

BIM 技术在道路桥梁工程施工全过程中的应用

郭跃伟

山西路桥第五工程有限公司 山西 太原 030000

摘要：传统道路桥梁工程施工存在信息碎片化、协同效率低、风险管控滞后、质控粗放等诸多难题，难以适配现代基建精细化施工需求。本文以BIM技术核心特性为切入点，系统阐述其在路桥工程施工准备、实施、验收及运维全流程的具体应用，剖析当前技术应用浅层化、人才短缺、标准缺失、成本失衡等问题，并从技术、人才、管理、成本多维度提出优化对策，为路桥工程数字化、智能化施工管控提供参考。

关键词：BIM技术；道路桥梁工程；施工全过程；应用

引言：道路桥梁工程作为交通基建核心组成部分，具有施工线路长、环境复杂、工序交叉多、管控标准严苛等特点，传统二维施工管理模式弊端日益凸显。为破解施工协同差、隐患预判难、管控精度低等行业痛点，BIM技术凭借可视化、参数化、协同化、模拟化等核心优势，成为路桥工程数字化转型的关键技术。本文结合工程全施工流程，探究BIM技术的落地应用价值、现存问题及优化路径，助力提升路桥施工整体质量与管理水平。

1 BIM技术核心理论与路桥施工应用优势

1.1 BIM技术核心概念与核心特性

(1) BIM技术核心概念：BIM即建筑信息模型技术，是依托三维数字化模型为核心载体，全面集成工程几何形态、物理参数、施工工艺、运维管理等全维度信息的数字化技术体系。该技术打破了传统工程信息碎片化的呈现模式，可实现工程全生命周期信息的整合、存储、更新与调用，是适配现代基建工程精细化施工的核心技术手段。(2) BIM技术核心特性：其核心包含五大特性，精准适配路桥工程复杂施工场景。可视化可将抽象工程数据转化为三维立体模型；参数化支持模型数据联动修改，提升设计与施工调整效率；协同化可支撑多专业、多主体同步作业；模拟化可实现施工全流程仿真推演；可追溯性能够记录工程全周期数据变化，为工程管控提供完整数据依据。

1.2 道路桥梁工程施工特点与管控难点

(1) 路桥工程施工特点：路桥工程属于户外长线型基建工程，具备施工线路长、露天作业占比高、地形环境复杂等特点。施工过程中各工序交叉频繁，异形、大跨度结构构件较多，同时工程关乎交通通行安全，整体质量、安全管控标准严苛，施工受天气、地质等外界因素影响极大。(2) 传统施工管控难点：传统施工依托二维图纸开展工作，图纸信息易出现传递偏差与理解误差。各

专业、各参建方信息独立，协同作业效率低下，进度、资源、成本管控模式粗放。同时难以提前预判施工隐患，质量安全风险防控被动，且工程竣工资料繁多，整理、归档与核验工作繁琐，易出现资料缺失、数据不符问题。

1.3 BIM技术在路桥施工中的应用优势

(1) 可视化交底优势：摒弃传统纸质文字、图纸交底模式，通过三维模型直观展示复杂节点构造与施工工艺，让施工人员清晰掌握施工标准，大幅降低理解偏差，有效减少施工返工与质量缺陷。(2) 全专业协同优势：搭建统一数字化数据平台，打通设计、施工、监理、建设单位的信息壁垒，实现多方数据实时共享、同步对接，解决信息脱节问题，提升整体施工协作效率。(3) 动态管控优势：结合4D进度、5D成本技术，对施工进度、资源配置、工程造价进行动态模拟与实时调控，实现施工全过程精细化管理，优化资源利用率。(4) 风险预判优势：提前完成工序模拟、场地规划、管线碰撞检测，提前排查施工冲突、安全隐患，提前制定防控方案，有效规避施工风险，保障工程平稳推进^[1]。

2 BIM技术在道路桥梁工程施工全过程的具体应用

2.1 施工准备阶段BIM技术应用

(1) 三维参数化建模：在工程施工前期准备阶段，技术人员可结合施工设计图纸、现场地形勘测数据，开展一体化三维参数化建模工作。完整搭建道路路基、桥梁主体、地下管线、现场临时设施等全要素模型，精准还原工程整体结构与现场环境全貌，规避传统二维图纸立体呈现不足的问题，为后续各项施工工作开展奠定数字化基础。(2) 图纸会审与碰撞检测：依托搭建完成的BIM三维模型，可自动化开展全方位图纸会审与碰撞检测工作，精准排查路桥主体结构、预埋管线、临时施工设施之间的空间冲突与设计矛盾问题。提前发现图纸设计漏洞、管线交叉碰撞、结构尺寸偏差等问题，及时联动

设计单位优化图纸方案,从源头规避施工隐患,减少施工阶段设计变更。(3)施工方案模拟优化:针对路桥工程桩基施工、箱梁架设、路基填筑、桥面施工等重难点、关键施工工序,利用BIM技术开展施工方案仿真模拟。通过推演不同施工流程、场地布局、施工工艺的落地效果,对比多版施工方案的可行性与优劣,筛选出安全高效、经济合理的最优施工方案,保障施工流程规范化、场地布局科学化^[2]。(4)工程量精准核算:基于BIM参数化模型的智能统计功能,可自动精准核算桥梁构件、道路结构、附属设施的工程量与各类建材用量。相较于传统人工算量模式,有效规避人工计算误差,为工程预算编制、材料采购计划、资金规划提供精准、可靠的数据支撑,提升前期造价与物资管控的精准度。

2.2 施工实施阶段BIM技术应用

(1)施工进度动态管控:在三维BIM模型基础上叠加时间维度构建4D-BIM模型,将各施工工序与时间节点精准关联,实现施工全过程进度可视化追踪。实时对比现场实际施工进度与计划进度,精准定位工期滞后工序与问题节点,及时调整施工排班、资源配置,动态优化施工计划,保障工程按期推进。(2)施工质量精细化管控:依托BIM模型明确各分项工程的施工标准与质量验收规范,针对钢筋绑扎、混凝土浇筑、桥梁铺装、支座安装等关键工序开展可视化质量管控。全程记录施工工艺、施工参数,留存完整施工数据,实现质量问题可溯源,彻底改变传统粗放式质控模式,大幅提升工程施工质量^[3]。(3)施工安全智能管控:利用BIM技术对深基坑、高墩施工、箱梁吊装等高危工序进行风险模拟分析,精准识别施工安全风险点,划分专项安全管控区域。通过三维模型开展可视化安全技术交底,让施工人员直观掌握安全操作规范,同时结合模型动态排查现场安全隐患,有效防范安全事故发生。(4)成本与资源动态管理:结合进度、成本维度搭建5D-BIM模型,实现施工成本与资源的动态化管控。实时联动施工进度、材料消耗、设备调度、人员配置等数据,精准把控建材损耗、设备闲置、人力浪费等问题,动态优化资源配置,有效控制施工成本,避免工程超支与资源浪费。

2.3 竣工验收与交付阶段BIM技术应用

(1)竣工模型更新与完善:施工全过程中会产生各类设计变更、现场签证与施工调整,在竣工验收阶段,技术人员结合现场实际施工情况,同步更新、优化BIM模型参数与结构信息,修正施工偏差,最终形成与实体工程完全一致、数据完整的数字化竣工模型,保障模型与工程实体高度统一。(2)可视化竣工验收:改变传统

人工逐项核对的验收模式,依托BIM竣工模型对照国家施工规范与设计标准,开展分项、分部工程可视化验收。通过模型直观核对工程结构尺寸、施工工艺、构件参数,快速排查施工缺陷,大幅简化验收流程,提升验收工作的精准度与高效性。(3)数字化资料归档:以BIM竣工模型为核心,集成整合施工图纸、设计变更文件、质检验收记录、现场施工影像、试验报告等各类工程资料,构建一体化数字化竣工档案。所有资料分类存储、关联对应,实现工程资料随时查询、全程可追溯,彻底解决传统纸质资料整理繁琐、易丢失、难查阅的问题^[4]。

2.4 运维衔接阶段BIM技术延伸应用

(1)搭建运维数字化底座:将完整的竣工BIM模型同步移交运维管理单位,打通施工与运维阶段的信息壁垒。模型包含工程全部结构与数据信息,可为路桥后期日常养护、病害排查、结构检测及后续改扩建工程提供完整、精准的数字化数据底座,实现工程全生命周期信息延续利用。(2)设备与结构状态监测:将BIM模型与智能化监测设备数据联动,实时采集桥梁挠度、路基沉降、结构裂缝、设施损耗等关键运维数据,动态跟踪路桥结构运行状态。一旦数据超出安全阈值,系统自动预警,帮助运维人员及时发现病害、精准处置隐患,提升路桥工程运维管理的智能化与精细化水平。

3 BIM技术应用现存问题与优化对策

3.1 BIM技术在路桥施工应用中的现存问题

(1)技术应用深度不足:当前多数路桥工程对BIM技术的应用较为浅层,仅局限于三维建模、可视化技术交底等基础功能,4D进度动态管控、5D成本精细化管理等核心深度功能未能有效落地,全生命周期、全流程数字化应用覆盖率较低,难以充分发挥技术赋能价值。(2)专业人才储备短缺:行业内复合型人才缺口较大,同时掌握BIM操作技术与路桥施工专业知识的人才数量不足。一线施工人员、基层管理人员BIM操作熟练度偏低,无法适配精细化、智能化的数字化施工管理需求。(3)行业标准体系不完善:目前路桥工程BIM应用缺乏统一规范,建模标准、数据格式、交付要求尚未统一,不同项目、不同软硬件平台的数据兼容性较差,极易出现信息割裂问题,阻碍多方数据互通与协同作业。(4)投入成本与收益失衡:BIM软硬件采购、技术升级、人员培训前期投入成本较高,中小型路桥项目利润空间有限,应用BIM技术的积极性不足,导致技术落地难、行业规模化推广受阻。

3.2 技术层面优化对策

(1)深化全流程技术应用:打破单一建模的浅层应用模式,推动BIM技术贯穿路桥施工准备、实施、验收、

运维全流程。重点推广4D进度调控、5D成本管控、碰撞检测、动态模拟等核心功能,将BIM技术与质量核查、安全风险、资源调配深度融合,实现工程全环节数字化赋能。(2)融合智能化技术升级:推进BIM与物联网、大数据、无人机测绘、智能监测等前沿技术深度融合,搭建智能化施工管控体系。通过智能设备实时采集现场施工数据,实现BIM模型与现场实况数据动态联动、实时更新,提升施工管控的智能化、精准化水平。(3)统一建模与数据标准:依托国家及行业现有规范,结合项目实际制定专属BIM应用标准,统一建模规范、数据格式、交付标准及变更管理流程,解决不同平台、不同工序的数据兼容问题,保障工程数据高效互通、精准共享^[5]。

3.3 管理与人才层面优化对策

(1)完善项目BIM管理制度:构建系统化、标准化的BIM专项管理体系,明确建设、施工、监理各岗位的BIM应用职责、工作流程与考核细则,将BIM应用纳入施工日常管理,规范现场操作流程,杜绝形式化应用。(2)强化复合型人才培养:推行分层分类专项培训模式,针对管理人员重点开展BIM协同管理培训,针对技术人员侧重模型搭建与深度功能应用培训,针对一线施工人员开展基础操作与交底应用培训,逐步搭建专业化、复合型BIM人才队伍。(3)搭建协同管理平台:整合各参建主体资源,搭建一体化BIM协同管理平台,打破设计、施工、监理、建设方的信息壁垒,实现图纸变更、进度数据、质量资料的实时共享,有效提升多主体协同作业效率,减少信息偏差。

3.4 成本与推广层面优化对策

(1)优化成本管控模式:通过项目规模化、集群化

应用分摊软硬件投入成本,推行行业资源共享模式。依托BIM技术减少施工返工、资源浪费、工期延误等问题,以提质、增效、降本的实际收益对冲前期投入,提升项目应用性价比。(2)加大行业推广扶持:依托大型标杆路桥项目总结成熟、可复制的BIM应用经验,形成标准化应用体系。加大对中小型项目的技术扶持与指导,降低技术落地门槛,稳步推动BIM技术在路桥行业的全面普及与常态化应用。

结束语

综上所述,BIM技术可全方位赋能道路桥梁工程施工全流程,有效解决传统施工管控的各类痛点,在提质增效、风险防控、成本管控、资料溯源及运维衔接方面具备显著优势。当前行业应用仍存在技术落地不深、人才不足、标准不完善等问题。未来需深化技术融合应用、完善行业标准、强化人才培养、优化成本模式,推动BIM技术在路桥工程全生命周期常态化、规模化落地,助力交通基建行业高质量数字化发展。

参考文献

- [1]牟军军.混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用研究[J].散装水泥,2021,5(3):68-70.
- [2]张璐薇.BIM技术发展及其建筑设计应用[J].华中建筑,2023,34(11):52-57.
- [3]韩涛.BIM技术在市政道路设计中的应用研究[J].现代物业,2024,9(12):149-153.
- [4]李海艳.BIM技术在市政道路设计中的应用[J].工程技术研究,2022,3(5):50-54.
- [5]章铁军.BIM技术在桥梁施工设计中的应用[J].工程技术研究,2023,3(9):136-139.