

数字化技术在水利工程建设管理中的应用研究

王凯丽

(山东龙跃兴设计集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘要 水利工程的建设和管理直接关系到国家的水安全、水资源利用效率和生态环境的保护。然而, 传统的水利工程建设管理方式往往依赖于人工操作和经验判断, 存在效率低、精度差、响应速度慢等问题。而数字化技术在水利工程建设管理中的应用, 为解决这些问题提供了新的途径。因此, 本文认为探索数字化技术在水利工程建设管理中的应用, 不仅是提升工程管理效率和质量的迫切需求, 也是推动水利行业高质量发展的必由之路。

关键词 水利工程建设管理; 数字化技术; 地理信息系统; 遥感技术; 数字孪生技术

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.035

0 引言

水利工程是国民经济和社会发展的基础设施, 其建设管理涉及多个环节和复杂的技术问题。传统的建设管理方法在面对日益复杂的水利工程时, 往往显得力不从心。数字化技术的引入为水利工程建设管理带来了新的机遇^[1]。本文从水利工程建设管理的各个环节出发, 探讨数字化技术的应用现状和未来发展趋势。

1 数字化技术在水利工程规划中的应用

1.1 地理信息系统 (GIS)

地理信息系统 (GIS) 在水利工程规划中的应用不仅限于空间数据的采集和处理, 还涉及复杂的数据分析和可视化。通过 GIS 技术, 工程师可以将多种地理数据叠加分析, 生成详细的地形图、水文图和土地利用图, 为水利工程的选址和设计提供全面的数据支持。例如: 在跨流域调水工程中, GIS 技术可以分析不同区域的水资源分布和需求, 优化调水路线和工程布局。GIS 还可以用于评估工程对环境的影响, 帮助制定环保措施, 确保工程的可持续发展。

1.2 遥感技术

遥感技术在水利工程规划中的应用范围广泛, 能够提供高分辨率的地表信息, 支持多种水利工程项目的实施。例如: 在干旱地区的水资源调查中, 遥感技术可以监测地下水位和土壤湿度, 为水资源管理和灌溉规划提供数据支持。在河流治理工程中, 遥感技术可以实时监测河道变化和泥沙淤积情况, 帮助制定有效的治理方案。遥感技术还可以用于监测水库和湖泊的水质变化, 为水环境保护提供科学依据。

1.3 数字孪生技术

数字孪生技术在水利工程规划中的应用不仅限于虚拟模型的构建, 还涉及实时数据集成和动态模拟。通过数字孪生技术, 工程师可以在规划阶段对水利工程进行全面的仿真分析, 预测不同设计方案的效果和潜在问题。例如: 在大型水电站规划中, 数字孪生技术可以模拟电站运行时的水流动态、发电效率和环境影响, 帮助优化设计方案^[2]。数字孪生技术还可以用于监测工程的施工进度和质量, 确保工程按计划进行, 提高工程管理的效率和精度。

2 数字化技术在水利工程设计中的应用

2.1 计算机辅助设计 (CAD)

计算机辅助设计 (CAD) 技术在水利工程设计中的应用, 不仅提升了设计效率, 还增强了设计的精确性和可视化效果。通过 CAD 软件, 设计人员能够进行复杂的水利工程结构设计, 如大坝、渠道、泵站等, 并生成详细的二维和三维图纸。这些图纸不仅便于施工人员理解, 还能进行工程量的精确计算和材料预算。此外, CAD 技术还支持多种工程分析, 如应力分析、热传导分析和流体动力学分析, 帮助设计人员优化结构设计, 确保工程的安全性和耐久性。例如: 在大型水库设计中, CAD 技术可以模拟水库在不同水位下的应力分布, 为结构设计提供科学依据。

2.2 建筑信息模型 (BIM)

建筑信息模型 (BIM) 技术在水利工程设计中的应用, 实现了工程设计、施工和运营的全生命周期管理。通过 BIM 技术, 设计人员可以构建水利工程的三维信

息模型,集成设计、施工和运营阶段的所有数据。这种集成化的管理方式,不仅提高了设计效率,还减少了设计错误和施工变更。例如:在大型水电站设计中,BIM技术可以用于模拟电站的施工过程,进行碰撞检测和施工进度管理,优化施工方案,减少施工风险。BIM技术还可以用于工程的后期运营和维护,提供详细的结构信息和维护计划,延长工程的使用寿命。

2.3 数值模拟技术

数值模拟技术在水利工程设计中的应用,为复杂的水流、泥沙和水质问题提供了科学的解决方案^[3]。通过数值模拟技术,设计人员可以建立水利工程的数学模型,模拟工程建成后的运行效果,预测潜在问题,优化设计方案。例如:在河流治理工程中,数值模拟技术可以用于模拟河道的水流动态和泥沙淤积情况,帮助设计人员制定有效的治理方案。在污水处理厂设计中,数值模拟技术可以用于模拟污水处理过程,优化处理工艺,提高处理效率。

3 数字化技术在水利工程施工中的应用

3.1 施工管理系统

施工管理系统在水利工程施工中的应用,不仅提升了项目管理的效率,还增强了施工过程的透明度和可控性。通过施工管理系统,项目管理人员可以实时监控施工进度、资源使用情况和施工质量,及时发现和解决问题,确保工程按计划进行。例如:在大型水库施工中,施工管理系统可以用于监控混凝土浇筑进度、钢筋绑扎质量和施工机械的运行状态,优化施工资源配置,减少施工延误。此外,施工管理系统还可以集成安全管理模块,实时监控施工现场的安全状况,预防安全事故的发生。

3.2 无人机技术

无人机技术在水利工程施工中的应用,为施工监测和地形测绘提供了高效、精准的解决方案。通过无人机技术,可以快速获取施工现场的高分辨率影像和地形数据,为施工管理提供全面的数据支持。例如:在大型渠道施工中,无人机技术可以用于监测渠道开挖进度、边坡稳定性和施工质量,及时发现和解决施工问题。在河流治理工程中,无人机技术可以用于监测河道变化和泥沙淤积情况,为施工方案调整提供数据支持。此外,无人机技术还可以用于施工现场的安全巡查,实时监控施工现场的安全状况,预防安全事故的发生。

3.3 智能施工设备

智能施工设备在水利工程施工中的应用,通过集成传感器、控制系统和通信技术,实现了施工过程的自动化和智能化^[4]。通过智能施工设备,可以提高施工效率,降低施工风险,确保施工质量。例如:在混凝土浇筑中,智能振捣设备可以自动控制振捣时间和频率,确保混凝土的密实性和均匀性,提高混凝土浇筑质量。在土方开挖中,智能挖掘机可以自动识别土质和地形,优化挖掘路径和深度,提高开挖效率。智能施工设备还可以实时监控设备的运行状态和施工参数,及时发现和解决设备故障,减少施工延误。

4 数字化技术在水利工程运营和维护中的应用

4.1 物联网技术

物联网技术在水利工程运营和维护中的应用,通过传感器和通信设备的广泛部署,实现了对工程运行状态的实时监控和数据的全面采集。通过物联网技术,水利工程的管理人员可以实时获取大坝、渠道、泵站等关键设施的运行数据,如水位、流量、压力、温度等,及时发现和处理潜在问题。例如:在水库运营中,物联网技术可以用于监控大坝的位移、渗流、应力等关键参数,及时发现安全隐患,采取相应的维护措施。在泵站运营中,物联网技术可以实时监控水泵的运行状态,如振动、温度、电流等,及时发现设备故障,减少停机时间。物联网技术还可以用于水资源的智能调度和管理,通过实时监测水库和河流的水位和流量,优化水资源的分配和利用,提高水资源的利用效率。

4.2 大数据分析

大数据分析技术在水利工程运营和维护中的应用,通过对海量数据的挖掘和分析,为工程管理提供了科学的决策支持。通过大数据分析技术,水利工程的管理人员可以从历史数据中提取有价值的信息,预测未来的运行趋势和潜在问题。例如:在洪水预警系统中,大数据分析技术可以用于分析历史洪水数据,如降雨量、河流水位、洪水淹没范围等,预测未来洪水发生的可能性和影响范围,为防洪决策提供科学依据。在水库运营中,大数据分析技术可以用于分析水库的水位、流量、泥沙淤积等数据,预测水库的运行状态和潜在问题,优化水库的调度和管理。大数据分析技术还可以用于水资源的优化配置,通过分析不同区域的水资源需求和供应情况,合理的水资源分配方案,提高水资源的利用效率。

4.3 人工智能技术

人工智能技术在水利工程运营和维护中的应用,通过机器学习和深度学习算法,实现了对工程设备的智能诊断和预测维护。通过人工智能技术,水利工程的管理人员可以自动识别和诊断设备的故障,预测设备的维护需求,减少设备的停机时间和维护成本^[5]。例如:在水泵站运营中,人工智能技术可以用于分析水泵的运行数据,如振动、温度、电流等,识别水泵的异常状态,预测水泵的故障和维护时间,优化维护计划。在大坝运营中,人工智能技术可以用于分析大坝的位移、渗流、应力等数据,识别大坝的潜在安全隐患,预测大坝的维护需求,确保大坝的安全运行。

5 数字化技术在水利工程建设管理中的发展趋势

5.1 智能化

水利工程建设的智能化发展将依托人工智能技术的深度应用,构建具备自主感知与决策能力的系统架构。通过部署多维传感器网络与边缘计算节点,工程现场可实现对结构应力、水流动态、地质形变等关键参数的毫秒级采集。机器学习算法将突破传统阈值报警模式,建立基于历史数据与实时工况的自适应预警模型,实现对渗流异常、结构疲劳等隐患的预判式监测。在决策支持层面,知识图谱技术将整合水利规范、工程经验与实时数据,构建覆盖规划、设计、施工、运维全链条的智能推理引擎。这种认知计算能力可使管理系统自主生成多目标优化方案,在防洪调度、水资源配置等复杂场景中实现动态寻优。未来,具备自主演进能力的数字孪生体系将成为标配,通过深度强化学习持续改进工程运行策略,形成人机协同的智慧水利生态。

5.2 集成化

技术融合将催生水利工程全要素数字化集成平台。基于 BIM+GIS 的三维可视化底座,将整合工程地质勘探数据、水文气象信息与结构设计模型,实现宏观地理空间与微观构件层级的精准映射^[6]。物联网设备产生的施工进度、材料质量、环境监测等动态数据流,将通过统一数据中台进行标准化清洗与关联分析。这种多维数据融合能力使项目管理突破传统单阶段局限,形成贯穿可研论证到退役拆除的全生命周期数字档案。在跨系统协同方面,区块链技术将构建可信数据交换网络,确保设计单位、施工单位、监管部门间的数据主权与追溯机制。通过开发开放式 API 接口,各类专业软件将实现功能模块的即插即用,例如将水力仿真

结果直接反馈给结构安全评估系统。这种集成化体系最终将形成数字孪生驱动的闭环管控,为工程决策提供全景式数据支撑。

5.3 云端化

水利工程管理将向云原生架构全面演进,构建弹性可扩展的计算资源池。分布式云平台可动态分配算力资源,支持大规模水文模拟、三维渲染等计算密集型任务。基于微服务架构的业务系统,能够按需组合洪水预报、应急预案等模块,实现管理功能的敏捷迭代。在数据治理层面,时空数据库引擎将结构化存储海量监测数据,结合流式计算框架实现 TB 级数据的实时清洗与特征提取。跨地域的工程协同将依托云端工作空间,支持多方同步标注设计图纸、在线会审施工方案。安全体系将采用零信任架构,通过动态令牌与属性加密技术,确保敏感数据在共享过程中的细粒度权限控制^[7]。边缘云节点的部署可解决偏远工程现场的网络延迟问题,实现本地预处理与云端深度分析的协同计算。

6 结束语

在水利工程建设管理中应用数字化技术,可以提高水利工程的管理效率,降低成本和风险,提高工程质量和安全性。未来,随着技术的不断发展和创新,数字化技术在水利工程建设管理中的应用将更加智能化、集成化和云端化,为水利工程的建设和管理提供更加科学、高效和安全的解决方案。

参考文献:

- [1] 王思远.水利工程建设管理中数字化技术的应用与前景展望[J].黑龙江水利科技,2025,53(02):131-134,139.
- [2] 任天翔,直万里.水利工程建设管理数字化应用研究[J].海河水利,2024(12):95-99.
- [3] 莫礼霞.水利工程管理中存在的问题与对策[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(三).北海市水利工程管理中心,2024.
- [4] 张晓娟.数字化技术在水利水电工程建设中的应用研究[J].数字通信世界,2024(07):124-126.
- [5] 周演腾.水利工程建设中数字化管理技术应用探讨[J].水上安全,2024(13):47-49.
- [6] 王靓.水利工程运行中数字化管理技术应用探讨[J].长江信息通信,2023,36(03):163-165.
- [7] 赵宇飞,祝云宪,姜龙,等.水利工程建设管理信息化技术应用[M].北京:中国水利水电出版社,2018.