

水利工程施工质量检测与控制研究

夏平凯

中国建材检验认证集团湖南有限公司 湖南 长沙 410000

摘要：水利工程施工质量检测与控制是保障工程安全与长效运行的核心环节。研究聚焦材料质量、施工工艺、环境因素等关键要素，通过无损检测、实验室试验、现场监测等技术手段，结合国家标准与行业规范，构建全流程质量管控体系。强调事前预防、事中监控、事后改进的动态管理原则，依托信息化技术实现质量追溯与风险预警，为水利工程建设提供科学的质量保障方案。

关键词：水利工程；施工质量；检测；控制

引言：水利工程作为国家基础设施的重要组成部分，其施工质量直接关系到防洪安全、水资源利用及生态环境保护。随着工程建设规模扩大与技术复杂度提升，传统质量管控模式面临挑战，如何通过科学检测与精准控制保障工程质量成为关键问题。本研究基于全生命周期管理理念，结合新材料、新技术应用，系统分析质量检测方法与控制策略，旨在为提升水利工程施工质量标准化、智能化水平提供理论支持与实践参考。

1 水利工程施工质量检测理论基础

1.1 水利工程施工质量控制的核要素

(1) 材料质量：材料是工程建设的物质基础，直接决定工程结构强度与耐久性。核心管控材料包括混凝土、土石方、防水材料等，其中混凝土需重点检测配合比、骨料级配及外加剂性能；土石方需把控压实度与颗粒级配；防水材料则要验证抗渗性与耐久性，从源头规避质量隐患。(2) 施工工艺：科学规范的施工工艺是质量落地的保障，关键环节包括地基处理、混凝土浇筑、堤防填筑等。地基处理需根据地质条件选择换填、夯实或灌浆等技术，确保承载力达标；混凝土浇筑要严格控制振捣密实度与温控措施，防止裂缝产生；堤防填筑需遵循分层碾压原则，保障整体稳定性。(3) 环境因素：水利工程多露天作业，水文、地质、气候条件等环境因素影响显著。水文条件决定防汛标准与排水方案；地质勘察精度直接关系地基处理方案合理性；极端气候（如高温、严寒、暴雨）需提前制定应对措施，避免对施工质量造成不可逆影响^[1]。

1.2 质量检测的常用技术与方法

(1) 无损检测技术：具有非破坏性、高效性特点，适用于结构完整性检测，常用技术包括超声波检测、雷达探测、红外热成像等。超声波检测可判断混凝土内部缺陷与强度；雷达探测能快速定位地下管线与结构空

洞；红外热成像可识别渗漏区域与保温层缺陷，广泛应用于隐蔽工程检测。(2) 实验室试验：是量化材料与结构性能的基础方法，核心检测指标包括抗压强度、渗透系数、含水量等。通过对工程材料取样送检，精准获取性能参数，验证是否符合设计标准，如混凝土抗压强度试验可确定结构承载能力，渗透系数检测保障防渗工程效果。(3) 现场监测技术：聚焦工程施工及运行过程中的动态变化，关键监测内容包括沉降观测、应力应变监测、渗流监测等。沉降观测可及时发现结构不均匀变形；应力应变监测能掌握构件受力状态；渗流监测可预警渗漏风险，为施工调整与安全评估提供实时数据支撑。

1.3 检测标准与规范体系

(1) 国家标准（GB/T系列）与行业标准（SL系列）：国家标准是水利工程施工质量检测的基础准则，GB/T系列标准涵盖材料性能、检测方法等通用要求；行业标准SL系列针对水利工程特殊性制定，如《水利工程施工质量检验与评定规程》等，细化了地基处理、混凝土工程等专项检测要求，确保标准与工程实际适配。(2) 国际标准对比分析：国际标准如ISO、ASTM等为我国标准制定提供参考。ISO标准侧重质量体系整体管控，为水利工程质量全流程管理提供框架；ASTM标准在材料性能检测方法上更为细致，尤其在混凝土、钢材等材料检测领域具有借鉴价值。对比分析国际标准，可推动我国水利工程检测标准与国际接轨，提升工程质量国际化水平。

2 水利工程施工质量控制体系构建

2.1 质量控制的原则与目标

(1) 全过程控制原则。水利工程施工质量管控需贯穿事前、事中、事后全流程，形成无死角闭环管理。事前控制聚焦前期筹备核心环节，重点开展施工图纸会审、专项技术方案论证、施工队伍资质审核及现场施工条件核查，同步完成技术交底与质量标准宣贯，从源头

规避设计偏差、技术疏漏等质量隐患；事中控制覆盖施工全进程，针对土方开挖、混凝土浇筑、地基处理等各分项、分部工程开展实时巡检，强化工序交接“三检制”（自检、互检、专检），确保施工行为严格符合规范要求与设计标准；事后控制侧重工程验收与缺陷整改，通过分部分项验收、竣工验收、竣工结算审核及质量回访等环节，全面核查工程质量，及时处置遗留问题，保障工程交付后稳定运行^[2]。（2）动态管理原则。基于PDCA循环模型构建动态质量管控机制，实现计划（Plan）、执行（Do）、检查（Check）、处理（Act）的持续迭代优化。计划阶段结合工程规模、地质条件、技术要求等实际情况，制定针对性质量管控方案，明确质量目标、管控要点、责任分工及考核标准；执行阶段严格落实质量管控措施，同步做好施工日志、检验记录等过程资料留存；检查阶段通过自检、互检、专检与第三方检测相结合的方式，全面核查施工质量与计划目标的契合度，精准识别质量偏差；处理阶段针对检查发现的问题制定专项整改方案，明确整改时限与责任人，跟踪整改落实情况，同时总结经验教训，将有效管控措施纳入企业标准化体系，推动质量管控水平持续提升。质量控制核心目标是确保工程符合设计要求及相关技术规范，保障工程结构安全、使用功能完善，延长工程使用寿命，实现经济效益、社会效益与生态效益的统一。

2.2 质量控制的组织架构与职责

（1）构建多元协同的组织架构。以建设单位为统筹核心，整合监理单位、施工单位、第三方检测机构力量，搭建“四位一体”的质量管控组织体系。建设单位承担质量管控总牵头职责，负责协调各方关系、审批关键技术方案、组织工程验收、保障质量管控资源投入；监理单位履行监督核心职责，组建专业监理团队，对施工全过程实施旁站监理、平行检验，核查施工质量与资料完整性，及时提出整改意见并跟踪落实；施工单位作为质量责任主体，建立“企业总部-项目部-施工班组”三级内部质量管控体系，落实自检自纠责任；第三方检测机构依据规范开展独立检测，为质量评估提供客观、准确的检测数据支撑。（2）健全协同管控机制。建立定期沟通会议制度，每周或每月组织各方同步施工进度、质量管控情况及存在问题，协商制定针对性解决方案；搭建一体化信息共享平台，实现施工资料、检测数据、监理报告、验收记录等信息实时流转，保障管控信息透明可追溯；明确各方责任边界与协同流程，签订质量责任承诺书，形成“分工明确、权责统一、协同高效、追责有据”的质量管控格局，有效避免责任推诿、管控脱节

等问题^[3]。

2.3 关键环节的质量控制措施

（1）原材料进场验收与存储管理。建立“双重检验”原材料进场制度，对水泥、钢筋、砂石料、防水材料等主要原材料，先核查生产厂家资质、产品合格证及出厂质量检验报告，再按规范比例抽样送检，只有检测合格并经监理单位确认后，方可进场使用；对进场原材料实行分区分类存储，根据材料特性采取防潮、防晒、防锈蚀、防污染等防护措施，设置清晰标识标注材料规格、型号、进场时间、检验状态及使用部位；安排专人定期对存储原材料进行检查，及时清理变质、过期材料，从源头保障工程施工质量。（2）隐蔽工程验收与影像记录。严格执行“先验收、后隐蔽”原则，施工单位完成隐蔽工程施工并自检合格后，向监理单位提交验收申请及相关资料；监理单位组织建设单位、施工单位联合开展验收，重点检查隐蔽部位施工工艺、质量达标情况及资料完整性，验收合格并签署验收意见后，方可进入下道工序；验收过程中同步做好全程影像记录，清晰留存隐蔽部位施工细节、验收流程、参与人员及关键质量控制点等信息，建立影像档案与文字资料联动存档机制，确保隐蔽工程质量可追溯、可核查^[4]。（3）施工过程实时监控与数据反馈。针对混凝土浇筑坍落度、养护温度，土方回填压实度，地基处理承载力等关键工序参数，部署现场监控设备与传感装置，实现施工过程实时可视化监控与数据自动采集；安排专业技术人员现场值守，对工序操作规范性进行实时核查；建立快速数据反馈机制，将监控数据、检测结果及时汇总分析，一旦发现质量偏差立即下达整改通知，明确整改要求与时限，跟踪整改落实情况并复检验收，确保问题及时闭环处理。

2.4 信息化管理手段的应用

（1）BIM技术在质量追溯中的应用。构建工程全生命周期BIM模型，将施工图纸、技术方案、原材料信息、施工工序、检测数据等全要素数据融入模型，实现工程信息可视化、数字化管理；在施工过程中，通过BIM模型对各工序施工质量进行数字化校验，对比实际施工数据与设计参数的偏差，提前预警质量风险；工程验收及后期运维阶段，依托BIM模型可快速定位工程各部位，精准追溯对应施工信息、质量检测数据及验收记录，为质量问题排查、维修改造提供精准的数据支撑，大幅提升质量追溯效率与准确性。（2）物联网传感器与大数据平台集成。在大坝、水闸、渠道等工程关键部位部署位移、沉降、应力、渗流量等物联网传感器，实时采集施工过程中的各类质量相关数据；将传感器采集的数据接

入大数据管理平台,通过平台内置的数据分析算法,对数据进行实时处理、分析与挖掘,精准识别施工质量异常趋势,提前预警潜在质量风险;平台同步整合施工、监理、检测等多方数据资源,实现质量管控数据集中管理、共享复用与智能分析,有效提升质量管控的智能化、精准化水平,助力决策科学化。

3 水利工程施工质量风险识别与评估

3.1 常见质量风险类型分析

(1)设计与材料类风险。设计缺陷风险主要表现为图纸参数偏差、结构设计不合理、未充分考虑施工环境特殊性等,易导致工程结构稳定性不足;材料不合格风险涵盖原材料质量不达标、构配件存在瑕疵等,如水泥强度不足、钢筋锈蚀、砂石料含泥量超标等,直接影响工程承载能力和耐久性。(2)工艺与环境类风险。工艺偏差风险源于施工过程中工序操作不规范,如混凝土浇筑振捣不密实、土方回填压实度不足、钢筋绑扎间距超标等,易引发裂缝、渗漏等质量问题;环境干扰风险包括极端天气(暴雨、高温、严寒)、地质条件突变(滑坡、涌水)、周边水文环境变化等,会破坏施工节奏,导致施工质量失控。此外,管理疏漏如人员资质不足、流程管控缺失等,也会间接放大各类质量风险。

3.2 风险评估方法

(1)定性评估方法。专家打分法通过组建专业评审团队,结合工程实际对各类风险发生概率、影响程度进行量化打分,综合判定风险等级,具有操作简便、针对性强的特点,适用于风险初步筛查;层次分析法将复杂的风险系统拆解为目标层、准则层、指标层层级,通过构建判断矩阵确定各风险因素权重,提升评估的系统性和逻辑性,可有效梳理多维度风险的主次关系。(2)定量评估方法。蒙特卡洛模拟通过构建风险变量概率模型,多次随机抽样模拟风险发生过程,定量计算风险发生概率和损失程度,适用于复杂风险系统的精准评估;故障树分析以可能发生的质量事故为顶事件,倒推引发事故的各层级原因,通过逻辑运算量化各因素对事故的影响程度,便于精准定位关键风险点,为风险管控提供

靶向性依据。实际应用中常结合定性与定量方法,实现优势互补^[5]。

3.3 风险应对策略

(1)风险规避与减轻措施。风险规避需提前规避高风险环节,如优化设计方案消除设计缺陷、拒绝使用不合格材料、避开极端天气施工;风险减轻通过强化管控降低风险影响,如针对工艺偏差制定标准化作业流程、加强施工人员培训,针对环境干扰建立实时监测预警机制,提前制定应急处置方案。(2)风险转移与接受措施。风险转移可通过签订担保合同、购买工程质量保险,将部分风险转移给担保机构或保险公司,也可通过分包合同明确分包单位质量责任;风险接受适用于发生概率低、损失较小的风险,需建立风险储备金,制定应急响应预案,确保风险发生时能及时处置,避免损失扩大。各类策略需结合风险评估结果灵活选用,形成动态应对体系。

结束语

水利工程施工质量检测与控制是保障工程安全、功能持久与生态效益的核心环节。本研究通过系统梳理质量检测技术、构建全流程动态管控体系、融合信息化手段,为提升水利工程建设质量提供了科学路径。未来需进一步强化技术创新与标准完善,推动智能化检测装备与大数据分析应用,实现质量风险精准防控,助力水利工程高质量发展,为经济社会可持续发展筑牢根基。

参考文献

- [1]马静玉.水利工程材料检测中影响因素分析及优化措施研究[J].水上安全,2023(6):70-72.
- [2]李琳,邓湘汉,霍炜洁,等.检验检测服务水利高质量发展分析[J].人民黄河,2021,43(12):143-146.
- [3]卢霄汉,张伟.水利工程施工质量检测与控制研究[J].城市建设理论研究,2023,(5):26-28.
- [4]刘兴远,武志刚,夏阳.水利工程施工质量检测与控制研究[J].重庆建筑,2022,21(2):29-31.
- [5]朱欢,张仲华.水利工程施工质量检测与控制研究[J].建筑,2022,(4):30-34.