水利工程中智慧水利信息化系统的应用

饶随云 邬舒静

汉江水利水电(集团)有限责任公司 湖北 武汉 430040

摘要:智慧水利信息化系统是水利工程现代化发展的核心支撑,通过融合物联网、大数据、人工智能等技术,实现水利全领域的智能管理。本文围绕其在水资源管理、防洪减灾、工程运行管理及水环境监测等场景的应用展开分析,探讨数据质量、技术集成、人才及资金等现实挑战,并提出强化数据安全、推动技术标准化、加大人才培养及拓宽资金渠道等优化策略,为智慧水利的深化应用提供理论参考。

关键词:水利工程;智慧水利;信息化系统;应用

引言:在数字化转型浪潮下,水利工程正从传统管理模式向智能化方向升级。智慧水利信息化系统通过构建“感知-分析-决策-执行”的闭环体系,打破信息孤岛,提升水利管理效能。当前,水资源短缺、洪涝灾害频发、水环境污染等问题对水利管理提出更高要求,而信息化技术的渗透为精准监测、科学调度和高效治理提供了新路径。本文基于水利工程实际需求,梳理智慧水利信息化系统的应用场景,剖析实施瓶颈,以期为行业智能化转型提供实践导向的解决方案。

1 智慧水利信息化系统概述

智慧水利信息化系统是新一代信息技术与水利业务深度融合的产物,以物联网、大数据、云计算、人工智能、5G等先进技术为核心,构建起覆盖水利全要素、全流程的智能化管理体系。它通过遍布流域、水利工程设施的传感器、摄像头等感知设备,实时采集水位、流量、水质、气象等海量数据,并借助网络传输至数据中心,经大数据分析 with AI 算法处理,转化为可支持决策的有效信息。该系统具备多维度功能架构,包含数据感知层、网络传输层、数据资源层、应用支撑层及业务应用层。感知层负责数据采集,传输层保障数据高效传递,数据资源层实现数据的存储与整合,应用支撑层提供算法模型与开发工具,业务应用层则面向水资源管理、防洪减灾、工程运维等具体场景输出智能服务。系统以“数字孪生”技术构建水利工程与流域的虚拟镜像,实现物理世界与数字世界的实时交互,帮助管理者直观掌握水利态势,模拟不同决策方案的影响,从而提升水利业务的科学性与精准性^[1]。

2 智慧水利信息化系统在水利工程中的应用

2.1 水资源管理

2.1.1 实时监测与分析

智慧水利信息化系统通过构建全方位的监测网络,

实现对水资源的实时动态监控。在河流、水库、地下水等关键节点部署水质传感器、水位计、流量计等设备,可高频次采集水温、pH值、浊度、流量等数据,并借助5G或物联网技术实时传输至数据中心。系统利用大数据分析技术,对海量监测数据进行深度挖掘,不仅能直观呈现水资源当前状态,还可通过历史数据对比和趋势模型预测未来变化。例如,当监测到某区域水质指标异常或水位快速下降时,系统会自动预警,为管理者及时掌握水资源动态、识别潜在风险提供有力支持,有效提升水资源管理的及时性与准确性。

2.1.2 优化调配

基于实时监测与分析的结果,智慧水利信息化系统可实现水资源的科学优化调配。系统通过建立水资源供需平衡模型,结合区域用水需求、水源分布、水文条件等多因素,运用智能算法生成最优调配方案。在农业灌溉季,系统可根据土壤墒情、作物需水规律,精准控制水库放水时间与流量,避免水资源浪费;在城市供水方面,通过分析用水高峰低谷,协调不同水源的供水量,保障稳定供水。此外,系统还能模拟极端天气或突发事件下的水资源变化,提前制定应急预案,确保水资源在不同用户、不同区域间的合理分配,实现水资源利用效率最大化,缓解水资源供需矛盾。

2.2 防洪减灾

2.2.1 洪水预警与预报

智慧水利信息化系统依托密布的监测网络与先进模型,实现洪水的精准预警与预报。在流域内的河流、水库、堤坝等关键点位,部署水位传感器、雨量计、雷达等设备,实时采集降雨强度、河道水位、流量变化等数据,并通过物联网技术快速传输至预警中心。系统运用数值天气预报模型、水文水动力模型,结合历史洪水数据与实时气象信息,对洪水发生的时间、规模、演进路

径进行动态模拟预测。一旦监测数据达到警戒阈值,系统将通过短信、APP、广播等多渠道,向受影响区域的相关部门、社区及公众发布分级预警信息,提前预留应急响应时间,最大程度降低洪水灾害损失。

2.2.2 防洪调度决策支持

面对复杂多变的洪水态势,智慧水利信息化系统为防洪调度提供强大的决策支持。系统基于实时监测与洪水预报数据,构建流域防洪数字孪生模型,直观展示洪水演进过程与水利工程运行状态。利用人工智能算法,综合分析水库库容、河道泄洪能力、下游承灾能力等因素,快速生成多种防洪调度方案,并模拟各方案实施后的洪水控制效果与风险影响。管理者可通过可视化界面对比不同方案的优劣,结合实际需求选择最优策略,实现水库群联合调度、分洪区启用时机与规模的科学决策。

2.3 水利工程运行管理

2.3.1 设施状态监测与故障诊断

智慧水利信息化系统通过搭建全方位的监测体系,实现水利工程设施状态的实时感知与智能诊断。在大坝、水闸、泵站等关键设施上部署应力传感器、振动传感器、位移监测仪等设备,对设施结构的应力变化、振动频率、沉降位移等参数进行高频次采集,结合温湿度、水流压力等环境数据,实时上传至管理平台。系统运用机器学习算法对数据进行深度分析,构建设施健康评估模型,通过与正常运行状态参数对比,及时识别异常波动。一旦发现设施存在结构隐患或运行故障,系统自动发出预警,并结合历史故障案例库,精准定位故障点、分析故障原因,为维修决策提供科学依据,有效预防重大安全事故发生。

2.3.2 维修养护管理

基于设施状态监测与故障诊断结果,智慧水利信息化系统实现维修养护的智能化、精细化管理。系统根据设施健康状况和使用年限,运用预测性维护模型,制定科学的预防性维修计划,合理安排维护周期与内容,避免过度维修或维修滞后。在维修过程中,通过移动终端为维护人员推送维修工单,提供详细的维修操作指南与安全规范,并实时记录维修进度、更换配件等信息,实现维修流程的全程追溯。此外,系统还可对历史维修数据进行统计分析,总结设施常见故障规律,优化维护策略,同时通过大数据对比不同供应商的配件质量与价格,降低运维成本,提升水利工程设施的全生命周期管理效率。

2.4 水环境监测与治理

2.4.1 水质监测与评估

智慧水利信息化系统构建起立体化的水质监测网络,实现对水环境的全面感知与科学评估。在河流、湖泊、水库等水域的重点断面、饮用水源地及排污口附近,部署多参数水质传感器、浮标监测站等设备,实时采集酸碱度、溶解氧、氨氮、重金属含量等指标数据,并借助卫星遥感、无人机巡查等技术获取大范围水质影像信息。系统将多元数据整合后,利用大数据分析 with 地理信息系统(GIS)技术,绘制动态水质分布图,直观展示水质空间差异与变化趋势。

2.4.2 水污染防治决策支持

面对复杂的水污染问题,智慧水利信息化系统为防治决策提供高效智能的支持。系统基于实时水质监测数据与污染源信息,结合水动力模型、污染物扩散模型,模拟污染物在水体中的迁移转化过程,预测污染影响范围与程度。利用人工智能算法,综合考虑污染源类型、治理成本、生态影响等因素,快速生成多套针对性的污染防治方案,如应急截污、生态修复、污染源管控等,并模拟各方案实施效果。管理者可通过可视化界面对比分析方案优劣,结合实际需求选择最优策略,实现精准治污。

3 智慧水利信息化系统应用面临的挑战

3.1 数据质量与安全问题

智慧水利信息化系统依赖海量实时数据支撑,但数据质量与安全隐患突出。一方面,数据采集设备易受环境干扰,如水质传感器在复杂水流中可能出现数据漂移、异常跳变,部分偏远地区设备维护不及时导致数据缺失或失真;另一方面,数据传输与存储环节存在风险,水利数据涉及国家安全与民生,网络攻击、数据泄露事件频发,而现有加密与防护技术难以抵御新型安全威胁。此外,多源异构数据的清洗、整合难度大,不同部门数据标准不统一,导致数据矛盾或冗余,影响分析结果的准确性。

3.2 技术集成与兼容性难题

水利业务场景复杂,多种技术集成存在兼容性障碍。物联网设备、大数据平台、人工智能算法等技术来自不同供应商,接口协议、数据格式差异大,难以实现无缝对接;老旧水利工程中传统监测设备与新型智能系统不兼容,升级改造需重新布线、更换硬件,成本高昂。此外,地理信息系统(GIS)、数字孪生等技术在水利应用中尚不成熟,与业务深度融合时易出现模型误差、模拟结果与实际场景脱节等问题,导致系统功能难以充分发挥,制约智慧水利整体效能^[2]。

3.3 专业人才短缺

智慧水利信息化系统的运维与管理需要复合型专业人才,但当前人才储备严重不足。既懂水利业务知识,又掌握信息技术的跨界人才稀缺,现有从业人员多为传统水利专业背景,对大数据分析、算法模型构建等技术应用能力薄弱。同时,高校相关专业设置滞后,缺乏针对性课程体系,人才培养与行业需求脱节;企业内部培训机制不完善,难以满足技术快速迭代的需求。此外,水利行业工作环境艰苦、待遇有限,难以吸引高端技术人才,导致系统优化与创新动力不足。

3.4 资金投入不足

智慧水利信息化系统建设与运维成本高昂,资金缺口严重制约发展。前期设备采购、网络搭建、软件平台开发需大量资金,部分中小型水利项目因财政拨款有限,难以覆盖全部建设需求;后期系统迭代升级、数据存储维护、人才培养等持续投入压力大,部分地区因资金短缺导致系统更新滞后,功能逐渐失效。此外,智慧水利项目投资回报周期长,社会资本参与积极性低,过度依赖政府财政支持,而财政资金分配分散,难以形成规模化、系统化的建设格局,阻碍智慧水利信息化系统的全面推广与深度应用。

4 智慧水利信息化系统应用的策略

4.1 加强数据管理与安全保障

建立覆盖数据采集、传输、存储全流程的质量管控体系。在关键监测点位部署双套传感器,定期开展人工校验与设备巡检,降低环境因素对数据准确性的影响;搭建自动化数据处理平台,通过预设规则库对采集数据进行清洗、补全,确保数据的完整性和连续性。在数据安全方面,依据水利数据敏感程度实施分级分类管理,采用高强度加密技术保障数据传输与存储安全。整合分散在各部门的数据资源,搭建统一的数据共享交换平台,制定数据交互标准,消除数据冲突与冗余,为科学决策筑牢数据根基。

4.2 推动技术集成与标准统一

联合行业主管部门、科研院所及设备厂商,共同制定智慧水利技术集成标准。统一物联网设备接口协议、数据传输格式及通信标准,推动老旧水利设施智能化改造采用模块化设计,减少硬件更新成本。针对地理信息系统(GIS)、数字孪生等核心技术,结合实际工程案例建立模型验证机制,通过实地数据对比优化模型参数。鼓励产学研多方合作,开发适配水利业务需求的通用技术框架,打通不同系统间的数据壁垒,实现数据共享与

功能协同,提升系统整体运行效率。

4.3 加大专业人才培养力度

构建高校教育与企业培训相结合的人才培养模式。高校水利专业课程中增设大数据分析、信息化管理等交叉学科内容,与水利企业共建实习实训基地,强化学生实践能力;企业内部建立技术骨干“传帮带”制度,定期组织信息化技术培训与行业经验交流活动,提升现有人员技术应用水平。完善人才激励机制,提高水利信息化岗位薪酬待遇,设立专项奖励基金,对表现突出的技术人才给予表彰奖励。通过项目合作、顾问聘用等方式,柔性引进外部专业人才,为系统优化升级提供专业支持。

4.4 拓宽资金投入渠道

构建政府引导、社会参与的多元化资金投入机制。政府加大财政专项资金支持力度,设立智慧水利发展基金,统筹安排项目资金;推行“以奖代补”“先建后补”等政策,调动地方建设积极性。鼓励社会资本通过PPP模式参与项目建设,将智慧水利与周边生态旅游开发、供水服务等经营性项目捆绑运作,提高项目投资回报率;引导金融机构开发绿色金融产品,为项目建设提供低息贷款、融资租赁等融资支持;探索水利数据资源有偿使用机制,挖掘数据潜在价值,反哺系统建设与运维,保障智慧水利可持续发展^[3]。

结束语

智慧水利信息化系统是水利工程迈向现代化的关键引擎,其应用深度和广度决定着水利行业的发展高度。尽管当前面临数据、技术、人才和资金等多重挑战,但通过针对性策略的持续推进,系统将在水资源精细化管理、防洪精准调度、工程高效运维等领域释放更大效能。未来,随着技术迭代与行业协同深化,智慧水利有望构建起全域感知、智能决策、动态优化的新型管理范式,为水资源可持续利用、水灾害防御及水生态保护提供坚实保障,助力水利事业高质量发展迈向新台阶。

参考文献

- [1]郑振浩,王金龙.基于标准化管理的水利工程运行管理系统建设研究[J].浙江水利科技,2019,47(2):213-214
- [2]戴红,武建,马士峰.智慧水利信息化系统在水利工程的应用[J].河南水利与南水北调,2021,50(5):224-225
- [3]程诚,董晨龙,李宏等.智慧视频识别在水利信息化中的应用[J].四川水利,2019,40(3):278-279