

# 水利水电工程监理目标控制研究

赵 雨

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

**摘要:** 水利水电工程监理目标控制是保障工程高质量、高效率推进的核心环节。研究聚焦质量、进度、投资、安全四大目标,通过PDCA循环、多目标协同优化等理论模型,结合BIM、物联网等信息化技术,实现动态监控与风险预警。强调监理需协调利益相关者诉求,平衡多目标冲突,通过科学规划、动态调整及全过程管理,确保工程按期、保质、安全、经济完成,为区域发展提供可靠支撑。

**关键词:** 水利水电;工程监理;目标控制

引言:水利水电工程是国家基础设施建设的重中之重,其建设成效关乎经济发展与民生保障。监理目标控制作为工程管理的核心手段,通过统筹质量、进度、投资及安全目标,对工程顺利实施起到关键作用。面对工程规模扩大、技术复杂度提升等挑战,传统监理模式亟需创新。本研究聚焦监理目标控制的理论体系、协同机制与智能化技术应用,为提升工程监管水平提供科学参考。

## 1 水利水电工程监理目标控制的理论基础

### 1.1 工程监理的核心职能与目标体系

(1) 监理的“三控三管一协调”内涵:“三控”聚焦核心目标——质量控制通过检测核验形成质量的诸因素保障工程达标,进度控制确保项目按交付时间推进,投资控制实现预算内合理管控;“三管”涵盖合同全周期管理、信息数字化管控及安全刚性监管,其中安全管理需严格审查人员资质与设备合规性;“一协调”则统筹内外部关系,保障业主意图落地与多方协同。(2) 目标控制体系的动态性与系统性特征:动态性体现为随施工阶段、环境变化实时调整,如暴雨后同步优化进度计划与安全防控措施;系统性表现为各目标相互关联,需统筹质量-进度-投资-安全的内在逻辑,避免单一目标失衡引发连锁风险。

### 1.2 目标控制的理论模型

(1) PDCA循环理论在监理目标控制中的应用:按“计划-执行-检查-行动”闭环运行,如凤凰山水库通过该方法优化雷诺护垫施工工艺,浦江县水利工程则据此构建“部署-管理-督查-整改”机制,实现问题螺旋式解决。监理在计划阶段明确质量验收标准,执行中跟踪工序,检查中发现偏差,行动中落实整改并优化方案。(2) 多目标协同优化理论:层次分析法(AHP)通过两两对比指标重要性确定权重,模糊综合评价法处理质量等模糊指标,二者结合可解决目标冲突。如在灌溉工程优先级评

估中,AHP已成功实现多标准决策优化。(3) 风险管理与动态调整机制:建立危险源辨识-评估-响应体系,结合实时监测数据动态更新风险台账,对高边坡滑坡等隐患提前制定应急预案,实现“风险预警-措施启动-效果评估”的闭环管控<sup>[1]</sup>。

### 1.3 信息化技术在监理目标控制中的支撑作用

(1) BIM技术的应用:构建全专业三维模型,关联进度计划实现施工模拟,嵌入传感器数据预警质量安全风险,如金塘冲水库通过BIM建立温度场模型防控混凝土裂缝。(2) 大数据分析 with 智能决策支持系统:整合施工、气象等多源数据,通过AI模型预测进度偏差与优化资源配置,九龙江北溪水闸依托该系统实现工期精准预警。(3) 物联网(IoT)在工程监测中的实践:部署传感器实时采集结构应力、水位等数据,接入平台实现可视化监控,如寺桥水库通过物联网系统生成千余条预警信息,隐患处置率超98%。

## 2 水利水电工程监理目标控制的关键要素分析

### 2.1 质量目标控制

(1) 质量标准与验收规范:以《水利工程质量管理规定》为核心,衔接设计文件要求,明确量化指标,如单元工程合格率100%、混凝土强度达标率100%等。监理需依据规范制定旁站、巡视、平行检验细则,对大坝浇筑、帷幕灌浆等关键工序实行强制验收,未达标准严禁进入下一道工序。(2) 质量风险识别与防控:材料端聚焦钢筋屈服强度、水泥安定性等指标,通过见证取样送第三方检测杜绝不合格品;施工工艺重点监控混凝土振捣间距、碾压参数等关键值,避免漏振、过振等问题;隐蔽工程如桩基施工,需全程旁站并通过声波透射法检测桩身完整性,留存影像与检测记录。(3) 质量事故的应急处理机制:建立“上报-评估-处置-复盘”流程,对混凝土裂缝、基础沉陷等事故,第一时间暂停施工并组织

设计、施工方研判,制定加固方案。处置后需追溯原因,优化监理流程,如针对材料问题强化供应商资质审查与进场复检<sup>[1]</sup>。

## 2.2 进度目标控制

(1) 进度计划编制与优化:采用网络计划技术梳理工序逻辑,通过关键路径法(CPM)锁定大坝基础处理、溢洪道施工等关键工序,明确节点工期。计划需细化至周、日维度,标注资源需求与工序衔接要求,为动态管控提供基准。(2) 进度延误原因分析:内部聚焦设计变更导致的工期滞后、材料供应中断等资源冲突;外部重点研判暴雨、地质灾害等环境因素影响。监理需建立偏差预警机制,通过对比实际进度与计划值,精准定位延误根源。(3) 进度动态调整策略:关键线路延误时,采用“两班倒”延长作业时间、增派设备与队伍等赶工措施;非关键线路偏差则通过资源重新分配弥补,如调运闲置机械支援重点工序。调整需同步评估质量与成本影响,避免盲目赶工。

## 2.3 投资目标控制

(1) 成本预算与动态监控:以概算为基础拆解分项工程预算,对混凝土、钢筋等主材实行价格跟踪,通过月度核算对比实际支出与预算偏差。运用信息化手段整合数据,及时预警超支风险,如砂石料含泥量超标导致的返工成本增加。(2) 变更管理与索赔处理:建立变更审批闭环,审核变更方案的必要性与经济性,核算费用调整额度。处理索赔时核查证据链,区分责任方,对施工方因设计变更产生的额外费用合理赔付,驳回无依据索赔。(3) 投资效益分析与优化建议:结合施工数据评估方案经济性,如建议采用预制构件替代现浇以降低人工成本。针对超支项目提出优化措施,如通过调整填筑材料级配控制造价,平衡投资与工程价值。

## 2.4 安全目标控制

(1) 安全管理体系构建:落实安全生产责任制,明确项目经理为第一责任人,监理全程监督体系运行。开展专项培训,覆盖高边坡作业、爆破操作等高危环节,确保作业人员持证上岗,留存培训记录。(2) 危险源辨识与风险评估:采用LEC法等量化评估深基坑坍塌、爆破飞石等风险等级,对高风险源设置防护栏、监测点。建立危险源台账,动态更新地质条件变化、设备老化等新增风险。(3) 安全应急预案与事故处理流程:针对透水、边坡滑坡等事故制定处置方案,明确应急队伍与物资储备。事故发生后立即启动预案,组织救援并上报,查明原因后督促整改,落实责任追究。

## 3 水利水电工程监理目标控制的协同机制与动态调整

### 3.1 多目标冲突与协同优化

(1) 质量-进度-投资-安全四维目标的矛盾关系:四维目标存在天然博弈,盲目追求进度可能引发连锁矛盾—如压缩工期易导致混凝土养护不足(质量缺陷)、夜间施工防护缺失(安全隐患),而返工修复又会增加额外投资。投资约束同样带来冲突,过度控制成本可能选用低价劣质材料(威胁质量安全),或削减监测设备投入(降低风险防控能力)。安全目标具有刚性约束,高边坡作业强制停工检查可能延误进度,而安全设施升级则需追加投资,形成多目标平衡难题<sup>[3]</sup>。(2) 基于利益相关者博弈的协同优化模型:构建融合业主、施工方、监理等多方诉求的多目标决策支持系统,借鉴复杂河网多目标调控智能决策方法,通过量化模型拆解各目标权重。例如运用矩阵分析平台整合质量检测数据、进度偏差值、投资台账等多源信息,对“赶工方案”进行模拟推演—当检测到混凝土强度未达标时,系统自动触发质量优先机制,否决单纯压缩工期的诉求,同时测算最优资源配置方案平衡成本。监理作为中立方,依托该系统协调利益相关者诉求,实现目标冲突的动态化解。

### 3.2 动态调整机制设计

(1) 实时监控与反馈机制:建立“现场巡查-数据整合-分级反馈”闭环体系,监理人员通过日常巡查记录关键工序参数,同步录入监理日志;每周形成专项报告,对比分析质量抽检结果、进度节点完成率、投资支出偏差等核心指标。借助海委式“天空地水工”一体化监测体系,将BIM模型数据、物联网传感器数据接入统一平台,实现隐蔽工程质量、高风险源状态的实时可视化监控,异常数据自动推送至参建各方,确保反馈时效性。(2) 动态调整策略:采用滚动式规划优化进度计划,每月依据实际施工数据更新下月计划,预留10%~15%弹性工期应对设计变更、极端天气等突发情况。针对投资超支风险,启动材料替代预案,如以本地合格砂石料替换远途采购材料,在保证质量的前提下控制成本。当监测到深基坑位移超标等安全预警时,立即启动应急预案,暂停作业并启用备用支护方案,同时通过资源重分配弥补工期损失,实现“风险-应对-恢复”的动态管控。

## 4 信息化与智能化技术在水利水电工程监理目标控制中的应用

### 4.1 BIM技术在监理目标控制中的集成应用

(1) 三维模型与进度模拟:依托BIM+GIS技术构建工程数字孪生场景,整合坝工、金结等全专业数据实现“一模到底”。通过将施工计划与三维模型关联,动态模拟大坝填筑、溢洪道施工等关键工序进度,直观呈现各

节点完成情况。如寺桥水库工程通过BIM进度仿真,将智能碾压仓位数据与模型结合,实现填筑过程精细化管控,为进度偏差分析提供可视化支撑,助力设计周期缩短30%。监理可通过模型对比实际进度与计划值,提前识别工序衔接问题。(2)质量与安全风险预警:在BIM模型中嵌入温度、应力等监测传感器数据,对大体积混凝土浇筑等环节进行实时追踪。金塘冲水库通过BIM关联160支温度传感器数据,建立温度场预测模型,精准预警混凝土裂缝风险;寺桥水库则通过BIM+智慧工地系统,对人员、设备动态实时监控,累计生成预警信息1562条,隐患闭环处置率超98%。针对高边坡、深基坑等风险区域,模型可自动标注危险范围,触发越界预警。

#### 4.2 大数据与人工智能辅助决策

(1)数据驱动的进度预测与资源优化:整合施工日志、物资采购、气象数据等多源信息,通过AI模型构建进度预测体系。九龙江北溪水闸工程引入DeepSeek大模型,分析海量工程数据生成可视化报告,精准预测工期偏差并提前预警风险。在资源优化方面,系统可根据施工强度动态调配设备与人员,如通过分析碾压数据优化机械排班,或依据材料消耗规律调整采购计划,实现资源高效利用<sup>[4]</sup>。(2)基于机器学习的质量缺陷识别:利用机器学习算法训练质量缺陷识别模型,对混凝土浇筑、灌浆等工序进行智能监测。金塘冲水库的智慧拌和站系统,通过对比每盘混凝土实际配比与标准值,自动预警配比偏差,使质量问题数量下降30%;智能灌浆系统则实时监控压力、流量等参数,自动生成标准化报告,确保3873根灌浆桩合格率100%。AI还可通过视频分析识别施工人员违规操作,及时阻断不安全行为。

#### 4.3 监理信息化平台构建

(1)平台架构设计:采用“云平台+移动端”的分布

式架构,实现数据云端存储与多终端访问。安徽省水利工程建设综合管理平台构建“一网、一屏、三应用”架构,通过省级云平台整合省市县三级数据,对接全国水利建设市场监管平台,实现信息纵向贯通与横向共享。移动端应用支持监理人员现场录入数据、上传影像,同步触发后台分析,打破时空限制。(2)功能模块实现:实时监控模块接入物联网传感器数据,对水位、结构应力等指标全天候监测,异常数据自动推送预警;数据分析模块整合质量检测、进度偏差等数据,生成可视化报表,为投资优化提供依据;协同办公模块搭建参建方沟通中枢,如寺桥水库智慧建管平台实现67270人次高效协作,技术文件审批时间缩短50%。平台还集成信用信息管理功能,可快速查询5000余家企业信用状况,为监理决策提供参考。

#### 结束语

水利水电工程监理目标控制是保障工程顺利实施、实现综合效益的关键环节。本研究通过系统分析质量、进度、投资及安全目标的协同机制与动态调整策略,结合信息化技术赋能,提出了多维目标平衡与风险防控的创新路径。未来需进一步深化智能化技术应用,强化数据驱动决策能力,推动监理模式向精细化、高效化转型,为水利水电工程高质量发展提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]雷云.水利水电工程监理质量控制的要点探析[J].四川建材,2021,47(03):184-185.
- [2]文力.加强水利水电工程监理工作动态控制的措施[J].中华建设,2024,(12):55-57.
- [3]黄忠赤.水利工程建设监理现状及发展策略研究[J].治淮,2024,(11):64-65.
- [4]汤荣昌.水利水电工程监理的重点及意义分析[J].中国高新科技,2024,(16):91-92.