

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023344

李匡,郭晓麒,柴福鑫,等.河南郑州市防洪“五预”系统建设及应用[J].中国防汛抗旱,2024,34(4):72-76.LI Kuang, GUO Xiaoqi, CHAI Fuxin, et al. Construction and application of the "Five Pre" flood management system in Zhengzhou City, Henan Province[J]. China Flood & Drought Management, 2024, 34(4): 72-76. (in Chinese)

河南郑州市防洪“五预”系统建设及应用

李匡^{1,2} 郭晓麒³ 柴福鑫^{1,2} 朱吉生⁴ 张震³

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心(水旱灾害防御中心), 北京 100038; 3. 华北水利水电大学水利学院, 郑州 450046; 4. 中国南水北调集团有限公司, 北京 100036)

摘要:当前大数据、云计算、数字孪生等新兴技术在防洪工作中的应用,极大提高了洪水预报预警能力,为新时代防汛减灾提供了新的思路。为响应河南省政府防洪“五预”(预报、预判、预警、预案、预演)措施建设的号召,落实郑州市委、市政府“7·20”特大暴雨灾害调查报告整改和灾后重建工作专题会上的指示精神,针对郑州市河流众多、水系复杂的特点,开展郑州市防洪“五预”系统建设。基于“五预”理念,从监测感知和支撑平台方面梳理了郑州市防洪“五预”系统的总体架构,介绍了防洪预报、预判、预警、预演、预案“五预”模块的主要功能。该系统的建成对提高郑州市灾害预防和预警能力、增强郑州市对突发性洪水灾害的反应能力、有效降低灾害损失、保障社会经济正常运行和社会安定有重要意义,也为大型城市智慧水利建设提供了参考和借鉴。

关键词:防洪“五预”;数字孪生;防汛减灾;智慧水利;河南郑州市

中图分类号:TV877

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2024)04-72-05

0 引言

2021年,水利部提出推进智慧水利建设,按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求^[1-3],以数字化、网络化、智能化为主线,构建数字孪生流域,开展智慧化模拟,支撑精准化决策,全面推进算据、算法、算力建设,加快构建具有预报、预警、预演、预案功能的智慧水利体系^[4-6]。

河南郑州“7·20”特大暴雨导致城市内涝、河流洪水、山洪滑坡等多灾并发,造成重大人员伤亡和财产损失。全市因灾死亡失踪380人,占全省因灾死亡失踪人数的95.5%^[7]。《河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告》指出郑州市防洪预警发布、抢险救援、科技支撑、应急指挥、社会动员等能力存在短板。因此,有必要运用现代信息化技术手段,实时感知水情、雨情,并和省级、其他市县级系统及

气象信息系统互联互通,做到提前判断可能的洪涝灾害,加强防灾减灾措施,减少因自然灾害造成的人民群众生命财产损失。

为落实河南省政府预报、预判、预警、预案、预演“五预”措施,贯通雨情、水情、工情、险情、灾情“五情”信息,围绕监测预报预警、水工程调度、防洪抢险技术支撑3项职能,落实郑州市委、市政府“7·20”特大暴雨灾害调查报告整改和灾后重建工作专题会上的指示精神,聚焦郑州市防洪总体目标,立足新发展阶段,贯彻新发展理念,补齐信息化和感知系统总体架构短板,基于郑州市智慧水利一期项目建设成果,以现有软硬件环境为基础,构建包含监测感知、基础设施、支撑平台和应用系统的郑州防洪“五预”系统,实现郑州市防洪预报、预判、预警、预演及预案的智能化、智慧化管理,提升郑州市防洪管理与决策水平。

收稿日期:2023-08-10

第一作者信息:李匡,男,正高级工程师,E-mail:likuang0000@163.com。

基金项目:国家重点研发计划课题(2023YFC3209202);中国水利水电科学研究院“十四五”五大人才项目(HTJZ0145B03202100000)。

1 郑州市防洪体系

郑州市是河南省省会、中原城市群核心城市，国务院批复确定的中国中部地区重要的中心城市、国家重要的综合交通枢纽，也是国家31个重点防洪城市之一，防洪安全至关重要。郑州市地跨黄河、淮河两大流域，大小河流共124条，100 km²以上河流共28条。影响郑州市主城区防洪安全的主要是外河黄河、内河贾鲁河水系。郑州市黄河段防洪依托黄河流域防洪工程体系，依靠现有堤防工程以保障郑州城市防洪安全，现状满足规划的设防标准。贾鲁河干支流等城市内河，按照防洪排涝韧性城市建设的要求，流域和区域高质量发展要求，生态环境保护要求，以及洪水情势变化，依托流域和区域防洪减灾体系，统筹各类措施，形成了“西蓄、东疏、南截、北分、中调”的防洪总体格局(图1)。



图1 郑州市主城区防洪总体布局图

2 防洪“五预”系统总体架构

防洪“五预”平台总体架构由监测感知、基础设施、支撑平台和防洪“五预”应用系统组成(图2)，其中监测感知



图2 防洪“五预”系统总体架构图

包括水情感知、工情监测、视频监控、遥感监测等；基础设施依据郑州市政务外网、政务云和数据中台等，新建防洪应用支撑平台，支撑平台包括防洪数据底板、数字孪生支撑平台、水利模型平台、水利知识平台、应用基础支撑等；防洪“五预”应用系统包括防洪预报、防洪预判、防洪预警、防洪预演、防洪预案、防洪“五预”移动应用等。

2.1 监测感知

依托已建水利监测站网，完善构建全市智慧水利监测感知网。在“7·20”特大暴雨受灾严重的14座水库、重要河道断面等重要部位建设监测感知站点，实现防洪重点部位监测感知网络全覆盖。推进涉水要素全域感知，通过水情监测、工情监测、视频监控、遥感监测的建设，构建多层次监测感知体系。“五预”系统共建设完成水情监测站28处，其中多点雷达水情监测点23处，单点雷达水情监测点5处；建设完成工情监测10处，实现远程自动化控制和工情数据采集；建设视频监控31处，每个水情监测点各建设1处，钢闸坝、常庄水库、尖岗水库各1处。

2.2 支撑平台

2.2.1 防洪数据底板

基于“一数一源”原则，在梳理郑州市现有数据现状的基础上，汇聚洪水、干旱、水利工程运行管理等业务的基础、监测、空间、业务数据资源。按照数据使用目的和分级分类管理的要求，规划建设数据资源池。以信息资源全生命周期管理和开放共享为核心，实现对郑州市各类水利数据的融合汇聚、数据治理、统一管理和数据共享。

2.2.2 数字孪生支撑平台

融合物联感知操控、5G通信、无人机、倾斜摄影、虚拟融合互动、遥感影像分析、数字化表达、模型分析等技术，通过遥感卫星或无人机倾斜摄影获取高分辨率的数字高程模型(DEM)地图和遥感图片，综合运用多种三维建模技术建立各种水文设施和水利工程的三维立体图，对郑州市重点区域进行全要素数字化映射，建设数字郑州市天、空、地、水基数字孪生中心，实现物理河流与数字底座之间的动态、实时信息交互和深度融合，保持两者的同步性、孪生性。

以倾斜摄影建模构建三维漫游模型、融入360°全景相机，构建河流数字底座，实现“模型+实景”的全面展示。融入河流物联感知数据，包括目前已有和本次建设的监测站点数据，按照1:1还原到三维漫游模型中，实现“模型+实

景+数据监测”的全面动态模拟;对水闸及设备进行全景漫游扫描,接入目前已经建设和本次建设的视频,实现视频实时查看、实时重现河道。

2.2.3 水利模型平台

水利模型平台承载着各类水文、水动力、智能、调度等模型,同时遵照精细化时空变源分布式水文模型建设方案、水库调度模型建设方案、一维河网模型建设方案、二维洪水演进模型建设方案等,构建相关模型计算方案,运用并行计算框架实现各类模型的并行计算,并以服务形式提供了业务系统模块来使用(图3)。



图3 水利模型平台架构图

2.2.4 水利知识平台

在水利部本级知识平台的基础上,依托L2级流域数据底板和部分L3级数据底板,以知识图谱和知识引擎为技术框架,构建水利知识平台。郑州市防洪“五预”水利知识平台汇聚了数据底板产生的相关数据、模型平台的分析计算结果,通过水利知识引擎对近年来的重点区域重要调度专题事件相关资料进行梳理,存储历史调度信息,包括:郑州市域水网历史水情、历史降雨、历史降雨预报、调度指令、调令执行情况、河道水文站预报方案、水库水文站预报方案、河系预报方案和中长期预报方案等信息。通过不同类型信息流或者业务流进行归类并形成套件,以支撑新业务场景的规则适配,应对不断变化的规则需求,规范和约束水利业务管理行为。实现对监测感知、预报预警、水利工程运营调度、方案决策等的智能分析,对关键词语义、关联业务流程、不合理措施、故障原因、规范流程等开展知识分析,实现郑州市防洪“五预”决策过程的知识服务,提高分析和决策效率。

2.2.5 应用基础支撑

针对郑州市水利局信息化建设存在单项业务处于孤立发展状态、没有统一的公共支撑平台、形成“系统孤岛”

和业务分割问题,需要通过整合各类资源、构建应用基础支撑环境,在业务应用支撑层进行整合共享,将各业务或业务间可通用的技术复用,改变传统“单独开发、独立运行”的建设模式,实现资源共享、信息互通和业务协同。

3 防洪“五预”系统主要功能

3.1 防洪预报

对郑州市14座中型水库、主城区贾鲁河及其13条支流285 km河道、80座闸坝、9座湖泊、金水河调洪工程、金水河分洪工程等建设防洪预报子系统。紧扣“降雨—产流—汇流—演进”预报环节,耦合气象水文预报,建立以流域为单元的洪水预报工作模式,延长洪水预见期,主要模型有新安江模型、马斯京根河道演算模型、一二维水动力模型、水库优化调度模型等。所有源头流域和区间,采用降雨径流模型进行计算;市内河道采用马斯京根法加一二维水动力模型的耦合方法进行河道汇流分析。采用人工经验和自动优选相结合的率定方法实时滚动分析已发生洪水的规律,提高洪水预报精度。预报功能界面示意图见图4。

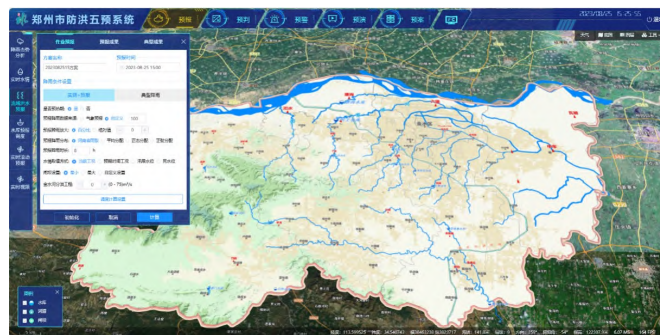


图4 预报功能界面示意图

3.2 防洪预判

防洪预判子系统以降雨能力为参考,基于水库水情和河道水情实时变化,对整体防洪形势进行研判,为防洪预警提供及时的支撑。主要功能包括水库防洪预判和河道防洪预判。水库防洪预判:通过水库当前水位、汛限水位、设计水位及当前降雨及未来降雨情况,再根据水库特征信息及库容曲线变化情况,动态计算水库降雨能力与纳洪能力,实现防洪自动判别与预警。河道防洪预判:基于实时分析计算的数字流场,针对郑州市重点关注河道,分析判别河道防汛态势及未来的变化趋势,动态给出河道水面线及断面水位变化情况,对河道警戒、保证水位进行预警。预判

功能界面示意图见图5。

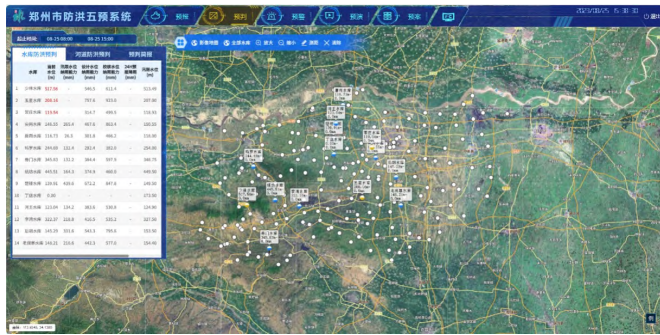


图5 预判功能界面示意图

3.3 防洪预警

防洪预警子系统基于数据底板内的多源融合数据,特别是水情监测数据和相关的融合数据成果,根据未来降雨预报数据或洪水预报结果、阈值指标等信息进行风险识别或问题发现,提前进行山洪或洪水预警,帮助水文监测人员及相关的防汛指挥部门判断洪水量级及其发展态势,为采取应急处置措施和社会公众防灾避险提供指引。预警功能界面示意图见图6。



图6 预警功能界面示意图

3.4 防洪预演

防洪预演子系统利用高精度DEM数据及专业水文数据,结合流域内的河道断面数据,防洪对象建筑物数据、地形勘测数据等,建立一二维耦合水动力学模型。实时调度水库出流数据自动输入模型后,通过后端程序调用相关接口驱动模型,后台实时滚动计算洪水演进过程。依托于数字孪生平台,实现与防洪预报系统的交互,进行洪水实时推演,并显示河道水面线变化情况和河道任一断面的水位变化情况等,为后续的智慧决策与指挥调度提供客观、可靠的决策依据。预演功能界面示意图见图7。

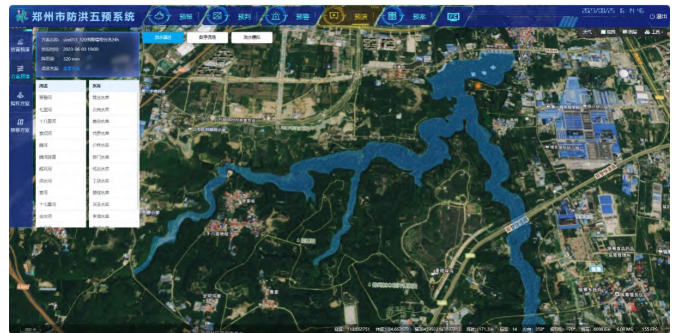


图7 预演功能界面示意图

3.5 防洪预案

防洪预案子系统基于郑州市防洪预案方案体系及模式,通过信息化手段,对预案方案进行全方位管理,提供一套完整的数字化预案管理方案,实现预案模板规范化、预案任务流程化、预案责任明确化、预案资源可视化。快速明确突发水灾害等事件事前、事发、事中、事后的各个进程中,谁来做,怎样做,何时做,以及用什么资源做等问题。为指挥人员快速启动应急响应程序提供支撑,为工程调度提供辅助决策。预案功能界面示意图见图8。

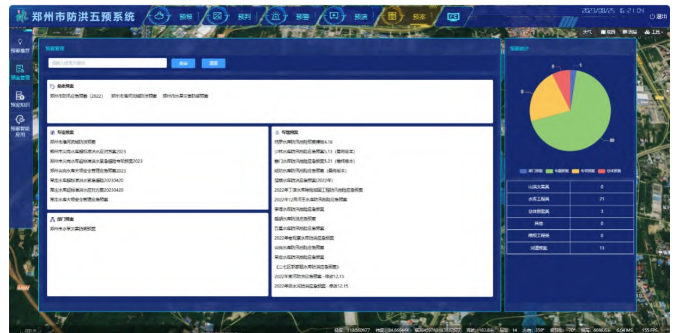


图8 预案功能界面示意图

4 应用成效

郑州市防洪“五预”系统自2022年上线以来,在应对汛期强降雨的过程中发挥了重要作用,通过计算分析,输出防洪简报20余期。2023年,“五预”系统为防御2305号台风“杜苏芮”提供了有力支撑。受台风“杜苏芮”影响,郑州市7月28—30日普降暴雨,累计降雨117 mm,其中28—29日降雨量57.7 mm,29—30日降雨量53.7 mm。郑州市防汛抗旱指挥部7月28日18时启动防汛Ⅳ级应急响应,于7月29日1时30分提升至Ⅲ级。按照郑州市水利局工作部署,防洪“五预”系统项目组24 h值守,其间利用“五预”系统平

台实时监控、实时滚动预报、精细模拟预演分析研判河道水库水情,进一步提升了防汛会商决策能力,有效保障了郑州市的防洪安全。

5 结 语

郑州市地处中原平原腹地,河流众多、水系复杂,极易受洪水灾害的影响,又为经济发达城市,城市的快速发展增加了防洪压力,一旦遭遇洪水灾害,易造成较大损失。因此,开展郑州市防洪“五预”系统建设意义重大。本文基于“五预”理念,从监测感知和支撑平台方面梳理了郑州市防洪“五预”系统的总体架构,从功能出发,介绍了防洪预报、预判、预警、预演、预案“五预”模块的主要功能。通过在实际应对强降雨过程中的应用,说明本系统可为郑州市防汛指挥提供技术和信息支撑,有效提高各级管理部门应对洪涝灾害等突发事件的能力。工程措施与非工程措施防洪“五预”系统相结合,可进一步提升郑州市防汛减灾的能力,保障人民群众生命财产安全。

参考文献

- [1] 耿晓君,杨晓茹,李爱花,等.现代化防洪减灾体系中河道治理思路探讨[J].中国水利,2023(14):11-14.
- [2] 张洋,刘福春.数字孪生海河防洪“四预”应用需求分析[J].中国防汛抗旱,2022,32(12):48-52.
- [3] 刘业森,刘昌军,郝苗,等.面向防洪“四预”的数字孪生流域数据底板建设[J].中国防汛抗旱,2022,32(6):6-14.
- [4] 杜军凯,游进军,仇亚琴,等.面向“四预”的水资源智能业务应用体系研究[J].水利发展研究,2023,23(8):1-6.
- [5] 宋利祥,张炜,田兆伟,等.西枝江流域数字孪生与防洪“四预”体系建设与探讨[J].中国防汛抗旱,2022,32(7):12-18.
- [6] 范光伟,王高丹,侯贵兵,等.数字孪生珠江防洪“四预”先行先试建设思路[J].中国防汛抗旱,2022,32(7):24-29.
- [7] 徐卫红,刘昌军,吕娟,等.郑州主城区2021年“7·20”特大暴雨洪涝特征及应对策略[J].中国防汛抗旱,2022,32(5):5-10.

Construction and application of the "Five Pre" flood management system in Zhengzhou City, Henan Province

LI Kuang^{1,2}, GUO Xiaoqi³, CHAI Fuxin^{1,2}, ZHU Jisheng⁴, ZHANG Zhen³

(1. China Institute of Water Resource and Hydropower Research, Beijing 100038; 2. Research Center on Flood & Drought Disaster Reduction of the Ministry of Water Resources(Flood and Drought Disaster Prevention Center), Beijing 100038; 3. Water Conservancy College of North China University of Water Resources and Hydropower, Zhengzhou,450046; 4. China South to North Water Diversion Group Co., Ltd., Beijing 100036)

Abstract: The application of emerging technologies such as big data, cloud computing, and digital twins in flood management has greatly improved the ability of flood forecasting and warning, providing new ideas for flood prevention and disaster reduction in the new era. In order to respond to the call of the Henan Provincial Government for the construction of "five pre" measures for flood management (forecasting, judgment in advance, early warning, emergency plan, drilling), and to implement the guiding spirit of the "July 20" extremely heavy rainstorm disaster investigation report rectification and post disaster reconstruction symposium of the Zhengzhou Municipal Party Committee and the Zhengzhou Municipal People's Government, the construction of the "five pre" system for flood management in Zhengzhou City is conducted according to the characteristics of numerous rivers and complex water systems. This article is based on the concept of "Five Pre" and summarizes the overall architecture of the "Five Pre" system for flood control in Zhengzhou from the perspectives of monitoring perception and support platforms. It introduces the main functions of the "Five Pre" modules for flood forecasting, prediction, early warning, drilling, and emergency plans. The establishment of this system is of great significance for improving the disaster prevention and early warning capabilities of Zhengzhou City, enhancing its response to sudden flood disasters, effectively reducing disaster losses, ensuring the economical and social stability, and providing reference and guidance for the construction of smart water governance in large cities.

Keywords: flood management "five pre"; Digital Twin; flood prevention and disaster reduction; smart water governance; Zhengzhou City of Henan Province

编辑 姚力玮