

智能化管理系统在水利水电工程项目中的应用探讨

刘振林

临沂水总建设集团有限公司 山东 临沂 277700

摘要：智能化管理系统在水利水电工程项目中发挥着关键作用。本文先阐述其技术基础，涵盖物联网、大数据、人工智能等；接着介绍功能模块，包括动态监测、智能分析等；再分析应用场景，如水库运行、农业灌溉等；最后探讨实施关键要素，如技术集成、数据安全等。该系统通过多技术融合，实现水利水电工程全生命周期智能化管理，提升管理效能与资源利用效率，保障工程安全稳定运行。

关键词：智能化管理系统；水利水电工程；技术基础；功能模块；应用场景

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对保障水资源合理利用、防洪减灾及促进经济社会发展意义重大。传统管理模式存在数据分散、决策滞后、效率低下等问题，难以满足现代工程精细化管理需求。随着信息技术飞速发展，智能化管理系统应运而生，其融合物联网、大数据、人工智能等先进技术，为水利水电工程提供全面、高效、智能的管理解决方案，推动工程管理向现代化、智能化迈进。

1 智能化管理系统的技术基础

1.1 物联网技术

物联网技术是智能化管理系统实现全域感知的核心支撑，依托分布式传感网络部署构建覆盖水利水电工程全场景的数据采集体系，涵盖水位、流速、水质、气象等多维度监测指标，形成天-空-地-水一体化感知网络^[1]。数据采集环节采用连续化、高精度监测模式，搭配4G/5G、LoRa等适配水利场景的通信技术完成实时数据传输，其中5G技术凭借低时延、高可靠特性满足关键监测数据的即时传递需求，LoRa技术则适配偏远区域低功耗、广覆盖的传输需求。设备状态监测依托物联网技术实现对水利核心设施的常态化管控，涵盖闸门、泵站、管道等关键设备，通过实时捕捉运行参数变化，为工程运维提供基础数据支撑，相关技术应用符合水利水电工程智能管理的核心技术架构要求。

1.2 大数据与云计算

大数据与云计算技术为多源数据的高效处理提供技术保障，打破传统水利工程中各系统数据孤岛现状，实现水文、地质、气象、工程等多类型数据的深度融合。数据清洗与预处理技术通过标准化数据模型和中间件技术，剔除监测数据中的噪声与异常值，规范数据格式，确保数据一致性与可用性，为后续数据应用奠定基础。分布式存储技术可实现海量水利数据的安全存储，解决

水利工程监测数据量大、存储周期长的难题，云计算则提供强大的分布式计算能力，快速处理海量监测数据，支撑多维度数据的同步分析与挖掘，契合水利水电工程数据中台建设的核心需求。

1.3 人工智能与机器学习

人工智能与机器学习技术推动智能化管理系统从数据采集向智能决策升级，异常检测与故障诊断技术通过分析传感器监测数据的变化规律，识别数据突变等异常情况，精准判断设备运行隐患与故障类型，提升工程故障处置的及时性。预测模型构建基于深度学习的时间序列预测方法，结合历史监测数据与实时数据，完成水位变化、需水量等关键指标的科学预测，为工程调度提供数据支撑。优化算法应用于水利资源调度、运输路径规划等核心环节，通过算法迭代优化调度策略与路径方案，提升水利资源利用效率与工程管理效能，相关技术应用已成为水利水电智能决策的重要支撑。

1.4 数字孪生技术

数字孪生技术通过高精度建模手段构建水利水电工程的虚拟模型，整合工程结构、水流运动等核心要素，实现物理工程与虚拟模型的精准对应。虚拟模型可完成水流运动等场景的动态模拟，还原工程运行的真实状态，同时实现物理工程状态的实时映射，动态更新工程运行参数。基于虚拟模型开展决策支持与风险预演，模拟不同工况下工程的运行状态，预判潜在风险，为工程决策提供科学依据，助力实现工程管理从被动应对向主动预防的转变，是水利水电工程全生命周期智能化管理的关键技术。

2 智能化管理系统的功能模块

2.1 动态监测与数据采集模块

动态监测与数据采集模块是智能化管理系统的数据入口，承担全域信息捕捉与汇聚功能，构建全维度水情

监测体系,覆盖水位、流量、水质等核心水情指标,采用高精度监测技术实现各指标的连续捕捉与实时更新,保障水情数据的准确性与时效性^[2]。工程状态感知聚焦核心设施运行管控,捕捉设备运行参数与结构安全相关数据,实时追踪设施运行状态,及时捕捉参数波动,为设施运维提供精准数据支撑。环境因素集成实现多维度环境数据的全面整合,涵盖降雨、气温、土壤墒情等关键环境指标,通过多源数据联动采集,构建完整的环境监测体系,为后续分析决策提供全面的数据基础,符合水利水电工程监测的全流程要求。

2.2 智能分析与决策支持模块

智能分析与决策支持模块承担数据处理与决策支撑核心职能,数据可视化与趋势预测通过图表、三维模型等多样化呈现形式,将海量监测数据转化为直观可解读的信息,清晰呈现数据变化规律,实现水情、工程状态等指标的趋势预判。异常事件诊断聚焦设备故障、污染溯源等关键场景,通过数据挖掘与分析技术,精准识别异常现象,定位故障与污染源头,为快速处置提供技术支撑。调度方案生成围绕水资源分配、防汛预案等核心需求,结合监测数据与分析结果,自动生成科学合理的调度与预案方案,提升决策的科学性与高效性,契合水利水电工程智能决策的技术发展方向。

2.3 远程控制与自动化执行模块

远程控制与自动化执行模块实现工程管控的智能化与自动化升级,闸门与泵站远程操控可实现启闭高度调节、流量精准控制,无需现场人工操作,提升管控效率的同时降低人工运维成本。灌溉系统智能调控针对滴灌、喷灌等灌溉模式,采用分组控制策略,根据作物需水与土壤墒情数据,自动调节灌溉参数,实现水资源的高效利用。管网阀门自动化管理聚焦压力调节与泄漏定位,通过自动化控制技术实时调节管网压力,维持管网运行稳定,同时快速识别泄漏点位,及时处置管网隐患,保障管网系统安全高效运行。

2.4 应急联动与风险预警模块

应急联动与风险预警模块构建全方位风险防控与应急处置体系,多级预警机制针对汛情、旱情、地质灾害等各类风险场景,设置分级预警标准,实现风险的早期识别与及时预警,为风险防控争取时间。应急资源调度整合人员、设备、物资等各类应急资源,根据预警等级与应急需求,自动完成资源调配,提升应急处置的快速响应能力。跨部门数据共享打破部门间数据壁垒,实现与气象、应急管理等相关数据协同,整合多部门资源与信息,提升风险预判与应急处置的协同效能,完

善水利水电工程应急管理体系。

3 智能化管理系统的应用场景

3.1 水库运行管理

水库运行管理是智能化管理系统在水利水电领域的核心应用场景,直接关系到水资源调配效率与工程运行安全,契合水利工程精细化管理的发展趋势^[3]。蓄水与供水调度依托系统整合的水文、气象、用水需求等多源数据,结合智能调度算法,动态调整出库流量,既保障水库蓄水安全,避免水位超出安全阈值,又能精准匹配下游生产生活及生态用水需求,实现水资源高效利用与供需平衡。设备运维管理依托系统实时监测功能,持续捕捉水库闸门、泵站等核心设备运行参数,通过数据趋势分析开展故障预警,提前识别设备运行隐患,结合设备运行周期与损耗规律,制定科学合理的维护计划,减少设备非计划停机时间,延长设备服役年限,保障水库核心设施长期稳定运行,为水库运行管理提供全流程技术支撑。

3.2 农业灌溉优化

农业灌溉优化是智能化管理系统助力节水农业发展的重要场景,依托精准监测与智能调控技术,推动传统灌溉模式向精准化、高效化转型,符合农业节水灌溉工程技术规范要求。墒情驱动的精准灌溉以土壤墒情实时监测数据为核心,结合不同作物生育期需水模型,精准计算灌溉水量与灌溉周期,动态调控灌溉系统运行,避免盲目灌溉造成的水资源浪费,同时提升作物灌溉质量,助力农业增产提质。灌区工程联动控制聚焦灌区泵站、分水闸等关键设施,通过系统实现各设施运行状态的精准协同,根据灌区不同区域作物需水差异与土壤墒情分布,合理分配灌溉水量,优化灌区水资源配置,解决传统灌区灌溉不均衡、水资源利用率偏低等问题,推动灌区灌溉管理向智能化、集约化转型。

3.3 河道与流域治理

河道与流域治理场景中,智能化管理系统为流域生态保护与防洪安全提供有力技术支撑,契合流域综合治理与生态修复的核心要求。水质实时监测与污染溯源通过部署全域分布式监测设备,实现河道流域水质多指标实时捕捉,结合水流速度数据,通过智能模型预测污染物扩散范围、速度与影响区域,精准定位污染源头,为污染快速处置、源头管控提供精准指引,有效改善流域水质,保障流域水生态安全。防洪排涝与生态保护统筹兼顾流域防洪安全与生态平衡,通过系统实时监测雨情、水情,精准预判汛情发展趋势,优化防洪排涝调度策略,提升流域防洪排涝处置能力;同时通过调控生态

流量,维持河道基本生态用水需求,保护河道水生生物栖息地,促进流域生态系统良性循环,实现防洪排涝与生态保护协同推进。

3.4 城市供水安全

城市供水安全场景中,智能化管理系统构建全方位供水保障体系,管网压力与漏损控制通过智能阀门调节技术,实时调控管网运行压力,维持管网压力稳定,同时快速识别管网漏损隐患,及时处置漏损问题,降低管网漏损率,保障供水系统稳定运行。应急供水保障针对干旱等特殊场景,依托系统的数据预测与分析能力,提前制定限水措施,合理调配供水资源,优化供水分配方案,保障城市居民基本用水需求,提升城市供水应急处置能力,完善城市供水安全保障体系。

4 智能化管理系统实施的关键要素

4.1 技术集成与系统兼容性

技术集成与系统兼容性是智能化管理系统顺利落地的核心前提,直接决定系统运行稳定性与功能发挥效能^[4]。异构设备协议统一聚焦传感器、执行器等各类设备接口标准化建设,通过通用协议适配技术,打破不同厂家、不同类型设备间的通信壁垒,实现各类设备的无缝接入与协同运行,符合水利水电工程智能化建设的技术集成规范。历史数据迁移注重与原有系统的衔接适配,采用标准化数据迁移技术,确保历史监测数据、管理数据的完整迁移,同时实现新系统与原有业务系统的顺畅对接,避免数据断层与业务脱节,为系统全面投入使用奠定基础。

4.2 数据安全与隐私保护

数据安全与隐私保护是智能化管理系统实施过程中的重要保障,契合水利数据安全管理的相關技术要求。传输加密与访问控制通过采用高强度加密算法,对数据传输全过程进行加密处理,同时建立严格的访问控制体系,明确不同岗位人员的访问权限,防止数据被篡改、窃取,保障数据传输与存储安全。敏感信息脱敏处理针对用户用水数据等涉及隐私与安全的敏感信息,采用数据脱敏技术,对敏感字段进行合规处理,既保留数据利用价值,又避免敏感信息泄露,兼顾数据应用与隐私保护的双重需求。

4.3 人机协同与用户培训

人机协同与用户培训是提升系统应用效能的关键环

节,推动系统功能与实际管理需求深度融合。界面友好性设计立足一线管理人员操作需求,优化系统界面布局与操作流程,简化操作步骤,降低操作门槛,实现人机交互的便捷化、高效化,提升管理人员操作体验。管理人员技能提升围绕数据分析、系统维护等核心能力开展针对性培训,通过理论教学与实操演练相结合的方式,提升管理人员对系统的操作能力、数据解读能力与日常维护能力,确保系统能够得到规范、高效运用。

4.4 持续优化与迭代升级

持续优化与迭代升级是维持系统长期适配工程需求的核心要素,契合水利水电工程全生命周期管理的技术特点^[5]。模型更新机制根据工程运行状态变化、外部环境调整等实际情况,建立常态化模型更新流程,及时优化系统中的预测模型、调度模型,确保模型能够适应工程实际变化,提升系统决策的科学性。反馈闭环构建以用户需求为核心,建立完善的需求收集、处理、反馈流程,将管理人员在系统使用过程中提出的需求与问题纳入优化范围,驱动系统功能持续完善,实现系统与工程管理需求的动态适配。

结束语

智能化管理系统在水利水电工程项目中的应用,为工程管理带来了全新变革。通过技术集成、功能模块构建及应用场景拓展,实现了工程全生命周期的智能化管理,有效提升了管理效率、资源利用效率及工程安全性。实施过程中,注重技术集成兼容、数据安全保护、人机协同培训及持续优化升级等关键要素,保障系统稳定运行与功能完善。该系统的成功应用,为水利水电工程可持续发展提供了有力支撑,推动行业向更高水平迈进。

参考文献

- [1]张盼.智能化管理系统在水利水电工程项目中的应用探讨[J].科技与创新,2025(5):204-207.
- [2]许林春.智能化技术在水利水电工程施工管理中的应用与研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(10):257-259.
- [3]张刚,杨胜玉,陈道洲,等.智能化监测技术在水电工程项目中的应用[J].云南水力发电,2025,41(10):167-171.
- [4]王斌强.论水利水电工程的项目管理及施工措施[J].建筑与施工,2024,3(23):40-42.
- [5]杨晓强.水利水电工程中施工技术及管理措施[J].建筑工程与设计,2025,4(8):48-50.