

数字孪生技术在水资源管理工作中的应用思考

文 / 聂冬梅 泰州市姜堰区水利局

摘要：水资源是经济社会可持续发展的重要基础保障，水资源管理要保障经济社会高质量发展的用水需求，维系良好的生态，为经济社会的发展提供强有力的水资源支撑。数字孪生技术为水资源管理带来了前所未有的变革，为实现水资源的科学管理、高效利用和可持续发展提供了强大的技术支持。利用数字孪生技术，可以最大程度上提升水资源管理工作的工作效率，简化工作程序、缩短工作周期。与此同时，还有助于在原有水资源管理工作中适时提出规划方案，为有关政策的制定提供数据支持。本文对数字孪生技术在水资源管理工作中的应用效果进行了研究分析，针对存在问题，本文提出有关建议和应用优化策略，为促进数字化技术的应用，实现水资源可持续利用提供一定的技术支持。

关键词：数字孪生技术；水资源管理；水资源管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.078

前言

习总书记“十六字”治水思路和关于治水重要论述对新时期的水资源管理工作提出了新要求，当前，水资源管理要以水资源刚性约束制度建设为主线，科学优化水资源配置，从严从细管好水资源，做好河湖水资源保护和地下水综合治理，推动信息化建设和数字赋能，为经济社会的发展提供强有力的水资源支撑。面对新形势新要求，数字孪生技术的出现无疑为水资源管理带来了新的机遇和解决方案。数字孪生技术应用过程中，依托其高精度、高效率、自动化、海量的数据收集操作方式被普遍采用，为实现水资源的科学管理、高效利用和可持续发展提供了强大的技术支持。在此基础上，大数据、云计算等新技术还有助于促进地理信息的智能处理，提高地理信息的分析处理能力，进一步挖掘地理信息价值。因此，科学、合理将数字孪生技术应用于水资源管理之中，已经成为相关领域工作者必须思考的重要问题。

一、数字孪生技术概念

和众多前沿科技一样，数字孪生技术也是一种高度综合的技术体系，它融合了传感、数字信息、物理测量以及模型构建等多领域技术，实现了对实体对象特性在虚拟数字空间的再现。在数字孪生的运用中，最为核心的技术环节无疑是数字映射。在现阶段的社会进步中，数字孪生技术扮演着极其重要的角色。它在系统运行的全过程中，广泛应用于产品设计、生产制造、医疗分析等多个领域。在其实际应用场景中，数字孪生技术也展现出其独特的性质，以下是对其特性进行的深入探讨：

1) 数字孪生技术表现出显著的交互性，这意味着虚拟模型与现实物体在特性上保持一致，能够实现相互间的互动。当虚拟模型发生变化时，现实物体也会相应地做出反应；同样，现实物体的改变也会引起数字孪生技术的调整，确保两者保持同步，从而便于技术的实际运用。

2) 数字孪生技术拥有良好的伸缩性，它凭借技术

整合的优势，能够兼容并蓄多种设备。此外，它还具备增加新技术和替换数字模型的能力，可以根据需要更换不同规模、不同技术架构的模型，以确保技术应用能够达到最佳效果。

3) 数字孪生技术呈现出实时性，这一特性是基于其交互性的基础上形成的。具体来说，在技术应用的过程中，一旦外部事物的特征发生变化，且已经建立了数字孪生关系，虚拟模型也将即时作出相应的调整。



图一 数字孪生技术平台应用图

二、数字孪生技术的应用效果

数字孪生技术在水资源管理工作中的应用是多方面的，它通过创建虚拟模型，实现对水资源的实时监控、预警预测和决策优化，显著提升了水资源管理效率。

(一) 能够实现用水总量控制

加强水资源开发利用控制红线管理，严格实行用水总量控制对于保障水资源的可持续利用具有关键意义。数字孪生技术的应用能够根据实时的用水需求和水源供

应情况，智能优化调度策略。在保障居民生活用水和工农业生产用水的同时，最大限度地提高水资源的利用效率，减少浪费，借助强大的模拟和分析能力，数字孪生技术可以预测未来一段时间内的用水需求。考虑到人口增长、经济发展、气候变化等因素，为制定合理的用水量控制目标提供科学依据。

（二）能够实现对水资源的智慧管理

将数字孪生技术应用于水资源管理系统，数字孪生技术能够根据历史数据和预测模型，对未来的水资源需求进行准确预测。基于这些预测结果，管理者能够制定更加科学合理的水资源规划和调度方案，数字孪生技术可以模拟不同的规划方案对水资源系统的长期影响。例如，预测新的水利工程建设或水资源开发项目对周边生态环境、社会经济的潜在影响，从而帮助决策者制定更加科学、合理的规划方案，实现水资源的优化配置，提高水资源的利用效率。目前，水利部数字孪生平台已建设完成，它能够实现水利对象的多要素数字化映射，支持智能化模拟和精准化决策，在防洪和水资源管理与调配等领域发挥着重要作用。

（三）能够有效提升水资源监测水平

利用传感器、卫星遥感等技术手段，能够全面收集水资源的各种数据，如水位、流量、水质等，并将其同步到数字孪生模型中，能够实现对水资源的实时、动态监测、模拟和精准分析。管理者可以随时随地了解水资源的各项指标，及时发现潜在的问题，如水质污染、水位异常、水量异常等，并采取相应的措施进行处理，制定出更加科学合理的水资源保护方案，有效地保障水资源的安全。

（四）能够促进信息的交流与共享

数字孪生技术凭借其强大的信息集成和交互能力，极大地推动了水资源管理信息交流与共享，有利于打破部门信息壁垒，促进部门交流合作，在最大程度上发挥信息技术手段在水资源管理工作中的重要作用，为水资源可持续利用和优化决策提供了有力支持。

数字孪生技术在水资源管理中的应用是一个新兴且充满潜力的领域，它通过创建物理实体的虚拟副本，使得管理者能够在虚拟环境中对水资源系统进行监控、分析和优化。但在实际应用中数字孪生技术也存在技术集成与数据融合困难、技术复杂成本高、模型准确性和适应性不足，以及部门协作难、数据安全、相关人才缺乏等问题。针对这些问题，需要通过技术创新、标准制定、人才培养和政策引导等多方面的努力来解决。

三、数字孪生技术在水资源管理工作中应用的优化策略

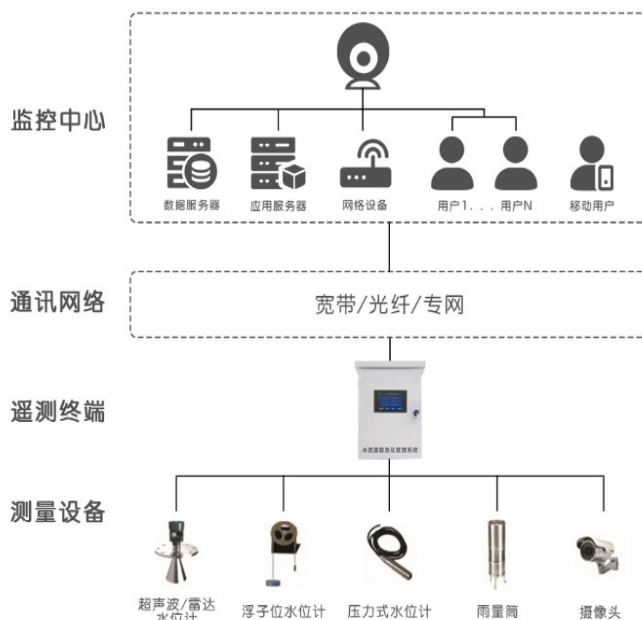
（一）建立统一的数据标准和管理平台

建立涵盖水利、环保、农业、规划等多部门的协同

管理平台，通过平台实现数据和信息的共享，制定统一的数据采集、存储和共享标准，广泛搜集与整理区域内水资源相关数据信息，确保不同来源的数据能够有效整合，构建一个综合性的水资源数字孪生系统，实现水资源数据的实时监测、分析和模拟，为决策提供全面、准确的数据支持。

（二）完善水资源监测和管理体系

依托大数据、数字遥感、卫星监控等先进技术进一步优化水资源监测方法，加大对监测设备的投入，建立高速稳定的通信网络，保证数据传输，优化和改进水资源监控模型，使之更加科学、合理，及时发现与排除可能出现的问题与不足之处，帮助水资源管理者提出相应优化及整改措施。建立基于大数据的水资源管理机制，通过数字孪生平台，加大部门之间交流协作，进一步完善水资源监管体系，共同推进水资源的科学管理和保护。



图二 水资源信息化监测图

（三）推动政策支持和资金投入

政府应加大对数字孪生技术在水资源管理中应用的政策支持力度，提供必要的资金支持，用于数字孪生技术研发、应用示范项目建设以及相关基础设施的完善。鼓励科研机构和企业积极参与，共同推进数字孪生技术的发展和应用。其次要制定和完善相关政策法规，为水利数字化的发展提供有力的法制保障。明确数字孪生技术产生的数据的法律地位和使用规则。保障公民、企业和机构在水资源数据采集、存储、使用过程中的合法权益。加大对水利数字化违法行为的打击力度，确保水利数字化发展的健康有序。政府应组织相关部门和专家制定和完善水利数字化标准，推动水利数字化建设的标准

化和规范化。另外，政府应建设水利数字化服务平台，为水资源管理者提供便捷的信息获取和交流渠道，提供线上交流、咨询、培训等功能，帮助解决水资源管理中遇到的问题，提高水资源管理效率。

（四）强化数据安全与隐私保护

随着数字化程度的不断提高，大量水资源管理数据将被采集、传输和应用。这些数据的安全性和隐私保护至关重要，要建立严格的数据安全管理制度，采用先进的加密技术和访问控制手段，强化网络安全防护，保障水资源数据的安全性和保密性，以防数字孪生系统遭受不良攻击，数据被非法篡改或泄漏。随着人工智能、区块链等尖端技术的不断进步，不妨尝试将这些技术与数字孪生技术融合，从而提升水资源管理的智能化水平与数据安全。同时，在数据采集和使用过程中，要充分尊重用户隐私，确保合规合法。

（五）持续优化和改进数字孪生系统建设

随着水资源管理涉及的领域和管理要求的不断变化，数字孪生系统需要与更多的相关系统进行无缝集成，高新技术的不断发展要求我们要将新的技术手段融入水资源管理的数字孪生应用中，我们应根据实际应用效果和用户需求变化，不断完善模型和算法，持续优化和改进数字孪生系统，提高系统的准确性和实用性。要建立数字孪生技术应用效果的评估和反馈机制。定期对数字孪生系统进行评估，通过应用效果对比和案例分析，发现问题和不足，为进一步优化和改进提供依据。用户体验和交互性也需要持续优化。要使水资源管理的相关人员能够更方便、更直观地使用数字孪生系统，提高决策的有效率和准确性。

（六）加强水利数字化人才培养和引进

数字孪生技术在水资源管理工作中的应用，需要专业的应用管理人才，需要跨学科的专业知识和技能，包括水利工程、信息技术、数据分析等。应建立人才培养和引进机制，为孪生技术的应用提供人才保障。政府可以加强与国内外先进水利数字化企业的交流与合作，引进国外先进的水利数字化技术和人才，建立长期稳定的合作关系，共同开展水利数字化项目的研究和开发。在培养人才方面，社会各界也应积极参与到水利数字化人才的培养和引进中来。例如，企业可以设立水利数字化岗位，为人才提供实践机会和职业发展平台；科研机构可以加强水利数字化技术的研究和创新，为人才培养提供技术支持和保障；媒体可以加强对水利数字化事业的宣传和推广，提高公众对水利数字化的认识和关注度。还可以设立水利数字化奖学金，鼓励更多的人才投身水利数字化事业。这些奖学金可以用于资助学生在水利数字化领域的学习和研究，也可以用于奖励在水利数字化实

践中做出突出贡献的人才。

另外，要加强对水资源管理人员的培训，让水资源管理人员能够更好地使用数字孪生技术，可以组织水资源管理人员到数字孪生技术应用较为成功的水资源管理单位进行实地观摩和学习，了解实际应用情况和效果。对数字孪生系统的操作方法进行系统培训，如何进行数据输入、模型运行和结果输出，能够清晰有效地展示分析结果。通过课程设置、实践操作等方式，提高他们的水利数字化素养和技能水平。

结束语

综上所述，数字孪生技术是实现水资源可持续利用的重要技术手段，已经在水资源管理领域得到越来越多的应用。这一技术的推广应用，对水资源管理工作起到积极的作用。科学、合理利用数字孪生技术，能够优化资源配置，实现对水资源的合理与高效利用，提升水资源的监测、预警、调度和保护能力，未来发展，应加强技术研究和政策支持，深度融合多源数据，提升模型精度，强化数据安全防护和人才培养，数字孪生技术将在水资源管理领域发挥更加重要的作用，助力实现水资源管理精细化、科学化，促进水资源可持续利用。

参考文献

- [1] 李自勇. 位山灌区数字孪生建设探析与未来展望[J]. 水上安全, 2024, (04): 52-54.
- [2] 徐丽娟. 基于智慧水利的数字孪生对流域水资源管理的影响探析[J]. 黑龙江水利科技, 2024, 52(02): 124-126.
- [3] 刘庆彪. 基于数字孪生技术的水资源高效利用研究[J]. 水上安全, 2024, (02): 70-72.
- [4] 司林波, 萧欣茹. 数字孪生何以破解黄河流域数字化治理的“碎片化”困境——基于整体性治理的运行框架[J]. 学习论坛, 2024, (01): 58-66.
- [5] 燕永建. 数字孪生技术与智慧水利系统的融合及应用[J]. 水电站机电技术, 2023, 46(11): 120-123.
- [6] 梁甜, 魏雨钧, 何银俊. 基于数字孪生技术的水资源管理系统设计[J]. 电脑与电信, 2023, (07): 70-74.
- [7] 边晓南, 张雨, 张洪亮, 李楠, 夏文君. 基于数字孪生技术的德州市水资源应用前景研究[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(06): 79-90.
- [8] 夏润亮, 李涛, 余伟, 李英睿. 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.
- [9] 刘海瑞, 奚歌, 金珊. 应用数字孪生技术提升流域管理智慧化水平[J]. 水利规划与设计, 2021, (10): 4-6+10+88.