

水库数字孪生工程建设思路探讨

□于利鹏 张子元 王立朝

水是生命之源、生产之要、生态之基,兴水利、除水害,事关人类生存、经济发展、社会进步,历来是治国安邦大事。习近平总书记高度重视网络强国、数字中国建设,对数字化、网络化、智能化提出一系列明确要求,强调没有网络安全就没有国家安全,没有信息化就没有现代化,网信事业代表新的生产力和新的发展方向,应该在践行新发展理念上先行一步。国家“十四五”规划明确提出,构建智慧水利体系,以流域为单元提升水情测报和智能调度能力。水利部党组深入贯彻落实习近平总书记重要讲话指示批示精神和党中央国务院决策部署要求,提出水利高质量发展的思路任务目标,并将智慧水利建设作为水利高质量发展的显著特征之一,连续出台了一系列数字孪生领域工程建设的指导文件,拉开了水利新型基础设施建设的序幕。

1. 水库数字孪生工程建设目标

1.1 提升洪水预测预报能力

河北省现有大中型水库大多以城市防洪为主,兼顾生态环境、城市供水及发电等功能,因此水库数字孪生工程建设首先要完善洪水预测、预警、预演、预案的“四预”体系,实现短期预报、中期预测、长期展望,努力提高预报精度,突破海河流域超渗产流条件下洪水预报难度大、预报精度低的问题。

1.2 提升水资源管理能力

河北省多年平均水资源量为176.3亿 m^3 ,按七普人口数据计算,人均水资源量仅为237 m^3 ,不足全国人均水平2003 m^3 的12%,属于极度缺水地区。随着最严格水资源管理制度不断落实,水资源已成为地区发展最大的刚性约束,在坚持以水定城、以水定地、以水定人、以水定产高质量发展的要求下,必

须加强水库水资源管理,不断优化供水调度方案,完善监测监控信息感知系统,建立多种预测方法的多尺度径流预测模型集,包括基于定性气象预报的长期来水预测、基于时间序列分析的中期来水预测及基于机器学习方法的短期来水预测等模型,构建起水资源“四预”体系,实现水资源合理利用、优化调度。

1.3 提升工程运行管理能力

工程运行管理能力的高低,直接关系到工程能否实现安全稳定运行和工程效益最大化,工程运行管理能力主要表现在工程及设备养护及维修、水库库域岸线管理等方面,通过数字孪生工程建设应积极引入无人机、无人船、卫星遥感、AI等新技术新设备辅助工程管理,构建起“空(卫星)、天(无人机)、地(视频监控)、人”四维一体监测网,实现全天候、无死角工程巡护,同时基于管理标准建立应用系统,通过管理标准系统化,倒逼管护行为标准化,全面提升工程运行管理水平。

2. 水库数字孪生工程建设难点

2.1 工程数字化难度大

数字孪生工程建设基础是工程矢量数字化。当前河北省水库管理资料尤其是工程历史图纸资料、施工资料,大部分以纸质形式存在,部分纸张老化破损严重,简单扫描虽能保存资料,但是图片等非矢量资料不能满足构建数字模型要求,按照数字孪生工程建设要求,需要构建工程BIM数字模型,需要对海量图纸资料进行矢量标绘处理,任务繁琐而艰巨。同时,工程级数字底板(如工程区倾斜摄影)要求精度高,并且需要定期更新,投资巨大,资金落实难。

2.2 跨行业数据整合难度大

基于大数据分析应用通常需要多行业TB级别非结构化数据,当前情

况下由于管理体制制约,很难实现跨行业数据整合共享,沟通协调难度大,例如区域内农业(包括种植业、林业、畜牧业和渔业)、工业(包括采掘业、制造业,电力、煤气、水的生产和供应业)、建筑业及其他各业。海量数据的共享是建立实现智能分析的基础,因此在提升工程自身数字化能力的同时,应加强外部数据获取能力建设。

2.3 提升水库流域洪水预报精度难度大

河北省属于半干旱大陆性季风气候,流域降雨产汇流模型复杂,既有蓄满产流又有超渗产流,当前洪水预报模型大多基于蓄满产流模型进行改进,模型精度较低,要建立起适应河北地区的预报模型需要进行大量基础数据调研及分析,基于流域内气象环境参数修正模型算法,通过历史洪水及实际洪水率定模型参数,耗时长、技术难度大、瓶颈多。

2.4 组织实施集成难度大

水库数字孪生建设涉及水利、通信、设备制造等多行业多专业协同配合,尤其是平台系统开发,根据数字孪生相关指导意见,本平台涉及软硬件均需符合国产自主可控要求,现状条件下存在一定困难,技术瓶颈较多。另外,本工程建设涉及大坝安全监测(渗流、变形等)、水质监测、机电设备监测、水雨情监测、视频监控等多种监测设备及系统,对系统进行集成对技术人员技术水平要求高、集成难度大。同时我省大中型水库均有专属管理机构,管理范围多限制在工程区域,上游洪水预报及下游洪水影响等超出工程区的建设内容及投资落实难。

3. 水库数字孪生工程建设思路

3.1 加强顶层规划分步实施

收稿日期:2022-07-08

作者简介:于利鹏,男,汉族,承德市双峰寺水库建管中心,副主任、高级工程师。

张子元,女,汉族,河北省水土保持工作站,工程师。

王立朝,男,汉族,河北省水利规划设计研究院有限公司,高级工程师。



图1 总体架构图



图2 水库数字孪生平台系统构成图

水库数字孪生建设不同于基础工程建设,要求建设标准及规则高度统一,必须结合工程实际进行顶层规划,按照业务管理需求,分步实施,总体架构可采用分层架构,按照采集、传输、存储、支撑、应用5层架构3个保障体系进行建设,总体架构图见图1。

3.2 数据采集层建设

数据采集层是数据底板重要组成部分,数字底板建设是数字孪生的基础,是实现模型虚拟仿真、可视化模拟的基础,因此应强化采集层监测数据和基础数据的搜集、整理、共享,建立全过程全要素时空信息数据库,为上层应用奠定基础。采集层数据底板建设宜按照管理需求逐步完善,同时考虑设备数据传输标准及更新换代延续性要求;工程基础数字化应该坚持务实要求,避免急功近利,确保夯实数据基础。

3.3 传输与存储层设计

传输层如同神经系统是数据传输的主要通道,数字孪生工程建设应综合应用4G/5G、自建光纤、卫星导航系统、

租赁专线等多种传输途径,主干光纤按照适度超前原则并预留扩展空间;存储层配备的存储及计算服务器应按照总体规划要求,分步建设,逐渐扩充。探索私有云、政务云、公有云综合应用方案,提升计算稳定能力及弹性扩展能力。

3.4 支撑层开发建设

应用支撑平台是为业务层提供数据服务和工具支持的后台应用服务,包括统一用户认证、GIS服务、通用工具库等,该层是数据与应用之间的连接纽带,方便整个信息化平台的灵活扩展、建立与其他水利业务系统之间数据共享通道和建立业务协同关系,该层建设尤为重要,关系到各个系统能否形成统一技术架构的水库业务开发与运行的支撑环境,为系统分步开发建设打好基础。

3.5 应用层开发建设

应用系统是数字孪生平台建设的最终成果,数字孪生平台可按照防汛管理、水资源管理、工程管理3大部分展开,具体系统设计见图2。应用系统开

发过程应加强专业模型研发,尤其是洪水预报、水资源预测调度及工程安全监测分析模型,提升系统专业能力,专业模型是数字孪生平台的大脑,是互联网+水利核心技术的体现,除应用常规数学模型算法的基础上,积极探索应用非结构化、多源数据的大数据算法,提升预测、预报、预警能力。

4. 水库数字孪生工程建设展望

水库数字孪生工程建设是新型基础建设项目,也是推动水库运行管理事业高质量发展的有效途径,能够全面提升水库现代化管理能力,显著提高管理效率和管理标准化水平,促进水库最大限度发挥工程效益。现阶段受资金及机制等因素制约,发展过程存在一些困难,但是随着各项政策的不断落地,底层开发技术的不断进步,水库数字孪生工程建设必将迅速展开。□