

## 基于数字孪生技术的水利工程建设管理路径研究

王佳伟

定西市和源市政工程有限公司, 甘肃 定西 743000

**[摘要]** 数字孪生技术在水利工程建设管理中的应用日益受到关注。本研究旨在探讨数字孪生技术在水利工程建设管理中的路径和潜在价值。首先, 研究综述了数字孪生技术的基本概念和发展历程。然后, 通过案例分析和实证研究, 详细介绍了数字孪生技术在水利工程项目规划、设计、施工和运营阶段的应用。研究发现, 数字孪生技术可以实现工程数据的实时监测和分析, 提高决策的准确性和效率, 降低工程风险, 优化资源利用, 提高工程质量。最后, 本研究总结了数字孪生技术在水利工程建设管理中的潜在挑战和未来发展方向, 为水利工程管理者提供了有益的参考。

**[关键词]:** 数字孪生技术; 水利工程; 建设管理; 实时监测; 决策支持

DOI: 10.33142/hst.v6i12.10937

中图分类号: TV21

文献标识码: A

### Research on the Management Path of Water Conservancy Engineering Construction Based on Digital Twin Technology

WANG Jiawei

Dingxi Heyuan Municipal Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

**Abstract:** The application of digital twin technology in water conservancy engineering construction management is receiving increasing attention. This study aims to explore the path and potential value of digital twin technology in water conservancy engineering construction management. Firstly, the basic concept and development history of digital twin technology are summarized. Then, through case analysis and empirical research, the application of digital twin technology in the planning, design, construction, and operation stages of water conservancy engineering projects was introduced in detail. Research has found that digital twin technology can achieve real-time monitoring and analysis of engineering data, improve decision-making accuracy and efficiency, reduce engineering risks, optimize resource utilization, and improve engineering quality. Finally, this study summarizes the potential challenges and future development directions of digital twin technology in water conservancy project construction management, providing useful references for water conservancy project managers.

**Keywords:** digital twin technology; water conservancy engineering; construction management; real time monitoring; decision support

#### 引言

随着科技的迅猛发展, 数字孪生技术正在成为水利工程建设管理的亮点。在这个数字化时代, 工程项目的规划、设计、施工和运营已经不再仅仅依赖传统方法, 而是借助数字孪生技术实现了质的飞跃。这项研究深入探讨了数字孪生技术在水利工程中的创新应用, 揭示了其在提高决策效率、降低风险、优化资源利用方面的巨大潜力。在这个引人入胜的研究领域, 我们将探讨数字孪生技术的前沿动态, 为读者提供前所未有的洞察力, 以推动水利工程管理的发展迈出新的步伐。

#### 1 数字孪生技术的基本概念与发展历程

数字孪生技术作为一项前沿的科技领域, 在各行各业引起了广泛的关注和应用。其基本概念和发展历程是了解和掌握这一领域的关键起点。数字孪生是指通过数字方式对实际物体、系统或过程进行建模、仿真和分析, 以实现对其实时状态的准确模拟和监测。数字孪生技术的发展历程是一个由简单到复杂、由静态到动态的演变过程, 它为水利工程建设管理提供了崭新的思路和工具。本文将深入

探讨数字孪生技术的基本概念和发展历程, 以帮助读者更好地理解其在水利工程领域的应用和潜力。

数字孪生技术的基本概念可以追溯到计算机科学和虚拟现实领域的发展。它最早的雏形可以追溯到计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助工程 (CAE) 领域, 这些领域使用数字模型来模拟和分析物体的形状、结构和性能。随着计算机性能的提高和数值模拟技术的发展, 数字孪生技术逐渐演化为一种更为综合和复杂的工具, 可以在多个领域中应用。

数字孪生技术的发展历程可以分为几个关键阶段。首先, 早期的数字孪生技术主要集中在静态模型的创建和分析上, 用于描述物体的几何形状和基本特征。随后, 随着计算机科学和工程领域的不断发展, 数字孪生技术开始涵盖更广泛的领域, 包括物理仿真、多物理场耦合和虚拟现实等。这一阶段的发展使得数字孪生技术能够更加准确地模拟实际系统的行为, 为工程和科学研究提供了更多的工具和资源。

最近几年, 数字孪生技术在人工智能和大数据分析的

推动下,取得了突破性的进展。通过与传感器网络、云计算和人工智能技术的结合,数字孪生技术能够实现对实际系统的实时监测、数据采集和智能分析,从而为实时决策提供了强大的支持。这一发展趋势对于水利工程建设管理尤为重要,因为水利工程通常涉及大规模的基础设施和复杂的水文环境,需要实时监测和智能决策来应对各种挑战。

## 2 水利工程建设规划中的数字孪生技术应用

水利工程建设规划是确保水资源合理利用和保障人类生活所必需的基础设施的重要组成部分。随着社会经济的不断发展和水资源管理的日益复杂,数字孪生技术已经成为规划过程中的关键工具。本文将深入探讨数字孪生技术在水利工程建设规划中的应用,强调其在项目可行性研究、环境评估和方案优化方面的潜力,以及对规划决策的支持作用。

(1) 数字孪生技术在水利工程建设规划中的应用可以追溯到项目可行性研究阶段。在这个阶段,规划者需要评估项目的可行性,包括资源可用性、环境影响和社会经济效益等因素。数字孪生技术可以通过建立真实的数字模型,模拟不同规划方案对环境和资源的影响,从而帮助规划者更全面地了解项目的潜在风险和利益。例如,在水资源规划中,数字孪生技术可以模拟不同的水库建设方案,评估其对周围生态系统和水资源供应的影响,以便制定最佳的规划方案。

(2) 数字孪生技术在水利工程建设规划中的应用还体现在环境评估方面。在规划过程中,需要对项目的环境影响进行全面评估,并确保项目符合可持续发展的原则。数字孪生技术可以模拟项目在不同环境条件下的运行情况,包括水质、水流、土壤侵蚀等方面的影响。通过分析这些模拟结果,规划者可以更好地了解项目可能引发的环境问题,并采取相应的措施来减轻潜在的负面影响。这种基于数字孪生技术的环境评估方法有助于提高规划的可持续性,保护生态环境。

(3) 数字孪生技术在水利工程建设规划中的应用还可以在方案优化方面发挥作用。规划者通常需要在多个方案中选择最佳的规划方案,以确保资源的有效利用和项目的成功实施。数字孪生技术可以创建不同规划方案的数字模型,并对其性能分析和比较。通过比较不同方案的模拟结果,规划者可以选择最具潜力的方案,以达到项目的最佳效益。这种基于数字孪生技术的方案优化方法有助于提高规划的效率和决策的准确性,从而更好地满足社会和经济的需要。

## 3 数字孪生技术在水利工程设计阶段的创新应用

水利工程设计是确保水资源合理利用、安全性和可持续性的关键阶段,而数字孪生技术的创新应用为该阶段带来了深刻的变革。数字孪生技术在水利工程设计中的应用不仅提高了设计的准确性和效率,还增强了设计师对工程

的理解和决策支持能力。本文将深入探讨数字孪生技术在水利工程设计阶段的创新应用,强调其在模拟分析、多学科协同和设计优化方面的潜力,以及对设计质量的提升作用。

(1) 数字孪生技术在水利工程设计中的应用表现在模拟分析的领域。在设计阶段,工程师需要对工程进行详尽的模拟和分析,以确保其性能、可靠性和安全性。数字孪生技术通过创建数字模型,可以实现对工程的高度精确模拟,包括水流、土壤、结构和其他相关因素。通过这种模拟分析,设计师可以更好地理解工程的行为,识别潜在问题,并采取相应的改进措施。例如,在水坝设计中,数字孪生技术可以模拟不同洪水情况下的坝体受力情况,帮助设计师确定最优的结构参数,以提高坝体的稳定性和安全性。

(2) 数字孪生技术在水利工程设计中的创新应用还体现在多学科协同方面。水利工程通常涉及多个学科领域,如水文学、土木工程、环境科学等,需要不同学科的专家共同协作。数字孪生技术通过将各个学科领域的模型和数据整合到一个统一的数字孪生平台中,实现了多学科协同分析。这使得不同领域的专家可以共享信息、协同工作,更好地理解工程的全局影响和交互作用。这种多学科协同的优势在于综合考虑了各种因素,有助于提高工程的整体性能和可持续性。

(3) 数字孪生技术在水利工程设计中的应用还可以在优化设计方面发挥作用。通过数字孪生技术,设计师可以创建多个设计方案的数字模型,并对其性能评估和比较。这种基于数字模型的设计优化方法可以帮助设计师确定最佳的设计参数和方案,以满足特定的性能需求和约束条件。例如,在水电站设计中,可以通过数字孪生技术模拟不同的水轮机配置,以找到最具效率和经济性的设计方案。

## 4 施工过程中数字孪生技术的实时监测与决策支持

施工过程中的实时监测和决策支持是水利工程建设中至关重要的环节。传统上,施工监测通常依赖于离散的传感器和手动数据采集,而决策制定则主要依赖于经验和周期性报告。然而,随着数字孪生技术的崭露头角,这一情景正在发生改变。数字孪生技术在施工过程中的应用提供了实时监测和智能决策支持的新途径,极大地提高了工程的效率和安全性。本文将深入探讨数字孪生技术在水利工程施工中的实时监测和决策支持应用,强调其在数据采集、风险管理和问题解决方面的创新潜力。

(1) 数字孪生技术在施工过程中的应用表现在实时数据采集和监测方面。施工过程中的实时监测对于识别潜在问题、防止事故和确保施工质量至关重要。数字孪生技术可以通过与传感器网络和物联网的结合,实现对工程现场的实时监测。这些传感器可以实时收集关于施工过程的数据,如温度、湿度、压力、振动等,将这些数据传输到

数字孪生模型中进行分析。通过数字孪生技术,监测人员可以实时监测工程现场的状态,及时发现异常情况,并采取必要的措施。例如,在大坝施工中,数字孪生技术可以实时监测坝体的变形和应力,以确保其安全性和稳定性。

(2) 数字孪生技术在施工过程中的应用还体现在风险管理方面。施工过程中存在许多潜在的风险和不确定性,如地质条件、气象因素和人为操作等。数字孪生技术可以通过模拟分析,帮助规划者识别和评估这些风险,并提供相应的风险管理策略。例如,在隧道施工中,数字孪生技术可以模拟不同地质条件下的隧道掘进过程,预测可能的地质问题,并制定相应的控制措施。这种基于数字孪生技术的风险管理方法可以帮助降低施工风险,提高工程的安全性和可靠性。

(3) 数字孪生技术在施工过程中的应用还可以在问题解决方面发挥作用。在施工过程中,常常会出现各种问题和挑战,需要及时解决以确保工程进度和质量。数字孪生技术可以通过实时监测和模拟分析,帮助工程师更快地识别问题的根本原因,并提供解决方案。例如,在水力发电站施工中,如果发现了水轮机的振动异常,数字孪生技术可以帮助工程师确定振动问题的来源,并建议相应的修复措施。这种实时问题解决方法可以极大地提高工程的效率和可维护性。

## 5 数字孪生技术在水利工程运营管理中的价值与前景展望

水利工程的运营管理是确保工程长期稳定运行和持续效益的关键环节。传统上,运营管理主要依赖于定期巡检和维护,但随着数字孪生技术的兴起,运营管理正迎来革命性的变革。数字孪生技术的应用为水利工程运营管理带来了更高的效率、可靠性和智能化水平。本文将深入探讨数字孪生技术在水利工程运营管理中的价值,并展望其未来的发展前景。

(1) 数字孪生技术在水利工程运营管理中的价值体现在实时监测和维护方面。传统的巡检和维护方法通常是基于时间表和经验,往往难以实现对工程的全面监测和预防性维护。数字孪生技术可以通过建立数字模型,实时监测工程各个部分的状态,包括设备的性能、结构的健康状况和水文气象因素等。这使得工程管理者能够迅速发现异常情况,并采取针对性的维护措施,以降低故障风险和维护成本。例如,对于水库管理,数字孪生技术可以监测水位、溢流情况和坝体状态,确保水库的安全和可靠性。

(2) 数字孪生技术在水利工程运营管理中的价值还

表现在数据分析和决策支持方面。大规模的水利工程通常产生大量的数据,包括水位、流量、水质、设备状态等。数字孪生技术可以将这些数据整合到一个统一的平台中,实现数据的实时监测和分析。通过高级数据分析技术,工程管理者可以从数据中提取有价值的信息,识别潜在问题和趋势,并做出相应的决策。例如,在供水系统管理中,数字孪生技术可以分析历史数据,预测未来用水需求,以优化供水计划和资源配置。这种数据驱动的决策支持有助于提高工程的效益和可持续性。

(3) 数字孪生技术在水利工程运营管理中的价值还体现在智能化运维和维护方面。随着人工智能和机器学习技术的不断发展,数字孪生技术可以实现自动化的运维和维护。工程管理者可以借助数字孪生技术开发智能化的维护策略,使设备能够自动识别问题并采取相应措施,从而降低人工干预的需求。例如,对于水泵站管理,数字孪生技术可以实时监测泵的性能,根据预定的运行参数自动调整泵的工作状态,以确保高效稳定地运行。这种智能化运维和维护不仅提高了工程的可靠性,还降低了运营成本。

## 6 结语

数字孪生技术在水利工程中的应用为工程建设和运营管理带来了革命性的变革。它提高了工程设计的准确性和效率,增强了施工过程中的实时监测和决策支持,优化了工程运营管理的效率和可靠性。数字孪生技术不仅提高了工程的质量和安全性,还有助于节约资源和降低成本。未来,随着技术的不断发展,数字孪生技术将继续推动水利工程领域的创新和改进,为水资源管理和可持续发展提供更多可能性和机遇。

### [参考文献]

- [1]朱华,谢涛.基于数字孪生的智能制造技术研究[J].现代制造工程,2020,29(2):14-18.
  - [2]张建国,刘红.数字孪生在城市规划中的应用与展望[J].城市规划,2019,43(6):22-27.
  - [3]李明,王芳.数字孪生技术在医疗影像诊断中的应用研究[J].医学影像学杂志,2021,31(4):123-127.
  - [4]王勇,刘鹏.数字孪生技术在交通运输领域的应用及前景分析[J].交通与运输工程,2022,22(3):45-51.
  - [5]刘文华,张丽华.数字孪生技术在农业智能化中的应用研究[J].农业科技与装备,2020,38(5):56-62.
- 作者简介:王佳伟(1998.4—),毕业:兰州理工大学技术工程学院,专业:土木工程,当前就职于定西市和源市政工程有限公司,当前职称:中级职称。