

水利工程质量检测常见问题及标准化检测对策研究

张祖畅

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]水利工程质量检测作为保障工程安全运行的核心环节,其规范性直接关系到防洪、供水与生态安全。当前实践中,取样环节普遍存在采样点代表性不足、容器污染、数据篡改等违规行为,部分单位为规避监管甚至通过稀释水样干扰监测结果,严重削弱检测公信力。检测人员专业资质参差、信息化追溯体系缺失、第三方检测与参建方权责模糊,进一步加剧了质量控制的系统性风险。为破解上述困境,亟需构建以《水利工程质量检测管理规定》为纲、地方标准(如 DB34/T 2290-2022)为基的标准化体系,全面推行检测数据实时上传、检测机构资质分级管理及全过程可追溯机制,强化项目法人首要责任与检测人员持证上岗制度,推动质量控制从“事后检验”向“源头防控”转型。

[关键词]水利工程;质量检测;取样;标准化检测

DOI: 10.33142/hst.v9i6.20081

中图分类号: TV543

文献标识码: A

Research on Common Problems and Standardized Testing Countermeasures in Water Conservancy Engineering Quality Inspection

ZHANG Zuchang

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As the core link to ensure the safe operation of water conservancy projects, the standardization of water conservancy engineering quality inspection is directly related to flood control, water supply, and ecological security. In current practice, there are generally violations such as insufficient representativeness of sampling points, container contamination, and data tampering in the sampling process. Some units even interfere with monitoring results by diluting water samples to avoid supervision, seriously weakening the credibility of detection. The uneven professional qualifications of testing personnel, the lack of information traceability system, and the ambiguous rights and responsibilities of third-party testing and participating parties further exacerbate the systemic risks of quality control. To solve the above difficulties, it is urgent to establish a standardized system based on the "Regulations on Quality Inspection and Management of Water Conservancy Engineering" and local standards (such as DB34/T 2290-2022), comprehensively promote real-time uploading of testing data, graded management of testing institution qualifications, and a traceability mechanism throughout the entire process, strengthen the primary responsibility of project legal persons and the certification system for testing personnel, and promote the transformation of quality control from "post inspection" to "source prevention and control".

Keywords: water conservancy engineering; quality inspection; sampling; standardized testing

水利工程建设规模持续扩大,质量风险日益复杂化,传统依赖人工经验与碎片化检测的模式已难以支撑高韧性基础设施的建设需求。当前,抽样方法缺乏科学适配、样本标识与流转失控、标准执行流于形式、原材料检测技术滞后、数据孤岛严重等问题,共同构成制约工程质量可信度的核心瓶颈。本研究系统整合“双轨抽样-UID 全链追溯-四维培训-闭环更新-智能监督-数字孪生闭环-信息化平台”七大标准化对策体系,首次构建“问题-技术-制

度-数据”四维协同的治理框架。通过融合 BIM 路径规划、区块链存证、AI 图像识别与边缘计算等新一代技术,推动检测行为从被动合规转向主动预警,实现质量控制由“事后判定”向“事前干预”的跃迁。研究旨在为水利工程质量检测提供可复制、可验证、可迭代的标准化路径,重塑行业技术伦理与管理范式。

1 工程质量检测对于水利工程质量控制的重要性

水利工程质量检测是保障工程全生命周期安全的核

心机制，其重要性体现在三重维度：预防结构性隐患，通过超声波探伤、裂缝测宽仪等无损技术，精准识别大坝混凝土内部空洞、钢筋锈蚀及地基不均匀沉降等隐蔽缺陷，避免隐患累积引发溃坝风险；抵御自然灾害，依据《SL/T 842-2025》重大隐患判定标准，对堤防土体渗透性、金属结构抗腐蚀性进行周期性检测，确保工程在超标准洪水与地震作用下仍保持结构完整性；延长使用寿命，依托原材料质量控制与耐久性设计规范，通过氯离子含量检测、碳化深度评估等手段实施全生命周期管理，使工程实际使用年限超越法定合理年限，显著降低重建成本。检测不仅是验收手段，更是从“被动响应”转向“主动防控”的系统性工程保障体系。

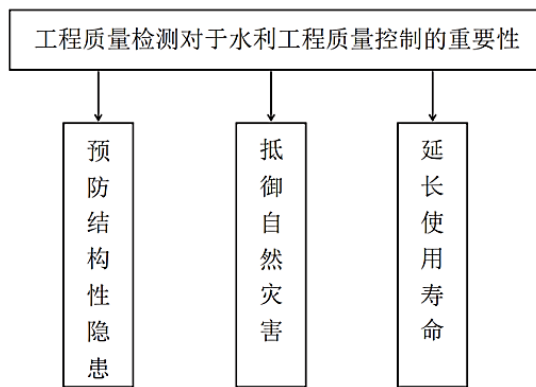


图1 工程质量检测对于水利工程质量控制的重要性示意图

2 水利工程质量检测常见问题分析

2.1 取样工作缺乏合理性

水利工程质量检测的公信力依赖样本代表性，当前现场取样常出现非分层、非随机、集中采样问题。以水泥为例，检测人员仅在堆场表层或边缘取样，忽略批次与环境差异，导致受潮、劣化材料未被检出，合格率虚高。此偏差使检测结果丧失统计意义，弱化质量追溯效力，使“合格”沦为形式。亟需推行双盲见证+智能取样：监理与第三方联合采样，BIM平台生成动态抽样路径，区块链存证时空信息，实现过程可溯、数据可信，推动取样由经验向数据驱动转型。

2.2 质量检测行为不规范

水利工程质量检测结果直接决定工程验收与运行决策，但部分单位以“经验参照”替代规范检测，导致数据失真、报告虚化。该行为本质是检测过程的程序性背叛，既违反质量责任终身制，亦破坏检测数据的可追溯性。典型案例显示，伪造报告、套用旧数据等操作已引发多起监管处罚。亟需构建AI行为识别+全过程视频存证体系：在检测现场部署智能摄像头，通过姿态分析与操作序列建

模，自动识别未按标准流程取样、篡改记录、跨项目复用数据等违规行为，并实时联动监管平台预警，实现从“事后追责”向“事中阻断”转型，重塑检测公信力。

2.3 工程原材料不符合要求

水利工程质量根基系于原材料性能稳定，而潮湿环境易致水泥预水化结块，显著降低胶凝活性，使混凝土强度衰减20%~40%；钢筋锈蚀则因电化学反应生成体积膨胀达2~6倍的铁锈产物，对混凝土保护层施加径向压应力，诱发微裂纹并逐步扩展为贯通裂缝。二者协同作用形成“劣化-开裂-渗水-加速腐蚀”的正反馈链，直接削弱结构承载力与抗渗性，最终诱发渗漏、局部剥落乃至整体失稳。该过程非单一材料失效，而是材料-界面-结构多尺度劣化的系统性崩溃，远超传统“材料不合格”认知范畴，亟需建立从仓储温湿度控制到进场复检的全链条阻断机制。

2.4 信息化技术运用不到位

水利工程质量检测仍深度依赖纸质台账与离散式人工录入，导致数据采集、传输与分析呈现碎片化、滞后性、孤岛化三重困境。各检测机构独立运行信息系统，标准不一、接口封闭，形成“数据烟囱”；检测结果无法实时汇聚至监管平台，致使动态跟踪与智能预警机制形同虚设。纸质报告难以结构化存储，阻碍大数据分析与趋势预测，严重削弱质量决策的科学性与时效性。亟需构建统一数据标准+云端协同平台，打通检测、监理、业主三方数据链路，实现从“单点记录”向“全链贯通”的数字化跃迁，重塑质量监管的实时响应能力。

3 水利工程质量常见检测问题的标准化控制对策

3.1 标准化检测取样工作

采用分层随机取样法，由监理与第三方双盲见证，同步记录取样点位、时间、环境参数，依托BIM平台生成动态路径，区块链存证全过程数据，确保样本代表性与追溯性。

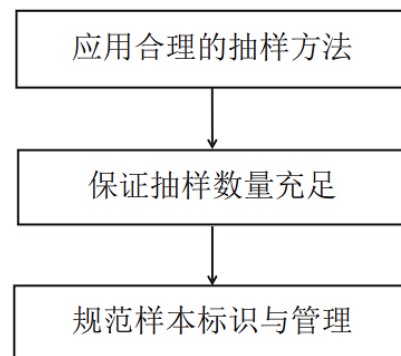


图2 标准化检测取样工作流程图

应用合理的抽样方法。水利工程质量检测的可靠性源于抽样方法的科学适配。针对批量材料（如水泥、钢筋），应采用分层随机抽样，依据生产厂家、出厂批次、仓储环境等多维属性构建分层框架，确保各子群组均被概率覆盖；针对现场施工质量（如混凝土浇筑层、砌体灰缝），则融合系统抽样（等距布点）与随机抽样（空间随机选点），规避人为偏好导致的检测盲区。二者协同形成“材料-结构”双轨抽样体系，实现从源头到工序的全覆盖。结合 BIM 模型动态生成抽样路径，辅以区块链存证采样时空信息，可使抽样过程从“经验判断”升维为“数据驱动”的可验证决策系统。

保证抽样数量充足。大型水利枢纽主体混凝土检测，须严格遵循“体积基准+关键部位加样”双轨制：大体积混凝土每 500m 至少取 1 组试块，非大体积每 100m 取 1 组，且重要结构部位（如坝踵、溢流面、闸墩）每种强度等级不得少于 1 组。监理平行检测数量应不低于施工方检测量的 3%，对高风险区可提升至 5%~10%。国际标准（ACI 318）虽未规定体积频次，但要求连续三组平均强度 $\geq$ 设计值 f_c' ，单组不低于 $f_c'-500\text{psi}$ （ $\leq 5000\text{psi}$ 时），以统计置信度保障可靠性，与国内规范形成互补。抽样数量不足将直接降低置信区间宽度，使质量判定失效。

规范样本标识与管理。水利工程质量检测样本须建立唯一标识码（UID），采用“项目代号-批次-样品类型-序列号”五段式编码（如：SL-2026-CJL-007），并同步标注取样位置、日期、采样人及环境参数。样本接收须由检测单位与监理方双签确认，建立电子台账，完整记录接收、储存、运输、检测、留样各环节责任人与时间节点。土样等敏感样本须采用双层密封聚乙烯袋包装，置于 4℃ 恒温冷链箱中运输，24h 内送达实验室，储存于阴凉、避光、干燥的专用库房，严禁与化学品混放。推广二维码电子标签，扫码即可调取采样视频、温湿度日志与流转轨迹，实现样本全生命周期数字化追溯，杜绝人为篡改与信息断链。

3.2 完善检测流程开展标准化监督管理

（1）对水利工程质量检测标准进行深入解读和系统培训。构建“制度宣贯-专家解构-实战演练-效果评估”四维培训体系：以持证上岗为门槛，由标准编制者逐条释义技术要点；融合 VR 模拟、无人设备实操等新质场景强化技能内化；引入层次分析法量化培训转化率，推动检测能力从“知标准”向“严执行”跃迁。

（2）标准跟踪与更新机制。构建“动态收集-精准解读-靶向培训-执行反馈”四阶闭环机制：设立专职标准专员，实时监测水利部及国标委发布的最新规范，建立标

准变更电子台账；对新颁防渗材料检测标准，组织专项解读会并配套操作视频与比对案例；通过 BIM 平台推送更新提醒至检测终端，强制同步作业流程；每季度开展标准执行符合性审计，形成“发布-落地-验证-迭代”全周期管理，确保检测技术始终与行业演进同步。

（3）加强标准执行监督。水利工程质量检测须构建“专职监督-过程留痕-绩效联动”三位一体的制度闭环：设立独立监督团队，实施全过程数字化记录与异常行为自动预警；将监督结果与岗位绩效、职称晋升、项目配额直接挂钩，形成“违规扣分、合规加分”的动态激励机制；通过季度审计与第三方复核实现责任传导，推动标准执行从“外在约束”向“内在认同”转化，重塑检测行为的自律性与权威性。

3.3 开展原材料标准化检测

水利工程质量根基在于原材料的全周期可控，传统“人工送检-实验室分析-纸质报告”模式已难以应对高密度、多变量的现代工程需求。亟需构建“智能感知-自适应校准-数字孪生闭环”三位一体的标准化检测体系：针对水泥、钢筋等关键材料，部署基于计算机视觉的吸水率实时监测系统（ $R \geq 0.9$ ），替代人工称重；在钢筋保护层检测中，融合磁场聚焦与 AI 图像识别，自动区分密集钢筋信号，实现毫米级厚度精准定位；通过物联网传感器持续采集材料存储温湿度，触发自动预警与隔离机制。检测数据经边缘计算节点预处理后，同步上传至数字孪生平台，形成“采样-检测-判定-反馈-优化”动态闭环，使每批次材料的性能演化路径可追溯、可预测、可干预，推动质量控制从“符合标准”迈向“预见风险”。

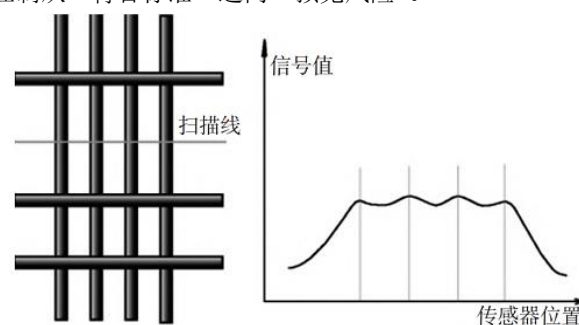


图3 钢筋位置及保护层厚度检测磁场聚焦示意图

3.4 强化数据信息化标准化管理

水利工程质量检测正从“人工填报、孤岛存储”迈向“全链贯通、标准驱动”的数字化新范式。依托行业通用技术规范，构建“采集-传输-分析-反馈”闭环体系，实现检测数据结构化编码与协议统一。浙江建成省级检测服务平台，湖北部署 AI 大模型实现“预报、预警、预演、预

案”四预联动,四川通过物联网感控体系构建“天空地水工”一体化感知网络。检测数据经边缘计算预处理后,通过区块链存证取样时空信息与试验过程,确保每组数据具备唯一身份与不可篡改轨迹。该体系推动质量评价从“事后归档”转向“事中预警”,使工程安全决策由经验驱动升维为数据驱动的智能响应。

4 结束语

水利工程质量检测的现代化转型,本质是管理范式从经验主导向数据驱动的系统性重构。唯有将科学抽样、精准定量、全链追溯、智能感知与动态监督深度融合,方能构建“可验、可控、可溯、可优”的新型检测生态。通过BIM与区块链赋能过程透明,以AI与物联网实现风险前置,使检测不再止于合规判定,而成为工程质量的主动守护者。唯有如此,才能为水利基础设施的长期安全与韧性提升提供坚实的技术支撑与制度保障。

[参考文献]

[1]张文雅,李丹迪.水利工程质量检测行业发展研究[J].水

利技术监督,2026(9):20-23.

[2]翟中文,刘莎.基于“物联网+”的水利工程质量检测与监管系统研究[J].水利水电工程设计,2026,45(2):30-33.

[3]郭万军.水利工程隐蔽缺陷识别的非接触式质量检测技术[J].质量与认证,2026(5):115-117.

[4]冯勇.水利工程材料质量检测数据化监理管理模式创新研究[J].中国品牌与防伪,2026(9):102-104.

[5]张丽艳.智能水利工程施工材料质量智能检测[J].智慧中国,2026(4):134-135.

[6]张银雷,路洲洲,徐文艳.水利工程检测数字化监管平台实践[J].水利技术监督,2026(4):51-53.

[7]涂文斌,陈雯,包阳.水利工程质量检测的主要影响因素与控制要点研究[J].城市建设理论研究(电子版),2026(3):223-225.

作者简介:张祖畅(1995—),男,新疆昌吉人,大专,当前就职于新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司,助理工程师,主要从事方向为水利水电实验检测。