

数字孪生黄河水利建设中应把握的重点和难点

黄保强¹ 高建强² 韩菲²

1. 黄河水土保持工程建设局 陕西西安 710000

2. 西安黄河规划设计有限公司 陕西西安 710000

摘要: 数字孪生技术作为新时代信息技术发展的前沿,通过虚拟仿真与现实系统的深度融合,为工程建设和管理提供了全新的思路和方法。在黄河水利建设中,数字孪生技术的应用不仅能够提高水利工程的规划设计、施工建设和运行管理效率,还能有效应对黄河流域复杂多变的自然条件和水文情势,提升黄河治理的科学性和系统性。因此,探讨数字孪生技术在黄河水利建设中的重点和难点,对推动黄河流域高质量发展具有重要意义,文章就此展开了探讨。

关键词: 数字孪生;黄河水利;建设重点;建设难点

引言

黄河是中国的母亲河,也是世界上含沙量最高、水情最复杂的河流之一。其流域内面临着水资源短缺、水土流失严重、洪水威胁大等诸多问题。近年来,国家高度重视黄河流域的生态保护和高质量发展,提出了一系列重大工程和治理措施。然而,传统的水利工程管理模式在应对复杂的水文情势和工程安全管理方面,存在一定的局限性。数字孪生技术的引入,为黄河水利建设提供了新的解决方案。

一、数字孪生技术概述

数字孪生技术作为一种新兴的数字化技术,已经在多个领域展现出其独特的优势和广泛的应用前景。数字孪生技术的核心在于利用物理实体的实时数据,通过物联网、传感器、云计算和人工智能等技术手段,在虚拟空间中构建一个与现实世界高度一致的数字模型。早在2002年,NASA就开始尝试将数字孪生应用于航天器的远程监控和维护,从而大大提高了其任务的安全性和可靠性。进入21世纪以来,随着计算能力和数据处理技术的飞速发展,数字孪生的概念得到了迅速普及和广泛应用。在工业4.0的背景下,数字孪生被认为是实现智能制造和数字化转型的重要支撑技术。其关键组成部分包括物理实体、虚拟模型和数据双向流动。通过实时采集和处理物理实体的数据,数字孪生可以实现对实体的实时监控、预测分析和优化控制。具体而言,传感器收集的实时数据通过物联网传输到云端进行处理和分析,形成虚拟模型后,再通过算法进行预测和优化,从而反过来

指导物理实体的运行。这种闭环反馈机制使得数字孪生能够在设备管理、城市规划、医疗健康等多个领域发挥重要作用。根据Gartner的预测,到2021年,50%的大型工业企业将采用数字孪生技术,显著提升其运营效率和创新能力。因此,数字孪生技术作为一种融合了多种先进技术的新型工具,正在引领各行各业向着更高效、更智能的方向发展。

二、数字孪生黄河水利建设中的重点

1. 数据的准确性和实时性

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中,数据的准确性和实时性至关重要。高质量的传感器和先进的数据采集技术确保能够实时监测黄河流域的水文、气象和环境数据。这些数据的准确性直接关系到数字孪生模型的精度和有效性。通过部署在黄河沿线的各类传感器,如水位传感器、气象站和水质监测仪,实时获取流域的各项数据,再通过物联网技术将这些数据传输到云端进行处理和分析。在此过程中,数据的高频采集和快速传输是保证实时性的重要因素,而数据的校验和清洗则确保了数据的准确性。这些准确、实时的数据不仅能够反映当前黄河的状态,还能通过历史数据的积累,进行趋势分析和预测,为水利工程的规划、设计和运营提供科学依据。通过高精度的实时数据,管理者能够及时做出决策,预防洪水、干旱等自然灾害,确保黄河流域的安全和可持续发展。

2. 系统的集成和互操作性

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中,系统的集成和互操作性是确保项目成功的关键因素。黄河水利建

设涉及多个复杂的系统和设备，包括水文监测系统、气象预警系统、环境监控系统等，这些系统各自独立运行，需要通过数字孪生技术将它们有机整合，实现数据的互通共享。通过建立统一的数据标准和接口协议，可以实现不同系统之间的无缝连接，确保数据在各系统间的高效传递和协同处理。先进的中间件和集成平台可以帮助协调各系统的操作，确保数据的一致性和可靠性。互操作性不仅提高了系统的灵活性和可扩展性，还能通过优化资源配置和信息共享，提升整体管理效率。集成和互操作性使管理者能够实时监控黄河流域的动态变化，进行全面、准确的分析，从而做出科学合理的决策，确保水利工程的安全和高效运行。这种系统化的集成和互操作性为黄河流域的综合治理和可持续发展提供了坚实的技术支撑。

3. 模型的精确性和可靠性

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中，模型的精确性和可靠性至关重要。高精度的数字模型基于大量准确的历史和实时数据，通过先进的算法和仿真技术进行校准和优化，确保模型能够真实反映物理实体的状态和行为。为此，需要从多个数据源获取丰富的数据，包括水文监测数据、气象数据、地质数据和工程数据等，并进行严格的数据验证和清洗，剔除错误和异常值，保证数据的准确性和完整性。基于这些高质量的数据，使用复杂的数学模型和仿真工具构建数字孪生模型，通过多次模拟和验证，不断提高模型的精确性。模型的可靠性还依赖于对各种极端条件和突发事件的模拟能力，如洪水、干旱和地质灾害等，确保在各种情况下模型都能提供准确的预测和分析。精确且可靠的数字孪生模型为管理者提供了科学依据，支持他们在水利工程的规划、设计、运营和维护过程中做出明智决策，确保黄河流域的长期安全和可持续发展。

三、数字孪生黄河水利建设中的难点

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中，面临的难点主要包括以下几个方面。1) 数据获取的难度和成本问题。黄河流域范围广阔，环境复杂，全面覆盖并实时获取高质量数据需要大量传感器和数据采集设备的部署，成本高昂，且部分区域的数据采集受限于自然条件和技术手段。2) 技术与传统方法的融合难题。数字孪生技术作为新兴技术，需要与现有的传统水利管理和工程技术相结合，这要求技术人员具备跨领域的知识和技能，同时需要进行大量的技术改造和升级，增加了技术应用的

复杂性。3) 系统的复杂性和维护挑战。数字孪生系统由多个子系统和组件组成，包括数据采集、传输、存储、分析和展示等，各部分之间的协调和维护需要高度的专业技能和经验，系统运行过程中任何一个环节出现问题，都可能影响整体功能的发挥。4) 安全性和隐私保护问题。数字孪生系统中涉及大量的实时数据和敏感信息，这些数据的安全传输、存储和处理需要严密的安全措施，以防止数据泄露和系统遭受网络攻击，保障数据的隐私和系统的稳定运行。这些难点的存在，对数字孪生技术在黄河水利建设中的广泛应用提出了严峻的挑战，需要各方共同努力，通过技术创新、政策支持和跨领域合作来逐步克服，实现黄河水利管理的智能化和高效化。

四、解决重难点的策略

1. 提升政策支持和资金投入

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中，政策支持和资金投入是至关重要的两个方面。政策支持是推动技术应用和发展的基石，政府应制定相关政策和法规，鼓励数字孪生技术在水利建设中的应用。例如，出台财政补贴政策，降低企业和科研机构在技术研发和设备购置中的资金压力，同时简化审批流程，加快项目实施进度。此外，应建立多部门协同机制，确保各级政府、科研机构和企业执行政策中保持一致，共同推动数字孪生技术的落地和推广。资金投入则是实现技术应用的物质保障，数字孪生技术的研发、设备采购、系统集成和维护都需要大量资金投入，政府应通过多种渠道筹集资金，设立专项基金，支持技术创新和产业化发展。鼓励社会资本和金融机构参与，拓宽融资渠道，形成多元化的投资体系，推动技术的规模化应用。在资金分配上，应重点支持基础研究、关键技术攻关和示范项目建设，确保技术的持续创新和突破。

2. 加强技术创新和人才培养

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中，技术创新和人才培养是确保成功的两个关键因素。技术创新是推动数字孪生技术不断发展的动力源泉，需要在多个方面进行持续的研究和突破。科研机构和企业应加大对核心技术的研发投入，重点攻克数据采集、传输、处理和数据分析中的难题，提升传感器的精度和耐用性，优化数据处理算法和模型仿真技术，确保数字孪生系统的高效运行和精准预测。同时，应积极探索人工智能、大数据、云计算等先进技术在数字孪生中的应用，提升系统的智能化水平和决策支持能力。人才培养是技术创新的基础，

只有拥有高素质的专业人才，才能推动技术的持续进步和广泛应用。应加强高校与科研机构、企业的合作，建立产学研结合的人才培养模式，通过设立专项培训计划、举办技术交流会议和建立实训基地等方式，培养一批既掌握水利工程知识又具备数字技术技能的复合型人才。政府和企业应提供良好的职业发展环境和激励机制，吸引和留住优秀人才，激发他们的创新活力和工作热情。通过技术创新和人才培养的双轮驱动，可以不断提升数字孪生技术的应用水平，为黄河水利建设提供强有力的技术支持和智力保障，实现智能化、科学化的水利管理目标。

3. 进行多方协作和数据共享

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中，多方协作和数据共享是实现技术高效应用的关键环节。黄河水利建设涉及多个部门和领域，包括水利、环保、气象、地质等，每个部门掌握的数据和技术都对数字孪生系统的构建至关重要。因此，需要建立跨部门的协作机制，促进各方在数据采集、处理、分析等方面的合作与交流。政府应牵头组织协调，制定明确的合作框架和工作流程，确保各部门在政策、技术和资源方面的有效对接和协同工作。数据共享是实现多方协作的基础，通过建立统一的数据标准和接口协议，各部门可以实现数据的无缝对接和高效共享，避免信息孤岛和重复建设问题。应建设共享数据平台，集中存储和管理各类水利相关数据，确保数据的及时更新和高效利用。数据共享不仅可以提高数字孪生系统的准确性和可靠性，还能促进各部门间的协同创新和综合决策。各部门应加强信息交流和技术合作，通过定期召开联席会议、技术研讨会等形式，分享经验和成果，探讨解决问题的方案。多方协作和数据共享不仅可以提升数字孪生技术的应用效果，还能推动黄河水利建设的整体优化和资源的高效配置，实现生态保护和经济发展的双赢目标。通过这种协作和共享模式，可以最大限度地发挥各方的优势，推动黄河流域的智能化、科学化治理。

4. 制定标准和规范

在数字孪生技术应用于黄河水利建设中，制定标准和规范是确保技术有效实施和推广的基础。标准和规范的制定能够统一技术语言，明确技术要求，规范操作流

程，从而提高系统的兼容性和互操作性，减少因技术不统一导致的混乱和低效。首先，应建立全面的数据标准体系，涵盖数据采集、传输、存储和处理等各个环节，确保数据的格式、精度、频率和质量的一致性，为数字孪生模型提供高质量的数据支撑。此外，应制定数字孪生系统的技术标准和操作规范，包括模型构建、仿真算法、系统集成、实时监控和预测分析等方面，确保各子系统和组件能够无缝集成和高效协同工作。标准和规范还应包括安全和隐私保护措施，明确数据安全管理和隐私保护的要求，防范数据泄露和系统攻击，保障系统的稳定运行和数据的安全性。为此，应成立由政府、科研机构、企业和行业专家组成的标准化委员会，负责标准和规范的制定、发布和更新工作，并监督执行情况。定期开展标准化培训和宣传活动，提高相关人员的标准化意识和技能，确保标准和规范在实际操作中的有效落实。通过制定和实施标准和规范，可以统一技术标准，规范操作流程，提升系统的兼容性和互操作性，确保数字孪生技术在黄河水利建设中的高效应用和持续发展。

结束语

数字孪生黄河水利建设是新时代水利高质量发展的必由之路，是智慧水利建设的重要组成部分。面对重重挑战和复杂任务，需坚持创新驱动、需求牵引、应用至上的原则，把握算据、模型、算力、业务应用等关键环节，加强技术攻关和先行先试，不断积累经验和成果。同时，还需加强人才培养和团队建设，提升整体技术水平和创新能力。相信在全社会的共同努力下，数字孪生黄河水利建设一定能够取得丰硕成果，为黄河流域生态保护和高质量发展提供有力支撑和强力驱动。

参考文献

- [1] 蔡阳. 以数字孪生流域建设为核心构建具有“四预”功能的智慧水利体系[J]. 中国水利, 2022(20)
- [2] 谢文君, 李家欢, 李鑫雨, 等. 《数字孪生流域建设技术大纲(试行)》解析[J]. 水利信息化, 2022(4)
- [3] 成建国. 数字孪生水网建设思路初探[J]. 中国水利, 2022(20)