

BIM技术在水利工程施工进度管理中的应用研究

陈振学

桐乡市崇福镇人民政府 浙江 嘉兴 314511

摘要：水利工程具有规模大、周期长、地下水下作业比例高、多工种交叉协调复杂等特点，传统施工进度管理模式存在信息传递滞后、协同效率低、偏差识别不及时等突出问题。本文系统梳理了水利工程施工主要特点及BIM技术核心内涵，构建了基于BIM的施工进度管理模型，涵盖数据采集、模型建立、信息关联及4D进度模型生成等环节，并提出了进度计划编制优化、实际进度数据采集、偏差识别分析及动态纠偏调整等管控方法，为提升水利工程施工进度精细化管理水平提供理论与技术参考。

关键词：BIM技术；水利工程；施工进度管理

引言：水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分，其施工进度管理直接关系工程投资效益与社会功能发挥。然而，水利工程施工受水文气候、地质条件、多工种交叉作业等多重因素制约，传统二维图纸与经验式管理模式难以满足精细化进度管控需求。BIM技术以三维可视化建模、信息集成与动态模拟为核心，可有效弥补传统管理短板。本文结合水利工程施工特点，系统研究BIM技术在施工进度计划编制、过程动态管控、偏差预警与纠偏调整中的应用路径，旨在构建科学高效的进度管理体系。

1 水利工程施工的主要特点

水利工程施工具有鲜明的行业特点，主要体现在三个方面。一是工程规模大、施工周期长。水利工程多为区域性基础设施，涵盖大坝、渠道、泵站、河道治理等多元构筑物，建设体量庞大、单体结构复杂，施工周期普遍达数年之久。施工全程受汛期、严寒等气候水文条件影响，有效工期被大幅压缩，加之人员变动、设备老化等问题，进度管控难度极高。二是地下及水下作业比例高。基坑开挖、水下防渗、河道基础浇筑等关键工序需在地下或水环境中完成，施工环境复杂、不确定性强，作业精度难以把控，隐蔽工程多、返工整改周期长，极易造成进度波动^[1]。三是多工种交叉作业协调复杂。施工涵盖土建、机电安装、金属结构、防渗工程等多个专业，多工序同步开展，场地、设备、通道存在重叠，传统管理模式信息传递滞后，工序冲突频发，统筹协调难度极高，对施工进度精细化、动态化管控提出了迫切需求。

2 BIM技术概述及其在水利工程中的适用性

2.1 BIM技术核心内涵

BIM技术即建筑信息模型技术，是融合数字化建模、

信息集成、数据协同、动态模拟于一体的现代化工程管理能力技术，核心是构建工程全生命周期的数字化信息载体。该技术以三维数字化模型为核心框架，突破传统二维图纸的平面化局限，可精准还原工程构筑物的空间结构、尺寸参数、材质属性、施工工艺等全维度信息。相较于传统工程管理模式，BIM模型具备可视化、参数化、协同化、可模拟性四大核心特性，所有工程数据与模型构件一一对应，参数修改可实时联动整体模型，实现数据动态更新。BIM技术贯穿工程设计、施工、验收、运维全流程，能够整合人员、设备、物资、进度、质量、安全等各类工程信息，打破各参与方、各专业的信息壁垒。通过数字化集成管理，可实现工程问题提前预判、方案模拟优化、施工过程精准管控，为水利工程精细化、智能化进度管理提供核心技术支撑。

2.2 BIM技术在施工进度管理中的核心功能

BIM技术在施工进度管理中具备多项核心功能，彻底革新传统粗放式进度管控模式。首先是三维可视化建模功能，可精准搭建水利工程整体及各细部结构模型，直观呈现施工布局与工序结构，规避二维图纸识图偏差问题。其次是进度模拟功能，可将施工工序、工期计划与三维模型绑定，实现施工全过程动态模拟，提前排查工序冲突、施工盲区与进度漏洞^[2]。同时，该技术具备数据集成与实时更新功能，可汇总施工全过程进度数据、资源数据、质量数据，实现进度信息数字化留存与实时同步。另外，BIM技术支持进度对比分析与偏差预警，可实时比对计划进度与实际进度，快速识别工期滞后问题。依托协同管理功能，建设、施工、监理等各方共享进度信息，同步调整施工方案，有效提升进度管控的精准度、时效性与协同效率。

2.3 BIM技术在水利工程中应用的适用性分析

结合水利工程规模大、周期长、特殊作业多、交叉施工复杂的特点, BIM技术在水利工程进度管理中具备极强的适配性。水利工程结构复杂、隐蔽工程多, 传统二维图纸无法完整呈现地下、水下构筑物细节, 而BIM三维模型可精准还原复杂结构, 解决识图难、交底难的问题。针对水利工程长周期施工、进度干扰因素多的问题, BIM全生命周期数据管理能力, 可实现施工全过程进度追踪与动态管控, 规避长期施工中的进度失控风险。针对多工种交叉作业协调难题, BIM协同平台可实现各专业信息互通、工序统筹规划, 减少交叉作业冲突。同时, BIM4D进度模拟可适配水利工程汛期、季节性施工特点, 提前优化施工计划, 规避自然条件对工期的影响, 有效弥补传统水利施工进度管理的短板, 适配水利工程精细化管控需求。

3 基于 BIM 的水利工程施工进度管理模型构建

3.1 模型构建的总体框架

基于BIM的水利工程施工进度管理模型, 以“数字化建模、信息关联、动态模拟、精准管控”为核心思路, 构建全流程、一体化的管理总体框架。整体框架分为数据采集层、模型构建层、信息关联层、管控应用层四大核心层级, 各层级相互衔接、协同运作。数据采集层为基础, 整合工程设计图纸、地质勘察数据、施工方案、工期计划、资源配置等基础数据, 为模型搭建提供数据支撑。模型构建层为核心, 依托BIM建模软件搭建水利工程各专业三维实体模型, 还原工程真实结构。信息关联层为纽带, 将施工进度、工序流程、资源信息与BIM模型构件绑定, 实现模型与进度数据的深度融合。管控应用层为落地载体, 实现进度模拟、偏差分析、动态调整、协同管理等功能, 整体框架覆盖施工准备、施工过程、竣工验收全阶段, 实现水利工程施工进度的数字化、系统化、动态化管控。

3.2 水利工程BIM模型建立

水利工程BIM模型建立是进度管理模型构建的基础核心, 需遵循分层、分专业、精细化的建模原则, 保障模型精度与实用性。建模前期需全面梳理工程设计图纸、地质勘察报告、施工规范等资料, 明确大坝、渠道、桩基、防渗结构、机电设备等各构筑物的结构参数、材质属性、施工工艺要求。按照“整体拆分、局部细化”的思路, 将整体工程拆解为多个单体构件与施工单元, 分土建、金属结构、机电安装等专业分步建模。建模过程中严格匹配工程实际尺寸与施工标准, 优化构件衔接细节, 规避模型漏洞与偏差, 同时统一建模标准, 保障各专业模型兼容性^[3]。模型搭建完成后, 开展碰撞检测、结

构校核, 排查设计缺陷与施工冲突问题, 提前优化施工方案。最终完成整合型整体BIM模型, 完整承载工程结构与基础信息, 为后续进度关联、模拟管控提供精准的数字化载体。

3.3 施工进度信息与BIM模型的关联

施工进度信息与BIM模型的精准关联, 是实现进度数字化管控的关键环节, 核心是完成三维静态模型与动态进度数据的深度融合。首先需依据水利工程施工组织设计, 拆解整体工期目标, 划分各施工阶段、各工序的起止时间、施工顺序、作业班组与资源配置计划, 形成标准化进度数据清单。随后以BIM模型各构件、各施工单元为载体, 将对应的工序信息、工期参数、施工任务、资源配置等进度信息逐一绑定录入, 实现模型构件与进度数据的一一对应。关联过程中严格遵循施工逻辑, 匹配工序先后顺序与衔接关系, 杜绝进度数据混乱、工序错位问题。同时建立信息动态关联机制, 确保后续实际施工进度、工序调整、资源变动等数据, 可实时同步更新至BIM模型, 让静态三维模型转化为承载全维度进度信息的动态数字化管理载体。

3.4 4D施工进度模型的生成与校核

4D施工进度模型是在三维BIM模型基础上叠加时间维度形成的动态施工模拟模型, 是进度管理的核心载体。完成模型建模与进度信息关联后, 依托BIM模拟软件, 将梳理完成的施工进度计划、工序逻辑、工期节点导入模型, 自动生成4D动态施工进度模型, 可直观模拟工程从开工到竣工的全过程施工动态。模型生成后需开展全方位校核工作, 重点校核工序施工顺序、工期节点、构件施工时序的合理性, 排查工序倒置、工期冲突、施工时序错位等问题。同时结合水利工程水文条件、汛期施工限制、场地施工条件等实际工况, 校核模型模拟进度与现场施工的适配性。针对校核发现的问题, 优化调整进度计划与模型参数, 反复迭代校核, 确保4D模型可真实还原现场施工流程, 为后续进度动态管控、方案优化提供精准依据。

4 基于 BIM 的水利工程施工进度动态管控方法

4.1 施工进度计划编制优化

基于BIM技术的施工进度计划编制优化, 突破了传统经验式编制的局限性, 实现进度计划的科学化、精细化、合理化编制。传统进度计划多依托施工经验与二维图纸编制, 易出现工序逻辑混乱、工期分配不合理、未兼顾施工约束条件等问题。依托4D-BIM模型, 可结合水利工程施工特点、工序逻辑关系、场地条件、季节性施工约束等因素, 模拟多版施工进度方案, 对比分析不

同方案的工期效率、资源消耗、施工可行性。通过模型碰撞检测与工序模拟,提前规避交叉作业冲突、施工空间不足、工序衔接断层等问题,合理分配各工序施工工期,优化施工顺序。同时结合工程资源配置情况,均衡调配人力、设备、物资资源,避免资源闲置或短缺导致的工期延误,最终编制出贴合施工现场、适配工程特点、可落地性强的最优施工进度计划。

4.2 施工过程中实际进度的数据采集与录入

施工过程中实际进度数据的精准采集与及时录入,是实现进度动态管控的基础前提,保障管控数据的真实性、时效性与完整性。现场施工管理人员依托移动设备、物联网监测设备,实时采集各工序的实际开工时间、完工时间、施工完成工程量、资源投入量、施工人员出勤情况等核心进度数据,同时记录施工过程中的天气影响、设备故障、工序变更等特殊干扰信息。采集完成后,按照标准化数据格式,实时录入BIM进度管理平台,系统可自动匹配对应施工单元与模型构件,完成实际进度数据与计划进度数据的同步归档。录入过程中需做好数据核验工作,剔除错误、遗漏数据,保障数据精准有效。通过实时采集录入,实现施工现场进度的数字化留存,彻底解决传统进度数据滞后、人工统计误差大、信息不完整的问题,为后续进度偏差分析提供精准数据支撑。

4.3 进度偏差识别与分析

依托BIM4D进度模型,可实现施工进度偏差的自动化、精准化识别与全方位分析,提升进度管控的精准度。系统可自动比对BIM模型中的计划进度数据与现场录入的实际进度数据,实时核算各工序、各施工阶段的工期完成率、进度差值,快速识别工期超前、滞后等偏差问题,精准定位偏差出现的施工工序与节点^[4]。针对识别出的进度偏差,结合工程施工实际情况,开展深度溯源分析,区分自然气候、水文变化、设备故障、人员不足、工序冲突、物资短缺等不同偏差成因。同时依托模型数据,量化分析偏差对后续工序、阶段性工期及整体总工期的影响程度,判断偏差风险等级。通过系统化偏差识别与分析,可精准掌握施工进度失控原因与风险范

围,为后续针对性纠偏调整提供数据支撑,避免偏差持续扩大引发严重工期延误。

4.4 进度纠偏与动态调整

进度纠偏与动态调整是BIM进度动态管控的核心落地环节,可实现施工进度实时优化、动态平衡。完成进度偏差分析后,结合偏差成因、风险等级与施工现场条件,制定针对性、可落地的纠偏方案。针对人员短缺、设备不足等问题,及时增补施工人员、调配大型施工设备,优化班组作业排班;针对工序冲突、施工方案不合理问题,依托BIM模型重新模拟工序流程,调整施工顺序与作业方案;针对汛期、天气等不可抗力因素导致的滞后,合理压缩后续非关键工序工期,优化资源配置。所有纠偏调整方案均通过BIM模型模拟验证,确认方案可行性后落地实施,同时实时更新模型进度数据与施工计划,实现进度计划与现场施工的动态匹配,持续缩小进度偏差,保障工程整体工期目标顺利达成。

结束语

本文针对水利工程施工进度管理面临的规模大、周期长、交叉作业复杂等难题,系统研究了BIM技术在进度管理中的应用路径。通过构建包含数据采集、模型建立、信息关联及4D模型生成的管理框架,并提出计划优化、数据采集、偏差分析与动态纠偏等管控方法,实现了施工进度的数字化、可视化与动态化管理。研究表明,BIM技术能有效提升进度管控的精准度与协同效率,为水利工程施工进度精细化管理提供了可行的技术方案与实践参考。

参考文献

- [1]曹修森.BIM技术在水利工程施工进度管理中的应用研究[J].水上安全,2026(1):145-147.
- [2]咎书林.BIM技术在水利工程施工进度管理中的应用[J].建筑与施工,2026,5(4):173-175.
- [3]施景文,陈勇,欧阳博文,等.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.
- [4]冯霞.水利工程施工中BIM技术在进度管理中的应用研究[J].工程建设与发展,2026,5(1):183-185.