

中国防汛抗旱

CHINA FLOOD & DROUGHT MANAGEMENT

基于数字孪生的湖南省椒花水库防洪调度系统建设

庄佳宝 孙清祥 罗小清 王超勇 汪健 戴在林 农惠

Construction of design of flood control and scheduling system based on digital twin for Jiaohua Reservoir in Hunan Province

ZHUANG Jiabao, SUN Qingxiang, LUO Xiaoqing, WANG Chaoyong, WANG Jian, DAI Zailin, NONG Hui

在线阅读 View online: <http://www.cfdm.cn/article/doi/10.16867/j.issn.1673-9264.2024333>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

数字孪生城区防洪排涝及活水自流联控联调平台开发与应用

Application and development of joint control and scheduling digital twin platform for urban flood control and water flow dispatch
中国防汛抗旱. 2024, 34(9): 1-6. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2024289>

苏州市中心城区防洪排涝与水环境调度数字孪生平台研究

Research on the digital twin platform of flood control and drainage and water environment dispatching in downtown Suzhou city
中国防汛抗旱. 2024, 34(9): 47-52. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2024303>

数字孪生珠江防洪“四预”先行先试建设思路

The early and pilot construction exploration of flood management with four functions of FEDE within digital twin Pearl River
中国防汛抗旱. 2022, 32(7): 24-29. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2022167>

基于数字孪生的洪涝灾害预警平台设计研究

Design and research of flood disaster warning platform based on digital twin
中国防汛抗旱. 2025, 35(1): 82-85. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2024115>

江苏省数字孪生水网建设总体构想与先试经验

The overall framework and pilot experience of digital twin water grid construction in Jiangsu Province
中国防汛抗旱. 2023, 33(8): 7-12. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2023267>

数字孪生淮河流域智慧防洪体系研究与实践

Research and application of digital twin intelligent flood prevention system in Huaihe River Basin
中国防汛抗旱. 2022, 32(1): 47-53. <https://doi.org/10.16867/j.issn.1673-9264.2021375>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2024333

庄佳宝, 孙清祥, 罗小清, 等. 基于数字孪生的湖南省椒花水库防洪调度系统建设[J]. 中国防汛抗旱, 2025, 35(5): 80-86. ZHUANG Jiabao, SUN Qingxiang, LUO Xiaoqing, et al. Construction of design of flood control and scheduling system based on digital twin for Jiaohua Reservoir in Hunan Province[J]. China Flood & Drought Management, 2025, 35(5): 80-86. (in Chinese)

基于数字孪生的湖南省椒花水库防洪调度系统建设

庄佳宝¹ 孙清祥^{2,3} 罗小清¹ 王超勇¹ 汪 健¹ 戴在林¹ 农 惠¹

(1. 四创科技有限公司, 福州350100; 2. 长沙市水利建设投资管理有限公司, 长沙410000;

3. 湖南椒花水利枢纽开发建设股份有限公司, 长沙410000)

摘要:以椒花水库工程为研究对象,对新建水库在历史水文资料和调度数据不足的前提下,按照《数字孪生水利工程建设技术导则》要求,研究数字孪生椒花水库防洪调度系统的设计,参考邻近水系水文资料,以水库防洪调度管理为目标,构建防洪调度专题相关的水利专业模型、预报方案、历史场景、调度方案等数字孪生支撑平台。研究基于数字孪生技术的防洪调度预报、预警、预演和预案的数字孪生椒花水库防洪调度系统的设计,为椒花水库防洪调度提供模拟仿真工具。研究结果可有效提高椒花水库工程防洪调度业务管理能力,也为椒花水库工程供水管道、水电站、灌区、水厂等工程的数字孪生建设提供借鉴。

关键词:椒花水库; 数字孪生; 模型平台; 来水预报; 防洪调度; 淹没分析

中图分类号: TV697.1; TV877

文献标识码: A

文章编号: 1673-9264(2025)05-80-07

0 引言

在2024年1月11日全国水利工作会议上,李国英部长总结了2023年的水利工作成果,并对2024年水利重点工作进行部署,要求大力推进数字孪生水利建设,积极推进新建工程竣工验收同步交付数字孪生工程。

湖南省椒花水库是《水利改革发展“十三五”规划》中规划新建的大型水库之一,坝址位于湖南长沙浏阳市达浒镇和大围山镇境内,距离达浒镇5 km,距离浏阳市40 km,涉及浏阳市10个乡(镇)和长沙县4个乡(镇),是一座以城镇供水、防洪为主,兼顾灌溉和下游生态环境补水的大(2)型水库,坝址控制流域面积132.5 km²,水库最大坝高69.5 m,水库正常蓄水位180 m,设计洪水位181.43 m,总库容1.6977亿m³[1]。

椒花水库工程建成后,将提高浏阳市城区防洪标准

及沿河两岸防洪调度能力,预计每年可向浏阳市城区、浏阳经济开发区、长沙经济开发区供水8130万m³。椒花水库建成后将天然流域条件下的水文状态造成影响,观测数据的准确性、模型参数的合理性、预报方法的科学性都将对水库防洪调度工作造成影响。

数字孪生水库是对物理水库进行实时监控、分析预警、优化调度的新型基础设施,运用上游流域水文信息进行来水预报、预测预警和调度模拟,为水库防洪调度提供支撑[2]。然而,针对椒花水库坝址以上流域未有水文资料的前提下,如何应用数字孪生技术构建洪水预报模型、洪水淹没分析模型和防洪调度模型,实现不同降雨和超标洪水情景下优化水库调度方案,在洪水发生时能够迅速、准确地调整水库的蓄泄水量,减轻灾害对下游区域的影响,是数字孪生椒花水库建设中需要解决的重点问题。

收稿日期: 2024-09-16

第一作者信息: 庄佳宝,男,高级工程师,E-mail: 358104072@qq.com。

1 数字孪生椒花水库建设基础及不足

1.1 建设基础

椒花水库坝址以上流域内无水文站和雨量站,邻近水系宝盖河、浏阳河和捞刀河有4个水文站和15个雨量站,分别是清水、双江口、榔梨、螺岭桥水文站和白沙、达浒、光明、张坊、清水、寒婆坳、古港、石湾、目莲渡、江背、朗梨、螺岭桥、春华、黄荆坪、新开雨量站,且实测系列长短不一,个别雨量站存在缺测情况。

1.2 存在的不足

椒花水库坝址以上流域缺少实测水文资料,只能通过邻近流域相关性分析后获取,难以支撑水库洪水预报和防洪调度工作,对标数字孪生水库建设要求存在以下几点不足。

(1)长期水文观测资料不足。椒花水库坝址以上流域未建设水文站和雨量站,缺少水文资料,只能通过水文比拟计算得出水库水文资料,模型参数难以率定,精度有限。

(2)水库调度管理数据不足。新建水库尚未形成体系化的水库调度工作,缺少实际管理过程中的调度数据支撑模型的构建和校核。

(3)水库防洪调度模型不足。对于椒花水库工程来说,实现来水预报和防洪调度模型的构建是工程防洪调度的重要基础,新建水库在缺少水文观测资料、水库调度管理数据不足的情况下实现水库防洪调度模型的构建还存在差距。

2 椒花水库防洪调度系统技术框架

椒花水库防洪调度系统是椒花水库智慧信息化系统防洪调度应用专题的子系统应用,是椒花水库工程生产管理的重要组成部分。按照水利部《数字孪生水利工程建设技术导则》的要求,结合椒花水库建设系统技术框架包括信息化基础设施(立体感知、自动控制、支撑保障)、数字孪生平台(数据底板、模型平台、知识平台)和业务应用平台,实现全方位感知、预报、预警、预演、预案、闸阀监控、水文测报等功能^[3]。椒花水库防洪调度系统技术框架如图1所示。

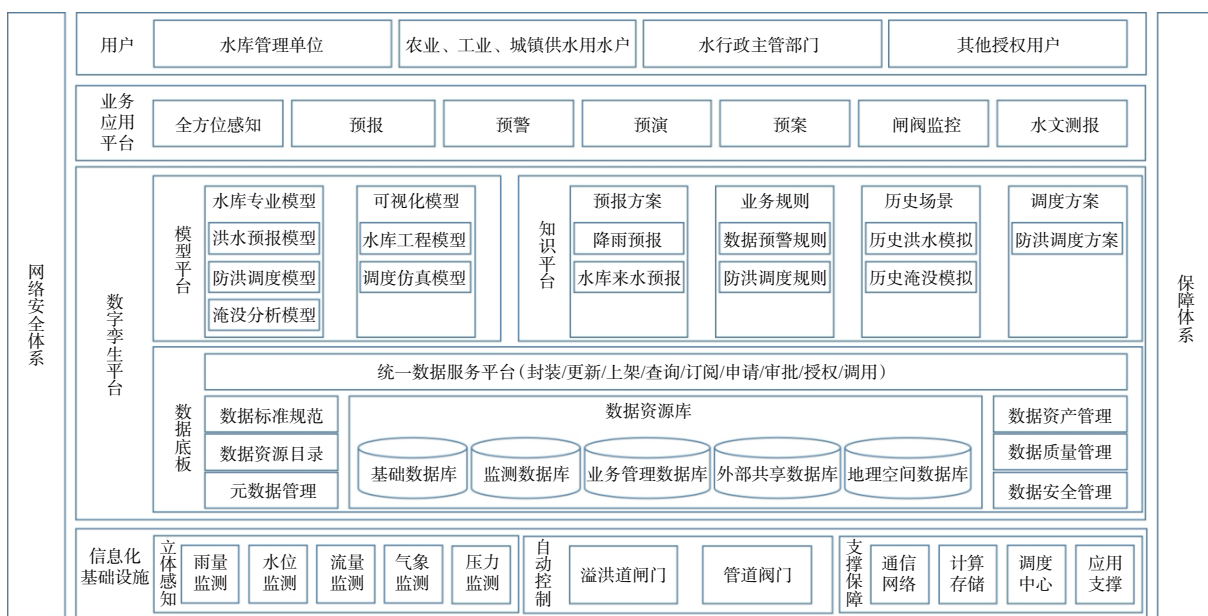


图1 椒花水库防洪调度系统技术框架图

3 信息化基础设施

信息化基础设施根据椒花水库工程特性,以水库防洪调度为目的进行建设,主要包括立体感知、自动控制、支撑保障等内容。

(1)立体感知建设。应用物联网、遥感、北斗等技术手段对工程各项数据进行采集,实时掌握水库运行状态。感知信息包括雨量、水位、流量、气象等工程防洪调度关注的信息,以及阀门压力等信息,作为数字孪生椒花水库数据底板中实时监测数据。当前,长沙市数据资源管理局已

通过数据共享服务平台实现行业数据汇聚共享,因此,椒花水库邻近流域的水利、水文、气象等信息可实现共享应用。除已建站点数据共享外,为进一步掌握水库集雨面积内的降雨信息,根据椒花坝址以上流域地形地貌,在干流、支流及汇流处布设4个集水位和雨量监测功能的水位雨量一体站,在椒花水库下游布设1个水位雨量一体站。

(2)自动控制建设。包括水库溢洪道闸门和输水工程管道阀门自动化控制。为更好地提供自动化控制服务,可在启闭机和阀门设施设备厂家同步配套控制柜和控制系统。

(3)支撑保障建设。包括通信网络、计算存储、调度中心和应用支撑。通信网络建设中,雨量、水位、流量等监测站点除4G、5G主信道外,还配备北斗通信作为备用信道,在极端天气条件下,仍可进行数据传输。应用支撑建设中,除应用中间件、数据库、操作系统外,还包括数字孪生引擎建设,采用Web数字孪生引擎通过应用程序编程接口(API)和工具链接地理信息系统(GIS)平台提供应用服务。

4 数字孪生平台

数字孪生平台由数据底板、模型平台、知识平台组成,为水库防洪预警、分析和防洪调度应用提供技术支撑。

4.1 数据底板

椒花水库数据底板建设按要求划分为坝区、库区和水库下游影响区,按不同标准构建数据底板。L1级底板共享水利部数据底板;L2级数据底板在共享湖南省水利厅和长沙市水利局数据的基础上,补充椒花水库下游影响区L2级精度的数据底板;L3级数据底板应用工程设计图、施工图和建筑信息模型(BIM)成果进行建设。

数据底板构建完成后,为方便对数据底板的统一管理,及数据资源的共建共享,建设统一数据服务平台,按照“一数一源、一源一用”的原则,汇集椒花水库立体感知、空间数据底板、外部贡献等多源数据,建立多层次数据服务体系,开展数据资源管理及应用,提升数字孪生椒花水库工程大数据汇集存储、数据治理、数据管理等能力,发挥数据资源价值。

4.2 模型平台

椒花水库模型平台建设以防洪调度应用相关的水利专业模型为核心进行搭建,对工程调度运行进行模拟预演。同时为防洪减灾相关的模型建设预留接口。模型建设情况如下。

4.2.1 洪水预报模型

根据椒花水库防洪调度业务需求,洪水预报模型以水库入库水量预报(入库流量、流量过程线、水库水位)为主,并具备滚动预报能力。洪水预报模型包括面雨量模型、产汇流模型和洪水演算模型的设计。

(1)面雨量模型。椒花水库为新建水库且坝址以上流域未有水文资料,根据椒花水库坝址以上邻近流域的雨量站点建立站点雨量与流域范围雨量关系,应用数字雨量模型(DRM)实时收集流域范围二维平面空间的雨量站点数据,应用克里金插值方法计算单元网格中心半小时的雨量值,将计算得出的雨量网格和坝址以上流域边界进行切割,得出重叠部分的流域面积,进而得出坝址以上流域的面平均雨量。

(2)产汇流模型。椒花水库产汇流模型采用新安江模型进行计算,包括水库蒸散发计算、汇流计算和分水源计算3部分^[4]。蒸散发计算采用3层蒸发模式计算;汇流计算采用水库调蓄法计算单元汇流,考虑到汇流的非线性及时段雨强对单位线的影响,需要分析不同量级时段净雨对应的单位线;水源采用自由水蓄水库进行划分。

(3)洪水演算模型。联立水量平衡方程和马斯京根槽蓄曲线方程并求解,可得马斯京根流量演算方程,并进行模型参数率定。模型参数率定可分为两类:①通过测量获得,包括流域面积、河长、河道坡度、雨量站权重、分块单元流域面积等,确定后不再修改,即模型静态参数;②随流域降雨径流特性和下垫面条件而变化,进行概化后通过率定确定。参数自动率定选用遗传算法进行拟合计算,以洪水预报达甲级精度为目标函数进行模型动态参数自动优化率定,根据模型精度评定结果确定参数率定准确程度是否达到要求,对于达不到精度要求的,重新进行率定。

4.2.2 淹没分析模型

模拟椒花水库在发生不同标准洪水和超标洪水的淹没范围和淹没水深,并进行分析。椒花水库坝下影响区河道较长、影响区面积大、汇入影响区河道的支流较少,河道产、汇流量较少,为评估不同洪水标准条件下水库下游淹没范围,结合泄洪方案中的泄洪流量或溃坝流量,通过人机交互计算生成洪水演进过程、淹没范围、水深、流速、淹没历时等特征数据。

根据椒花水库不同标准洪水分析成果,模拟计算下游淹没影响情况。当椒花水库发生溃坝时,确定影响范围,统

计不同标准洪水不同淹没水深时的淹没面积,基于二维水动力模型构建流域淹没分析模型,分析溃口淹没及流速流向的变化,对发生漫堤、溃口或分洪河段的相关区域,计算淹没区域范围、洪水演进过程^[5]。

4.2.3 防洪调度模型

在保证工程供水量的情况下,建立防洪调度模型,保证椒花水库及下游的防洪安全。充分利用椒花水库供水、防洪、灌溉的职能,统筹防洪全局、设计和优选得出合理的防洪调度方案,再结合主管部门下达的调度令,制定水库蓄泄方案及闸门的调度方式,减少洪涝灾害的损失。防洪调度模型包括防洪常规调度模型和防洪优化调度模型。

(1)防洪常规调度模型。根据椒花水库防洪调度规则及调度方案,针对不同场次的洪水计算得出保证水库下游安全的出库过程,兼顾发电机组出力和水量平衡计算电站发电量,得出水库水位、出库流量、机组出力及发电等水库调度计算结果,为防洪调度方案制定提供技术支撑。

(2)防洪优化调度模型。对于防洪调度模型而言,边界条件(暴雨过程、水位约束等)和闸门调度方式(开启时间和开启大小及所有闸门的组合形式)的改变都会引起水库的水位变化和河道断面的水位、流量变化,是一个动态问题。通过防洪调度优化模型的构建,以水系的暴雨径流过程为输入,通过预报调度耦合模型模拟计算得到水库的泄流过程,利用这些计算结果进而可以计算出防洪调度的特征值,对比模型计算得到的不同方案特征值,确定各个计算时段水库的最优启闭组合及开度,进而对水库防洪调度过程进行优化。

4.3 知识平台

椒花水库知识平台包括预报方案、业务规则、历史场景、调度方案等水利知识内容的管理^[6]。其中,水利知识提供描述原理、规律、规则、经验、技能和方法等的信息;水利知识引擎通过组织和推理形成支撑研判和决策的信息^[6];水利知识应用平台应关联到可视化模型和模拟仿真引擎,提供各类知识和推理结果的可视化。椒花水库防洪调度知识平台包括预报调度方案库、工程安全知识库和业务规则库。

(1)预报调度方案库。包括工程防汛预案、入库预报方案、工程调度预案、防汛抗旱应急预案、超标准洪水防御预案在内的预报调度方案库。

(2)工程安全知识库。包括工程风险隐患、隐患事故案例、事件处置案例、工程安全会商、工程安全鉴定、专项安

全检查在内的工程安全知识库,涵盖常识类知识、累积知识、策略知识、其他类知识。

(3)业务规则库。包括工程调度运用规程、机电设备运行操作规程、工程安全现场检查规程、工程安全应急预案在内的业务规则库。业务规则库应结合实际情况进行更新。

5 业务应用平台

业务应用平台围绕水库防洪调度“四预”(预报、预警、预演、预案)业务应用进行业务流程和系统功能设计,包括全方位感知、预报、预警、预演、预案、闸阀监控、水文测报等功能。防洪调度“四预”业务流程如图2所示。

5.1 全方位感知

汇集水位雨量一体站、水闸、阀门等多源实时监测数据,基于椒花水库工程数据底板实现对坝址以上流域及下游影响区运行状态的监测、分析与预警,对实时监测和预报分析的超警信息进行报警提示,根据防汛应急响应等级条件判断当前防汛预警所处级别^[7]。

5.2 预报

预报采用B/S(Browser/Server)模式进行设计,以全方位感知监测数据为预报输入,以平台防洪调度相关的模型为核心进行预报计算,可提供防洪调度预报参数信息管理、预报模型管理、智能化数据纠错、自动预报、人工干预预报、预报结果展示、预报结果管理等功能,预报功能如图3所示。

(1)参数信息管理。根据洪水预报模型的计算输入要求,结合椒花水库水文、地质等基本参数,完成相关参数的配置。

(2)预报模型管理。通过与比拟计算得出的椒花历史洪水曲线等进行拟合对比,对于模型产生的误差进行修订、校正,主要是调整参数、系数,最终建立基本符合椒花水库预测预报的模型。

(3)智能化数据纠错。为确保数据的有效性,通过前后时刻数据增长率对数据进行过滤和预警^[8],对不符合条件的监测数据进行舍弃,并用插值法进行数据差值补录。

(4)人工干预预报。①预报条件人工选择。选择实际降雨时间段、预报时段、预报时间、未来降雨总值及每小时分配量,确定纳入本次预报的雨量站。②结果推算。调用洪水预报模型,可得出水库新增预报面雨量、新增预报时间段内各时间点水位。

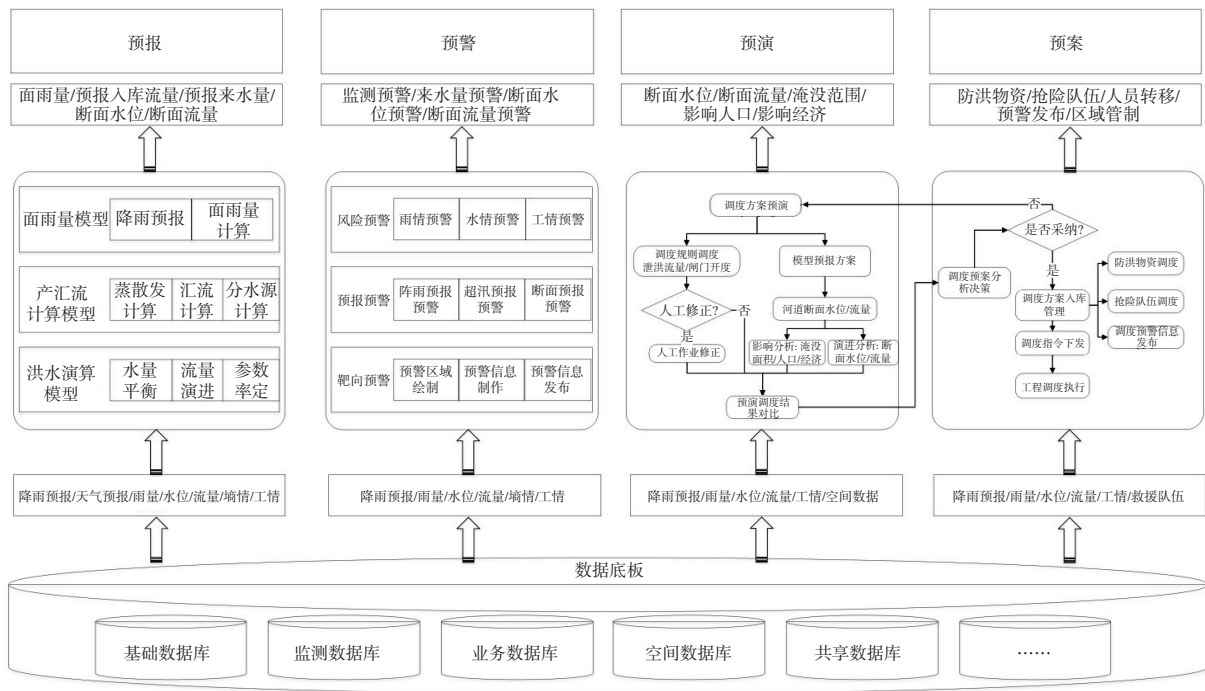


图2 防洪调度“四预”业务流程图



图3 系统预报功能示意图

(5) 预报结果展示。①GIS 联动展示。基于 GIS 平台展示水库预报洪峰时的数据, 展示最新一条预报结果数据, 也可通过筛选查询历史预报数据^[9]。②GIS 动态演示。通过预报结果数据计算水库洪峰、支流汇流的时间、水位和流量, 调用 GIS 水系河流图层服务, 对本次预报的流域进行渲染, 将洪水预报的流量与水位结果在 GIS 图上进行 2D 洪水推演动态展示^[10]。③预报结果详细弹窗。可弹窗展示实际降雨时段、预估未来总降雨、预报时间、预报时段、发布时间及该预报时间段预报流量与水位。④单站预报结果详细弹窗。展示预报时间段内流量和水位、单站预报结果曲线及雨量柱状图, 可查询单站降雨时段降雨数据。

(6) 预报结果管理。对洪水预报结果进行管理, 使用图形对比的方式绘制选中预报结果的降雨量柱状图和洪峰

水位过程线进行分析^[11]。

5.3 预警

(1) 风险预警。根据立体感知监测数据采集信息进行超阈值预警, 包括实时雨情预警 (1 h 30 mm、3 h 50 mm、24 h 100 mm)、实时水情预警 (水库超汛预警、河道超警) 和实时工情预警 (泄洪流量预警、闸门开度预警)。

(2) 预报预警。根据洪水预报模型计算成果进行超阈值预警, 包括预报雨情预警、预报水库超汛预警和河道超警预警。

(3) 靶向预警。通过短信、广播、语音等方式向产生站点预警的区域发布预警。

5.4 预演

预报成果产生预警时可进行水库防洪调度预演。传统的水库洪水调度业务以人工经验为主, 按照调度规程进行洪水调度^[12]。椒花水库作为新建工程, 水库防洪调度方案尚未执行并积累调度经验, 缺乏兼顾上下游进行协同调度和可实施的水库调度方案。因此, 应用数字孪生技术进行水库防洪调度预演, 提高防洪调度各环节的能力, 支撑洪水调度防御方案预演功能的建设十分必要。

5.4.1 预报方案预演

(1) 选择预报方案。可选择自动预报方案进行预演。可

查看预报方案相关信息,包括预报时间、降雨总量、降雨分配、模拟时长,在数字孪生底板上展示预报方案预演结果。

(2)方案预演结果。统计预报方案预演结果信息,包括下游河道断面名称、水位、流量过程线的详情,展示不同时间节点下游水位变化情况,水位超警戒时,在图上标红警示^[13]。

(3)影响分析。分析当前预报方案对流域整体影响,可按行政区划展示椒花水库下游淹没面积、影响户数、影响人口、影响经济情况。

(4)演进分析。根据演进进度条可播放预报时间内流域各断面不同时间节点水位、流量信息。

5.4.2 调度方案预演

(1)选择调度方案。可根据已有的调度方案进行预演,查看调度方案信息,包括预报时间、降雨总量、降雨分配、模拟时长,并对调度方案涉及的调度工程进行关联,预演结果可在数据底板上展示^[14]。

(2)方案预演结果。以列表的形式展示当前时刻流域内工程调度信息,包括工程名称、闸门名称、当前状态。

5.4.3 新增方案

(1)手动配置方案。可选择椒花水库闸门进行闸门开度、开启时间、执行时长等相关状态配置,模拟人工干预水库调度,分析降雨对水库及下游造成的影响。

(2)自动生成方案。可配置调度目标(防洪水位、汛后蓄水量、生态流量),并且关联调度对象,自动生成调度方案。

5.4.4 方案比对

可选择两个手动配置方案进行水位和淹没变化过程的对比。水位对比以流域断面为横坐标,对比不同时刻两个方案调度前和调度后的水位变化过程;淹没情况对比对不同时间段淹没范围、影响建筑、影响户数、影响人口、影响经济,对防洪减灾调度方案提供数据支撑。

5.4.5 历史反演

选择历史典型场次降雨进行反演。可查看历史场次降雨对流域的淹没范围、影响户数、影响人口、影响经济等具体情况。

5.4.6 频率洪水

可选择不同频率的洪水进行预演,查看不同频率洪水场次下游影响区的淹没范围、影响户数、影响人口、影响经济等具体情况。

5.5 预案

通过防洪调度预演环节获得不同调度方式下的多个防洪调度方案,可进行综合决策研判,评估不同防洪调度方案执行效果的优劣,优化防洪预案^[15]。

(1)预案列表。对各类预案名称、方案名称、生成时间、创建人等信息进行管理,可查看预案详细内容。

(2)预案管理。可在线查看、修改流域预案内容。

(3)新增预案。根据不同的调度方案可关联配置预案信息,包括防洪工作小组、防洪物资调度、抢险队伍调度、人员转移、预警发布、区域管制。

5.6 闸阀监控

闸阀监控面向椒花水库工程中涉及调度业务的闸门和阀门进行实时在线监控,在水库数据底板中呈现闸门和阀门的分布,可查看工程基础信息和实时监测信息,通过图表的方式对工程运行状态进行展示。

5.7 水文测报

椒花水库水文测报应用主要功能是定时、准确地采集库区流域内水文测报信息,通过物联网平台对水文测报信息进行解析、计算和综合处理。在保证上下游防洪要求和水库本身安全的前提下,为防洪调度提供决策支持。

6 结 语

在充分整合椒花水库工程信息化建设基础上,按照《数字孪生水利工程建设技术导则》的要求,建设数字孪生椒花水库防洪调度系统,初步构建具备以椒花水库工程为主体的防洪调度预报、预警、预演和预案功能。在新建水库工程缺乏兼顾上下游协同调度的情况下,可实施的水库调度模拟方案不仅提供了技术支撑,也为水库工程实现防洪调度“四预”应用建设提供了建设思路和调度分析方法。

下一步,椒花水库工程将在防洪调度系统建设成果基础上进一步深化数字孪生水库应用建设,通过对水库防洪调度“四预”应用场景的研究、探索、建设和经验积累,为输水管道、水电站、灌区、水厂等工程数字孪生建设提供经验参考。未来,随着数字孪生技术的不断发展,可逐步引进并融合应用智能识别、机器学习、大预言模型等技术,逐步建成数字孪生椒花水库智慧信息化系统,满足椒花水库工程现代化管理要求。

参考文献

- [1] 龚若梅. 椒花水库工程浏阳支线供水线路比较[J]. 湖南水利水电, 2020(5): 26-28.
- [2] 田向忠, 吴靖. 数字孪生佛子岭水库群工程设计探索[J]. 中国防汛抗旱, 2023, 33(9): 71-76.
- [3] 水利部信息中心. 数字孪生水利工程建设技术导则(试行)[R]. 2022.
- [4] 赵丽平, 邢西刚, 宋君, 等. 分布式新安江模型在横锦水库洪水预报中的应用[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(7): 72-76.
- [5] 李小亮. 浅水湖泊氮磷转化规律的数值研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [6] 谢文君, 李家欢, 李鑫雨, 等. 《数字孪生流域建设技术大纲(试行)》解析[J]. 水利信息化, 2022(4): 6-12.
- [7] 庄佳宝. 一种基于最小二乘法的水库纳污能力预警方法[J]. 中国防汛抗旱, 2023, 33(6): 67-72.
- [8] 庄佳宝, 廖承伟, 黄水木. 一种明渠量测水率定方法及终端: CN202111197198.3[P]. 2021-10-14.
- [9] 庄佳宝, 王赛林, 廖承伟. 基于租户体系的灌区管理系统设计[J]. 中国科技信息, 2022(9): 53-54.
- [10] 陶飞, 张贺, 戚庆林, 等. 数字孪生十问: 分析与思考[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(1): 1-17.
- [11] 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.
- [12] 魏向阳, 杨会颖, 孔纯胜, 等. 2021年黄河秋汛洪水调度实践[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(4): 48-51.
- [13] 周超, 唐海华, 李琪, 等. 水利业务数字孪生建模平台技术与应用[J]. 人民长江, 2022, 53(2): 203-208.
- [14] 黄艳, 喻杉, 罗斌, 等. 面向流域水工程防灾联合智能调度的数字孪生长江探索[J]. 水利学报, 2022, 53(3): 253-269.
- [15] 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.

Construction of design of flood control and scheduling system based on digital twin for Jiaohua Reservoir in Hunan Province

ZHUANG Jiabao¹, SUN Qingxiang^{2,3}, LUO Xiaoqing¹, WANG Chaoyong¹, WANG Jian¹, DAI Zailin¹, NONG Hui¹

(1. Istrong Technology Co., Ltd., Fuzhou 350000; 2. Changsha Water Conservancy Construction Investment Management Co., Ltd., Changsha 410000; 3. Hunan Jiaohua Water Control Hub Development and Construction Co., Ltd., Changsha 410000)

Abstract: This article takes the Jiaohua Reservoir as the research object, and studies the design of the digital twin flood control and dispatch system for Jiaohua Reservoir in accordance with the requirements of the "Technical Guidelines for Digital Twin Water Sector Engineering Construction" under the premise of insufficient historical hydrological data and operation data for the newly built reservoir. With reference to the hydrological data near adjacent river watersheds and the application of flood control and dispatch for reservoirs as the core, a digital twin support platform related to flood control and dispatch is constructed, including water sector professional models, forecasting schemes, historical scenarios, and operation schemes. The design of the digital twin flood control and dispatch system based on digital twin technology of Jiaohua Reservoir for flood control and dispatch forecasting, early warning, rehearsal, and contingency plans is studied, providing simulation tools for flood control and dispatch of Jiaohua Reservoir. The research results can effectively improve the flood control and scheduling management capabilities of the Jiaohua Reservoir project, and also provide reference for the digital twin design of the Jiaohua Reservoir project's water supply and transmission pipelines, hydropower stations, irrigation areas, water plants, and other engineering projects.

Keywords: Jiaohua Reservoir; digital twin; model platform; water inflow forecast; flood operation; inundation analysis

编辑 张心怡