

# 水利工程建设项目进度制约因素与多目标协同管控研究

蔡静波

舟山市定海区金塘北部开发投资有限公司 浙江 舟山 316031

**摘要:** 水利工程施工受自然环境、建设条件与管理模式多重影响,进度管控难度大,且普遍存在进度、质量、造价、安全多目标割裂管理问题,极易引发工期延误与效益失衡。本文依托工程管控相关理论,多维度识别进度核心制约因素,量化分析因素权重与耦合作用机理,构建适配水利工程的多目标协同管控体系,提出全过程防控与动态优化策略,可为同类水利工程提质增效提供理论与实践参考。

**关键词:** 水利工程;建设项目;进度制约因素;多目标协同管控

**引言:** 水利工程是保障水资源安全、服务民生与社会经济发展的重要基础设施,工程建设周期长、参建主体多、不确定因素突出。现阶段传统经验化、静态化的管控方式难以适配复杂施工场景,重进度、轻协同的管理弊端日益凸显,极易造成进度滞后、成本超支、质量安全隐患等问题。为此开展进度制约因素与多目标协同管控研究,对提升水利工程科学化、精细化管控水平具有重要意义。

## 1 水利工程建设项目进度管控相关理论与现状分析

### 1.1 水利工程建设项目基本特征

(1) 工程建设特殊性。水利工程通常为露天作业,施工场地跨越多个行政区或流域,受降雨、汛期、水文地质等自然条件约束显著。工程涉及土石方开挖、混凝土浇筑、金属结构安装等多工序交替作业,且兼具防洪、发电、灌溉等公益功能与系统运行要求,技术复杂度和综合协调难度远高于普通建筑工程。(2) 进度管控复杂性。水利工程建设周期普遍较长,大型项目可达5~10年,参建单位涉及业主、设计、施工、监理及政府监管部门等多元主体。施工过程中,交叉作业频繁,且需随时应对洪水、地质灾害等外部突发干扰,进度计划动态调整需求突出,管控难度较一般工程项目显著增加。

### 1.2 进度管控与多目标协同核心理论

(1) 项目进度管理理论。传统进度管理以关键路径法、计划评审技术和横道图法为代表,强调工期计算与逻辑约束;现代管理理念则注重动态进度管控与全过程管理,借助实时数据反馈实现计划滚动优化,提升进度控制的精准性和适应性。(2) 多目标协同管理理论。协同管理强调进度、质量、造价、安全四大目标之间的耦

合关系:压缩工期可能引发质量缺陷或安全风险,增加造价往往可换取进度保障。只有通过系统权衡与协同优化,才能实现项目整体效益最大化<sup>[1]</sup>。(3) 工程风险管控理论。水利工程风险管控涵盖风险识别、评估与防控三个环节。通过预先辨识水文、地质、施工组织等不确定性因素,采用定性定量方法评估影响程度,并制定针对性应急预案,为进度制约因素分析和管控策略制定提供理论支撑。

### 1.3 水利工程进度管控现状与现存问题

(1) 进度管控实施现状。当前国内水利工程进度管控普遍采用“审批制+定期报表+现场巡查”的线性管控模式,依托横道图及部分信息化工具开展计划编制与跟踪,行业整体管控水平仍以经验管理为主,标准化和精细化程度不足。(2) 管控体系现存问题。传统管控模式呈现“重进度、轻协同”倾向,进度、质量、造价、安全目标割裂处理,管控手段静态化,缺乏动态调整机制;信息化建设滞后,数据共享不畅,风险预判能力薄弱,难以支撑复杂工程的多目标统筹需求。(3) 问题成因初步分析。成因可归结为四方面:管理机制上,多部门协调缺位、责任边界模糊;技术手段上,数字化与智能监控应用不足;人员管理上,专业复合型人才短缺;外部环境上,水文气象不确定性高、政策调整频繁,导致进度管控频繁被动应对,多目标统筹难以有效落地。

## 2 水利工程建设项目进度核心制约因素识别与分析

### 2.1 进度制约因素识别原则与流程

(1) 因素识别基本原则。遵循全面性、针对性、科学性与实操性原则。全面性要求覆盖水利工程全生命周期各阶段可能的影响因素;针对性强调紧扣水利行业露

天作业、水文约束等特点；科学性确保识别方法有据可依；实操性则要求因素定义清晰、可度量，便于后续量化分析。（2）因素识别核心流程。首先通过文献梳理与工程案例调研建立初始因素清单，再结合专家访谈和实地调研对清单进行补充完善。随后采用数据筛选与有效性校验（如相关性分析、一致性检验）剔除冗余因素，最终锁定对工程进度具有显著影响的核心制约因素。

## 2.2 多维度进度制约因素分类解析

（1）外部环境制约因素。主要包括暴雨、洪水、高温等水文气象灾害，复杂地质条件导致的基础处理难度增加，政策审批流程烦琐且周期长，征地拆迁滞后延误进场时间，以及周边居民阻工、生态红线限制等环境约束。（2）内部管理制约因素。表现为参建各方沟通协调不畅、信息传递失真，施工组织设计不合理导致工序冲突，进度管控机制缺乏动态调整能力，岗位职责划分模糊造成推诿扯皮，现场施工秩序混乱等管理短板。（3）资源配置制约因素。集中在资金拨付不及时影响材料采购与设备租赁，机械设备调配不均衡或故障率高，砂石料、水泥等原材料供应紧张，专业技术与管理人员数量不足，劳务队伍流动性大导致用工短缺<sup>[2]</sup>。（4）技术质量制约因素。涵盖施工技术方案成熟度不足、适用性差，新工艺新设备推广应用适配性低，质量检验不合格引发大面积返工，技术交底不到位导致操作偏差，以及安全隐患排查整改滞后等。

## 2.3 核心制约因素量化筛选与权重分析

（1）调研数据收集与整理。采用问卷调查与工程统计数据相结合的方式，收集各制约因素在多个水利项目中的发生频次、影响工期天数及影响程度评分，对原始数据进行标准化处理以消除量纲差异。（2）核心因素筛选分析。运用因子分析法对多维度因素进行降维处理，提取特征值大于1的公因子，结合载荷矩阵识别各公因子内部的关键变量，筛选出对工程进度起决定性作用的核心制约因子。（3）因素影响权重确定。通过层次分析法构建递阶层次结构，邀请专家对各因素两两比较打分，计算判断矩阵的最大特征值及对应特征向量，经一致性检验后确定各核心因素的权重排序。

## 2.4 制约因素对多目标管控的影响机理

（1）单一因素的直接影响。任一制约因素单独作用时，均会对其对应目标产生直接冲击。例如，地质条件变化直接延长基础施工工期，资金短缺直接影响资源采购计划，技术方案缺陷直接引发质量隐患，对进度、质量、造价或安全形成定向干扰。（2）多因素耦合的叠加

影响。不同制约因素相互交叉、叠加传导，引发系统性连锁反应。如恶劣天气与资金短缺同时出现，不仅造成进度滞后，还可能因赶工导致质量下降、安全事故风险上升，最终演变为进度延误、成本超支与质量隐患并存的综合问题。

## 3 水利工程项目多目标协同管控体系构建与实施策略

### 3.1 多目标协同管控总体思路与构建原则

（1）总体的管控思路。以进度管控为核心牵引，统筹兼顾质量、造价、安全三大目标，打破传统单一目标碎片化管控模式。将进度管控从被动应对转向主动协同，从静态计划转向动态调控，从部门条块分割转向多主体联动，实现项目全周期、全方位、多目标的系统性协同管控，确保各目标在动态博弈中达成整体最优平衡。（2）体系构建原则。遵循系统性原则，确保进度、质量、造价、安全各要素有机统一、不可偏废；协同性原则强调各参与方、各环节、各目标间的联动配合与信息共享；动态性原则要求管控体系随外部环境变化与工程进展阶段灵活调整；实用性原则保障体系贴近水利施工实际，操作简便、执行高效；前瞻性原则注重风险预判与技术升级，确保管控体系具备持续优化能力与行业推广价值。

### 3.2 多目标协同管控体系框架构建

（1）管控目标层设计。明确进度最优、质量达标、造价可控、安全零事故四维目标。进度细分为总工期与里程碑节点，设定允许偏差；质量以单元工程合格率、优良率为核心；造价确立各阶段投资控制基准值与预警偏差率；安全设定隐患排查整改闭环率与事故零容忍标准。各目标间设定协同阈值，任一触及预警线，自动触发多目标协同调整机制。（2）管控主体层搭建。统筹建设、施工、监理、设计及政府监管等多元主体，构建协同管控组织架构。建设单位负责总体目标与资源协调，施工单位承担进度执行与现场管控，监理单位履行监督与质量安全核查，设计单位提供技术支撑与变更服务，监管部门实施合规审查。明确各方在计划编制、过程执行、监督检查、应急处置各环节职责，构建“决策—执行—监督—反馈”闭环责任链条，消除管理盲区<sup>[3]</sup>。（3）管控措施层完善。针对环境、管理、资源、技术四大制约维度，差异化制定措施。环境维度侧重风险预警与应急预案（水文气象监测、地质预警）；管理维度聚焦流程优化与协同机制（联合调度、动态计划调整）；资源维度突出动态调配与供应保障（多项目资源统筹、应急储备）；技术维度着力方案优化与质量安全

协同(施工仿真模拟、工艺比选优化),形成覆盖全维度的措施体系。(4)管控保障层支撑。从制度、技术、人才、信息化、资金五维度搭建保障体系。制度层面健全协同规章与考核标准;技术层面引入 BIM、物联网等数字化手段;人才层面强化复合型团队建设与梯队培养;信息化层面搭建数据共享与动态监测平台,实现信息实时互通;资金层面设立专项保障基金,确保管控措施落地经费及时到位。

### 3.3 基于进度制约规避的多目标协同管控实施策略

(1) 外部风险前置防控策略。针对暴雨洪水、复杂地质、审批迟滞、征地拆迁等外部制约,建立“识别—评估—预警—响应”四位一体风险预判机制。施工前完成水文气象分析与补充地勘,编制汛期、高温等季节性专项方案;提前对接审批部门与地方政府,预置征地协调小组,储备应急物资与备用资源,确保外部风险发生时快速启动预案,最大限度降低对工期的影响。(2) 内部管理协同优化策略。完善多方联席会议、信息通报、动态进度调整与考核奖惩机制,打破参建各方信息壁垒。推行标准化管理流程,编制协同管控操作手册,实现职责清晰化、沟通畅通化、决策高效化。同步优化施工组织与工序衔接,运用网络计划技术减少交叉作业冲突,以管理协同释放工期潜力,提升整体管控效能<sup>[4]</sup>。(3) 资源动态配置管控策略。建立基于施工进度节点的资源需求预测与动态调配体系。运用信息化手段实时监测材料库存、设备运转率、人员出勤等数据,结合进度计划精准匹配人、机、料、资。设置资源储备弹性系数应对供应链波动,建立相邻标段资源调剂机制,确保关键线路及工序资源优先配置、不中断、不闲置。(4) 技术质量协同提效策略。优化施工技术方案,推广 BIM 模拟施工、智能碾压、数字化浇筑等智能化技术。强化三级技术交底与工序质量验收,将质量管控关口前移,严格实施“三检制”与首件工程认可制,从源头降低返工概率。以技术革新提升效率,以质量一次成优保障进度,实现技术、质量、进度三者协同互促。

### 3.4 管控体系落地保障措施

(1) 制度保障。完善多目标协同管控配套管理制度与流程规范,涵盖进度计划编审规程、目标协调例会制度、变更管理制度、风险应急管理办法等,逐项明确各

环节管控标准、审批权限与责任分工,形成系统完备、运行有效的制度体系。(2) 技术保障。依托 BIM+GIS 技术搭建多目标协同管控平台,集成进度、质量、造价、安全实时数据,运用大数据分析进行偏差预警与趋势预测,结合物联网感知设备实现施工现场全天候远程监控,逐步推动管控决策由经验判断向量化分析、数据驱动转型升级<sup>[5]</sup>。(3) 人才保障。制定系统性复合型人才培养计划,重点提升管理人员在进度网络计划编制、多目标权衡决策方法、信息化工具实操及风险分析研判等方面的综合能力。通过专题培训、交流轮岗、案例复盘等多种方式,打造一支懂技术、善管理、强协同的专业化管控团队。(4) 监督保障。构建全过程监督考核机制,实行月度例行检查、季度综合评估、年度全面考核相结合的动态评价体系。定期开展管控效果量化评估,对标四维管控目标阈值进行偏差识别与根因分析,及时优化调整管控方案,形成“实施—评估—反馈—改进”良性循环,确保管控体系持续有效运行。

### 结束语

本文围绕水利工程进度管控难题,系统梳理工程建设管控现状,分类识别各类进度制约因素,阐明单因素作用与多因素耦合的影响机理,搭建多维协同管控体系并配套落地实施策略与保障机制。研究有效解决了传统碎片化管理缺陷,能够有效平衡工程四大建设目标。后续可结合不同工况工程持续优化管控模型,进一步提升体系的适用性与行业推广应用价值。

### 参考文献

- [1] 黄建文,李进,周宜红.复杂水利工程施工进度多因素制约机理与协同优化管控[J].人民长江,2024,55(08):189-195.
- [2] 王卓甫,张梦媛.水利工程项目工期扰动因素识别与多目标协同治理[J].水利水电科技进展,2023,43(05):76-82.
- [3] 刘俊,陈新宇.基于博弈优化的水利工程多目标进度协同管控研究[J].水利学报,2022,53(11):1389-1397.
- [4] 杨霄,李洋.水利 EPC 项目进度制约关键风险及多维协同管控策略[J].水电能源科学,2023,41(10):166-170.
- [5] 佟伟.水利工程施工进度延误制约因素分析与多目标动态协同优化[J].工程管理学报,2025,39(02):112-117.