

水利工程检测数据在质量管理中的精确应用探究

文 / 吴茂春 溧阳市水利管理中心

摘要：水利工程是国家基础设施建设的核心，其自身质量直接应用防洪安全、水资源调配以及生态环境保护等相关工作的开展。在现代信息技术的持续发展过程中，工程检测数据精确应用是提高水利工程质量管理的重点。在质量管理中合理应用物联网、人工智能以及信息管理系统，可以实现检测数据的全流程化闭环管理，进而为工程质量管理工作的开展提供参考。文章基于质量管理、信息技术两个角度，综合某水利工程实践案例，探究了检测数据采集、传输以及分析、决策全链条的应用，其主要就是通过标准化、智能化手段实现对质量管理各个流程的管理，进而达到提高工程质量的可靠性，增强耐久性，继而为同类水利工程数字化管理工作的开展提供参考与支持。

关键词：水利工程；质量检测；信息化管理；数据精确性；精细化管理；大数据分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.085

引言

水利工程检测数据在质量管理中的精确应用是保障工程安全、提升工程质量与效率的关键环节。随着信息技术的快速发展，水利工程检测数据的采集、处理与分析手段日益多样化，为质量管理提供了更加科学、高效的支撑。其中溧阳市北河治理工程作为江苏省重点水利项目，在项目管理中通过精确化的数据检测体系，可以有效实现对河道疏浚、堤防加固以及岸坡防护等关键环节的精细化管控，也为水利工程检测数据在质量管理中的精确应用提供了参考。

一、项目概述

某重点工程防洪标准为50年一遇，排涝标准为20年一遇。工程等别为Ⅲ等；河道及堤防级别为3级，主要建筑物级别为3级，次要建筑物级别为4级，临时建筑物级别为5级。主要建设内容为河道疏浚、堤防加固、岸坡防护、穿堤建筑物拆建加固、水土保持提升等。

二、水利工程检测数据精确化在质量管理中的重要价值

（一）客观评价质量状态

可以提供关于混凝土强度、钢筋性能、土工材料参数；了解其高程、轴线偏差等相关结构几何尺寸，确定压实度、防渗性能以及焊接质量等施工工艺效果是否符合要求。通过检测数据分析，则可以判断水利工程质量是否符合设计要求。

（二）过程监控与动态控制

通过定期或者定时的方式采集信息数据，重点分析混凝土浇筑温度、坍落度以及回填土压实度，根据设计标准确定是否符合灌浆压力以及流量，这样则可以及时发现偏差等诸多问题，进而根据实际状况对施工工艺参数进行现场调控，有效避免不合格工序延续。

（三）预警与纠偏

通过数据分析，利用控制图以及趋势分析进行动态管理，则可以识别潜在的质量风险隐患，了解其异常波动，进而提前预警，采取有效的纠正以及预防措施。

（四）验证设计假设与施工效果

验证设计计算中主要采用材料参数、地质条件以及

荷载假设等是否符合要求。要重点评估地基处理、大体积混凝土温控、预应力张拉等工程是否符合预期效果。

（五）质量验收与评定依据

工序验收就是在每道关键工序完成后，根据检测数据判定其是否符合要求，合格之后方可进入到下一道工序中。同时，要汇总相关检验信息与数据，对分部、分项工程的质量等级等进行重点分析。相关核心检测数据直接影响工程项目验收、投入应用效果。

（六）追溯与责任界定

完整、全面、可追溯的检测数据记录，可以为后续管理以及质量追溯提供有效的参考。

（七）运行期健康诊断与维护决策

精准的数据可以为后续的运行检测以及监控等提供基准值。同时也可以为状态评估提供参考。通过定期的检测信息数据分析，了解变形、渗流以及材料老化等诸多信息数据，则可以对工程结构安全状态、预测使用寿命等相关工作的开展提供数据支持。

三、水利工程检测精准数据在质量管理中应用框架

（一）检测数据的应用机理

质量管理体系中，检测数据主要就是通过四个关键环节真正的做到闭环管理。首先要做到精准采集，通过传感器网络、自动采集终端以及移动检测设备等进行处理，则可以实现工程关键参数的动态分析，实时捕获。通过物联网通信协议与云平台技术手段，则可以有效解决数据孤岛限制。基于趋势预测、异常诊断等算法模型，则可以将远处数据中转化为决策信息。最后通过预警或者流程调整则可以有效干预、降低不良影响。

（二）技术支撑体系

现代水利工程检测数据可以将LIMS（实验室信息管理系统）作为基础平台，实现对水利工程数据的标准化、自动化处理。通过此种系统可以根据实际中到进行人物分配、数据录入，生成报告，实现各个流程的整合处理。基于内置算法可以识别异常信息数据。而利用传感器网络以及移动终端等则可以对现场信息数据进行实时性采集。其主要实施路径如图1所示。

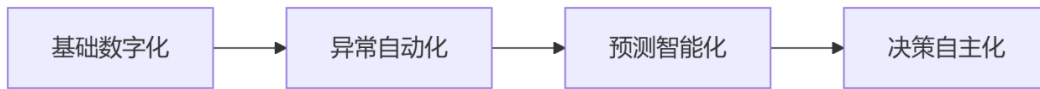


图 1. 实施路径

例如，在此项目中可以通过无人机巡河系统，搭载高清摄像头与红外传感器，则可以自动识别漂浮物堆积与非法排污等诸多问题。通过大数据分析平台则可以实现对诸多信息数据的动态挖掘，构建一个智能化的预测模型，通过可视化看板则可以辅助人员制定完善的优化管理方案。

四、溧阳市北河治理工程质量管理中水利工程检测数据应用实践

(一) 质量检测体系设计

在项目中，通过智慧化检测技术路线，构建“天地一体”系统，在传统手段与创新技术支持下，则可以充分保障信息数据的全面性、精准性。

1. 传统实验室检测 + LIMS 系统

设置标准化实验室，其重点就是进行材料性能的测试。相关信息数据利用 LIMS 系统实现标准化管理。在系统中设置多级审核管理机制、智能化校验规则，通过阴阳例子平衡校验、电导率以及溶解性总固体等相关信息数据的动态分析，则可以及时发现异常问题，在发现异常问题的时候，则可以自动触发复测流程，充分保障信息数据精准性。

2. 无人机巡查 + 三维建模

为了解决人工巡查效率不足的问题，项目利用无人机搭载高清摄像头、红外传感器等设备，定期巡查河道状态。同时，要构建 30 千米河道的高精度三维结构，利用模型对比的方式识别岸坡变形、淤泥点位治理等相关问题。

表 1 某重点工程质量检测指标体系

检测类别	核心参数	检测方法	频率 / 标准
原材料检测	混凝土强度	压力试验机	每 200 m ³ 一组
	钢材耐腐蚀性	盐雾试验	每批次抽样
工程实体检测	清淤量	断面测量比对	精度 ≥ 95%
	桩基完整性	低应变反射波法	100% 检测
环境监测	水质浊度	在线传感器	连续监测
	土壤重金属	原子吸收光谱	每公里 1 点

(四) 数据采集标准化与质量追溯

在治理工程中利用标准化检测流程进行处理，可以有效实现信息数据采集的标准化。通过“采样 - 编码 - 传输 - 审核”四步标准化流程管理，制定统一的规格容器、标准三维坐标，通过 QR 码技术进行样品编码，确定关联时间、地点、采样人信息，实现追溯化管理。而数据上传则必须要利用双人复核机制，通过 LIMS 系统实现逻辑校验。通过此种方式进行处理，则可以有效杜绝数据篡改与失误风险，保障信息数据追溯完整。

基于物联网的超声测厚仪可以实现对护岸金属结构的腐蚀检测，通过设备自动记录检测值并绑定空间位置，将获得的信息数据回传到中心数据库中，保留影像留存

3. 移动端数据采集 + 云平台

检测人员利用移动终端可以在现场录入数据信息，将其信息实时上传到平台中。系统可以支持 GPS 定位于影响留存，可以充分保障检测行为时空可追溯性。例如，在应急监测场景中，可以在 15 分钟内进行信息数据传输。

(二) 材料检测

重点就是进行水泥、刚才、土工合成材料等原材料的物理化学性能，通过实验室对其进行分析，则可以不合格材料进行处理。例如，在项目中混凝土抗压强度检测采用标准立方体试块，每 200 立方米浇筑量取样一组；

1. 工程实体检测

河道疏浚断面复核、清淤量确认、桩基完整性检测等相关工作。其中清淤量核算主要就是通过疏浚前后断面测量比对进行处理，可以保障精度要求高达 95% 以上。

2. 环境参数监测

在施工阶段重点做好水质、土壤的定期采样，通过监测 pH 值、重金属含量以及浊度等指标，预防施工引发的次生环境风险。

(三) 智慧化检测技术路线

综合智能化检测技术路线，其主要检测指标如表 1 所示。

系统，实现对关键节点实验的全程录像，视频数据标记时间戳并且进行归档，便于后期核查。

通过建立“材料 - 工序 - 实体”的质量追溯体系，实现追溯化管控。例如，在此项目中如果其中一段护坡结构出现裂缝的时候，则可以快速追溯混凝土配比、浇筑时间，获得监测报告，则可以有效控制质量问题。

(五) 数据分析智能化与风险预警

检测数据可以有效实现精准化控制，在此项目中可以通过构建三级分析体系，实现数据预测性决策。其主要技术手段以及关键流程如下：

1. 实时监控层

通过水利检测管理系统，对关键参数设置阈值警戒

线。例如，在混凝土的养护温度偏离标准范围 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 的时候，系统则可以自动发送告警短信，触发温度阈值的时候对其进行调整。

系统内置的算法可以实现时序数据回归分析相关性挖掘处理。例如，在清淤工程中，则可以通过对疏浚前后断面测量数据的动态分析，则可以生成淤积速率曲线，综合降雨量、流速等相关环境参数，通过数字孪生技术则可以构建淤积预测模型，继而为后续维护周期制定提供依据。实现采样规范化处理，通过 GPS 定位容器，保障其误差 $\leq 0.1\text{m}$ ，同时记录经度、纬度、高程三维坐标参数。通过编码溯源体系实现全流程标准化控制。

而通过物联网超声以及试验影响、大数据等多种技术手段则可以有效满足多种技术检测精准化需求。此工程经受了 2022 年、2023 年汛期的检验，建设单位严格按照《工程建设期安全度汛应急预案》进行管理，确保了堤身、挡墙护岸等建设物工程安全度汛。2023 年 6 月工程完工后，初期运行正常。

2. 空间分析层

可以基于 GIS 地理信息系统进行动态分析，可以将水质监测点、岸坡位移传感器等相关空间数据进叠加分析，获得全面精准的信息数据。例如，通过分析三维模型，则可以了解某个标段岸坡中的异常变形信号，通过核查则可以确认是否为地下渗流通道，有效避免塌方事故。通过智能化分析系统进行处理，可以提前 48 小时预测质量隐患问题，质量干预窗口期有效延长。

(六) 数据应用协同化与决策支持

1. 平台集成

项目基于平台集成与机制创新管理机制，可以实现多元主体的协同应用向。

在平面管理中，项目通过联合了河长制平台、城运平台与 LIMS 系统的数据接口，构建一体化的水利数据中枢结构，则可以实现多个决策协同管理。在将获得的信息数据上传之后，系统可以生成可视化报告。监理单位则可以利用移动终端审批。而其他部门则可以根据自己的需求进行数据分析。决策支持层面中数据检测深度可以融合河长任务、材料准入以及资源调配优化进行协同管理。

河长任务书制度主要就是根据检测结果优化任务内容。材料准入决策则要通过构建材料检测数据库，实现对供应商的动态评级管理，有效降低质量风险隐患问题。通过资源的调配优化处理，可以基于检测数据对施工薄弱环节进行动态分析，根据实际状况强化监管，有效整改接缝渗漏等诸多问题，保障了结构安全性。

2. 数据分析智能化与风险预警

三级智能分析体系通过实时监控层进行动态分析。在应用中可以通过在混凝土层设置 120 个无线传感器，其中温度如果 $>22^\circ\text{C}$ 或 $<18^\circ\text{C}$ ，则可以即时告警。水质异常响应系统，如果发现浊度 $>15\text{NTU}$ 时自动触发采样器留样，实现自动拦截。趋势分析层其主要就是通过淤泥预测模型进行分析，可以有效降低维护成本。空间分析层通过 GIS 技术进行融合管理，岸坡位移监测中设置 32 处光纤传感器（精度 0.1mm ）叠加三维模型，实现高精度控制。在实践中可以根据实际状况采取有效的技术手段，其中检测数据支持质量提升路径如表 2 所示。

表 2. 检测数据支持质量提升路径

应用场景	数据来源	分析方法	质量提升效果
混凝土质量控制	抗压强度试验	统计过程控制 (SPC)	强度合格率提升至 99.2%
清淤工程量核算	疏浚前后断面测量	三维模型体积计算	计量误差 $<3\%$ ，避免超付
岸坡稳定性评估	位移传感器 + 土质检测	有限元模型仿真	预警准确率达 92%
供应商管理	原材料抽检数据	绩效动态评价	不合格材料拒收率 100%

结语

水利工程检测数据在质量管理中的精确应用可以有效实现对工程质量的综合控制。通过水利工程检测数据智能化管理系统进行处理，质量管理中精确应用的精确数据，构建覆盖“采集 - 分析 - 决策”全流程的数据驱动体系，工程实现了质量管控从经验判断向科学决策、从事后纠偏向事前预防的深刻转变，有效降低了质量隐患问题，实现了全流程的追溯化、实时性监控。由此可见，通过智能化、信息化等多种技术手段进行规范化管理，利用多种机制进行协同管理，可以有效提高水利工程检测质量，继而为质量管理以及相关工作的开展奠定基础。

参考文献

[1] 赵陶桃. 水利工程检测数据在质量管理中的精确应

用研究 [J]. 水上安全, 2025, (08): 34-36.

[2] 谢乐庆. 基于“互联网+”信息管理模式的水利工程质量检测监管平台建设 [J]. 水利科技, 2024, (04): 43-45.

[3] 张宜洪. 雷达法在水利工程质量检测中的应用分析 [J]. 水利技术监督, 2024, (11): 26-29.

[4] 王孟孟. 水利工程检测质量的影响因素与控制方法研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (33): 175-177.

[5] 郑旭明, 刘东晓, 谭柏贤, 等. 基于大数据的水利工程质量检测系统设计 [J]. 项目管理技术, 2020, 18 (09): 47-52.

作者简介: 吴茂春, 1981.3, 男, 汉, 本科, 中级工程师, 研究方向: 水利工程建设管理。