

建筑信息模型在水利工程设计中的应用

曹一兵

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830002

摘要:为解决传统水利工程二维设计空间推演偏差大、数据一致性差、专业协同低效及设计隐患多发等问题,本文依托 BIM 技术的三维可视化、参数化关联与集成化协同核心特性,开展其在水利工程设计领域的应用研究。从基础设计层面,阐述 BIM 技术在地形精细化建模、水工结构三维搭建、工程空间布局优化中的应用方法,解决传统设计地形还原失真、结构表达片面、布局不合理等问题。从专业优化层面,分析多专业协同整合、智能碰撞检测、参数精准管控、可视化成果校验的应用优势。研究表明,BIM 技术可有效打通专业信息壁垒、消除设计冲突、保障数据精准度,显著提升水利工程设计质量与效率,可为水利工程数字化、精细化设计体系构建提供实践支撑。

关键词:建筑信息模型;水利工程;工程设计;精细化设计;应用

引言:水利工程结构复杂、多专业交叉耦合、空间布局约束严苛,传统二维设计模式存在可视化效果差、参数协同性弱、专业信息壁垒突出等诸多短板,难以适配现代化水利工程精细化、智能化的设计发展需求。BIM 技术作为工程数字化转型的核心技术,凭借三维可视化、参数化联动、多专业协同的核心特性,打破了传统水利设计的技术局限。本文立足水利工程设计全流程,系统探究 BIM 技术在地形建模、水工结构设计、空间布局优化等基础设计环节的应用路径,剖析其在多专业协同整合、碰撞检测、参数管控、成果校验等优化设计中的核心作用,旨在挖掘 BIM 技术的工程应用价值,为水利工程数字化设计提质增效、规避设计隐患提供技术参考。

1 BIM 技术的核心应用特性

在水利工程设计领域,建筑信息模型(BIM)是区别于传统二维设计体系的核心数字化技术,其适配水利工程复杂设计需求的专属技术特性,构成了该技术在行业内深度落地的核心应用基础,主要体现在三个核心维度。(1)三维可视化特性。BIM 技术可将传统二维设计体系下分散的平面标注、高程数据、断面信息整合,转化为精度可控的三维立体参数化模型,完整还原水利工程坝体、输水渠道、泵站、输水隧洞等各类构筑物的精确空间形态与相对位置关系。设计人员可直接在三维环境下对工程整体结构与局部构造细节进行全视角观测,无需依托二维图纸进行空间推演,从根源上规避传统设计模式下因空间想象偏差引发的设计疏漏,大幅提升复杂构筑物空间布局的精准度。(2)参数化关联特性。BIM 模型内所有工程构件均搭载完整的专属属性信息,

涵盖几何尺寸、材料属性、安装高程、结构性能指标、施工工艺要求等全维度参数,所有参数之间建立动态联动的逻辑关联。当设计人员调整任意一项核心参数时,系统可自动同步更新关联构件的模型形态与对应衍生设计数据,无需人工逐一修改关联图纸与统计表格,大幅降低传统设计模式下人工批量修改产生的误差,保障全项目设计数据的一致性。(3)多专业协同特性。BIM 集成化设计平台可实现水工、地质、机电、金结、暖通等多专业设计数据的统一收纳与实时共享,各专业设计人员可基于同一基准模型开展并行设计工作,实时同步各自的设计成果,系统可自动识别不同专业构件之间的空间冲突,彻底消除传统二维设计模式下专业间的信息传递壁垒,完全适配水利工程多专业交叉协同的核心工作需求,有效缩短整体设计周期^[1]。

2 BIM 技术在水利工程基础设计中的应用

2.1 地形地貌精细化建模

地形地貌数据是水利工程全流程设计的核心基础依据,直接决定工程选址论证、枢纽结构布局、高程系统设定等核心工作的技术合理性。(1)传统设计模式下,地形数据依托二维等高线地形图、离散高程点位数据人工整合绘制,无法完整还原水利工程建设区域常见的复杂水域、山地沟壑、岸坡阶地等特殊地形的立体空间形态,大量微地形细节呈现缺失,极易导致后续设计方案与现场实际地形条件出现偏差。(2)依托 BIM 技术可实现水利工程场地地形地貌的精细化建模,通过整合无人机航测点位数据、GNSS 实测高程数据、地质勘察地貌特征数据,可快速构建毫米至厘米级精度的三维地形

模型。该模型可完整还原场地的地势起伏、河流水域分布、地形落差等核心地貌特征,精准呈现工程建设区域的原始自然地貌状态。设计人员可直接基于该三维地形模型开展工程整体布局规划、构筑物高程参数设定、全场地土石方量精准测算等前期设计工作,精准把控地形边界条件对水利工程结构的约束影响,从源头提升工程整体设计与现场实际条件的贴合度与技术精准度^[2]。

2.2 水工结构三维设计建模

水工结构是水利工程的核心承载主体,涵盖挡水大坝、岸边溢洪道、输水隧洞、防洪堤防、泵站厂房等多类构筑物,普遍存在结构形态差异化大、细部构造约束条件复杂的特征,传统二维设计模式下的平面线条表达,无法完整呈现不同构件间的空间衔接逻辑与装配关系。(1)依托 BIM 参数化建模功能,可针对不同水工结构的专项设计规范要求,开展定制化三维正向设计建模。设计人员可依据现行行业设计标准与项目既定参数,分模块完成主体受力结构、附属配套构件、关键节点构造的三维模型搭建,精准定义所有构件的几何尺寸规格、空间形态边界、不同构件间的衔接装配方式。(2)相较于传统二维绘图的离散化表达,BIM 三维模型可完整展示水工结构的内部配筋布置、外部轮廓形态以及各关联构件的协同连接关系,清晰呈现异形结构、交叉节点等复杂部位的设计细节。(3)依托平台内置的参数联动特性,可根据设计论证需求快速调整结构尺寸、形态参数,自动同步更新关联部位的全模型数据,无需重复开展多视图绘图工作,大幅简化水工结构的修改优化流程,有效提升主体结构设计的工作效率与成果精度。

2.3 工程空间布局优化设计

水利工程建设范围内涵盖主体水工结构、机电成套设备、压力输水管道、运维检修通道、安全防护设施等多类工程内容,各类设施空间分布密度高、功能关联度高,布局方案的技术合理性直接决定工程建设阶段的施工可行性与后期长期运行维护的操作便利性。传统二维设计模式下,各类设施的空间布局依托多套独立平面图纸叠加规划,空间维度的层次感与关联性呈现不足,极易出现不同专业设施空间重叠、预留操作空间挤占、整体布局逻辑紊乱等隐性问题。利用 BIM 三维可视化与集成化建模优势,可对水利工程所有构筑物、机电设备、各类管线进行一体化空间建模,实现工程全区域整体空间布局的全方位数字化展示。设计人员可从多角度、多维度核验各设施的空间坐标位置、安全间距关系、管线走向分布,精准排查空间布局中存在的各类不合理

问题,对管线敷设路径、设备安装定位、检修通道净空尺寸等核心内容进行针对性优化调整。通过全场景三维空间模拟与迭代优化,可有效提升水利工程整体布局的规整性与技术科学性,保障各类设施互不干扰、功能匹配,全面满足工程建设阶段的施工组织需求与后期长期运维的空间预留要求^[3]。

3 BIM 技术在水利工程专业设计优化中的应用

3.1 多专业协同设计整合

水利工程设计是典型的多专业交叉工作体系,覆盖水工结构、水文水利计算、机电设备、工程地质、金属结构、造价编制等多个细分专业,各专业设计内容深度关联、参数相互制约,单一专业的局部设计偏差,会直接影响整体设计方案的技术完整性与落地可行性。传统二维设计模式下,各专业独立开展设计工作,设计成果以纸质或电子图纸的形式跨专业传递对接,信息传递链路长、同步时效性差,人工对接过程中误差率较高,极易出现不同专业间的设计冲突、核心参数不统一等遗留问题。依托 BIM 技术搭建的集成化协同设计平台,可实现多专业设计工作的并行开展与成果统一整合。各专业设计人员可基于预先发布的统一工程基底模型,同步完成本专业的正向设计建模工作,所有设计成果实时上传至平台服务器,实现全专业设计数据的实时共享、动态同步。不同专业的设计人员可随时调取查看关联专业的设计内容,及时识别本专业与其他专业的设计矛盾点,在设计早期阶段就开展针对性调整与优化,从根源上解决传统设计模式中专业脱节、信息对接滞后、后期反复返工修改的痛点,大幅提升多专业设计的协同工作效率与成果整体适配性^[4]。

3.2 设计碰撞检测与纠错

水利工程全生命周期设计范围内,各类受力结构、预埋管线、机电设备数量庞大、空间布局约束条件复杂,仅依托人工对照二维图纸跨专业排查设计冲突,工作覆盖度与识别精度均存在明显上限,极易遗留结构实体碰撞、管线交叉干涉、安装构件空间冲突等隐性设计问题。这类问题若未能在设计阶段完成整改消缺,进入施工环节后会直接引发现场返工、材料无效损耗、关键工序延误等连锁问题,额外推高项目建设成本。BIM 系统内置的智能化碰撞检测模块,可针对组装完成的全专业整合工程模型,自动开展全方位无死角的空间冲突排查,覆盖不同材质结构实体间的硬碰撞、管线与建筑构件的干涉碰撞、设备接口与配套管线的安装冲突等全类型问题。系统可精准定位每一处碰撞点位的三维空间坐标,标注冲突构件的所属专业、编号与属性参数,自

动统计不同类型碰撞问题的总量与分布占比,生成结构化的正式检测报告。设计人员可依托检测报告的精准指引,针对性对冲突部位的设计方案进行迭代优化调整,在设计交付前提前消除各类空间干涉隐患,保障最终设计方案的落地可行性与技术严谨性,从根源上减少后续施工阶段的不必要设计变更与现场返工问题。

3.3 设计参数精准化管控

水利工程设计属于强参数约束类工作,对数据精度要求极高,高程控制参数、结构几何尺寸、管线规格选型、渠系坡度系数、水文计算阈值等各类核心数据的准确性,直接决定工程结构长期稳定性与全周期运行安全性。传统二维设计模式下,各类设计参数分散标注在不同专业的独立图纸中,跨专业数据汇总流程繁琐,人工核算校验误差率偏高,参数局部修改时极易出现关联图纸遗漏更新、不同视图对应参数不统一的遗留问题。BIM 体系下的工程模型为全要素参数化集成载体,所有设计参数均直接关联绑定至对应构件的属性库中,实现全项目核心参数的一体化存储、统一权限管控。依托内置的参数动态联动逻辑,当某一项核心设计参数需要调整时,系统可自动同步更新对应构件的几何尺寸、空间形态、图纸标注数据以及关联衍生设计文件,保障全链路设计数据的一致性与精准性。同时设计人员可随时调取、核查模型内任意构件的全量参数,快速完成跨专业参数核算、多版本比对校验工作,有效规避人工核算失误、参数冲突等问题,实现水利工程设计全流程的参数精细化、精准化管控。

3.4 设计成果可视化校验

传统水利工程设计成果校验主要依托人工审图模式,审核人员需查阅大量分散的二维图纸、跨专业核算各类技术数据完成校验工作,整体校验流程繁琐、工作效率偏低,且受二维图纸信息呈现局限性影响,极易形成校验盲区,难以全面排查隐蔽部位的设计隐患。依托 BIM 三维可视化整合模型,可实现设计成果的直观化、无死角全方位校验。审核人员可通过三维漫游、指定位置剖切、局部细节放大查看等标准化操作方式,细致核查工程整体结构形态、关键受力节点构造、管线敷设布

局、机电设备配套接口等全部设计内容,直观判定设计方案的合规性、完整性与技术合理性。同时可直接绑定现行水利工程设计标准与项目特定建设需求,对模型对应的结构受力逻辑、空间利用合理性、全流程功能适配性开展多维度校验,精准识别人工审图难以察觉的细节错漏问题。这种可视化校验模式大幅简化了传统设计审核的跨专业对接流程,有效提升审核工作的覆盖全面性与结果精准度,进一步从审核环节保障水利工程最终设计成果的整体质量^[5]。

结束语

综上所述,BIM 技术彻底革新了水利工程传统二维离散化的设计模式,其核心技术特性与水利工程多维度、高精度、多协同的设计需求高度契合。在基础设计阶段,该技术实现了地形地貌、水工结构、空间布局的数字化精准构建与优化,从源头提升工程设计与现场实际的适配度。在专业优化环节,有效破解了多专业协同滞后、设计冲突频发、参数管控松散、成果校验片面等行业痛点,实现水利设计全流程的智能化纠错与精细化管控。未来,随着水利工程数字化转型持续推进,BIM 技术可进一步结合智能化、信息化技术深度落地,持续优化水利工程设计流程、降低设计与施工变更成本,为水利工程高质量建设、长效安全运维提供坚实的数字化技术支撑。

参考文献

- [1] 许彩芸,王晶晶,施淞皓. 水利工程施工过程中的建筑信息模型 (BIM) 应用探索 [J]. 科学技术创新,2026,(1):118-121.
- [2] 朱海平,李英贞. 建筑信息模型在电气工程设计中的协同应用研究 [J]. 消费电子,2026,(13):227-229.
- [3] 倪家辉. 建筑信息模型 (BIM) 在工程造价精细化管理中的应用 [J]. 科技信息与研究,2026,6(2):45-47.
- [4] 张李荪,张国文,黄兰波,等. 基于 AI 大模型驱动的水利工程规划设计报告体系构建策略 [J]. 水利规划与设计,2026,(6):162-165+178.
- [5] 周占伟. 模型管理平台在数字孪生水利工程建设中的应用 [J]. 治淮,2026,(3):21-23.