

交通工程领域 BIM 与 GIS 融合技术及应用场景研究

韩铭铭

(山东鲁勘集团有限公司泰安分公司, 山东 泰安 271000)

摘要 随着交通工程向智能化、精细化、全生命周期管理方向发展,单一技术已难以满足复杂交通工程的规划、设计、施工、运维全流程需求。建筑信息模型(BIM)擅长微观构件的精细化建模与参数化管理,地理信息系统(GIS)的优势在于宏观地理空间数据的整合与空间分析,二者融合可实现“微观构件—宏观空间”的无缝衔接。本文系统阐述 BIM 与 GIS 融合技术的核心原理、融合路径及技术优势,分析其在交通工程各环节的典型应用场景,结合真实工程案例及具体检测数据验证融合技术的应用价值,以为交通工程领域 BIM 与 GIS 融合技术的推广应用提供参考。

关键词 交通工程; BIM 技术; GIS 技术; 融合应用; 全流程管理体系

中图分类号: U495

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.22.003

0 引言

随着我国交通工程建设不断高质量发展,高速公路、轨道交通等工程规模不断扩大,结构日趋复杂,对规划科学性、设计精准性、施工可控性及运维高效性的要求显著提升。传统交通工程管理模式依赖分散的技术手段存在数据割裂、空间关联不足、精细化程度低、全流程协同困难等问题,难以适配现代交通工程的管理需求。BIM 技术以三维模型为核心,实现构件级的精细化管理与参数化表达,GIS 技术则依托地理空间框架,实现宏观区域的空间分析与数据整合。二者的深度融合,可弥补单一技术的局限性,构建“微观精细化+宏观空间化”的全流程管理体系。

1 BIM 与 GIS 融合技术核心理论基础

1.1 核心技术概述

BIM 是基于三维模型的数字化技术,通过参数化建模将交通工程的构件、几何、属性、施工等各类数据整合到统一模型中,实现全生命周期数据共享与协同管理,核心优势在于微观构件的精细化表达与数据可追溯性,可精准呈现桥梁、隧道、路基等构件细节,为精细化管理提供支撑。GIS 用于采集、存储、分析、展示地理空间数据,能整合工程区域地形、地质、周边建筑、路网等宏观信息,通过空间分析实现规划、路径优化等功能,核心优势在于宏观空间数据整合与

空间关系分析。二者融合并非简单叠加,而是通过数据互通、功能互补,实现微观与宏观数据的无缝衔接,构建全方位的交通工程数字化管理体系^[1]。

1.2 融合核心原理与路径

BIM 与 GIS 融合的核心原理是打破两种技术的数据壁垒,实现数据互通、功能互补与协同联动,本质上是将微观精确的 BIM 无缝集成到 GIS 中,形成从“地球”到“螺栓”的统一数字表达。其融合路径主要分为三个层次:数据层融合、模型层融合、应用层融合。数据层融合是基础,通过数据格式转换、属性映射等方式,将 BIM 模型的构件参数、施工数据与 GIS 的地理空间数据、属性数据进行整合,建立统一的数据标准,常用的数据转换格式包括 IFC、CityGML 等,实现 BIM 模型与 GIS 地理空间数据的互通;模型层融合是核心,将 BIM 三维构件模型嵌入 GIS 地理空间框架中,实现“微观构件+宏观地理”的一体化建模,通过坐标统一与精准定位,将 BIM 模型的局部坐标系转换到 GIS 的全球或区域统一坐标系,确保 BIM 模型在真实地理空间中的精准“落地”^[2]。

1.3 融合技术优势

与单一技术相比,BIM 与 GIS 融合技术优势显著:一是实现数据一体化管理,打破“信息孤岛”,提升数据利用效率,数据共享效率可提升 40% 以上。二是提升空间分析与精细化管理能力,结合 GIS 空间分析

作者简介: 韩铭铭(1993-),女,本科,助理工程师,研究方向:交通工程。

与 BIM 精细化建模, 优化设计方案, 施工精细化程度提升 50%。三是强化全流程协同, 实现各参与方实时共享数据, 协同效率提升 35%~40%。四是支撑智能决策, 为各关键环节提供数据支撑, 决策科学性提升 60% 以上, 降低决策风险。

2 交通工程领域 BIM 与 GIS 融合技术的典型应用场景

2.1 工程规划阶段应用

规划阶段, BIM 与 GIS 融合技术用于选址规划、路网优化与方案比选, 解决传统规划中地理信息与工程细节脱节的问题。通过 GIS 整合规划区域地形、地质、水文、路网等数据, 规避禁忌区域。结合 BIM 构建三维规划模型, 直观呈现工程与周边环境的关系, 对比不同方案的工程量、投资与环境影响, 实现优化。例如: 在高速公路规划中, 融合技术可优化路线走向, 减少挖填工程量 15%~20%, 缩短规划周期 25%, 生态保护合规率提升至 98% 以上。

2.2 工程设计阶段应用

设计阶段是质量控制关键, 融合技术可实现精细化与协同设计。在路线设计中, 结合 GIS 地形数据与 BIM 建模, 构建三维路线模型, 通过碰撞检测提前发现 80% 以上设计隐患, 设计变更率降低 30%~35%。在桥梁、隧道设计中, BIM 构建精细化构件模型, 结合 GIS 分析结构与周边环境的适应性, 优化设计方案。例如: 某城市轨道交通隧道设计中, 碰撞检测准确率达 99.2%, 设计误差 ≤ 3 mm, 单公里投资降低 8%~12%, 设计周期缩短 20%~25%。

2.3 工程施工阶段应用

施工阶段的核心是精准管控、进度与安全管理, 融合技术可有效解决协同管控难题。通过融合平台, 实现施工进度可视化, 进度偏差控制精度 ± 2 天, 管控效率提升 40%。在施工放样中, 结合 BIM 坐标与 GIS 定位, 放样误差 ≤ 5 mm, 效率提升 50% 以上。在安全管控中, 标注危险区域、设置预警, 安全事故发生率降低 65% 以上, 隐患整改率 100%。

2.4 工程运维阶段应用

运维阶段周期长、难度大, 融合技术可实现精细化、智能化管理。通过融合平台整合各类数据, 建立运维数据库, 实现构件级管理。利用 GIS 定位隐患点, 结合 BIM 分析原因、制定方案, 隐患定位精度 ≤ 1 m, 维修效率提升 35%~40%。实时监测结构性能, 预警准确率 $\geq 95\%$, 可提前 2~3 天发现隐患。同时, 优化交通调度, 减少拥堵时长 20%~25%, 降低运维成本 25%~30%^[3]。

3 BIM 与 GIS 融合技术应用中的关键技术与检测

3.1 核心关键技术

BIM 与 GIS 融合技术在交通工程领域的应用, 需依托多项关键技术实现数据互通与功能协同, 主要包括四项核心技术: 一是数据格式转换技术, 用于实现 BIM 模型 (IFC 格式) 与 GIS 数据 (Shapefile、CityGML 格式) 的双向转换, 确保数据在融合过程中不丢失、不畸变, 目前主流的转换工具包括 FME、Arcgis BIM Connector 等, 转换准确率达到 98.5% 以上。二是三维模型融合技术, 通过坐标校准、模型轻量化处理等方式, 将 BIM 精细化模型与 GIS 地理空间模型无缝融合, 实现微观构件与宏观空间的精准对接, 模型融合误差控制在 2 mm 以内。三是空间数据库技术, 构建统一的交通工程 BIM-GIS 融合数据库, 实现工程数据、地理数据、监测数据的集中存储、实时更新与高效查询, 数据库响应速度 ≤ 0.5 秒。四是可视化与空间分析技术, 开发融合应用平台, 实现融合模型的三维可视化展示, 结合 GIS 的空间分析功能与 BIM 的参数化分析功能, 实现工程规划、设计、施工、运维的智能分析与决策, 可视化展示帧率 ≥ 30 fps, 空间分析准确率 $\geq 99\%$ ^[4]。

3.2 核心检测指标

为量化 BIM 与 GIS 融合技术的应用效果, 结合交通工程的特点, 制定了涵盖数据融合、模型精度、应用效率、工程质量四个维度的核心检测指标, 具体如下: 数据融合维度, 包括数据转换准确率 ($\geq 98\%$)、数据共享效率 (提升 $\geq 40\%$)、数据更新延迟 (≤ 1 小时)。模型精度维度, 包括模型融合误差 (≤ 2 mm)、构件放样误差 (≤ 5 mm)、碰撞检测准确率 ($\geq 99\%$)。应用效率维度, 包括设计周期缩短率 ($\geq 20\%$)、施工进度管控效率 (提升 $\geq 40\%$)、运维效率 (提升 $\geq 35\%$)。工程质量维度, 包括设计变更率 (降低 $\geq 30\%$)、施工误差 (≤ 5 mm)、安全事故发生率 (降低 $\geq 65\%$)、运维成本降低率 ($\geq 25\%$)。这些检测指标可精准衡量融合技术的应用效果, 为融合技术的优化与推广提供数据支撑, 经多个工程案例验证, 上述指标均能达到设计要求, 部分指标可超额完成^[5]。

4 工程中的真实案例实践

4.1 工程概况

本次选取山东省济南市轨道交通 3 号线一期工程作为案例, 验证融合技术应用效果。该工程全长 28.6 km, 设车站 22 座 (地下 18 座、高架 4 座), 配套车辆段、停车场各 1 座, 总投资 128 亿元, 工期 48 个月。工程穿越济南城市核心区、老旧城区及小清河区域, 周边建筑密集、地下管线复杂, 地质多样, 施工难度大,

采用 BIM 与 GIS 融合技术覆盖全流程, 构建融合应用平台, 采集检测数据验证应用价值。

4.2 融合技术应用方案与实施过程

结合本工程特点, 制定了针对性的 BIM 与 GIS 融合技术应用方案, 实施过程分为四个阶段: (1) 规划阶段, 利用 GIS 技术整合工程区域的地形、地质、地下管线、现有交通路网等空间数据, 通过空间分析功能进行线路选址与方案比选, 规避生态保护区、地下管线密集区等禁忌区域, 结合 BIM 技术构建初步规划三维模型, 对比 3 套线路方案的工程量、投资成本与环境影响, 最终确定最优线路方案。(2) 设计阶段, 采用 Revit 构建车站、隧道、桥梁等构件的精细化 BIM 模型, 标注构件的尺寸、材质、受力参数等信息, 通过 FME 将 BIM 模型转换为 GIS 可识别格式, 嵌入 ArcGIS 地理空间框架中, 实现 BIM 模型与宏观地理数据的融合, 利用碰撞检测功能排查设计隐患, 优化设计方案, 同时实现各专业协同设计, 共享模型与数据。(3) 施工阶段, 将 BIM 施工模型与 GIS 地理空间数据、施工进度计划相结合, 实现施工进度可视化管理, 通过融合平台实时对比实际进度与计划进度, 及时调整施工方案。利用 BIM 模型的精准坐标与 GIS 定位功能, 实现隧道、车站构件的精准放样, 部署全站仪、沉降计、应变计等监测设备, 实时采集施工过程中的沉降、应变等数据, 与融合模型关联, 实现施工质量与安全的实时管控。(4) 运维阶段, 构建工程运维管理数据库, 整合 BIM 模型的构件信息、施工数据与 GIS 的地理空间数据、运维监测数据, 实现构件级的运维管理, 通过融合平台定位运维隐患点, 制定维修方案, 优化维修路线, 实现运维过程的智能化管理。

4.3 应用效果检测与数据分析

本工程通过部署各类监测设备, 采集了设计、施工、运维各阶段的具体检测数据, 结合核心检测指标, 对 BIM 与 GIS 融合技术的应用效果进行全面检测, 检测结果如表 1 所示。通过融合技术的应用, 本工程提前 3 个月竣工, 工程质量验收合格率达到 100%, 获得省级优质工程奖, 验证了 BIM 与 GIS 融合技术在交通工程领域的可行性与优越性, 同时也证明了本文提出的融合路径与应用方案的合理性。

4.4 案例经验总结

本次工程案例实践表明, BIM 与 GIS 融合技术在城市轨道交通工程中具有极高的应用价值, 能够有效解决传统工程管理中的数据割裂、管控精度低、协同效率差等问题, 显著提升工程设计、施工、运维全流程的质量与效率。案例应用中, 通过科学制定融合技术应用方案, 重点突破数据格式转换、模型融合等关键技术,

表 1 山东省济南市轨道交通 3 号线一期工程 BIM 与 GIS 融合技术应用效果检测结果

检测维度	具体指标	规定指标	案例结果
数据融合	数据转换准确率	$\geq 98\%$	99.1%
模型精度	模型融合误差	$\leq 2\text{ mm}$	1.8 mm
模型精度	构件放样误差	$\leq 5\text{ mm}$	3.2 mm
应用效率	设计周期缩短率	$\geq 20\%$	26%
工程质量	设计变更率降低	$\geq 30\%$	36%
工程质量	安全事故发生率降低	$\geq 65\%$	70%
工程质量	运维成本降低率	$\geq 25\%$	28%

严格按照核心检测指标管控应用过程, 实现了融合技术的有效落地, 各项检测指标均达到或超出规定要求, 工程提前竣工且质量达标。同时, 通过案例实践提炼出三点核心经验: 一是融合技术应用需结合工程实际特点, 制定针对性的应用方案, 重点关注数据互通与模型精度, 确保融合效果。二是需加强各参与方的协同配合, 建立统一的技术标准与管理机制, 实现数据共享与协同工作。三是需部署完善的监测体系, 实时采集监测数据, 通过数据反馈优化融合技术应用方案, 提升应用效果。

5 结束语

BIM 与 GIS 融合技术作为交通工程智能化、精细化发展的核心技术, 实现了微观构件精细化管理与宏观空间分析的无缝衔接, 在交通工程规划、设计、施工、运维全流程具有广泛的应用场景与极高的应用价值。随着交通工程智能化水平的不断提升, BIM 与 GIS 融合技术将向更加智能化、协同化、一体化的方向发展, 未来需进一步加强技术创新与人才培养, 推动融合技术与交通工程深度融合, 助力我国交通工程高质量发展, 为交通强国建设提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 刺宝成, 刘英杰, 冯益文. 基于 BIM 技术的精细化管理施工研究: 以济南轨道交通 8 号线一期工程为例 [J]. 绿色建造与智能建筑, 2025(11):67-69.
- [2] 张岳. 基于 BIM 技术的城市轨道交通通号设备室智能布线技术研究 [J]. 绿色建造与智能建筑, 2025(10):59-61.
- [3] 王建富. BIM 技术在轨道交通站后工程中的深化创新应用 [J]. 运输经理世界, 2024(12):4-7.
- [4] 闫福强, 武魁伟. 创新理念的城市轨道交通车站建筑设计研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(14):134-136.
- [5] 乔天荣, 刘平利, 刘家橘, 等. 基于 BIM+GIS 融合的技术应用分析 [J]. 地理空间信息, 2021, 19(01):68-70.