

水利工程管理信息系统应用研究

李木根

永康市黄坛水库管理所 浙江 永康 321300

摘要: 水利工程管理信息系统通过集成物联网、大数据、GIS、人工智能等技术,实现工程监测、调度管理、维护管理及决策支持等功能。该系统可实时采集水位、水质等数据,智能预警风险,优化水资源配置。其应用显著提升管理效率,降低人工成本,增强决策科学性。然而,系统仍面临功能受限、通用性不足、开发标准不统一等挑战,需持续优化技术架构,加强数据共享与安全保障,推动水利管理向智能化、现代化转型。

关键词: 水利工程管理;信息系统;设计与实现;应用验证

引言:水利事业关乎国计民生,在保障防洪安全、促进农业灌溉与城市供水等方面发挥着不可替代的作用。然而,传统水利工程管理方式多依赖人工,存在数据采集不及时、信息共享困难、决策缺乏精准数据支撑等弊端。在信息技术蓬勃发展的当下,借助先进技术构建水利工程管理信息系统,实现管理的智能化与精细化,成为推动水利行业转型升级、提升管理效能的迫切需求,故开展此研究十分必要。

1 水利工程管理信息系统理论基础

1.1 核心概念界定

(1) 水利工程管理的内涵与范畴:内涵是通过规划、组织、协调等手段,保障水利工程(如水库、堤坝、灌区)安全运行,实现防洪、灌溉、供水等功能;范畴涵盖工程日常巡检、设备维护、水资源调度、险情应急处理等,贯穿工程全生命周期,最终达成工程效益最大化目标。(2) 信息系统的定义与功能:定义是由硬件、软件、数据等组成的集成系统,用于实现信息的高效管理;功能包括实时采集工程运行数据,对数据进行清洗、转换等处理,通过算法模型分析数据规律,输出可视化结果为管理人员提供决策支持,提升管理效率。

1.2 关键技术支撑

(1) 物联网技术:借助各类传感器实时采集水位、流量、水质等数据,通过远程监控实现对水利工程现场的实时观测,及时掌握工程运行状态,为管理决策提供实时数据支撑。(2) 大数据与云计算:大数据技术可存储海量水利数据,挖掘数据潜在关联与规律;云计算提供高效计算与存储资源,实现数据跨区域、跨部门共享,提升数据利用效率。(3) GIS与遥感技术:GIS具备空间数据管理与分析能力,可实现水利工程空间分布、流域地形等信息的分析;遥感技术获取大范围地表信息,二者结合实现数据可视化呈现,辅助工程规划与管

理。(4) 人工智能:通过人工智能算法对水利数据进行分析,实现水灾害智能预警,提前预判风险;同时可实现水利工程自动化调度,优化水资源配置与工程运行流程。

1.3 系统架构设计原则

(1) 模块化与可扩展性:将系统划分为多个功能模块,便于模块独立开发、维护与升级;同时预留扩展接口,满足后续业务需求增长与功能拓展,适应水利工程管理的动态发展。(2) 数据安全性与隐私保护:采用加密技术、访问控制等手段,保障水利数据在存储、传输与使用过程中的安全,防止数据泄露、篡改与丢失;同时严格保护涉及隐私的信息,符合相关法律法规要求。(3) 用户友好性与兼容性:设计简洁直观的操作界面,降低用户操作难度,提升使用体验;确保系统与现有水利管理软件、硬件设备的兼容,实现数据互联互通与系统协同工作,减少资源浪费^[1]。

2 水利工程管理信息系统需求分析

2.1 功能需求

(1) 工程监测:需实时采集水库、河道等关键区域的水位数据,监测水质pH值、溶解氧等指标,通过传感器捕捉堤坝裂缝、建筑物沉降等结构安全信息,数据采集间隔不超过5分钟,确保异常情况及时发现。(2) 调度管理:支持根据农田灌溉、城市供水需求智能分配水资源;基于实时雨情、水情数据,自动生成防洪排涝预案,可一键下发调度指令至闸门、泵站等设备。(3) 维护管理:制定设备巡检计划,记录巡检结果;通过设备运行参数分析实现故障预警,自动推送维修工单,同时留存维修记录,形成设备全生命周期档案。(4) 决策支持:内置水量预测、洪水风险评估等数据分析模型,以图表、地图等形式可视化展示工程运行数据、分析结果,辅助管理人员直观掌握工程状况^[2]。

2.2 非功能需求

(1) 系统稳定性与响应速度: 要求系统全年无故障运行时间占比超99.9%, 单页面加载时间 ≤ 3 秒, 数据查询、指令下发响应时间 ≤ 1 秒, 避免因系统卡顿影响管理工作。(2) 数据准确性与安全性: 数据采集误差需控制在 $\pm 2\%$ 以内, 采用数据加密、备份机制防止数据丢失或泄露, 设置操作日志追溯功能, 确保数据可查、可追溯。(3) 多终端适配与操作便捷性: 支持电脑、手机、平板等多终端访问, 界面适配不同屏幕尺寸; 简化操作流程, 常用功能操作步骤不超过3步, 降低用户操作难度。

2.3 用户角色与权限设计

管理员、操作员、决策者等不同层级需求: (1) 管理员: 拥有系统全权限, 可添加/删除用户、配置系统参数、管理数据备份与恢复, 负责系统整体维护; (2) 操作员: 仅具备工程监测数据录入、设备巡检记录填写等操作权限, 无系统配置修改权限; (3) 决策者: 可查看数据分析结果、调度预案, 拥有决策指令下发权限, 无基础数据修改权限, 确保权责清晰。

3 水利工程管理信息系统设计与实现

3.1 总体架构设计

(1) 分层架构: 感知层部署水位传感器、水质检测仪、裂缝监测仪等设备, 实时采集工程运行数据; 网络层采用4G/5G、LoRa等通信技术, 实现感知层数据向平台层的稳定传输, 保障偏远区域数据实时上传; 平台层搭建云计算平台, 集成数据存储、计算与管理功能, 为上层应用提供支撑; 应用层开发工程监测、调度管理等功能模块, 满足用户实际业务需求, 各层级独立运行且协同联动, 确保系统高效运转^[1]。(2) 技术选型: 数据库选用MySQL存储结构化数据(如工程基础信息、用户权限数据), 搭配MongoDB存储非结构化数据(如监测设备日志、图片数据), 兼顾数据存储效率与扩展性; 开发框架采用SpringBoot+Vue, 后端实现业务逻辑处理, 前端构建交互界面, 提升系统开发效率与可维护性; 通信协议采用MQTT协议传输监测数据, 降低网络带宽占用, 同时使用HTTPS协议保障数据传输安全, 防止信息泄露。

3.2 核心模块设计

(1) 数据采集模块: 传感器按“关键区域加密、普通区域覆盖”原则布局, 水库坝体每隔50米布设沉降传感器, 河道沿线每2公里设置水位与水质传感器; 数据传输采用MQTT协议, 传感器采集数据经边缘计算网关预处理(过滤异常值、数据格式转换)后, 通过网络层传输至平台层, 同时模块具备数据重传机制, 若数据传输失败, 网关自动重试3次, 确保数据完整性。(2) 数据分

析模块: 集成ARIMA时间序列模型预测水位变化趋势, 采用BP神经网络分析水质指标关联性, 实现异常数据智能识别; 预警阈值根据工程设计标准与历史数据设定, 如水库水位超汛限水位1米触发红色预警, 水质pH值超出6.5-8.5范围触发黄色预警, 阈值支持管理员在系统后台灵活调整, 适应不同工程管理需求。(3) 可视化模块: 基于GIS地图呈现工程分布、传感器位置与实时数据, 点击地图点位可查看对应监测数据详情; 动态图表采用ECharts实现, 以折线图展示水位变化趋势, 柱状图对比不同区域水质指标, 图表支持缩放与数据导出; 移动端适配采用响应式设计, 简化界面布局, 保留核心功能(如预警信息查看、巡检记录填写), 方便工作人员现场操作^[4]。

3.3 数据库设计

(1) 数据表结构: 工程信息表包含工程ID、名称、位置、建设时间等字段, 关联工程类型表实现数据分类管理; 监测数据表设计监测ID、设备ID、数据值、采集时间等字段, 通过设备ID与设备信息表关联, 追溯数据来源; 用户权限表包含用户ID、角色、账号、密码(加密存储)等字段, 搭配权限配置表实现不同角色权限精细化管控, 确保数据访问安全。(2) 数据存储与备份策略: 采用“本地+云端”双备份模式, 本地服务器存储近3个月数据, 便于快速查询, 云端存储历史全量数据, 防止本地数据丢失; 备份策略为每日凌晨2点自动增量备份(仅备份当日新增数据), 每周日凌晨执行全量备份, 同时支持管理员手动触发备份操作, 备份数据保留6个月, 过期自动清理, 平衡数据安全性与存储资源占用^[5]。

3.4 系统开发与测试

(1) 开发环境与工具: 开发环境选用Windows10操作系统, 后端使用JDK11+IntelliJIDEA开发, 借助Python(Anaconda环境)实现数据分析算法开发; 数据库管理工具采用Navicat, 便于数据表设计与数据维护; 前端使用VisualStudioCode开发, 搭配Chrome浏览器调试界面; 版本控制工具选用Git, 实现开发团队协同开发, 避免代码冲突。(2) 功能测试与性能优化: 功能测试采用黑盒测试法, 针对各模块设计测试用例, 如模拟水位超预警阈值, 验证系统是否正常触发预警并推送信息; 性能测试通过JMeter模拟1000用户同时访问系统, 测试页面加载时间与数据查询响应速度, 若响应时间超1秒, 优化数据库查询语句(如添加索引)、压缩前端静态资源; 测试过程中记录bug, 开发人员修复后进行回归测试, 确保系统功能完善、性能达标。

4 水利工程管理信息系统案例分析与应用验证

4.1 案例选择与背景介绍

(1) 选取某大型水库或灌区作为研究对象：本案例选取西南地区某大型水库，该水库总库容12亿立方米，是区域防洪、灌溉、城市供水核心水利工程，承担着下游150万亩农田灌溉及300万人口生活用水保障任务，工程管理涉及水位调控、水质监测、堤坝维护等多方面工作。(2) 工程概况与管理痛点：水库原有管理模式以人工巡检为主，数据分散存储于不同部门Excel表格中，存在“数据孤岛”问题；水位、水质等关键数据需人工采集后汇总，导致数据更新滞后超2小时，防洪调度预案制定依赖经验，缺乏数据支撑；设备故障需巡检人员现场发现，维修响应时间常超8小时，影响工程稳定运行。

4.2 系统部署与实施过程

(1) 硬件安装：在水库坝体布设30台沉降传感器、15台渗压传感器，库区沿线设置20个水位-水质一体化监测站；部署2台高性能服务器（含冗余备份）存储系统数据，配备5G基站与LoRa网关各3套，实现库区及周边50公里范围网络全覆盖，硬件安装全程同步进行设备调试，确保数据采集与传输稳定。(2) 软件配置与用户培训：依据水库管理需求，配置工程监测、调度管理等模块参数，设置水位超限1.5米触发红色预警等阈值；分3批开展用户培训，管理员培训系统配置与数据备份操作，操作员培训传感器数据查看与巡检记录填写，决策者培训数据分析模型使用与预案生成，每批培训时长2天，配套发放操作手册并进行考核，确保用户熟练使用。

4.3 应用效果评估

(1) 效率提升：系统上线后，数据采集间隔缩短至5分钟，数据更新滞后时间从2小时降至10秒内；设备故障预警响应时间从8小时缩短至1小时，人工巡检频次减少50%，每年节省人工成本约60万元。(2) 管理优化：

基于系统数据分析模型，水库防洪调度预案制定时间从3天缩短至4小时，2024年汛期成功通过系统预警提前规避2次小型险情；水资源分配精度提升30%，灌溉用水利用率提高15%，决策科学性显著增强。(3) 用户反馈与改进建议：85%的用户认为系统操作便捷、数据直观；同时提出改进建议，如增加移动端离线数据填报功能（应对库区部分信号薄弱区域）、优化数据分析模型预测精度（提升长期水位预测准确性），为系统迭代提供方向。

结束语

综上所述，本研究围绕水利工程管理信息系统的应用展开深入探究，从系统构建的理论基础、功能模块设计，到实际案例应用效果分析，全方位呈现了其在水利工程管理中的重要作用。实践表明，该系统能有效提升管理效率、增强决策科学性、保障工程安全稳定运行。但不可忽视，系统在推广应用中仍存在一些局限。未来，需紧跟技术发展趋势，持续优化完善系统，以更好地适应水利工程管理现代化需求，推动水利事业高质量发展。

参考文献

- [1]王宏亮,王艳丽.信息技术在水利工程建设管理中的应用分析[J].全体育,2022(9):217-218.
- [2]王霞.信息技术手段在水利工程建设管理中的应用[J].水电水利,2022,6(1):100-102.
- [3]庄宝庆,谢锡刚,朱海等.水利工程项目管理信息系统设计[J].现代信息技术,2021,5(13):23-25.
- [4]李可.水利工程项目管理信息系统应用研究[J].水利技术监督,2020(03):79-81.
- [5]王磊,李涛.现代化水利工程信息管理系统的应用与发展[J].水利学报,2020,40(6),87-90.