

# 水利工程中BIM技术在设计与施工阶段的应用

徐锦鸿

沂水县久远水利水电建筑安装有限公司 山东 临沂 276400

**摘要:** 随着信息技术的迅猛发展,建筑信息模型(简称BIM)技术正逐步从传统建筑工程领域向基础设施工程延伸,尤其在复杂性高、周期长、协同需求强的水利工程项目中展现出巨大潜力。本文系统梳理了BIM技术在水利工程中的适用性,重点聚焦于其在设计与施工两大核心阶段的具体应用场景、关键技术优势及面临的挑战。探讨BIM如何提升水利工程的设计精度、施工效率、协同管理水平与全生命周期价值。研究表明,BIM技术能够有效解决传统水利工程建设中存在的信息孤岛、设计冲突、施工返工等问题,是推动水利行业数字化转型和高质量发展的关键支撑。文章最后对BIM在水利工程中的深化应用提出建议,以期对相关从业者提供理论参考与实践指导。

**关键词:** BIM; 水利工程; 设计阶段; 施工阶段; 协同管理; 数字孪生

## 引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,承担着防洪减灾、水资源调配、水力发电、生态修复等多重功能。近年来,随着“智慧水利”“数字中国”等国家战略的推进,传统以二维图纸为主导的工程管理模式已难以满足现代水利工程对精细化、智能化、全生命周期管理的需求。在此背景下,建筑信息模型(BIM)技术因其集成化、可视化、参数化和协同化的特点,逐渐成为水利工程建设数字化转型的核心工具。BIM并非单一软件,而是一种基于三维数字模型的信息集成与管理方法,贯穿项目规划、设计、施工、运维直至拆除的全生命周期。在水利工程中,由于工程体量大、地质条件复杂、机电设备繁多、交叉作业频繁,BIM技术的应用价值尤为突出。然而,相较于房建和交通领域,BIM在水利工程中的推广仍处于起步阶段,存在标准体系不健全、专业软件适配不足、人才储备短缺等问题。

## 1 水利工程特点与BIM适配性分析

水利工程具有工程规模宏大、结构形式复杂、多专业高度交叉、环境影响敏感以及建设周期长、投资大等特点。这些特性决定了其对信息集成与协同管理的高度依赖。例如,大型水库或引调水工程往往跨越多个行政区,涉及水文、地质、结构、水力学、金属结构、自动化等多个专业领域的深度交叉。传统以纸质图纸和分散电子文件为主的协作模式,极易造成信息割裂、版本混乱和设计冲突<sup>[1]</sup>。而BIM恰好能提供一个统一的数据平台,将各专业模型整合于同一空间坐标系下,实现“一模到底”的信息流转与动态更新,从而显著提升工程整体协同效率与决策质量。因此,BIM技术与水利工程的内在需求高度契合,具备极强的适配性与发展潜力。

## 2 BIM在水利工程设计阶段的应用

### 2.1 三维协同设计与多专业整合

BIM技术通过构建统一的三维信息模型,使水工、结构、机电、暖通、自动化等专业能够在同一平台上并行设计与实时交互。这种协同机制不仅提高了设计效率,更重要的是有效避免了后期施工中因专业碰撞导致的返工与延误。以水电站厂房为例,发电机层、水轮机层、主变室等关键区域的空间布局极为紧凑,电缆桥架、通风管道、油水管路密集交错。借助BIM平台,设计人员可在模型中直观识别各类管线之间的空间干涉,并提前优化走向与标高,确保施工阶段的顺利实施。这种“前置化”的冲突检测与协调机制,是BIM在设计阶段最直接且显著的价值体现。

### 2.2 参数化建模与智能构件库

水利工程中存在大量标准化或重复性结构,如溢洪道闸墩、渡槽节段、压力钢管、弧形闸门等。BIM支持参数化建模,允许设计人员通过定义关键几何与属性参数(如长度、坡度、材料强度等)自动生成构件模型,并支持批量修改与版本控制。这不仅大幅提升了建模效率,也保证了设计成果的一致性与规范性。同时,通过建立水利工程专用的BIM智能构件库,可以将行业经验固化为可复用的数字资产<sup>[2]</sup>。例如,将不同型号的启闭机、拦污栅、止水装置等设备封装为参数化族文件,设计人员只需调用即可快速完成布置,无需重复建模。这种基于知识复用的设计模式,有助于推动水利工程设计从“经验驱动”向“数据驱动”转型。

### 2.3 水力与结构性能分析集成

BIM的价值不仅在于几何表达,更在于其作为多学科分析平台的桥梁作用。在水利工程设计中,水力性能与

结构安全是核心考量因素。BIM模型可与专业分析软件（如MIKE、HEC-RAS、ANSYS等）进行数据交互，实现设计与仿真的闭环迭代。例如，将BIM生成的河道地形与堤防模型导入水文水力学软件，可模拟不同频率洪水下的淹没范围与流速分布，为防洪调度提供科学依据；或将大坝三维实体模型导入有限元分析平台，评估在正常蓄水、地震工况下的应力应变状态，优化结构配筋方案。这种“设计—分析—优化”的一体化流程，显著提升了设计方案的科学性、安全性与经济性，避免了传统设计中“先画图、后验算、再修改”的低效循环。

#### 2.4 工程量自动统计与造价估算

工程量统计是设计阶段成本控制的基础。传统方法依赖人工从二维图纸中提取数据，不仅耗时费力，且易因疏漏或理解偏差导致误差。BIM模型内嵌完整的几何与属性信息，可自动提取混凝土方量、钢筋吨位、土石方开挖量等关键工程量，并生成结构化的清单报表。这种基于模型的自动计量方式，精度高、效率快，为初步设计概算和施工图预算提供了可靠依据。部分先进的BIM平台还支持5D成本管理功能，将工程量与单价数据库关联，实现动态造价模拟与敏感性分析。例如，在方案比选阶段，可通过调整坝型或断面尺寸，实时查看对应造价变化，辅助决策者在技术可行性与经济合理性之间取得最优平衡。

#### 2.5 可视化沟通与方案比选

水利工程往往涉及重大公共利益，需向政府主管部门、移民群体或社会公众进行方案说明。BIM的可视化特性为此类沟通提供了强大支持。通过渲染、漫游、剖切等手段，可直观展示工程全貌、淹没影响范围、景观协调性以及施工临时设施布置等内容，降低非专业人士的理解门槛。在多个技术方案比选中，如重力坝与拱坝的选型、不同引水线路的走向比较，BIM可快速生成各方案的三维模型，并叠加环境、地质、造价等多维信息进行综合评估。这种“所见即所得”的决策支持方式，不仅提升了方案论证的透明度，也增强了各方对最终决策的认同感。

### 3 BIM在水利工程施工阶段的应用

#### 3.1 4D/5D施工模拟与进度管理

BIM通过将三维模型与施工进度计划（如Microsoft Project或Primavera P6）关联，构建4D施工模拟系统，可动态可视化整个施工过程。管理人员可在虚拟环境中预演关键工序，如深基坑开挖支护、大体积混凝土浇筑、大型金属结构吊装等，提前发现资源调配冲突、工序逻辑错误或空间干涉问题，并据此优化施工组织设计。在

此基础上，进一步叠加成本信息形成5D模型，可实现“进度—成本”联动监控<sup>[3]</sup>。例如，当某月实际进度滞后时，系统可自动预警对应的成本偏差，帮助项目经理及时采取纠偏措施，确保项目在预算与工期双重约束下稳步推进。

#### 3.2 施工场地布置与临时工程优化

水利工程通常需要建设大量临时设施，如围堰、施工道路、混凝土拌合站、预制构件场等。这些临时工程的布局直接影响施工效率与安全。BIM可用于三维规划施工总平面图，综合考虑地形地貌、既有构筑物、运输路线、安全距离等因素，优化场地功能分区。例如，在南水北调某标段工程中，项目团队利用BIM模拟不同施工阶段的场地转换需求，合理安排设备进场顺序与材料堆场位置，有效减少了二次搬运和临时占地，节省用地约15%。这种基于空间仿真与动态调整的场地管理方式，显著提升了施工现场的组织水平与资源利用效率。

#### 3.3 碰撞检测与施工深化设计

尽管设计阶段已进行多专业协同与碰撞检查，但施工阶段因现场条件变化、深化设计细节（如钢筋排布、预埋件定位）或分包单位模型精度不足，仍可能出现新的冲突。施工单位可基于设计BIM模型进行施工深化建模，并利用Navisworks等专业工具进行硬碰撞（实体干涉）与软碰撞（安全净距不足）检测。系统自动生成碰撞报告，明确冲突位置、涉及专业及建议解决方案，并通过协同平台反馈至设计单位进行确认或修改。这种“设计—施工”双向闭环机制，有效实现了“零返工”目标，保障了施工的连续性与质量稳定性。

#### 3.4 质量与安全管理的数字化

BIM模型可作为工程质量与安全管理的数字载体。在质量管理方面，可将混凝土浇筑仓面信息（如部位编号、强度等级、配合比、浇筑时间、养护记录）与模型构件绑定，形成可追溯的质量档案。一旦出现质量问题，可快速定位责任环节与相关参数。在安全管理方面，可在BIM模型中标识高风险作业区域（如高边坡、深基坑、高压电区），并设置虚拟安全围栏。结合人员定位手环或智能安全帽等物联网设备，系统可实时监测人员位置，一旦进入危险区域即触发预警<sup>[4]</sup>。此外，部分项目还探索BIM与增强现实（AR）技术融合，工人通过移动终端扫描现场二维码，即可叠加显示预埋件的精确位置与安装要求，大幅提升施工精度与安全性。

#### 3.5 工程计量与支付管理

传统工程计量依赖纸质图纸、现场签证与人工核算，流程繁琐且易引发争议。BIM模型作为权威的几何与

属性数据库,可作为工程计量的客观依据。按月度施工进度,系统可自动提取已完成部分的工程量,并与合同工程量清单进行比对,生成结构化的计量报表与支付申请。这一过程不仅大幅缩短结算周期,也提高了计量结果的透明度与公信力。对于业主而言,可基于BIM模型进行动态投资监控;对于承包商而言,则能更准确地预测现金流,优化资金安排。

### 3.6 数字孪生工地构建

随着物联网(IoT)、5G、边缘计算等技术的发展,BIM正逐步从静态模型向动态“数字孪生”演进。在水利工程施工现场,可部署各类传感器(如混凝土温控探头、变形监测仪、环境噪声计、扬尘检测器),实时采集工程状态数据,并通过API接口同步至BIM平台。管理人员在指挥中心即可通过数字孪生界面,实时监控大坝浇筑温度场、边坡位移趋势、施工环境指标等关键参数,实现远程调度、智能预警与应急响应。这种“虚实映射、实时互动”的管理模式,标志着水利工程施工正迈向高度智能化的新阶段。

## 4 面临的挑战与对策建议

### 4.1 主要挑战

尽管BIM在水利工程中展现出显著优势,但其推广仍面临诸多挑战。首先,行业标准体系尚不健全,缺乏统一的水利工程BIM建模标准、交付标准与分类编码体系,导致各项目模型深度不一、数据格式混乱。其次,主流BIM软件(如Revit)主要面向房建开发,对水工结构、水力设施等专业对象支持有限,需大量二次开发,增加了应用门槛。第三,BIM模型与水文、地质、安全监测等专业系统之间存在数据壁垒,难以实现真正意义上的全要素集成。此外,既懂水利工程又精通BIM技术的复合型人才严重短缺,制约了技术落地深度。最后,BIM实施涉及软硬件投入、流程再造与人员培训,初期成本较高,部分中小型项目望而却步。

### 4.2 对策建议

为推动BIM在水利工程中的深化应用,亟需多措并举

举。首先,应由水利部牵头加快制定《水利工程BIM应用标准》,明确各阶段模型精细度(LOD)、信息交付内容与协同流程,为行业提供统一指引。其次,鼓励国产BIM软件企业针对水利特点开发专业化平台,内置水工参数化构件库、水力分析插件等功能模块,降低使用门槛。第三,构建水利行业级BIM云平台,实现模型存储、版本管理、在线协同与数据共享,打破信息孤岛。第四,加强人才培养,在高校水利类专业增设BIM课程,推动在职工程师BIM技能认证体系建设。最后,积极探索“BIM+”融合应用,推动BIM与GIS、物联网、人工智能、数字孪生等前沿技术深度融合,拓展其在智能调度、灾害预警、生态评估等新场景中的价值。

## 5 结语

BIM技术作为新一代工程信息化的核心载体,正在深刻改变水利工程的传统建设模式。在设计阶段,BIM通过三维协同、参数化建模、性能分析与工程量统计,显著提升了设计质量与效率;在施工阶段,BIM通过4D/5D模拟、碰撞检测、数字工地等手段,实现了精细化、智能化的施工管理。典型案例表明,BIM不仅能够降低工程成本、缩短工期,更能提升工程安全与可持续性。然而,BIM在水利工程中的全面普及仍需克服标准、软件、人才等多重障碍。未来,应以“全生命周期、全要素集成、全过程协同”为目标,推动BIM从“可视化工具”向“智能决策平台”演进,最终服务于“智慧水利”国家战略,助力水利工程高质量发展。

## 参考文献

- [1]梁晓鹏.BIM技术在水利工程中的应用[J].散装水泥,2025,(05):70-72+75.
- [2]王杨.BIM技术在水利工程施工中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(09):93-95.
- [3]常婕.基于BIM技术的水利工程设计与施工协同优化研究[J].河南水利与南水北调,2025,54(08):39-40.
- [4]邢一豪,张伟,胡滨.BIM技术在水利工程中的应用与研究[J].地下水,2025,47(05):287-289.