

基于 BIM 技术的公路桥梁施工管理与质量控制研究

王海平

山西路桥建设集团阳榆公路项目管理有限公司 山西 晋中 030600

【摘要】：随着公路桥梁工程朝着大跨度、复杂化、智能化方向发展，传统施工管理与质量控制模式已难以满足精准化、高效化的管控需求。建筑信息模型（BIM）技术以其可视化、参数化、协同化、全生命周期管理的核心优势，为破解这一难题提供了有效路径。本文首先界定了 BIM 技术与公路桥梁施工管理、质量控制的核心概念，详细阐述了其在施工进度管理、成本管控、安全管理及质量控制各环节的应用路径；最后结合某高速公路大桥工程实例，验证了 BIM 技术在提升施工管理效率与质量控制水平方面的实际成效。研究结果表明，BIM 技术的应用可使施工进度偏差率降低 15% 以上，质量隐患整改完成率提升至 98%，为公路桥梁工程施工管理的智能化升级提供了理论与实践参考。

【关键词】：BIM 技术；公路桥梁；施工管理；质量控制；全生命周期

DOI:10.12417/2811-0536.26.01.040

1 引言

近年来，我国公路桥梁建设规模持续扩大，截至 2024 年底，全国公路桥梁总数已突破 100 万座，其中大跨度斜拉桥、悬索桥等复杂桥梁占比显著提升。BIM 技术作为建筑行业数字化转型的核心技术，通过构建包含工程全生命周期信息的三维模型，实现了施工过程中各参与方、各专业的协同工作与数据共享。将 BIM 技术应用于公路桥梁施工管理与质量控制，能够精准模拟施工流程、实时监测质量状态、快速处置隐患问题，对提升工程管理精细化水平、保障工程质量安全、降低工程综合成本具有重要的理论价值与实践意义。

2 基于 BIM 技术的公路桥梁施工管理核心概念界定

2.1 BIM 技术的核心概念

BIM（Building Information Modeling）即建筑信息模型，是基于三维数字化技术构建的、包含工程全生命周期信息的参数化模型。将二维图纸转化为三维立体模型，直观呈现桥梁结构细节与空间关系；模型中各构件关联属性参数，修改任一参数可实现全模型联动更新；支持设计、施工、监理、运维等多方在同一模型平台实时协作；可进行施工流程、荷载受力、灾害场景等多维度模拟分析；模型承载从设计、施工到运维的全阶段信息，实现信息闭环传递。在公路桥梁工程中，BIM 技术并非单纯的建模工具，而是贯穿施工管理与质量控制的核心数据载体与协同平台。

2.2 公路桥梁施工管理与质量控制的范围和关键任务

（1）管理范围：覆盖公路桥梁施工全流程，包括施工准备阶段图纸会审、方案编制、资源配置；施工实施阶段基础工程、主体结构、桥面系施工；竣工验收阶段检测核验、资料归档三大核心阶段，涉及技术、

进度、成本、安全、质量五大管理维度。

（2）关键任务：施工管理关键任务：制定科学施工方案、优化资源配置、控制施工进度、降低工程成本、防范安全风险、协调多方协作；把控原材料质量、规范关键工序施工、监测结构施工精度、排查质量隐患、确保工程符合设计标准与规范要求，实现质量可追溯。

3 公路桥梁传统施工管理与质量控制模式的内涵和目标

3.1 模式内涵

传统模式以二维图纸为核心依据，采用“线下沟通+分段管控+事后核查”的管理逻辑。施工管理以纸质文件传递信息，设计、施工、监理等多方协作依赖会议沟通，信息传递存在滞后性与偏差；进度管理依赖甘特图制定计划，难以动态适配施工过程中的变更调整；成本管理以预算为基础，工程量计算依赖人工核算，易出现误差；质量控制以现场巡检与抽样检测为主，对隐蔽工程、关键工序的管控缺乏全过程追溯手段。

3.2 核心目标

与 BIM 技术应用模式的核心目标一致，均以“质量合格、进度可控、成本节约、安全无事故”为核心导向。保障桥梁结构安全与使用功能，满足设计标准与行业规范；按合同约定完成施工进度，避免工期延误；控制工程成本在预算范围内，提升项目经济效益；防范施工过程中的安全风险，保障人员与设备安全。

4 基于 BIM 技术的公路桥梁施工管理与质量控制应用框架

结合公路桥梁施工特点与 BIM 技术特性，构建

“以质量安全为核心，以进度成本为目标，以协同管理为支撑”的 BIM 技术应用框架，框架结构如图 1 所示。

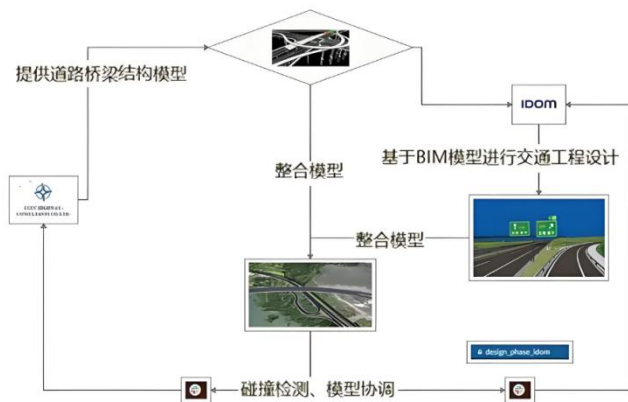


图1 基于BIM技术的公路桥梁施工协同管理应用框架图

4.1 施工管理模块的 BIM 技术应用路径

4.1.1 明确应用技术要达成的施工管理和质量目标

(1) 施工管理目标：打破信息孤岛，实现设计、施工、监理多方实时协作，减少沟通成本与变更争议；通过施工模拟优化流程，动态跟踪进度偏差，确保工期可控；基于 BIM 模型精准核算工程量，实时监控材料消耗，降低成本超支风险；通过危险源模拟识别，制定针对性防控措施，减少安全事故发生率。

(2) 质量控制目标：过程可视化管控实现关键工序、隐蔽工程施工全过程追溯；通过三维建模与现场放样比对，控制结构施工精度；结合模拟分析与现场数据采集，及时发现质量隐患并整改；构建全周期质量信息数据库，支持竣工验收与运维阶段查询追溯。

4.2 公路桥梁质量控制模块的 BIM 技术应用路径

(1) 施工管理模块 BIM 技术应用：基于 BIM 三维模型进行施工流程模拟，如山西地区桥梁桩基施工、预应力张拉等关键工序，提前排查施工冲突与空间干涉问题。针对冬季严寒气候，模拟混凝土养护保温流程，优化蒸汽养护方案与养护周期；将 BIM 模型与进度计划关联，生成 4D 进度模型，实时可视化呈现施工进度。当实际进度与计划出现偏差时，自动分析偏差原因并给出调整建议，确保工期可控；基于 BIM 模型提取精准工程量，制定材料采购计划与设备进场方案。结合山西地区施工季节特点，优化资源调度，避免材料积压或设备闲置；搭建 BIM 协同平台，设计、施工、监理等多方在线共享模型数据，实时批注沟通设计变更、技术交底等内容，形成闭环管理记录，减少信息传递误差。

(2) 成本管理模块 BIM 技术应用：利用 BIM 模

型的参数化特性，自动提取桥梁各构件工程量，避免人工核算漏算、错算问题，为成本预算提供精准数据支撑；将预算成本与 BIM 模型关联，实时跟踪材料消耗、人工费用、设备租赁等成本支出。当某分项工程成本超支时，自动预警并定位超支原因，及时调整管控措施；设计变更发生时，BIM 模型自动更新关联构件工程量，同步计算变更产生的成本增减，为变更决策提供快速数据支持，避免盲目变更导致成本失控；竣工验收阶段，基于 BIM 模型直接提取竣工工程量，结合施工过程中的成本记录，快速完成工程结算，缩短结算周期。

(3) 安全管理模块 BIM 技术应用：基于 BIM 三维模型，识别桥梁高空作业、深基坑施工、起重吊装等环节的危险源，如桥墩施工平台防护缺口、预应力张拉区域安全距离不足等，标注风险等级；针对高风险工序（如山西地区湿陷性黄土地基基坑支护），利用 BIM 模型模拟施工过程，验证支护方案的安全性与可行性，优化安全防护措施；将 BIM 模型与安全技术交底文件结合，通过三维动画展示危险工序的操作规范与防护要求，提升施工人员安全意识与操作熟练度；构建桥梁施工突发场景（如基坑坍塌、高空坠落）的 BIM 模型，模拟应急处置流程，优化应急预案，提升应急响应能力。

(4) 质量管理模块 BIM 技术应用：建立 BIM 模型与原材料信息的关联机制，将钢筋、水泥等材料的出厂合格证、检测报告等信息录入模型，扫描材料二维码即可实现质量信息快速查询，确保不合格材料不流入施工现场；在 BIM 模型中标记关键工序的质量控制点，施工过程中通过移动终端采集现场数据，与模型预设参数比对，偏差超标自动预警；利用 BIM 模型结合现场拍照、视频记录，将隐蔽工程施工过程与模型关联，形成可视化隐蔽工程档案，避免后期质量问题难以溯源；基于 BIM 模型进行现场放样，通过 GPS、全站仪等设备将模型坐标与现场实际位置比对，控制结构施工偏差，尤其适配山西地区复杂地形下的桥梁施工精度要求。

5 工程实例分析

5.1 工程概况

选取山西某高速公路黄河大桥作为实例，该桥为双向六车道公路桥梁，全长 980m，主桥采用三跨预应力混凝土连续梁结构，引桥为 35m 简支 T 梁结构。工程地处黄土高原黄河河谷地带，表层为 3-10m 厚的 II 级自重湿陷性黄土层，地下水位埋深 14m；区域属

温带大陆性季风气候, 工程设计荷载为公路-I级, 抗震设防烈度Ⅷ度, 设计使用年限100年, 主要结构混凝土强度等级为: 主梁C55、桥墩C40、基础C30, 钻孔灌注桩基础(直径1.6m/1.9m)共计320根。

5.2 模型搭建与协同平台构建

采用Revit软件搭建全专业BIM模型, 涵盖桥梁结构、地质勘察、施工场地布置等多维度信息, 模型精度达LOD400。搭建基于云端的BIM协同平台, 接入设计、施工、监理、建设单位等多方账号, 明确各参与方权限与数据上传要求, 实现模型数据实时共享。

5.3 各模块BIM技术应用

(1) 施工管理: 采用Navisworks软件对主桥连续梁支架搭设、预应力管道铺设、混凝土浇筑三大核心工序进行三维动态模拟。针对支架与预应力管道的空间冲突, 通过调整支架立杆间距、偏移预应力管道固定点位, 提前排查3处潜在冲突, 避免施工中拆改返工, 节约工期12天。基于Revit模型与Project进度计划关联, 构建“三维模型+时间轴”的4D进度模型, 将施工任务分解至每日、每分项工程。针对山西冬季-16℃极端低温的气候特点, 通过模型模拟不同时段施工效率, 将主梁混凝土浇筑集中安排在10:00-16:00气温较高时段, 配套“蒸汽养护棚+保温被+测温传感器”的组合养护方案, 实时监控养护温度, 确保混凝土强度达标, 避免冬季施工工期延误。利用BIM模型提取精准工程量, 结合山西地区夏季7-8月集中降水的施工限制, 制定“雨季前完成基础工程、冬季前完成主体结构”的资源调度计划。通过模型联动材料采购平台, 实现钢筋、水泥等主材“按需进场”, 避免雨季材料积压受潮, 减少仓储成本与损耗。

(2) 成本管理: 基于BIM模型精准核算工程量, 钢筋用量核算误差控制在2%以内, 混凝土用量误差≤1.5%, 避免材料浪费; 施工过程中实时跟踪材料消耗, 发现引桥T梁钢筋损耗率超标时, 及时调整加工工艺, 累计节约成本约180万元。

(3) 安全管理: 基于BIM三维模型, 采用“空

间分析+工况模拟”相结合的方式, 识别6处一级危险源, 形成可视化危险源分布图。利用MidasGen软件结合BIM模型, 模拟深基坑在暴雨工况下的稳定性, 原设计坡率1:0.8, 模拟显示边坡最大位移15mm, 优化为1:1.2坡率+土工格栅加固方案, 经模拟验证边坡位移降至6mm, 满足安全要求。将BIM模型与安全技术交底文件融合, 制作三维动画教程, 直观展示深基坑支护操作、高空作业防护、预应力张拉安全距离等要求。施工前组织全员培训, 通过模型漫游功能模拟危险场景, 提升施工人员安全意识, 施工全过程未发生安全事故。

(4) 质量管理: 建立“BIM模型-二维码-检测报告”三位一体追溯体系, 将钢筋、水泥、外加剂等132批次主材的出厂合格证、第三方检测报告录入BIM模型, 每批次材料粘贴唯一二维码。施工中扫码即可查询材料规格、检测结果、进场时间等信息, 2批次不合格钢筋在进场复检阶段被识别并退场, 未流入施工现场。在BIM模型中标记桩基浇筑、预应力张拉、桥面防水层施工等8个关键质量控制点, 预设控制参数。基于BIM模型进行现场放样, 通过GPS定位技术将模型坐标与实际施工位置比对, 桥墩垂直度最大偏差3mm, 主梁轴线偏位最大偏差6mm, 施工精度显著提升。

6 结论

本文通过对BIM技术在公路桥梁施工管理与质量控制中的应用研究。传统公路桥梁施工管理与质量控制模式在进度协同、成本核算、质量追溯等方面存在显著短板, BIM技术的可视化、参数化、协同化特性为破解这些短板提供了有效手段; 构建的“组织-技术-数据-流程”四位一体BIM应用框架, 实现了施工管理与质量控制的全流程覆盖, 其中施工管理模块可提升进度与成本管控精度, 质量控制模块可实现“事前-事中-事后”的闭环管控; 工程实例表明, BIM技术的应用可显著降低施工进度偏差率、提升质量合格率、节约施工成本, 具有较高的实践价值。

参考文献:

- [1] 李家振. 基于BIM技术的高速公路桥梁施工质量控制与精细化管理[J]. 中国品牌与防伪, 2025, (08): 161-163.
- [2] 苏宏津. 公路桥梁施工建设的成本控制与管理措施[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(11): 155-157.
- [3] 胡金莲. 公路桥梁工程建设过程中的施工管理要点分析[J]. 工程建设与设计, 2025, (02): 234-236.
- [4] 吕福东, 章佳斌. 浅谈公路桥梁施工组织设计和施工管理方法分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (15): 34-36.
- [5] 王喜红. 新时期公路桥梁施工管理养护技术及加固维修分析[J]. 工程建设与设计, 2025, (15): 267-269.