水利工程施工监理质量控制关键技术研究

曹　玥

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司　河北　石家庄　050085

摘　要：水利工程施工环境复杂，质量管控存在隐蔽性强、风险点分散的行业难题，传统监理管控模式存在精度不足、动态性欠缺的短板。此文结合水利施工全流程管控特点，梳理施工准备、工序实施、智能监测等多维度质控技术，融入信息化、大数据现代化管控手段，搭建系统化监理质量闭环管控体系。通过适配不同工程施工场景优化技术落地路径，构建多维协同保障机制，切实提升水利工程施工监理的精细化、标准化管控水平。

关键词：水利工程；施工监理；质量控制；信息化技术；闭环管控

引言：水利工程是水资源调配、防洪减灾、生态治理的核心基础设施，工程施工质量直接决定水利设施的运行稳定性与服役年限。现阶段水利工程建设规模持续扩大，施工工况愈发复杂，传统质量管控手段难以适配现代化工程建设的高标准需求。依托传统监理技术结合智能监测、数据研判等新型技术手段，完善全过程质量管控体系，成为提升水利工程施工品质、规避施工质量隐患的核心抓手。

1 水利工程监理质量控制理论基础与技术体系

1.1 水利工程施工质量特征与监理管控逻辑

水利工程施工受自然环境与地质条件约束较强，施工过程不确定性突出，工程质量具备隐蔽性、综合性与不可逆性特征。施工各工序相互关联，质量波动易引发整体结构隐患。监理质控依托专业化管控逻辑，对标行业建设标准，对施工全流程开展质量约束，保障工程建设质量稳定可控。

1.2 监理质量控制关键技术体系构成与分类

水利工程监理质量控制技术体系由传统管控技术与现代信息化技术共同构成，形成层次清晰的模块化体系。整体包含基础工序管控、现场动态监测、数据智能研判、落地闭环保障四大核心模块，各模块分工明确、相互配合，为工程质量管控提供系统化技术支撑。

1.3 关键技术应用框架与适用场景

质控技术体系依托分层适配思路搭建应用框架，可根据常规土建、复杂高危、大型主体等不同水利施工场景灵活匹配对应技术手段。差异化的技术适配模式能够贴合各类工程建设需求，为现场监理质控工作提供标准化应用路径。

2 施工准备与施工过程监理质控关键技术

2.1 前期设计文件核查与专项施工方案审查技术

前期设计文件核查是施工质量前置管控核心环节，监理人员对施工图纸、设计说明、地质勘察报告开展系统核验。重点核对设计参数与施工现场水文地质条件的匹配性，核查结构尺寸、荷载标准、防渗等级等核心指标的合规性，排查参数冲突、内容缺失、标准不符等问题，联动设计单位完成修正优化，从源头规避设计偏差引发的质量隐患。专项方案审查针对高边坡开挖、大体积混凝土浇筑、基坑支护等关键施工内容开展核验，对照行业标准核查施工工艺、技术参数、质控措施的科学性与可行性，排查技术漏洞与施工风险，优化不合理作业流程，保障专项方案合规可用，为现场施工质控提供技术依据。

2.2 进场资源核验与施工质保体系审核技术

进场资源质量直接决定工程施工品质，监理针对施工材料、机械设备、作业人员开展精细化核验。水泥、钢筋、砂石等主材需核验出厂资质文件，按规范抽样复检，杜绝不合格材料进场使用。施工设备核查运行状态、性能参数与检定有效期，确保设备精度满足施工工艺要求。施工质保体系审核聚焦施工单位管控架构、岗位职责、管理制度与检验流程，核查体系运行的完整性与有效性。落实施工自检、互检、交接检制度执行情况，规范现场质量检验流程，压实各岗位质控责任，搭建标准化现场质量管控体系。

2.3 关键工序旁站管控与隐蔽工程追溯核验技术

关键工序旁站管控覆盖混凝土浇筑、桩基施工、闸门安装、防渗施工等核心环节，监理人员现场驻守监

督，把控工艺执行、参数落实与作业流程规范性，及时纠正不规范操作，记录全过程施工数据，作为工序验收的核心依据[1]。隐蔽工程涵盖基坑作业、桩基预埋、管线铺设、防水层施工等内容，覆盖后无法二次核验。监理需在隐蔽封闭前完成全方位质量核查，核对施工精度、结构工艺与材料质量，同步留存影像、数据、验收记录等溯源资料，建立隐蔽工程质量档案，实现问题溯源与整改复核全程可查，杜绝隐蔽质量隐患留存。

2.4 主体施工全过程质量复核与动态干预技术

主体工程施工工序衔接紧密、周期较长，质量波动风险贯穿施工全程。全过程质量复核采用分层分段核查模式，针对土方填筑、混凝土结构、砌体工程、机电安装等施工内容，逐段核查施工精度与工艺合规性，对照设计与行业标准排查尺寸偏差、结构缺陷等问题，稳步把控分段施工质量。动态干预技术结合各施工阶段管控重点，动态调整核查力度。发现质量偏差后及时督促施工单位调整工艺、整改缺陷，同步更新质控重点适配施工进度变化，实现施工全过程质量动态可控，保障主体工程整体质量达标。

3 信息化支撑下监理动态监控关键技术

3.1 BIM 与数字孪生技术在施工监理中的应用

BIM 技术依托三维数字化建模手段，搭建与施工现场完全匹配的工程实体模型，精准还原水利工程结构形态、空间布局、构件参数等核心信息。监理人员依托 BIM 模型完成施工图纸复核、施工模拟推演、工序碰撞检测等工作，提前排查施工布局冲突、工艺衔接漏洞等潜在问题。模型同步对接施工进度与质量数据，实现施工过程的可视化管控，直观对比实际施工状态与设计标准的偏差。数字孪生技术在 BIM 建模基础上整合施工现场多维数据，构建工程实体的实时镜像场景，实现物理工程与数字模型的实时联动。模型同步更新施工进度、结构形变、环境参数等动态信息，监理工作可依托数字孪生场景完成全方位、精细化的质量管控，精准定位施工质量偏差点位与问题成因，提升复杂水利工程监理质控的精细化水平。

3.2 物联网实时传感监测与质量风险预警技术

物联网监测技术依托各类智能传感设备，实现水利工程施工现场核心参数的全天候自动采集与传输。在基坑边坡、大坝结构、混凝土浇筑区域、防渗工程等关键点位布设位移传感器、沉降传感器、温湿度传感器、应力传感器等设备，实时捕捉结构形变、基础沉降、混凝土内外温差、岩土位移等核心质量相关数据。设备采集的实时数据通过网络传输至管控平台，完成数据的实时汇总与动态更新，打破传统人工巡检时效性不足、数据覆盖面有限的管控短板。质量风险预警技术依托平台内置的行业标准阈值与工程设计参数，对实时监测数据进行智能比对分析[2]。数据指标超出合理区间时，系统自动触发预警提示，精准识别结构变形超标、沉降异常、温度应力失衡等质量风险。监理人员依托预警信息快速锁定风险区域与风险类型，及时开展现场核查与干预处置，提前规避大面积质量缺陷与工程隐患，实现质量风险的前置管控。

3.3 无人机遥感技术在现场巡查中的应用

水利施工现场范围广、部分区域地形复杂，人工巡检存在盲区。无人机搭载高清摄像与红外遥感设备，可快速完成大坝坡面、边坡、高空结构、偏远施工区域的影像采集，补齐人工巡检短板。现场影像可直观呈现施工状态、结构外观与作业情况，快速排查表面裂缝、结构破损、施工疏漏等问题。结合图像解析技术可完成施工尺寸、平整度、作业覆盖率的量化检测，精准把控大面积施工质量。常态化无人机巡检提升现场巡查频次与覆盖范围，为动态质量管控提供全面现场数据支撑。

4 监理大数据与质量闭环管控关键技术

4.1 监理多源数据采集、融合与规范化处理技术

水利工程施工监理过程会产生多类型、多维度的海量数据，数据来源涵盖人工巡检记录、智能设备监测数据、工序验收资料、材料检测报告、现场影像资料等多个渠道。多源数据采集技术依托人工填报与智能采集结合的方式，全面归集施工全过程质量相关数据，保障数据采集的完整性与全面性[3]。不同渠道的数据存在格式不统一、维度不一致、标准不规范的问题，数据融合技术通过标准化转换、维度整合、冗余剔除的处理方式，对零散数据进行统一规整。梳理各类数据的关联逻辑，搭建标准化数据结构，实现不同类型数据的互联互通与整合应用。规范化处理技术针对数据真实性、有效性、完整性开展筛查核验，剔除错误数据、无效数据与重复数据，校准偏差数据，形成规范统一的监理质量数据库，为后续质量分析与研判提供精准的数据基础。

4.2 人工智能辅助施工质量趋势分析与预判技术

人工智能技术依托机器学习算法与大数据分析模型，对规整后的监理质量数据进行深度挖掘与分析，摆脱传统人工经验研判的局限性。模型通过学习历史施工质量数据、常见质量缺陷特征、参数波动规律，梳理施工质量变化的内在逻辑与关联关系。针对当前施工参数

的动态波动状态，研判后续施工质量的变化趋势，精准识别参数异常引发质量缺陷的潜在概率。技术可实现对混凝土强度变化、结构沉降趋势、边坡稳定性状态等核心质量指标的动态预判，提前捕捉质量波动隐患。依托智能化分析结果，监理人员可提前调整管控重点，优化施工管控策略，实现质量问题的前置防控，提升监理质控工作的主动性与精准性。

4.3 工程质量缺陷排查评估与整改闭环管控技术

工程质量缺陷排查评估技术依托数据比对、智能识别、现场核验多重手段，精准定位施工过程中的各类质量缺陷。针对排查发现的裂缝、偏差、防渗不达标、工艺不合格等各类质量问题，结合行业规范、设计标准与工程等级要求，开展缺陷等级划分与危害程度评估。明确缺陷对工程结构安全、运行性能、使用寿命的影响范围与程度，为整改方案制定提供技术支撑[4]。整改闭环管控技术构建问题登记、方案审核、整改实施、复核验收、销号归档的全流程管控模式。对所有质量缺陷建立专属管控台账，明确整改标准、整改时限与管控责任。全程跟踪整改进度，核查整改施工工艺与质量达标情况，整改完成后开展专项复核验收，验收合格后完成归档销号，彻底解决质量缺陷遗留问题，实现质量管控的闭环落地。

4.4 监理质控效果量化评价与指标测算体系

监理质控效果量化评价依托标准化指标体系，实现监理工作质量与工程施工质量的科学化、数据化评估。指标体系涵盖工序合格率、缺陷整改率、风险预警准确率、资料完整率、施工合规率等核心评价维度，全面覆盖监理质控工作的各个环节。指标测算技术依托数据库实时归集各类质控数据，按照标准化测算公式完成各维度指标的精准计算，量化呈现监理质量管控的实际成效。通过阶段性指标数据对比，直观展现施工质量的波动变化与管控工作的提升效果。量化评价结果可用于优化监理管控流程、调整管控重心、完善技术应用模式，推动监理质量管控工作持续优化，保障工程质量管控水平稳步提升。

5 关键技术落地实施路径与保障机制

5.1 不同水利工程场景的技术适配与落地路径

不同类型水利工程的质控需求存在明显差异，技术应用需按需适配。中小型河道与堤防工程施工工艺简单，以传统基础质控技术为主，搭配常规智能巡检完成现场管控，精简复杂信息化技术应用。大型大坝、泵站等枢纽工程结构复杂、标准严苛，整合 BIM、物联网、大数据分析技术搭建精细化智能质控体系。高边坡、深水基坑等高危场景依托传感监测、风险预警、无人机巡查技术防控动态隐患。贴合工程规模与施工环境匹配技术落地模式，保障质控工作高效适配现场施工需求。

5.2 制度、人员、设备多维协同保障机制

质控技术落地依托制度、人员、设备多维协同保障。制度层面结合现代化质控需求完善管控、数据、技术执行规范，明确各环节标准与责任边界，规范技术落地流程。人员层面开展信息化技术与智能设备操作培训，提升监理团队专业能力，适配智能化质控工作需求。设备层面常态化开展监测终端、无人机、传感设备的校准与维护，保障设备运行精度与数据传输稳定，构建全方位、规范化的技术保障体系。

结束语：水利工程施工监理质量控制工作贯穿建设全流程，各类传统与现代化质控技术的组合应用，能够有效破解复杂施工场景下的质控难题。多维度智能监测、大数据闭环管控等技术的落地落地，大幅提升监理工作的精准度与时效性。通过匹配工程场景适配技术方案、完善多维保障机制，可持续优化施工质控体系，夯实水利工程建设质量根基，助力水利工程建设规范化发展。

参考文献

[1] 王侃. 水利工程监理施工阶段的质量控制策略研究 [J]. 工程技术与质量管理,2025,1(9).

[2] 吴倩, 张绪颉. 现代科技深度应用下水利工程监理质量控制体系与关键技术研究 [J]. 大众科学,2026(1):181-184.

[3] 潘玉亮. 水利工程施工监理中隐蔽工程质量控制存在的问题与关键措施 [J]. 工程技术研究,2026,11(10):120-122.

[4] 鲁霄菡, 王迪. 水利工程混凝土施工质量控制与全过程监理改进策略 [J]. 中国水泥,2026(5):134-136.