

BIM 技术在道路桥梁工程施工阶段成本控制中的应用研究

张敏¹ 高帅刚¹ 靳晓亮^{1,2}

1. 郑州工业应用技术学院 建筑工程学院; 2. 河南省工业废石膏应用工程技术研究中心

摘要: 本文系统研究了 BIM 技术在道路桥梁工程施工阶段成本控制中的应用机制与优化路径。研究指出, BIM 技术以三维可视化和信息集成为核心特征, 通过对工程量统计、进度控制、变更管理及结算分析的全过程支撑, 实现了成本管理由静态经验向动态数据驱动的转变。文章从技术层面分析了 BIM 的核心功能与优势, 揭示了传统成本控制存在的信息滞后与协同低效问题; 在实践层面, 论述了 BIM 在施工准备、实施及竣工阶段的具体应用路径, 并通过数据化模型验证其在降低成本偏差、提升管理效率方面的显著效果。同时, 研究总结了当前 BIM 应用中存在的技术标准不统一、管理体系滞后及人才短缺等挑战, 提出了从标准化建设、管理流程重构、人才培养与政策激励等方面的综合优化策略。研究表明, BIM 技术的系统应用将成为推动道路桥梁工程建设向数字化、智能化和精益化发展的关键动力。

关键词: BIM 技术; 道路桥梁工程; 施工阶段; 成本控制

随着我国基础设施建设的持续推进, 道路与桥梁工程项目在规模、结构复杂度和技术要求上均呈现显著提升。传统成本控制模式依赖二维图纸与人工算量, 存在信息滞后、数据割裂、协调效率低下等问题, 难以支撑现代工程管理的动态化与精细化需求。建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 技术作为建筑业数字化转型的核心手段, 凭借可视化、协调性、模拟性和信息集成等优势, 为道路桥梁工程施工阶段的成本控制提供了革命性的解决方案。

BIM 不仅是三维设计工具, 更是多维信息管理平台, 可在设计、施工、运营全过程实现信息共享与动态决策。其在土木工程领域的广泛应用已从辅助建模发展到全过程管理与成本精细化控制。尤其在施工阶段, BIM 与进度、造价、质量等数据集成, 可实现“事前预测—事中监控—事后分析”的全过程成本控制模式, 为提升道路桥梁工程管理效率和经济性提供了新思路。

1 BIM 技术概述与成本控制理论基础

1.1 BIM 技术的内涵与特征

BIM 是一种以建筑项目全生命周期信息为核心的数字化管理技术。其通过建立包含几何信息、材料属性、施工工艺、造价参数等多维度信息的虚拟模型, 实现项目设计、施工和运维阶段的高效协同。与传统 CAD 系统相比, BIM 不仅表达空间几何形态, 更集成了成本、时间、性能等非几何信息, 形成了“数据驱动的工程

决策环境”。

BIM 技术在道路桥梁工程中的核心价值体现在三个方面: 一是信息集成化, 实现多源数据的集中存储与互联; 二是协同可视化, 通过模型直观展示设计与施工信息, 促进多方高效沟通; 三是智能分析化, 可通过参数化建模与仿真优化施工方案, 实现成本与进度的动态平衡。

1.2 成本控制的理论基础

工程成本控制的核心目标是以最优资源配置实现项目经济效益最大化。传统理论主要包括目标成本法、责任成本法与过程成本法, 其局限在于对信息精度、时效与反馈机制的依赖度较高。BIM 的引入使成本控制从静态管理转向动态管理, 从经验判断转向数据决策。基于 BIM 的成本控制体系可在预算阶段进行多方案经济比选, 在施工阶段实现实时成本监控, 在竣工阶段快速核算结算, 从而形成闭环管理结构。

1.3 BIM 技术在成本控制中的优势

与传统管理模式相比, BIM 技术在以下四个方面展现显著优势:

- (1) 精确预算与动态监控: 通过 4D 进度模型和实时数据关联, 能够精确计算工程量并自动生成成本曲线;
- (2) 信息共享与协同决策: 所有参与方基于统一模型工作, 避免信息孤岛现象;
- (3) 变更响应快速与可追溯性强: 模型自动更

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目 (编号: 230800506270223) (张敏); 河南省高等学校重点科研项目 (编号: 25A560024) (靳晓亮)。

新变更信息,确保决策科学性与数据一致性;

(4) 施工优化与周期压缩:虚拟施工技术能提前识别施工冲突与风险点,减少返工,提高工期效率。

2 道路桥梁工程施工阶段成本构成与传统控制局限

2.1 成本构成特征

在道路桥梁工程施工阶段,成本主要包括人工费、材料费、机械使用费、管理费与措施费。其中材料费用占比高达 50%–60%,成为成本控制的重点环节。地域差异亦显著影响成本结构,山区、城市及沿海地区的地质条件与施工环境差异导致材料与管理成本差距较大,增加了成本预测与控制的复杂性。

2.2 传统成本控制的局限性

传统控制体系存在以下主要问题:

(1) 信息滞后:人工数据汇总与纸质图纸传递导致反馈延迟;

(2) 数据精度不足:依赖经验计算与手工测量,误差率高;

(3) 变更处理低效:工程变更需人工重新算量与造价调整,响应慢、易出错;

(4) 协同障碍:设计、施工、监理、造价等环节信息割裂,难以形成全流程协作机制。

这些局限性在大型复杂项目中尤为突出,常导致成本超支、资源浪费及质量风险增加,亟须通过 BIM 技术重构管理体系。

3 BIM 技术在施工阶段成本控制中的系统应用

3.1 施工准备阶段的应用

在施工准备阶段,BIM 模型可实现工程量自动统计、施工方案模拟和资源计划管理。自动算量技术将人工效率提升 3 倍–5 倍,误差控制在 2% 以内。通过虚拟仿真可提前识别施工冲突并优化资源配置,如某桥梁项目通过 BIM 优化桩基施工顺序,节约成本约 5%。此外,BIM 平台支持材料与机械需求的时间序列预测,实现库存降低 15%–20%、设备利用率提升 10%–15%。

3.2 施工实施阶段的应用

施工阶段是成本控制的关键期。BIM 的主要作用体现在动态监控、变更管理与多方协同三个方面。

动态监控:通过模型与成本数据库实时联动,可自动比对计划与实际支出,当偏差超阈值即发出预警,实现主动控制。部分路桥项目中,成本偏差率由 5%–7% 降至 2%–3%。

变更管理:BIM 可快速量化设计变更的造价影响并生成对比报告,变更处理周期缩短 50%–70%。

协同决策:多方在统一 BIM 平台上进行模型可视

化审查,沟通效率提高 30%–50%,决策时间缩短约 40%。

此外,BIM 结合 4D 进度模拟还能同步监控施工节奏与资源投入,形成“进度—成本—质量”三维协同控制。

3.3 竣工阶段的应用

在竣工结算与资料归档阶段,BIM 模型作为集成数据库发挥重要作用。系统自动提取施工期间的签证、变更、材料价格等数据,生成结算报告,将结算周期由传统的 2–3 个月缩短至 3–4 周。模型的完整性保证了数据可追溯性,减少结算争议 60% 以上。同时,BIM 模型还能后续运营维护阶段提供基础数据,实现从建造到运维的全生命周期成本追踪。

4 BIM 实施中的挑战与优化路径

4.1 技术挑战与应对策略

BIM 技术在道路桥梁工程施工阶段的推广仍受多种技术瓶颈制约。首先,软件兼容性差。不同 BIM 平台间数据接口不统一,信息在传输中易失真,影响模型的准确性和成本分析精度。其次,数据标准不完善。行业内缺乏统一的建模深度、信息编码和成本参数体系,导致不同单位之间难以协同共享。再次,模型精度与信息量要求高,而过高的细度又会增加建模工作量和系统负担,影响效率。针对这些问题,应建立统一的标准体系,明确模型深度分级(LOD)和信息交互格式(IFC),保证数据一致;建设开放式协同平台,利用云计算与 API 接口实现跨系统信息互联;同时优化建模策略,在不同阶段选择合理的模型精度,在设计中注重信息完整,在施工中强调动态更新,以实现效率与精度的平衡。

4.2 管理体制与协同机制的优化

BIM 的应用成效取决于管理机制的适配性。目前多数道路桥梁工程仍采用线性分工模式,信息传递链长,部门间协作不足。管理理念滞后导致 BIM 的协同优势难以发挥;成本控制流程未重构,造价数据未能贯穿设计、采购、施工全环节;岗位职责模糊,BIM 经理与造价工程师之间的工作衔接不畅,致使数据更新与反馈断层。为此,应引入集成项目交付(IPD)模式,促使设计、施工、造价等各方早期协同参与,形成全过程动态控制;重构成本控制流程,将预算编制、实时监控、变更审核、结算分析纳入统一的数字化体系;明晰组织分工与绩效激励,强化 BIM 管理岗位的决策地位,并将模型应用成果纳入绩效考核;此外,应建立反馈与追踪机制,通过可视化数据分析实现成本信息的闭环管理,从而构建高效、透明、协同的管理体系。

4.3 人才与投入保障机制

人才与投入是 BIM 实施的关键支撑。目前行业存在复合型人才短缺与培训体系薄弱的问题。多数从业者熟悉造价或施工,但缺乏 BIM 建模与数据分析能力;教育与实践脱节,人才供给不足。同时,前期投入高、回报周期长也使部分企业在推广上犹豫。针对上述困境,应构建校企协同培养体系,高校开设 BIM 与工程经济交叉课程,企业建立岗前培训与项目实操机制,培养既懂技术又懂管理的复合型人才;建设行业案例库与共享平台,积累典型项目经验,形成可推广的标准化模板;在投入机制上,应实施分阶段推广策略,优先在关键桥梁段、复杂节点等高价值环节试点应用,以点带面推进;同时争取政策与资金支持,通过政府补贴、税收优惠及评优加分等方式降低企业应用成本,提升推广动力。

5 结论

综上所述,BIM 技术在道路桥梁工程施工阶段的成本控制中展现出系统化、智能化与协同化的显著优势。它以数字模型为载体,实现了设计、施工、运维全过程的信息集成与可视化管控,改变了传统依赖人工与经验的造价管理模式。通过 BIM 的工程量自动统计、进度—成本联动、变更实时反馈及多方协同决策,项目管理者能够在动态环境中实现对成本的精确预测与过程调控,有效降低超支风险与资源浪费。同时,BIM 模型的高保真特性也为竣工结算与后期维护提供了可靠依据,推动成本管理向数据驱动和全过程控制方向演进。然而,BIM 技术在实际应用中仍面临软件兼容性、标准不统一及复合型人才短缺等挑战。未来应进一步完善行业标准体系,建

立跨专业协同机制,并加强人才培养与经验积累,以实现 BIM 在道路桥梁工程中的深度融合与可持续发展。通过技术创新与管理优化相结合,BIM 必将成为推动我国交通基础设施建设提质增效的重要支撑力量。

参考文献:

- [1] 汪国华 .BIM 技术在路桥施工全过程中的应用研究 [J]. 新城建科技 ,2025,(05):19-21.
- [2] 段晓晨,喇海霞,胡天明,刘路海,王凯.桥梁工程运维成本三维非线性智能控制研究 [J]. 铁道工程学报 ,2020,37(09):102-107.
- [3] 张飞涟,刘佳鑫,钟明琳,杨中杰.铁路智能建造对造价管理模式创新的需求分析 [J]. 铁道科学与工程学报 ,2021,18(11):3057-3065.
- [4] 王镒,李帅,姜雪,葛超,付亦殊,李佳玉.全生命周期管理视角下电网建设工程造价管理研究 [J]. 太阳能学报 ,2021,42(09):483-484.
- [5] 农兴中,史海欧,袁泉,曾文驱,郑庆,丁国富.城市轨道交通工程 BIM 技术综述 [J]. 西南交通大学学报 ,2021,56(03):451-460+448.
- [6] 王娟,游弘宇,杨庆山,杨娜.BIM 在基础设施智能监测中的研究与应用进展 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2022,50(08):105-116.
- [7] 胡振中,冷烁,袁爽.基于 BIM 和数据驱动的智能运维管理方法 [J]. 清华大学学报(自然科学版),2022,62(02):199-207.
- [8] 祝兵,张云鹤,赵雨佳,张家玮,刘彦明.基于 BIM 技术的桥梁工程参数化智能建模技术 [J]. 桥梁建设 ,2022,52(02):18-23.