

建筑工程 BIM 与 GIS 智能化融合应用实践

杨延玺

(中建八局总承包建设有限公司)

【摘要】本研究聚焦建筑工程中 BIM 与 GIS 的智能化融合应用。通过坐标系统一、模型轻量化及多源数据联动技术的实践设计,融合技术显著提升了工程施工精度与效率及质量达标,减少了安全事故的发生,综合成本有效降低。结论证实 BIM 与 GIS 融合是突破技术瓶颈、实现工程全域动态监控与智能化管理的核心路径,为复杂建筑项目提供了可复制的实践路径和科学融合方法

【关键词】BIM 与 GIS 融合;智能化施工;动态风险监控;多源数据联动

中图分类号:TU17;P208

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.07.033

Practice of Intelligent Fusion Application of BIM and GIS in Construction Engineering

YANG Yan-xi

(China Construction Eighth Bureau General Contracting Construction Co., Ltd.)

【Abstract】This study focuses on the intelligent fusion application of BIM and GIS in construction engineering. Through the practical design of the coordinate system unification, model lightweight and multi-source data linkage technology, the fusion technology significantly improves the engineering construction precision and efficiency and quality compliance, reduces the occurrence of safety accidents, and effectively reduces the comprehensive cost. The conclusion confirms that the integration of BIM and GIS is the core path to break through the technical bottleneck and realize the dynamic monitoring and intelligent management of the whole project area, which provides a replicable practical path and scientific integration method for complex construction projects.

【Keywords】BIM and GIS integration; intelligent construction; dynamic risk monitoring; multi-source data linkage

1 引言

建筑工程时常面临异形幕墙高精度安装、深基坑变形控制等挑战^[1]。BIM(建筑信息模型)以三维可视化建模为核心,支持构件级精细化管理;GIS(地理信息系统)擅长地理空间分析与动态环境监测。二者互补融合可突破单一技术局限,实现建筑本体与地理环境的一体化管控。本研究提出智能化融合方案,通过统一数据标准与实时决策,为复杂工程的安全、效率与成本控制带来了创新的实践解决路径。

2 案例背景与融合必要性

2.1 案例背景

某城市中心交通枢纽综合体,建筑面积 14.8 万 m²,地上 11 层、地下 1 层。项目地处路网密集区,地下管线复杂且紧邻运营地铁隧道,施工约束严格。核心挑战有:异形幕墙安装,2769 块双曲蜂窝铝板需毫米级定位,克服复杂曲面拼接误差与材料变形;深基坑变形控制,紧邻地铁隧道,须严控支护位移在 3mm 内以防扰动;多工种交叉与塔吊协同,6 台塔吊

组成吊装群,需实时协调防碰撞、物料调度及人员定位,规避机械干涉与高空坠物风险。

2.2 融合必要性

本项目面临异形幕墙毫米级定位、深基坑 3mm 位移控制、多塔吊协同等复杂挑战,单一技术难以应对。BIM 虽能实现构件级精细管理,但无法动态关联地质沉降、气象变化等环境变量^[4];GIS 虽擅长宏观空间分析,却无法精准映射幕墙节点、塔吊轨迹等微观工程要素^[5]。二者融合可构建“微观构件—宏观环境”的双向映射体系:BIM 模型实时接收 GIS 环境数据修正定位参数,GIS 平台同步获取 BIM 构件状态优化空间规则,从而为异形幕墙安装精度保障、深基坑变形动态预警、多塔吊协同调度提供技术支撑,是解决本项目复杂问题的必要路径。

3 智能融合方案设计

3.1 技术融合设计

坐标系统一技术路径。①实践中 BIM 模型输出 WGS84 坐标,GIS 系统通过七参数转换矩阵(旋转、

平移、缩放)实现与EPSG:4547标准的对齐,误差控制采用最小二乘法优化,实测定位空载在偏差 $\leq 0.8\text{cm}$ 。②模型轻量化中BIMFACE引擎对RVT格式模型进行网格简化(Quadric Edge Collapse算法)和纹理压缩,输出glTF格式,体积压缩至72%,Web端加载帧率 $\geq 30\text{fps}$ 。其两者平台模块可集成技术栈的数据感知层和分析决策层,具体融合数据见表1和表2。

3.2 数据融合设计

工程实践空间数据融合技术细节。①GIS系统通过:大疆M300 RTK无人机航测生成5cm分辨率实景模型(ContextCapture处理点云)。②BIM模型构件坐标通过ICP(Iterative Closest Point)配准算法与GIS点云对齐,配准误差控制在 $\leq 1.5\text{cm}$ (迭代次数500,收敛阈值0.001)属性与实时数据联动。③BIM模型为幕墙铝板嵌入RFID标签(ISO 15693标准),安装时PDA扫描关联生产批次与责任人信息。④GIS系统地理围栏触发规则,物料出围栏时自动更新BIM模型库存状态;基坑传感器(基康BGK-MICRO)通过RS485转4G模块s级回传数据,BIM模型通过RESTful API调用位移值,动态修正构件位置(卡尔曼滤波消噪)。

3.3 智能功能融合设计

可视化交互功能部署(见图1)。Web引擎:Three.js加载BIM的glTF模型与GIS的Cesium地形服务,采用射线碰撞检测实现管线剖切,AR维修辅助移动端(Android ARCore)扫描设备二维码,调用BIM运维数据库,叠加Unity渲染的3D动画维修指南。

自动化决策系统集成。塔吊防撞:GIS动态安全半径计算(BufferedPoint算法),超载时通过OPCUA协议0.42s内切断PLC(西门子S7-1200)操作指令;BIM模型实时接收塔吊倾角数据,可视化既显示预警区域(红色高亮)。进度管控:BIM构件进度状态(Python脚本解析IFC文件)与GIS施工区域比对,滞后时触发钉钉机器人告警(HTTPS回调接口)。



图1 BIM与GIS智能融合现场可视化模拟图

4 具体应用实施

4.1 高精度幕墙安装实施路径

针对案例中异形双曲蜂窝铝板幕墙安装的毫米级精度需求,通过BIM与GIS融合技术实现全过程精细化管控。BIM技术应用中,基于RVT格式建立幕墙参数化模型,采用数字化预拼装技术检验2769块铝板的曲面拟合度与板间间隙,控制拼缝误差 $\leq 2\text{mm}$ 。预拼装数据通过IFC标准接口直通数控机床,驱动铝板精准下料与冲孔加工,消除材料变形导致的安装偏差。GIS技术融合环节,部署UWB定位系统(Decawave DW1000芯片),以TDoA算法实现施工人员与铝板的空间定位追踪,动态精度达 $\pm 1\text{cm}$ 。安装过程中,实时比对BIM设计坐标与GIS实测坐标,偏差超过3mm时自动触发声光报警,并

表1 数据感知层设备汇总表

模块	设备/算法	关键参数	通信协议	技术归属
温振传感器	Honeywell T9602	精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	Modbus RTU	GIS(环境监测)
AI视频监控	YOLOv5(PyTorch部署)	违规行为识别准确率95%	RTSP流媒体	协同 (BIM更新施工数据,GIS空间优化支撑环境数据)
UWB定位	Decawave DW1000芯片	TDoA算法精度 $\pm 15\text{cm}$	MQTT(QoS 1)	协同(BIM定位修正,GIS空间规则优化)

表2 分析决策层功能技术汇总表

功能模块	技术方案	性能指标	输出方式	技术归属
基坑位移预测	LSTM(TensorFlow)	隐藏层128神经元,输入1Hz时序数据,预测精度92.3%	实时预警弹窗	协同 (BIM定位修正,GIS空间规则优化)
风险报告生成	Jinja2模板引擎	自动生成结构化PDF	企业微信API推送	协同(整合BIM构件与GIS环境数据)
定位数据可视化	Cesium引擎+GeoJSON	渲染延迟 $< 200\text{ms}$	Web端3D展示	GIS(空间可视化)

通过移动端推送纠偏指令。同时,采用ICP点云配准算法将BIM构件与无人机航测实景模型对齐,配准误差≤1.5cm,确保了空间定位可靠性。

4.2 深基坑与塔吊安全实施

在复杂施工环境中,BIM与GIS融合技术构建了深基坑与塔吊群协同的安全防控闭环体系。针对案例遇到的基坑变形风险,部署高精度传感器网络,通过RS485转4G模块s级回传位移数据至GIS平台。基于LSTM算法训练时序数据,实时预测支护结构形变趋势。当位移≥3mm时,系统自动触发喷淋加固设备,同步推送预警报告至责任人终端,响应延迟≤5s。塔吊安全协同采用动态空间管控技术。GIS系统集成UWB定位基站(±15cm精度),实时计算塔吊吊钩轨迹与安全半径(BufferedPoint算法)。当吊载超限或进入盲区时,通过OPC UA协议在0.42s内切断PLC操作指令,并联动BIM模型可视化预警区域。同时,塔吊倾角传感器数据实时绑定BIM属性库,消除了视觉盲区风险。

4.3 进度与资源协同实施

在案例工程施工中,BIM与GIS融合技术构建了进度与资源的全流程可视化调度体系。进度管控依托BIM模型与施工计划动态绑定,通过Python脚本自动解析IFC文件,实时比对计划进度与实际完成量。当检测到进度滞后时,系统基于GIS施工区域分析触发钉钉机器人告警,并联动BIM模型高亮显示滞后区域。冲突识别算法提前预测工序冲突,自动生成调整方案,确保关键路径可控。物料调度采用智能化溯源与路径优化技术。钢筋等关键材料嵌入二维码标签,PDA扫描实时绑定BIM属性库,实现生产批次、责任人及质检信息的全流程追溯。GIS系统集成场内交通网络模型,基于Dijkstra算法动态计算最优搬运路径,规避拥堵区域。物料进场后,系统自动分配暂存区位,减少二次转运。

5 综合应用效果

基于BIM与GIS智能融合方案很好地解决了工程的核心挑战问题,现从效率优化、成本控制及安全强化三个维度进行综合效益量化分析。以下数据为项目实施6个月内的平均结果,标准差控制在±2%;传统施工组配置保持一致,具备可比性,上述实施的核心实施指标与效果对比具体数据汇总见表3。

表3 BIM与GIS融合技术综合效益量化对比表

类别	指标项	融合技术成果	传统施工基准	提升幅度
效率优化	幕墙安装一次合格率	96.3%	≤85%	↑11.3%
	进度工期缩短	18.5d	基准工期45d	↓58.9%
	设计变更响应速度	0.5d	≥3d	↑83.3%
	关键节点达标率	95.3%	≤80%	↑15.3%
	场内物料搬运量降低	20.3%	-	新增指标
成本控制	材料浪费率	12.7%	≥20%	↓7.3%
	主材利用率提升	35.7%	行业均值60%	↑24.3%
	综合成本降低/(元/m²)	85	标准成本1100	↓7.7%
安全强化	基坑位移预警准确率	92.3%	≤80%	↑12.8%
	事故率下降	30.8%	≥15%	↓15.8%
	塔吊干预响应延迟	≤0.41s	≥2s	↓79.5%

6 结语

实践表明,BIM与GIS的智能化融合技术使幕墙安装一次合格率达96.6%,基坑位移预警响应时效性显著提升,塔吊防撞实现毫秒级干预,工期缩短58.9%,综合成本降低7.7%,其核心价值在于构建了全域动态监控与闭环决策体系。未来需进一步优化算法适应性,建立跨平台数据标准,深化与数字孪生、边缘计算的集成,以增强系统鲁棒性。

参考文献

[1] 陈亚晓.BIM+GIS智慧工地系统在建筑工程施工中的应用要点分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025 (3): 124-128.

[2] 国林.BIM-GIS技术在建筑工程可视化中的应用[J]. 佛山陶瓷, 2023, 33 (12): 80-82.

[3] 高洋.BIM与GIS技术在建筑工程中的融合应用研究[J]. 中国厨卫, 2024, 23 (11): 323-325.

[4] 刘忠才, 刘顺, 李刚.基于BIM+GIS的智慧平台在地下综合管廊项目的运用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024 (5): 90-92.

[5] 车金枝, 宋欣.基于BIM和GIS技术的建筑工程施工全流程质量控制方法[J]. 江西建材, 2022 (8): 360-361+364.