

基于 BIM 技术的道路与桥梁一体化协同设计应用研究

王永鹏

河北省城乡规划设计研究院有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着交通基础设施建设向智能化、精细化发展，传统道路与桥梁分段式设计模式已难以满足复杂工程需求。文章提出“道路与桥梁一体化协同设计”新理念，以 BIM（建筑信息模型）技术为核心支撑，构建涵盖规划、设计、施工全过程的集成化工作平台。通过建立统一数据标准与多专业协同机制，实现结构、路线、地质等多源信息深度融合，提升设计效率与质量。结合某城市快速路改扩建工程案例验证表明，该模式可缩短设计周期 30% 以上，减少专业间错漏碰缺问题 60%，显著增强项目全生命周期管理能力，为智慧交通建设提供技术路径支持。

[关键词]BIM 技术；道路与桥梁；一体化设计；协同设计

DOI: 10.33142/aem.v7i10.18236

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Research on the Application of Integrated Collaborative Design of Roads and Bridges Based on BIM Technology

WANG Yongpeng

Hebei Province Urban-Rural Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the development of intelligent and refined transportation infrastructure construction, the traditional segmented design mode of roads and bridges is no longer able to meet the needs of complex engineering. The article proposes a new concept of "integrated collaborative design of roads and bridges", with BIM (Building Information Modeling) technology as the core support, to build an integrated work platform covering the entire process of planning, design, and construction. By establishing a unified data standard and a multi-disciplinary collaboration mechanism, deep integration of multi-source information such as structure, route, geology, etc. can be achieved to improve design efficiency and quality. Based on the verification of a case study of a certain city's expressway renovation and expansion project, this model can shorten the design cycle by more than 30%, reduce errors, omissions, collisions, and deficiencies between specialties by 60%, significantly enhance the project's full lifecycle management capabilities, and provide technical path support for smart transportation construction.

Keywords: BIM technology; roads and bridges; integrated design; collaborative design

引言

在新型城镇化和交通强国战略背景下，道路与桥梁工程日益呈现规模大、结构复杂、环境敏感等特点。然而，当前设计实践中仍普遍采用“先路线后结构”的割裂模式，导致专业协同困难、信息传递失真、变更频繁等问题。BIM 技术以其三维可视化、参数化建模与信息集成优势，为解决上述难题提供了新思路。本文突破传统 BIM 仅用于单体桥梁或路段建模的局限，提出“道路与桥梁一体化协同设计”创新框架，强调从项目初期即实现路线线形、桥涵结构、地质条件、管线布置等多专业同步交互与动态优化。该研究不仅丰富了 BIM 在交通工程中的应用内涵，也为推动行业数字化转型提供理论支持与实践范例。

1 BIM 技术支持下的一体化协同设计理论体系构建

1.1 “道路与桥梁一体化协同设计”新理念解析

道路与桥梁一体化协同设计是一种以 BIM 平台为技术底座，打破传统专业分割的设计范式。该模式强调在项目初期即整合路线、结构、地质、排水、交通工程等多个专业团队，在统一数字环境中开展并行设计与动态交互。设计过程中，路线线形的调整可实时驱动桥梁跨径布置与墩台定位，地质条件变化能自动触发基础形式优化建议，各专业模型之间建立逻辑关联而非简单拼接。其核心特征体现为全专业集成，实现信息无缝流转；全过程覆盖，贯穿规划、方案至施工图阶段；全要素关联，将几何形态、

材料属性、施工工艺等数据深度融合。

1.2 BIM 模型层级划分与数据标准建立

依据项目阶段需求，采用 LOD 100 至 LOD 400 分级体系，明确各阶段模型精度要求，如概念设计阶段侧重体量与空间关系，施工图阶段则需包含钢筋细节与预埋件信息。制定适用于道路桥梁工程的扩展 IFC 信息编码规则，对构件类型、功能属性、生命周期阶段进行标准化定义。统一采用国家大地坐标系与高程基准，确保全线空间位置一致性，规范单位制与命名规则避免歧义。数据交换依托 IFC 通用格式实现跨平台共享，COBie 标准用于交付运维所需设备信息。轻量化模型通过 WebGL 或专用引擎发布，支持移动端浏览与审查，满足多方参与的信息获取需求。

1.3 协同工作机制设计

采用中央模型与本地工作集相结合的模式，所有设计人员基于同一云端主模型开展作业，定期同步更新内容，保证数据唯一性。系统设置角色权限管理，区分建模、审核、查看等操作级别，防止误改与数据泄露。版本控制系统记录每次修改的时间、人员与变更内容，支持回溯与比对。设定周期性的碰撞检测任务，自动识别结构与管线、桥下净空与道路标高等潜在冲突，并生成报告推送相关责任人。设计评审通过在线协同平台进行标注与会签，变更指令自动生成工单并追踪执行状态，形成从发现问题到闭环处理的数字化管理链条，确保设计过程可控、可管、可追溯。

2 关键技术实现路径

2.1 多源数据融合建模技术

利用无人机倾斜摄影获取的高密度点云数据，结合地面控制测量成果，生成精确到厘米级的数字地形模型（DTM），真实反映沿线地貌起伏与地物分布。地质勘探阶段的钻孔数据通过专业插件导入 BIM 平台，依据岩土层理深度与物理参数进行三维插值处理，形成连续的地层分布模型，直观展示软土、岩溶等不良地质区段的空间位置。道路平纵线形设计完成后，其高程与坡度信息作为输入参数驱动桥梁布跨逻辑，桥墩高度根据路线纵断面自动计算生成，实现“路线-结构”联动响应。当某段路基填方过高时，系统可提示转换为桥梁方案，并初步拟定跨径组合。

2.2 参数化与自动化设计方法

针对项目特征开发标准化模板库，涵盖不同宽度的道路横断面、常用跨径的预制梁板、桥台桥墩标准形式等，所有构件均设置可调参数如长度、坡度、配筋率等。设计人员调用模板后，仅需修改关键变量即可快速生成符合规范要求的三维实体。借助 Dynamo 可视化编程工具或 Python 脚本语言，实现批量操作自动化，例如沿路线中

心线自动生成侧石、护栏、检查井等附属设施，并根据曲线半径自动调整间距与角度。进一步引入规则引擎构建智能布桥算法，内置通航净空、防洪标高、交叉道路限界、支座安装空间等多项约束条件，在给定起点终点后自动推荐最优跨径布置方案，并标记不满足规范的节点位置。

2.3 多专业碰撞检测与优化

基于统一 BIM 模型开展全专业合模审查，利用 Navisworks 或类似软件的干涉检查功能，系统扫描结构主体与地下管线之间的空间关系，识别出电力通道被桩基穿越、通信管道与承台重叠等问题，并生成带坐标标注的冲突报告。桥梁伸缩缝的位置需与路面伸缩装置精确对齐，通过设置关联约束确保两者在同一断面内匹配，避免后期接缝错位引发跳车现象。施工组织模拟中，将临时便道、围挡、塔吊作业范围等要素纳入模型，验证其与永久结构的安全距离，优化场地布局。所有检测结果以颜色编码在三维视图中高亮显示，支持多方在线会审与问题销项管理。

2.4 性能模拟与分析集成

将道路路线模型导出至 Civil 3D 进行平纵线形验算，检查视距、超高过渡是否满足规范要求；桥梁结构模型则导入 Midas Civil 等专业软件开展静力、动力及稳定性分析，评估在车辆荷载、风荷载、地震作用下的应力与变形响应。分析结果反馈至原始 BIM 模型，关键指标如最大挠度、裂缝宽度以属性形式挂接构件，实现设计与计算的双向联动。利用 Enscape 或 Twinmotion 进行可视化仿真，模拟不同时间段的光照变化对驾驶员视线的影响，评估夜间照明覆盖效果，优化路灯布置方案。交通流仿真软件接入模型路网，预测高峰时段车流密度与拥堵点。

3 工程应用案例分析

3.1 工程概况

本研究以某市中心城区快速路改扩建工程为应用案例，项目全长 8.7 公里，采用“主线高架+地面辅道”立体化改造模式，旨在缓解区域交通拥堵。工程包含主线高架桥 3.2 公里，共设标准墩台 156 座，最大跨度达 65m 跨越主河道；匝道桥梁总长 1.5 公里，连接既有立交与周边路网；地面道路同步拓宽至双向六车道，并配套建设雨水、污水、给水、电力、通信等综合管线系统。线路途经多个建成区，地形高差变化显著，最大自然坡度超过 5%，需穿越两处密集居民区、一座城市公园及一条通航河流，环境敏感度高。沿线涉及五处重要交叉口渠化改造，与地铁隧道最小净距不足 8m，施工空间受限。传统设计方式难以统筹复杂的空间关系与多专业接口，极易引发后期变更。项目技术难度大、协调环节多、社会影响广，对设计精度

与协同效率提出极高要求，具备典型性和代表性，适合作为 BIM 一体化协同设计的实践载体。

3.2 BIM 一体化协同设计实施过程

为保障项目顺利推进，组建由路线、桥梁、岩土、市政、交安等专业技术人员构成的专职 BIM 团队，统一接受协同流程培训并明确职责分工。技术平台采用 Autodesk 系列软件集成方案，以 Revit 为核心构建桥梁与附属结构模型，Civil 3D 负责道路平纵横设计与地形处理，InfraWorks 用于宏观场景整合与方案比选，三者通过动态链接实现数据互通。部署私有云中央模型服务器，所有设计人员基于局域网访问同一主模型文件，采用工作机制划分责任区域，确保模型修改实时同步。设定每周二为固定协同例会日，各专业提交当周模型更新内容，开展合模审查与问题会商。建立分阶段模型交付节点，从 LOD 200 概念方案到 LOD 350 施工图深度逐级完善。所有设计变更通过 BIM 管理系统发起电子工单，记录原因、审批人与执行状态，形成可追溯的数字化管理链条，有效支撑了跨专业高效协作。

3.3 应用成效对比分析

设计周期方面，原计划 12 个月完成全部设计任务，实际耗时 8.2 个月即达到施工图出图条件，整体进度提升 31.7%，主要得益于并行作业与自动校核减少返工。质量控制层面，在施工前共识别并解决专业间碰撞问题 47 处，涵盖桥墩侵占地下管线走廊、伸缩缝位置与路面接缝错位、支座检修空间不足等典型问题，较同类未采用一体化设计的项目平均碰撞数量下降约 62%。经济性方面，因设计缺陷导致的现场变更指令减少 73%，预估节约返工成本及相关管理费用约 18%。可视化沟通效果突出，利用 VR 虚拟现实设备组织四次业主汇报会议，沉浸式展示跨河桥梁施工工序、匝道夜间照明效果及交叉口交通组织方案，大幅提高决策效率与满意度。

3.4 存在问题与改进方向

不同专业软件间的数据接口存在兼容性问题，如 Civil 3D 中的复杂曲线路线导入 Revit 后出现微小几何偏差，需人工修正，影响建模流畅性。部分资深工程师长期习惯二维 CAD 操作，对三维协同理念接受较慢，初期存在抵触情绪，反映出复合型人才储备不足的问题，后续需加强针对性培训与激励机制。数据安全管理尚不健全，中央模型集中存储大量敏感信息，缺乏细粒度访问控制与操作审计功能，存在泄露风险。知识产权归属界定模糊，BIM 模型作为成果交付物的责任边界不清，一旦发生设计错误，难以明确责任主体。未来应推动开发国产化集成平台，打破国外软件壁垒；建立企业级 BIM 标准手册与人才认证体系；引入区块链技术实

现模型修改留痕；联合法律机构制定 BIM 成果交付协议范本，从制度与技术双维度完善一体化协同生态。

4 一体化协同设计的优势与挑战

道路与桥梁一体化协同设计依托 BIM 技术实现了信息高效共享，所有参与方基于统一数字模型开展工作，确保数据来源唯一、更新实时，有效避免传统模式下的信息滞后与版本混乱。设计过程中集成自动校验功能，可精准识别几何冲突、规范偏差与逻辑错误，显著降低人为疏漏，提升成果质量可控性。三维可视化环境为方案比选提供直观支持，通过渲染、动画及 VR 沉浸式体验辅助决策，增强业主理解与公众参与度。所构建的 BIM 模型具备丰富属性信息，可无缝延伸至施工阶段，用于 4D 进度模拟、5D 成本核算，并为后期运维管理提供 6D 数据基础，推动项目全生命周期数字化。然而，该模式推广仍面临多重挑战，交通行业尚未建立统一的 BIM 执行标准与交付规范，企业需承担较高的软硬件采购与人员培训成本。主流设计软件之间存在兼容障碍，特别是通用平台与专业路桥软件的数据交互不畅，易形成新的“数据孤岛”。模型法律效力缺乏明文界定，一旦出现设计失误，责任归属难以厘清。

5 结语

本研究围绕“基于 BIM 技术的道路与桥梁一体化协同设计”展开系统探讨，提出了将 BIM 从单一建模工具升级为集成化设计范式的创新理念。通过构建统一的数据环境与协同机制，实现了多专业在同一数字平台上并行作业、动态交互与智能优化，有效解决了传统设计中信息割裂、协调低效的问题。工程实践表明，该模式不仅能显著提升设计效率与质量，降低后期变更风险，更为项目全生命周期管理奠定了坚实的数据基础。未来，随着人工智能、云计算与物联网技术的深度融合，BIM 驱动的一体化协同设计将进一步向智能化、自动化迈进。建议行业加快标准体系建设，培育专业人才队伍，推动 BIM 真正成为交通基础设施高质量发展的核心技术引擎。

[参考文献]

- [1] 李枝军,胡皓,徐秀丽,等.基于 BIM 技术的桥梁工程协同毕业设计探索[J].现代职业教育,2024(27):109-112.
- [2] 黄伟.基于 BIM 的建筑数字化协同设计应用研究[J].中国建筑装饰装修,2024(24):23.
- [3] 王璐.基于 BIM 技术的型钢构件深化设计与施工协同应用研究[J].中国建筑装饰装修,2025(2):26.

作者简介：王永鹏（1979.12—），男，籍贯：河北省石家庄市栾城区，高级工程师，本科，就职于河北省城乡规划设计研究院有限公司。