

# 基于 BIM 技术的水利工程金属结构启闭机施工模拟与优化

赵鑫 晏建银 焦世龙 徐征 陈汉

江苏省水利机械制造有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6625

**[摘要]** 大型水利工程金属结构启闭机施工具有构件体型大、装配精度高、工序衔接复杂、场地约束严格等特点,传统施工管理依赖二维图纸交底,存在信息传递不直观、施工方案预见性不足、各专业协同不畅等弊端,易引发构件碰撞、工序冲突、资源浪费等问题,不仅延误施工进度,还可能埋下质量安全隐患。本文结合BIM技术的核心优势,系统探讨其在启闭机施工全流程中的应用路径,为提升启闭机施工精细化水平、降低施工风险、保障工程安全高效推进提供理论参考与实践指导。

**[关键词]** BIM技术; 水利工程; 启闭机; 施工模拟; 施工优化; 金属结构

中图分类号: TV5 文献标识码: A

## Construction Simulation and Optimisation of Hydraulic Engineering Metal Structure Hoisting Machinery Based on BIM Technology

Xin Zhao Jianyin Yan Shilong Jiao Zheng Xu Han Chen

Jiangsu Province Water Conservancy Machinery Manufacturing Co., Ltd.

**[Abstract]** The construction of metal structure hoisting machinery for large-scale hydraulic engineering projects is characterised by large component dimensions, high assembly precision, complex process coordination, and stringent site constraints. Traditional construction management relies on two-dimensional drawings for technical briefings, which suffer from non-intuitive information transmission, insufficient foresight in construction plans, and poor interdisciplinary coordination. This often leads to component collisions, process conflicts, and resource wastage, not only delaying construction progress but also potentially creating quality and safety hazards. This paper systematically explores the application pathways of BIM technology throughout the entire hoist construction process, leveraging its core advantages. It provides theoretical reference and practical guidance for enhancing the precision of hoist construction, mitigating construction risks, and ensuring the safe and efficient advancement of projects.

**[Key words]** Bim Technology; Water Conservancy Projects; Hoists; Construction Simulation; Construction Optimisation; Metal Structures

### 引言

建筑信息模型技术作为工程建设领域的数字化变革核心技术,通过构建包含几何信息、属性信息、施工信息的三维可视化模型,实现施工全流程的模拟、分析与优化,为解决复杂工程施工管理难题提供了有效手段。将BIM技术应用于启闭机施工过程,可打破传统管理模式的信息壁垒,实现施工方案的可视化设计、动态化模拟与精准化优化,提前规避施工风险,优化资源配置,提升施工管理效率与决策科学性。因此,深入研究BIM技术在启闭机施工模拟与优化中的应用逻辑与实施路径,对推动水利工程金属结构施工数字化、精细化发展具有重要现实意义。

#### 1 BIM技术在启闭机施工中的核心应用价值

1.1 可视化建模与信息集成,提升施工交底效率

BIM技术突破传统二维图纸的局限,通过构建启闭机全专业三维模型,将闸架、卷筒、联轴器、制动器等构件的几何形状、尺寸参数、安装位置及连接关系直观呈现,实现施工信息的可视化表达。模型可集成构件材料属性、加工精度要求、焊接工艺参数、装配顺序等全要素信息,形成统一的信息数据库,为施工人员提供全面、精准的施工依据。同时,可视化模型可替代传统技术交底方式,通过三维漫游、构件拆解演示等形式,帮助施工人员快速理解复杂结构与施工要点,减少信息传递偏差,提升交底效率与准确性,为施工顺利开展奠定基础。

1.2 施工过程动态模拟,提前规避潜在风险

依托BIM三维模型,可对启闭机施工全流程进行动态模拟,包括构件加工运输、现场吊装、装配焊接、设备调试等关键环

节。通过模拟施工过程,可提前识别潜在风险点,如构件吊装路径冲突、装配空间不足、工序衔接矛盾、设备干涉等,避免施工过程中出现返工整改<sup>[1]</sup>。同时,可模拟极端天气、设备故障等突发场景下的施工应对过程,验证应急预案的可行性,提升施工风险预判与处置能力,保障施工过程安全可控。

### 1.3 多专业协同管理,优化施工资源配置

启闭机施工涉及机械、土建、电气、金属结构等多个专业交叉作业,各专业协同效率直接影响施工进度与质量。BIM技术通过构建统一的协同平台,实现各专业模型的集成与融合,打破专业间的信息壁垒,便于各专业人员实时共享模型信息、开展协同设计与碰撞检查。同时,基于BIM模型的施工进度模拟与资源配置分析,可实现人力、机械、材料等资源的动态优化调度,避免资源闲置或短缺,提升资源利用效率,降低施工成本。

### 1.4 施工进度与成本动态管控,提升决策科学性

BIM技术可将施工进度计划与三维模型关联,构建4D施工进度模型,实现施工进度的动态可视化管理。通过对比实际施工进度与计划进度的偏差,及时分析原因并调整施工方案,确保施工进度按计划推进。同时,模型可集成构件加工成本、运输费用、施工机械租赁费用等成本信息,形成5D成本管理模型,实现施工成本的实时追踪与动态分析,为施工成本控制与决策提供数据支撑,助力实现施工过程的提质增效。

## 2 基于BIM的启闭机施工模拟关键内容

### 2.1 三维精细化建模与碰撞检查

#### 2.1.1 全专业三维模型构建

首先开展启闭机全专业BIM建模工作,采用参数化建模技术,按施工设计图纸与规范要求,依次构建金属结构构件、土建基础、施工机械、临时设施等各专业三维模型。建模过程中需确保构件尺寸精度、安装位置与设计要求一致,准确表达构件连接方式与装配关系;同时,在模型中嵌入构件加工信息、材料属性、质量标准、施工工艺等非几何信息,形成完整的施工信息模型。针对焊接接头、螺栓连接等关键部位,需进行精细化建模,明确焊接坡口形式、螺栓规格与布置间距,为后续施工模拟与工艺优化提供精准依据。

#### 2.1.2 多专业碰撞检测与冲突解决

模型构建完成后,利用BIM协同平台进行多专业模型集成与碰撞检查,重点检测金属结构构件与土建基础、施工机械与周边设施、各构件之间的空间冲突,以及管线与启闭机结构的干涉问题。通过碰撞检测软件自动识别碰撞点,生成碰撞检测报告,明确碰撞位置、类型及影响范围<sup>[2]</sup>。组织设计、施工、监理等多方人员针对碰撞问题进行协同分析,制定优化方案,如调整构件安装位置、优化施工机械选型、修改临时设施布置等,在施工前彻底解决潜在冲突,避免施工过程中出现返工整改,保障施工顺利推进。

### 2.2 施工过程全流程动态模拟

#### 2.2.1 构件加工与运输模拟

基于BIM模型开展启闭机构件加工与运输过程模拟,根据构

件加工工艺要求,模拟工厂加工流程,包括下料、折弯、焊接、热处理等工序,优化加工顺序与工艺参数,确保加工精度符合要求。同时,结合施工现场地理位置与运输路线,模拟构件运输过程,包括运输车辆选型、运输路线规划、装卸方案设计等,重点模拟超长、超重构件的运输过程,分析运输过程中可能遇到的道路限制、桥梁承载能力不足等问题,提前制定应对措施,确保构件安全、高效运抵施工现场。

#### 2.2.2 现场吊装施工模拟

吊装作业是启闭机施工的关键环节,基于BIM模型进行吊装施工全过程模拟,包括吊装机械选型、吊装参数确定、吊装路径规划等。根据构件重量、尺寸及施工现场空间条件,通过模型模拟验证吊装机械的吊装能力与作业范围,确保吊装机械选型合理;模拟吊装过程中构件的起吊、旋转、平移、就位等动作,优化吊装路径,避免与周边建筑物、设备或其他构件发生碰撞。

#### 2.2.3 装配与焊接施工模拟

针对启闭机装配与焊接施工的复杂性,基于BIM模型开展装配顺序与焊接工艺模拟。根据构件结构特点与装配逻辑,模拟各构件的装配顺序,优化装配流程,避免因装配顺序不合理导致的装配困难或构件损坏;针对复杂焊接接头与焊接可达性差的部位,通过模型模拟焊接操作过程,优化焊接体位、焊条摆动幅度与焊接顺序,确保焊接质量符合要求;同时,模拟多层多道焊过程中的温度场分布,为焊接参数优化与应力控制提供依据,减少焊接变形与裂纹缺陷产生。

#### 2.2.4 施工进度动态模拟

将施工进度计划分解为具体的施工工序与时间节点,与BIM三维模型关联,构建4D施工进度模型,实现施工进度的动态可视化模拟。通过模型直观展示各工序的施工时间、作业范围与逻辑关系,模拟施工全过程的进度推进情况,识别关键工序与进度瓶颈<sup>[3]</sup>。针对进度计划中的不合理之处,如工序衔接冲突、资源配置失衡等,及时调整进度计划与施工方案,确保施工进度的合理性与可行性;同时,在施工过程中实时更新模型中的实际施工进度信息,对比分析计划进度与实际进度的偏差,动态调整施工安排,保障施工进度按计划完成。

### 2.3 施工资源配置模拟与优化分析

基于BIM模型与施工进度计划,开展施工资源配置模拟,包括人力资源、施工机械、材料设备等资源的分配与调度模拟。根据各工序的施工需求与时间安排,模拟资源在不同施工阶段、不同作业区域的配置情况,分析资源配置的合理性与均衡性,避免出现资源闲置浪费或供应不足的问题。例如,通过模拟施工机械的使用频率与作业时间,优化机械调度方案,提高机械利用率;通过模拟材料进场计划与存储场地布置,避免材料堆积占用施工空间或因材料短缺延误施工进度。同时,结合资源价格信息,分析资源配置方案的经济性,实现资源配置的优化平衡,降低施工成本。

## 3 基于BIM的启闭机施工优化实施路径

### 3.1 施工方案优化

依托BIM模型的模拟分析结果,对启闭机施工方案进行全方位优化,实现从传统经验驱动向数据驱动的转变。针对吊装方案,根据吊装模拟结果优化吊装机械型号、吊装路径与吊装顺序,降低吊装难度与安全风险;针对装配方案,优化构件装配顺序与装配工艺,提升装配效率与精度;针对焊接方案,结合焊接模拟的温度场与应力分布分析,优化焊接参数、焊接顺序与预热保温措施,减少焊接缺陷;针对施工场地布置方案,根据构件运输、吊装与装配模拟结果,优化施工道路、材料堆场、加工场地的位置与尺寸,提升场地空间利用率,避免施工干扰。同时,通过多方案模拟对比分析,选择技术可行、经济合理、安全可靠的最优施工方案。<sup>[4]</sup>

### 3.2 工序协同优化

基于BIM协同平台,建立多专业协同工作机制,实现启闭机施工各专业、各工序的高效协同。通过集成各专业BIM模型,开展多专业协同碰撞检查,提前解决专业间的干涉问题;利用平台实现施工信息的实时共享与传递,确保设计变更、施工指令等信息及时传达至各施工班组,避免信息滞后导致的工序冲突;针对交叉作业工序,通过施工进度模拟明确各专业作业时间窗口,制定详细的协同作业计划,避免不同专业同时作业引发的干扰与安全风险

### 3.3 施工风险优化管控

基于BIM施工模拟结果,构建启闭机施工风险清单,明确风险类型、风险等级与影响范围,制定针对性的风险防控措施。针对构件碰撞风险,通过碰撞检测与路径优化提前规避;针对吊装安全风险,通过吊装模拟优化吊装方案,加强吊装过程监测;针对焊接质量风险,结合焊接模拟优化焊接工艺,强化焊接过程质量控制;针对进度延误风险,通过进度模拟识别关键工序,制定进度保障措施。同时,利用BIM模型实现施工风险的动态跟踪与管控,在施工过程中实时更新风险状态信息,针对新增风险及时开展模拟分析,调整防控措施,形成完善的风险管控体系,提升风险防控精准性与有效性。

### 3.4 施工过程动态优化

建立BIM模型与施工现场的信息联动机制,实现施工过程的动态优化与持续改进。通过施工现场数据采集设备,实时收集构件安装精度、焊接质量、施工进度等实际施工信息,将其反馈至BIM模型中,与模拟数据进行对比分析,识别施工偏差与问题成因。针对构件安装偏差过大问题,结合模型分析调整安装工艺与

校正措施;针对焊接质量缺陷,优化焊接参数与操作手法;针对进度偏差,调整施工资源配置与进度计划<sup>[5]</sup>。

### 3.5 推动技术融合创新,拓展应用场景

鼓励BIM技术与其他先进技术的融合创新,拓展其在启闭机施工中的应用场景。结合物联网技术,实现施工现场设备状态、环境参数、构件安装精度等数据的实时采集与监测,提升施工过程管控的智能化水平;融合大数据分析技术,对施工模拟数据、实际施工数据进行深度挖掘,为施工方案优化、风险预测提供更精准的决策支持;结合虚拟现实(VR)/增强现实(AR)技术,实现施工方案的沉浸式交底与施工过程的可视化监测,提升施工人员操作体验与管理效率,推动启闭机施工向数字化、智能化方向深度发展。

## 4 结束语

BIM技术以其可视化、参数化、协同化的核心优势,为解决水利工程启闭机施工管理难题提供了全新思路,在施工模拟与优化中具有不可替代的应用价值。将BIM技术应用于启闭机施工全过程,通过构建全专业三维模型、开展施工全流程动态模拟、实施多维度优化策略,可有效提前规避施工风险、优化资源配置、提升施工协同效率与精细化管理水平,为启闭机施工安全高效推进提供有力保障。未来,随着BIM技术与数字化、智能化技术的不断融合,其在启闭机施工中的应用场景将进一步拓展,应用水平将持续提升,为水利工程金属结构施工高质量发展注入更强劲动力。

### [参考文献]

- [1]郑红生.水利工程建设中金属结构和机电设备质量与管理问题探讨[J].水上安全,2024,(09):136-138.
- [2]高学先.水利工程水闸金属结构施工方法[J].全面腐蚀控制,2024,38(03):92-96.
- [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]李凯,房凯,李雷,等.中小型水利工程金属结构和机电设备质量管理[J].农业工程,2019,9(09):85-87.
- [5]王建清.试论水利工程建设中金属结构和机电设备的质量管理问题[J].珠江水运,2018,(20):94-95.

### 作者简介:

赵鑫(1990—),男,汉族,内蒙古赤峰人,本科,现有职称:工程师,研究方向或主要从事工作:水利工程。