

基于数字孪生技术的智慧水利应用研究

高 磊

垦利黄河河务局 山东 东营 257500

摘 要：本文聚焦于基于数字孪生技术的智慧水利应用，探讨了数字孪生技术在构建水利系统数字模型、实现精准化模拟与决策、提升资源协调效率以及支持多项业务应用等方面的关键作用。通过构建数字化场景、实现智慧化模拟、精准化决策等手段，数字孪生技术有效促进了水利系统的智能化管理，提升了信息化服务的效率与质量。本研究为智慧水利建设提供了理论与实践指导，展示了数字孪生技术在水利领域的广阔应用前景。

关键词：数字孪生技术；智慧水利；应用

引言：在智慧水利建设的征途上，数字孪生技术以其前瞻性和创新性，成为引领行业变革的关键力量。本研究旨在深入剖析数字孪生技术在智慧水利领域的应用潜力与前景，探索其如何助力水利行业实现精准决策、高效管理和资源优化配置。通过数字孪生技术的应用，我们期望能够构建一个更加智能、高效、可持续的水利系统，为水利事业的繁荣发展注入新的活力。

1 数字孪生技术的应用概述

数字孪生技术，作为现代信息技术的重要分支，正在智慧水利建设中发挥着越来越重要的作用。它通过构建水利工程的虚拟模型，实现对水利系统的全面、实时、精确的模拟和监测，为水利工程的规划、设计、运行和管理提供了全新的技术手段。它能够实现水利工程的实时监测与预警。通过布置传感器和监测设备，数字孪生技术可以实时采集水利工程的运行状态数据，如水位、流量、水质等，并通过数据分析，及时发现潜在的安全隐患，为水利工程的稳定运行提供有力保障。其次，数字孪生技术有助于水利工程的优化设计与调度。通过构建水利工程的数字孪生模型，可以模拟不同设计方案下的工程运行效果，从而选出最优方案。同时，还可以根据实时数据，对水利工程的调度方案进行动态调整，实现水资源的优化配置和高效利用。数字孪生技术还能提升水利工程的决策水平。通过模拟不同决策方案下的工程运行情况，可以评估各种方案的优劣，为决策者提供科学依据。这有助于避免决策的盲目性和随意性，提高决策的科学性和准确性。

2 现代智慧水利系统建设的必要性

随着社会的快速发展和科技的日新月异，水利事业面临着前所未有的挑战与机遇。在这样的背景下，其必要性主要体现在以下几个方面。首先，智慧水利系统建设是应对水资源短缺和水灾害频发的重要举措。我国水

资源分布不均，部分地区水资源匮乏，而另一些地区则面临着水灾害的威胁。通过建设智慧水利系统，我们可以更加精准地监测水资源状况，科学调度水资源，提高水资源的利用效率。同时，智慧水利系统能够实时预警水灾害，为防洪减灾提供有力支持。其次，智慧水利系统建设有助于推动水利行业的数字化转型。随着信息技术的不断发展，数字化转型已经成为各行业的重要趋势^[1]。智慧水利系统通过引入物联网、大数据、云计算等先进技术，实现了水利信息的实时采集、传输和处理，提高了水利管理的智能化水平。这不仅可以提升水利行业的运营效率，还可以为水利决策提供科学依据。此外，智慧水利系统建设还有利于促进生态文明建设。水是生命之源，也是生态环境的重要组成部分。通过建设智慧水利系统，我们可以更好地保护水资源，改善水环境，促进水生态的健康发展。这对于维护生态平衡、保护生物多样性具有重要意义，也符合我国生态文明建设的总体要求。

3 数字孪生技术在智慧水利建设中的应用

3.1 构建数字化场景

在智慧水利建设中，数字孪生技术的应用首先体现在数字化场景的构建上。数字孪生技术通过集成多源数据，利用先进的建模和仿真手段，将真实世界的流域、水网和水利工程等复杂系统转化为虚拟的数字模型。这些数字模型不仅具备高度的真实性和准确性，还能够实时反映物理实体的状态和运行情况。通过构建数字化场景，我们可以实现对水利系统的全面感知和精准监测。借助各种传感器和监测设备，我们可以实时采集水利系统的运行数据，包括水位、流量、水质等关键指标。这些数据经过处理后，可以实时更新到数字模型中，使得数字模型能够实时反映水利系统的实际状态。数字化场景的构建还为水利系统的模拟分析和优化提供了有力支持。通过数字模型，我们可以模拟不同场景下水利系统

的运行情况,包括正常运行、极端天气条件、突发事件等。这些模拟结果可以帮助我们深入理解水利系统的运行规律,发现潜在的风险和问题,并制定相应的应对措施。同时,我们还可以利用数字模型进行优化分析,寻找提高水利系统运行效率和安全性的最佳方案。此外,数字化场景还使得水利系统的管理和决策更加便捷和高效。通过数字模型,我们可以实现对水利系统的远程监控和智能控制,提高管理效率。

3.2 实现智慧化模拟

现智慧化模拟在智慧水利建设中处于关键环节,其在此过程中发挥着举足轻重的作用。通过构建精细化的数字孪生模型,我们可以对水利系统进行深入的模拟分析,预测不同情况下的水资源分布、水文变化等,从而为决策提供科学依据。数字孪生模型能够整合多源数据,包括实时监测数据、历史数据以及地理信息数据等,形成全面、准确的水利系统虚拟镜像。这一模型不仅反映了水利系统的静态结构,还能够模拟系统的动态运行过程,包括水流运动、水位变化、水质演变等。基于数字孪生模型的模拟分析,我们可以预测不同气候条件、人类活动等因素对水资源分布的影响。例如,在干旱季节,通过模拟分析,我们可以预测河流的水位下降情况,从而提前制定应对措施,确保供水安全^[2]。同时,我们还可以模拟洪水等极端事件下的水文变化,评估水利工程的防洪能力,为防洪减灾提供决策支持。另外,数字孪生模型还可以帮助我们优化水资源的配置和利用。通过模拟分析不同用水需求下的水资源供需状况,我们可以制定合理的用水计划,实现水资源的可持续利用。我们还可以利用模型优化水利工程的调度方案,提高水资源的利用效率。

3.3 精准化决策

精准化决策是智慧水利建设中的核心目标,而数字孪生技术则是实现这一目标的关键手段。借助数字孪生技术,我们可以基于实时数据和模拟结果,为管理者提供更为精准、科学的决策支持,从而提升水利管理的效率和水平。在水旱灾害防御方面,数字孪生技术能够实时监测水利工程的运行状态,并通过模拟分析预测潜在的灾害风险。基于这些数据和模拟结果,管理者可以更加精准地判断灾害发生的可能性和影响范围,从而提前制定应对措施,减少灾害损失。在水资源集约节约利用方面,数字孪生技术可以帮助我们深入了解水资源的分布和利用情况。通过模拟分析不同用水方案下的水资源供需状况,我们可以找出水资源利用中的瓶颈和浪费点,提出针对性的改进措施。这不仅有助于提高水资源

的利用效率,还能为水资源的可持续利用提供有力保障。在水资源优化配置方面,数字孪生技术也发挥着重要作用。通过构建水资源配置的数字孪生模型,我们可以模拟分析不同配置方案下的水资源利用效果和社会经济效益。基于这些模拟结果,我们可以选出最优的配置方案,实现水资源的最大化利用和效益最大化。

3.4 赋能“四预”功能

数字孪生技术作为一种前沿的信息化手段,特别是在赋能“四预”功能——预报、预警、预演和预案方面,展现出了其独特的优势。(1)在预报功能上,数字孪生技术能够基于大量的实时监测数据和历史数据,构建精细化的水利模型。这些模型能够模拟水利系统的运行状态,预测未来的水位、流量、水质等关键指标的变化趋势。通过数字孪生技术的支持,我们可以提前掌握水利系统的动态变化,为决策提供科学依据。(2)预警功能是智慧水利体系中至关重要的一环。数字孪生技术可以通过对实时监测数据的分析和处理,及时发现水利系统中的异常情况,如水位超警戒、水质恶化等。一旦发现异常,系统可以迅速触发预警机制,通过短信、邮件、APP推送等方式及时通知相关人员,确保他们能够迅速采取应对措施,防止事态扩大。(3)预演功能也是数字孪生技术在智慧水利体系中的一大应用亮点。通过构建虚拟的水利系统模型,我们可以模拟不同场景下的水利系统运行情况,如暴雨洪水、水库调度等。这些模拟结果可以帮助我们更好地了解水利系统的运行规律,评估不同决策方案的效果,为实际决策提供参考^[3]。(4)预案功能是确保水利系统安全运行的最后一道防线。数字孪生技术可以结合历史数据和模拟结果,为各种可能发生的异常情况制定详细的应急预案。这些预案包括应对措施、人员调配、物资储备等方面,旨在确保在突发事件发生时能够迅速、有效地进行应对。

3.5 利用数字技术提升资源协调效率

数字孪生技术作为现代信息技术的集大成者,通过整合5G、大数据、云计算、AI等前沿技术,为水利行业提供了全新的管理手段和应用场景。尤其在提升跨部门决策和资源协调效率方面,数字孪生技术展现出了显著的优势和巨大的潜力。第一,数字孪生技术通过构建水利系统的虚拟模型,实现了对水利系统运行状态的全面感知和精准监测。这使得各个部门能够实时获取水利系统的运行数据和信息,为跨部门决策提供了及时、准确的数据支持。第二,数字孪生技术通过数据分析和对象管理等功能,实现了水利资源的优化配置和高效利用。通过对水利系统的实时监测和数据分析,数字孪生技术

可以帮助各部门了解水利资源的分布、利用情况和需求状况,从而制定出更加合理的资源调配方案。第三,数字孪生技术还可以促进水利行业与其他行业的融合发展。通过与其他行业的数字孪生系统进行互联互通,可以实现水利资源的共享和协同利用,提高资源的综合利用效率。

3.6 支持多项业务应用

数字孪生技术在水利行业中的应用远不止于单一的领域,其强大的技术特性和广泛的适用性使得它能够支持多项业务应用,为水利事业的发展注入新的活力。通过构建流域的数字孪生模型,我们可以实时监测流域内的水文变化,预测洪水发生的可能性和影响范围。这使得防洪部门能够提前制定应对措施,合理配置防洪资源,有效减少洪水灾害带来的损失。数字孪生技术也为水资源管理与调配提供了有力支持。通过对水资源分布、利用情况的实时监测和数据分析,我们可以制定出更加科学、合理的水资源调配方案,确保水资源的可持续利用。这不仅可以满足经济社会发展的用水需求,还可以保护生态环境,实现人与自然的和谐共生。除此之外,数字孪生技术还可以调用数字孪生流域提供的算据、算法、算力等资源,支持多项业务应用。例如,在水生态修复方面,我们可以利用数字孪生技术模拟不同修复方案的效果,选择最优方案进行实施;在水环境监测方面,数字孪生技术可以帮助我们实时监测水质变化,及时发现并处理水污染问题^[4]。此外,数字孪生技术还可以与其他信息技术进行深度融合,形成更加强大的业务应用能力。如结合物联网技术,我们可以实现水利设施的智能化管理;结合大数据技术,我们可以对水利行业的数据资源进行深度挖掘和分析,发现潜在的价值和规律。

3.7 提高信息化服务效率与质量

(1) 数字孪生技术通过构建水利系统的数字模型,实现了对水利系统运行状态的全面感知和精准监测。这使得水利部门能够实时获取水利系统的运行数据,了解系统的运行状态和性能。并对水利系统的运行趋势进行

预测和分析,为水利部门提供科学的决策依据。这种实时交互和精确映射的特性,使得水利部门能够更快速、更准确地响应各种水利事件,提高了信息化服务的效率。(2) 数字孪生技术通过优化资源配置和提高管理效率,进一步提升了信息化服务的质量。通过对水利系统的数字模型进行模拟和分析,数字孪生技术可以帮助水利部门制定更加合理、有效的资源调配方案,避免资源的浪费和短缺。同时,还可以实现对水利设施的智能化管理,提高设施的运行效率和使用寿命,降低维护成本。(3) 数字孪生技术还为水利部门提供了更加丰富的信息化服务手段。通过与其他信息技术的融合应用,可以实现水利信息的共享和协同,提高信息的传递效率和利用率。其还可以为水利部门提供可视化的决策支持工具,帮助决策者更直观地了解水利系统的运行状态和性能,提高决策的科学性和准确性。

结束语

在基于数字孪生技术的智慧水利应用研究方面,数字孪生技术的引入不仅为水利工程提供了一种高效的管理与决策支持工具,还极大地增强了水资源管理的精度和响应速度。通过模拟和预测,能够有效应对洪水、干旱等极端气候事件,保障水安全,优化资源配置,同时对维护生态平衡、提升社会效益具有积极意义。随着技术进步和数据积累,未来数字孪生在智慧水利领域的应用将更加广泛和深入,为实现可持续的水资源管理提供强有力的科技支撑。

参考文献

- [1] 蔡阳,成建国.加快构建具有“四预”功能的智慧水利体系[J].中国水利,2021(20):2-5.
- [2] 李国英.建设数字孪生流域推动新阶段水利高质量发展[J].水资源开发与管理,2022,8(8):3-5.
- [3] 范光伟.数字孪生珠江防洪“四预”先行先试建设思路[J].中国防汛抗旱,2022,32(7):24-29.
- [4] 饶小康.数字孪生驱动的智慧流域平台研究与设计[J].水利水电快报,2022,43(2):117-123.