

数字孪生技术在智慧水利建设中的实践探究

杨涌

新疆塔里木河流域巴音郭楞管理局开都/孔雀河管理处开都河下游管理站

DOI:10.12238/hwr.v8i10.5771

[摘要] 随着信息技术的飞速发展,智慧水利建设已成为推动水利行业转型升级的重要方向。数字孪生技术,作为新兴的信息技术手段,其在智慧水利建设中的应用潜力巨大。该技术通过创建水利工程的数字镜像,实现了对实体工程的全面感知、动态监测与精准管理,为智慧水利建设提供了全新的解决方案。本文简要分析了数字孪生技术与智慧水利建设的相关内容,并针对在智慧水利建设中实施数字孪生技术的重要性进行了深入探究,提出了数字孪生技术在智慧水利建设中的实践策略,以期为推动智慧水利建设的进一步发展提供有益的参考与借鉴。

[关键词] 数字孪生技术; 智慧水利; 建设; 实践

中图分类号: TV214 **文献标识码:** A

The practice of digital twin technology in the construction of intelligent water conservancy

Yong Yang

Xinjiang Bayingolin Management Bureau idu / Peacock River Management Office Kaidu River downstream
Management Station

[Abstract] With the rapid development of information technology, intelligent water conservancy construction has become an important direction to promote the transformation and upgrading of the water conservancy industry. Digital twin technology, as a new information technology means, has great potential in the application of smart water conservancy construction. By creating a digital image of the water conservancy project, the technology realizes the comprehensive perception, dynamic monitoring and accurate management of the physical project, providing a new solution for the construction of smart water conservancy. This paper briefly analyzes the relevant content of digital twin technology and smart water conservancy construction, and probes into the importance of implementing digital twin technology in smart water conservancy construction, and puts forward practical strategies of digital twin technology in smart water conservancy construction, in order to provide useful reference for promoting the further development of smart water conservancy construction.

[Key words] digital twin technology; Intelligent water conservancy; Construction; practice

引言

数字孪生技术作为智慧水利建设的重要基石,正深刻改变着水利行业的管理模式和决策效率。该技术通过构建水利工程的虚拟镜像,实现对实体工程的实时监测、精准模拟与前瞻预测,为水利业务提供了全要素、全过程的数字化解决方案。通过集成物联网、大数据、云计算等先进技术,数字孪生平台可以实现对水利系统全链条数据的深度挖掘与分析,为管理者提供科学决策依据。同时,该技术还促进了水利工程的自动化控制与智能化管理,减少了人为干预,提高了运行效率和安全性。

1 在智慧水利建设中实施数字孪生技术的重要性

1.1 提升水利决策的精准性

数字孪生技术通过在电脑上建构一个与真实物理流域或水利工程相同的虚拟世界,可以精准模拟真实世界中水利治理中的一切活动。此一技术可以集成实时数据与历史数据,结合大数据分析、人工智能等先进技术,实现对水利工程的全面感知、智能分析和精准预测。在流域防洪管理中,数字孪生技术可以综合气象、水文等多源数据,对洪水演进过程进行超前推演,精准预报洪水过程,为防洪调度提供科学依据,有效提高了决策的精准性。

1.2 推动水利工程的高效运行与管理

传统水利工程管理模式往往依赖于人工经验和现场勘查,存在效率低下、响应速度慢等问题。而数字孪生技术通过构建

水利工程的虚拟模型,实现了对水利工程的实时监控、动态模拟和智能调度。管理者可以在虚拟环境中模拟不同工况下的水利枢纽运行情况,评估其对下游河道流量、生态环境及社会经济的影响,从而选择最优调度方案。此外,数字孪生技术还能实时监控水利工程的设备状态和环境数据,及时发现异常情况并发出预警,提高了工程的安全性和可靠性。不仅降低了运维成本,还提升了水利工程的综合效益。

1.3 促进水资源的优化配置与可持续利用

数字孪生技术通过构建数字孪生流域或数字孪生水利工程,能够实现对水资源的全面感知和精准预测。基于这些预测结果,管理者可以科学制定水资源调配方案,合理调配水库蓄水、供水、发电等多目标需求,在满足防洪安全的前提下,实现水资源的最大化利用。同时,数字孪生技术还能模拟水库生态系统的变化过程,评估水质状况和生物多样性等生态指标,为制定水资源保护政策和措施提供科学依据。

2 数字孪生技术在智慧水利建设中的实践策略

2.1 构建三维可视化数字孪生平台

数字孪生技术的核心在于构建一个高度逼真、实时互动的虚拟模型。在智慧水利建设中,应首先构建三维可视化数字孪生平台,将水利工程及其流域环境以三维立体的形式呈现。这一平台不仅可以全方位、多角度的展示水利工程的实际运行状态,还能通过模拟和预测,为管理者提供科学、精准的决策支持。以某大型水库为例,相关部门可以首先利用先进的无人机技术和地面扫描设备,对水库及其周边环境进行了全面的数据采集。随后,通过三维建模技术,构建一个与实体水库高度相似的数字孪生模型。在这个模型上,实时监测水库的水位、水质、坝体安全等关键指标,并进行模拟分析,预测不同情境下的水库运行状态。此外,这个数字孪生平台还具备强大的交互功能,管理者可以通过手机或电脑随时随地访问平台,获取实时数据,进行远程操控。这不仅提高了水库的管理效率,还有效降低了运维成本。

2.2 集成多源异构数据,实现全面感知

智慧水利建设的核心在于数据的全面支撑与智能应用。数字孪生技术通过集成包括水文气象数据、水质监测数据、工程设施状态数据等在内的多源异构数据,实现了对水利系统的全方位、深层次感知。这些数据经过清洗、整合后,被安全地存储在云数据中心,形成数字孪生体的基础数据池。在此基础上,利用大数据处理技术对这些数据进行深度挖掘与分析,可以提取出有价值的信息和规律,为后续的智能分析与决策提供坚实的数据基础。例如,在防洪减灾应用中,数字孪生技术可以集成卫星遥感数据、无人机巡检数据、地面监测站数据等多源数据,实时感知雨情、水情、工情等信息。通过对这些数据的深度挖掘与分析,可以预测洪水发展趋势,模拟洪水演进过程,为防洪调度提供科学依据。同时,数字孪生技术还可以模拟不同调度方案下的洪水演进过程,评估调度效果,为防洪决策提供有力支持。

2.3 研发智能分析模型,提升预测精度

数字孪生技术在智慧水利建设中的实践中,研发智能分析模型以提升预测精度是至关重要的一环。基于数字孪生平台所收集的海量数据,相关部门需要研发一系列智能分析模型,这些模型应涵盖洪水预报、水质预测、大坝安全评估等多个方面。工作人员可以借助机器学习、深度学习等先进的人工智能技术,对历史数据进行深入的学习训练,从而建立起精准的预测模型。这些模型可以实时分析当前的水利数据,准确预测未来的趋势,如洪水发生的概率、水质的变化趋势以及大坝的结构安全状态等,以便水库管理部门更好的应对各种水利风险。以洪水预报模型为例,相关部门可以利用数字孪生技术收集到的历史洪水数据,结合地理信息系统(GIS)和遥感技术,对洪水发生、演进的过程进行模拟和预测。通过机器学习算法对模型进行训练和优化,可以提高洪水预报的准确性和时效性。当实时数据输入模型时,可以迅速分析并预测洪水的可能发展趋势,为水库管理部门提供宝贵的预警时间,以便他们及时采取应对措施,保护人民生命财产的安全。

2.4 推动仿真模拟与决策优化

数字孪生技术具备强大的仿真模拟能力,通过构建水利工程的虚拟模型,在虚拟环境中模拟不同情境下的运行状态,如正常蓄水、洪水调度、生态补水等,可以帮助决策者提前发现潜在问题。同时,该技术还能对比不同调度方案的效果,优化资源配置,实现精准调度和高效防洪。结合GIS技术,可实现洪水淹没范围的可视化展示,辅助制定应急响应预案。例如,在丹江口水库管理中,利用数字孪生技术构建水库的数字模型,模拟不同降雨情况下的水位变化,提前预判洪水风险,并对比多种调度方案,选择最优方案进行实施,有效降低了洪水灾害的风险。同时,通过GIS技术可视化展示洪水淹没范围,为应急响应提供了直观、准确的依据,提高了决策效率和响应速度。

2.5 加强技术创新与人才培养,推动智慧水利建设持续进步

数字孪生技术在智慧水利建设中的应用尚处初级阶段,不断探索和完善是必经之路。因此,加强技术创新与人才培养成为推动智慧水利建设持续进步的关键策略。

一方面,需加大对数字孪生技术的研发投入,鼓励科研机构和企业进行深度合作,共同推动相关理论、算法和技术的突破。通过设立专项研发基金,支持创新项目,加速技术迭代升级,确保数字孪生技术在智慧水利建设中的领先地位。

另一方面,建立健全的人才培养机制同样重要。应着重培养一批既懂水利又懂信息技术的复合型人才,以满足智慧水利建设对跨界人才的需求。具体实施上,可以通过设立专项人才培养基金,支持高校和科研机构开展相关培训项目,为智慧水利建设提供源源不断的人才支持。

例如,中国南水北调集团在推进智慧水利建设中,不仅积极应用数字孪生技术,还注重技术创新与人才培养。他们与多所高校和科研机构建立合作关系,共同研发数字孪生技术在水利工程中的应用,并设立专项基金支持人才培养项目,为公司和整个

行业输送了大量复合型人才,有效推动了智慧水利建设的进步与发展。

2.6 注重隐私保护与数据安全,构建智慧水利坚实屏障

在推进数字孪生技术在智慧水利建设中的应用时,必须高度重视隐私保护与数据安全。水利系统涵盖水质监测数据、工程设施状态数据等大量敏感数据和隐私信息,这些数据一旦泄露或被非法利用,将对公共安全和个人隐私构成严重威胁。因此,实施有效的隐私保护与数据安全策略至关重要。相关部门要建立健全数据安全管理制度,明确数据使用权限和访问控制机制,确保数据在收集、传输、存储和使用过程中的安全性和可靠性。其次,强化技术防护措施,采用先进的加密技术和安全存储解决方案,保护数据免受未经授权的访问和篡改。例如,在甘肃智慧水利项目中,通过实施严格的数据访问控制,结合高级加密技术和实时数据监控,有效保障了水质监测数据和工程设施状态数据的安全。同时,定期的数据安全培训和演练也提升了项目团队对用户隐私和数据安全的保护意识,为智慧水利建设的顺利推进提供了坚实保障。

总而言之,数字孪生技术为智慧水利建设带来革新,优化了设计方案,提升了施工效率与质量,降低了运维成本,实现了全生命周期的动态管理与优化。同时,其应用前景广阔,将为水利

工程的绿色、智能、高效发展注入新动力。因此,建议相关部门加大研发投入,推动技术创新,为水利工程的绿色、智能、高效发展提供强大支撑,助力智慧水利建设不断迈上新台阶。

[参考文献]

- [1]赵晶丽,倪强,李昀芸.基于数字孪生技术的高校智慧水利教学平台建设探索[J].黄河水利职业技术学院学报,2024,36(03):76-80.
- [2]王松岳,陈凤琴,朱照远.数字孪生技术在智慧水利建设中的应用[J].山东水利,2023,(09):13-14.
- [3]王岩,刘斌,徐立建,等.数字孪生技术与智慧水利枢纽建设思考[J].江苏水利,2022,(S2):76-80.
- [4]张以晓.论数字孪生技术与智慧水利建设[J].黑龙江水利科技,2022,50(07):180-183.
- [5]张亚丽.数字孪生技术在智慧供水建设中的实践探索[J].中国信息化,2022,(05):101-102.

作者简介:

杨涌(1987--),男,汉族,新疆巴州焉耆县人,中级(工程师),大学本科,研究方向:数字孪生技术在智慧水利建设中的实践探究。