

智慧水利信息化系统在水利工程中的应用

王超

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司, 天津, 300221;

摘要: 智慧水利信息化系统在现代水利工程里的应用及其发展趋势被本文系统地进行了研究, 由于物联网、大数据、云计算和人工智能等信息技术飞速发展, 传统水利工程迎来了数字化转型的重大机遇也遭遇着挑战。文章先分析我国水利信息化建设的现状和存在的像信息孤岛现象明显、系统整合度不够、数据标准不一致等问题, 接着详细探讨智慧水利信息化系统核心技术架构, 包括感知层、网络层、平台层和应用层的构成要素以及功能特点, 然后通过典型案例分析讲明白智慧水利系统在防洪抗旱、水资源管理、水环境保护和水利工程安全监测等方面的实际应用效果, 研究表明智慧水利信息化系统可大大提高水利工程的运行效率、决策精准度和应急响应能力以实现水资源的优化配置和高效利用。最后文章对智慧水利未来的发展方向作了展望并给出加强顶层设计、完善标准规范、推动技术融合和培育复合型人才等政策建议, 这能给构建“数字中国”背景下现代化水利治理体系提供参考。

关键词: 智慧水利; 信息化系统; 水利工程; 物联网; 大数据

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.047

引言

国民经济与社会发展离不开水利这个基础性行业, 在全球气候变化和资源环境压力不断加大的情况下, 水利的重要性更加突显。近五年的数据表明, 我国水资源总量大概有 2.8 万亿立方米, 但人均水资源占有量才世界平均水平的四分之一且时空分布很不均匀。水利工程在防洪抗旱、供水保障、生态修复等方面有着不可或缺的作用, 不过传统的管理模式很难满足现代治理需求。近年随着物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术迅猛发展, 智慧水利信息化系统建设让水利工程有了新活力, 它不但能有效整合分散的水利数据资源, 而且可用智能化手段提高工程运行效率和决策精准度从而给水资源高效利用提供技术支持。当下我国水利信息化建设面临不少挑战, 如信息孤岛问题严重、系统整合度不够、数据标准不一致等, 这限制了智慧水利的发展, 因此, 加快智慧水利信息化系统的建设与应用, 成为推动水利行业转型升级、实现高质量发展的必然选择。

1 智慧水利信息化系统的关键技术与架构

1.1 智慧水利信息化系统的技术基础

现代信息技术的支撑对于构建智慧水利信息化系统至关重要, 特别是物联网、大数据、云计算和人工智能等技术的深度融合更是如此, 近些年来我国水利工程

领域的信息化建设虽有显著进展但信息孤岛现象明显且系统整合度不够等问题仍存, 这些成了限制行业发展的重要瓶颈, 而智慧水利信息化系统的基础是感知层, 依靠传感器网络、遥感技术和地理信息系统等手段能对水资源、水环境以及水利工程状态进行实时监测, 网络层凭借 5G 通信技术和卫星传输手段保证了数据的高效传输使海量监测数据有了实时性与可靠性, 整个系统核心是平台层, 其基于云计算架构具备数据存储、处理和分析能力并且支持多源异构数据的融合与共享, 应用层依据具体业务需求开发出防洪抗旱、水资源调度、水环境保护等智能化应用场景, 通过各层协同工作, 智慧水利信息化系统实现了从数据采集、传输、处理到应用的全流程智能化, 为水利行业提供了全面、精准、实时的决策支持。此外, 随着技术基础不断完备, 智慧水利信息化系统正推动传统水利工程朝着智能化、精细化发展, 从而为水资源的高效利用和科学管理打下坚实基础。

1.2 物联网技术在水利监测中的应用

物联网技术是智慧水利信息化系统的重要组成部分, 于水利监测领域有着巨大的应用潜能, 借助部署各类智能传感器与监测设备物联网技术, 可达成对河流水位水库库容水质参数以及土壤湿度等重要指标的全天候实时采集, 尤其是在防洪抗旱工作当中物联网技术的运用极大地增强了监测精准度与响应速率, 例如在长江

流域的防洪体系里物联网监测网络对数千个关键节点实现了全覆盖,凭借实时传输水情数据为防汛决策给予了科学依据。另外物联网技术在水利工程安全监测领域被广泛应用,通过持续监控大坝堤防等基础设施的应力变形和渗流情况,能及时察觉潜在安全隐患,有效预防水利工程事故的发生,保障了人民群众生命财产安全,例如设备成本高数据标准化不足等等,此类问题需借由技术创新与政策支持来加以解决。总的来说物联网技术的引进不但提升了水利监测的自动化程度,而且为水利工程的安全运转和科学管控提供了强有力的技术支撑^[4]。

1.3 大数据分析 with 人工智能决策支持系统

大数据分析和人工智能技术相结合使智慧水利信息化系统有了很强的决策支持能力,在水资源管理方面综合分析历史水文数据、气象预报信息以及实时监测数据就能精准预测未来一定时期内水资源供需的变化趋向进而制定出更科学合理的调度方案,就像在黄河流域水资源优化配置的时候人工智能算法成功地对多个水库群进行了联合调度使水资源利用效率大大提高,在防洪减灾上基于机器学习的洪水预警模型能快速处理多种来源且结构不同的数据产生精确的洪水演进模拟结果给应急响应留出宝贵时间,并且人工智能技术在水环境保护领域也起着重要作用,深入挖掘水质监测数据就能准确找出污染源并给出有针对性的治理建议。同时,大数据分析技术为这些决策提供了坚实的数据支撑,通过对海量水利数据的深度挖掘和分析,能够揭示出隐藏在数据背后的规律和趋势,为水利工程的规划、设计、运行和管理提供科学依据。此外,大数据分析和人工智能决策支持系统还具备自适应和自学习的能力,能够根据实际运行情况不断优化决策模型,提高决策的准确性和有效性。在实际应用中,该系统已经取得了显著成效,不仅提高了水利工程的运行效率和管理水平,还为保障水安全、促进水资源可持续利用发挥了重要作用。

1.4 水利工程数字孪生系统架构

水利工程数字孪生系统架构属于智慧水利信息化系统的重要创新成果,其关键在于借助虚拟仿真技术达成对水利工程全生命周期的数字化映射,数字孪生系统一般包含物理实体,虚拟模型以及数据交互接口这三个组成部分,其中物理实体涵盖了诸如水库大坝泵站等实际的工程设施,虚拟模型乃是以三维建模和仿真技术为

基础构建而成的数字化副本,而数据交互接口则承担着实时同步物理实体与虚拟模型之间状态信息的任务。在实际运用里数字孪生系统可为水利工程的设计,施工以及运维给予全方位的支持,例如于南水北调工程内数字孪生技术广泛用于输水管道的健康监测与故障诊断,借由对比虚拟模型和实际运行数据及时察觉潜在问题并施行预防举措,另外水利工程应急演练方面数字孪生系统也发挥了重要作用,模拟不同场景下的灾害演化过程助力相关部门制定更科学合理的应急预案。

2 智慧水利信息化系统在水利工程中的实践应用

2.1 防洪抗旱决策支持系统的建设与应用

近些年来全球气候变化不断加剧且极端天气事件频频发生,这让我们国防洪抗旱工作承受着前所未有的压力,统计显示2018-2022年全国平均每年因洪涝灾害直接经济损失超千亿且干旱带来的农业减产与生态退化问题也相当严重,在这样的大环境下智慧水利信息化系统构建起防洪抗旱决策支持平台给水利工程带来了科学又高效的解决办法。该系统依靠物联网技术能实时采集雨情、水情、工情等多种源数据并借助大数据分析模型进行精准预测和动态模拟,使得防洪调度和抗旱应急响应能力大幅提升,如在长江流域的某个地方部署分布式传感器网络和智能算法后,就能实现洪水演进过程的分钟级预警,从而有效减少人员伤亡和财产损失。并且凭借云计算的协同决策机制可整合跨区域、跨部门的信息资源以打破传统水利管理里的信息孤岛状况进而形成统一指挥、快速反应的防灾减灾体系。智慧水利信息化系统的引进不但优化了防洪抗旱决策流程而且为应对复杂水文条件下各种不确定性给予了强有力的技撑推动现代水利工程朝着智能化发展。

2.2 水资源调度与优化配置系统实践

我国经济社会发展受制于水资源短缺这一关键瓶颈,尤其在北方地区,水资源供需矛盾愈发明显,而智慧水利信息化系统构建起水资源调度与优化配置平台,达成从水源至用户的全流程精细化管理,其借助人智能算法综合分析历史用水数据、气象预报以及水库蓄水量以产生最优调度方案,进而提升水资源利用效率,像南水北调工程某区域引入智慧调度系统后输水损耗率降低15%且沿线城市供水稳定性显著改善,并且系统有

个多目标优化功能,在确保生态用水需求时还能顾及农业灌溉和工业生产,让经济效益与生态效益达到平衡,智慧水利信息化系统在实践中展现出在提升水资源管理水平方面的广阔应用前景。

2.3 水利工程安全监测与预警系统应用

水利工程的安全运行与人民群众生命财产安全、社会稳定紧密相关,由于部分水利工程设施老化且长期缺少有效监测手段,安全隐患常冒出来,而智慧水利信息化系统整合先进传感技术与数据分析方法构建起水利工程安全监测预警体系,这一体系能全天候实时监控大坝、堤防、渠道等关键设施的变形、渗流、应力等参数,靠机器学习模型找出潜在风险点并提前报警,就像某个大型水库装上智能监测设备后抓住了一处微小裂缝扩展的趋势,及时加固避免了可能发生的重大事故,所以智慧水利信息化系统的运用增强了水利工程的安全性,让管理部门有了科学决策的依据并且推动了水利工程运维模式的创新升级。

2.4 典型案例分析与效益评估

多个智慧水利信息化系统的应用案例被分析后,就能清楚看到它在实际工程里的显著效果,拿黄河流域某个综合治理项目来说,部署了一体化智慧水利平台之后,就达成了流域内水资源、水环境与水生态的协同管理这一目标,项目实施以后区域内水资源利用率增加了20%且水质达标率也上升了15%,人工巡查成本更是大大降低,另外智慧水利信息化系统对提升公众参与度也有积极作用,开放数据接口和移动应用平台后,社会各界获取水利信息更方便了,社会监督力度也增强了,这些典型事例充分表明,智慧水利信息化系统可带来可观的经济效益和社会效益,而且给我国水利治理体系现代化提供了重要支撑,以后随着技术不断发展,智慧水利会在更多领域展现它的价值。

3 结语

现代水利工程数字化转型中,智慧水利信息化系统

是重要抓手且深刻地改变了传统水利行业的运行模式与治理能力。物联网、大数据、云计算和人工智能等新兴技术不断驱动,智慧水利在防洪抗旱、水资源管理、水环境保护、工程安全监测等领域给出高效解决办法并大幅提升水利工程整体运行效率与决策精准度。近年来,“数字中国”战略深入推进,我国水利行业处于从传统管理模式向智能化、精细化治理转变的关键阶段,但信息孤岛现象明显、系统整合不够、数据标准不一等问题仍限制着智慧水利的全面发展。典型案例分析表明,智慧水利信息化系统应用效果很好,在应对极端天气事件、优化水资源配置方面尤其显示出强大技术优势。以后,智慧水利发展要再强化顶层设计、完善行业标准规范、促进多技术融合创新并且重视复合型人才培养,这既能提升水利行业现代化治理水平,又能给水资源可持续利用和生态文明建设提供坚实技术支撑,其广泛应用于水利工程迈入智能化时代的标志意义重大且给全球水利行业技术革新带来有益参考。

参考文献

- [1] 吴家梅;. 智慧水利信息化系统在水利工程中的应用[J]. 黑龙江粮食, 2022(09): 78-80.
- [2] 龚振;. 智慧水利信息化系统在水利工程的应用研究[J]. 水上安全, 2024(23): 89-91.
- [3] 孙姝娅;. 水资源管理中的智慧水利信息化系统应用探究[J]. 中国设备工程, 2025(01): 34-36.
- [4] 黄陈琰;. 电子信息智能化在智慧水利中的应用[J]. 现代信息科技, 2022(14): 137-141.
- [5] 李扬; 颜蔚; 汤炜;. 精细化智慧水利信息平台的应用实践[J]. 水资源开发与管理, 2021(04): 44+61-64.
- [6] 金守哲;. 信息化系统在农田水利项目中的应用[J]. 农业工程技术, 2022(24): 55-56.
- [7] 黄发元;. 信息化系统在农田水利项目中的应用[J]. 农业工程技术, 2023(02): 66-67.