

基于 BIM 的公路桥梁施工全过程协同管理与碰撞检测

何玉平

江西可欣建设工程有限公司 江西九江 332100

摘要：基于 BIM 的公路桥梁施工全过程协同管理与碰撞检测技术，为解决传统施工模式中信息割裂、沟通不畅及返工频发等问题提供了系统性解决方案。该模式以 BIM 模型为核心数据载体，构建了一个覆盖施工准备、实施与验收各阶段的信息集成与共享机制，并通过多参与方协同工作平台，实现了进度、成本与质量的一体化管控。在碰撞检测方面，通过界定结构、机电及构件与管线间的碰撞类型与范围，设定科学的检测规则，能够提前识别并解决空间冲突。协同管理与碰撞检测的深度整合，使得检测结果能够实时反馈并优化施工方案，结合 BIM 模型进行施工模拟与可视化交底，显著提升了施工效率与准确性。这一整套技术体系的应用，有效缩短了工期、降低了成本、减少了返工，并为工程安全提供了坚实保障，推动了公路桥梁施工向精细化、信息化和智能化方向转型升级。

关键词：BIM 技术；公路桥梁；协同管理；碰撞检测

公路桥梁工程作为交通基础设施建设的核心组成部分，其施工过程具有结构复杂、参与方众多、专业交叉密集等特点。传统的施工管理模式常因信息传递不畅、各专业协同不足，导致设计变更频繁、现场返工率高、进度与成本失控等问题，严重制约了工程效益与质量的提升。建筑信息模型（BIM）技术的出现，以其强大的三维可视化、数据集成与协同工作能力，为破解这些行业痛点带来了革命性的机遇。通过构建基于 BIM 的协同管理平台并应用碰撞检测技术，能够在施工前预见并解决潜在问题，实现全过程的精细化管控。因此，深入研究基于 BIM 的公路桥梁施工全过程协同管理与碰撞检测技术，对于推动桥梁工程建设的数字化转型、提升项目管理水平具有重要的理论价值与紧迫的现实意义。

1 基于 BIM 的公路桥梁施工全过程协同管理框架

1.1 施工各阶段信息集成与共享机制

公路桥梁施工需经历准备、实施、验收三个核心阶段，各阶段信息集成与共享需围绕“数据统一、实时同步”展开。施工准备阶段，需整合设计图纸、地质勘察报告、材料参数等基础信息，通过 BIM 平台将二维图纸转化为三维模型，标注构件尺寸、材质、施工工艺等关键数据，确保设计信息准确传递至施工端；同时录入施工方案、进度计划、资源配置等管理信息，形成完整的施工信息数据库。

施工实施阶段，建立实时信息更新机制。施工人员通过移动端设备，将现场施工进度、质量检测数据、材料进场情况等信息上传至 BIM 平台，例如每日录入桩基浇筑数量、

钢筋绑扎验收结果，平台自动更新模型状态与进度曲线；监理人员在平台上标注质量问题，上传整改照片，施工方实时接收并反馈整改结果，实现问题闭环管理。施工验收阶段，整合各分项工程验收报告、检测数据、竣工图纸等信息，将验收结果与 BIM 模型关联，形成数字化竣工档案，为后续运维提供数据支撑。整个过程中，信息共享需设置权限管理，确保不同参与方可获取所需信息，同时保障数据安全^[1]。

1.2 多参与方协同工作平台的构建

多参与方协同工作平台以 BIM 模型为核心载体，需满足设计方、施工方、监理方、材料供应商等不同角色的工作需求。平台功能设计需涵盖信息交互、任务分配、进度跟踪三大模块。信息交互模块支持多方在线标注、评论与文件传输，例如设计方在模型上标注构件修改意见，施工方可直接查看并反馈修改难点，避免线下沟通延迟；任务分配模块由业主或总包方创建施工任务，明确任务内容、责任人、完成时限，分配至对应参与方，平台自动提醒任务进度，逾期未完成时发送预警。

进度跟踪模块整合各参与方任务进度数据，生成可视化进度看板，展示关键节点完成情况、滞后任务清单及原因分析，方便多方实时掌握工程整体进度。平台还需具备数据兼容功能，支持导入 CAD、Revit、Project 等常用软件文件，确保不同参与方的工具与平台数据互通；同时设置操作日志，记录各用户的信息修改与操作行为，实现过程可追溯，避免数据篡改或责任推诿。通过平台构建，将分散的参与方

整合为协同工作整体，减少沟通成本，提升决策效率。

1.3 进度、成本与质量的一体化管控

基于BIM的一体化管控需建立进度、成本、质量与模型的关联关系，实现三者联动调整。进度管控方面，将施工进度计划与BIM模型构件绑定，按时间维度划分施工阶段，平台自动对比实际进度与计划进度的偏差，例如某桥梁箱梁预制计划15天完成，若第10天仅完成60%，平台会标注滞后并分析原因，施工方据此优化资源配置，如增加模板或人员投入，确保进度回归正轨。

成本管控通过BIM模型的工程量自动计算功能实现，平台根据模型构件数量、材质参数，结合市场材料价格、人工费用，生成成本预算；施工过程中，实时录入材料消耗、人工投入等实际成本数据，与预算进行动态对比，超支时及时预警，例如钢筋实际用量超出预算5%，需排查是否存在浪费或设计变更，调整采购计划以控制成本。质量管控需将质量标准嵌入BIM模型，例如在桩基模型中设置混凝土强度、钢筋笼间距等质量参数，施工时通过移动端扫描构件二维码，上传检测数据与现场照片，平台自动校验是否符合标准，不合格项标记为红色并推送整改任务，整改完成后重新验收，确保质量问题不遗留。通过一体化管控，实现进度、成本、质量的协同优化，避免单一管控导致的整体失衡^[2]。

2 基于BIM的公路桥梁施工碰撞检测技术

2.1 碰撞检测的类型与范围界定

公路桥梁施工碰撞检测主要涵盖结构构件碰撞、机电管线碰撞、构件与管线碰撞三类类型。结构构件碰撞包括钢筋与钢筋、钢筋与预埋件、预制构件与现浇构件之间的空间冲突，例如桥梁墩柱钢筋笼与承台预埋钢筋位置重叠，或预制箱梁安装时与盖梁预留支座位置偏差；机电管线碰撞涉及给排水管道、通信线缆、电力管线之间的交叉冲突，如桥梁检修通道内的给水管与电缆管在同一平面交叉，无足够安装空间；构件与管线碰撞指机电管线与结构构件的冲突，例如箱梁内部的通风管道与受力钢筋碰撞，或桥墩内的排水管道与预应力孔道位置冲突。

检测范围需覆盖桥梁全结构及附属设施，从基础部位的桩基、承台，到下部结构的桥墩、盖梁，再到上部结构的箱梁、桥面系，均需纳入检测；同时包含桥梁内部的机电系统、消防设施、检修通道等附属部分。检测需细化至构件细节，例如钢筋的直径、间距与弯折角度，管线的管径、走向与接口位置，确保无遗漏的空间冲突点，避免因局部碰撞影

响整体施工。

2.2 碰撞检测的实施流程与规则设置

碰撞检测实施需遵循“模型准备—规则设置—检测执行—结果输出”的流程。模型准备阶段，需整合各专业BIM模型，确保模型精度达标，结构专业模型需包含构件尺寸、位置、材质等信息，机电专业模型需标注管线管径、走向、坡度等参数，各模型坐标系统一，避免因坐标偏差导致检测误差^[3]。

规则设置需结合公路桥梁施工规范与实际安装需求，明确不同类型碰撞的允许偏差范围。结构构件碰撞中，钢筋与钢筋的最小净距需不小于25mm，钢筋与预埋件的净距不小于15mm；机电管线碰撞中，同一平面内的管线间距需满足安装与检修空间，给水管与电缆管的最小间距不小于500mm；构件与管线碰撞中，管线与结构钢筋的净距不小于30mm，避免管线受压或影响结构受力。规则设置时需区分硬性碰撞与软性碰撞，硬性碰撞指构件或管线直接重叠，必须整改；软性碰撞指虽未重叠但间距不足，影响安装或维护，需根据实际情况优化。

检测执行阶段，采用BIM碰撞检测软件导入整合后的模型，选择预设规则进行自动检测，软件会遍历模型中的所有构件与管线，标记碰撞位置并生成碰撞点坐标；检测完成后输出详细报告，包含碰撞类型、涉及构件、碰撞位置、偏差数值等信息，同时附带碰撞点的三维截图，方便直观查看冲突情况。

2.3 检测结果的分析与问题解决机制

检测结果分析需按碰撞类型与严重程度分类处理，优先解决影响结构安全与关键施工工序的碰撞问题。对于结构构件碰撞，如墩柱钢筋与承台钢筋重叠，需联合设计方与施工方分析原因，若因设计图纸误差导致，设计方需调整钢筋布置方案，重新出具变更图纸；若因模型建模错误，需修正模型参数，确保与实际设计一致。机电管线碰撞中，如给排水管与电缆管交叉，需根据管线功能优先级调整，优先保障电力、通信等关键管线的走向，再优化给排水管路径，或采用上下分层布置，确保间距符合要求。

问题解决需建立多方协同机制，由总包方组织设计、施工、监理及管线分包方召开碰撞问题研讨会，结合检测报告与BIM模型，共同制定整改方案；方案确定后，在BIM模型中修改对应构件或管线参数，重新进行碰撞检测，验证整改效果，直至无碰撞问题。整改完成后，将修改后的模型

与方案归档，作为后续施工的依据，同时记录问题原因与解决措施，形成经验库，为同类工程提供参考，避免同类问题重复出现^[4]。

3 协同管理与碰撞检测的整合应用

3.1 碰撞检测结果在协同管理中的反馈与优化

碰撞检测结果需实时反馈至协同管理平台，推动施工方案与管理策略的优化。某公路桥梁项目中，通过碰撞检测发现箱梁内部通风管道与预应力钢束存在 12 处碰撞，检测报告上传至协同平台后，平台自动将问题分配给设计方、施工方与监理方。设计方在平台上标注管道调整方案，将原水平布置的管道改为倾斜布置，避开钢束位置；施工方结合调整方案，优化箱梁浇筑顺序，提前预留管道安装空间；监理方跟踪整改过程，在平台上确认修改后的模型无碰撞风险，方可允许施工。

反馈优化还需联动进度与成本管控，若碰撞整改导致某工序延误 3 天，协同平台会自动调整后续进度计划，例如将桥面铺装工序延后 3 天，并提醒相关人员；同时计算整改产生的额外成本，如管道重新加工费用、人工调整费用，纳入成本对比体系，分析对总预算的影响，必要时调整资源配置以平衡成本。通过检测结果与协同管理的深度融合，实现问题快速解决，避免对工程整体造成更大影响。

3.2 基于 BIM 模型的施工方案模拟与交底

整合应用中，需利用包含碰撞整改信息的 BIM 模型进行施工方案模拟与交底。某桥梁墩柱施工前，通过 BIM 模型模拟钢筋笼安装、混凝土浇筑、预埋件定位的全过程，模拟中发现原方案中钢筋笼吊装角度易导致与墩柱模板碰撞，虽未检测出硬性碰撞，但存在安装困难风险，基于此优化吊装角度，将原 45° 调整为 60°，并在模型中验证可行性；同时模拟混凝土浇筑速度与振捣位置，确保密实度达标，避免出现蜂窝麻面。

施工交底时，技术人员在协同平台上共享模拟视频与 BIM 模型，各施工班组通过移动端查看，直观了解施工步骤、构件安装位置、质量要求及注意事项；针对关键工序如预应力张拉，在模型中拆解展示张拉顺序、压力控制参数，结合现场实物交底，帮助施工人员快速掌握操作要点。通过模拟与交底，减少因方案理解偏差导致的施工错误，提高施工准确性与效率^[5]。

3.3 提升施工效率与保障工程安全的应用价值

整合应用对施工效率的提升体现在缩短工期、减少返

工两方面。某项目通过协同管理与碰撞检测，提前发现并解决 38 处碰撞问题，避免施工中拆除重建，节省返工时间约 20 天；同时通过协同平台优化资源配置，如根据进度偏差调整混凝土供应计划，避免材料积压或短缺，施工效率提升 15%。在成本控制上，减少返工材料浪费与人工投入，项目总成本较预算降低 3%。

工程安全保障方面，碰撞检测排除了结构构件与管线的冲突风险，避免施工中因碰撞导致的构件损坏或管线破裂；协同管理平台实时监控施工现场安全隐患，如某桥墩施工平台防护栏杆未按要求安装，监理方在平台上上传照片并标注问题，施工方 1 小时内完成整改，消除坠落风险。此外，通过 BIM 模型模拟危险工序，如桥梁挂篮施工，提前识别操作风险点，制定防护措施，施工人员培训后再上岗，降低安全事故发生率。

结语：基于 BIM 的公路桥梁施工全过程协同管理与碰撞检测，其核心价值在于构建了一个以数据为驱动、以协同为纽带的现代化工程管理生态。它将原本分散、孤立的设计、施工、监理等环节，整合到一个统一、透明的数字平台之上，实现了信息的高效流动与决策的科学化。碰撞检测技术的应用，更是将大量可能发生在施工现场的冲突与错误，前置到虚拟环境中进行预演与解决，从根本上改变了“边施工、边修改”的被动局面。这种技术与管理模式的深度融合，不仅带来了工期缩短、成本降低等直接效益，更重要的是提升了工程的整体质量与安全性，培养了从业人员的数字化思维。随着技术的不断成熟与应用的深化，BIM 必将成为公路桥梁建设领域不可或缺的基础设施，引领行业走向更加智慧、高效和可持续的未来。

参考文献：

- [1] 毛远近 . 张吉怀铁路古阳河特大桥施工 BIM 技术研究与应用 [D]. 石家庄铁道大学(原名:石家庄铁道学院),2021.
- [2] 顾煜 . 基于 BIM 的桥梁工程设计与施工优化研究 [J]. 交通世界 (下旬刊), 2022(12):155–157.DOI:10.3969/j.issn.1006-8872(x).2022.12.051.
- [3] 李辉 . 拱桥施工管理中 BIM 技术的应用 [J]. 交通世界 , 2022(010):000.
- [4] 邹天歌 . 基于 BIM 技术的桥梁施工项目管理应用研究 [D]. 沈阳建筑大学,2020.
- [5] 廖永旭 .BIM 技术在公路桥梁施工中的应用技术研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术 , 2022.