

水利水电工程监理中的进度控制策略

肖祥江 陈 思

四川二滩国际工程咨询有限责任公司 四川 成都 610000

摘要：水利水电工程监理中的进度控制是保障工程按期交付的核心环节，需通过系统性策略应对工期紧张、环境复杂、资源约束等挑战。本文从监理视角出发，结合水利水电工程特性，系统阐述进度控制的关键策略，涉及前期策划阶段、施工实施阶段、风险应对与弹性管理、数字化管理平台应用、大数据与AI辅助决策等方面，旨在为提升工程管理水平提供实践参考。

关键词：水利水电工程；监理；进度控制；策略

引言

水利水电工程具有投资规模大、建设周期长、技术复杂度高等特点，进度控制直接关系到工程经济效益与社会价值。监理单位作为独立第三方，需在业主与承包商之间建立科学有效的进度管控机制，平衡质量、成本与进度目标。传统进度控制依赖人工经验与静态计划，难以应对地质突变、极端天气、供应链中断等不确定性因素，导致工期延误现象频发。随着数字技术发展，BIM、大数据、AI等工具为进度管理提供新路径，监理单位需创新控制策略，构建动态化、智能化、协同化的管控体系。

1 水利水电工程进度控制的核心要素

(1) 工程特性是进度控制的基础约束条件，水利水电工程普遍具有规模庞大、结构复杂的特点，大坝、引水系统、发电厂房等核心建筑物的施工需依次推进，且各工序间存在严格的技术逻辑关系。同时，工程受自然条件影响显著，水文气象变化可能直接中断施工，如汛期需暂停水下作业，极端天气导致设备停运，地质缺陷引发设计变更等。此外，工程多位于偏远山区，材料运输与设备进场难度大，进一步增加了进度管理的复杂性。(2) 管理机制是进度控制的核心保障，需建立以业主为主导、监理为枢纽、参建各方协同的管控体系。业主需明确进度目标并统筹资源分配，监理则承担进度计划审核、过程监督与纠偏职责，设计单位需及时解决技术问题，施工单位需落实具体执行^[1]。这一过程中，责任划分与权限界定至关重要，需通过合同条款明确各方权责，避免推诿扯皮。(3) 技术手段是进度控制的关键支撑，需综合运用网络计划技术、BIM模型及数字化监控平台实现精细化管理。通过关键路径法(CPM)识别影响总工期的关键工序，优先保障其资源投入；利用BIM技术进行4D进度模拟，直观展示工序时空关系，提前发现冲突点；

借助物联网传感器实时采集设备运行、人员出勤等数据，结合大数据分析预测进度偏差风险。(4) 外部协同是进度控制的必要补充，需与地方相关部门、环保部门、社区居民等建立沟通机制，及时解决征地拆迁、生态保护、交通管制等外部制约因素。同时，需关注政策法规变化对工期的影响，如环保标准升级可能导致停工整改，审批流程延长可能延误关键节点。

2 水利水电工程监理进度控制策略体系

2.1 前期策划阶段

(1) 进度目标分解需遵循“整体到局部、宏观到微观”的逻辑，首先基于工程合同要求与建设周期，确定总工期目标，随后通过工作分解结构(WBS)将工程划分为若干子项目，如大坝工程、引水系统、发电厂房等。每个子项目进一步细化为可独立施工的单元，例如大坝工程可分解为基础处理、填筑施工、防渗处理等阶段。分级目标设定需兼顾技术逻辑与资源约束，确保各层级目标既相互独立又紧密衔接，形成“总体目标-子项目目标-工序目标”的递进体系。这一过程需充分吸纳设计、施工、监理等各方意见，避免目标设定脱离实际。(2) 参建各方责任界面划分是进度目标落地的关键，业主作为工程主导方，需承担总体进度协调与资源保障职责，包括审批进度计划、解决外部干扰、监督计划执行等。设计单位需在规定的时间内完成施工图设计，提供技术支撑并参与设计变更论证。施工单位作为执行主体，需根据合同要求编制详细施工计划，落实资源投入，确保工序按期完成。监理单位则需履行进度审核与过程监督职责，通过定期检查、进度对比分析等手段，及时发现偏差并督促整改。(3) 进度计划编制需融合技术工具与管理经验，关键路径法(CPM)通过识别影响总工期的关键工序，确定工程最短完成时间，为资源优先配置提供依据。网络计划技术则通过节点与箭线构建工序逻辑关系图，直观展示

并行作业与交叉施工场景,辅助优化工序衔接。资源约束下的计划平衡需统筹人力、设备、材料等要素,例如根据填筑强度配置碾压设备数量,根据混凝土浇筑量安排模板周转频次,避免因资源短缺导致工序停滞。(4)风险评估与缓冲设置是提升进度韧性的的重要手段,需系统识别地质条件变化、极端气候事件、政策法规调整等潜在风险,分析其对工序工期的影响路径与概率。例如,复杂地质可能引发基础处理方案变更,雨季可能中断水下作业,环保政策升级可能导致停工整改。针对高风险环节,需预留时间缓冲,如在大坝填筑关键路径上设置“浮动工期”,用于应对不可预见因素。缓冲设置需平衡安全性与经济性,避免过度预留导致资源浪费。

2.2 施工实施阶段

(1) 进度信息采集与实时更新是基础支撑,需依托数字化技术构建全要素感知网络。BIM技术通过三维模型集成设计、施工与进度信息,实现工序时空关系的可视化模拟,辅助识别潜在冲突点;物联网传感器部署于关键设备与施工区域,实时采集设备运行状态、人员出勤率、材料消耗量等数据,为进度分析提供底层支撑。无人机巡查则针对大型工程区域进行周期性航拍,快速获取现场形象进度,弥补人工巡查的时效性不足。(2) 进度数据与模型联动分析通过将实时采集的进度信息映射至BIM模型,动态更新各工序完成状态,生成进度对比热力图,直观展示实际进度与计划偏差,同时结合历史数据预测未来趋势,为决策提供科学依据^[2]。偏差分析与纠偏措施需以挣值管理(EVM)为工具,通过计算进度偏差(SV)、成本偏差(CV)及进度绩效指数(SPI)等指标,量化评估进度滞后程度与成本影响,避免主观判断导致的决策失误。(3) 进度滞后原因诊断需从技术、管理、外部三个维度展开,技术层面包括施工方案可行性、工艺工法适用性等,管理层面涉及资源调配效率、工序衔接流畅性、信息传递及时性等,外部层面则包含政策变动、极端天气、地质条件突变等不可抗力因素。纠偏方案制定需遵循“最小干预、最大效益”原则,针对不同原因采取差异化措施,技术问题通过优化施工方案或引入新工艺解决,管理问题通过调整组织架构或强化考核机制改善,资源短缺通过增配设备或延长作业时间弥补,外部干扰通过签订补充协议或申请工期顺延化解,同时可运用合同激励手段,调动参建方积极性。

2.3 风险应对与弹性管理

水利水电工程风险应对与弹性管理需构建覆盖全要素、全流程的动态防控体系,以提升工程对不确定性的适应能力。(1) 极端天气与地质灾害应对需前置规划与

快速响应相结合,针对雨季、汛期等高风险时段制定专项施工方案,通过调整作业时段、增设排水设施、加固临时结构等措施降低气候影响,同时建立地质监测预警系统,对边坡稳定、地下水位等关键参数实时监控,当地质条件突变时立即启动应急预案,采取暂停危险区域作业、优化开挖顺序、加强支护强度等工序调整策略,确保施工安全与进度可控。(2) 供应链中断与资源短缺预案需强化资源保障韧性,关键材料储备需根据材料供应周期与工程消耗速率确定合理库存,并建立多源供应渠道,当主供渠道受阻时快速切换至备用供应商,针对稀缺材料制定替代方案,通过技术论证与试验验证确保替代材料性能满足设计要求^[3]。劳务分包队伍的应急调动机制需与多家合格分包商建立长期合作,储备可随时调动的技术工人与作业班组,当现场劳动力不足时迅速补充,避免因人力短缺导致工序停滞。(3) 合同管理与激励措施是风险应对的制度保障,进度奖惩条款设计需平衡激励与约束,提前竣工奖励可按节约工期的比例设置梯度奖金,激发施工单位赶工积极性,滞后罚款则需明确罚款上限与减免条件,避免因过度处罚影响合作关系。动态调整合同工期需建立科学评估机制,当因不可抗力或业主原因导致工期延误时,施工单位可提交工期顺延申请,监理单位结合实际进度与资源投入情况审核,业主批准后签订补充协议明确新工期。

3 进度控制的技术支撑与工具创新

3.1 数字化管理平台应用

水利水电工程数字化管理平台应用通过整合先进信息技术,构建起覆盖全生命周期的进度管控体系,其中基于BIM的4D进度模拟与项目管理软件集成是核心支撑。(1) 基于BIM的4D进度模拟突破了传统三维模型的局限,将时间维度与空间模型深度融合,通过关联工序计划与构件信息,生成动态施工过程可视化模型。这一技术使进度管理从抽象的表格数据转变为直观的时空演绎,管理人员可清晰观察各工序在时间轴上的起止节点、在空间场域中的位置关系以及资源设备的流动轨迹,提前发现工序交叉冲突、作业面重叠、设备路径干涉等潜在问题,为进度计划优化提供科学依据。(2) 项目管理软件的集成应用则实现了进度数据的结构化管理与动态分析,Primavera P6、Microsoft Project等工具通过标准化编码体系将工程分解为可量化的任务单元,并赋予时间、资源、逻辑关系等属性,构建起覆盖设计、采购、施工全链条的进度计划网络^[4]。这些软件支持多级计划嵌套与滚动更新,既能制定宏观里程碑计划,又能细化至每日作业安排,并通过关键路径法(CPM)自动计算总工期与浮动

时间,辅助识别影响进度的关键环节。(3)两者的深度融合进一步释放了数字化管理的价值。BIM模型为项目管理软件提供空间基准与构件信息,确保进度计划与现场实际高度契合;项目管理软件则为BIM模拟注入时间逻辑与资源约束,使4D推演更贴近施工现实。通过这种双向赋能,管理人员可在虚拟环境中模拟不同施工方案的效果,比较不同资源投入下的工期差异,选择最优执行路径。

3.2 大数据与AI辅助决策

(1)历史工程数据挖掘通过整合多源异构数据构建工程知识库,为工期预测模型优化提供基础支撑。系统采集同类工程的地质条件、施工环境、资源投入、工序衔接等数据,运用机器学习算法清洗异常值、填补缺失项,形成结构化数据集。在此基础上,通过关联分析挖掘影响工期的关键因素,如复杂地质条件下的基础处理时长、雨季对土方作业的效率衰减系数等,进而构建动态调整的工期预测模型。该模型可随新工程数据积累持续迭代,通过增量学习优化参数权重,提升预测精度,为进度计划编制提供更可靠的基准参考。(2)智能算法在进度-成本-质量协同优化中展现出显著优势,传统管理模式,进度、成本、质量目标常因独立优化导致冲突,如赶工可能增加成本或影响质量^[5]。AI技术通过构建多目标优化模型实现三者动态平衡,以深度强化学习为例,算法将进度节点完成率、成本偏差率、质量合格率等指标转化为奖励函数,在虚拟环境中模拟不同施工策略的效果,通过海量试错寻找最优解。(3)自然语言处理技术进一步拓展了决策支持边界,通过解析工程日志、会议纪要、变更通知等非结构化文本,AI可自动提取影响进度的潜在风险,如设计变更频率、劳务纠纷记录、设

备故障描述等,结合历史数据预测风险发生概率与影响范围,为管理者提供早期预警。并且,基于知识图谱的智能问答系统可快速响应进度查询需求,通过关联工程规范、合同条款、实时数据等信息,为决策提供全面依据。这种数据与算法的深度融合,使进度管理从被动响应转向主动预防,通过智能推演不同场景下的最优路径,显著提升工程应对复杂性的能力,为水利水电工程高效推进提供智能化保障。

结语

综上所述,水利水电工程监理的进度控制需以动态管理为理念,以技术创新为驱动,以协同机制为保障,形成全要素、全流程、全主体的管控闭环。未来,随着数字孪生、区块链等技术的深化应用,进度控制将向预测性、自适应方向演进,监理单位需持续优化策略体系,强化技术赋能与组织协同,为工程按期交付与高质量发展提供坚实支撑。

参考文献:

- [1]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.
- [2]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):4-6.
- [3]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+95.
- [4]蒙立荣.水利工程施工建设进度管理与成本控制研究[J].农业科技与信息,2021,(04):115-116.
- [5]陈伯成.水利工程进度管理的影响因素及改善策略[J].大众标准化,2021,(02):52-53.