

水利工程金属结构启闭机施工中的进度控制与资源优化配置

陈汉 赵鑫 晏建银 焦世龙 徐征

江苏省水利机械制造有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6683

[摘要] 金属结构启闭机作为水利工程闸门控制的核心设备,其施工进度与资源配置合理性直接影响工程整体建设周期与投资效益。通过科学的进度控制方法与动态资源配置策略,可有效缩短启闭机施工工期,降低资源浪费,提升施工效率与质量;实时进度监控与资源调配机制能够及时规避施工风险,保障工程建设按计划推进;研究成果可直接应用于水利工程启闭机施工实践,为施工企业提供可操作的管理方案,具有显著的经济效益与社会效益。本文从进度控制体系构建与资源优化配置两方面展开研究,结合动态资源配置模型与智能化管理技术,实现施工进度精准管控与人力、设备、材料等资源的高效利用。

[关键词] 水利工程; 金属结构启闭机; 进度控制; 资源优化配置; 施工管理

中图分类号: TV 文献标识码: A

Progress Control and Resource Optimisation in the Construction of Metal Structure Hoisting Machinery for Hydraulic Engineering

Han Chen Xin Zhao Jianyin Yan Shilong Jiao Zheng Xu

Jiangsu Province Water Conservancy Machinery Manufacturing Co., Ltd.

[Abstract] As the core equipment for gate control in water conservancy projects, the construction progress and resource allocation of metal structure hoists directly impact the overall project timeline and investment efficiency. Through scientific progress control methods and dynamic resource allocation strategies, the construction period of hoists can be effectively shortened, resource wastage reduced, and construction efficiency and quality enhanced. Real-time progress monitoring and resource allocation mechanisms enable timely mitigation of construction risks, ensuring the project advances according to schedule. The research findings are directly applicable to hoist construction practices in hydraulic engineering, providing construction enterprises with actionable management solutions that yield significant economic and social benefits. This paper explores both the establishment of a progress control system and the optimisation of resource allocation. By integrating dynamic resource allocation models with intelligent management technologies, it achieves precise control over construction schedules and the efficient utilisation of resources such as labour, equipment, and materials.

[Key words] Hydraulic engineering; Metal structure hoist; Progress control; Resource optimisation; Construction management

引言

当前,我国水利工程建设规模不断扩大,施工环境日趋复杂,传统启闭机施工管理模式逐渐暴露出诸多弊端:进度计划制定依赖经验判断,缺乏科学量化依据,难以适应施工过程中的动态变化;资源配置采用静态分配方式,未考虑施工阶段差异与资源供需平衡,易出现忙时资源短缺、闲时资源闲置的现象;进度监控依赖人工记录与定期检查,信息传递滞后,难以实现施工过程实时管控,导致工期延误风险较高。在工程建设市场化、精细化管理要求不断提升的背景下,亟需构建科学高效的进度控制体系与资源优化配置方案,提升启闭机施工管理水平。

1 水利工程金属结构启闭机施工特点与管理难点

1.1 施工特点

一是工序关联性强。启闭机施工涵盖构件下料、焊接、机加工、防腐处理、现场吊装、精度调试等多个工序,各工序衔接紧密,前道工序质量与进度直接影响后续工序开展,需确保工序流程顺畅衔接。二是环境影响显著。施工现场多位于河道、水库等水域周边,受水文、气象条件影响较大,暴雨、洪水、低温等极端天气易导致施工中断,增加进度控制难度。三是精度要求严格。启闭机作为精密机械装备,对构件加工精度、安装偏差等指标要求极高,需符合严苛标准,施工过程需精细化管

控。四是资源需求多样。施工过程中需消耗大量人力、设备、材料等资源,不同施工阶段资源需求类型与数量差异较大,需合理配置资源。

1.2 管理难点

一是进度计划制定难度大。施工过程中存在诸多不确定因素,传统固定化进度计划难以适应动态变化,易导致计划与实际施工脱节。二是资源配置失衡问题突出。不同施工阶段资源需求波动较大,静态资源配置模式易造成资源供需错配,影响施工效率。三是进度与质量协同管控难。启闭机施工精度要求高,过度追求进度可能导致质量隐患,而严格质量管控又可能影响施工进度,需实现进度与质量的动态平衡。四是信息传递效率低下^[1]。传统施工管理依赖纸质文档、人工汇报等方式传递信息,存在信息滞后、数据失真等问题,导致管理人员无法及时掌握施工进度与资源使用状态,影响决策及时性。

2 启闭机施工进度控制体系构建

2.1 进度控制目标设定

第一,总目标。明确启闭机施工总工期,确保在工程整体节点要求内完成构件制造、安装与调试,具备闸门启闭运行条件。第二,阶段目标。将施工全过程划分为构件制造阶段、现场安装阶段、调试验收阶段,设定各阶段起止时间与关键节点。第三,工序目标。针对各阶段关键工序,设定工序持续时间与质量验收标准,确保各工序按计划推进。目标设定需兼顾科学性与可行性,充分考虑施工环境、资源供给等约束条件,采用德尔菲法结合专家意见对目标进行论证调整,避免目标过高或过低导致管理失效。

2.2 进度计划编制

一是编制依据。以工程设计文件、施工规范、合同工期要求为核心依据,结合施工组织设计、资源供给能力、历史施工经验等因素,确保计划具备可操作性。二是编制方法。采用网络计划技术编制进度计划,识别施工关键工序与非关键工序,明确各工序逻辑关系与持续时间。通过关键路径法确定影响总工期的核心工序,重点保障关键工序进度;非关键工序预留合理缓冲时间,应对施工过程中的不确定因素。三是计划优化。采用资源均衡优化算法对初始计划进行调整,避免资源需求在某一阶段过度集中;结合蒙特卡洛模拟法对计划进行风险分析,识别可能导致工期延误的关键风险点,提前制定应对预案。

2.3 进度实时监控与动态调整

一是监控指标体系。构建多维度进度监控指标,包括工序完成率、关键节点达成率、资源利用率、质量合格率等,全面反映施工进度与管理状态。二是监控手段。引入智能化监控技术,通过物联网设备采集施工过程数据,依托施工管理平台实现数据实时上传与可视化展示;定期开展现场巡查,核对实际进度与计划进度差异,确保监控数据真实准确。三是偏差分析与调整。当实际进度与计划进度出现偏差时,采用偏差分析法分析偏差大小与产生原因。针对不同偏差类型制定调整措施:对于关键工序偏差,通过增加资源投入、优化工序流程、延长工作时间等

方式追赶进度;对于非关键工序偏差,利用缓冲时间进行调整,避免影响总工期。同时,及时更新进度计划,确保计划与实际施工动态匹配^[2]。

3 启闭机施工资源优化配置策略

3.1 动态资源配置模型构建

基于启闭机施工全流程进度计划与多维度资源需求分析,构建以工期最优、成本最低、资源高效为核心目标的多目标动态资源配置模型,实现资源分配与施工进度的精准适配。模型以各施工阶段工序逻辑关系、资源供给总量、施工工艺约束为核心边界条件,整合人力、设备、材料等资源的类型、数量、使用效率及调配成本等关键参数,形成全面的决策变量体系。引入改进遗传算法优化模型求解过程,通过自适应交叉变异算子提升算法收敛速度与求解精度,突破传统线性规划模型在复杂约束条件下的适配局限,高效输出不同施工阶段的最优资源分配方案。模型嵌入实时数据接口,可自动抓取施工过程中进度偏差、资源消耗速率、资源闲置状态等动态数据,定期更新参数阈值与约束条件,实现模型自我迭代优化,确保资源配置方案始终与施工实际动态匹配,规避静态模型难以适应施工不确定性的弊端。

3.2 资源动态调配实施机制

建立全闭环资源动态调配机制,依托施工管理平台实现资源调配全流程自动化、高效化。通过物联网终端实时采集资源使用数据,包括人员出勤状态、设备运行参数、材料消耗进度等,同步接入进度监测数据,构建资源-进度联动数据库。平台内置智能分析模块,对比资源实际使用状态与模型输出的最优配置方案,自动识别资源供需失衡点及潜在冲突风险。针对资源短缺问题,优先从内部闲置环节进行跨工序、跨区域调配,若内部资源不足,自动触发外部资源补给预警,联动供应商与租赁商快速响应;对于资源闲置情况,智能生成资源再分配建议,将冗余资源调配至关键工序或提前启动后续预备工序,提升资源利用率。调配完成后,系统实时跟踪资源使用效果,形成反馈数据反哺至动态资源配置模型,持续优化调配策略,保障资源流动与进度推进协同高效^[3]。

3.3 资源利用效率动态评估与优化

构建多维度资源利用效率评估指标体系,涵盖人员技能匹配度、设备完好利用率、材料损耗控制率、资源调配响应速度等核心指标,采用层次分析法确定各指标权重,形成科学全面的评估模型。依托管理平台定期开展资源利用效率评估,通过数据可视化呈现各环节资源使用短板与优化空间,精准定位资源浪费、配置失衡等问题根源。针对评估发现的问题,制定靶向优化措施:人员配置方面,通过技能培训、岗位调整提升人员与工序的适配度;设备管理方面,强化定期维护保养与故障预警,减少停机时间,优化设备使用排班计划;材料管控方面,推行精细化领用制度与损耗定额管理,降低浪费率。

4 进度与资源协同管理保障措施

4.1 构建智能化协同管理平台

依托物联网、大数据与移动互联网技术,搭建一体化智能化协同管理平台,实现进度管控与资源配置的数字化、动态化融合。平台集成多维度功能模块,进度端可完成计划编制、实时更新、偏差预警与节点追踪,资源端可实现需求预测、动态调配、使用监控与效率分析,通过数据接口打通进度与资源信息壁垒,实现两者数据实时联动与同步更新。嵌入可视化分析引擎,以图表形式直观呈现进度推进状态、资源供需匹配度及潜在冲突点,支持多终端便捷访问,管理人员可随时掌握施工动态,快速下达调度指令,打破传统管理中信息滞后、沟通不畅的瓶颈,提升决策效率与协同管控精度。

4.2 建立全流程协同工作机制

构建横向到边、纵向到底的全流程协同工作体系,明确各部门、各岗位在进度管控与资源配置中的职责边界与协作流程。横向强化施工、技术、物资、设备等部门的联动配合,建立日常沟通例会制度,定期通报进度进展、资源使用情况及存在问题,共同制定优化方案;纵向贯通项目部、施工班组、作业岗位层级,确保进度计划与资源配置要求逐层落实、执行到位。针对设计变更、设备供应延迟、极端天气等突发情况,建立快速响应协同机制,组建专项应急小组,明确响应流程与处置时限,快速协调资源调度与进度调整,最大限度降低突发因素对施工的影响,保障进度与资源协同有序^[4]。

4.3 完善质量与安全进度资源协同管控体系

将质量安全管控深度融入进度与资源协同管理全过程,构建质量安全为基、进度资源协同为要的一体化管控模式。在进度计划编制阶段,同步制定质量安全保障方案,预留充足的质量检查与安全防护时间,避免为追赶进度牺牲质量安全;在资源配置过程中,优先保障质量检测设备、安全防护物资及专业技术人员的供给,确保质量安全管理资源按需配置。

4.4 健全动态考核与激励约束机制

建立科学完善的动态考核体系,围绕进度节点完成率、资源利用效率、协同配合成效等核心指标,对施工团队及个人进行定期考核与动态评估。考核结果与激励约束机制深度挂钩,对进度达标、资源利用高效、协同表现优秀的团队与个人,给予物质奖励与荣誉表彰,优先提供技能培训、岗位晋升等发展机会;对进度滞后、资源浪费严重、协同配合不力的,实施约谈提醒、绩效扣减等约束措施,限期整改落实。同时,引入弹性激励条款,针对关键工序突破、资源优化创新等突出表现给予专项奖励,充分调动施工人员参与进度与资源协同管理的积极性与主动性,营造

人人重进度、个个讲效率的良好施工氛围,保障协同管理目标落地见效^[5]。

4.5 强化资源保障与储备管理

建立多元化资源保障体系,确保进度推进过程中资源供给稳定可靠。提前与优质供应商、设备租赁商建立长期合作关系,签订专项保障协议,明确资源供应时限、质量标准与应急补给方案,规避资源供应中断风险;优化资源采购与储备策略,根据施工进度计划与资源需求预测,合理储备关键材料、核心设备及易损耗配件,设定安全库存阈值,当库存低于阈值时自动触发补充指令。针对大型设备、专业技术人员等稀缺资源,建立跨项目资源共享机制,通过统一调度、合理调配实现资源高效利用,同时培育内部资源储备梯队,加强技术人员技能培训与设备维护保养,提升资源自主保障能力,为进度与资源协同推进提供坚实支撑。

5 结束语

针对水利工程金属结构启闭机施工中进度控制与资源配置的核心问题,结合启闭机施工特点与管理难点,构建全周期进度控制体系,提出了基于需求分析与动态模型的资源优化配置策略。通过引入智能化监控技术、建立协同管理机制、完善保障措施,实现了施工进度与资源配置的精准管控与高效协同,有效解决了传统施工管理中进度计划粗放、资源配置失衡、过程管控滞后等问题,为启闭机施工提供了科学完善的管理方案,对保障水利工程建设进度、降低施工成本、提升工程质量具有重要意义。

[参考文献]

- [1]杨雪娇.论赖河流域水利工程提升改造优化设计探析[J].数字农业与智能农机,2023,(08):59-62.
- [2]王磊,韩德宇.浅析水工金属结构焊接及检测要求[J].河北水利,2023,(07):42-43.
- [3]向思铭,余迎宾,贾仕开.水电水利工程金属结构构件的统计算法研究[J].水力发电,2023,49(05):85-90.
- [4]赵雪瑜,张贵金,刘杰,等.水工金属结构新型环氧防护涂料性能及应用研究[J].工程技术研究,2023,8(03):1-5.
- [5]张亚宜,刘有飞.王家崖水库工程金属结构问题及改造措施分析[J].陕西水利,2022,(06):173-175.

作者简介:

陈汉(1987-),男,汉族,江苏扬州人,本科,助理工程师,研究方向或主要从事工作:水利工程。