

BIM技术辅助公路路线三维协同设计

李小龙

四川公路工程咨询监理有限公司 四川 成都 610000

摘要：针对传统公路路线设计中专业壁垒突出、信息传递滞后、设计误差大等问题，本文结合BIM技术可视化、参数化、协同性等核心特性，探讨其在公路路线三维协同设计中的应用。构建多专业协同设计体系，阐述模型构建、协同机制及设计优化路径，结合实际案例验证应用效果。研究表明，BIM技术可有效打破信息孤岛，提升设计效率与精度，减少设计变更及工程成本，为公路路线三维协同设计提供技术支撑与实践参考。

关键词：BIM技术；辅助；公路路线；三维协同设计

引言：随着公路工程向复杂化、精细化发展，传统二维设计模式已难以满足多专业协同、地形适配及环保设计的多元需求，设计冲突与效率低下等问题日益凸显。在公路数字化转型背景下，BIM技术作为数字化设计核心手段，被广泛应用于工程全生命周期管理。本文立足公路路线设计痛点，探索BIM技术辅助三维协同设计的实施路径，破解传统设计瓶颈，助力公路工程设计提质增效、绿色发展。

1 相关理论与技术基础

1.1 公路路线三维协同设计核心内涵

(1) 公路路线设计的核心要求：以线形设计为核心，保障路线平顺、安全且符合规范，同时注重地形适配，最大限度减少对周边地貌、生态环境的破坏，兼顾经济性与实用性；核心在于多专业协同，实现路线、路基、路面、桥涵等各专业高效配合，避免设计冲突。

(2) 三维协同设计的核心特征：打破专业壁垒，实现各专业信息共享，确保设计数据实时同步；支持多专业实时协同作业，提升设计效率；通过多专业联动排查设计隐患，实现从方案设计到施工交底的全流程管控，保障设计质量。

(3) 传统公路路线设计与三维协同设计的差异对比：传统设计以二维图纸为主，信息传递滞后，易出现专业冲突，修改繁琐；三维协同设计以三维模型为载体，可视化程度高，可提前规避冲突，修改便捷，且能实现设计、施工、运维全流程衔接。

1.2 BIM技术核心理论与特性

(1) BIM技术的定义与核心内涵：即建筑信息模型，本质是包含建筑全生命周期信息的三维数字化模型，核心是全生命周期管理理念，涵盖设计、施工、运维等各个阶段，实现信息的全程传递与复用。

(2) BIM技术核心特性：可视化可直观呈现设计成果，便于沟通对接；参数化可实现模型参数联动修改，提升效率；协同性支

持多专业同步作业；模拟性可模拟施工过程、病害风险等；可优化性可基于模型数据对设计方案进行迭代完善。

(3) BIM技术在公路工程领域的适配性分析：公路工程路线长、涉及专业多、地形复杂，BIM技术可通过三维建模还原地形地貌，精准适配路线设计需求，同时解决多专业协同难题，提升公路工程设计精准度与高效性^[1]。

1.3 BIM技术在公路路线设计中的核心工具

(1) 主流BIM设计软件：Civil3D适用于公路路线、路基等三维建模与工程量计算；InfraWorks侧重路线方案可视化展示与周边环境融合；Revit主要用于桥涵等构筑物建模，各软件适配不同设计环节，互补协同。

(2) 软件协同对接技术：通过数据接口、中间文件格式等方式，实现不同BIM软件间的数据交互，解决格式不兼容问题，确保模型数据在各软件间顺畅传递，保障协同设计顺利推进。

(3) BIM模型数据标准：明确公路领域BIM模型的建模精度、流程规范，制定统一的数据分类与编码规则，确保不同专业、不同阶段的模型数据统一，为信息共享和全生命周期管理提供支撑。

2 BIM技术辅助公路路线三维协同设计体系构建

2.1 三维协同设计体系构建原则与目标

(1) 构建原则：实用性原则，结合公路路线设计实际需求，优先选取成熟、易操作的技术与方法，确保体系可落地、能见效，避免冗余设计；协同性原则，打破各专业设计壁垒，实现路线、路基、桥涵等多专业高效联动，保障设计信息实时同步；可扩展性原则，预留技术升级与功能拓展空间，适配未来公路工程设计的新需求、新技术；标准化原则，统一模型建模标准、数据编码规则与协同流程，确保各环节设计规范统一；经济性原则，在提升设计质量与效率的同时，控制技术投入成本，实现设计效益最大化。

(2) 构建目标：打破各专

业信息孤岛,实现设计数据、技术参数、规范要求的全程共享,解决传统设计中信息传递滞后、沟通不畅的问题;提升设计效率,通过BIM技术的可视化、参数化优势,简化设计流程,减少重复工作量,缩短设计周期;减少设计误差,利用三维模型碰撞检测、精度校验功能,提前排查专业冲突与设计漏洞,降低设计失误率;降低工程成本,通过优化设计方案、减少挖填工程量与设计变更,从源头控制工程投资;实现多专业协同,建立标准化协同机制,推动各专业同步作业、高效配合,提升整体设计质量。

2.2 BIM三维模型构建流程与方法

(1) 基础数据收集与处理:全面收集公路路线设计所需基础数据,包括地形地貌数据(通过无人机航测、全站仪测量获取)、地质勘察数据(地层分布、岩土性质、地下水情况等)、设计规范数据(公路路线设计规范、路基路面设计标准等);对收集的数据进行整理、筛选与校验,剔除无效数据,统一数据格式,通过BIM软件的数据导入功能,将处理后的基础数据转化为模型构建的基础支撑,确保数据精准性与完整性。(2) 三维模型分层构建:按照“从基础到主体、从整体到局部”的思路分层构建模型,地形模型基于地形地貌数据,通过Civil3D等软件构建,还原项目区域真实地形;路线线形模型结合设计方案,构建平纵线形、曲线要素等核心内容,确保线形符合规范要求;路基路面模型依据设计参数,构建路基断面、路面结构层等,明确各层厚度与材质;附属设施模型涵盖交通标志、防护栏、排水设施等,实现公路路线全要素建模,各层模型相互关联、参数联动^[2]。(3) 模型校验与优化:开展模型精度校验,对照设计规范与基础数据,检查模型尺寸、参数、位置的精准度,确保模型与实际设计需求一致;对模型参数进行合理性调整,结合工程实际优化线形指标、路基厚度等核心参数;通过BIM软件的碰撞检测功能,排查各专业模型间的冲突(如路线与桥涵、附属设施的位置冲突),针对检测出的问题及时修正,确保模型的完整性与合理性。

2.3 多专业三维协同设计机制建立

(1) 协同组织架构:明确设计团队的分工与责任划分,成立协同设计领导小组,统筹协调各专业工作;划分路线、路基、桥涵、绿化等专业设计小组,明确各小组的工作范围与协作流程;制定标准化协同流程规范,明确设计任务分配、信息传递、成果审核等环节的要求,确保各专业协同有序推进。(2) 实时协同沟通平台:搭建基于BIM的协同设计平台,整合各专业设计数

据,实现模型、图纸、规范等信息的集中管理与共享;建立信息共享与反馈机制,各专业设计人员可实时查看、编辑模型,针对设计问题在线沟通、及时反馈,确保信息传递高效、准确,减少沟通成本。(3) 设计变更协同管理:建立设计变更全流程协同管控机制,明确变更申请、审核、修改、同步的流程与责任主体;变更申请需提交详细说明与依据,经协同小组审核通过后,由相关专业人员进行修改;修改完成后,及时同步至各专业模型与相关设计人员,确保变更信息全程可追溯、各环节同步更新,避免因变更不同步导致的设计冲突^[3]。

2.4 BIM技术在路线设计优化中的应用模块

(1) 路线线形优化:依托BIM技术的可视化优势,直观呈现路线平纵线形的空间形态,结合设计规范要求,对曲线半径、纵坡坡度等指标进行符合性校验;针对线形不合理的路段,通过参数化修改功能调整线形要素,实现线形平顺性、安全性与经济性的平衡,确保路线设计符合行车安全要求。(2) 地形适配优化:利用BIM三维模型,将路线设计方案与地形地貌进行精准融合,分析路线与地形的适配性;通过模拟挖填作业,计算挖填工程量,优化路线走向与高程设计,最大限度减少挖填量,降低工程施工难度与成本,同时减少对周边地形地貌的破坏^[4]。(3) 环境影响优化:基于BIM模拟分析功能,模拟公路路线设计对周边生态环境、建筑物、农田等的影响,识别潜在环境风险;针对影响较大的路段,提出优化方案,如调整路线走向、设置防护设施等,在满足设计要求的同时,最大限度保护生态环境,实现工程设计与生态保护的协同发展。

3 案例分析

3.1 案例工程概况

(1) 工程基本信息:本案例为某省级高速公路改扩建工程,位于中部山区,路线全长32.6公里,设计标准为双向四车道高速公路,设计时速80公里/小时,路基宽度24.5米。工程重难点突出,沿线地形复杂,多山地、沟壑,地质条件多变,存在不良地质路段,同时需穿越村庄、农田及生态保护区,协调难度大,对路线设计的地形适配性和环保性要求较高。(2) 案例工程设计需求:核心需求为多专业协同,需实现路线、路基、桥涵、环保等多专业同步作业,避免设计冲突;路线优化需求侧重线形平顺性与地形适配性,减少挖填工程量;成本控制需求明确,需通过优化设计方案,降低工程投资,减少设计变更带来的额外成本,同时兼顾施工便捷性。(3) 案例工程BIM应用基础:软件选用Civil3D进行路线、路基建模,InfraWorks实现可视化展示与环境融合,

Revit用于桥涵构筑物建模,搭配协同平台实现多软件数据交互。团队配置专业齐全,涵盖路线、路基、桥涵、环保等专业设计人员及BIM技术专员,明确分工、责任到人。数据准备充分,完成了无人机航测地形数据、地质勘察报告、相关设计规范等基础数据的收集与整理,为BIM应用奠定坚实基础。

3.2 BIM技术在案例工程中的具体应用实施

(1) BIM三维模型构建:首先对收集的地形、地质、规范等基础数据进行筛选、清洗,统一数据格式后导入BIM软件,通过Civil3D构建精准的地形模型,还原项目区域真实地貌;随后分层构建路线线形、路基路面、桥涵、附属设施及环保防护模型,严格按照建模标准控制精度,确保各层模型参数联动、衔接顺畅,最终形成完整的公路路线三维BIM模型,清晰呈现各专业设计细节与空间关系,为后续协同设计与优化提供可视化支撑。

(2) 多专业协同设计实施:建立标准化协同设计流程,路线专业先完成初步线形设计并上传至协同平台,同步共享给路基、桥涵、环保等专业;各专业基于同一BIM模型开展专项设计,实时查看相关专业设计内容,通过协同平台在线沟通、反馈问题,及时排查路线与桥涵位置冲突、路基与地形适配不足、环保防护与路线衔接不畅等问题,确保多专业设计同步推进、无缝衔接,提升协同设计效率^[5]。(3) 路线设计优化实践:依托BIM可视化功能,直观查看路线平纵线形的空间形态,结合设计规范校验曲线半径、纵坡坡度等指标,优化不合理路段,提升线形平顺性与行车安全性;结合地形模型分析路线与地貌的适配性,调整路线走向与高程,减少挖填工程量;通过BIM模型精准计算路基、桥涵工程量,优化路基断面设计与桥涵布置,降低工程成本,实现设计方案的经济合理与技术可行。

3.3 应用效果分析与评价

(1) 定量分析:应用BIM技术后,设计效率较传统设计提升35%以上,设计周期缩短20天;设计变更数量减少40%,有效避免了因变更导致的成本增加;通过优化

设计,挖填工程量节约8%,累计节约工程投资约1200万元,成本控制效果显著。(2) 定性分析:多专业协同沟通效率大幅提升,避免了传统设计中信息传递滞后、沟通不畅的问题;设计精度显著提高,有效减少了设计误差,提升了设计成果的准确性;路线设计方案更具合理性,地形适配性和环保性得到改善,同时增强了设计方案的可施工性,为后续施工提供了有力支撑。(3) 应用总结:案例应用中,BIM技术有效解决了多专业协同、路线优化等核心问题,提升了设计质量与效率,降低了工程成本,积累了宝贵的实践经验。同时也存在不足,部分专业人员BIM操作熟练度不足,软件协同对接仍有少量卡顿,后续需加强人员培训,优化协同平台性能,进一步发挥BIM技术的应用价值。

结束语

本文系统研究了BIM技术在公路路线三维协同设计中的应用,明确了协同设计体系构建原则、模型构建流程及优化方法,通过案例验证了其在提升设计效率、降低成本等方面的显著价值。尽管应用中存在人员操作熟练度不足等问题,但通过加强培训、优化协同平台可逐步完善。未来可结合数字孪生、AI等技术深化应用,推动公路路线设计向数字化、智能化、协同化方向持续发展。

参考文献

- [1]王旭,曾祥育,于罗斌.浅谈BIM技术在高速公路设计中的应用[J].公路交通科技,2023,16(5):50-52.
- [2]孙建诚,蒋浩鹏,朱双晗.基于BIM技术的三维公路模型设计探讨[J].重庆交通大学学报,2022,38(01):30-34.
- [3]魏国容.BIM技术在道路工程设计中的应用研究[J].城市道桥与防洪,2021,24(1):191-195.
- [4]罗兰.建筑装饰专业设计阶段BIM应用技术路线分析[J].土木建筑工程信息技术,2021,13(2):21-26.
- [5]闫金阵.公路路线纵断面设计方法的探讨思路构建[J].四川建材,2022,48(2):197-198.