

信息化赋能大型水库除险加固施工质量管控与动态监测技术实践

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:大型水库除险加固工程规模大、结构复杂,施工面临诸多难点,对质量管控与动态监测要求高。本文分析了其质量管控与动态监测需求,构建了“云-边-端”信息化质量管控体系,涵盖数据采集管理、过程监控、预警决策等。同时,介绍了监测技术选型、系统集成、数据分析处理及可视化展示。还阐述了系统开发环境、功能模块设计与测试优化,为工程提供全方位信息化支撑。

关键词:信息化;大型水库;除险加固;施工质量管控;动态监测技术

引言:在水利工程建设领域,大型水库除险加固工程意义重大,关乎区域防洪安全与水资源稳定供应。然而,此类工程规模庞大、结构复杂,施工时面临诸多难点,对质量管控和动态监测要求极高。传统管理方式难以满足需求,信息化技术成为突破困境的关键,本文深入探讨信息化赋能大型水库除险加固施工质量管控与动态监测技术实践,为工程提供科学指引。

1 大型水库除险加固工程质量管控与动态监测需求分析

1.1 质量管控需求

大型水库除险加固质量管控要贯穿工程全生命周期,形成闭环。材料管控上,建立严格进场检验机制,对水泥等关键建材性能检测,杜绝不合格材料入场。工序质量管控针对关键工序设质量控制点,如坝体防渗墙槽孔垂直度等,制定专项检验规程并执行。要明确各岗位质量职责,实现人员、设备、材料等信息可追溯。工程要符合现行水利施工质量验收规范,鉴于加固工程特殊性,制定更高质量评判标准,保证加固后水库达设计防洪与运行安全要求。

1.2 动态监测需求

大型水库除险加固动态监测要聚焦施工与结构安全,做到实时精准。施工过程监测针对关键工序,如坝体培厚分层压实度等,确保参数合规。结构安全监测覆盖主要建筑物,监测坝体沉降等指标。监测频率依施工进度和结构受力动态调整,高峰期等阶段提高频率。监测数据要实时传输分析,及时发现隐患。建立监测数据与施工进度联动机制,以反馈优化方案,为竣工验收和运行期监测提供基础数据,保障加固后水库长期安全^[1]。

2 信息化赋能大型水库除险加固施工的质量管控体

系构建

2.1 总体架构设计

信息化质量管控体系总体架构采用“云-边-端”三级架构,实现数据采集、传输、处理和应用的全流程贯通。云端层搭建质量管控云平台,集成数据存储、分析决策、应用服务等核心功能,采用分布式存储技术保障海量质量数据的安全存储,通过大数据分析引擎挖掘数据关联关系。边缘层部署现场数据处理节点,负责对前端采集的数据进行预处理和实时分析,降低数据传输压力,提高响应速度,可实现现场质量问题的快速识别。终端层涵盖施工设备智能终端、质量检测仪器、移动巡检设备等,实现施工过程数据的自动采集和人工录入。架构采用模块化设计,具备良好的扩展性和兼容性,可对接现有水利工程管理系统,实现数据共享。架构融入物联网、大数据、人工智能等技术,构建“感知-分析-决策-执行”的闭环管控链路,为质量管控提供全方位技术支撑。

2.2 质量数据采集与管理

质量数据采集采用“自动采集+人工录入”相结合的方式,确保数据全面性和准确性。自动采集通过在施工设备上安装传感器和智能终端,实时采集混凝土浇筑量、压实度、灌浆压力等施工参数,通过物联网技术传输至数据平台;质量检测仪器如回弹仪、超声波检测仪等配备数据传输模块,直接将检测数据上传至系统。人工录入主要针对施工日志、质量检验报告、材料合格证等非结构化数据,通过移动终端APP实现现场录入并附带现场照片佐证。数据管理采用标准化数据规范,对采集的数据进行分类编码,明确数据格式和录入标准,确保数据一致性。建立数据质量审核机制,通过系统自动

校验和人工复核双重手段,剔除异常数据,补充缺失数据。构建数据共享机制,实现建设单位、施工单位、监理单位等多方数据实时共享,为质量管控协同工作提供数据支撑。

2.3 施工过程质量监控

施工过程质量监控采用“实时监控+重点核查”的模式,实现对施工全流程的精准管控。针对混凝土浇筑、坝体压实、灌浆加固等关键工序,通过系统实时采集施工参数,与设计标准阈值进行对比,当参数超出允许范围时,系统自动发出提醒,监理人员可及时介入管控。建立工序报验流程,施工单位完成一道工序后,通过系统提交报验申请并上传相关质量数据和现场照片,监理单位在线审核,审核通过后方可进入下道工序,杜绝不合格工序流转^[2]。利用视频监控系统对施工现场关键区域进行实时监控,实现施工过程可视化管理,可追溯施工操作行为。针对隐蔽工程,要求施工单位拍摄全过程影像资料并上传至系统,监理单位现场见证并签字确认,确保隐蔽工程质量可追溯。定期生成施工质量分析报告,为质量管控优化提供依据。

2.4 质量预警与决策支持

质量预警模块基于大数据分析和人工智能算法,构建多维度质量预警模型。系统实时分析施工参数、质量检测数据、环境监测数据等,当数据出现异常波动或接近预警阈值时,自动触发预警,通过短信、APP推送等方式通知相关责任人,并明确预警等级和处置建议。针对常见质量问题如混凝土裂缝、坝体渗漏等,建立预警知识库,为预警处置提供技术支撑。决策支持模块通过数据可视化技术,将质量数据以图表形式直观展示,包括质量合格率趋势、各工序质量排名、预警处置完成情况等,为管理人员提供全面的质量状况分析。同时,系统具备数据挖掘功能,可分析质量问题产生的原因,预测质量风险,为施工方案优化和质量管控决策提供科学依据。

3 信息化赋能大型水库除险加固施工动态监测技术应用

3.1 监测技术选型

监测技术选型遵循“精准可靠、经济适用、便于集成”的原则,结合工程特点和监测指标需求选择适配技术。坝体位移监测采用全球导航卫星系统实时动态监测技术和全站仪监测技术相结合的方式,全球导航卫星系统实时动态监测技术可实现24小时连续监测,精度达到毫米级,满足实时监测需求;全站仪适用于定期精准复核,弥补极端天气下全球导航卫星系统信号干扰问题。坝体渗漏监测采用光纤传感技术和渗压计监测技术,光

纤传感技术可实现渗漏通道定位和渗漏量实时监测,渗压计布置于坝体不同深度,监测渗流压力变化。混凝土结构监测采用超声回弹综合法和光纤光栅传感技术,超声回弹综合法用于混凝土强度检测,光纤光栅传感技术可实时监测混凝土应变和温度变化。

3.2 监测系统集成

监测系统集成以数据互联互通为核心,构建统一的监测数据平台,实现多源监测技术的有机融合。首先建立标准化数据接口,针对不同监测设备的通信协议进行统一转换,确保全球导航卫星系统、光纤传感、渗压计等各类设备数据能够顺畅接入平台。采用数据融合技术对多源监测数据进行整合处理,消除不同设备间的数据差异,实现同一监测指标的多维度验证^[3]。系统集成过程中,同步整合施工进度数据和质量管控数据,建立监测数据与施工环节的关联关系,便于分析施工活动对结构安全的影响。搭建统一的系统管理界面,实现对所有监测设备的远程控制、参数配置和状态监控,可实时查看设备运行状况,及时发现并处理设备故障。此外,系统预留接口,可根据工程需求后续接入新的监测技术或设备,提升系统扩展性。

3.3 数据分析与处理

数据分析与处理采用“预处理-特征提取-模型分析-结果验证”的流程,确保监测数据的有效性和分析结果的可靠性。数据预处理阶段,通过滤波算法剔除监测数据中的噪声干扰,采用插值法补充缺失数据,对异常数据进行标记并结合现场情况进行核实修正。特征提取阶段,从预处理后的数据中提取关键特征参数,如坝体位移速率、渗漏量变化幅度、混凝土应变峰值等,明确数据变化规律。模型分析阶段,建立监测数据与结构安全状态的关联模型,采用时间序列分析预测监测指标变化趋势,通过有限元分析模拟不同工况下结构响应,判断结构安全性。结果验证阶段,将分析结果与设计标准、规范要求进行比较,结合现场巡检情况进行验证,确保分析结果真实反映结构实际状态。定期生成数据分析报告,为工程安全评估提供数据支撑。

3.4 动态监测可视化展示

动态监测可视化展示采用三维地理信息系统和数据可视化技术,构建直观、立体的监测展示平台。基于工程地质勘察数据和施工设计图纸,构建水库工程三维数字模型,精准还原坝体、溢洪道、输水建筑物等结构的形态。将实时监测数据与三维模型无缝对接,通过不同颜色、符号标注监测点位置和监测数据变化,如坝体位移超标的监测点以红色闪烁显示,渗漏量异常区

域以渐变颜色标注。开发数据仪表盘,实时展示关键监测指标如坝体最大位移量、渗漏总量、混凝土强度等,直观呈现监测数据动态变化趋势。支持多维度数据查询和场景模拟,管理人员可通过缩放、旋转三维模型查看不同区域监测情况,模拟不同荷载工况下的监测数据变化,为现场决策提供直观的可视化支撑。

4 信息化系统开发与实现

4.1 系统开发环境与工具

系统开发采用“前后端分离”架构,挑选成熟稳定的开发环境和工具来保障系统性能。后端开发选用成熟的技术框架,该框架具备快速开发、组件化集成等优势,能够提升开发效率与系统稳定性;数据库采用关系型数据库和文档型数据库组合的方式,关系型数据库用于存储结构化数据,如质量检测报告、施工参数等,文档型数据库用于存储非结构化数据,如现场照片、视频监控数据等,以此确保数据存储高效可靠。前端开发运用流行的前端框架,结合组件库搭建用户界面,实现页面快速渲染和良好的交互体验;三维可视化开发采用专业的三维地理信息框架,支持大规模三维地理数据展示,满足工程三维模型可视化需求。开发工具方面,选用功能强大的集成开发环境作为后端开发工具,轻量级编辑器作为前端开发工具,再配合版本控制系统实现团队协同开发,确保代码管理规范有序。测试工具选用性能测试工具开展性能测试,用自动化测试工具进行自动化测试,保障系统稳定运行。

4.2 系统功能模块设计

系统功能模块按“质量管控+动态监测+综合管理”三大核心需求设计,各模块功能独立且相互关联。质量管控模块包含材料管理、工序管控、质量检验三个子模块,材料管理子模块实现建材进场检验、库存管理和质量追溯;工序管控子模块实现工序报验、过程监控和不合格工序处置;质量检验子模块实现检测数据录入、检验报告生成和质量问题统计。动态监测模块包含数据采集、监测预警、数据分析三个子模块,数据采集子模块实现多源监测数据实时接入;监测预警子模块实现异常数据预警和处置跟踪;数据分析子模块实现监测数据趋势分析和安全评估。综合管理模块包含用户管理、权限配置、日志管理、报表统计四个子模块,用户管理子模

块实现多角色用户创建和信息维护;权限配置子模块实现不同岗位权限精准分配;日志管理子模块记录系统操作和数据变更轨迹;报表统计子模块支持质量和监测数据自定义报表生成,满足多方管理需求。

4.3 系统测试与优化

系统测试采用“分阶段测试+全流程验证”的方式,确保系统功能完善、性能稳定。单元测试针对各功能模块逐一开展,重点测试模块内函数逻辑、数据处理准确性,采用白盒测试方法覆盖核心代码,确保每个单元功能符合设计要求。集成测试重点测试模块间数据交互和接口兼容性,模拟多模块协同运行场景,验证数据在不同模块间传输的准确性和及时性,解决模块集成过程中的接口冲突问题^[4]。系统测试模拟实际应用场景,组织建设、施工、监理等多方人员参与,测试系统在高并发、多用户操作下的性能表现,包括响应速度、数据处理能力、稳定性等指标,采用JMeter工具进行压力测试,确保系统在峰值负载下正常运行。根据测试过程中发现的问题,制定优化方案,如优化数据库查询语句提升数据访问速度,调整预警算法提高预警准确性,优化页面布局提升用户体验,经过多轮测试和优化,确保系统满足工程实际应用需求。

结束语

信息化赋能大型水库除险加固施工,通过构建质量管控体系与动态监测技术应用,实现了施工质量的精准管控与结构安全的实时监测。从数据采集到分析决策,从技术选型到系统集成,各个环节紧密相连,形成完整闭环。经系统测试与优化,该信息化系统能有效提升工程管理水平,保障水库加固质量与运行安全,为类似工程提供宝贵经验与借鉴。

参考文献

- [1] 欧阳钊. 水库大坝除险加固施工安全管理问题分析[J]. 四川建材, 2021, 47(07):215-216.
- [2] 王亚军, 李娜, 张伟. 病险土坝高压旋喷防渗墙技术优化研究[J]. 水利学报, 2023, 54(7):865-873.
- [3] 李阳. 高压旋喷桩灌浆技术在南王水库大坝除险加固中的应用[J]. 小水电, 2024, (05):77-80.
- [4] 纪鹤鸣, 胡振华, 何福兴. 槽孔型防渗墙在石河水库除险加固中的应用[J]. 云南水力发电, 2024, 40(10):116-120.