

水利工程质量检测的关键环节与优化策略

龙国波

富源县中安街道农业农村发展服务中心 云南 曲靖 655500

摘要：质量检测是水利工程安全保障、效益提升与行业进步的核心支撑，需依托系统规范的检测体系开展工作。本文分析检测指标与标准设计、样本采集与现场实施、实验室检测与数据分析、过程控制与风险预警等关键环节，指出各环节存在的适配性与规范性问题，进而从技术创新、流程优化、数据管理、人员建设、设备升级五个维度提出优化策略，为提升水利工程质量检测可靠性、实现工程全生命周期质量管控提供思路与支撑。

关键词：水利工程；质量检测；关键环节；优化策略；技术创新

引言：水利工程关乎民生、水资源调控与生态保护，其质量影响运行稳定性与长期效益。质量检测是评估工程质量、排查隐患的核心手段，贯穿工程建设与运行全程，规范精准的检测对质量管控意义重大。当下水利工程规模扩大、工艺升级，传统检测模式难满足需求，短板凸显，需明确关键环节、探索优化路径，为水利高质量发展护航。

1 水利工程质量检测的核心价值与体系构建

水利工程质量检测的核心价值与体系构建水利工程质量检测的核心价值，是以客观量化技术手段科学评估工程质量、开展风险预警，为工程决策提供数据支撑。主要体现在三方面：一是筑牢工程安全防线，通过检测结构关键部位力学性能、材料耐久性等指标，及时排查隐患、防范安全事故；二是提升综合工程效益，优化检测流程与方式，节约资源、压缩工期，保障工程按时投用；三是助推行业技术进步，依托检测数据验证新材料、新工艺应用效果，助力行业创新发展。检测体系构建需遵循系统规范原则，涵盖标准、组织、资源、流程四大要素。标准上针对堤坝、渠道、泵站等不同工程，建立适配检测指标，明确方法、频次与合格标准；组织上搭建项目管理部门、专业检测机构、第三方验证单位协同架构，保障检测独立权威；资源上配齐专业检测设备、技术人才及标准化实验室；流程上规范采样、检测、分析、出报告及结果应用全环节，形成闭环可追溯管理^[1]。

2 水利工程质量检测的关键环节分析

2.1 检测指标与标准体系设计

检测指标与标准体系是质量检测的“标尺”，其科学性直接决定检测结果的可靠性。指标设计需结合工程结构特点与功能需求，覆盖材料性能、结构安全、施工工艺及运行状态四大维度。材料性能指标包括原材料（如水泥、

钢筋、砂石）的物理力学特性（抗压强度、抗渗性、弹性模量等）及耐久性参数（抗冻性、抗侵蚀性等）；结构安全指标涉及混凝土结构的裂缝宽度、钢筋保护层厚度、结构变形等；施工工艺指标关注施工过程中的压实度、平整度、接缝处理质量等；运行状态指标则包括渗流量、结构振动、应力应变等动态监测数据。

标准体系需兼顾通用性与针对性，在遵循国家及行业通用标准的基础上，针对特殊工程（如高坝、深埋隧洞）制定专项检测标准，明确检测方法的适用条件与操作规范。同时，需根据工程建设阶段动态调整指标权重，例如施工期重点关注材料性能与工艺指标，运行期则强化结构安全与状态指标的监测，确保检测工作与工程实际需求精准匹配。

2.2 样本采集与现场检测实施

样本采集是检测数据的源头，其代表性与规范性直接影响检测结果的准确性。样本采集需遵循“随机、均匀、典型”原则，根据工程规模与结构特点确定样本数量与分布，避免因样本偏差导致的检测误差。例如，在混凝土强度检测中，需在结构不同部位（梁、柱、板）及不同浇筑批次中抽取样本，确保覆盖结构整体受力特征；在土料压实度检测中，需按照网格布点法采集样本，兼顾表层与深层土料的压实情况。

现场检测实施需注重操作规范性与环境适应性。检测人员需严格按照标准方法操作仪器设备，如回弹法检测混凝土强度时，需控制回弹仪的角度、力度及测区数量；超声波检测时，需确保耦合剂涂抹均匀，避免声波传播路径受阻。同时，需应对复杂现场环境（如高温、高湿、高海拔）对检测的影响，例如在高温环境下进行钢筋锈蚀检测时，需考虑温度对电化学信号的干扰，必要时采取恒温措施或修正检测数据。此外，现场检测需做好原始记录，详细记录检测时间、地点、环境参数及

仪器状态,确保数据可追溯^[2]。

2.3 实验室检测与数据分析

实验室检测是对现场采集样本的深入分析,是获取精确数据的关键环节。实验室需具备完善的质量控制体系,包括仪器设备的定期校准、试剂材料的质量验证、检测环境的恒温恒湿控制等,确保检测条件符合标准要求。例如,水泥抗压强度检测需在标准养护条件(温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\geq 95\%$)下进行,养护龄期满足规范要求;土的抗剪强度试验需严格控制剪切速率,避免因速率过快导致强度测试值偏高。

数据分析是将检测数据转化为质量评估结论的核心过程,需采用科学的统计方法与专业的分析模型。首先,对原始数据进行预处理,剔除异常值(如因仪器故障或操作失误导致的数据偏差),确保数据的有效性;其次,通过对比分析(与设计值、标准值对比)、趋势分析(不同阶段数据变化规律)及相关性分析(如混凝土强度与养护时间的关系),识别质量波动特征与潜在风险;最后,结合工程结构力学模型,对检测数据进行综合解读,例如将钢筋保护层厚度检测数据与结构承载力计算相结合,评估结构的安全储备。数据分析需形成标准化报告,明确检测结果、质量等级及改进建议,为工程决策提供清晰依据。

2.4 检测过程质量控制与风险预警

检测过程质量控制是确保检测工作可靠性的保障,需贯穿于检测全流程,包括事前控制、事中控制与事后控制。事前控制重点在于检测方案的审核、人员资质的验证及仪器设备的调试;事中控制通过现场巡查、平行检测(对同一项目采用不同方法或机构进行检测)及数据抽查,实时监控检测过程的规范性;事后控制则对检测报告进行复核,评估检测结论的合理性。例如,在混凝土结构无损检测中,可采用回弹法与钻芯法进行平行检测,通过两种方法结果的比对验证数据准确性。

风险预警机制是质量检测的延伸功能,通过对检测数据的动态监测与趋势研判,提前识别工程质量隐患。基于检测数据建立风险评估模型,设定预警阈值(如裂缝宽度超过 0.2mm 、渗流量突增 20% 等),当检测指标超出阈值时,自动触发预警信号,并推送至相关管理部门。预警信息需明确风险位置、严重程度及可能影响,为采取针对性处置措施(如加固处理、工艺调整)争取时间,避免质量问题扩大化。

3 水利工程质量检测的优化策略

3.1 检测技术创新与智能化应用

检测技术创新是提升水利工程质量检测精准度与效

率的核心,主要涵盖无损检测、智能化监测及多技术融合三大应用方向。无损检测可在不损伤工程结构的前提下获取内部质量参数,适配已建工程及关键结构检测,主要包括超声波、回弹-取芯综合法、电磁感应法等。其中,超声波断层扫描能精准探明混凝土内部空洞与裂缝位置形态,电磁感应法可快速测定钢筋分布及保护层厚度,有效提升现场检测工作效率。智能化监测依托物联网、传感设备与大数据技术,实现工程质量实时动态管控。施工阶段可在混凝土结构植入光纤传感器,实时采集温度、应变数据,研判水化热对结构开裂的影响;运行阶段布设渗流、位移监测装置,搭建远程监测平台,全天候采集并传输工程运行数据。同时,机器学习、计算机视觉等人工智能技术,可对检测数据智能分析,通过图像识别自动判别、测量混凝土表面裂缝,降低人工研判的主观误差。多技术融合可整合各类检测手段优势,提升检测结果可靠性。地质雷达与钻孔取样联用,先扫描划定不良地质分布范围,再定点钻孔核验,提升地基检测效率;无人机航拍结合近景摄影测量,可对大坝开展三维建模,精准分析结构变形,完成大范围、高精度的外观质量检测^[3]。

3.2 检测流程优化与标准化建设

检测流程的优化需以“效率提升、质量保障”为目标,通过流程再造与信息化管理,减少冗余环节,提高协同效率。首先,建立标准化的检测工作流程,明确各环节的职责分工、操作规范及时间节点,例如样本采集需在24小时内送达实验室,检测报告需在5个工作日内完成;其次,采用信息化管理平台实现检测全流程线上化,从检测任务下达、样本登记、数据录入到报告生成,均通过系统完成,减少人工干预,避免数据错漏;最后,建立跨部门协同机制,加强项目管理、施工、监理及检测单位的信息共享,确保检测计划与工程进度同步,避免因检测滞后影响施工效率。

标准化建设是流程优化的基础,需完善检测标准体系与技术规范。一方面,针对新型材料(如高性能混凝土、复合材料)、新工艺(如3D打印、模块化施工)制定专项检测标准,填补标准空白;另一方面,对现有标准进行动态更新,吸收国内外先进技术成果,提升标准的科学性与前瞻性。同时,加强标准的宣贯与培训,确保检测人员熟练掌握标准要求,规范操作行为,从根本上保障检测质量。

3.3 数据管理与全生命周期质量追溯

数据管理是质量检测的核心资源,需构建“采集-存储-分析-应用”一体化的数据管理体系,实现检测数据

的高效利用与全生命周期追溯。在数据采集,采用标准化的数据格式与编码规则,确保不同来源、不同类型数据的兼容性;通过智能传感器、移动检测终端等设备实现数据自动采集,减少人工录入误差。在数据存储方面,建立分布式数据库与云存储平台,确保数据安全与可扩展性,同时采用区块链技术对关键数据进行加密存储,防止数据篡改,保障数据真实性。

全生命周期质量追溯通过建立“工程实体-检测数据-责任人”关联机制,实现从原材料进场到工程运行的全过程质量可追溯。在原材料检测中,为每批材料赋予唯一二维码,记录生产厂家、检测结果、使用部位等信息;在施工过程中,将检测数据与施工工序、人员、设备等信息关联,形成“质量档案”;在运行阶段,动态更新检测数据,构建工程质量演变数据库。通过追溯系统,可快速定位质量问题的源头,为责任认定与改进措施制定提供依据,同时为类似工程的质量控制积累经验数据^[4]。

3.4 人员能力提升与专业团队建设

检测人员的专业能力直接决定检测工作的质量,需通过系统培训、技术交流与实践锻炼提升人员素质。培训内容应涵盖专业知识(材料力学、结构工程、检测技术等)、操作技能(仪器使用、样本采集、数据分析等)及质量意识(标准规范、责任意识),采用“理论+实操”的培训模式,确保人员具备独立完成检测任务的能力。同时,建立考核认证机制,对检测人员进行定期考核,考核合格后方可上岗,对考核不合格者进行再培训或岗位调整。

专业团队建设需打造结构合理、技术过硬的检测队伍,包括技术负责人、检测工程师、实验员等不同层级人员。技术负责人应具备丰富的工程经验与技术判断力,负责检测方案的制定与重大技术问题的解决;检测工程师需精通各类检测方法,具备数据分析与质量评估能力;实验员需熟练掌握实验室操作技能,确保实验数据的准确性。此外,加强团队协作能力培养,通过项目合作、技术研讨等方式提升团队整体战斗力,适应复杂工程检测需求。

3.5 检测设备与实验室条件升级

检测设备的先进性是提升检测精度与效率的物质基础,需加大设备投入,引进与研发高性能检测仪器。重点配置高精度无损检测设备(如超声断层扫描仪、钢筋扫描仪)、自动化实验设备(如全自动压力试验机、混凝土抗渗仪)及智能化监测设备(如光纤传感器、无线传输终端),减少人工操作误差,提高检测数据的客观性。同时,鼓励设备国产化研发,降低对进口设备的依赖,提升设备的性价比与维护便利性。

实验室条件升级需满足检测标准对环境、设施的要求,打造标准化、智能化实验室。实验室应划分功能区域(如样品制备区、检测区、数据处理区),配备恒温恒湿系统、通风系统及安全防护设施,确保检测环境稳定可控;采用智能化实验室管理系统,实现仪器设备的自动校准、试剂耗材的库存预警及实验过程的远程监控,提升实验室管理效率。此外,加强实验室资质认证(如CNAS认证),通过第三方审核验证实验室的检测能力,提升检测结果的公信力^[5]。

结束语:水利工程质量检测是系统性、全过程工作,规范实施关键环节是保障检测质量的核心,科学优化策略是推动工作升级的动力。从检测体系构建到多维度优化,形成完善管控体系,可提升数据精准度与效率、强化风险预警、实现质量追溯。未来要深化技术创新与标准化建设,为水利工程安全运行提供技术支撑。

参考文献

- [1]蒋敬芝.水利工程质量检测的关键环节与优化策略[J].水上安全,2025(6):70-72.
- [2]董晓林.水利工程检测中的管理问题及其优化对策研究[J].工程与技术应用,2026,2(2):81-83.
- [3]张文昊.水利工程施工质量检测与控制研究[J].工程与技术应用,2026,2(2):10-12.
- [4]张矛钊.水利工程原材料质量检测方法与标准研究[J].现代工业工程,2026(7):223-225.
- [5]严伟.水利工程土体压实质量检测优化方法[J].科技创新与生产力,2025,46(3):107-110.