

# 基于 BIM 技术的水利工程施工进度与质量协同管控研究

曹 宁 陈文龙

山东泉建工程检测有限公司 山东 济南 250000

**摘要:** 水利工程施工受自然条件影响大、专业协同需求高,进度与质量的动态耦合使传统管控模式面临瓶颈,难以实现高效协同。本文聚焦水利工程施工进度与质量协同管控难题,结合BIM技术特性展开研究。分析了水利工程施工特性、BIM核心原理及协同管控理论,构建了基于BIM的协同管控框架,明确设计原则、总体架构与核心要素;随后分别建立施工进度与质量管控模型,阐述进度计划数字化建模、动态模拟优化、执行跟踪调整及质量标准集成、过程监控、隐患预警处置的实现路径。研究表明,基于BIM的协同管控可打破信息孤岛,实现进度与质量动态协同,为水利工程施工管控提供高效技术方案,有助于提升工程管控效率与质量水平。

**关键词:** BIM技术; 水利工程; 施工进度; 质量; 协同管控

**引言:** 随着BIM技术在工程领域的应用,其参数化建模、信息集成与可视化仿真能力,为解决水利工程管控难题提供新路径。当前,BIM在水利工程的应用多集中于单一维度管控,缺乏进度与质量的深度协同研究。因此,本文围绕基于BIM的施工进度与质量协同管控展开系统研究,旨在构建科学管控框架与模型,为提升水利工程施工管控效能提供理论与实践支撑。

## 1 基于BIM技术的水利工程施工进度与质量协同管控概述

### 1.1 水利工程施工特性与管控难点

水利工程施工具有显著复杂性,受地形地貌、水文气象等自然条件影响大,施工场景多变且涉及多类专业技术交叉。工程要多专业协同推进,各专业施工环节衔接紧密,任一环节滞后或偏差易引发连锁问题。进度与质量存在强耦合关系,盲目追求进度可能导致质量隐患,过度强调质量管控又可能延误工期,二者的平衡与协同成为管控核心难点,传统管控模式难以有效应对这种动态耦合需求。

### 1.2 BIM核心技术原理

BIM核心技术以参数化建模为基础,通过建立包含几何信息与非几何信息的数字化模型,实现工程实体的精准数字化表达。信息集成是关键特性,可整合工程全周期各类数据,打破信息孤岛,确保数据一致性与可追溯性。可视化仿真是重要应用手段,能将抽象施工计划转化为直观动态模拟,提前呈现施工过程与结果。协同平台则为多参与方提供统一工作界面,支持实时数据共享与协同作业,提升管控效率与协同能力。

### 1.3 施工进度与质量协同管控理论

PDCA循环理论为协同管控提供闭环管理框架,通

过计划、执行、检查、处理的持续循环,实现进度与质量管控的动态优化。协同管理理论强调打破部门与专业壁垒,整合各方资源,明确权责分工,促进进度与质量管控环节的高效衔接。全生命周期管控思想则要求将进度与质量协同贯穿工程施工全过程,不仅关注施工阶段,还需衔接前期设计与后期运维相关需求,确保管控的整体性与连贯性,为BIM技术应用提供理论支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 基于BIM的协同管控框架构建

### 2.1 框架设计原则

基于BIM的水利工程施工进度与质量协同管控框架设计要遵循四大核心原则。(1)实用性原则要求框架贴合水利工程管控实际需求,聚焦解决进度与质量协同中的关键问题,确保技术应用与管理流程可落地、易操作。(2)协同性原则强调打破参与方与专业间的壁垒,实现进度与质量管控数据、流程的深度衔接,保障多方高效协作。(3)全流程覆盖原则需贯穿施工准备、实施、验收全阶段,兼顾进度计划制定、执行跟踪与质量标准集成、过程监控,形成闭环管控。(4)可扩展性原则则预留技术升级空间,能适配不同规模水利工程需求,且可融入物联网、大数据等新兴技术,支撑长期应用与迭代。

### 2.2 总体架构

框架总体架构分为以下四层,各层协同联动形成完整管控体系。(1)目标层明确协同管控的核心目标,即实现施工进度偏差最小化、质量隐患可控化与协同效率最大化,为整体框架提供方向指引。(2)协同层是核心纽带,负责整合各参与方资源,协调进度与质量管控的交叉环节,保障管控流程顺畅。(3)技术层以BIM技术为核心,提供参数化建模、信息集成、可视化仿真等技术支撑,同时构建数据交互接口,为协同管控提供技术基

础。(4)应用层则落地具体管控功能,涵盖进度计划数字化、质量监控数字化、进度-质量联动决策等模块,直接服务于施工管控实践。

### 2.3 核心要素

协同管控的核心要素包括信息协同、流程协同与组织协同。(1)信息协同以统一数据标准为基础,整合进度计划数据、质量标准数据、施工过程数据,实现多源数据实时共享与一致性维护,消除信息孤岛。(2)流程协同围绕进度与质量管控的关键节点,优化工序衔接流程、验收审批流程,建立进度偏差与质量隐患的联动处置机制,确保管控流程高效衔接。(3)组织协同则明确各参与方的权责分工,构建跨专业、跨部门的协同工作小组,建立定期沟通机制与问题协同解决机制,为信息与流程协同提供组织保障<sup>[2]</sup>。

## 3 基于BIM的施工进度管控模型构建与应用

### 3.1 进度计划数字化建模

进度计划数字化建模是基于BIM的施工进度管控模型的基础环节,核心在于实现施工进度计划与BIM模型的深度关联,为后续管控提供数字化载体。(1)WBS分解与BIM模型关联:首先按照水利工程施工逻辑与管理需求,完成工作分解结构(WBS)的层级划分,确保分解结果覆盖从整体工程到分项工程、分部工程乃至具体工序的全维度。随后建立WBS分解单元与BIM模型构件的一一对应关系,通过构件编码与WBS编码的匹配,将进度管控的最小单元与模型中的实体构件绑定,使进度计划能够直接映射到三维模型上,实现“构件-任务”的可视化关联。(2)时间参数映射:在完成WBS与BIM模型关联后,将进度计划中的时间参数嵌入到对应BIM构件的属性信息中。通过参数化设置,使BIM模型不仅具备几何信息,还承载完整的进度时间信息,形成包含时间维度的4D进度模型。同时,建立时间参数的动态关联规则,确保某一任务时间调整时,相关联任务的时间参数能自动触发更新,保障进度计划的一致性与准确性。

### 3.2 进度动态模拟与优化

进度动态模拟与优化是利用BIM模型的可视化与参数化特性,提前预判施工进度问题并优化计划,减少实际施工中的进度偏差风险。(1)4D仿真分析:基于已构建的4D进度模型,通过BIM软件的仿真功能,将施工进度计划以动态可视化的方式呈现。仿真过程按照时间轴逐步展示各构件的施工顺序与完成状态,直观反映整个工程的施工流程与进度推进情况,使管理人员能够清晰掌握不同时间段的施工重点与工序衔接关系,避免因计划理解偏差导致的施工混乱。(2)关键路径识别:借助BIM

模型中嵌入的进度数据与逻辑关系,通过软件算法自动分析并提取工程施工的关键路径。关键路径上的任务直接决定工程总工期,通过BIM可视化界面突出显示关键路径任务,明确进度管控的核心重点。建立关键路径的动态监测机制,实时追踪关键任务的进度状态,为后续管控资源分配提供依据。(3)冲突预警:在进度动态模拟过程中,结合水利工程施工的空间特性与工序逻辑,设置冲突检测规则,包括工序衔接冲突、空间占用冲突(如同一施工区域多工序同时作业导致空间重叠)等。当模拟过程中触发冲突规则时,系统自动发出预警,并标注冲突位置与涉及任务,为管理人员提前调整进度计划、规避施工冲突提供支持。

### 3.3 进度执行跟踪与调整

进度执行跟踪与调整是确保进度管控模型落地应用的关键,核心在于实现实际进度与计划进度的实时对比,以及基于偏差分析的动态纠偏。(1)实际进度数据接入:建立多渠道的实际进度数据采集与接入机制,通过BIM协同平台接收施工班组、监理单位等上传的实际施工数据,包括任务完成时间、完成工程量、实际消耗资源等。同时,确保数据接入的及时性与准确性,通过数据校验规则剔除无效数据,保障实际进度数据与BIM模型中计划进度数据的匹配性,为后续对比分析奠定基础。(2)偏差分析:基于接入的实际进度数据,在BIM模型中自动完成实际进度与计划进度的对比分析。通过计算任务完成时间偏差、工程量完成偏差等指标,明确各任务的进度滞后或超前情况,并通过可视化界面以颜色标注等方式直观呈现偏差程度。深入分析偏差产生的原因,区分因资源不足、设计变更、外部环境等不同因素导致的偏差,为后续调整提供针对性依据。(3)动态纠偏:根据偏差分析结果,制定针对性的动态纠偏措施。对于关键路径上的滞后任务,优先调配资源、优化施工工艺或调整后续工序逻辑,确保总工期不受影响;对于非关键路径上的偏差,结合工程整体进度要求,在不影响总工期的前提下,适当调整相关任务的时间计划或资源配置。纠偏措施制定后,通过BIM模型实时更新进度计划,重新生成4D仿真模拟,验证纠偏效果,形成“跟踪-分析-调整-验证”的闭环管控流程,确保工程进度始终处于可控状态<sup>[3]</sup>。

## 4 基于BIM的施工质量管控模型构建与应用

### 4.1 质量标准数字化集成

质量标准数字化集成是将水利工程施工质量规范转化为BIM模型可识别的数字化信息,为质量管控提供统一依据。(1)规范条款嵌入:梳理国家规范、行业标准及

项目专项质量要求,对条款进行结构化拆分,提取与施工工序、构件相关的质量指标(如材料强度、几何偏差、工艺要求等)。通过BIM参数化功能,将拆分后的条款与对应构件属性绑定,使构件存储数字化质量要求,管理人员点击构件即可调取关联条款,实现标准即时查询核对。(2)质量控制点BIM标注:根据施工流程与质量风险分布,确定各阶段关键质量控制点(如基础浇筑、钢筋绑扎、闸门安装等)。在BIM模型中,用专属图标、颜色标记标注控制点,标注信息明确检查内容、方法、合格标准及责任人,同时建立控制点与规范条款的关联,形成“空间位置-质量要求-检查标准”一体化数字化标注体系。

#### 4.2 施工过程质量监控

施工过程质量监控依托BIM实现管控流程数字化,覆盖施工全环节,减少人为漏洞。(1)可视化交底:工序施工前,利用BIM模型开展可视化交底,通过三维展示呈现施工范围、质量控制点位置、规范要求及工艺细节,替代传统文字交底。同时在模型中模拟可能出现的质量问题(如混凝土气泡、钢筋间距超标),展示问题影响与整改要求,帮助施工人员理解质量标准与管控重点。(2)工序验收数字化:搭建基于BIM协同平台的验收流程,施工班组完成工序后,上传施工记录(材料检测报告、影像资料)并在模型标记完成状态。监理单位通过平台调取工序信息、关联规范及施工记录,在线完成验收,结果(合格/不合格及整改意见)反馈至模型对应节点并通知责任人;验收不合格则模型节点显示警示标识,直至整改验收合格后解除,实现验收全程数字化留痕。(3)质量问题追溯:在BIM模型中为每个质量问题建立专属档案,记录发现时间、位置(关联构件)、描述、责任单位、整改措施、完成时间及验收结果。通过模型关联性,追溯问题涉及的工序、材料供应商、检查人员等全链条信息;后续出现同类问题时,可快速调取历史数据分析共性原因,且问题档案与构件长期绑定,形成质量终身追溯体系。

#### 4.3 质量隐患预警与处置

质量隐患预警与处置通过BIM数据分析功能,实现风险提前识别与闭环管控,降低事故概率。(1)基于BIM的隐患定位:结合水利工程质量风险数据库,在BIM模型中设置隐患识别规则(如构件混凝土强度低于规范、钢筋保护层偏差超范围时触发预警)。对接施工实时检测数据(材料检测、现场实测数据),当数据达预警阈值,系统自动在模型中定位隐患构件,用闪烁图标、红色高亮标记位置,生成预警报告明确隐患类型、涉及条款及风险等级,推送至管理人员。(2)闭环管理流程:建立“预警-整改-复查-销号”闭环流程。管理人员收到预警后,通过BIM平台向责任单位下达整改指令,明确期限与要求;责任单位整改后上传证明材料(复检报告、整改影像),在模型提交复查申请;监理单位结合模型隐患位置与整改材料复核,合格则完成销号并消除模型隐患标识,不合格则驳回重改,确保每个隐患有效处置<sup>[4]</sup>。

结束语:本文通过对基于BIM的水利工程施工进度与质量协同管控的研究,明确了协同管控的理论基础,构建了完整的管控框架与专项模型,形成了从标准集成、过程监控到隐患处置的全流程管控体系。该研究弥补了传统管控模式的不足,实现了进度与质量的数字化、协同化管控。未来可进一步探索BIM与物联网、大数据的融合应用,完善协同管控机制,推动水利工程施工管控向智慧化方向持续发展。

#### 参考文献:

- [1]施景文,陈勇,欧阳博文,高千林,孙琳娜.BIM技术在水利工程施工进度管理中的应用研究[J].价值工程,2025,44(29):48-50.
- [2]王彩宁.基于BIM技术的水利工程施工动态监管方法研究[J].工程技术研究,2025,10(12):150-152.
- [3]郭卫坤,申芳.BIM技术在水利水电工程施工管理体系中的研究[J].新疆钢铁,2025(3):91-93.
- [4]李伟铭.BIM技术在大型给水工程施工全过程管理中的应用研究[J].中国地名,2025(10):0196-0198.