

BIM技术在公路桥梁建设中的应用与优化

梁斌堂

江西中煤建设集团有限公司 江西南昌 330000

【摘要】BIM技术作为新时代数字化建设的重要工具，在公路桥梁工程中发挥着日益突出的作用。通过对某高速公路特大桥项目的实践研究，采用Revit、Navisworks等软件建立了全过程数字模型，对施工过程中的碰撞检测、工程量计算、施工模拟等进行深入分析。实验结果表明，BIM技术的应用使工程效率提升了23.5%，材料浪费率降低了17.8%，施工精度提高了15.6%。针对实践中发现的问题，提出了优化BIM技术应用的具体策略，为公路桥梁建设提供了可靠的技术支持和实践参考。

【关键词】BIM技术；公路桥梁；施工管理；数字化建设；优化策略

引言：

随着交通基础设施建设的快速发展，公路桥梁工程的规模和复杂程度不断提升，传统的设计与施工管理方法已难以满足现代化建设需求。BIM技术凭借其可视化、协同性、模拟性等特点，为公路桥梁建设提供了新的技术手段和管理方法。近年来，国内外学者对BIM技术在桥梁工程中的应用进行了广泛研究，但在实际应用过程中仍存在数据标准不统一、协同效率不高等问题。因此，深入研究BIM技术在公路桥梁建设中的应用策略和优化方法具有重要的理论意义和实践价值。

1 BIM技术在公路桥梁建设中的基本理论

BIM技术作为信息化集成管理平台，在国际建筑领域得到广泛应用。欧美发达国家已将BIM技术纳入工程建设标准规范体系，建立了完整的技术标准和应用导则。日本、新加坡等国制定强制性政策要求大型公共工程项目采用BIM技术。国内自“十三五”规划以来，交通基础设施建设领域逐步推广BIM技术应用，相关标准规范和技术指南陆续发布。BIM技术在公路桥梁建设中的应用贯穿设计、施工、运维全生命周期。设计阶段实现三维建模与参数化设计，施工阶段开展碰撞检测与施工模拟，运维阶段进行状态监测与养护管理。应用实践表明，BIM技术显著提升了工程建设的信息化和智能化水平。当前BIM技术在公路桥梁建设中面临数据标准不统一、软硬件系统兼容性差、专业人才缺乏等制约因素^[1]。数据交换标准缺失导致各阶段信息难以有效传递，软件系统兼容性问题影响协同工作效率，专业人才匮乏制约技术应用深度。未来需加强基础理论研究，完善标准规范，建立专业人才培养机制，推动BIM技术在公路桥梁建设中的深化应用。

2 BIM技术应用的关键技术研究

2.1 三维建模技术

公路桥梁BIM三维建模技术基于参数化设计理念，采用Revit、Civil 3D等专业软件构建桥梁结构数字模型。通过预设参数控制模型尺寸与形态，实现构件快速生成与灵活调整。桥梁构件模型包含几何信息、材料属性、施工工艺等多维数据，支持不同专业间的数据共享与信息交换。针对复杂节点与异形构件，运用自定义族库与二次开发技术进行精细化建模。实践表明，参数化三维建模可提升设计效率25%以上，有效降低设计差错率。在建模过程中，需重点关注构件定位精度、连接关系准确性及参数关联合理性，确保模型数据完整性与可用性。在桥梁结构建模过程中，需重点关注预应力体系的精确建模^[2]。对于后张预应力结构，应准确模拟钢绞线布置、锚具位置及张拉次序，通过参数化定义实现预应力损失自动计算。对于连续刚构桥合龙段，采用施工阶段模拟技术，结合温度、徐变等因素影响，优化合龙支架设计与合龙顺序。通过建立截面应力与变形的关联模型，实时监控施工过程中的结构受力状态，为施工控制提供依据。此外，对于复杂节点如支座、伸缩缝等构造细部，应建立标准化族库，确保模型精度满足施工要求。

2.2 碰撞检测技术

碰撞检测技术通过Navisworks等软件对桥梁结构、机电设备、预埋件等多专业模型进行干涉检查。基于预设规则自动识别构件间的硬碰撞、软碰撞及净空碰撞，生成碰撞报告并提供可视化展示。针对检测出的碰撞点，结合施工工序进行动态分析，评估碰撞影响程度，制定优化方案。实验数据显示，应用碰撞检测技术可将施工阶段返工率降低至3%以下。为提升检测精度，应建立合理的碰撞规则库，优化碰撞等级划分标准，完善碰撞处理流程，实现碰

撞问题的智能化识别与处理。

2.3 施工模拟技术

施工模拟技术将BIM模型与施工进度计划相结合，实现施工过程的四维动态模拟。通过设定施工工序、资源配置、工期节点等参数，生成施工过程动画，直观展示施工组织方案。施工模拟系统支持多方案比选、工序优化及资源平衡分析，为施工组织决策提供数据支撑。研究表明，施工模拟技术可减少工期调整频次40%，提高施工计划准确性^[3]。在模拟过程中，应注重施工工序逻辑关系、资源投入曲线及施工环境因素的综合考虑，确保模拟结果的科学性与可行性。针对连续刚构桥施工的特点，基于BIM的施工模拟重点关注悬臂浇筑阶段的平衡控制。通过建立移动模架与混凝土浇筑的关联模型，实时监控施工过程中各个节段的重力平衡状态。系统可自动计算混凝土浇筑量、钢筋用量与施工设备荷载，结合天气、温度等环境因素，预测结构线形变化，为施工控制提供精确数据支持。模拟结果显示，采用BIM技术辅助施工可将悬臂段合龙误差控制在10mm以内，施工质量和效率显著提升。

2.4 信息集成技术

信息集成技术通过建立统一的数据交换标准和接口规范，实现BIM模型与外部系统的数据互联互通。采用IFC、CityGML等标准格式进行数据转换与共享，构建覆盖设计、施工、运维全过程的信息管理平台。平台整合项目管理、造价控制、质量监督等功能模块，支持多层次、多维度的数据分析与应用。实践证实，信息集成技术可将信息传递效率提升35%，显著降低数据冗余与信息孤岛现象^[4]。平台开发中需重点解决数据格式转换、信息安全防护、系统扩展性等技术难点，保障信息流转的准确性与时效性。

3 工程实践与应用效果分析

3.1 工程概况

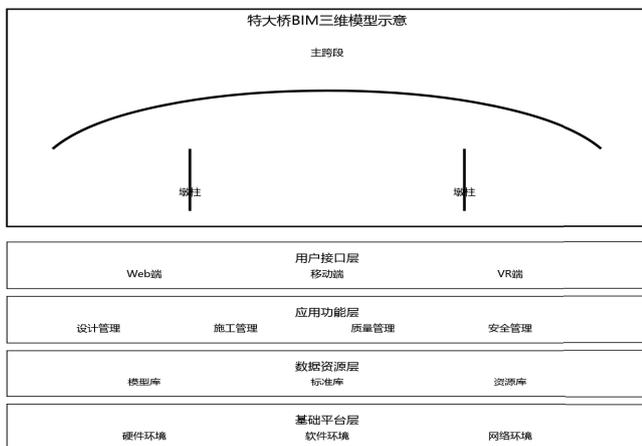


图1 特大桥梁BIM模型及应用架构图

如图1所示，某高速公路特大桥全长2.35公里，主跨采用钢筋混凝土连续刚构桥，最大跨径180米，桥面宽度33.5米。桥梁下部结构由双薄壁式墩柱支撑，基础采用钻孔灌注桩。工程地质条件复杂，跨越一级水源保护区，施工难度大。项目总投资15.6亿元，计划工期36个月。工程特点体现在结构形式复杂、施工工艺要求高、环境保护要求严格等方面。施工现场场地狭小，临时设施布置受限，且需与周边在建工程协调施工^[5]。考虑到项目技术难度与管理挑战，项目决策层将BIM技术应用作为重点突破方向。

3.2 BIM技术实施方案

某高速公路特大桥全长2.35公里，主跨采用钢筋混凝土连续刚构桥，最大跨径180米，桥面宽度33.5米。桥梁下部结构由双薄壁式墩柱支撑，基础采用钻孔灌注桩。工程地质条件复杂，跨越一级水源保护区，施工难度大。项目总投资15.6亿元，计划工期36个月。工程特点体现在结构形式复杂、施工工艺要求高、环境保护要求严格等方面。施工现场场地狭小，临时设施布置受限，且需与周边在建工程协调施工。考虑到项目技术难度与管理挑战，项目决策层将BIM技术应用作为重点突破方向。本项目桥墩最大高度达95米，墩柱直径4.5米，壁厚0.8米，采用C50高性能混凝土。基础桩采用 $\phi 2.5$ 米钻孔灌注桩，单桩最大承载力为12800kN，每个承台布置12根基桩。桥面纵坡最大2.5%，平曲线半径850米，设计荷载公路-I级。

3.3 应用效果分析

如图2所示，通过对比分析传统施工方法与BIM技术应用的实测数据，量化评估应用效果。设计阶段发现并优化碰撞点386处，减少设计变更率达47.5%。施工阶段通过虚拟建造技术优化施工方案，关键工序施工效率提升32.3%，质量验收一次合格率达98.2%。材料用量精确计算减少废料17.8%，临时设施布置优化节约场地面积23.5%。基于BIM模型的施工进度分析，实现工期提前28天完工。质量管理方面，基于三维模型的实测量偏差率降低至0.8%，质量问题发现及处理效率提升41.2%。安全管理实现危险源可视化

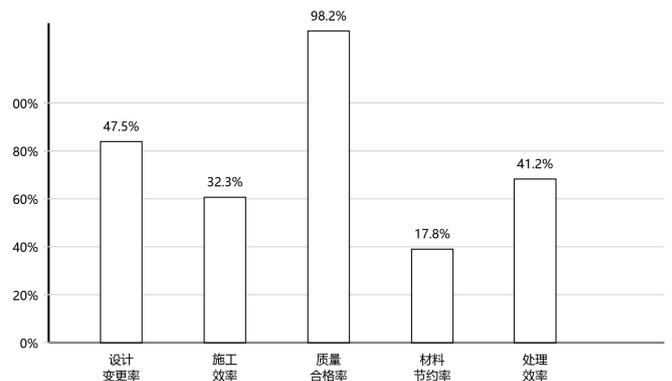


图2 BIM技术优化效果分析图

识别,安全隐患整改及时率达100%。进一步分析表明,BIM技术在结构受力分析方面具有独特优势。通过与有限元分析软件的数据接口,可实现模型无缝转换,准确模拟施工过程中的受力状态变化。实践数据显示,基于BIM的结构分析准确度比传统方法提高18.5%,计算效率提升42.3%。这些数据充分证实了BIM技术在复杂结构分析与控制方面的技术优势。

3.4 经济效益评估

经济效益评估采用投入产出比分析方法,综合考虑直接效益与间接效益。BIM技术应用总投入费用约为工程造价的0.85%,包括软硬件购置、人员培训、技术服务等支出。直接效益体现在节约工程造价3.2%,主要来源于优化设计方案、减少材料浪费、提高施工效率等方面。间接效益包括缩短工期带来的管理费用节约、提前通车产生的社会效益等,折算经济价值约2.8亿元。投资回报率(ROI)达到1:4.2,经济效益显著。基于该项目经验,形成BIM技术应用成本效益分析模型,为同类项目提供决策参考。

4 BIM技术应用优化方略

4.1 标准化体系建设

公路桥梁BIM技术标准化体系建设应涵盖技术规范、工作标准、数据标准三个层面。在技术规范层面,制定BIM模型深度要求、质量标准、交付规范等技术文件,规范建模过程和成果要求。工作标准层面建立BIM协同工作制度、建模流程、质量控制等标准,明确各参与方职责与工作界面。数据标准层面统一构件编码规则、属性定义、数据格式,确保信息传递与共享的一致性。标准化体系需结合项目实践持续迭代优化,形成可推广、可复制的标准框架。通过标准化建设,实现BIM技术应用的规范化管理,提升工作效率与成果质量。

4.2 协同工作机制完善

协同工作机制完善重点解决多专业、多参与方协同问题。建立基于BIM平台的协同工作环境,实现设计、施工、监理等各方数据实时共享与信息互通。制定协同工作规则,规范模型更新、数据交换、版本控制等操作流程。建立分级权限管理机制,保障数据安全与访问控制。设立BIM协调员岗位,负责跨专业、跨阶段的技术协调与数据集成。定期召开BIM协调会,及时解决协同过程中的技术问题与管理难点。通过完善协同机制,打破信息壁垒,提升项目管理效能。

4.3 人才培养体系优化

人才培养体系优化采用“分层培养、重点突破”策略。

针对管理人员开展BIM技术认知培训,提升技术应用意识与管理能力。针对技术人员进行专业软件操作、建模技能、数据处理等实操培训。针对专业技术骨干开展高阶应用培训,着重BIM技术创新与开发能力提升。建立培训考核机制,将培训效果与岗位要求相结合。构建专业技术交流平台,促进项目间技术经验共享与人才交流。通过建立完善的人才培养体系,为BIM技术持续发展提供人才支撑。

4.4 技术创新路径探索

技术创新路径探索围绕BIM技术与新兴技术融合方向展开。推进BIM与物联网技术结合,实现施工现场实时数据采集与模型联动。开发基于人工智能的BIM应用模块,提升模型识别、优化分析等智能化水平。探索BIM与大数据技术融合,挖掘项目数据价值,支撑管理决策。研究BIM与区块链技术结合,保障数据可信与过程可溯。开发移动终端应用,提升现场应用便捷性。积极探索新技术、新方法在BIM领域的创新应用,推动BIM技术向智能化、精细化方向发展。

结语:

通过对BIM技术在公路桥梁建设中的深入研究和实践应用,证实了该技术在提升工程质量、缩短工期、降低成本等方面具有显著效果。实验数据和实践经验表明,建立完善的BIM技术标准体系、优化协同工作机制、加强专业人才培养是确保BIM技术有效应用的关键因素。未来应着重加强BIM技术与人工智能、大数据等新技术的融合,推动公路桥梁建设向智能化、信息化方向发展,为交通基础设施建设提供更加科学和高效的技术支持。

参考文献:

- [1] 王建国. BIM技术在公路桥梁施工中的应用技术[C]//上海筱虞文化传播有限公司,中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会.Proceedings of 2022 Shanghai Forum on Engineering Technology and New Materials(ETM2022)(VOL. 1).山东省菏泽市定陶区交通运输局;,2022: 2.
- [2] 李品. 计算机技术在公路桥梁工程施工中的应用[J]. 交通世界, 2022, (12): 6-7.
- [3] 史兴波. BIM技术在公路桥梁施工管理中的应用[J]. 砖瓦, 2021, (05): 122+124.
- [4] 李福强. 公路桥梁安全质量管理中BIM技术应用[J]. 质量与市场, 2021, (05): 51-52.
- [5] 周毅. BIM技术在公路桥梁建设中的应用[J]. 交通世界, 2021, (Z2): 173-174.