

数字化管控在现代水利工程质量监督中的应用研究

刘迎春

新疆 博尔塔拉蒙古自治州 833000

摘要：本文围绕数字化管控在现代水利工程质量监督中的应用展开系统研究。首先分析了传统质量监督模式在监管覆盖、数据管理、管控时效性及标准统一性四个方面的核心短板，进而阐述了数字化管控在全方位动态监管、数据管理规范化、管控精准化及标准统一化等方面的应用优势。在此基础上，从原材料质量管控、施工过程动态监督、隐蔽工程智能化监管及工程质量验收四个维度，详细论述了数字化管控的具体应用实践。研究表明，数字化管控能够有效弥补传统监督模式的不足，实现水利工程质量监督从经验驱动向数据驱动、从被动管控向主动预防的转变，对提升水利工程建设质量与管理效率具有重要的现实意义。

关键词：数字化管控；现代水利工程；质量监督；应用

引言：水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分，其工程质量直接关系到防洪安全、供水保障与生态环境保护。随着现代水利工程建设标准持续提升，工程规模不断扩大，施工工艺日趋复杂，传统以人工为主导的质量监督模式已难以满足精细化、全方位的质量管控需求。监管盲区多、数据管理弱、管控滞后性强、人为偏差大等问题，严重制约了工程质量监督水平的提升。近年来，物联网、大数据、BIM、智能传感等数字技术在工程建设领域的深度应用，为水利工程质量监督模式变革提供了技术支撑。本文系统梳理数字化管控在水利工程质量监督中的应用优势与实践路径，为推动水利工程质量监督数字化转型提供参考。

1 传统水利工程质量监督的核心短板

在现代水利工程建设标准不断提升的背景下，传统人工主导的质量监督模式局限性日益凸显，无法满足精细化、全方位的质量管控需求，具体短板主要体现在四个方面。（1）监管覆盖存在盲区：水利工程施工线路长、作业面分散，包含大量隐蔽施工工序，如地基处理、地下管线铺设、坝体内部浇筑等，传统人工监督仅能完成表面、显性施工环节的核查，无法对隐蔽工程施工全过程进行实时监控，极易出现工序施工不规范、材料铺设不达标、施工工艺偏差等隐性质量问题，且问题难以在第一时间被察觉^[1]。（2）数据管理规范性不足：传统质量监督以纸质记录、人工台账登记为主要方式，施工参数、检测数据、整改记录、验收信息等资料多为分散留存，数据填写易出现人为疏漏、误差、涂改等问题，同时各类数据无法快速汇总、比对与共享，数据利用率极低，难以通过数据梳理发现施工质量的规律性问题。（3）质量管控滞后性明显：传统监督模式以阶段性

核查、完工验收为主要管控手段，属于典型的事后管控模式，施工过程中的工艺偏差、材料质量不达标、设备操作不规范等问题，往往在工序完工后才能被发现，此时已经产生不可逆的质量缺陷，整改成本高、工期损耗大，严重影响工程整体建设质量。（4）人为干扰因素较多：传统质量监督高度依赖工作人员的专业经验与责任心，不同监督人员的核查标准、判断尺度存在差异，易出现同质问题不同判定、轻微隐患忽视不报等情况，监督结果的客观性、统一性不足，难以实现工程质量的标准化管控。

2 数字化管控在水利工程质量监督中的应用优势

2.1 实现全方位无死角动态监管

数字化管控可通过高清监控摄像头、无人机巡检系统、嵌入式传感器、移动巡检终端等多种智能化设备，搭建覆盖施工全域的质量监管网络，实现对水利工程施工现场的全方位动态监控。（1）水利工程施工具有露天作业范围广、线性工程跨度大、隐蔽工序占比高等显著特点，传统人工巡检受限于人员数量、视野范围与工作时长，难以实现全时段、全区域的有效覆盖。数字化管控手段可针对性弥补上述不足：无人机搭载高清摄像模块与高精度定位系统，可对大范围施工现场实施常态化空中巡检，快速识别表面施工缺陷与违规操作行为；嵌入式传感器可对地基沉降量、坝体应力分布、混凝土浇筑密实度等隐蔽工程核心技术参数进行连续自动采集与实时回传，将质量监督由事后抽检前移至施工过程的实时监控阶段。（2）移动巡检终端支持监督人员在现场实时拍照取证、电子登记质量问题、自动关联对应工序信息，确保质量缺陷即时记录、即时反馈、全程可追溯。多类智能化设备协同运行，彻底消除传统监管模式中的

时空盲区,实现施工全区域覆盖、全工序跟踪、全时段监控的动态质量监督体系^[2]。

2.2 规范工程质量数据管理体系

数字化管控模式下,所有工程质量相关数据均可实现电子化采集、云端集中存储与统一规范归档,从根本上解决传统质量管理中数据记录分散、保存不当、调取困难等问题。(1)在数据采集与存储层面,施工原材料检测报告、混凝土配合比参数、设备运行状态数据、现场巡检问题记录、整改验收结果等各类质量信息,均通过智能化设备与终端实时同步至数字化监管平台。系统依据预设分类规则自动完成数据整理、归档与留存,消除纸质记录易丢失、易涂改、易疏漏等管理缺陷,确保每条质量数据来源清晰、记录完整、不可篡改。(2)在数据应用与溯源层面,数字化监管平台支持质量数据的随时调取、交叉比对与全链路溯源。监督人员可快速检索任意工序、任意时段的质量记录,精准定位问题发生环节与责任主体。完整的工程质量数据档案覆盖工程建设全周期,不仅为施工阶段的质量判定与问题整改提供直接依据,也为工程竣工验收、质量评定及后期运维管理提供持续、精准的数据支撑,实现工程质量管理从经验判断向数据驱动的转变。

2.3 提升质量管控的及时性与精准性

数字化管控从根本上打破了传统事后管控的局限,将质量监督由被动发现转向主动监测,实现施工全过程实时数据采集与动态预警响应。(1)在实时监测层面,各类智能传感设备与监控终端持续采集施工现场核心质量数据,包括混凝土浇筑温度、地基沉降速率、坝体应力变化、施工工艺执行参数等。数字化监管平台依据预设的工程质量标准参数与技术规范阈值,对实时采集数据进行自动比对分析。当施工工艺执行出现偏差、关键参数超出允许范围或质量指标发生异常波动时,系统立即触发预警机制,同步锁定问题发生的具体位置、标注问题类型与严重等级,并自动推送至对应监督人员的移动终端。(2)在预警响应层面,监督人员可第一时间接收预警信息并赶赴现场核查整改,将质量隐患控制在萌芽阶段,避免问题扩大后产生高额返工成本。数字化管控通过“实时采集—自动比对—即时预警—快速响应”的闭环流程,显著提升了工程质量管控的精准度与时效性,确保施工过程中每一项质量偏差均能被及时发现、及时纠正,将质量风险降至最低^[3]。

2.4 统一质量监督标准,规避人为偏差

数字化监管平台内置标准化的水利工程质量核查标准、验收规范与问题判定依据,将现行技术标准与质量

管理要求系统化为可执行的数字化规则,所有质量核查、验收、判定工作均依托系统预设标准统一执行,从制度层面摒弃人工主观经验判断带来的不确定性。(1)在操作流程层面,监督人员通过移动终端严格按照系统设定的巡检路线、核查项目、验收流程开展现场工作,每一步操作均有明确的标准化指引,判定标准与整改要求全程固化于系统中,不因人员更换而发生执行偏差。(2)在管控效果层面,传统质量监督高度依赖监督人员个人专业能力与主观判断,不同人员对同一质量问题的判定结果往往存在差异,导致管控尺度不统一。数字化管控通过系统标准替代人工经验,有效规避了因人员专业水平参差不齐、主观判断尺度不一所引发的管控偏差,确保同一工程、同一工序在不同时间、不同人员核查下获得一致的判定结论,切实保障水利工程质量监督工作的公平性、统一性与规范性。

3 数字化管控在水利工程质量监督中的具体应用实践

3.1 原材料质量数字化管控

原材料质量是决定水利工程整体结构稳定性与服役寿命的基础性因素,水泥、砂石骨料、钢筋、防水材料、管材等核心原材料的品质直接关系到工程主体结构的承载性能与耐久性能。传统原材料质量管控主要依赖人工抽样送检、纸质台账登记,流程繁琐、周期较长,且易出现材料批次混用、检测结果滞后、质量溯源困难等管理漏洞。(1)数字化管控模式下,可搭建原材料全流程数字化监管模块,覆盖原材料进场验收、检测管理、领用施工、质量溯源各环节。所有进场原材料须通过移动终端录入批次编号、规格型号、生产产地、出厂检测报告等关键信息,系统自动生成唯一电子溯源编码,并同步核对材料资质文件与检测数据,不合格材料即时拦截并标记,禁止进入施工区域。(2)施工现场布设智能扫码设备,材料出库领用、进场堆放、工序投料等环节均需扫码登记,系统实时更新材料使用动态,自动比对领用材料与批准材料的一致性,杜绝不合格原材料及非标材料投入施工,从源头实现工程质量的精准把控^[4]。

3.2 施工过程动态数字化监督

施工过程的工艺规范度与参数精准度是质量监督的核心管控重点。针对水利工程中混凝土浇筑、土方填筑、堤防碾压、管道铺设等核心施工工序,依托数字化设备与智能化监测系统,可实现施工全过程的动态化、精细化质量监督。(1)在混凝土浇筑环节,通过智能传感设备实时采集浇筑温度、浇筑速度、振捣频次、养护温湿度等核心工艺参数,系统将实时数据与预设标准施工参数进行自动比对分析。当出现振捣不充分、养护条

件不达标、浇筑温度超出允许范围等问题时,系统立即触发预警并推送至对应监督人员终端。(2)在土方填筑与堤防碾压环节,利用智能碾压设备与GPS定位装置,实时监测碾压速度、碾压遍数、压实层厚等关键数据,确保每层碾压施工工艺严格符合质量技术标准。(3)监督人员通过移动巡检终端实时上传现场施工画面、记录质量问题、拍摄整改对比照片,所有数据同步上传至数字化监管平台,实现施工过程可查询、可回看、可追溯,为质量判定与问题整改提供完整的现场证据链。

3.3 隐蔽工程智能化精准监管

隐蔽工程是水利工程质量监督的核心难点与管控重点,由于施工完成后无法直接观察,传统人工监督难以实现全过程、全覆盖的质量把控,极易遗留长期安全隐患。数字化管控通过预埋智能传感器、布设高清监控设备、应用三维建模技术,实现隐蔽工程施工全过程的精准化、可视化监管。(1)在地基处理、地下防渗、坝体内部浇筑、桩基施工等隐蔽工序施工过程中,预埋的应力传感器、沉降监测装置、密实度检测探头等设备实时采集施工核心数据,并同步传输至数字化监管平台,全程监控隐蔽部位的施工质量与结构参数变化。(2)利用三维BIM模型搭建工程虚拟场景,将实时施工数据与模型进行动态联动,直观呈现隐蔽工程内部施工状态与结构参数分布,精准识别内部施工偏差与结构缺陷。(3)隐蔽工程完工后,系统自动留存全程施工数据、影像资料与监测记录,形成完整的质量档案,为后续质量核查与隐患排查提供直接依据,从根本上解决隐蔽工程监管难、溯源难的突出问题。

3.4 工程质量验收数字化管控

工程质量验收是把控工程竣工品质的关键环节,传统验收模式存在流程繁琐、资料繁杂、人工核查效率低等突出问题。数字化管控重构验收流程,依托监管平台内置的分项工程、分部工程、单位工程验收标准,实现验收工作标准化、高效化、数字化。(1)在现场核查环节,验收人员通过移动终端现场完成各项质量指标核

查、数据录入与影像留存,系统自动将验收数据与预设标准参数进行比对分析,自动判定验收结果,消除人工核查中主观判断带来的偏差。(2)在整改跟踪环节,对于验收不合格的工序与部位,系统自动生成整改清单并明确整改要求,全程跟踪整改进度。整改完成后由验收人员线上复核确认,无需线下重复台账登记,确保整改闭环可控。(3)在档案管理环节,所有验收资料自动归档形成电子档案,覆盖验收全流程数据与影像记录,实现验收流程无纸化、验收数据系统化、验收结果可溯源,大幅提升工程质量验收的效率与精准度^[5]。

结束语

数字化管控为现代水利工程质量监督提供了系统化、智能化的解决方案,从根本上弥补了传统人工监督在覆盖范围、数据管理、响应时效与标准统一等方面的突出短板。通过原材料全流程管控、施工过程动态监测、隐蔽工程精准监管及验收流程数字化重构,数字化管控实现了质量监督从事后抽检向过程监控、从经验判断向数据驱动、从被动发现向主动预警的根本性转变。未来,随着人工智能、数字孪生等技术的进一步融合应用,水利工程质量监督将向更高层次的智能化、自动化方向发展,为工程建设质量与安全提供更加坚实的技术保障。

参考文献

- [1]张守成.水利工程施工质量控制技术研究[J].人民黄河,2024,46(S2):147-148.
- [2]宋斌,李钟宁.水利工程施工质量的主要影响因素与控制措施[J].水上安全,2024,(24):4-6.
- [3]朱广浩.基层水利工程质量安全管理存在的问题及对策[J].水上安全,2025,(07):160-162.
- [4]姜晓冬.水利工程质量与安全监督数字化赋能探索[J].工程质量,2024,42(12):9-12.
- [5]刘太军.水利工程建设质量与安全监督管理方法及价值探讨[J].水上安全,2024,(20):142-144.