

Application of BIM Technology in the Design of Small and Medium-sized Water Conservancy Projects

Jing Yang¹ Yuanhua Dong² Jiantao Cheng¹ Cong Wang¹ Di Xu¹

1. Yangzhou Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 215500, China
2. Changshu City Water Conservancy Project Quality Supervision Station, Changshu, Jiangsu, 215500, China

Abstract

To effectively enhance the design precision of small and medium-sized water conservancy projects, strengthen multi-disciplinary collaboration efficiency, and promote the iterative upgrading of design models, this study advances the refinement and efficiency of water conservancy construction. Through data analysis and BIM technology applications, the paper examines the core characteristics and fundamental requirements of such projects. By adjusting design approaches and streamlining workflows, it explores BIM implementation pathways from multiple dimensions. The research establishes a closed-loop design system encompassing preliminary analysis, scheme evaluation, detail optimization, and deliverable outcomes, ultimately meeting the operational and maintenance demands of modern small and medium-sized water conservancy projects.

Keywords

small and medium-sized; hydraulic engineering; project design; BIM technology; application strategy

中小型水利工程设计中 BIM 技术的应用探讨

杨靖¹ 董元华² 程健涛¹ 王聪¹ 徐狄¹

1. 扬州市勘测设计研究院有限公司, 中国·江苏扬州 215500
2. 常熟市水利工程质量监督站, 中国·江苏常熟 215500

摘要

为有效提升中小型水利工程设计精度, 强化多专业协同效率, 推动中小型水利工程设计模式的迭代升级, 推动水利工程建设精细化与高效化。文章借助资料研究等方法, 运用BIM技术, 立足中小型水利工程设计的主要特点与基本需求, 调整设计思路, 理顺工作逻辑, 从多个维度出发, 深入探索BIM技术在中小型水利工程设计中的应用路径, 形成前期分析、方案比选、细节优化、成果交付的闭环化设计体系, 满足新形势下中小型水利工程的运维需求。

关键词

中小型; 水利工程; 项目设计; BIM技术; 应用策略

1 引言

中小型水利工程涵盖小型水库、灌区改造、河道治理、农村饮水安全等多种类型, 具有分布广泛、功能多元、建设周期短、投资规模小等特点。着眼中小型水利工程的功能定位与使用场景, 设计团队在项目规划与方案优化过程中, 充分运用 BIM 技术, 搭建项目设计路径, 健全项目设计流程, 旨在不断提升中小型水利工程设计质量, 有效降低工程成本, 保障工程安全, 稳步增强中小型水利工程设计能力。

2 BIM 技术在中小型水利工程设计中的应用的重要性

2.1 提升设计精度

中小型水利工程虽单体规模较小, 但涉及地形适配、结构安全、水力性能等关键设计要素, 传统二维设计依赖人工绘制图纸与分散计算, 易因数据传递断层、尺寸标注偏差、参数核算失误导致设计漏洞, 进而引发施工返工或运行风险。BIM 技术通过构建参数化三维模型, 将工程区域地形数据、水工结构尺寸、材料物理属性、水力计算参数等核心信息集成于统一数字化平台, 实现设计要素的实时关联与自动校验^[1]。例如, 在小型灌区渠道设计中, 设计人员基于 BIM 模型导入实测地形数据, 精准构建渠道纵断面与横断面模型, 同时关联水力计算公式, 实时模拟不同流量下的渠道流速、水深等水力参数, 如果出现流速超标或水深不足的问题, 模型自动预警并提示参数调整方向, 避免传统设计中

【作者简介】杨靖(1991-), 男, 中国江苏扬州人, 硕士, 工程师, 从事水利工程设计研究。

因人工计算误差导致的渠道输水效率低下或冲刷损坏问题。BIM模型的可视化特性可直观呈现结构细节，闸门与启闭设备的连接节点、渠道衬砌的接缝处理等，便于设计人员发现二维图纸中难以察觉的细节缺陷，显著提升设计成果的精准度与可靠性。

2.2 强化协同效率

中小型水利工程设计涉及水工、地质、机电、造价、生态等多专业协同，传统设计模式下各专业以独立图纸文件开展工作，专业间信息传递依赖线下会议或文档交接，易出现信息滞后、理解偏差，导致专业冲突问题。BIM技术搭建的协同设计平台，打破了专业间的信息壁垒，支持各专业设计人员在同一三维模型环境中同步开展工作，通过权限分配实现设计成果的实时共享与动态更新。以小型水库除险加固工程设计为例，地质专业完成坝基勘察后，直接在BIM模型中标注地质分层、软弱夹层分布等信息。水工专业基于地质数据进行坝体结构设计时，如果发现坝体防渗墙与地质软弱夹层位置冲突，可即时在模型中标记并通知地质专业共同研判调整方案。机电专业则可在坝体结构模型确定后，同步开展溢洪道闸门启闭系统的设备选型与布置设计，通过模型碰撞检测功能自动识别设备与结构构件的空间冲突，提前规避施工阶段的专业矛盾。同时，BIM模型可将设计信息自动转化为造价数据，为造价专业提供精准的工程量统计依据，避免传统人工算量的误差与效率损耗，实现多专业高效协同，大幅缩短设计周期。

3 BIM技术在中小型水利工程设计中的应用思路

3.1 重塑水利工程设计流程

传统中小型水利工程设计多采用“项目立项→地形勘察→方案设计→初步设计→施工图设计”的线性设计流程，各阶段相对独立，信息反馈滞后，难以根据前期设计成果动态优化后续方案，易导致设计与实际需求脱节。基于BIM技术的设计流程，需构建“闭环迭代”的协同设计体系，以三维模型为核心载体，实现各设计阶段的信息贯通与交叉衔接^[2]。在项目立项阶段，设计团队可利用BIM模型结合GIS地理信息系统，整合工程区域的地形地貌、水文气象、土地利用等数据，开展项目可行性分析与选址比选，直观评估不同选址方案的建设难度与生态影响。方案设计阶段，通过BIM模型快速生成多套设计方案，如小型河道治理工程的“生态护岸”与“混凝土护岸”两种方案，借助模型提取工程量、造价估算、水力性能等数据，进行技术经济性对比分析，为决策提供量化支撑。初步设计与施工图设计阶段，基于前期确定的方案模型，持续完善结构细节、设备参数、施工工艺等信息，同时邀请施工单位、运维单位提前参与模型审查，收集现场施工可行性与后期运维便利性的意见，实现设计方案的动态优化。这种流程重塑打破了传统设计阶段

的边界限制，使设计过程成为“数据驱动、多方参与、持续优化”的动态过程，提升设计方案的适应性与可落地性。

3.2 推动设计表达的可视化

传统中小型水利工程设计成果以二维图纸、文字说明为主，其抽象性导致业主单位、施工团队、基层群众等非专业人员难以准确理解设计意图，易在方案沟通、施工交底、公众参与环节出现偏差。BIM技术通过三维可视化建模，将抽象的设计参数转化为直观的三维场景模型，可清晰展示工程整体布局、结构细节、设备布置及建成后效果。例如，在农村饮水安全工程设计中，设计团队可利用BIM模型生成供水管网三维示意图，标注管网走向、管径大小、蓄水池位置及供水范围，向村民直观讲解工程建设内容与供水保障能力，有效提升公众参与度与意见征集效率。在设计方案汇报环节，通过BIM模型的漫游动画、剖切展示功能，可动态呈现小型水库的坝体结构、溢洪道工作原理、输水隧洞内部构造，帮助业主单位快速把握设计核心要点，缩短方案决策周期。此外，BIM模型支持数字化成果交付，将设计信息、材料参数、施工要求等整合为标准化数字文件，便于施工单位通过模型进行施工交底与技术指导，减少传统纸质图纸传递过程中的信息丢失与误解，提升设计成果的传递效率与应用价值。

3.3 突出设计决策的数据化

传统中小型水利工程设计决策多依赖设计人员的经验积累与主观判断，缺乏系统的量化数据支撑，易导致决策结果存在片面性，如过度强调结构安全而忽视造价控制、注重短期建设成本而忽略长期运维费用等。BIM技术通过构建包含工程全要素的信息数据库，为设计决策提供精准、全面的量化依据，实现“数据驱动决策”的设计模式转型。在设计方案比选环节，设计团队可通过BIM模型自动提取各方案的关键数据，结构工程量、主要材料用量、水力效率指标、造价估算结果、运维成本预测等，建立多维度评价体系。以小型泵站设计为例，针对“立式泵站”与“卧式泵站”两种方案，可通过模型对比分析设备安装难度、占地面积、能耗指标、运行噪声等数据，结合工程所在地的地形条件与功能需求，选择最优方案。在设计参数优化环节，借助BIM模型的参数化特性，对关键设计参数进行多组模拟分析，渠道断面尺寸、坝体坡比、闸门开启度等，通过模型计算不同参数组合下的技术性能与经济成本，确定最优参数区间。

4 BIM技术在中小型水利工程设计中的应用路径

4.1 推动数据共享，提升设计效率

中小型水利工程设计涉及多源异构数据，包括地形勘察数据、设计规范数据、设备参数数据等，在传统数据管理模式，数据分散存储于不同软件文件或数据库中，调用时需人工转换格式，不仅效率低下，还容易出现数据丢失、

格式不兼容等问题。BIM技术通过构建统一的数据共享平台,实现设计数据的集中管理、标准化整合与高效复用。建立基于BIM的中小型水利工程设计数据标准体系,明确各类数据的格式要求、属性定义与存储规则,地形数据采用GIS兼容格式,结构数据遵循IFC标准,确保数据的兼容性与一致性^[3]。工作团队要做好数据接口模块的开发,实现BIM模型与勘察软件、计算软件、造价软件的数据双向传输,例如,将勘察软件生成的地形模型直接导入BIM平台,避免人工重新建模的重复劳动,将BIM模型中的结构参数自动同步至计算软件进行受力分析,减少数据录入误差。搭建云端数据共享库,赋予不同专业设计人员相应的数据访问与编辑权限,实现数据的实时更新与同步共享,地质专业完成勘察数据更新后,水工专业可即时获取最新数据调整基础设计方案,无需等待文件传输,大幅提升设计数据的利用效率与设计工作的整体进度。

4.2 建立三维模型,修正设计参数

三维建模是BIM技术在中小型水利工程设计中的核心应用环节,需结合工程类型与设计需求,构建“地形环境—主体结构—附属设施”一体化的全要素三维模型,并通过模型校验功能修正设计参数偏差,确保设计成果符合规范要求。具体实施过程中,首先开展基础数据采集与预处理,通过无人机航拍、全站仪测量等方式获取工程区域高精度地形数据,结合地质勘察报告整理地层分布、岩土力学参数等信息,为建模提供准确基础数据。其次,按照设计方案分阶段构建三维模型,先建立地形模型与工程主体结构模型,再集成机电设备、管线、闸门等附属设施模型,建模过程中严格遵循设计规范与参数要求,确保模型尺寸、位置与设计一致。模型建成后,启动BIM软件的校验功能进行多维度审查,开展碰撞检测,检查结构构件之间、结构与设备之间的空间冲突,如泵站内部电机与承重梁的碰撞、输水管线与电缆沟的交叉等,生成碰撞报告并指导设计调整。进行尺寸与参数校验,自动比对模型参数与设计规范要求,检查渠道边坡坡度是否符合稳定要求、坝体混凝土强度等级是否达标等,对超标参数进行预警。开展工程量复核,通过模型自动统计各分项工程的工程量,与设计估算工程量进行对比分析,若偏差超过允许范围,反向核查模型参数并修正,确保设计参数的准确性与工程量的精准性。

4.3 运用仿真模拟,优化设计方案

仿真模拟是利用BIM技术挖掘设计方案潜力、规避工程风险的关键手段,通过对中小型水利工程的水力特性、结

构受力、施工过程等进行数字化模拟,提前发现设计方案中的潜在问题,针对性优化设计,提升工程技术性能与经济性。在水力特性模拟方面,将BIM模型导出为水力计算软件兼容格式,导入MIKE、Flow-3D等专业软件,模拟工程运行中的水流状态,如小型水库溢洪道的泄流能力、渠道的输水损失、泵站进水池的流态分布等,根据模拟结果调整设计参数,如优化溢洪道曲面体型减少水流漩涡、调整渠道糙率系数降低输水损失、优化进水池结构改善水流均匀性^[4]。在结构受力模拟方面,将BIM模型转化为有限元分析模型,利用ANSYS、ABAQUS等软件开展结构强度、刚度与稳定性分析,坝体在水位变化下的应力分布、泵站厂房在设备振动荷载下的变形情况、渠道衬砌在土压力作用下的受力状态,根据分析结果优化结构设计,增加坝体防渗墙厚度、调整厂房梁柱截面尺寸、加强渠道衬砌配筋,确保结构安全且经济合理。在施工过程模拟方面,基于BIM模型结合施工进度计划,构建4D施工模拟模型,模拟不同施工方案的工序安排、资源配置与进度进展,渠道衬砌施工的分段划分、泵站设备安装的先后顺序等,通过模拟分析施工工序的合理性、资源利用效率与工期风险,优化施工方案,调整施工段划分减少交叉作业、优化机械配置提高施工效率、提前规划材料运输路线避免工期延误,实现设计方案与施工实施的精准衔接,降低施工风险与成本。

5 结语

在水利工程数字化转型的背景下,将BIM技术应用于中小型水利工程设计,是解决传统设计痛点、提升设计质量与效率的必然选择。文章结合中小型水利工程的特点与需求,从提升设计精度、强化协同效率两方面明确了BIM技术应用的重要性,围绕流程重塑、可视化表达、数据化决策构建了应用思路框架,并通过数据共享、三维建模、仿真模拟三大路径,形成了可操作、可落地的BIM技术应用方案。

参考文献

- [1] 贾汇松.BIM技术在水利工程中的应用研究[J].灌溉排水学报, 2023(8): 6-8.
- [2] 程仁娟.BIM技术在水利工程设计施工运维中的应用探讨[J].城市建设理论研究(电子版) 2025(20): 58-60.
- [3] 刘利兵,袁丽.BIM技术应用于水利工程设计的实践探讨[J].电气技术与经济, 2024(5): 98-100.
- [4] 周小日.BIM技术在水利工程设计中的深化应用[J].工程技术研究, 2023(24): 207-209.