

基于 BIM 技术的某水电站三维数字化设计与施工模拟

王飞

安徽木易建设工程有限公司 安徽省 合肥市 231121

【摘要】：针对 500 MW 水电站结构体量大、专业交叉多、管线埋件密集等问题，研究 BIM 技术在三维数字化设计、协同碰撞检测、施工模拟与效果评估中的应用路径。项目以 Revit 构建多专业模型，利用 Navisworks 开展碰撞检查与 4D 施工模拟，并结合 Primavera P6 实现进度动态管控。应用结果表明，碰撞问题由 260 项降至 26 项，减少 90%；施工工期由 48 months 压缩至 42.24 months，缩短 12%；成本支出降低 6%。研究表明，BIM 技术能够有效提升水电站设计协同效率、施工组织精度与全过程管理水平。

【关键词】：水电站；BIM 技术；三维设计；碰撞检测；施工模拟

0 引言：

水电站工程通常具有建设周期长、结构体系复杂、施工界面交叉频繁等特点，传统二维设计与线性管理方式难以及时发现空间冲突和施工组织风险。随着工程数字化转型推进，BIM 技术为水工结构、机电安装、进度计划和成本控制提供了集成化管理手段。开展 BIM 在水电站设计与施工阶段的应用研究，对提高设计质量、减少现场返工、优化资源配置具有重要意义。

1 某水电站项目概况与BIM技术应用基础

该水电站工程总装机容量为 500MW，枢纽主体选用混凝土重力坝方案，最大坝高 120m，计划总工期 48 个月，施工内容涵盖坝体浇筑、厂房布置、引水发电系统以及机电设备安装等多类专业作业。鉴于坝区结构体量大、埋件管线密集以及施工界面交叉频繁，传统二维设计容易把空间冲突延后至施工阶段，进而增加设计变更以及现场返工风险。BIM 技术把三维模型、构件属性以及进度信息整合到同一数据环境中，可支撑水工、结构、机电以及施工专业开展协同校核，并且把高边坡开挖、坝体分仓浇筑、设备吊装等风险环节提前纳入可视化推演。项目 BIM 应用以减少设计碰撞 80% 以上、缩短工期 10%、降低成本 5% 为核心控制目标，软件体系选用 Revit 进行模型创建，运用 Navisworks 开展碰撞检查以及施工模拟，并把 Primavera P6 当作进度计划编制与动态管控工具来使用。

2 基于BIM的水电站三维数字化设计实践

2.1 水电站多专业三维模型构建

围绕 500MW 水电站枢纽布置以及 48 个月施工组织需求，三维模型构建把坝体、厂房、引水发电系统以及机电安装对象纳入同一空间基准。建筑专业侧重厂房层高、交通廊道以及检修空间表达，结构专业建立坝段、廊道、基础处理以及钢筋埋件模型，水工专业把泄洪、消能、防渗以及引水通道作为重点对象，机电专业则对水轮发电机组、压力管道、电缆桥架、通风排水管线开展建模工作。各专业模型以统一坐标、高程基准

以及构件编码规则进行组织，避免模型拼合阶段出现位置偏移。以坝体结构为例，参数化建模从重力坝标准坝段族库创建切入，把坝高、坝顶宽度、上下游坡比、廊道尺寸以及分仓边界设置为可编辑参数，并且把混凝土强度等级、浇筑仓号、预埋件编号等属性关联至构件信息。模型精度控制选用 LOD300 标准，构件几何尺寸、空间定位以及接口关系需满足施工图深化与工程量提取要求。

2.2 BIM协同设计与碰撞检测优化

鉴于水电站坝区管线密集、设备基础复杂以及土建施工界面交叉频繁，协同设计需把权限分配、版本管理以及问题闭环纳入统一流程。项目在中心模型中划分水工、结构、建筑以及机电模型，各专业负责人获得对应编辑权限，校审人员保留审阅以及批注权限；模型提交后以日期、专业代码以及修订序号开展版本记录，避免旧版图混用。碰撞检测借助 Navisworks 进行模型整合，按照硬碰撞、间隙不足以及施工预留孔洞不匹配等方面。结合见图 1 所示流程，碰撞问题经定位、分派、复核后形成优化方案，管道冲突可通过调整标高以及走向进行处理，设备冲突则通过校正基础边界以及优化吊装检修空间来降低后续变更风险。

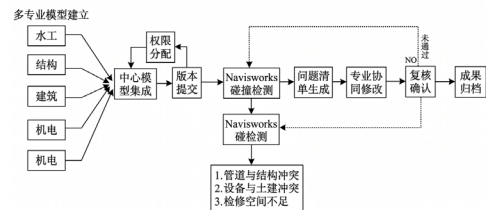


图1 水电站BIM协同设计与碰撞检测流程图

图1 水电站BIM协同设计与碰撞检测流程图

2.3 数字化设计成果交付与管理

数字化设计交付不再局限于二维施工图输出，而是把 BIM



模型文件、二维图纸以及工程量清单组合为可持续调用的数据成果。模型文件保留构件几何、材料、编码、专业归属以及施工阶段属性，二维图纸从模型中生成并同构件对象保持关联，工程量清单则依靠构件分类以及属性字段进行提取，为混凝土方量、钢筋工程量、埋件数量以及机电设备统计提供数据来源。成果管理平台承担模型查询、版本追溯以及数据共享工作，设计人员可按坝段、系统、楼层以及专业筛选构件，施工管理人员可查看模型修订记录、问题处理状态以及图纸发布批次。进入施工阶段后，交付成果能够支撑分仓浇筑策划、机电安装接口核验、材料采购核算以及现场技术交底，使设计信息在施工组织中保持连续传递。

3 基于BIM的水电站施工模拟与效果评估

3.1 施工过程动态模拟与进度管控

施工动态模拟把 Revit 模型构件编码同 Primavera P6 作业分解结构进行映射，形成坝段、仓号、设备安装单元以及进度任务之间的关联关系。针对大坝浇筑环节，模型按分仓边界、混凝土强度等级以及浇筑顺序进行拆分，P6 计划则把模板安装、钢筋埋设、混凝土入仓、温控养护等作业纳入同一逻辑网络。Navisworks 把进度数据挂接至模型后，可对平行浇筑、错峰浇筑以及关键仓优先浇筑方案进行 4D 推演，并观察塔机覆盖、缆机供料以及廊道埋件施工对关键线路的影响。为判断模拟方

案对工期控制的作用，引入挣值法中的进度偏差指标，公式如下：

$$SV = EV - PV$$

其中， SV 表示进度偏差， EV 表示已完成工程量对应的预算价值， PV 表示计划完成工程量对应的预算价值，单位均按万元计取。

成本同步分析需把机械台班、混凝土供应以及劳务投入纳入实际费用归集口径，避免只关注模型进度而忽视资源消耗。公式如下：

$$CV = EV - AC$$

其中， CV 表示成本偏差， AC 表示实际发生费用， EV 表示已完成工程量对应的预算价值，单位均按万元计取。

3.2 BIM应用效果量化分析与总结

从 500MW 水电站设计施工一体化管理过程来看，BIM 应用效果可围绕碰撞问题、施工工期以及成本支出开展量化观察。碰撞问题由 Navisworks 检测台账统计，工期以 48 个月基准计划为对照，成本以经批准的施工预算为基准。表 1 列示了应用前后关键指标变化情况，碰撞问题由 260 项降至 26 项，减少率达到 90%；施工工期由 48 个月压缩至 42.24 个月，缩短 12%；成本支出由 100000 万元降至 94000 万元，节约 6%。

表1 BIM应用前后关键指标对比表

指标类别	BIM应用前基准值	BIM应用后控制值	变化幅度	管理含义
碰撞问题数量	260项	26项	减少90%	设计冲突前置消解，现场返工风险降低
施工工期	48个月	42.24个月	缩短12%	关键线路受控，坝体浇筑以及机电安装衔接更紧凑
成本支出	100000万元	94000万元	节约6%	变更签证、材料损耗以及机械等待费用得到压缩

上述指标说明，BIM 把空间校核、进度推演以及成本分析放入同一数据链条后，设计效率以及施工组织稳定性均获得改善。后续应用仍需完善模型属性标准、现场进度回传机制以及移动端协同流程，使数字化成果更好支撑水电站全周期管理。

4 结语

通过在 500 MW 水电站项目中引入 BIM 技术，工程设计、

施工模拟和管理评价形成了连续的数据链条。三维模型提高了多专业协同校核能力，碰撞检测推动问题前置解决，4D 模拟增强了进度计划的可视化和可控性。后续应进一步完善模型属性标准、现场数据回传机制和移动端协同流程，促进 BIM 成果向运维阶段延伸，提升水电站全生命周期管理效益。

参考文献

- [1] 韦晨阳, 赵春龙, 李岗, 王正中, 罗涛. 石泉水电站改造工程金属结构数字化设计研究[J]. 水电能源科学, 2025, 43 (01) : 65-69.
- [2] 喻欣朔, 武文帅. 基于BIM在水电站数字化电缆技术的研究[J]. 电力设备管理, 2024, (24) : 183-185.
- [3] 齐成龙, 刘延宏, 宋树峰, 肖佳, 陈浩然. 基于国产图形引擎的隧道轨下结构BIM设计软件开发[J]. 铁道建筑, 2025, 65 (05) : 157-163.
- [4] 高剑, 吴帅, 郑楠, 苗祯, 卢泽. BIM技术在国网雄安创新中心项目的数字化实践与管理[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23 (12) : 146-148.
- [5] 朱荣森. BIM技术在数字孪生泵站运行中的应用研究[J]. 水上安全, 2024, (24) : 40-42.
- [6] 吴庆辉, 高修强, 余星阳, 吴卫. 基于BIM技术的数字化智慧车站大屏系统的研究[J]. 人民公交, 2024, (24) : 59-61.



- [7] 袁金铭, 解慧珉, 白璐, 张泽华, 吕春阳. 基于机场BIM技术的数字化审计探索——以某机场建设项目为例[J]. 中国内部审计, 2025, (06): 62-68.
- [8] 吕淼, 刘增妍, 于振邦. BIM技术在复杂坡道与制冷机房施工推演的应用[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2025, 55(11): 170-180.
- [9] 吉宇凡, 杨振钊, 苏进臣, 李程喜, 范秋果, 张友良. BIM协同有限元与混合现实在水利水电高边坡工程中的数字化应用[J]. 科学技术与工程, 2025, 25(30): 13106-13113.
- [10] 张亚涛, 李娜, 徐鹏飞. BIM与物联网融合视角下建筑智能化改造研究[J]. 新城建科技, 2025, 34(06): 7-9.

作者简介: 王飞(1989—), 男, 汉族, 大专, 研究方向为水利。