

水利工程监理技术与安全监督管理研究及应用

陈文立¹ 赵倩²

1. 武汉长科工程建设监理有限责任公司 湖北 武汉 430000

2. 湖北省人才发展集团有限公司 湖北 武汉 430000

摘要: 本文聚焦水利工程监理技术与安全监督管理, 阐述其基础理论, 包括核心任务、技术分类及安全监督管理理论框架。研究数字化监理、质量管控、进度与成本协同管控等关键技术, 创新安全风险动态评估、分级监督与差异化管控、应急管理 with 事故追溯等方法。提出监理技术与安全监管融合优化策略, 涵盖技术赋能路径、体系完善措施及人才队伍建设, 为提升水利工程建设质量与安全水平提供理论与技术支持。

关键词: 水利工程监理; 安全监督管理; 风险评估; 数字化技术

引言: 水利工程作为国家基础设施建设的关键部分, 其质量与安全关乎国计民生。水利工程监理与安全监督管理是保障工程顺利推进、实现预期效益的核心环节。然而, 当前水利工程规模扩大、技术复杂, 传统监理与监管模式面临挑战。在此背景下, 深入研究水利工程监理技术与安全监督管理, 探索其创新应用与融合优化策略, 对提升工程建设质量、保障施工安全、推动行业可持续发展具有重要的现实意义。

1 水利工程监理技术基础理论

1.1 水利工程监理的核心任务

水利工程监理的核心任务是依据法律法规、工程建设标准、勘察设计文件及合同约定, 对水利工程建设全过程实施专业化监督管理, 保障工程质量、安全、进度与投资目标协同实现。监理单位作为独立第三方, 需履行质量控制、安全监管、进度协调、投资管控、合同管理及信息管理六大核心职责, 同时搭建建设单位、施工单位、设计单位间的沟通桥梁, 化解建设矛盾。在工程前期, 需审核施工组织设计、专项施工方案的可行性; 施工过程中, 对关键工序、隐蔽工程实行旁站监理, 及时纠正违规操作; 工程竣工后, 参与验收评估, 督促问题整改闭环。核心目标是通过规范化、专业化监督, 防范工程风险, 确保水利工程长期稳定运行, 发挥防洪、灌溉、供水、发电等综合效益, 兼顾工程建设与生态保护的协调发展。

1.2 监理技术分类

水利工程监理技术依据应用场景、功能属性可分为四大类, 各类技术协同支撑监理工作高效开展。基础检测技术是质量管控的核心, 涵盖土工试验、混凝土强度检测、钢筋保护层厚度检测等, 通过专业设备获取工程实体质量数据, 为质量验收提供依据。现场监控技术聚

焦施工过程管控, 包括旁站监理记录技术、施工工序影像留存技术、现场计量测绘技术等, 实现对施工行为的实时跟踪。数据处理与分析技术依托信息化手段, 对检测数据、进度数据、投资数据进行整合分析, 通过统计模型识别质量隐患、进度偏差^[1]。辅助管理技术包括合同管理技术、信息归档技术、协同沟通技术等, 借助数字化工具规范监理文件编制、流转与存储, 提升跨主体沟通效率。按工程类型可细化为大坝工程监理技术、渠道工程监理技术、水电站工程监理技术等, 各类技术针对不同工程特点优化适配, 确保监理工作的针对性与专业性。

1.3 安全监督管理的理论框架

水利工程安全监督管理以“预防为主、防治结合、全程管控”为核心原则, 构建“法律法规为依据、风险管控为核心、责任体系为支撑、技术手段为保障”的理论框架。该框架涵盖三个核心层级: 基础层以法律法规和技术标准为支撑, 包括《水利工程安全生产管理规定》《水利工程施工安全检查标准》等, 明确各主体安全职责与管控要求; 核心层以风险分级管控与隐患排查治理为核心, 通过识别工程建设各阶段安全风险, 划分风险等级, 制定差异化管控措施, 建立隐患排查、整改、销号的闭环管理机制; 保障层由责任体系、技术手段、应急机制构成, 明确建设、施工、监理、设计单位的安全责任, 依托信息化技术实现风险动态监控, 完善应急响应与处置流程。

2 水利工程监理关键技术研究

2.1 数字化监理技术应用

数字化监理技术借助大数据、物联网、人工智能、BIM等新一代信息技术, 重构水利工程监理工作模式, 实现从传统人工监理向智能化、精准化监理转型。BIM技术作为核心应用手段, 可构建工程三维可视化模型, 整合

勘察设计、施工、验收全流程数据,实现施工方案模拟优化、关键工序碰撞检测、工程量精准核算,提升监理决策效率。物联网技术通过在施工机械、建筑材料、工程结构上部署传感器,实时采集施工参数、结构应力、环境数据,传输至监控平台实现风险预警,如大坝浇筑温度监测、边坡位移实时跟踪等^[2]。大数据与人工智能技术对海量监理数据进行深度分析,自动识别进度偏差、质量隐患,生成智能预警报告与整改建议。移动监理终端实现现场数据实时录入、监理日志在线编制、整改指令即时下发,打破时空限制,实现监理工作数字化闭环管理,大幅提升监理效率与管控精度,适配大型水利工程复杂管控需求。

2.2 质量管控技术

水利工程质量管控技术围绕工程实体质量形成全过程,构建“事前预防、事中控制、事后评估”的技术体系,确保工程质量符合设计标准与使用要求。事前预防技术聚焦施工准备阶段,包括施工方案可行性论证技术、原材料质量检测技术、施工人员技能考核技术等,通过严格审核施工组织设计、强化原材料进场检验,从源头规避质量风险。事中控制技术是核心环节,涵盖关键工序旁站监理技术、实体质量无损检测技术、施工参数实时监控技术等,对混凝土浇筑、钢筋绑扎、地基处理等关键工序实行全过程管控,通过超声波、回弹法等无损检测技术精准评估实体质量。事后评估技术包括工程质量检验技术、竣工检测验收技术、质量问题追溯技术等,依据检测数据与验收标准开展质量验收工作,对发现的质量问题明确责任主体与整改要求,建立质量追溯档案,确保工程质量可查、可控、可追溯。

2.3 进度与成本协同管控技术

进度与成本协同管控技术以实现工程进度与投资目标平衡为核心,通过一体化管控技术破解两者相互制约的难题。进度管控技术涵盖进度计划编制优化技术、进度动态跟踪技术、进度偏差预警技术,基于网络计划技术(如双代号网络计划、单代号搭接网络计划)编制科学合理的施工进度计划,借助数字化工具实时跟踪施工进度,对比计划进度与实际进度偏差,分析偏差原因并制定调整措施。成本管控技术包括工程量精准核算技术、成本动态分析技术、变更签证管控技术,通过BIM技术、无人机测绘等实现工程量快速核算,实时监控人工、材料、机械等成本要素变动,严格审核工程变更与签证,防范成本超支风险。协同管控技术通过搭建一体化管理平台,实现进度数据与成本数据实时联动,当进度出现偏差时,自动分析对成本的影响,提出兼顾进度调整与成本控制的

优化方案,确保工程在保障质量安全的前提下,实现进度与成本的协同优化。

3 水利工程安全监督管理方法创新

3.1 安全风险动态评估模型

安全风险动态评估模型突破传统静态评估局限,结合水利工程施工动态性、环境复杂性特点,构建“实时数据采集-风险精准识别-等级动态划分-措施动态调整”的全流程评估体系。该模型以物联网、大数据技术为支撑,实时采集施工工序参数、地质环境变化、设备运行状态、人员作业行为等多维度数据,建立风险数据库。通过引入层次分析法、模糊综合评价法等数学模型,对采集的数据进行量化分析,精准识别坍塌、滑坡、透水、机械伤害等安全风险,依据风险发生概率、影响程度划分高、中、低三个风险等级。模型具备动态更新能力,可根据施工进度推进、环境条件变化、风险管控效果实时调整评估指标与权重,实现风险等级动态更新。同时,针对不同等级风险自动生成差异化管控建议,为安全监管决策提供数据支撑,从被动应对风险转变为主动预判、精准管控风险,提升安全监管的前瞻性与有效性。

3.2 分级监督与差异化管控

分级监督与差异化管控方法基于安全风险动态评估结果,打破传统“一刀切”监管模式,实现精准化、高效化安全监管。分级监督以风险等级为依据,将水利工程划分为重点监管区域、一般监管区域、常规监管区域,对高风险区域实行旁站式、高频次监管,配备专业监管人员与先进检测设备,加大现场检查频次与力度;对中风险区域实行常态化监管,定期开展安全检查与隐患排查;对低风险区域实行抽查式监管,聚焦关键节点管控^[3]。差异化管控针对不同风险类型、不同工程部位制定专属管控措施,如针对高边坡施工风险,强化位移监测、支护加固与排水措施;针对水下作业风险,完善防溺水、防触电、应急救援预案。建立分级管控责任体系,明确各层级监管责任主体与管控要求,实现“风险分级、责任到人、措施适配”,提升安全监管资源利用效率,有效防范重特大安全事故。

3.3 应急管理 with 事故追溯技术

应急管理与事故追溯技术通过技术创新完善安全事故应对与复盘机制,提升水利工程安全应急处置能力与事故追责效率。应急管理技术涵盖应急预案数字化编制技术、应急资源智能化调度技术、应急演练模拟技术,基于工程实际风险特点编制数字化应急预案,明确应急组织机构、处置流程、责任分工,借助信息化平台实现应急物资、救援队伍的快速调度与协同联动,通过虚拟现

实技术开展应急演练,提升救援人员处置能力。事故追溯技术以全流程数据留存为核心,依托区块链、物联网等技术,对施工全过程的人员、设备、材料、工序、检测数据等进行不可篡改存储,建立完整的事事故追溯链条。当安全事故发生时,可快速调取相关数据,精准定位事故原因、责任主体与违规环节,为事故处置、责任追究提供有力支撑,同时通过事故复盘优化管控措施,防范同类事故发生。

4 水利工程监理技术与安全监督管理的融合优化策略

4.1 监理技术赋能安全监管的路径优化

监理技术赋能安全监管需构建“技术支撑-流程融合-精准管控”的优化路径,推动监理技术与安全监管深度融合。首先,强化技术适配性优化,针对安全监管需求,对数字化监理技术、检测技术、监控技术进行针对性升级,如优化BIM模型安全分析模块、提升物联网传感器安全风险捕捉精度,实现监理技术与安全监管指标的精准对接。其次,推动监管流程重构,将监理技术嵌入安全监管全流程,通过数字化监理平台实现安全风险实时监测、隐患排查在线流转、整改情况动态跟踪,替代传统人工监管模式,提升监管流程效率。最后,建立技术赋能评价机制,定期评估监理技术在安全风险预警、隐患处置、事故防范中的应用效果,根据评价结果优化技术应用方案,同时加强技术成果转化,将成熟的监理技术转化为安全监管标准流程,实现监理技术从“工具应用”向“能力提升”的转变,充分发挥技术对安全监管的赋能作用。

4.2 安全监督管理体系的完善措施

安全监督管理体系的完善需以监理技术与监管工作融合为核心,从制度、机制、平台三方面构建全方位保障体系。在制度层面,完善监理与安全监管协同制度,明确监理单位在安全监管中的职责边界、工作流程与考核标准,将监理技术应用效果纳入安全监管考核指标,倒逼监理单位强化技术赋能。在机制层面,建立跨主体协同联动机制,搭建建设、施工、监理、监管部门一体化沟通平台,实现监理数据与监管数据实时共享,形成监管合力;同时建立动态调整机制,根据工程建设进度、风险变化及技术发展,及时优化监管体系内容。在平台层面,升级一体化监管平台,整合监理技术采集的各类数

据,增设安全风险智能分析、隐患闭环管理、应急处置调度等功能模块,实现监理数据与监管需求的深度融合,打造“数据驱动、智能管控、协同高效”的现代化安全监督管理体系。

4.3 监理与监管人才队伍建设策略

监理与监管人才队伍建设需适配技术与管理融合需求,打造“懂技术、善管理、强专业”的复合型人才队伍。一方面,优化人才培养体系,建立分层分类培养机制,针对基层监理与监管人员,开展数字化监理技术、安全监管流程实操培训,提升一线人员技术应用能力与监管水平;针对骨干人才,重点培养技术创新与综合管理能力,组织参与大型水利工程监理与监管实践,学习先进技术与管理经验^[4]。另一方面,完善人才激励与考核机制,将技术应用能力、安全监管成效与薪酬待遇、职称评定、评优评先挂钩,激发人才队伍积极性;同时建立人才交流机制,推动监理单位与监管部门人才双向交流,促进技术经验与监管要求的深度融合。加强行业人才储备,与高校、职业院校合作,开设水利工程监理与安全监管相关专业,定向培养适配行业需求的专业人才,为行业高质量发展提供人才支撑。

结束语

水利工程监理技术与安全监督管理是保障工程高质量发展的关键。本文通过系统研究关键技术与创新管理方法,提出融合优化策略,为提升监理与监管效能提供思路。未来,随着技术发展,需持续探索创新,加强人才培养,完善管理体系,推动水利工程监理与安全监督管理向智能化、精准化迈进,以更好地适应水利工程建设需求,保障工程安全与效益,助力水利行业高质量发展。

参考文献

- [1]王海飞.大力推进高标准农田水利建设,保障现代化农业发展[J].农业开发与装备,2024,(10):232-234.
- [2]黄保强,高建强,赵晓林.基于“BIM+GIS”技术的水利工程建设精细化管理[J].农业开发与装备,2024,(10):128-130.
- [3]彭俊坤.水利工程建设质量与安全监督管理体系探讨[J].水上安全,2023,(06):142-144.
- [4]张强.关于对水利工程质量监督与安全管理工作初谈[J].科技风,2023,(14):71-73.