

数字孪生技术在水利工程安全管理中的构建

于涛

新疆塔里木河流域巴音郭楞管理局开都/孔雀河管理处孔雀河上游管理站

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5714

[摘要] 基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统构建,是新时代水利工程管理与维护的重要探索。数字孪生技术,作为信息技术与物理世界深度融合的产物,为水利工程的智能化、精细化管理提供了全新视角。通过创建水利工程的虚拟镜像,可以实现物理实体与数字模型的实时交互,为工程的安全运行与高效管理开辟了新路径。基于此,文章对基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统构建路径进行了研究,并结合具体案例,展示数字孪生技术在水利工程安全管理中的实际应用效果,以为水利工程的安全运行和可持续发展提供理论支撑与实践参考。

[关键词] 数字孪生技术; 水利工程; 安全管理系统; 构建

中图分类号: TU714 **文献标识码:** A

The Construction of digital twin technology in the safety management of water conservancy project

Tao Yu

Bayingoleng Administration Bureau of Tarim River Basin, Xinjiang, kaidu / Peacock River Management Office, Peacock River Upper stream Management Station

[Abstract] The construction of water conservancy project safety management system based on digital twin technology is an important exploration of water conservancy project management and maintenance in the new era. Digital twin technology, as the product of the deep integration of information technology and the physical world, provides a new perspective for the intelligent and fine management of water conservancy projects. By creating the virtual image of hydraulic engineering, the real time interaction between physical entity and digital model can be realized, which opens up a new path for the safe operation and efficient management of engineering. Based on this, the paper studies the construction path of water conservancy project safety management system based on digital twin technology, and displays the practical application effect of digital twin technology in water conservancy project safety management in combination with specific cases, in order to provide theoretical support and practical reference for the safe operation and sustainable development of water conservancy projects.

[Key words] digital twin technology; Water conservancy project; Safety management system; construct

引言

随着信息技术如大数据、互联网、5G的迅猛发展,无人驾驶设备及软件模拟技术在各领域得到广泛应用,仿真技术及其应用成果不断涌现,实体物体也逐渐进入虚拟空间,从而催生了“数字孪生”的概念。尽管数字孪生技术在水利工程中的应用尚处初级阶段,但它已成为当前水利工程研究的热点。

1 基于数字孪生技术在水利工程安全管理系统中的构建意义

1.1 实现水利工程的精细化管理

数字孪生技术通过创建水利工程的虚拟模型,实现了对实

体工程的全面、精细化模拟。这一技术使得管理人员可以实时监控水利工程的各种运行状态,包括水流动态、结构应力、设备工况等。借助高精度的传感器网络和数据算法,数字孪生系统可以及时发现并预警潜在的安全隐患,从而大大减少了因人为疏忽或监测不到位而引发的安全事故。此外,通过对历史数据的深度学习和分析,数字孪生系统还能预测工程未来的运行状态,为制定科学合理的维护和管理计划提供有力支持。

1.2 提升应急响应决策支持能力

在水利工程安全管理中,应对突发事件的能力至关重要。数字孪生技术通过模拟各种极端工况和灾害场景,如洪水、地震等,

帮助管理人员提前制定和完善应急预案。当实际发生紧急情况时,数字孪生系统能够迅速提供准确的灾情评估和影响分析,为决策者提供及时、全面的信息支持,从而有效的减轻了灾害带来的损失。

1.3 推动水利工程管理模式的创新发展

数字孪生技术的引入,不仅仅是技术手段的革新,更是管理模式的深刻变革。它打破了传统水利工程管理中信息孤岛和决策滞后的困境,实现了数据的实时共享和跨部门协同工作。这一变化促使水利工程管理向更加开放、协同和高效的方向发展。同时,数字孪生技术的应用也鼓励了更多的技术创新和管理创新,为水利工程行业的可持续发展注入了新的活力。

2 基于数字孪生技术在水利工程安全管理系统中的构建策略

2.1 构建数字镜像模型,实现全生命周期监管

基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统,可以通过创建水利工程的虚拟镜像模型,实现物理实体与数字模型的实时交互与全面映射,进而对水利工程进行全生命周期的细致监管和有效控制。在具体实施时,相关部门可以融合BIM、GIS等先进技术,建立详尽的水利工程信息模型,并对工程的宏观环境与空间场景进行高精度的数字化模拟,同时加强工程信息模型与空间模拟数据的深度融合,从而对水利工程进行全生命周期的监管和控制,提升管理效率与安全性。例如,在数字孪生丹江口大型水利枢纽工程中,系统充分引入卫星遥感、北斗、5G、卫星通信等多项新技术,构建了“空天地内水”一体化的精确监测感知体系,丰富了数据底板,构建了数字孪生体,实现了大坝、水质、库区、防洪、供水等各个安全的“四预”智能应用。通过构建数字孪生平台,实现了对水位、流速、水质以及结构应力等关键参数的实时监测和精准模拟,有效提升了水利工程的安全管理水平。

2.2 集成智能感知网络,提升数据采集与分析能力

基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统,可以通过部署高精度传感器和智能感知设备,实时采集水位、流速、水质以及结构状态等水利工程中的关键数据,并利用数字孪生技术进行高效的数据存储、处理与分析。相关部门可以构建一个智能化的感知网络,将传感器与数字孪生平台无缝连接,实现数据的实时传输与共享,并为安全监测提供全面、准确的信息支持。例如,在白鹤滩水电站大坝工程中,通过在大坝关键部位布置压力传感器、位移传感器等各类传感器,用于感知气温、风速、入仓温度、浇筑温度等信息,并将信息反馈给大坝的智能建造信息管理系统,实时监测大坝的结构状态和安全性能,并将这些数据实时传输至数字孪生平台进行分析。平台利用先进的数据分析算法,对采集到的数据进行深度挖掘和智能分析,及时发现潜在的安全隐患,如结构裂缝或应力异常等,为管理人员提供准确、及时的预警信息,为水利工程的安全管理提供有力的数据支撑和决策依据。

2.3 实施动态风险评估,增强安全管理预见性

基于数字孪生技术在水利工程安全管理系统中的构建,正逐步展现出其独特的魅力和巨大的潜力。其利用数字孪生技术的实时模拟与数据分析能力,可以对水利工程进行持续、全面的风险评估,从而提前洞察潜在的安全隐患,为安全管理增添一层预见性的保护罩。同时,借助先进的数据分析算法和机器学习模型,对水利工程的运行状态进行精准的实时模拟和预测,从而帮助工作人员更好的把握工程的安全态势。以凤凰山大型水库工程为例,通过引入数字孪生技术并实施动态风险评估策略,工作人员对水库的水位、坝体稳定性以及周边环境变化进行了全面的实时监测和模拟分析。平台可以根据这些数据自动计算出风险指标,如溃坝概率、洪水淹没范围等,为管理人员提供了直观、准确的风险预警和决策支持,进而有效提高水利工程安全管理的科学性和准确性,保障沿线和下游防洪安全、供水安全、粮食安全、生态安全,促进经济社会发展。

2.4 优化资源调度策略,提高应急响应能力

基于数字孪生技术在水利工程安全管理系统中的构建,可以对水利工程的资源调度进行精细化、智能化管理,从而确保在紧急情况下能够快速、准确的调配资源,提高应急响应能力。同时,数字孪生平台可以集成水利工程的各类资源信息,包括人员、设备、物资等,并通过实时模拟和预测,对资源的需求和分配进行动态优化。例如,在小浪底水利枢纽主体工程中,工程投入运行以来,调水调沙效率提高、功能拓展,建成数字孪生平台、提升运行管理科学性,取得显著综合效益,为推动黄河流域生态保护和高质量发展提供了有力支撑。通过数字孪生技术优化资源调度,根据实时监测数据和预测模型,平台可以自动计算在不同应急场景下所需的资源类型和数量,并生成最优的资源调配方案。这样,在发生紧急情况时,管理人员可以迅速依据平台的建议进行资源调配,大大提高了应急响应的速度和效率。

2.5 强化模拟演练培训,提升人员操作技能

基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统构建,需要在数字孪生环境中进行模拟演练。利用数字孪生技术的高度仿真能力,为水利工程管理和运维人员提供一个逼真的虚拟环境,使其能够在其中进行模拟演练,从而提升实际操作技能和应对突发事件的能力。相关部门可以通过数字孪生平台构建水利工程的虚拟模型,模拟各种正常运行和异常工况场景,让人员在虚拟环境中进行交互操作。例如,在国网甘肃刘家峡水电厂的安全管理培训中,运用数字孪生技术创建了一个与实际水电站完全一致的虚拟环境。运维人员可以在这个虚拟环境中进行模拟开机、停机、故障排查等操作,甚至模拟应对洪水、地震等极端情况,让工作人员熟悉各种复杂情况和应急操作,提升其应对实际问题的能力,确保在紧急情况下能够迅速、准确地采取行动。通过这种模拟演练,人员不仅可以在无风险的环境中熟悉操作流程,还能锻炼在紧急情况下的快速反应和正确处理能力,从而提高了水利工程运维人员的技能水平。

2.6 促进跨部门协同合作,实现信息共享与决策支持

基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统, 要促进跨部门协同合作, 实现信息共享与决策支持。其核心在于利用数字孪生技术作为信息共享和协同工作的平台, 打破传统部门壁垒, 促进不同部门之间的紧密合作与高效沟通。通过数字孪生平台, 各部门可以实时访问和共享水利工程的安全运行数据、监测信息以及模拟分析结果, 从而确保信息的准确性和一致性。在此基础上, 各部门可以共同进行数据分析、风险评估和决策制定, 形成协同应对水利工程安全问题的合力。例如, 在紫石泾大型水利枢纽的安全管理中, 通过构建数字孪生平台, 实现了水情、工情、险情等信息的实时共享。水利、气象、应急等多个部门可以在平台上共同分析数据, 协同制定防洪调度方案、应急抢险预案等。当遇到极端天气或突发情况时, 各部门可以迅速响应, 基于共享的信息和模拟分析结果, 做出科学、准确的决策, 有效提升了水利工程的应急响应能力和安全管理水平。

总而言之, 数字孪生技术在水利工程安全管理系统中的构建具有深远的意义。其不仅提升了水利工程的精细化管理和监控水平, 还增强了应急响应和决策支持能力, 促进了工程的智能化升级与维护, 并推动了管理模式的发展。随着技术的不断进步和应用场景的拓展, 数字孪生技术将在水利工程安全管

理领域发挥更加重要的作用, 为保障国家水资源安全和促进经济社会可持续发展提供坚实的技术支撑。

[参考文献]

- [1]邓鹏,张诗媛,王旭滢.水利泵闸工程安全管理中数字孪生技术的应用研究[J].水利信息化,2024,(02):16-20+35.
- [2]宋敏,周伊文.数字孪生技术赋能水利工程建设管理路径[J].水利经济,2023,41(06):73-78+113.
- [3]张玉华.基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统构建[J].水上安全,2023,(14):49-51.
- [4]崔雷.数字孪生技术在现代化水利工程中的应用[J].科技与创新,2023,(22):143-145+148.
- [5]孙伟.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].山西水利,2023,(05):51-53+61.
- [6]彭金波.浅谈数字孪生技术在水利工程运行管理中的现状分析与前景展望[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(33):166-168.

作者简介:

于涛(1980—),男,汉族,新疆巴州库尔勒市人,大学专科,职称:中级(工程师),文章方向:基于数字孪生技术在水利工程安全管理系统中的构建。