、治涝、活水的重点区域。

2.2 项目建设基础

2.2.1 防洪治涝体系基本完善

扬州城区防洪治涝工程体系基本完善,形成了以“沿山河南堤、京杭运河西堤、长江北堤、乌塔沟—润扬河东堤”为屏障的防洪封闭格局和以“古运河、仪扬河、赵家支河、古潮河、七里沟”为骨干排水通道的治涝格局,城市防洪标准基本达到50~100年一遇,治涝标准基本达到10~20年一遇。

2.2.2 活水格局基本形成

扬州城区河网引配水格局基本形成,基本构建了“由北往南、由东往西”的河网引配水格局,整体经邵伯湖引水通过古运河、仪扬河排入长江。

2.2.3 感知物联与远程控制初见成效

扬州市积极推进和完善城区水利信息化监测体系建设,2021年,开展雨量、水位、水质、工情以及视频等要素的感知站点建设和重要闸站自动化改造,构建水雨情监测体系、工情监测体系、视频监控体系及闸站控制体系,形成扬州市城区水利一张物联网。

3 数字孪生技术在项目中的应用

3.1 城区智慧水网设计框架

根据水利部印发的《智慧水利建设顶层设计》等相关文件,结合扬州市城区当前智慧水利建设规划,制定“1张网+1中心+2大系统+2组环境”扬州市城区智慧水网调度体系的总体架构(图1)。

“1张网”即基础感控网,包括水利物联网感知及工程集控;“1中心”即智慧水利能力中心,是智慧水利各个业务应用系统的核心支撑,沉淀信息资产,构建信息服务,并进行信息管理、服务和监控,实现水利信息的高效共享;“2大系统”指智慧水网综合管理系统和城区水利综合调度系统,以水利专业技术为核心,以现代计算机、互联网、云计算、大数据等新兴技术为手段,实现水利业务的专业化、智能化应用,满足扬州市水利局防洪、治涝、水资源与水利工程管理等核心业务需求;“2组环境”即运行环境体系和保障环境体系,提供安全稳定的运行环境保障和支撑水利信息化可持续发展的基本保障。

3.2 数字孪生关键技术

数字孪生并不是一种单一的数字技术,而是在多种技术交叉融合的基础上,通过构建物理模型,实现物理实体在虚拟空间中的完全映射。

构建水利数字孪生模型,涉及的关键技术主要



图1 扬州市城区智慧水网建设试点项目总体架构

有前端 WebGL 技术、GIS 技术、无人机倾斜摄影技术、BIM 模型等。

3.3 数字孪生三维沉浸式工程管理建设内容

以建设范围内的古运河为河道试点,结合数字孪生技术,基于 web 端技术开发三维沉浸式工程管理平台。建设内容主要包含数字孪生建模、基础三维空间展示、数据三维可视化展示等。

3.3.1 数字孪生建模

通过无人机搭载五镜头,实现现场影像数据获取,通过无人船获取水下地形模型,构建古运河沿线数字孪生底图。

3.3.2 基础三维空间展示

结合前端 WebGL 技术、GIS 技术、无人机倾斜摄影技术,基于数字孪生建模情况,搭建轻量化三维运行展示平台。针对已建 BIM 模型的闸泵站,通过 BIM 模型加载器实现场景基础 BIM 模型与各专业 BIM 模型的轻量化加载,保证各 BIM 模型的流畅运行。

3.3.3 数字三维可视化展示

数字三维可视化展示包括空间测量和前端传感数据三维可视化2个部分。

(1)空间测量:通过开发空间测量工具,构建空间测量模块,实现在虚拟三维空间中,量取任意空间虚拟构建的几何尺寸、面积、体积等基础几何信息。

(2)前端传感数据三维可视化:实现物联感知监测对象在三维空间的展示,显示其最新一次采集的数据,生成其一定时期内的变化趋势曲线。

通过上述技术,实现三维沉浸式工程管理平台建设,为古运河日常运维管理等提供场景三维可视化技术支撑。

3.4 城区智慧水网综合管理数字孪生系统建设内容

围绕扬州市城市建设和水利现代化的实践需求,搭建扬州市智慧水网综合管理数字孪生系统,为扬州城市建设的水安全保障和水利现代化发展提供系统支持。建设内容主要包括数字底板建设、水网实时监测、水网风险“四预”应用等。

3.4.1 数字底板建设

数字底板建设主要包括三维地表模型、重点区域倾斜摄影、重点工程及建筑精细模型、重点防御基础设施及水利水务基础设施(重要闸泵等)的 BIM 模型。

结合卫星地图、实景地图、航拍、视频影像、三维实景、精细化模型、全市电子地图数据库等数据资料,以物理流域为单元,数字地形为基石、干支流水系为骨干、水利工程为重要节点,实现物理流域及其影响区域的全要素数字化映射。

3.4.2 水网实时监测

基于雨量、水位、水质、工情以及视频等要素感知站对水网要素信息进行实时监测,综合水利基础数据成果,突出展示气象信息、雨量信息、水情信息、工情信息和流场信息,掌控建设范围内水利运行态势,实现基础信息掌握到、监测信息跟踪到,同时依托数字底板,将水网实时监测数据从传统二维表达的信息上升到三维立体空间。

3.4.3 水网风险“四预”应用

(1)预报:集成水网代表点人工经验水文预报成果数据,对水网代表点的预报成果进行可视化展示。将预报点空间坐标与数字底板的坐标进行统一,在三维场景中关联预报点展示相应预报成果,包含洪水预报和水环境预报。

(2)预警:基于自动预报结果,结合预警站各等

级参数值进行预警分析,在地图上以不同颜色闪烁的方式展示各预警代表站分级预警情况,主要包括江河洪水、山洪灾害、渍涝灾害、工程灾害、干旱灾害、供水危机、水生态环境危害等。

(3)预演:通过在数字底板上叠加社会经济发展数据,以及干流水位、干流危急程度评估、干流漫堤分析、道路受淹分析等区域洪涝风险分析结果,在三维场景中展示随着洪水演进干流水位、流量、流速、水深、超警时长等要素的变化;用色块显示洪水可能影响到的重要保护对象或保护区域,展示影响的损失、时长、水深、范围等要素。

(4)预案:结合水工程运行状况、经济社会发展现状等,分析评估预演结果实施后可能影响的对象、人员、相关企事业单位、经济损失等,以优化完善相关水工程调度运用,确定最优水网风险预案。

4 结 语

扬州市城区智慧水网建设试点项目,以贯彻落实国家水网建设战略与水利高质量发展要求为指

导,以现有基础工程建设为起点,采用新一代数字孪生技术,推动全市智慧水利体系建设。通过构建智慧水网综合管理数字孪生系统,打造扬州市城区智慧水利数字底板与智慧水利能力中心,进一步提升市级水网管理能力,实现水网管理集约高效、调控有序,通过数据、能力共享,为全市智慧水利体系建设提供可靠样本,促进全市智慧水利体系高质量发展。

参考文献:

- [1] 刘大同,郭凯,王本宽,等.数字孪生技术综述与展望[J].仪器仪表学报,2018,39(11):2.
- [2] 杨一帆,邹军,石明明,等.数字孪生技术现状研究分析[J].应用技术学报,2022,22(2):177.
- [3] 陶飞,戚庆林,王力羣,等.数字孪生与信息物理系统——比较与联系[J]. Engineering, 2019, 5(4): 2.
- [4] 于勇,范胜廷,彭关伟,等.数字孪生模型在产品构型管理中应用探讨[J]. 航空制造技术, 2017(7): 5.
- [5] 陶飞,刘蔚然,张萌,等.数字孪生五维模型及十大领域应用[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(1): 1-18.

(上接第47页)

的风险,例如木马后门、僵尸网络以及应用层攻击等,这些威胁严重影响了水利工程的安全运行,并可能给水务系统造成严重破坏。通江闸水利项目,以人工智能、物联网、大数据以及云计算等新兴信息技术为基础,以“智慧驱动、精准治理”为理念,通过构建“感知与仿真”“决策与预警”“调度与控制”三大核心能力,实现感知全天候、业务全覆盖、监控全过程,最终实现智慧水务系统这一目标。

3.5 运行环境体系

该水务系统安装在通江闸机房,并根据数字孪生服务器的需要安装一台渲染服务器、数据库服务器以及一台业务应用服务器。

4 结 论

综上所述,利用数字孪生技术开展智慧水务系

统建设,需要综合考虑各种建设方案和实际情况,从而选择最有利的方案。在此基础上,将各种智慧水务系统建设方法整合在一起,进而利用数字孪生技术开展智慧水务系统建设,以数字化引领水利现代化,促进水利高质量发展。

参考文献:

- [1] 宁亚芸. AR技术基于数字孪生在智慧水务日常巡检中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(7): 170-173.
- [2] 陈国标. 基于数字孪生技术的九江城市智慧水务平台设计与实现[J]. 人民珠江, 2022, 43(6): 86-93.
- [3] 谢晋,张晔明,蒋怀德. 基于数字孪生的智慧供水运管体系研究和构建[J]. 城镇供水, 2021(1): 74-77.
- [4] 郭剑桥,田甜,张坤林. 基于新技术的长江大保护智慧水务系统应用[J]. 绿色科技, 2020(14): 63-64.