

# 基于BIM技术的水利工程施工进度与质量控制研究

万青松

金湖县水务局 江苏 淮安 211600

**摘要:** 水利工程施工存在工期长、技术复杂、环境影响显著等特征,传统进度与质量控制模式因信息割裂、协同不足,导致管理效率低下。BIM技术以三维建模为基础,融合多维度数据,为破解这一难题提供新路径。本文以水利工程施工全流程为研究对象,分析BIM技术适配性,构建进度控制模型实现资源动态优化;设计质量控制体系,搭建信息集成平台并建立预测模型;探索进度-质量协同机制,开发多目标优化模型与协同平台。理论结合实践验证了BIM技术对提升管控精度、降低风险的有效性,为水利施工管理现代化提供参考。

**关键词:** BIM技术; 水利工程; 施工进度; 质量控制

引言: 水利工程作为国家重要基础设施,其施工质量与进度直接关系到防洪抗旱、水资源调配等核心功能的实现。当前,我国水利工程建设规模不断扩大,施工环境日趋复杂,传统管控模式依赖二维图纸与人工协调,常出现进度滞后、质量隐患等问题。BIM技术的出现为施工管控革新提供了契机,其可视化、参数化、协同化的特点,能够整合施工全周期数据。本文聚焦BIM技术在水利工程施工进度与质量控制中的应用,旨在解决传统模式痛点,推动水利工程施工管理向精细化、智能化转型,保障工程建设目标实现。

## 1 BIM技术核心功能与水利工程适配性分析

### 1.1 BIM技术基础理论

BIM技术即建筑信息模型技术,以数字化手段构建包含建筑全生命周期信息的三维模型,核心在于“信息集成”与“协同管理”。其基础理论涵盖参数化建模理论、数据互用理论及协同工作理论。参数化建模通过建立构件间的关联关系,实现模型修改的联动更新,打破传统二维图纸的孤立性;数据互用理论支持多专业、多阶段数据的无缝对接,确保信息在设计、施工、运维等环节的有效传递;协同工作理论则搭建了多方参与的工作平台,使设计单位、施工单位、监理单位等可实时共享信息,减少沟通成本。与传统技术相比,BIM技术实现了从“图形表达”到“信息模型”的转变,为工程管控提供了精准、全面的数据支撑,这一特性使其在复杂工程管理中具有不可替代的优势。

### 1.2 水利工程特点与BIM技术适配性

水利工程具有鲜明的行业特点,一是施工范围广,常涉及水域、丘陵等复杂地形,地质条件多变;二是结构复杂,包含泵站、渠道、水闸等多种构筑物,各部分施工技术要求差异大;三是工期跨度长,易受水文、气

候等自然因素影响;四是参建单位多,各专业协同难度高<sup>[1]</sup>。这些特点与BIM技术的核心功能高度适配: BIM的三维可视化功能可直观呈现复杂地形与构筑物结构,帮助施工人员精准把握施工要点;参数化建模能快速响应地质条件变化,及时调整施工方案;多维度数据集成可整合气象、水文等环境数据,为进度规划提供科学依据;协同平台则能实现参建各方的实时沟通,解决专业间信息壁垒问题。这种适配性使BIM技术能够针对性解决水利工程施工管控中的难点问题。

### 1.3 BIM技术在水利工程中的典型应用场景

BIM技术在水利工程施工中已形成多个成熟应用场景,覆盖施工全流程。在施工准备阶段,可利用BIM模型进行场地规划,模拟施工道路、临时设施的布局,优化场地利用效率,避免与周边环境冲突;在设计交底环节,通过三维可视化模型直观展示设计意图,帮助施工人员理解复杂结构,减少设计误解导致的质量问题。施工实施阶段,BIM技术可用于工序模拟,提前预判泵站浇筑、渠道衬砌等关键工序的施工难点,优化施工工艺;通过模型与现场数据的对比,实现施工进度的实时跟踪,及时发现进度偏差。此外,在竣工验收阶段,BIM模型可作为工程竣工资料的核心载体,整合施工过程中的质量检测数据、变更记录等信息,为工程验收与后续运维提供完整的数据支撑,提升验收效率与准确性。

## 2 基于BIM的水利工程施工进度控制模型构建

### 2.1 水利工程进度计划编制方法

基于BIM的水利工程进度计划编制打破了传统“自上而下”的固化模式,形成“模型驱动、数据支撑”的编制流程。首先,以BIM三维模型为基础,将施工工序与模型构件精准关联,构建“工序-构件”对应关系库,明确各工序的施工对象与技术要求。其次,整合施工资源数

据（人员、设备、材料）、环境数据（水文、气候）及定额数据，利用BIM平台的进度计算功能，自动生成初步进度计划。随后，通过施工模拟对初步计划进行优化，例如模拟泵站混凝土浇筑的分层施工过程，结合混凝土强度增长规律，合理安排浇筑间隔，避免出现施工冷缝；针对汛期、冬季等特殊时段，调整施工工序顺序，降低自然因素对进度的影响。最后，将优化后的进度计划分解为周、月、季三级计划，嵌入BIM模型中，形成可视化的进度管控基准，为后续进度跟踪提供依据。

### 2.2 进度-资源动态优化

进度与资源的动态失衡是导致水利工程进度滞后的主要原因之一，基于BIM的动态优化模型可实现二者的协同匹配。该模型以BIM平台为核心，构建“进度-资源”双向反馈机制：一方面，通过模型实时跟踪施工进度，当任何一道工序出现进度偏差时，自动分析偏差原因，判断是否由资源不足导致；另一方面，整合资源实时数据，包括人员到岗情况、设备运行状态、材料库存及进场计划，建立资源供需平衡分析模块。当发现资源短缺时，模型可快速模拟资源调配方案，例如调整相邻工序的资源投入，或优化材料运输路线，缩短材料进场时间；若资源过剩，则提出资源分流建议，避免资源浪费<sup>[2]</sup>。同时，模型具备预测功能，基于历史施工数据与当前进度，预测未来一段时间的资源需求，提前制定资源储备计划，确保进度与资源的动态平衡，提升施工效率。

## 3 基于 BIM 的水利工程施工质量控制体系设计

### 3.1 水利工程施工质量控制要点

水利工程施工质量控制需精准聚焦关键环节与核心指标，结合建筑信息模型（BIM）技术的特性，明确具体控制要点。从结构安全层面来看，泵站、水闸等核心构筑物的混凝土强度与抗渗性是重中之重。混凝土强度直接关系到构筑物能否承受水压力、土压力等外力作用，而抗渗性则影响着构筑物的耐久性，防止因渗水导致内部钢筋锈蚀、结构破坏。因此，必须严格把控原材料质量，如水泥的品种、砂石的粒径与含泥量等，同时优化浇筑工艺，确保混凝土振捣密实、养护到位。渠道工程的衬砌平整度与防渗性能直接影响输水效率，若衬砌不平整，会导致水流紊乱、增加水头损失；防渗性能不佳则会造成水资源浪费。在施工工艺方面，钢筋绑扎的间距与保护层厚度、模板安装的垂直度与密封性，以及预埋件的安装精度，都是容易出现质量问题的环节。另外，地质条件对质量的影响不可小觑，在地基处理阶段，需精准控制地基承载力与沉降量，避免因地基不均

匀沉降导致结构开裂，影响工程整体安全与稳定。借助BIM技术，可将这些控制要点量化为具体参数，嵌入模型构件中，形成“构件-质量参数”对应关系，实现质量控制从“事后检测”向“事前预防、事中控制”的转变。

### 3.2 BIM-质量信息集成平台

BIM-质量信息集成平台是推动水利工程质量精细化管理的核心载体。该平台以BIM三维模型作为数据中枢，全面整合多源质量信息。平台的功能模块丰富多样，其中质量标准管理模块内置了水利工程施工质量验收规范，将抽象、复杂的质量标准转化为模型能够精准识别的参数，为质量控制提供明确依据。质量检测数据录入模块支持现场检测人员通过移动终端实时上传混凝土块强度、钢筋检测报告等关键数据，并与对应的模型构件进行精准关联，实现数据与实体的无缝对接。质量问题追溯模块功能强大，当发现质量隐患时，可通过模型快速定位问题位置，详细查询该部位的施工人员、使用设备、投入材料等信息，明确责任主体，为质量整改与责任追究提供有力支撑<sup>[3]</sup>。平台具备直观的可视化展示功能，通过不同颜色清晰标注构件的质量状态，如绿色代表合格、黄色代表待检、红色代表不合格，使质量情况一目了然。同时，平台支持数据共享，监理单位可实时查看质量数据，及时提出整改意见，形成质量控制的闭环管理，有效提升质量管理效率与水平。

### 3.3 质量预测模型

基于BIM的质量预测模型以大数据与机器学习技术为坚实支撑，能够实现对水利工程施工质量隐患的提前精准预判。模型构建过程严谨细致，首先需广泛收集历史施工数据，涵盖BIM模型数据、质量检测数据、施工日志、环境数据等多方面信息，建立全面、系统的质量隐患数据库。通过深入分析，明确混凝土裂缝、钢筋锈蚀等常见质量问题与各类影响因素之间的关联关系，为模型训练提供可靠依据。随后，采用先进的神经网络算法对数据进行深度训练，构建科学合理的质量预测模型。该模型的输入参数丰富多样，包括施工工艺参数，如混凝土配合比、浇筑速度等；环境参数，如温度、湿度等；以及材料参数，如水泥强度等级等。输出则为质量问题发生的概率及风险等级。在施工过程中，模型实时接收平台上传的现场数据，动态更新预测结果。当参数超出预警阈值时，自动发出质量预警，并推送针对性的防控建议，帮助施工人员提前采取有效措施，将质量问题扼杀在萌芽状态，显著降低质量问题发生的概率，保障水利工程施工质量。

#### 4 BIM技术的水利工程施工进度-质量协同控制机制研究

##### 4.1 进度与质量的冲突关系分析

水利工程施工中,进度与质量常存在冲突关系,这种冲突源于资源分配与施工节奏的失衡。从施工实践来看,当追求进度提前时,易出现“抢工”现象,导致施工人员为缩短工序时间简化操作流程,例如混凝土浇筑时振捣不密实,或未达到规定养护时间就进入下道工序,引发质量隐患;部分工程为加快进度,盲目增加施工班组,却因协调不当导致工序混乱,反而降低施工质量。反之,过于强调质量控制可能导致进度滞后,例如对施工质量标准过度解读,增加不必要的检测环节,延长工序周期;当发现质量问题时,若整改方案制定不及时,也会导致后续工序延误<sup>[4]</sup>。另外,资源有限时,进度管控与质量管控的资源争夺也会加剧二者冲突,需明确二者的协同目标,避免片面追求单一指标。

##### 4.2 基于BIM的多目标优化模型

基于BIM的多目标优化模型以“进度合理、质量合格、成本可控”为目标,实现进度与质量的协同优化。模型构建以BIM平台为基础,整合进度计划数据、质量控制参数及资源成本数据,建立多目标函数,其中进度目标以工期偏差最小为量化指标,质量目标以质量问题发生率最低为指标,成本目标以资源投入最小为指标。模型采用遗传算法对多目标函数进行求解,通过算法迭代寻找最优解,例如当工序存在进度滞后风险时,模型可模拟两种优化方案:一是增加资源投入加快进度,同时计算该方案下质量控制的额外成本与风险;二是适当调整后续工序进度,避免质量问题。模型会综合评估两种方案的工期、质量与成本效益,输出最优方案。此外,模型支持动态调整,当施工条件变化时,自动更新目标函数参数,确保优化方案的适应性。

##### 4.3 协同控制平台开发

协同控制平台是实现进度与质量协同管控的实操载

体,平台基于BIM技术构建,具备数据集成、协同决策、实时预警三大核心功能。数据集成层面,平台打通进度管理模块与质量管理模块的数据壁垒,实现进度偏差数据与质量问题数据的联动分析,例如当有些部位出现质量整改时,自动计算整改对后续进度的影响。协同决策层面,平台搭建多方参与的沟通界面,施工单位、监理单位、建设单位可实时查看进度与质量数据,针对冲突问题在线讨论解决方案,平台记录讨论过程与决策结果,形成可追溯的决策记录<sup>[5]</sup>。实时预警层面,平台设置进度偏差阈值与质量风险阈值,当进度滞后超过10%或质量参数超出标准范围时,自动向相关责任人推送预警信息,并附问题分析报告与建议措施。平台还支持移动端访问,方便现场人员随时查看数据与处理问题,提升协同效率。

##### 结束语

本文围绕BIM技术在水利工程施工进度与质量控制中的应用展开研究,通过分析BIM技术与水利工程的适配性,构建了进度控制模型、质量控制体系及二者的协同控制机制,为水利工程施工管控提供了新的思路与方法。随着BIM技术与大数据、人工智能的深度融合,未来水利工程施工管控将向更加智能化、自动化的方向发展,为水利工程建设高质量发展提供更强有力的技术支撑。

##### 参考文献

- [1]余玫芳,陈景祥,刘辉.基于BIM技术的水利工程施工管理研究[J].价值工程,2024,43(29):159-162.
- [2]高栋,吕桂鹏.基于BIM技术的水利工程设计与施工一体化研究[J].水上安全,2024,(18):59-61.
- [3]张欣.基于BIM技术的水利工程施工进度管理研究[J].水利与建筑工程学报,2022,39(03):105-110.
- [4]王文译.BIM技术在水利工程质量中的应用探讨[J].建筑技艺,2023,32(02):85-89.
- [5]张庆萍.基于BIM技术的水利工程施工进度管理优化研究[J].中国科技纵横,2025(13):152-154.