

智能化技术在水利工程管理中的应用研究

吴 锐

河南省水利第二工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文围绕智能化技术在水利工程管理中的应用展开研究, 阐述水利工程管理相关理论与智能化技术核心内涵, 分析物联网、大数据、数字孪生等技术在工程监测、调度、运维等场景的具体应用, 剖析当前技术应用中存在的集成不足、基础设施滞后、人才短缺等问题及成因, 结合行业发展需求, 从技术、管理、人才三个层面提出优化对策, 为推动水利工程管理数字化转型、提升管理效能、保障水资源可持续利用提供理论与实践参考。

关键词: 智能化技术; 水利工程管理; 应用

引言: 水利工程是保障防洪抗旱、优化水资源配置、维护生态平衡的重要基础设施, 其管理水平直接关系到工程安全与效益发挥。传统水利工程管理依赖人工操作, 存在效率低下、监测滞后、决策不科学等局限, 难以适配新时代水利管理高质量发展需求。随着人工智能、物联网等技术的快速发展, 智能化赋能成为破解管理难题的关键路径, 因此, 深入研究智能化技术在水利工程管理中的应用, 具有重要的现实意义与应用价值。

1 相关理论与技术基础

1.1 水利工程管理相关理论

(1) 水利工程管理的内涵与核心任务: 内涵是对水库、堤防等各类水利设施的全流程管理, 核心是保障工程安全运行、水资源合理配置, 遵循科学、依法、安全原则, 兼顾防洪抗旱、生态保护等多维度需求, 实现水资源可持续利用。(2) 传统水利工程管理的模式与局限: 模式以人工巡检、经验决策为主, 依赖线下操作; 局限在于人工成本高、数据采集滞后, 存在“重建轻管”问题, 各环节脱节, 无法实现实时监测与早期预警, 难以适配复杂水利工程的管理需求。

1.2 智能化技术核心概念与分类

(1) 智能化技术的定义与核心特征: 定义是依托人工智能、大数据等手段, 使系统具备感知、学习、决策能力的技术集合; 核心特征体现为数据驱动、自主学习、精准交互, 可实现自动化、智能化高效运行。(2) 水利工程管理中常用的智能化技术类型: 主要包括物联网感知技术、大数据分析技术、数字孪生技术, 以及自动化控制技术, 可分别实现数据采集、数据分析、场景模拟与远程操控, 适配水利管理多场景需求。

1.3 智能化技术在水利领域的应用基础

(1) 数据采集与传输基础: 构建“天空地水”一体化感知网络, 通过各类传感器采集水位、雨量等数据, 依

托5G、光纤等技术实现数据实时传输, 为后续分析提供精准数据源。(2) 智能分析与决策基础: 基于云计算、AI算法, 对海量水利数据进行处理, 挖掘数据价值, 实现水情预测、故障预警等功能, 为管理决策提供科学支撑。

(3) 系统集成与运维基础: 整合各智能化模块, 打破数据孤岛, 构建统一管理平台, 建立常态化运维机制, 保障智能化系统稳定、高效运行, 降低运维成本。

2 智能化技术在水利工程管理中的具体应用

2.1 智能监测技术的应用

(1) “天空地水工”一体化监测系统应用: 整合卫星遥感、无人机航拍、地面传感器、水下探测设备及工程内部监测节点, 构建全方位、无死角的监测体系, 打破传统监测碎片化局限, 实现水库、堤防、涵闸等工程全范围覆盖, 可快速捕捉工程全域运行状态, 提升监测的全面性与高效性。(2) 水文、工情及结构安全参数实时监测: 针对水位、雨量、流量等水文参数, 以及坝体沉降、渗流量、边坡位移等工情和结构安全参数, 部署高精度传感器, 实现24小时不间断实时采集, 精准捕捉参数细微变化, 为工程安全运行提供基础数据支撑, 避免因参数监测不及时导致的安全隐患^[1]。(3) 监测数据的实时处理与反馈: 依托边缘计算技术, 对采集的海量监测数据进行实时筛选、清洗与分析, 剔除无效数据, 提取关键信息, 通过智能平台快速反馈至管理终端, 同时自动生成数据报表, 便于管理人员实时掌握工程运行动态, 及时发现异常并启动处置流程。

2.2 智能调度与优化技术的应用

(1) 基于大数据的水资源调度优化: 整合区域水资源总量、用水需求、气象预报等多源数据, 通过大数据分析算法, 构建水资源调度优化模型, 实现生活、生产、生态用水的动态分配, 提升水资源利用效率, 缓解水资源供需矛盾, 实现水资源合理配置。(2) 防洪抗旱

“四预”功能实现：借助智能化技术，实现防洪抗旱预报、预警、预演、预案“四预”一体化，通过水文气象数据精准预报水情变化，及时发布预警信息，利用模拟技术开展预演推演，优化应急预案，提升防洪抗旱应急处置能力，最大限度减少灾害损失。（3）水利工程运行参数智能调控：基于实时监测数据和智能分析结果，对闸门开度、泵站转速等工程运行参数进行自动调控，替代传统人工操作，实现工程运行的精准化、自动化，降低人工操作误差，提升工程运行效率，保障工程运行安全稳定^[2]。

2.3 数字孪生与可视化技术的应用

（1）水利工程数字孪生平台构建：以水利工程实体为原型，整合工程设计、建设、运行等全生命周期数据，构建数字孪生模型，实现工程实体与数字模型的精准映射。平台集成监测、调度、运维等各类数据，为工程管理提供数字化、虚拟化管理载体。（2）工程运行状态可视化监控：通过数字孪生平台，实现工程运行状态的可视化展示，将水位、流速、设备运行状态等参数以图形化、可视化形式呈现，管理人员可直观掌握工程全域运行态势，快速发现运行异常，提升管理的直观性和高效性。（3）模拟推演与应急预案优化：利用数字孪生模型，模拟不同水文、气象条件下工程的运行状态，开展洪涝、干旱等灾害模拟推演，检验应急预案的可行性。根据推演结果，优化应急预案，完善防控措施，提升工程应对突发灾害的能力。

2.4 智能运维与安全预警技术的应用

（1）设备故障智能诊断与维修养护：通过传感器实时监测水泵、闸门等设备的运行参数，结合AI故障诊断算法，自动识别设备异常状态，精准定位故障位置并推送维修建议，同时制定智能化养护计划，实现设备运维的精细化、高效化，降低设备故障率。（2）安全风险分级预警与处置：结合监测数据、历史隐患记录等信息，建立安全风险分级标准，运用智能算法对工程安全风险进行实时评估，划分风险等级。针对不同等级的风险，自动发布对应的预警信息，明确处置流程和防控措施，提醒管理人员及时采取防控行动，实现安全风险的精准管控，防范安全事故发生^[3]。（3）日常运行管理业务智能化融合：将巡检、报表、审批等日常管理业务整合至智能管理平台，实现业务流程自动化、线上化，减少人工干预，提升管理效率，同时实现各业务数据互联互通，为工程管理决策提供全面支撑。

3 智能化技术应用的现存问题与成因分析

3.1 智能化技术应用中的现存问题

（1）技术集成难度大，系统兼容性不足：当前水利工程智能化应用多采用不同厂商的技术和设备，各系统独立建设、标准不一，缺乏统一的接口规范，导致技术集成难度较大。不同系统间数据无法顺畅互通、功能难以协同，形成“信息孤岛”，大幅降低了智能化技术的应用效能，无法实现全流程智能化管理。（2）基础设施滞后，监测覆盖不够全面：部分老旧水利工程未完成智能化改造，现有监测设备老化、精度不足，且偏远区域、水下等特殊部位监测设备部署不足，导致监测覆盖存在盲区。同时，通信传输设施不完善，部分区域数据传输不稳定，影响监测数据的实时性和准确性。（3）数据安全风险突出，共享机制不完善：水利工程监测、调度等数据涉及公共安全和水资源安全，部分系统缺乏完善的安全防护措施，易遭受网络攻击、数据泄露等风险。此外，数据共享机制不健全，各部门、各工程间数据壁垒明显，数据利用率低，无法充分发挥数据的核心价值。

3.2 问题产生的核心成因

（1）技术层面：核心技术自主化不足：水利智能化核心技术多依赖进口，自主研发能力薄弱，关键芯片、智能算法等核心环节受制于人。同时，技术适配性不足，通用智能化技术与水利工程特殊场景结合不够紧密，难以满足复杂水利工程的个性化管理需求。（2）管理层面：管理制度与标准不健全：缺乏统一的水利智能化标准和管理规范，对技术选型、系统建设、数据管理等环节缺乏明确要求，导致各单位建设随意性大。此外，管理制度滞后，未形成适配智能化应用的运维、考核机制，影响技术应用的长效性。（3）人才层面：复合型专业人才短缺：水利工程智能化需要既掌握水利工程专业知识，又熟悉人工智能、大数据等智能化技术的复合型人才。目前此类人才储备不足，现有人员技术更新不及时，难以满足智能化系统建设、运维和管理的实际需求，制约了技术应用的推进。

4 优化智能化技术在水利工程管理中应用的对策建议

4.1 技术层面：强化技术创新与集成应用

（1）推进核心技术自主研发与推广：加大对水利智能化核心技术的研发投入，聚焦关键芯片、智能算法、数字孪生等核心领域，联合科研院所、企业开展攻关，突破技术瓶颈，提升核心技术自主化水平。同时，筛选成熟适用的自主研发技术，在各类水利工程中试点推广，总结应用经验，逐步实现核心技术替代进口，降低技术依赖风险，适配水利工程特殊管理场景需求。（2）优化系统集成，提升兼容性：制定统一的技术接口规范

和系统建设标准,规范各厂商技术选型和设备配置,打破不同系统间的技术壁垒。推动现有智能化系统的升级改造,整合分散的监测、调度、运维等模块,构建统一的智能化管理平台,实现各系统数据互通、功能协同,彻底解决“信息孤岛”问题,提升智能化技术的整体应用效能^[4]。(3)完善“天空地水工”一体化监测体系:针对基础设施滞后、监测覆盖不足的问题,加大监测设备更新和部署力度,更换老化、低精度设备,在偏远区域、水下等监测盲区补充部署高精度传感器和探测设备。升级通信传输设施,依托5G、光纤等技术,保障监测数据实时、稳定传输,实现对水利工程全域、全要素的精准监测。

4.2 管理层面:健全制度标准与保障体系

(1)完善智能化管理相关制度与技术标准:结合水利工程智能化发展实际,制定完善的管理制度和技术标准,明确技术选型、系统建设、数据管理、运维考核等各环节的要求,规范智能化应用全流程。建立动态更新机制,根据技术发展和应用需求,及时修订完善相关标准,确保制度标准的科学性和适用性。(2)建立数据共享机制,规范数据治理:打破部门、工程间的数据壁垒,建立跨区域、跨部门的数据共享平台,明确数据共享范围、流程和责任,推动水利监测、调度、运维等数据有序共享。同时,完善数据安全防护体系,建立数据分级分类管理机制,加强网络安全防护,防范数据泄露、网络攻击等风险,保障数据安全,提升数据利用率^[5]。(3)加大资金投入,保障技术落地:建立多元化资金投入机制,整合财政资金、社会资本,加大对水利智能化技术研发、系统建设、设备更新、运维保障等方面的资金投入。优先保障核心技术研发和老旧工程智能化改造资金需求,建立资金使用监管机制,提高资金使用效率,确保各项技术措施落地见效。

4.3 人才层面:加强复合型人才培养与引进

(1)构建高校与企业协同培养模式:推动高校优化专业设置,增设水利智能化相关专业,结合企业实际需求,调整课程体系,强化实践教学,培养既掌握水利工

程专业知识,又熟悉智能化技术的复合型人才。建立校企合作实训基地,让学生参与工程实际项目,提升实践能力,实现人才培养与岗位需求精准对接。(2)加强现有从业人员技能培训:针对现有管理人员和技术人员,制定分层分类培训计划,开展智能化技术、设备操作、数据处理等相关培训,邀请行业专家、技术骨干授课,提升现有人员的专业技能和业务水平。建立常态化培训机制,推动从业人员主动更新知识储备,适应智能化管理需求。(3)完善人才激励机制,吸引高端人才:制定优惠的人才政策,完善薪酬福利、职称评定、职业发展等激励机制,吸引水利智能化领域高端人才和紧缺人才加入。搭建人才干事创业平台,鼓励人才开展技术创新和成果转化,对表现突出的人才给予表彰奖励,营造尊重人才、集聚人才的良好环境。

结束语

智能化技术为水利工程管理注入了新活力,有效弥补了传统管理模式的短板,在提升工程监测精度、优化调度效率、强化安全防控等方面发挥了重要作用。尽管当前应用仍面临诸多挑战,但随着核心技术的不断创新、管理制度的逐步完善及复合型人才的持续培育,智能化技术与水利工程管理的融合将更加深入。未来需持续深化技术应用,推动水利工程管理向数字化、智能化、精细化转型,助力水利事业高质量发展。

参考文献

- [1]肖晶,陈明文.智能化技术在水利工程施工中的应用研究[J].水上安全.2024,7(24):154-157.
- [2]张忠惠.智能化在水利水电工程管理中的应用[J].大众标准化.2024,11(16):211-214.
- [3]李红松.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].砖瓦.2024,5(11):89-93.
- [4]刘坯.智能化技术在农田水利工程中的应用[J].农村科学实验.2024,10(21):81-83
- [5]黄春雷.水利工程应用人工智能现状与发展趋势分析[J].城市道桥与防洪.2024,31(7):106-108.