

# 智慧水利背景下水利枢纽除险加固工程信息化管控体系构建与应用

张文莉

新疆维吾尔自治区塔里木河流域喀什噶尔河水利管理中心 新疆 喀什 844000

**摘要:** 智慧水利依托信息技术与水利深度融合, 推动行业转型, 为水利枢纽除险加固工程提供支撑。该工程复杂、环境特殊、安全要求高且工期约束严。本文设计“感知层、传输层、数据层、应用层”四层信息化管控体系架构, 阐述其集成协同机制, 介绍物联网、大数据、BIM、人工智能等关键技术应用, 说明系统开发环境、功能模块设计与实现及集成测试, 助力工程高效、安全实施。

**关键词:** 智慧水利; 水利枢纽; 除险加固工程; 信息化管控体系

引言: 在智慧水利蓬勃发展的当下, 信息技术与水利行业的深度融合正引领着行业变革。水利枢纽作为水利系统的关键节点, 其除险加固工程关乎防洪安全与水资源合理利用。然而该工程面临复杂环境、高安全要求及严格工期等挑战, 构建信息化管控体系成为提升工程管控效能的关键。本文聚焦于此, 探讨体系架构、关键技术应用及系统开发, 为工程高效安全实施提供有力支撑。

## 1 智慧水利与水利枢纽除险加固工程概述

### 1.1 智慧水利的内涵与特征

智慧水利是新一代信息技术与水利行业深度融合的现代化发展模式。其核心内涵是借助数据整合、技术集成, 实现水利工程全生命周期智能化管控, 助力水资源优化、水安全保障及水生态保护。它以感知网络构建全域感知体系, 实时采集核心数据; 以数据驱动整合各类数据形成资源池; 以智能决策为目标实现自动化决策; 以协同管控打通数据壁垒, 实现高效协同。智慧水利打破传统粗放管理局限, 推动行业转型, 为水利枢纽除险加固工程提供技术支撑。

### 1.2 水利枢纽除险加固工程的特点

水利枢纽除险加固工程针对运行久、有隐患的水利枢纽开展, 特点鲜明。工程复杂, 涉及多种结构, 隐患类型与加固要求差异大, 要结合地质、水文制定个性化方案。施工环境特殊, 多地处偏远, 区域狭窄, 受水文变化影响大, 需把控施工时序。安全要求严苛, 施工要保障原建筑稳定, 加固后要满足更高防洪与安全规范。工期约束严格, 受水文周期和安全需求限制, 需在规定时间完成, 确保汛期前具备防洪能力<sup>[1]</sup>。

## 2 水利枢纽除险加固工程信息化管控体系架构设计

### 2.1 总体架构设计原则

水利枢纽除险加固工程信息化管控体系架构设计需遵循系统性、实用性、安全性、可扩展性和协同性原则, 为架构科学性和可行性奠定基础。系统性原则要求架构覆盖工程勘察设计、施工实施、质量检测、竣工验收全流程, 整合感知、传输、计算、应用各层级资源, 形成闭环管控体系。实用性原则强调架构贴合工程实际需求, 聚焦除险加固核心痛点, 简化操作流程, 确保技术人员快速掌握使用方法, 避免过度设计导致资源浪费。安全性原则注重数据安全和系统稳定, 采用数据加密、访问权限控制等技术保障监测数据、施工数据不被泄露或篡改, 构建冗余备份机制应对系统故障。可扩展性原则考虑工程后期升级需求, 架构设计预留接口兼容新技术和新功能, 适应枢纽运维阶段长期使用需求。协同性原则要求架构打破参建单位信息壁垒, 实现建设单位、施工单位、监理单位数据实时共享和业务协同, 提升整体管控效率。

### 2.2 体系架构组成

水利枢纽除险加固工程信息化管控体系架构采用“感知层、传输层、数据层、应用层”四层架构模式, 各层级各司其职且紧密衔接。感知层作为数据采集终端, 部署水位传感器、位移监测仪、应力应变传感器等设备, 实时采集施工进度、结构变形、环境水文等数据, 同时通过视频监控设备实现施工场景可视化监测。传输层承担数据传输功能, 结合4G/5G、光纤通信等技术, 构建稳定高效传输网络, 确保感知层数据实时上传至数据层, 同时实现应用层指令下行传输。数据层是核心数据支撑中心, 搭建数据仓库整合感知数据、设计数据、施工方案等多源数据, 通过数据清洗、格式转换等处理形成标准化数据资源, 采用分布式存储技术保障数

据存储安全和访问高效。应用层面向实际业务需求,开发进度管控、质量监测、安全预警等功能模块,为管理人员提供数据查询、统计分析、决策支持等服务,实现工程管控智能化<sup>[2]</sup>。

### 2.3 体系架构的集成与协同机制

水利枢纽除险加固工程信息化管控体系架构的集成与协同机制是保障架构高效运行的核心,通过技术集成和业务协同打破各环节壁垒。技术集成方面,采用标准化接口协议实现感知层不同类型传感器数据格式统一,确保多源数据顺畅接入;通过数据中台技术整合数据层分散数据资源,实现数据跨层级、跨部门共享;应用层采用微服务架构,使各功能模块独立开发、部署且灵活集成,提升系统扩展性。业务协同机制构建基于流程驱动,梳理工程建设各环节业务流程,明确参建单位职责分工,建立施工进度、质量检测等数据实时同步机制,实现施工单位上报数据、监理单位审核、建设单位决策的闭环管理。建立跨部门协同办公平台,集成会议沟通、文件传输等功能,解决参建单位信息不对称问题。

## 3 水利枢纽除险加固工程信息化管控关键技术应用

### 3.1 物联网技术应用

物联网技术在水利枢纽除险加固工程信息化管控中发挥数据采集与实时监测核心作用,通过“感知-传输-应用”全链条部署实现工程全方位管控。在感知终端部署方面,针对挡水大坝、溢洪道等关键结构,安装振弦式应变计监测混凝土结构应力变化,部署全球卫星导航定位系统位移监测站实时捕捉坝体沉降和水平位移数据,在施工区域布设环境传感器监测温湿度、风速等气象参数,同时在施工机械上安装定位终端和工况传感器,实现施工设备位置和运行状态实时追踪。传输环节采用“光纤+5G”双链路传输模式,光纤保障大量监测数据稳定传输,5G实现施工场景高清视频和应急数据快速上传。应用层面,通过物联网平台对采集数据实时解析,当监测数据超过阈值时自动触发预警,如坝体位移超标时及时推送预警信息至施工和监理单位。基于物联网数据实现施工进度自动统计,通过设备运行数据分析施工效率,为进度调整提供数据支撑,提升工程管控精准度。

### 3.2 大数据分析 with 挖掘技术应用

大数据分析 with 挖掘技术为水利枢纽除险加固工程信息化管控提供数据处理和决策支撑能力,通过海量数据深度挖掘实现工程管控精细化。数据来源涵盖工程历史数据、实时监测数据、施工过程数据和外部环境数据,历史数据包括枢纽建设档案、历年检修记录等,实时数

据包含结构监测、施工进度等数据,外部数据涵盖气象预报、水文预警等信息。数据处理过程中,采用分布式计算框架对海量数据并行处理,通过数据清洗剔除异常值,利用数据融合技术整合多源数据,形成标准化数据集。分析应用方面,构建施工进度预测模型,基于历史施工数据和当前进度数据预测工期节点,识别进度滞后风险并提出调整建议;建立结构安全评估模型,通过分析坝体变形、应力等数据,评估加固效果和结构安全状态;挖掘施工质量影响因素,结合混凝土强度检测数据和施工工艺参数,找出影响质量关键因素,优化施工工艺。

### 3.3 人工智能技术应用

人工智能技术在水利枢纽除险加固工程信息化管控中实现数据智能分析和决策自动化,提升工程风险防控和管控效率。在安全监测领域,采用机器学习算法构建结构缺陷识别模型,通过训练大量坝体裂缝、混凝土剥落等缺陷图像数据,使模型具备自动识别缺陷能力,结合高清摄像头实时采集的结构图像,实现缺陷自动检测和等级评估,替代传统人工巡检,提升检测效率和准确率。在施工质量管控方面,运用神经网络模型分析混凝土浇筑过程中温度、振捣时间等参数与混凝土强度关系,实时预测混凝土强度,当预测强度不达标时,自动调整施工参数。在进度管理中,采用强化学习算法根据施工过程中实际进度、资源配置等动态因素,优化施工进度计划,实现工期动态调整<sup>[3]</sup>。另外,构建智能应急决策系统,整合气象、水文和工程监测数据,当发生暴雨、洪水等突发事件时,系统自动分析事件影响范围和风险等级,生成应急处置方案,为管理人员提供决策支持,提升工程应急响应能力。

### 3.4 人工智能技术应用

人工智能技术在水利枢纽除险加固工程信息化管控中实现数据智能分析和决策自动化,提升工程风险防控和管控效率。在安全监测领域,采用机器学习算法构建结构缺陷识别模型,通过训练大量坝体裂缝、混凝土剥落等缺陷图像数据,使模型具备自动识别缺陷能力,结合高清摄像头实时采集的结构图像,实现缺陷自动检测和等级评估,替代传统人工巡检,提升检测效率和准确率。在施工质量管控方面,运用神经网络模型分析混凝土浇筑过程中温度、振捣时间等参数与混凝土强度关系,实时预测混凝土强度,当预测强度不达标时,自动调整施工参数。在进度管理中,采用强化学习算法根据施工过程中实际进度、资源配置等动态因素,优化施工进度计划,实现工期动态调整。另外,构建智能应急决策系统,整合气象、水文和工程监测数据,当发生暴

雨、洪水等突发事件时,系统自动分析事件影响范围和风险等级,生成应急处置方案,为管理人员提供决策支持,提升工程应急响应能力。

#### 4 水利枢纽除险加固工程信息化管控系统开发与实现

##### 4.1 系统开发软硬件环境配置

水利枢纽除险加固工程信息化管控系统开发,要综合工程实际,合理配置软硬件环境,保障系统稳定、高效且具良好扩展性。服务器端,鉴于需处理大量工程监测数据并支持多用户并发访问,选用稳定性与安全性俱佳的Linux操作系统,保障数据处理高效。客户端兼顾不同场景需求,办公室用Windows系统,方便日常操作;施工现场用Android系统,便于实时管控。开发工具上,后端采用成熟稳定的编程语言与框架组合,实现快速开发与模块化设计,提升可维护性。前端选合适框架构建响应式界面,结合可视化库,以直观图表展示监测数据,增强可读性。数据库按数据类型规划,结构化数据用关系型数据库,保证完整性与一致性;非结构化数据用非关系型数据库,提升存储访问效率;最后,选用专业测试工具进行性能测试,模拟高并发场景,检测响应时间等指标,及时解决问题,确保系统稳定运行,为工程管控提供可靠支持。

##### 4.2 系统功能模块设计与实现

水利枢纽除险加固工程信息化管控系统功能模块设计围绕工程全流程管控需求,分为进度管控、质量监测、安全预警、资源管理和协同办公五大核心模块。进度管控模块实现施工进度实时跟踪,通过关联施工计划和实际施工数据,自动生成进度对比图表,展示各工序完成情况,当进度滞后时自动提醒管理人员并分析滞后原因。质量监测模块整合混凝土强度检测、钢筋质量检测等数据,建立质量标准数据库,对检测数据自动比对分析,生成质量检测报告,标记不合格项并追踪整改情况。安全预警模块实时接收感知层监测数据,通过预设阈值和智能算法判断安全状态,当出现结构位移超标、施工违规等情况时,立即推送预警信息并启动应急流程。资源管理模块对施工人员、设备、材料进行统一管理,记录人员出勤、设备运行状态和材料库存信息,实现资源精准调配和消耗统计。协同办公模块提供文件传输、在线审批、会议沟通等功能,实现参建单位信息共

享和业务协同,提升办公效率。各模块通过数据接口互联互通,形成完整管控体系。

##### 4.3 系统集成与测试

水利枢纽除险加固工程信息化管控系统集成与测试是保障系统稳定运行的关键环节,通过技术集成和多维度测试验证系统性能。系统集成采用SOA架构实现各功能模块与外部系统无缝对接,集成物联网感知平台获取实时监测数据,对接BIM模型平台实现三维可视化管控,关联气象水文系统获取外部环境数据,通过统一数据接口规范实现数据双向交互,确保各系统数据同步更新。集成过程中重点解决数据格式不统一问题,采用数据转换中间件实现不同系统数据格式标准化处理<sup>[4]</sup>。测试阶段分为单元测试、集成测试和系统测试,单元测试针对各功能模块单独测试,验证模块功能正确性,如进度管控模块进度计算准确性;集成测试检验模块间接口兼容性,确保数据传输顺畅,如质量监测模块与协同办公模块数据共享功能;系统测试模拟实际运行场景,测试系统整体性能,包括并发访问能力、数据处理速度和稳定性,采用压力测试验证系统在大量监测数据接入时的响应时间,通过故障模拟测试系统容错能力,确保系统满足工程管控实际需求。

##### 结束语

智慧水利背景下,水利枢纽除险加固工程信息化管控体系的构建与应用意义重大。通过科学架构设计、关键技术运用及系统开发实现,实现了工程全流程智能化管控,提升了管控精准度与效率,增强了风险防控能力。未来,随着技术发展,该体系将不断完善,为水利枢纽安全稳定运行提供更坚实保障,推动水利行业高质量发展。

##### 参考文献

- [1]张明.下坂地水利枢纽数字孪生顶层规划探析[J].水利技术监督,2024,(04):34-38.
- [2]董河华,洪小璐,万国勇.水利枢纽工程信息化系统设计探讨[J].江西通信科技,2023,(03):32-35.
- [3]方应东.智慧水利工程信息化建设技术研究[J].现代工程科技,2025,4(07):9-12.
- [4]崔庆光,尉海霞.信息化技术在农业水利工程中应用现状与分析[J].农业工程技术,2023,43(14):66-67.