

# Research on the Application Strategies of Digital Twin Technology in Smart Water Conservancy Engineering

Jiarun Zhu<sup>1</sup> Yingfan Si<sup>2</sup> Yuqi Cheng<sup>1</sup>

1. Xuzhou Branch of Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

2. Jiangsu Water Conservancy Science and Education Center, Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

## Abstract

With the rapid development of digital technology, the application of digital twin technology in various industries is gradually popularized, especially in the field of water conservancy engineering. Digital twin technology, with its combination of virtual and reality, provides new ideas and methods for the management, monitoring and decision-making of water conservancy projects. This paper aims to discuss the application status and challenges of digital twin technology in intelligent water conservancy projects, and propose corresponding countermeasures. Through the construction of the digital twin model, the integration and analysis of data, as well as the real-time monitoring and early warning of water conservancy projects, this paper believes that the digital twin technology helps to improve the management efficiency of water conservancy projects, optimize the allocation of resources, enhance the ability to resist risks, and lay the foundation for the realization of the goal of intelligent water conservancy.

## Keywords

digital twin technology; intelligent water conservancy project; important significance; application countermeasures

## 数字孪生技术在智慧水利工程中的应用对策研究

朱家润<sup>1</sup> 司英凡<sup>2</sup> 程宇琪<sup>1</sup>

1. 江苏省水文水资源勘测局徐州分局, 中国·江苏 徐州 221000

2. 江苏省水利科教中心, 中国·江苏 徐州 221000

## 摘要

随着数字技术的快速发展, 数字孪生技术在各个行业的应用逐渐普及, 尤其是在水利工程领域。数字孪生技术以其虚拟与现实相结合的特性, 为水利工程的管理、监测和决策提供了新的思路和方法。论文旨在探讨数字孪生技术在智慧水利工程中的应用现状及其面临的挑战, 并提出相应的对策。通过对数字孪生模型的构建、数据的融合与分析以及对水利工程的实时监测与预警, 论文认为, 数字孪生技术有助于提高水利工程的管理效率, 优化资源配置, 增强抗风险能力, 为实现智慧水利的目标奠定基础。

## 关键词

数字孪生技术; 智慧水利工程; 重要意义; 应用对策

## 1 引言

近年来, 随着全球气候变化和水资源短缺问题的日益严重, 水利工程的管理和运作面临着新的挑战。传统的水利工程管理模式已经难以满足现代社会对水资源高效利用和可持续发展的要求。因此, 探索更为先进的技术手段成为当务之急。在这一背景下, 数字孪生技术作为一种新兴的解决方案, 逐渐引起了广泛关注。数字孪生技术是指通过构建与现实世界一一对应的虚拟模型, 使得物理实体的状态、行为和特征能够在数字空间中得到实时反映。

## 2 数字孪生技术在智慧水利工程中的应用优势

### 2.1 充分实现控制自动化

传统水利工程中的控制系统往往依赖人工操作, 效率低下且容易出错。而通过数字孪生技术可以将物理世界中的水流、压力、温度等数据实时传输到虚拟模型中, 实现对水利设施的动态控制<sup>[1]</sup>。例如, 当系统检测到某一水坝的水位超过安全阈值时, 数字孪生技术能够自动触发预设的控制策略, 及时调整水流, 确保水坝的安全运行。这种高效的自动化控制不仅提高了系统的响应速度, 还大大降低了人为干预的风险, 确保了水利工程的安全与稳定。

### 2.2 确保运维管理实现数字化

水利工程的运维管理往往面临信息滞后、决策不及时等问题。而借助数字孪生技术, 运维管理可以实现数字化转型。

【作者简介】朱家润(1996-), 男, 中国江苏徐州人, 本科, 助理工程师, 从事智慧水利研究。

型,使得信息的获取与处理变得更加高效。数字孪生系统能够整合各类传感器数据,形成全面的运行状态信息。这些信息可以通过数字平台进行分析,帮助运维人员快速识别潜在问题,从而制定相应的维护方案。例如,当某一设备出现异常时,运维人员可以借助数字孪生模型模拟设备的运行情况,分析故障原因,并在最短时间内进行维修。

### 2.3 确保各项业务模型化

传统的水利工程管理中,业务流程往往错综复杂,难以进行系统化管理。而通过数字孪生技术,水利工程可以将各项业务进行模型化,形成标准化的操作流程。这种模型化管理不仅有助于提高工作效率,还能够为决策提供科学依据。通过对历史数据的分析,数字孪生系统能够识别出最佳的运行模式,进而为水利工程的各项业务提供精准的指导。例如,在水资源调度方面,数字孪生技术可以通过模型化分析不同调度方案的优劣,帮助决策者选择最合理的水资源配置方案。

### 2.4 确保数据可视化

在水利工程管理中,数据的可视化能够帮助管理者更直观地理解系统运行状态。数字孪生技术通过可视化平台,将复杂的数据信息以图形化的方式呈现,使得管理者能够快速获取所需信息。管理者可以通过直观的图表和仪表盘,实时监控水利设施的运行状态,及时发现问题并采取措施。例如,在洪水预警系统中,数字孪生技术能够将水位变化、降雨量等数据实时可视化,为管理者提供准确的决策依据,确保对突发事件的快速反应。

## 3 数字孪生技术在智慧水利工程中的应用策略

### 3.1 加强数字孪生技术在水利工程中的基础研究与技术创新

#### 3.1.1 深入研究数字孪生技术在水利工程中的理论基础

水利工程涉及的系统复杂度和多样性要求我们对数字孪生技术的基本原理、数据处理以及模型构建等方面进行更为深入的探讨。这就需要相关领域的研究人员和工程师们共同努力,建立起更加完善的理论框架,以指导后续的实践应用。在这一过程中,可以借鉴其他领域的成功经验,整合多学科的研究成果,形成一套适合水利工程特点的数字孪生理论体系<sup>[2]</sup>。例如,基于物理模型和数据驱动的结合,利用机器学习等技术对水文水资源进行精准分析,可以为数字孪生模型的构建提供坚实的理论基础。

#### 3.1.2 开发适用于水利工程的数字孪生平台与工具

目前,市场上已有一些数字孪生平台,但针对水利工程的特定需求,仍需进行定制化开发。这些平台应具备强大的数据处理能力,能够实时接入水利工程各类传感器的数据,包括水位、流量、降雨量等信息。通过建立动态模型,数字孪生平台可以实时反映水利工程的运行状态,帮助管理者及时作出决策。此外,工具的可视化设计也是不可忽视的

一部分,用户友好的界面可以提高工程技术人员的操作效率,降低使用门槛,促进数字孪生技术在水利工程中的普及。

#### 3.1.3 探索数字孪生技术与其他先进技术的融合应用

在数字孪生技术的应用过程中,探索其与其他先进技术的融合应用将进一步提升水利工程的管理水平。例如,结合人工智能技术,利用大数据分析能力,可以对水资源进行更为精准的预测和调度。通过对历史数据的深度挖掘,运用机器学习算法,可以识别出水资源变化的规律,从而为水利工程的决策提供参考。此外,数字孪生技术还可以与区块链技术相结合,确保水利工程数据的安全性和可追溯性。这种技术融合不仅提高了数据的可信度,还能有效应对水利工程在管理和运营过程中遇到的各种挑战。

### 3.2 推进水利工程数字化转型与数据资源整合

#### 3.2.1 加快水利工程数字化改造与智能化升级

通过引入物联网、云计算和大数据等技术手段,可以实现对水利工程的实时监测和动态管理。例如,在水库管理中,利用传感器收集水位、水流、气象等实时数据,结合大数据分析技术,可以及时预测洪水风险,并采取相应的防控措施。此外,采用数字孪生模型,可以在虚拟环境中模拟不同的水文情景,帮助管理者做出更加精准的决策。这一切的目标都是为了实现智慧水利的愿景,确保水资源的合理分配和安全使用。

#### 3.2.2 建立水利工程数据采集、传输与存储标准

水利工程涉及的数据种类繁多,包括水文数据、气象数据、地质数据等,这些数据的采集和存储需要统一的标准,以保证数据的准确性和可用性。目前,许多水利工程在数据采集和存储上存在着标准不统一、格式不兼容的问题。这不仅增加了数据整合的难度,也影响了后续的数据分析和应用。因此,制定统一的数据采集、传输与存储标准至关重要。通过标准化的数据管理流程,可以提高数据的质量和一致性,进而为后续的数据分析和应用打下坚实的基础。同时,这也有助于不同水利工程之间的数据互通与共享,推动整个行业的数字化进程。

#### 3.2.3 实现水利工程数据的互联互通与共享应用

数字孪生技术的核心在于将现实世界的数据与虚拟模型进行有效整合,这就需要实现不同系统之间的数据互联互通。目前,许多水利工程的数据孤岛现象依然严重,各个部门和单位之间的数据共享机制尚不健全。为了解决这一问题,可以借鉴其他行业成功的经验,建立跨部门、跨区域的数据共享平台。通过这样的平台,不同的水利工程可以相互交流、共享数据,形成合力。例如,在应对自然灾害时,各个水利部门可以通过共享实时数据,快速制定应急预案,最大程度地降低损失。同时,借助大数据分析和人工智能技术,可以对历史数据进行深度挖掘,发现潜在的规律和趋势,为水利工程的管理提供科学依据。数字孪生技术在水利工程中的应用如图1所示。



图1 数字孪生技术在水利工程当中的应用

### 3.3 完善数字孪生技术在水利工程中的应用标准与规范

#### 3.3.1 制定数字孪生技术在水利工程中的应用标准

这些标准不仅应涵盖技术规范,还应考虑实际应用中的各种需求。通过明确数字孪生模型的构建流程、数据采集与处理标准以及模型的运行与维护要求,可以为水利工程的实施提供清晰的指导<sup>[3]</sup>。这些标准的制定需要广泛征求行业专家和相关利益方的意见,确保其科学性与适用性,同时也应与国际标准保持一致,以促进国际间的交流与合作。

#### 3.3.2 建立数字孪生模型的验证与评估体系

其一,一个有效的验证与评估体系应包括模型的验证方法、评估指标和反馈机制。在模型构建完成后,通过对比其输出结果与实际观测数据,可以验证模型的准确性和可靠性。其二,评估体系也应设置一系列的性能指标,如模型的响应时间、精度、稳定性等,帮助工程师及时发现并解决问题。其三,评估体系还应灵活应对不同项目的特点,建立适合不同水利工程的评估标准,使得模型能够在实际应用中更好地服务于工程决策与管理。

#### 3.3.3 健全数字孪生技术在水利工程中的安全保障机制

水利工程涉及的领域广泛,系统复杂,任何一项技术的应用都可能潜在地带来风险。因此,建立安全保障机制,可以从多个层面进行风险评估与管理。其一,技术层面上,需要对数字孪生模型的关键算法、数据传输与存储等环节进行严格的安全审查和评估,以防止数据泄露和系统被攻击。其二,在管理层面,建议制定相关的安全规范和应急预案,以便在出现突发情况时,能够迅速反应,最大程度地减少损失。其三,还应加强对相关人员的培训,提高其安全意识与技术水平,使其能够妥善应对可能出现的安全问题。

### 3.4 加强数字孪生技术在水利工程中的人才培养与交流合作

#### 3.4.1 培养数字孪生技术在水利工程中的复合型人才

复合型人才不仅需要具备扎实的水利工程基础知识,还应深入理解数字孪生技术的核心理念与应用方法<sup>[4]</sup>。因此,高校和科研机构应结合水利工程的实际需求,开设相关课程,培养学生的跨学科综合能力。这些课程可以包括数字化建模、数据分析、物联网技术等内容,帮助学生掌握现代水

利工程所需的技术技能。同时,通过校企合作,组织实习与实践活动,使学生能够在真实的工程环境中应用所学知识,从而增强他们的实践能力与解决实际问题的能力。

#### 3.4.2 促进产学研用各方的交流合作与协同创新

水利工程的复杂性和多样性决定了其对多方合作的需求。政府、企业、高校和科研机构应当建立常态化的交流合作机制,定期召开行业论坛、技术交流会等活动,分享数字孪生技术在水利工程中的应用经验与成果。这种合作不仅有助于不同领域的专家学者共同探讨技术难题,还能推动创新成果的转化与应用,形成良性的产业生态。同时,鼓励企业与高校携手开展联合科研项目,将理论研究与工程实践相结合,形成产学研用一体化的创新体系,推动数字孪生技术在水利工程中的落地应用。

#### 3.4.3 积极参与国际合作与交流,提升我国在该领域的国际影响力

随着全球数字经济的快速发展,水利工程领域的国际合作日益频繁。中国应鼓励科研机构和企业参与国际组织、行业协会的活动,积极申办国际学术会议,展示中国在数字孪生技术及水利工程领域的研究成果与应用案例。此外,推动与国外高校、研究机构的合作,开展联合研究、技术交流与人才互访,借鉴国际先进经验与技术,提升中国在数字孪生技术及其在水利工程应用中的竞争力<sup>[5]</sup>。这不仅能够帮助中国工程技术人员开阔视野、提升专业水平,还能够促进中国水利工程技术的国际化进程,为全球水资源管理与保护贡献智慧与力量。

## 4 结语

总的来说,数字孪生技术在智慧水利工程中的应用潜力巨大,但也面临诸多挑战。通过加强基础研究与技术创新、推进水利工程数字化转型与数据资源整合、完善应用标准与规范、加强人才培养等多方面的对策,可以为数字孪生技术在水利工程中的有效应用提供有力保障。这些对策不仅能够提升水利工程的智能化水平,还能在应对复杂的水利管理挑战时,提高决策的科学性和有效性。

### 参考文献

- [1] 覃浩宇.数字孪生技术在现代化水利工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):106-109.
- [2] 王晓君,张耕野,王东.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用[J].智能城市应用,2024,7(3):126-128.
- [3] 李怡,孙建伟.水利工程数字孪生技术应用与发展[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(4):9-12.
- [4] 麻淑芳,杨党政,孟志东,等.数字孪生技术在电厂智慧化转型中的应用[J].集成电路应用,2024,41(3):156-157.
- [5] 李丹阳.浅谈数字孪生技术在智慧水利工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(7):25-27.