

水利工程数字孪生技术研究探索

刘小虎¹ 宋 帅²

1. 淮河水利委员会水文局(信息中心) 安徽蚌埠 233000
2. 黄委会山东水文水资源济南勘测局 山东济南 250000

摘要: 数字孪生技术的主要内容是各个领域的数据量不断累积,通过快速建模、人工智能和虚拟现实等先进技术的发展,在数字孪生技术虚拟空间中构建物理对象,实现数字控制,优化物理教学。开放企业将动态思维转化为数字化。本文根据水利工程中数字孪生技术新的发展阶段,初步分析了数字孪生技术在智能水利建设中应用的技术途径和工作方向,并结合孪生技术数字技术产业业务,探讨了对手动孪生技术数字技术的理解,并结合水利工程系统网络仿真建设的经验,探讨了技术结构和建设过程中应注意的主要问题,并提出了相应的方案。

关键词: 水利工程; 数字孪生技术; 探索

Research and exploration of digital twin technology in hydraulic engineering

Xiaohu Liu¹, Shuai Song²

1. Hydrology Bureau of Huaihe River Water Resources Commission (Information Center), Bengbu, Anhui 233000, China
2. Shandong Hydrology and Water Resources Jinan Survey Bureau, Shandong Jinan 250000, China

Abstract: The main content of digital twin technology is the continuous accumulation of data in various fields. Through the development of advanced technologies such as rapid modeling, artificial intelligence, and virtual reality, physical objects are constructed in the virtual space of digital twin technology to realize digital control and optimize physics teaching. Open enterprise transforms dynamic thinking into digital. Based on the new stage of development, digital twin technology in hydraulic engineering is analyzed digital twin technology in the intelligent application of technology in water conservancy construction way and the work direction. Combined with twin technology digital technology industry business, it discusses the opponent dynamic twin technical understanding of digital technology. Based on the experience of simulation construction of hydraulic engineering system network, this paper discusses the technical structure and the main problems that should be paid attention to in the process of construction and puts forward the corresponding scheme.

Keywords: water conservancy project; Digital twin technology; exploration

引言:

目前,我国水利工程的重点已转移到“水利设施维护和加强水利行业监管”,这要求各水利部门根据实际需要尽快完善信息化系统,提高水利信息化水平。信息化的水利管理是知识社会不可分割的一部分,对于维护和加强社会和经济基础,促进水资源的可持续发展尤为重要,表现出水资源信息化向水资源智能化发展的趋势。因此,亟待加强智慧水利相关内涵与应用研究,将数字孪生技术与智慧水利需求相融合,构建覆盖水利十大业

务的智慧水利应用体系。

一、智慧水利发展现状

在水利发展的不同时期,根据水资源管理的特点和理念,可分为“工程水利建设”、“水利生态”和“智能水利”几个阶段。目前,水利信息化正朝着智能化方向发展,各省市水利信息化取得了进展。但是我国的水利信息化建设目前存在着感知采集不全面、基础数据不融合、数据挖掘不深入、业务管理不智能等诸多问题。

(一) 感知采集不全面

智慧水利的实现需要借助各类型传感器、大数据、云计算等设备及技术的支持,为水利管理提供持续监测、智能预警、统计分析等智慧应用。随着物联网技术的发展,当前在水资源、水安全、水生态、水环境、水灾害、水工程等方面均已初步建设部分感知采集体系,但是部分地区在农村饮水、灌区自动化、水利工程安全监测等方面仍然存在短板,总体来说,感知采集体系建设距离智慧水利要求还有一定差距^[1]。

(二) 基础数据不融合

目前水利主管单位基础数据、静态数据存在数据量多且电子化程度较低的现象,水利工程管理涵盖了十大业务,业务覆盖面广,工作过程数据繁多,但还有很多与业务管理相关的基础数据尚未实现电子化,如河道划界、岸线规划、采砂规划、供水工程等基础数据。由于水利管理基础数据存储分散、不成体系,导致统计维度单一、分析深度不够、要素关联不足等问题,管理人员无法总体掌握各项水利业务基本情况。

(三) 数据挖掘不深入

目前,各水利系统多采用独立开发的形式建设,多业务数据割裂,十大业务数据并未实现融合共享。数据的缺失和整合不充分,直接导致数据的内在联系与关联关系无法建立,难以形成综合性的数据关联服务,难以对数据进行关联分析与价值挖掘,且目前水利模型库与学习算法库还未搭建成型,未实现海量数据的深度挖掘^[2]。

二、孪生数字技术在水利水电工程中的应用

(一) 三维数字化采集工程地质

目前,在水文工程分析阶段,采用了多种分析方法,在智能化背景下,信息技术逐步得到应用,包括用于地质勘探行业的GPS和其他新技术的软件和硬件。地理空间数字数据采集系统的建立对勘探工作具有重要意义,有利于更准确的数据采集。通过大数据资源的综合利用,可以降低地质数据的成本,提高工作效率,实现工程地质与内部的集成。工程地质学的内外整合包括创造性的内外产业方法^[3]。首先,利用相关软件和参考资料对三维真、假定位模型进行分析,收集基础地图数据,提取野外地质要素。在以下情况下,使用移动软件分析现场条件,细化和补充调查内容。这意味着收集的数据将在工作完成后能够直接发送到软件,软件将整合相关数据,最终获得准确的数据格式和内容。通过这些工作信息,避免了内部和外部信息的重复工作,整合和分析内部行业数据,提高水利工程勘测效率。在云空间实现统一的内存管理系统。将Internet连接到地址云平台,使用适当

的技术和基本技术来处理 and 获取数据,提高工作效率。

(二) 管理与服务工程地质信息

水利水电工程地质信息具有广泛来源,同时种类多种多样。地质勘察数据包含勘探地形,平洞等内容。通过采用表格、图表、图片以及图纸等方式进行存储,由于地质大数据平台,可以使用信息对其内容进行信息化处理实现。可以集中管理地质信息,为工程建设提供有力支持。水利水电地质信息管理包含多种层面,其中包含对数据进行管理,数据服务等内容。通过采用地质云平台分析地质知识以及探访,使地质勘察工作能够实现全空间,全领域的发展,为地质人员提供方位奠定基础。

(三) 单元级数字孪生系统

单元级工程数字两级系统具有最小的系统单元,可以感知和计算环境和对象状态的监测,并实现将液压信息集成到物理空间中进行扩展、交互、感知和独立决策,利用信息技术实时采集、监控和集成数据,并将信息空间还原为发电机组、闸门开关、排水沟、输水隧洞、水环境、河道等物理设施的行为和状态、变化、施工响应、数字双晶提取,工程物理的空间变化趋势、应力分布装置运行状态的动态跟踪、水位变化等。通过数字处理,建立大数据等分析方法,建立数据模型,分析数据处理、复杂条件下的决策、物理控制等。

(四) 系统级数字孪生系统

系统工程数字孪生技术决策系统以单个水利工程为对象,基于孪生技术决策系统的实时分析、信息和感知,提高工程决策和组织能力,优化整体资源配置。通过无线网络、以太网、总线和单元级系统之间的交互,可以自动移动功能模块数据,提高资源分配的深度、广度和准确性。考虑到单元级系统之间的信息通信,系统统一了不同的模块,提高了两个系统的交互效率,保证了安全运行。例如,在开关操作期间,两个并联系统控制上游和下游水位,并通过知识库中安全水位和流量之间的关系曲线计算开关开口数。电源系统跟踪电源故障,自动启动备用发电机,为开关提供电能,消除异常现象。

(五) SOS级数字孪生系统

工程数字SOS系统在流域内拥有多个水利系统,并建立了智能服务平台。系统运行状态集中监测、控制和分析等功能。此外,系统还能够计算和分析采购数据,优化各个组件,全面感知世界流域信息,做出科学决策。例如,在水库联合管理中,水库的梯级组成、水文信息的多样性和复杂性、不同领域以及水库工程与水利之间的非线性关系,使得运行管理要求更加多样化,水位管

理更加困难。根据系统智能平台, 防洪调度前对径流汇流、入库流量等综合考虑, 信息空间模拟调度过程, 即可掌握工作中水利工程任务成功率、状态行为及运行参数。

(六) 支撑平台层

支撑平台层包括基础支撑平台及使能平台, 使能平台即水利模型库和算法库, 集空间模型、专题模型和应用模型为一体, 整合水利多维业务模型, 实现模型孪生。其中洪水业务包括洪水预报模型、洪水演进三维模型、区域洪水联合预报调度模型等; 干旱业务包括气象、水文、农情等旱情遥感监测模型、多指标旱情综合评估模型等; 水利工程安全运行业务包括工程运行安全评估预警模型、仿真调度模型、安全评估模型等; 水工程建设与安全运行监控业务包括水利工程建设BIM+GIS数字工程信息模型等; 水资源开发利用业务包括水量分配模拟模型、区域取水大数据分析模型等; 水土流失业务包括生产建设扰动图斑识别模型、水土流失预测预报模型等; 河流湖泊包括水域岸线违法违规现象追溯模型、生产建设项目遥感识别模型等等。

三、水利工程数字孪生技术的应用

(一) 加强新技术应用提升监测技术水平

一是加强智能传感器技术手段3S的应用, 通过卫星、雷达等遥感手段实现遥感技术的普及; 智能视频控制, 通过视频智能分析, 实现自动识别、智能控制和自动报警, 在监测的基础上, 采用无人机等控制手段, 根据网络传输需求, 推动引进5G、Intranet等新技术的应用。二是创新监测手段的设计, 应该加强准入等新监测机制的试点, 推动监测制度创新。

(二) 其他“N”个业务系统

根据水域管理职责和水资源质量发展的新要求, 应该充分利用新的信息技术, 在以建设项目为基础的“控制点+轴”网络中占据绝对位置。该模型标准的优点是便于不同领域的协同建模。在水电站的设计中, 采用参考仿真控制点网+轴线, 大大提高了仿真精度和速度。

为了提高整体工作效率, 无需改变各单元的相对绝对工作位置。在水电站建设中, 考虑到BIM模型的绝对位置和相对位置在设计和施工阶段会发生变化, 建模基线不适用等问题, 需要进一步研究。

(三) 打造水利工程的数字孪生体

在大坝、水文、泵站等水利工程中, 利用BIM+GIS和数字孪生技术构建数字图像, 可连接实时监测设备, 实现对关键工作对象的实时监测。通过水利工程数字孪生制作技术, 实现重要数据的精确反映, 利用三维场景的模拟仿真, 辅助无人机的倾斜拍摄, 可以使数字孪生更加逼真。

(四) 水调统一调度管理系统

南水北调的工程水管理系统采用数字孪生技术建立二维仿真平台, 在计算机应用的基础上为水利工程进行真实的水调度数字仿真。同时, 结合项目特点, 利用河流储能平衡原理, 自主设计了“自适应平衡自动同步控制”的协调控制模型, 实现了水资源调度及调度过程中相关因素的实时仿真, 有效提高水资源调控的科学化、精细化决策水平。

四、结语

数字孪生技术应用在水利水电工程中, 着重于提出理念, 搭建数字孪生体系结构, 详细分析数字孪生技术在水利水电工程中的应用, 为下一步工作进程奠定基础。通过利用数字孪生技术, 解决了工程勘测问题, 使工程勘测实现数字化与信息化, 提升勘测质量, 对水利水电工程整体有重要意义。

参考文献:

- [1]梁浩. 智慧水利内涵及其核心技术分析[J]. 工程技术与应用, 2020(24): 97-98.
- [2]蒋亚东, 石焱文. 数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J]. 科技通报, 2019, 35(11): 5-9.
- [3]吴浩云, 黄志兴. 以智慧太湖支撑水利补短板强监管的思考[J]. 水利信息化, 2019, 149(2): 5-10, 14.