

新基建背景下公路工程 BIM+GIS 数字化建设新模式探索

张明敏¹, 黄方², 王爽³, 彭均颖³

1. 新疆交通职业技术学院, 新疆乌鲁木齐 830000

2. 海军工程大学, 湖北 武汉 430033

3. 北京跨世纪软件技术有限公司, 北京 100080

DOI:10.61369/ETQM.2025060037

摘 要 : 随着信息技术的发展, BIM+GIS 融合技术在公路工程数字化建设中发挥着日益重要的作用。本文阐述了 BIM、GIS 技术的基本概念、特点及其融合技术的研究现状, 详细分析了该技术在公路规划设计、施工阶段的具体应用, 包括路线方案比选、全景漫游、临建场布、施工业务管理等。同时, 指出了 BIM+GIS 数字化建设新模式面临的数据兼容性差、技术标准不统一、专业人才短缺等问题, 并针对性提出开发数据转换接口、建立统一标准、加强多方合作制定规范以及多维度培养人才等策略。研究表明, BIM+GIS 融合技术有助于提升公路工程全生命周期管理水平, 但需解决现存问题以实现更广泛深入的应用。

关 键 词 : BIM 技术; GIS 技术; 公路工程; 数字化建设

Exploration of a New Digital Construction Model for Highway Engineering Based on BIM+GIS in the Context of New Infrastructure Development

Zhang Mingmin¹, Huang Fang², Wang Shuang³, Peng Junying³

1.Xinjiang Vocational and Technical College of Communications, Urumqi, Xinjiang 830000

2.Naval University of Engineering, Wuhan, Hubei 430033

3.Beijing Kuashiji Software Technology Co., Ltd. Beijing 100080

Abstract : With the development of information technology, BIM+GIS integration technology plays an increasingly important role in the digital construction of highway engineering. This paper describes the basic concepts, characteristics, and current research status of BIM and GIS technologies, as well as their integration. It provides a detailed analysis of the specific applications of this technology in highway planning, design, and construction stages, including route scheme comparison and selection, panoramic roaming, temporary construction site layout, and construction business management. At the same time, it points out the problems faced by the new digital construction model of BIM+GIS, such as poor data compatibility, inconsistent technical standards, and a shortage of professional talents. To address these issues, strategies such as developing data conversion interfaces, establishing unified standards, strengthening multi-party cooperation to formulate norms, and cultivating talents in multiple dimensions are proposed. The research shows that BIM+GIS integration technology helps improve the lifecycle management level of highway engineering, but existing problems need to be solved to achieve broader and deeper applications.

Keywords : BIM technology; GIS technology; highway engineering; digital construction

引言

新基建作为国家战略, 通过技术融合推动基础设施升级, 已成经济高质量发展驱动力。公路工程建设行业在新基建下需数字化转型, 政策要求构建全生命周期数字化管理体系, BIM 与 GIS 融合应用可实现公路全流程数字化管理, 提升效率质量, 推动管理模式革新。传统公路建设模式存在管理低效、数据利用不足等弊端。数字化建设借助技术实现全周期管理, 能提高设计精度、加强施工管控、优化资源配置, 还可通过数字孪生等技术助力运维。因此, 公路工程数字化建设是新基建时代的必然选择, 也是行业高质量发展的关键路径。

一、相关概述

（一）BIM技术概述

建筑信息模型（Building Information Modeling,BIM）技术是一种以数字化方式表达建筑项目物理和功能特性的技术，其核心在于通过三维模型集成几何、物理及成本等多维度信息，从而实现工程项目全生命周期的信息化管理。BIM技术的特点包括可视化、协调性、模拟性和优化性，这些特性使其在建筑行业中得到广泛应用，并逐步扩展至交通基础设施领域^[1]。在建筑领域，BIM技术已被证明能够显著提升设计效率、减少施工冲突并优化资源分配。而在公路工程中，BIM技术的应用则主要体现在参数化建模、智能化交底以及数字化管理平台的构建上。

（二）GIS技术概述

地理信息系统（Geographic Information System,GIS）是一种用于捕捉、存储、分析和展示地理空间数据的技术，其核心功能在于将地理位置与属性信息相结合，为决策提供科学依据。在公路工程中，GIS技术的应用优势尤为突出，因其能够有效处理大规模地形数据、支持线路选址优化以及实现环境影响的动态评估。具体而言，GIS技术可通过遥感影像和倾斜摄影技术获取高精度的地表信息，为公路规划提供可靠的基础数据。此外，GIS技术还能够与BIM技术相结合，形成宏观场景与微观构件相统一的多层级可视化管理平台。陈宇^[2]等人研究表明，通过融合GIS与BIM技术，可以实现对高速公路工程从宏观到微观的全方位管理，从而提升项目管理的智能化水平。尽管如此，GIS技术在公路工程中的应用仍面临数据精度不足和技术集成难度高等挑战，这些问题亟须进一步研究解决。

（三）BIM+GIS融合技术国内外研究现状

BIM与GIS融合技术的研究近年来在国内外均呈现出快速发展的态势，但技术路径和应用深度存在差异。国际上，该领域的研究重点集中在数据标准化与语义融合方面^[3]。例如，基于IFC（Industry Foundation Classes）与CityGML的数据转换技术被广泛探讨，旨在解决几何与语义信息丢失问题。欧洲多国在智慧城市建设中率先尝试BIM+GIS融合，通过CityGML的多层级细节模型（LOD）与BIM的精细化建模结合，支撑城市级三维空间分析，如热能传导模拟、灾害应急管理^[4]。

国内研究则更侧重于工程实践与平台开发。例如，中交公路规划设计院提出基于IFC与3D Tiles的数据协同框架，通过LOD层级优化和分布式渲染技术，解决了BIM模型在GIS大场景中的高效加载问题，并在独库公路等项目中验证了其可行性^[5]。在智慧城市领域，国内学者强调BIM与GIS的互补性，通过整合建筑内部属性与外部地理环境数据，构建城市信息模型（CIM），应用于城市规划、管网管理及应急响应^[6]。总体而言，国内外研究均致力于突破技术瓶颈，但国内更聚焦于工程落地与行业政策驱动，而国际则侧重基础理论与跨领域协同创新。

二、BIM+GIS技术在公路工程数字化建设中的具体应用

（一）公路规划设计阶段

BIM+GIS技术在公路工程规划设计阶段的应用主要体现在对

多路线方案的三维可视化比选和项目全景漫游应用上。

1. 多方案三维可视化比选

BIM+GIS技术融合可实现公路工程设计方案的多维比选与优化。通过卫星地图定位项目地理位置后，直接在三维地理场景中开展路线平面设计：通过交互式调整交点位置、转弯半径等参数，使路线走向与周边地形起伏、既有设施等空间特征动态匹配。结合遥感技术、无人机倾斜摄影以及地面测绘等手段，GIS系统能够高效采集公路规划区域的地形、地貌、地质等多源数据，为路线的纵断面设计提供量化依据。

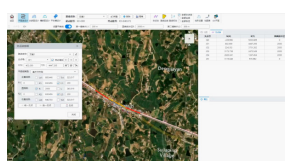


图1 路线平面生成

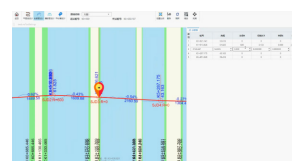


图2 路线纵断面生成

设计过程中，BIM模型同步关联平纵设计参数，实时生成包含道路、桥梁隧道、涵洞等各专业工程量数据在内的全线公路工程BIM三维设计方案。通过三维场景的直观展示，可对比多个路线方案与地形地貌的贴合度，并结合多项经济性指标数据进行可视化分析，有助于快速筛选出最优路线方案，有效提升路线规划设计的合理性，减少后期因施工调整造成的不必要成本。

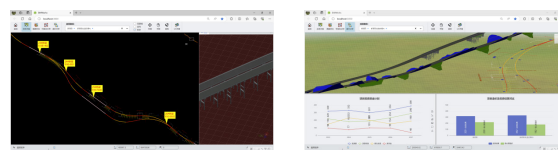


图3 三维设计方案比选

2. 全景漫游

BIM与GIS技术的深度融合，打造三维全景漫游系统，实现工程建设全要素的数字化呈现与交互式体验。BIM模型可在设计阶段精准还原公路工程各专业结构，GIS技术则集成项目所在区域的地理空间数据与地形特征，二者通过坐标匹配与数据互通，构建兼具结构细节与地理环境的虚实融合场景。在全景漫游中，通过行车、飞行等多视角自由切换，既能以宏观视角观察项目与周边地形、交通路网等空间关系，又能深入结构内部查看具体细节构造。系统同步关联工程标段划分等总体信息，在三维场景中直观展现不同标段的边界，辅助管理人员掌握工程全局。

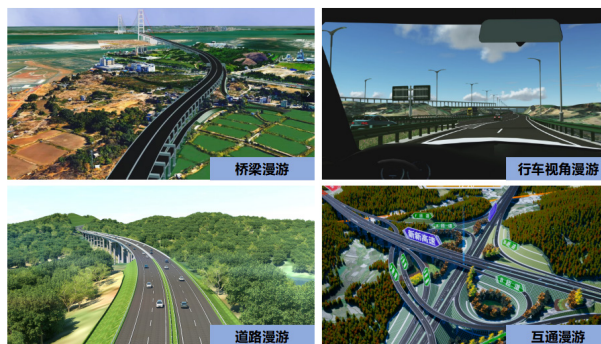


图4 全景漫游展示

(三) 公路施工阶段

在公路施工阶段, BIM+GIS技术的协同应用为工程管理构建起智能化、精细化的管控体系, 在大临设施场布、施工业务管理领域发挥着关键作用。

1. 大临设施场布

通过 BIM 与 GIS 技术融合的数字化临建规划方法, 可实现公路工程施工前期场地布置的科学决策。基于卫星遥感影像或三维实景模型构建地理信息基底, 通过交互式定点的方式划定施工场地边界, 结合地形特征自动放坡的算法生成最优场地平整方案并计算填挖方量, 辅助大临设施选址。在临时道路规划中, 通过定点方式直接在三维地形表面进行线形设计, 选取合适的便道断面和读取地面高程数据自动生成填挖方工程量, 并允许通过更改路线的曲率半径、纵坡比等参数动态调整路线走向, 实现便道的快速设计和优化。

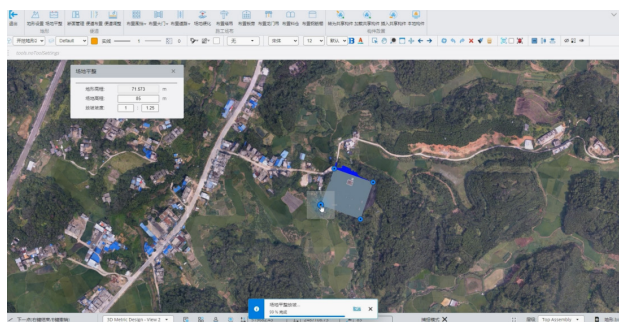


图5 场地布置

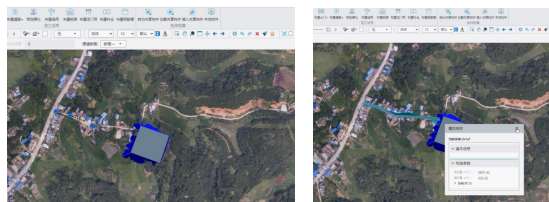


图6 便道设计

在此基础上, 结合 BIM 参数化建模技术, 构建包含围挡体系、施工机械、临时栈桥等元素的标准化临建族库, 实现大临设备的智能布设, 并可通过参数驱动机制快速响应构件调整需求。三维可视化临建场布模型可提前验证场地布局合理性, 减少传统二维图纸的盲区误差, 支持施工场地的动态优化迭代, 为工程前期决策提供多维度数据支撑, 显著提高场地布置方案的科学性与实施效率。

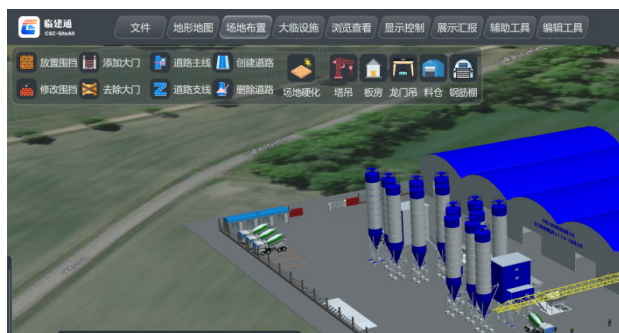


图7 临时设施参数化布置

2. 施工业务管理

在公路施工阶段, BIM+GIS技术的协同应用为工程管理构建起智能化、精细化的管控体系, 在施工进度监控与质量管理领域发挥着关键作用。通过将施工进度计划深度嵌入 BIM 模型, 借助移动终端设备实时采集施工现场数据, 并即时上传至 BIM+GIS 平台, 系统可自动对实际进度与计划进度进行动态比对分析, 并以模型不同颜色高亮的方式向管理人员发出进度预警。这种智能化的进度监控模式可帮助管理人员快速定位进度滞后环节, 及时调整施工资源与作业安排, 确保项目各阶段任务按计划推进, 为工程按期交付提供有力保障。



图8 临时设施参数化布置

在施工质量管理方面, BIM 模型与 GIS 定位功能形成优势互补的技术闭环。BIM 模型作为信息集成中枢, 全面记录施工全流程中的材料检测报告、工艺参数、验收结果等质量信息; 而 GIS 技术则凭借强大的空间定位能力, 精准锁定施工区域。当出现质量问题时, GIS 的精准定位功能可第一时间确定问题发生的具体位置, 同时结合 BIM 模型中存储的施工日志、人员责任信息、工序操作记录等详细数据, 形成完整的质量追溯链条。以路面施工为例, 若某路段质量检测不达标, 对应的 BIM 模型会通过颜色变化高亮警示, 管理人员通过 GIS 不仅能快速定位问题路段, 还能回溯施工全过程, 精准查找导致质量问题的关键因素, 实现对质量隐患的快速响应与高效处置, 显著提升公路工程施工质量管理水平^[7]。



图9 基于 BIM+GIS 的施工质量管控

三、BIM+GIS 数字化建设新模式面临的问题与策略

(一) 数据兼容性问题与策略

在公路工程 BIM+GIS 数字化建设中, 数据兼容性是制约技术

深度融合与应用的核心瓶颈。主流 BIM 软件核心技术多掌握在国外企业，其底层文件架构与数据接口封闭，导致软件间数据难以无缝转换。公路工程模型信息复杂，与施工管理数据存在断层，超大型文件对存储处理设备要求极高。同时，GIS 与 BIM 数据在格式、编码规则上差异显著，现有转换方案还存在信息丢失、精度衰减等问题，严重影响工程决策。突破这一困境需从技术创新与标准统一入手。技术层面，开发数据转换接口，利用中间件技术打破软件壁垒，如抚长高速人民大街出口工程通过定制化工具实现 BIM 与 GIS 数据融合^[2]。标准建设层面，构建统一的数据标准体系，规范数据格式、编码及交换协议，并结合轻量化算法优化 BIM 模型。

（二）技术标准不统一问题与策略

目前，BIM+GIS 融合技术在公路工程应用中，技术标准不统一的问题较为突出。由于各研究机构和企业技术路线、应用场景存在差异，导致 BIM+GIS 融合技术难以形成统一标准；在数据建模阶段，不同单位采用的标准不一致，使得数据在跨平台、跨领域共享交互时困难重重；加之公路工程涉及多专业领域，各领域对数据的需求和应用方式大相径庭，进而形成“信息孤岛”，极大降低了数据利用效率。对此，需要多方协同发力解决^[8]。行业协会与政府部门应展开合作，在制定标准时充分考量公路工程建设周期长、投资额大、工点分散等特点，重点关注数据交互、模型精度以及应用场景等方面要求；政府可通过政策引导和资金支持，推动技术标准在实际项目中的落地实施；行业协会则要充分发挥桥梁纽带作用，组织业内专家和企业共同参与标准的制定与修订工作，从而增强标准的科学性和实用性，推动 BIM+GIS 技术在公路工程领域的规范化应用。

（三）专业人才短缺问题与策略

公路工程数字化建设对兼具 BIM、GIS 技术与公路工程专业

知识的复合型人才需求迫切，但当前人才供给存在显著缺口^[9]。高校教育与企业实际需求脱节，课程设置偏重单一技术教学，缺乏对 BIM 与 GIS 融合技术的系统性培养；职业培训机构覆盖范围有限，培训内容多停留在理论层面，实践操作环节不足，致使专业人才培养滞后。这一现状直接影响项目推进，在实际工程中常因技术人员专业能力不足引发各类难题。为填补人才缺口，需多维度发力，高校应革新课程体系，融入 BIM 和 GIS 相关内容，开设“工程三维数字化”等跨学科课程，强化理论与实践结合^[10]；职业培训需针对在职人员特点，开展 BIM 模型构建、GIS 数据分析等专项技能培训；同时，鼓励学员投身实际工程项目，如抚长高速项目，在真实场景中积累经验，提升解决复杂问题的能力，从而为公路工程 BIM+GIS 数字化建设提供坚实的人才支撑。

四、结束语

BIM+GIS 融合技术为公路工程数字化建设带来了创新与变革，在规划、设计、施工等阶段展现出显著优势，能够实现从宏观地理环境分析到微观工程构件管理的全方位覆盖，有效提升项目管理的科学性、精准性和智能化水平，对推动公路工程行业高质量发展具有重要意义。然而，当前数据兼容性问题、技术标准缺失以及专业人才短缺等困境，严重制约了该技术的深度应用与广泛推广。未来，需行业各方协同合作，持续优化数据处理技术，加快统一技术标准体系建设，完善复合人才培养机制，从而突破技术瓶颈，充分发挥 BIM+GIS 技术在公路工程全生命周期管理中的潜力，促进公路工程数字化建设迈向新台阶。

参考文献

[1] 崔聪聪；尧逸民；陈国；张驰；李爱民；张斌. 基于 BIM+GIS 技术的公路工程施工阶段创新技术研究与应用 [J]. 江西交通科技, 2024, (2): 98-101.

[2] 陈宇；孙辉；张卫兵；黎旭；刘邦王. BIM 与 GIS 融合的工程数字孪生平台研究及应用 [J]. 西部交通科技, 2023, (11): 200-202.

[3] Yamamura S, Fan L, Suzuki Y. Assessment of urban energy performance through integration of BIM and GIS for smart city planning[J]. Procedia engineering, 2017, 180: 1462-1472.

[4] 赵杏英，陈沉，杨礼国. BIM 与 GIS 数据融合关键技术研究 [J]. 大坝与安全, 2019(2): 4. DOI: CNKI: SUN: DBAQ. 0. 2019-02-003.

[5] 吴峥. 基于 BIM 和 GIS 的数据协同体系研究 [J]. 互联网周刊, 2025(1): 1-10.

[6] 赵强. BIM 技术在智慧城市“数字孪生”建设中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(3): 108-110.

[7] 于飞. 基于 BIM+GIS 技术的公路工程可视化管理平台 [J]. 中国交通信息化, 2021, (9): 30-34.

[8] 姜凤霞；陈世达；杨宝；李佳书；籍亮；陈冬强. BIM 模型与 GIS 场景的数据融合及轻量化的研究与应用 [J]. 吉林交通科技, 2024, (1): 28-32.

[9] 申鹏；邹育麟；彭华军；肖依桃；叶友刚；姜棋. 基于 BIM+GIS 技术的公路工程建设智慧管理平台探析 [J]. 中国交通信息化, 2022, (7): 26-29.

[10] 黄河；乔科；袁文丹；傅霆；王世法. 高速公路数字化场景技术与 BIM 轻量化方法 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2024, 16(2): 83-88.