

Application of Intelligent Detection Technology in Quality Control of Water Conservancy Projects

Di Wu

Pearl River Water Resources Commission, Pearl River Water Resources Research Institute, Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

With the continuous expansion of water conservancy project construction scale and increasing technical requirements, traditional quality control methods relying on manual inspections, sampling tests, and empirical judgments have become inadequate for meeting the demands of comprehensive, refined, and real-time management in complex engineering environments. Intelligent detection technologies, leveraging advantages such as perception acquisition, data transmission, intelligent analysis, and dynamic early warning systems, are emerging as critical technical support for enhancing water conservancy project quality control. This study explores the application of intelligent detection technologies in water conservancy quality management, analyzing their value in material inspection, construction monitoring, structural performance evaluation, and safety early warning systems. It identifies existing challenges in current practices and proposes measures including refining technical frameworks, strengthening data management, enhancing collaborative applications, and improving professional competencies, aiming to provide insights for optimizing water conservancy project quality management models.

Keywords

Intelligent detection technology; Hydraulic engineering; Quality control; Monitoring and early warning; Engineering management; Digital application

智能化检测技术在水利工程质量控制中的应用

吴迪

珠江水利委员会珠江水利科学研究院, 中国·广东 广州 510000

摘要

随着水利工程建设规模持续扩大和工程技术要求不断提高,传统依赖人工巡检、抽样检测和经验判断的质量控制方式,已难以充分适应复杂工程环境下全过程、精细化和实时化管理需求。智能化检测技术凭借感知采集、数据传输、智能分析和动态预警等优势,正在成为提升水利工程质量控制水平的重要技术支撑。文章围绕智能化检测技术在水利工程质量控制中的应用展开研究,分析其在材料检测、施工监测、结构运行评估和安全预警中的应用价值,探讨当前实践中存在的问题,并提出完善技术体系、健全数据管理、强化协同应用和提升专业能力等措施,以期为水利工程质量管理模式优化提供参考。

关键词

智能化检测技术; 水利工程; 质量控制; 监测预警; 工程管理; 数字化应用

1 引言

水利工程具有建设周期长、结构类型复杂、地质条件多变和安全责任重大的特点,其质量控制不仅关系工程实体性能,也关系区域防洪安全、供水保障和生态调度能力。传统质量管理模式在材料检测、过程监督和运行评估方面发挥了重要作用,但在面对大型、复杂和分散的水利工程项目时,常出现检测覆盖不全面、信息反馈滞后、数据整合不足和风险评估不及时等问题。近年来,传感监测、无人机巡查、三维建模、物联网采集和智能分析等技术不断发展,为水利工

程质量控制提供了新的实现路径。研究智能化检测技术在水利工程中的应用,不仅有助于提升工程质量监管的精准性和时效性,也有助于推动水利工程管理由经验主导向数据驱动转变。

2 智能化检测技术应用于水利工程质量控制的现实基础

2.1 水利工程质量控制具有多阶段、多要素和高风险特征

水利工程从勘测设计、施工建设到运行维护,涉及地基处理、混凝土浇筑、金属结构安装、防渗体系构建和机电设备调试等多个环节,任何一个环节控制不当,都可能影响整体工程质量。与一般建筑工程相比,水利工程往往体量更

【作者简介】吴迪(1988-),男,满族,中国辽宁瓦房店,本科,工程师,从事水利水电工程研究。

大,施工环境更复杂,部分工程位于山区、河谷、库区或软弱地基区域,受气象、水文、地质等外部因素影响更为显著。工程质量问题并不总是立即显现,有些隐患会在长期荷载、水压变化和環境侵蚀作用下逐步暴露。由此决定了水利工程质量控制不能仅依赖阶段性抽检和局部检查,而需要形成覆盖材料、工艺、结构和运行状态的连续监测体系。智能化检测技术的引入,正是适应这种复杂控制需求的重要表现。

2.2 传统检测方式在复杂工程管理中存在明显局限

传统水利工程质量检测多以人工巡查、现场取样、仪器单点测量和纸质记录为主,这种方式在中小型项目中具有一定适用性,但在大型工程和长周期运行管理中逐渐暴露出不足。一方面,人工检测频次有限,覆盖范围受人员数量、作业条件和时间安排影响较大,难以实现全天候、连续性监测。另一方面,许多检测结果呈现碎片化特征,数据之间缺乏系统关联,管理者难以从中提取整体趋势和风险信号。对于变形、渗流、温度、沉降、裂缝发展等动态变化指标,若仅依靠定期观测,往往无法及时发现异常波动。部分偏远施工区域和高风险部位还存在人工进入困难的问题,这进一步制约了检测效率和安全性。正因如此,传统检测方式在时效性、系统性和预警能力方面已难完全满足现代水利工程质量控制要求。

2.3 数字化发展为智能化检测技术推广提供了条件支撑

近年来,传感器精度提升、无线通信技术成熟、云平台应用拓展以及数据分析方法优化,为智能化检测技术在工程领域的推广创造了良好条件。水利工程建设与管理逐步走向数字化、可视化和平台化,工程数据的采集、传输、存储与分析能力明显增强。特别是在物联网环境下,各类监测设备可以实现多点布设、实时上传和远程调用,为质量控制提供持续、完整的数据支撑^{[1][2]}。同时,图像识别、机器学习和三维建模等技术的发展,使检测结果不再停留在简单数值层面,而能够进一步支持缺陷识别、趋势判断和风险预估。数字化平台把分散的检测数据纳入统一系统,也为施工方、监理方和管理部门之间的信息共享提供了可能。

3 智能化检测技术在水利工程质量控制中的主要应用表现

3.1 在原材料与施工过程检测中的应用

水利工程质量首先取决于原材料质量和施工过程控制效果。智能化检测技术在这一阶段的应用,主要表现为对原材料参数、施工状态和工艺执行情况的实时监测。在混凝土工程中,可通过温度传感器、湿度采集设备和智能测温系统掌握混凝土浇筑后的温度变化和养护状态,为防止温差裂缝提供依据。在土石坝和堤防填筑工程中,可利用智能压实监测系统记录压实遍数、碾压轨迹和压实效果,提高填筑质量控制的连续性和准确性。对于钢筋安装、模板定位和设备安

装等环节,激光扫描和数字测量技术也能提高尺寸偏差控制水平。与传统抽检方式相比,智能化检测更强调过程留痕和动态反馈,有助于把质量问题控制在形成阶段,而不是等到实体完成后再被动纠偏。

3.2 在结构状态监测与隐患识别中的应用

水利工程结构长期处于水压力、温度变化、地基变形和環境侵蚀等多重作用之下,结构状态监测是质量控制由施工阶段向运行阶段延伸的重要内容。当前,智能化检测技术已广泛应用于大坝、闸门、渠道衬砌、泵站建筑物和边坡结构的状态感知中。通过布设渗压计、位移计、应变计、倾角仪和沉降监测装置,可以实时掌握工程关键部位的受力和变形变化。部分工程还利用无人机航测、高分辨率摄影和图像识别技术对表面裂缝、渗漏痕迹和边坡失稳征兆进行识别,提高隐患发现效率。对于人工巡查难以覆盖的高边坡、泄洪建筑物外立面和水下结构,智能化检测技术更显示出明显优势。它不仅提升了监测密度,也使质量问题识别由人工经验判断逐步转向数据支撑和模型分析。

3.3 在风险预警与质量决策中的应用

智能化检测技术的更深层价值,并不只是采集数据,而在于将检测结果转化为质量管理和风险决策依据。当监测系统持续积累位移、渗流、应力和温度等数据后,可通过阈值分析、趋势分析和关联分析识别异常变化,并在超限或突变时发出预警。这种预警能力对水利工程质量控制具有重要意义,因为许多质量问题在形成早期往往只有细微变化,若能及时捕捉并分析,便有机会在问题扩大之前采取处理措施^[3]。

4 智能化检测技术提升水利工程质量控制效能的关键价值

4.1 推动质量控制由静态抽检向动态监测转变

传统质量检测更多体现为某一时间点、某一部位的检查结果,其本质属于静态管理方式。智能化检测技术则通过持续监测和实时采集,使质量控制能够反映工程状态的动态变化。对于混凝土温控、防渗体沉降、坝体变形和边坡位移等问题,动态监测比单次检测更能揭示发展规律,也更能反映实际风险。水利工程的质量形成并不是瞬时完成的,而是随着施工推进和运行环境变化持续演化。动态监测理念的建立,有助于管理者从“是否合格”的结果判断,转向“是否稳定”“是否异常”“是否存在趋势性风险”的过程判断。这种转变使质量控制更加贴近工程运行实际,也显著提升了风险识别的提前量。

4.2 推动质量管理由经验判断向数据支撑转变

水利工程管理长期依赖专业人员经验,这种方式在实际工作中仍然具有不可替代的价值,但经验判断也受个人能力、现场条件和信息完整度限制。智能化检测技术通过建立数据链条,使质量判断有了更加客观和可追溯的依据。管理人员可以通过时间序列数据分析变化趋势,通过多指标关联

识别潜在原因,通过平台可视化界面掌握重点区域状态。这样一来,原本分散、模糊的现场信息被转化为可分析、可比较、可复核的数据内容,质量管理的科学性明显增强。数据支撑并不意味着取代人的专业判断,而是使判断建立在更加充分的事实基础之上,从而减少误判、漏判和迟判现象。

4.3 推动质量控制由单一环节管理向全过程协同转变

智能化检测技术的推广,使水利工程质量控制逐步突破单一环节、单一主体的限制。检测数据一旦接入统一平台,施工单位、监理单位、设计单位和业主方就可以围绕同一数据源开展分析与协同。施工过程中的异常数据可以及时反馈给现场管理人员,监理可据此强化工序验收,设计人员也可以依据运行反馈优化后续方案。对于大型水利工程而言,这种协同意义尤为突出,因为质量问题往往并不是单一原因造成,而是设计、施工、材料和环境因素共同作用的结果。智能化检测技术让各方在同一信息基础上开展工作,提高了问题发现与处理的整体效率,也推动质量管理向系统化方向发展。

5 智能化检测技术应用中存在的问题及优化路径

5.1 技术集成程度不足,系统间协同能力有待提高

当前水利工程智能化检测体系虽已初步建立,但在系统集成层面仍存在明显短板。不同监测设备由多家厂商提供,数据接口标准不统一,采集频率与传输方式存在差异,导致各类信息难以在同一平台实现有效整合,形成“信息孤岛”。部分系统侧重数据采集功能,缺乏深层分析能力,而一些平台虽具备较强可视化表现,却未能与施工管理和运行维护数据形成联动,难以支撑全流程决策。技术集成不足使数据价值难以充分释放,也削弱了智能化检测对工程质量控制的整体支撑作用。

5.2 数据治理与成果转化机制尚不完善

智能化检测的核心在于数据价值的挖掘与利用,但在实际应用中,数据治理体系仍显薄弱。监测数据来源多样,质量参差不齐,部分历史数据缺失或记录不完整,异常值处理缺乏统一规范,影响分析结果的可靠性。部分工程虽积累了大量数据资源,但缺乏系统化管理与深度挖掘,数据多停留于存储层面,未能转化为可支持决策的有效信息^{[4][5]}。要提升智能化检测的应用效能,需要从数据全生命周期入手,建立规范的数据清洗、分类存储与权限管理机制,并完善长期归档与追溯体系。在此基础上,结合水利工程特点构建适用的分析模型与评价指标,使数据能够服务于风险预警与质

量评估。通过完善数据治理与成果转化路径,推动数据由被动记录向主动支撑决策转变,才能体现智能检测的实际价值。

5.3 复合型人才不足,管理理念仍需更新

智能化检测技术的有效应用离不开专业人才与管理理念的共同支撑。当前部分工程管理人员对智能平台运行机制与数据分析方法理解不足,在设备应用与结果解读方面存在局限,导致技术优势未能充分发挥。一些项目仍以传统经验为主要依据,对智能检测结果重视程度不够,使新技术难以融入既有管理流程。与此同时,既具工程背景又掌握信息技术的复合型人才相对匮乏,制约了系统运维与数据分析能力的提升。推动智能化检测技术落地,需要加强针对性培训,提升人员在数据解读、系统维护与异常研判方面的能力,并在制度层面明确检测成果的应用要求,使数据分析结果能够直接服务于质量管理与决策过程。通过理念更新与能力建设的协同推进,才能实现技术手段与管理实践的深度融合。

6 结语

智能化检测技术为水利工程质量控制提供了新的技术支撑和管理路径。它通过实时感知、连续采集、智能分析和动态预警,拓展了传统质量检测的时空边界,使水利工程质量更系统、及时性和精准性。从原材料与施工过程控制,到结构运行监测与风险预警,智能化检测技术正在推动水利工程质量控制由静态抽检向动态监测转变,由经验主导向数据支撑转变,由分散管理向全过程协同转变。与此同时,技术集成不足、数据治理薄弱和人才储备不够等问题仍然制约其深入应用。未来应围绕标准统一、平台融合、数据治理和人才培养持续完善应用体系,推动智能化检测技术与水利工程建设管理深度融合,从而不断提升水利工程质量控制水平与安全保障能力。

参考文献

- [1] 高欣.智能化监测技术在水利工程安全运维与防伪中的应用——如何以新技术防止材料造假、数据篡改以确保工程质量[J].中国品牌与防伪,2026,(05):234-236.
- [2] 徐云乾,袁明道,罗永锐等.小型水库智能化管护装备体系构建与发展路径研究[J].中国水利,2026,(04):58-63.
- [3] 潘婷婷,马秀敏,高云.水利工程中地下水资源保护与利用的科技创新研究[J].科学技术创新,2026,(03):185-188.
- [4] 林晔.水利工程材料质量监管中信息化技术与质量工程协同机制研究[J].中国品牌与防伪,2026,(02):136-138.
- [5] 姚锦创.智能化技术在现代水利工程管理中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(33):35-37.