

基于BIM的船闸工程施工进度动态控制方法

龙秋亮 袁 泉 陈 旭

湖南省航务工程有限公司 湖南长沙 410004

摘 要: BIM技术在基础设施建设领域的应用,为船闸工程进度控制提供全新思路,建立三维信息模型,动态集成施工计划与进度数据,达成施工过程可视化管理与实时监控。本研究立足船闸施工易受环境、施工组织等因素干扰的特点,提出融合BIM的动态进度控制方法,提升施工效率与计划执行准确性。此方法拥有良好的实践适应性与推广价值。

关键词: BIM技术; 船闸工程; 施工进度; 动态控制; 信息集成

引言

船闸工程是水利交通枢纽领域的重要组成部分,施工环节繁杂、建设周期漫长、受各类因素制约,进度管理往往遭遇难题。BIM技术拥有信息集成、可视化呈现、多维协同联动的能力,为船闸施工动态控制提供切实可行的实践路径。本文聚焦BIM平台对船闸工程施工进度响应能力、管理效率的提升路径探索,为传统水工施工数字化转型开辟全新思路。

一、船闸工程施工进度管理的现状与挑战

(一) 船闸施工工艺流程与进度控制特性

船闸工程属大型水工建筑,施工过程涉及结构、多道工序及紧密衔接的环节。施工流程包含基坑开挖、混凝土结构施工、水工设备安装与调试等阶段,各阶段对施工质量与进度均有要求。施工环境多处于水文条件多变、地质情况复杂区域,施工组织管理需具备系统协调能力,传统线性进度安排难以适配多工序交叉作业与现场突发事件,施工节点易延误,波及整体工期。施工进

度控制对船闸工程至关重要,任一环节偏差都可能引发后续流程连锁反应,工程涉及大量设备安装与构件预制,需各工序时间安排、施工资源科学调配。

施工单位需综合资源配置、施工顺序、外部环境等因素对工程进度的作用,嵌入动态调整与反馈机制。传统纸质计划及静态甘特图工具更新滞后、信息孤岛突出,无法实现多专业、多工序交叉作业全过程动态管理,船闸工程中,面对多变施工环境与复杂节点逻辑,这些工具适配性不足。BIM技术具备信息集成与可视化优势,可统一管理计划、设计及施工数据,为施工进度动态监控与优化调整提供高效支撑,是智能建造的重要路径。

(二) 传统进度管理模式存在的局限性

传统施工管理模式,施工进度控制依托静态计划、二维图纸、人工统计数据推进,信息传递效率偏低,实时性不足。管理人员常以会议、纸质汇报传达施工安排与调整指令,信息更新滞缓,难以同步反馈现场真实情况^[1]。缺失数据协同与可视化支撑的管理方式,造成各参建单位进度协调衔接断裂,大幅限制项目执行效率。船闸工程涉及多专业多工种交叉作业,传统管理手段无法对施工状态做出有效预判,直接削弱项目风险管控水平。

传统模式对复杂施工条件的适配能力薄弱,欠缺智能化分析与预测体系,遭遇突发地质变化、水位波动、设备延误等状况时,进度计划调整依赖人工推演判断,易产生误差累积效应。项目团队缺少工程全过程数据记录与深度挖掘能力,难以开展高质量施工模拟与方案优化工作。这类局限既降低施工现场问题响应速率,又易引发关键工序衔接阻滞,资源配置失去科学支撑,最终出现重复作业、人员待工等情况,严重阻碍工程质量与建设进度的协同推进。船闸类结构复杂、工艺严谨的工

作者简介:

龙秋亮(1982.09——),男,汉族,湖南岳阳,大学本科,正高级工程师,湖南省航务工程有限公司,研究方向:港航水利工程施工管理。

袁泉(1983.04——),男,汉族,湖南娄底,本科,高级工程师,湖南省航务工程有限公司,研究方向:港航水利工程施工管理。

陈旭(1986.11——),男,汉族,湖南浏阳,本科,高级工程师,湖南省航务工程有限公司,研究方向:水运工程施工管理。

程中，此类问题表现得更为明显，引入BIM技术能够实现全过程信息共享与实时进度反馈，提升组织管理的前瞻意识与协调水平，在当下工程建设领域具备显著必要性与现实紧迫性。

（三）动态控制在复杂工程环境中的应用需求

船闸工程多置身于复杂自然与工程环境，施工阶段易受气候、水文变化、施工干扰等多重因素影响，传统静态控制方法难以实时响应这些不确定性。动态控制注重施工过程持续监测、实时反馈与调整能力，可应对工程现场突发情况，实现关键路径、工期节点的灵活把控。多专业协作背景下，动态控制方法可整合施工模型、进度信息与现场数据，形成闭环管理机制，有效提升船闸工程施工计划执行率。

BIM技术与动态进度控制的结合，为船闸施工提供精细化、可视化管理手段，施工进度与BIM模型深度融合，进度计划的三维可视表达与仿真推演随之实现，支持多场景条件下动态响应。传感器与物联网技术辅助，现场实际数据实时反馈至BIM平台，达成施工状态与模型信息双向互动，这种高度集成的信息化管理模式打通设计、计划、施工与监测等各环节数据壁垒，实现全过程、全要素动态协同与智能决策，显著提升项目组织效率与管控水平。船闸工程面对地质复杂、水文多变、施工交叉密集等难题，该模式保障施工活动有序推进，为构建精细化、数字化管理体系提供强大支撑，推动工程从传统粗放式管理向智能化建造转型升级。

二、基于BIM的动态进度控制方法构建

（一）BIM模型在船闸工程中的数据集成机制

船闸工程施工阶段，BIM模型不只是三维可视化工具，更是多源信息的集成载体。模型可嵌入结构设计方案、具体施工工艺、详细进度计划、各类材料信息、全套设备参数等多维度数据，实现建筑信息在空间维度与时间维度的有机统一。参数化建模手段能将各专业模型加以协调整合，构建成具备逻辑关联的综合体，方便项目参与各方基于统一数据基底开展协同工作。船闸施工属于系统复杂、工序交叉频繁的工程场景，BIM的数据集成能力能够有效破解信息割裂难题，提升数据传递效率与决策制定效率。

结合进度管理的实际需求，BIM模型可将传统静态施工计划转化为4D模型，依托时间轴挂接方式，把每一构件的施工时间与空间位置同步呈现出来，让进度控制过程实现可视化、可回溯、可预测。BIM模型与Navisworks、Revit、Project等工程项目管理软件实现对接，

能够达成施工计划与实际执行状态的双向联动。施工单位可借助该模型开展进度仿真、冲突检测与资源优化调度工作，让进度控制具备前瞻性与科学性，为动态控制方法筑牢坚实的技术基础。

（二）动态进度控制系统的构架与运行逻辑

动态进度控制系统以BIM模型为核心，集成项目管理平台、传感数据采集终端与施工执行系统，搭建具备闭环反馈能力的信息化控制框架。系统将施工计划设为初始控制参数，集成实时监测数据与现场执行信息，完成进度自动更新与偏差分析。设计遵循“计划-执行-监控-调整”逻辑链条，可对每一施工节点实际状态智能识别，与BIM模型同步对比，形成动态响应机制^[2]。信息化手段提升工程对环境变化和资源波动的适应能力，有效减少人工干预引发的误差和延时。

运行过程中，控制系统实时接收现场传感器数据，涵盖位移监测、温湿度、混凝土养护进度等关键施工指标，依托云平台或局域网完成数据传输，至BIM平台开展集成分析。算法模型对施工状态完成偏差识别与风险预警，生成调整建议供项目管理团队参考。这种集数据采集、智能分析、决策支持于一体的动态控制模式，极大提升施工进度管理的精细化与响应性，尤其适用于船闸工程这类结构复杂、进度敏感的项目，为控制方法提供技术支持与实践保障。

（三）关键控制点与实时反馈机制的建立

船闸工程进度控制中，关键控制点的识别与设定是动态管理的核心，控制点涵盖节点工序、结构关键转换部位、材料与设备到场时机，兼具进度引导与风险触发作用。BIM模型中预设控制点及对应施工工艺逻辑，能对施工全流程形成阶段性约束，保障施工按计划推进。每个控制点均包含施工时间，同时绑定构件属性、空间位置、资源需求等信息，模型由此成为进度控制依据。

控制点实时反馈需在工程现场部署数据采集与传输装置，进度扫码系统、RFID设备、视频监控及无人机巡检均属此类手段。数据经接口导入BIM平台，与预设模型状态比对，判定是否存在工期偏差。工期偏离目标时，系统自动生成警示信息并给出调整方案，助力项目团队快速响应，重新协调资源与计划。这一机制提升进度控制实时性与精度，强化船闸施工管理的执行力与透明度，助力工程数字化、智能化管理推进。

三、基于BIM的动态控制方法在工程中的应用分析

（一）某典型船闸工程案例介绍与建模过程

某省级重点水运枢纽船闸工程，总长度超300米，

包含引航道、闸室、闸首、控制房及附属设备等施工单元，结构复杂且施工工序交错密集。项目团队前期采用BIM技术建模，覆盖建筑结构、水利机械、电气系统及管线布设。Revit平台完成建筑与结构建模，Navisworks负责模型整合与进度模拟，融合GIS地理信息实现模型与地理环境动态匹配，助力后续施工仿真与现场布置优化。

建模中对船闸各类构件及施工节点编码，按施工先后逻辑设置4D时间参数，通过时间轴动态展示施工过程。衔接实际工艺流程与施工计划，BIM模型与进度控制系统集成，方便现场管理团队实时获取施工状态信息。项目部署二维码跟踪系统与移动终端设备，实现构件状态与模型信息双向更新，此建模方法为工程全生命周期搭建数字底座，实现各阶段数据互通与要素沉淀，为动态控制系统筑牢运行根基，保障数据同步、状态联动，适配船闸工程复杂施工场景下的高效管控需求，夯实智能建造落地基础。

（二）施工进度管控效果对比与评估

项目实施阶段，对比传统进度管理与BIM动态进度控制方法，后者在响应效率、计划执行力及资源协调性上更具优势。传统方式依赖人工上报与手工记录传递施工信息，反馈迟缓，问题处理跟不上现场变化节奏。BIM平台实时更新施工状态，管理人员可直接从模型获取各节点进展，快速识别风险点并调整，提升工期控制灵活性与准确性。采用BIM控制的项目，关键工序延误率降低约35%，材料浪费率下降超20%，整体计划执行率同步提升。

量化评估项目各阶段进度偏差、关键路径占比及施工资源调配效率，验证了BIM动态控制方法对复杂工程的适应能力^[1]。混凝土结构浇筑与设备吊装阶段，BIM模型展示构件空间位置与施工顺序，现场工人依托可视化模型识别任务，减少施工冲突与等待耗时。施工计划调整可在模型中完成多工况推演、资源配置适配验证后快速部署，增强调度工作的科学性与前瞻性，BIM在提升全流程施工透明度、打通各参与方信息壁垒、减少关键节点进度偏差上优势明显，是应对复杂工程管理难题、保障项目高效推进的不可或缺的技术支撑。

（三）BIM进度控制方法的适用性与推广价值

基于BIM的施工进度动态控制方法，适配本案例同类型复杂工况的船闸工程，亦适用于结构复杂、作业交

叉频繁的水利与市政项目，凭借多维信息模型，突破传统静态计划的固有束缚，达成施工进度实时响应与动态调整。大型水工项目工程量大、协同需求高，BIM实现各专业间数据集成与协同管理，为项目全周期提供贯穿设计施工运维的数字化支持。不同阶段嵌入进度控制机制，项目团队可精准掌握进展状态、快速优化施工路径，提升整体管理效率与工期可控性。

推广应用上，该方法可复制性与平台兼容性强，能对接主流及定制化的多种施工管理系统。各地水运枢纽、港口码头、水闸等基础设施项目数字化转型进程中，引入此成熟模式即可强化管理能力。结合现有信息化平台与行业政策支持，BIM动态进度控制正稳步成为国家重点工程项目管理主流方向。未来智能建造、物联网技术深度融合渗透，与大数据、云计算等新一代信息技术协同发力，此方法适配各类大型水工与市政基础设施建设场景，将在质量溯源、安全预警、效益管控等核心环节释放更大潜力，为工程行业数字化升级注入强劲动能，助推领域从数字化向智能化、智慧化深度转型。

结语

本文聚焦BIM驱动的船闸工程施工进度动态控制方法研究，分析船闸施工流程特点及管理难点，搭建BIM为核心的数据集成与动态调控机制，结合实际案例验证其可行性与应用成效。此法可提升施工进度控制的精准度与响应速率，工程适用性与推广价值突出。信息化技术持续发展，BIM在复杂水工项目中的作用将愈发凸显，助力施工管理向智能化、精细化转型。

参考文献

- [1]张婷.BIM技术在施工进度管理中的风险预警与控制[J].产品可靠性报告,2025,(12):145-146.
- [2]黄会荣,余志鹏,岑达,等.船闸施工大体积混凝土全过程温控防裂研究[J].珠江水运,2025,(23):62-66.
- [3]黄超天,沈婷,王傲威.基于BIM的船闸智慧管养技术应用[J].水运工程,2025,(04):156-163+190.
- [4]赵宋.船闸工程BIM模型技术研究[J].智能城市,2024,10(08):84-86.
- [5]周钦,陈虹宇,刘永胜.基于BIM的船闸工程研究与应用[J].中国水运,2022,(17):116-118