

Digital Empowerment for Smart Supervision of Water Conservancy Engineering Quality Inspection—Taking the Water Conservancy Engineering Quality Inspection and Supervision Platform of Yichang City as an Example

Zhengjun Zhu

Yichang Water Resources and Hydropower Engineering Quality and Safety Supervision Station, Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract

Quality inspection is the fundamental support for water conservancy engineering quality management, and inspection data is the basic basis for evaluating the physical quality of water conservancy engineering. Faced with regulatory challenges such as vague responsibility definition, questionable sample authenticity, and distorted testing data in traditional water conservancy engineering quality inspection, Yichang City has developed a smart supervision platform based on digital twin technology to address prominent issues in regulatory work. This platform relies on the architecture of a data center and utilizes IoT and big data analysis technologies to achieve the digital transformation of the full element supervision of “personnel, equipment, samples, methods, and environment”. It has established a closed-loop supervision mechanism for the entire process from on-site sampling to the issuance of testing reports, providing a scalable digital solution for the high-quality development of water conservancy engineering.

Keywords

water conservancy engineering; Quality inspection; Digital empowerment; Smart Supervision

数字赋能水利工程质量检测监管——以宜昌市水利工程质量检测监管平台为例

朱正军

湖北省宜昌市水利水电工程质量与安全监督站，中国·湖北宜昌 443000

摘要

质量检测是水利工程质量的基础支撑，检测数据是评价水利工程实体质量的基本依据。面对传统水利工程质量检测中存在的责任界定模糊、样品真实性存疑、检测数据失真等监管挑战，宜昌市开发了一种基于数字孪生技术的智慧监管平台，以解决监管工作中的突出问题。该平台依托于数据中台架构，运用物联网与大数据分析技术，实现了“人员、设备、样品、方法、环境”全要素监管数字化转型，建立了一套从现场取样到检测报告出具的全流程闭环监管机制，为水利工程质量发展提供了可推广的数字化解决方案。

关键词

水利工程；质量检测；数字赋能；智慧监管

1 引言

随着我国水利投融资体制改革、“两手发力”模式落地，水利项目投资规模持续增长，对工程质量监管提出更高要求。质量检测是工程质量保障关键环节，数据真实性直接决定实体质量评估精准度，当前涵盖施工自检、监理平行检测、项目法人全过程检测、监督机构监督检测及竣工抽

检五大环节，存在责任界限模糊、样品与数据失真、应检未检、违法分包转包等问题，埋下质量隐患。

宜昌市作为长江三峡门户，年水利建设投资约 50 亿元，当地水行政部门践行水利信息化智慧化理念，推进数字孪生支撑的智慧水利建设，搭建工程质量检测全链条智慧监管平台，以标准化、流程化、智能化实现无感监督与精准监管，为水利工程质量检测监管提质增效探索了高效路径。

2 传统检测模式面临的突出问题

2.1 责任主体界定不清

传统委托送样模式下，检测机构仅对“来样”负责，

【作者简介】朱正军（1973-），男，高级工程师，从事水利水电工程质量与安全监督研究。

不对样品真实性负责。一旦样品出现问题，往往会导致检测机构与委托方之间的责任推卸现象，这使得行业监管部门难以获取证据并追溯问题根源，从而增加了监管难度。

2.2 体制机制运行不畅

宜昌市水利工程多为中小型，承建单位普遍无独立质量检测资质，需依托外部第三方检测机构开展相关工作。但合作中，检测机构在业务承揽、价格谈判、费用支付等环节需依赖委托方，委托单位常居主导，致使其独立公正性受限，难以充分发挥水利工程质量“守门人”作用。

2.3 市场秩序亟待规范

宜昌市现有19家具备水利检测资质机构，面对年约50亿元水利建设投资，检测市场竞争激烈。个别机构为揽业务打不正当价格战，部分项目参建方为规避监管，偏好选择“配合度高”的检测机构，此举扰乱检测市场秩序，易滋生“劣币驱逐良币”效应。

2.4 机构能力参差不齐

少数检测机构设备老化，自动化智能化水平低、检测精度不足；部分人员专业能力欠缺，操作不标准、行为不规范，个别机构人员资质不符、质控体系不完善、检测环境不达标，多重问题共同削弱了检测数据及报告的准确度。

3 建设目标与途径

3.1 建设目标

以“需求驱动、应用优先、数字赋能、能力提升”为原则，聚焦破解检测监管突出问题，构建“三协同、三统一、一网通管”现代化水利工程检测监管体系。建立水行政部门、检测机构、项目参建方三方协作机制，明晰职责、统一流程标准；以数字化锁定加密样品身份，实现委托、样品、报告三号流水统一，检测全程屏蔽敏感信息、盲样处理；规范流程，搭建网上统一平台，实现全过程全要素全链条一网通管，根治试样失真、数据失准、行为失范等顽疾，营造规范公平的检测市场环境，筑牢水利工程监测监管根基。

3.2 实施路径

宜昌市水利工程检测监管平台以“全要素管理、全流程追溯”为指导思想，制定了“标准先行、人员认证、一码贯通、视频留证、设备直采、自动防伪”六大核心实施路径，系统性重塑水利工程质量检测监管流程，实现监管效能与检测公信力双提升。

3.2.1 标准先行，夯实监管根基

通过构建涵盖检测机构、从业人员、仪器设备、检测环境、检测指标以及检测流程在内的一套标准库和流程，夯实监管根基，以解决检测行为不规范、超资质检测等问题。

3.2.2 人员认证，锁定责任主体

通过建立检测参与人员和检测机构全面的数字档案，自动记录检测参与人员活动轨迹，锁定检测行为主体责任，以解决人证不一、责任难追究的问题。

3.2.3 一码贯通，样品全程溯源

通过创建“二维码+芯片”双重唯一标识技术，锁定样品并自动形成检测全过程电子记录，以解决样品真实性存疑、流转过程不可溯等问题。

3.2.4 视频留证，还原作业现场

通过设置固定和移动视频监控，实现从取样到检测全过程的可视化追踪，还原作业现场检测行为，以解决监管执法难取证的问题。

3.2.5 设备直采，屏蔽人为干预

通过物联网技术实现主要力学检测设备接口的互联互通，原始数据直采进入平台，屏蔽人为干预数据，以解决检测结果数据失真问题。

3.2.6 自动防伪，闭环审核签发

通过自动生成检测报告防伪码，固定报告审核签批流程，以解决出现虚假报告问题。

4 智慧监管平台建设

4.1 总体介绍

平台以“数字赋能、全程溯源、智慧监管”为核心理念，采用“云-网-端”一体化架构，构建覆盖水行政主管部门、检测机构、项目法人、监理单位、施工单位等参建主体的协同网络监管平台。平台基于数字孪生架构开发，依托政务云部署，通过物联网、GIS、大数据、人工智能等技术集成，形成“1+N”总体应用框架：

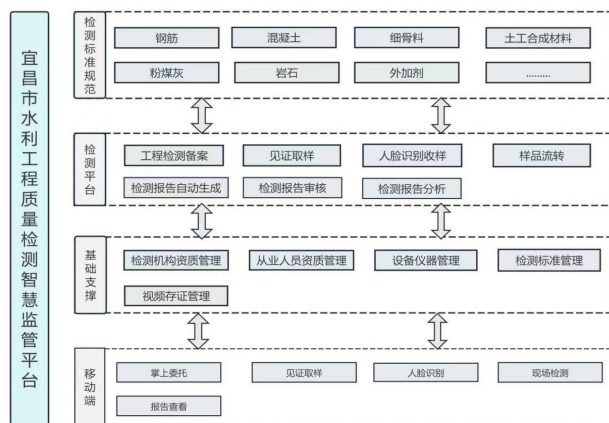


图1 平台总体架构图

1个数据中心：汇集检测机构、人员、设备、标准及视频留证等基础数据库，实现数据资源集中管理；

N个应用场景：覆盖取样、送样、收样、检测、出具报告、数据分析等全流程功能模块。

4.2 数据中心建设

数据中心的建设是确保平台正常运行与数据可追溯性的核心环节。数据中心主要用于存储和管理检测过程中的各类数据，系统构建检测机构、从业人员、仪器设备、检测标准四大基础数据库和视频留证中心。

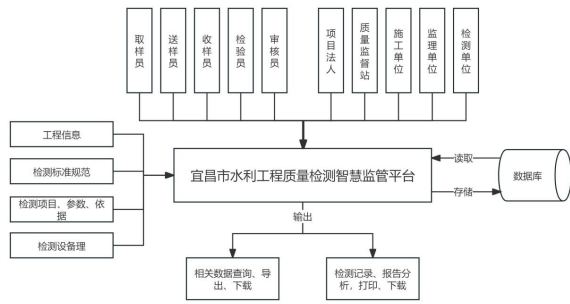


图2 数据及数据流转图

4.2.1 检测机构信息库建设

构建涵盖检测机构基本信息与资质许可的核心数据库，整合营业执照、资质证书及 CMA 资质认定等关键信息，平台仅对资质许可参数开放权限，杜绝超资质检测。已建成 19 家机构信息库，实现检测参数同步更新与预警管理。

4.2.2 从业人员库建设

构建含取样员、见证员、收样员、检测员、授权签字人等岗位的人员信息库，收录身份、执业资格、劳动合同、培训记录等信息；平台自动记录人员检测轨迹，构建信用画像，从业人员需人脸识别实名制验证方可进入流程，实现“人证合一、责任到人”，现已建立 392 人信息档案。

4.2.3 设备仪器库建设

建立全市检测机构仪器设备信息库，整合采购、检定、使用、维护全生命周期数据；系统设自动报警功能，提醒超期未检定设备，通过编码关联设备与机构，实现检测项目与机构精准绑定。

4.2.4 检测标准库建设

依据 SL 行业标准及 GB 国家标准，建立土工、混凝土、金属结构、量测等检测项目与标准库，系统梳理整合项目，结构化提取关键要素。平台为各检测项目预植规范流程、计算方法与评价准则，可自动生成标准化委托单、记录表及报告，现内置 896 个计算公式、56 份委托单模板、89 份记录表模板，覆盖 356 项检测项目。

4.2.5 视频存证中心建设

构建现场取样移动端视频采集、见证全程视频实时上传留证功能，试验室部署固定摄像头实现全天候监控；视频数据关联项目，保障取样、检测等关键环节全流程可视化追溯，全市已部署高清摄像头 364 个，实现 24 小时不间断监控。

4.3 平台核心功能建设

4.3.1 取样、送样、收样管理模块

样品流转以一码贯通为基础，采用“二维码+芯片”双重标识技术，结合人员身份锁定、北斗定位全程监控，实现样品从工地到试验室“身份锁定、流转留痕”，杜绝调包违规行为。取样、见证人员人脸识别登录后，扫描标识关联项目及责任方，取样同步录视频、存北斗定位和时间标记，

形成不可更改电子记录。样品运输绑定送样人员手机定位，异常自动报警；收样时扫描核实信息、人脸识别验证身份，电子签名后生成委托单，明确责任。

4.3.2 样品台账管理模块

以样品标定的二维码为唯一身份标识，通过“一码通”流转，从取样、收样、入库、领用、检测、处置各环节均通过扫码记录，形成全流程电子台账。检测人员扫码领取样品，确保样品流转规范、责任可溯。

4.3.3 检测环境监测模块

平台自动收集养护、钢筋、水泥、土工合成材料、混凝土外加剂等需要特定试验环境场所的环境传感装置数据，实时采集试验环境的温度、湿度等指标，与平台设置的标准要求比对，具备环境达不到规范要求自动预警提醒功能。

4.3.4 检测过程管理模块

平台按检测项目预设标准流程，自动分配检测任务至检测机构的部门和人员。力学性能试验通过物联网技术直连设备，数据自动采集并实时上传，非力学试验数据通过平台进行样品原始数据直报，所有数据进入检测记录表预设模板，并同时获取及匹配试验环境数据。平台依据内置规则自动修约、计算与判定，具备自动生成自带防伪码、不可篡改的检测报告。

4.3.5 报告管理模块

报告模块预设标准报告格式，未完成检测内容将被系统锁定报告生成权限。检测全部完成后，经授权签字人在线审核批准，平台生成带防伪码报告，支持批量打印、电子签章及公众验真，报告发放关联费用结算，最终归档至数据库，便于后续查询、统计与共享。

4.3.6 大数据分析预警模块

平台集成多维统计分析功能，可按工程类型、地域、参建主体等多维度评估质量发展趋势。通过比对多机构检测数据、工程多项检测指标识别异常数据，不合格数据自动预警并直报质监机构，同时对检测数据频繁偏差的工程主动标记预警，助力质监机构高效开展监管。

4.3.7 分级权限管控模块

平台为水行政主管部门、检测机构、项目法人等不同角色配置多级用户权限，实现精细化管理。市级质监机构可访问所有数据，检测机构仅查看关联项目检测过程数据，参建方仅查看自身参建项目检测信息，保障数据安全与隐私。

5 人工智能装备试点应用

推进工程质量检测需水行政主管部门、检测机构、技术服务机构协同发力。宜昌市引导检测机构更新改造老旧设备，累计完成 120 台套力学设备升级，并在钢筋、混凝土等结构安全类检测项目中，试点应用无人值守设备、AI 机器人等智能化装备。钢筋检测引入机器人全自动压力试验机，融合 AI 与激光红外技术，实现检测全步骤自动化；智能钢

筋测长称重仪精度达毫米级，提升检测精准度。混凝土检测引入智能装备，试块抗压设备联动机械臂完成全流程操作，智能回弹仪自动采集数据并上传；AI视觉与运动控制系统实现试块自适应抓取、定位，屏蔽人工误差。平台预设流程、分配任务，自动采集上传数据、匹配环境参数，完成计算判定并生成带防伪码、不可篡改的检测报告。

6 结语

2023年宜昌市水利工程检测监管平台启用，已注册用户1480个，监督668个项目，自动生成检测报告45044份，基本破解质量检测监管堵点难点。监管模式从事后处理转向事前预防，全市水利工程实体质量显著提升。实践证明，

数字赋能是推进工程质量监管体系现代化的关键，构建全要素、全流程闭环智能监管机制，可攻克传统监管难题，筑牢水利项目高质量发展根基。

参考文献

- [1] 宜昌市智慧水利工程项目建设管理运用需求 宜昌市水利水电工程质量与安全监督站“2022.3”
- [2] 王宏,余熠,石达扎西,等.西藏水利工程质量检测监督管理系统设计与实践[J].水利信息化,2021,(03):75-80.DOI:10.19364/j.1674-9405.2021.03.016.
- [3] 赵礼,张晔,谢慧,等.水利工程质量检测信息化平台实践——以浙江省为例[J].中国水利,2020,(08):53-55.