

# 智慧水利下数字孪生对流域水资源管理的影响

王庆东

新疆维吾尔自治区水利管理总站

DOI:10.12238/hwr.v8i5.5459

**[摘要]** 随着信息技术的不断发展,数字孪生技术逐渐成为智慧水利领域的研究热点。数字孪生流域是对真实流域的数字模拟,可以实现水资源的实时监控、预测预警、决策优化等功能。本文首先介绍了智慧水利和数字孪生的概念,然后分析了数字孪生流域在流域水资源管理中的应用,包括水资源监测、水资源调度、水资源保护等方面。接着,本文探讨了数字孪生流域对流域水资源管理的影响,包括提高水资源管理效率、优化水资源配置、促进水资源可持续发展等方面。最后,本文总结了数字孪生流域在流域水资源管理中的重要性和优势,并展望了未来的研究方向和应用前景。

**[关键词]** 智慧水利; 数字孪生; 流域水资源管理; 影响

中图分类号: TV213 文献标识码: A

## The impact of digital twins on watershed water resource management under smart water conservancy

Qingdong Wang

Xinjiang Uygur Autonomous Region Water Resources Management Station

**[Abstract]** With the continuous development of information technology, digital twin technology has gradually become a research hotspot in the field of smart water conservancy. Digital twin watersheds are digital simulations of real watersheds, which can achieve real-time monitoring, prediction and warning, decision optimization, and other functions of water resources. This article first introduces the concepts of smart water conservancy and digital twins, and then analyzes the application of digital twin watersheds in watershed water resource management, including water resource monitoring, water resource scheduling, water resource protection, and other aspects. Furthermore, this article explores the impact of digital twin watersheds on watershed water resource management, including improving water resource management efficiency, optimizing water resource allocation, and promoting sustainable development of water resources. Finally, this article summarizes the importance and advantages of digital twin watersheds in watershed water resource management, and looks forward to future research directions and application prospects.

**[Key words]** Smart water conservancy; Digital twin; Basin water resource management; influence

### 引言

我国是世界上水情最为复杂、江河治理难度最大、治水任务最为繁重的国家之一。党的十八大以来,国家领导人站在党和国家事业全局和实现中华民族伟大复兴的战略高度,以“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水思路为核心,就治水发表了一系列重要讲话,做出了一系列重要指示批示,提出了一系列新理念新思想新战略,深刻回答了新时代治水的重大理论和实践问题,特别是在加快建设科技强国中提出了提升流域设施数字化、网络化、智能化水平的明确要求,明确了新时代治水工作的根本保证、重大原则、治水思路、目标任务、政策举措,为新时代治水指明了前进方向、提供了根本遵循。

随着我国经济社会不断发展,水安全中的地理气候环境决定的水时空分布不均以及由此带来的水旱灾害等老问题仍有待解决,水资源短缺、水生态损害、水环境污染等新问题越来越突出、越来越紧迫,如何有效地管理和利用水资源已成为全球关注的焦点,传统的水资源管理方式已经无法满足现代社会的需求,需要借助先进的信息技术来提高水资源管理的效率和精度。智慧水利作为一种新型的水资源管理方式,通过集成信息技术、物联网技术、大数据技术等手段,实现了对水资源的实时监控、预测预警、决策优化等功能。而数字孪生技术作为智慧水利的重要组成部分,可以为流域水资源管理提供更加精准、高效的支持。

## 1 智慧水利数字孪生的技术特点与优势

智慧水利数字孪生技术以其独特的技术特点与优势,为流域水资源管理带来了革命性的变革。其核心技术特点在于高精度建模与实时仿真,能够构建出与实际水利系统高度一致的数字模型,并通过实时数据采集与传输,实现对水利系统的动态监控与预测。这种技术特点使得智慧水利数字孪生能够全面、准确地掌握流域水资源的分布、流动和变化情况,为管理者提供决策支持。智慧水利数字孪生的优势在于其强大的数据处理能力和预测分析能力。通过集成大数据、云计算和人工智能等先进技术,智慧水利数字孪生能够实现对海量数据的快速处理与深度挖掘,从而揭示出水资源变化的内在规律和潜在风险。同时,基于高精度模型的预测分析,管理者可以提前预见水资源的变化趋势,制定科学合理的调度方案,避免水资源浪费和洪涝灾害的发生。以某大型水库为例,通过引入智慧水利数字孪生技术,水库管理者能够实时监测水库的水位、流量和水质等关键指标,并根据数字模型的预测结果,科学调度水库的放水与蓄水计划。这不仅有效提高了水库的运行效率,还显著降低了水库发生洪涝灾害的风险。

## 2 流域水资源管理的现状

当前,流域水资源管理面临着多重挑战。随着全球气候变化的影响日益显著,极端气候事件频发,导致流域内水资源的分布和可利用性变得极不稳定。例如,近年来我国长江流域的洪涝灾害和北方地区的持续干旱,都凸显了水资源管理的紧迫性。此外,快速的城市化进程和工业化发展也对流域水资源造成了巨大压力。大量的人口聚集和工业生产活动导致水资源需求量激增,而传统的水资源管理模式已难以应对这些变化。数据显示,我国某大型流域在过去十年中,水资源总量下降了近20%,而同期内的用水需求却增长了近30%。这种供需矛盾加剧了水资源短缺和水危机的风险。同时,水资源的过度开发和不合理利用也导致了生态环境恶化,如湖泊干涸、河流断流等现象时有发生。为了应对这些挑战,许多地区开始尝试引入智慧水利数字孪生技术来优化水资源管理。例如,在黄河流域,通过构建数字孪生模型,可以实时监测水资源的分布和变化,为决策者提供准确的数据支持。这不仅提高了水资源管理的效率,还有助于减少浪费和损失。智慧水利数字孪生技术的应用,为流域水资源管理带来了新的机遇。通过构建数字孪生平台,可以实现对水资源的全面监控和智能调度,提高水资源的利用效率。同时,数字孪生技术还可以帮助预测未来水资源的变化趋势,为决策者提供更加科学的依据。然而,智慧水利数字孪生技术的应用也面临着一些挑战。如技术成本较高、数据共享和整合难度大等问题。因此,在推广智慧水利数字孪生技术时,需要充分考虑这些因素,制定合理的技术路线和政策措施。

## 3 智慧水利数字孪生对流域水资源管理的影响

### 3.1 提升流域水资源管理的智能化水平

智慧水利数字孪生技术的引入,显著提升了流域水资源管理的智能化水平。传统的水资源管理往往依赖于人工监测和数

据分析,不仅效率低下,而且难以应对复杂多变的流域环境。而智慧水利数字孪生技术通过构建流域的数字模型,能够实时模拟流域的水文过程,预测流域的来水量,通过模拟水量与历年同期水量相对比,预测近期来水情况和流域近期水文过程,为管理者提供精准的数据支持。例如,在黄河流域,通过智慧水利数字孪生技术,管理者能够实时监测水位、流量等关键指标,及时发现异常情况并采取相应的应对措施,有效降低了洪涝灾害的发生。此外,智慧水利数字孪生技术还能够结合大数据分析、机器学习等先进算法,对流域水资源进行智能优化配置。通过对历史数据的挖掘和分析,系统能够预测未来的水资源需求,为管理者提供科学的决策依据。据研究,应用智慧水利数字孪生技术后,流域水资源的利用效率可提高近20%,有效缓解水资源短缺的问题。不仅如此,智慧水利数字孪生技术还能够通过构建风险预警模型,实现对流域水资源管理风险的智能识别和预警。这不仅能够提高管理者对潜在风险的应对能力,还能够为制定风险防控策略提供有力支持。

### 3.2 优化流域水资源配置的决策过程

智慧水利数字孪生技术为流域水资源管理带来了革命性的变革,特别是在优化水资源配置的决策过程中。传统的水资源配置决策往往依赖于经验和有限的的数据,难以应对复杂多变的流域环境。而智慧水利数字孪生技术通过构建流域的数字模型,能够实时模拟和预测流域水资源的动态变化,为决策者提供更为准确和全面的信息支持。

### 3.3 增强流域水资源管理的风险防控能力

智慧水利数字孪生技术在增强流域水资源管理的风险防控能力方面发挥着至关重要的作用。传统的水资源管理往往依赖于人工监控和有限的数据分析,难以全面把握流域水资源的动态变化和潜在风险。而智慧水利数字孪生技术通过构建流域水资源的数字模型,能够实时监测和分析水资源的变化情况,及时发现潜在的风险和问题。

以某大型流域为例,通过智慧水利数字孪生技术的应用,管理部门能够精确掌握流域内各个区域的降雨量、水位、流量等关键数据。这些数据不仅为水资源调度提供了科学依据,还能够及时发现洪涝、干旱等极端天气事件的风险。通过构建风险预警模型,系统能够自动分析数据变化,预测潜在风险,并提前发出预警信息,为管理部门提供决策支持。此外,智慧水利数字孪生技术还能够对流域内的水资源进行精细化管理。通过模拟不同情景下的水资源配置方案,系统能够评估各种方案的风险和效益,为管理部门提供最优的决策依据。这种精细化管理不仅提高了水资源利用效率,还能够有效减少水资源浪费和环境污染。“智慧水利数字孪生技术为流域水资源管理带来了革命性的变革。”通过实时监测、风险预警和精细化管理等手段,智慧水利数字孪生技术为流域水资源管理提供了强大的技术支持,有效提升了风险防控能力,为流域的可持续发展提供了有力保障。

## 4 智慧水利数字孪生的发展趋势与前景

#### 4.1 智慧水利数字孪生技术的发展趋势

智慧水利数字孪生技术的发展趋势正日益显现,其对于流域水资源管理的深远影响不容忽视。随着大数据、云计算、人工智能等技术的融合应用,智慧水利数字孪生技术正朝着更高精度、更智能化的方向发展。例如,通过引入先进的传感器和监测设备,可以实现对流域水资源的实时监测和数据分析,从而更准确地掌握水资源分布和变化情况。同时,结合人工智能算法,可以构建出更为精细的水资源管理模型,为决策提供更加科学、可靠的依据。

展望未来,智慧水利数字孪生技术将继续发挥其在流域水资源管理中的重要作用。随着技术的不断升级和完善,相信智慧水利数字孪生将为我们提供更加精准、高效的水资源管理方案,为可持续发展和生态文明建设作出更大的贡献。

#### 4.2 智慧水利数字孪生在流域水资源管理中的应用前景

智慧水利数字孪生在流域水资源管理中的应用前景广阔。随着科技的不断发展,数字孪生技术将越来越成熟,其在水利领域的应用也将更加深入。通过构建流域水资源的数字孪生模型,可以实现对流域水资源的全面监控和精准管理,提高水资源利用效率,减少浪费和污染。同时,数字孪生技术还可以结合大数据、云计算等先进技术,对流域水资源进行智能分析和预测,为水资源管理提供更加科学、合理的决策支持。据预测,到2030年,全球将有超过70%的流域水资源管理将采用智慧水利数字孪生技术,这将极大地推动流域水资源管理的现代化和智能化进程。以我国某大型流域为例,近年来该流域引入了智慧水利数字孪生技术,建立了流域水资源的数字孪生模型。通过实时监测和分析,该流域成功实现了水资源的优化配置和高效利用,不仅提高了水资源利用效率,还有效减少了洪涝灾害的发生。这一案例充分证明了智慧水利数字孪生在流域水资源管理中的巨大潜力和应用价值。此外,智慧水利数字孪生技术的发展还将促进水利行业的创新和发展。随着技术的不断进步和应用范围的扩大,智慧水利数字孪生将成为水利行业的重要发展方向和增长点。同时,智慧水利数字孪生技术还将带动相关产业的发展,如大数据、云计算、物联网等,形成产业链协同发展的良好局面。

#### 5 结束语

《数字中国建设整体布局规划》明确指出:“构建以数字孪

生流域为核心的智慧水利体系”。建设数字孪生流域是全面加强流域治理管理的有力技术支撑,要以物理流域为单元、时空数据为底座、数字模型为核心、水利知识为驱动,对物理流域全要素和水利治理管理全过程进行数字化映射、智能化模拟、前瞻性预演,与物理流域同步仿真运行、虚实交互、迭代优化,实现对物理流域的实时监控、发现问题、优化调度。加快推进数字孪生流域建设,通过数字化、网络化、智能化手段,实现物理流域与数字流域全要素信息交互和深度融合,强化水利业务预报预警预演预案功能,将显著提升流域治理管理能力和水平,为贯彻落实国家“江河战略”提供科技平台支撑。

综上所述,在智慧水利的背景下,数字孪生技术为流域水资源管理带来了革命性的变革。通过构建数字孪生流域,我们能够更加精确地模拟和预测水资源的变化趋势,为水资源管理提供有力的决策支持。同时,数字孪生技术还能够实现实时监测和预警,帮助及时发现和解决水资源问题,提升流域水资源管理的效率和精度。然而,数字孪生技术的应用也面临着一些挑战和限制。例如,数据获取和处理的难度较大,需要借助先进的传感器和数据处理技术;数字孪生模型的构建和验证也需要耗费大量的时间和资源。因此,在推广和应用数字孪生技术时,需要充分考虑其可行性和实用性,结合实际情况进行具体的规划和实施。总之,数字孪生技术为流域水资源管理带来了重要的机遇和挑战。我们应该积极探索和应用这一技术,推动智慧水利建设的不断深入,为流域水资源的可持续利用和保护做出更大的贡献。

#### [参考文献]

- [1]夏润亮,李涛,余伟,等.流域数字孪生理论及其在黄河防汛中的实践[J].中国水利,2021,(20):11-13.
- [2]顿晓晗,王源楠,肖文,等.基于数字孪生技术的智慧水利应用研究[A]中国水利学会2021学术年会论文集第四分册[C].中国水利学会,中国水利学会,2021:4.
- [3]刘海瑞,奚歌,金珊.应用数字孪生技术提升流域管理智能化水平[J].水利规划与设计,2021,(10):4-6+10+88.
- [4]李民东,刘瑶.数字孪生技术在山东黄河水资源管理与调度中的应用研究[A]2021(第九届)中国水利信息化技术论坛论文集[C].河海大学、山东省水利科学研究院、山东水利学会,北京沃特咨询有限公司,2021:3.