

基于 BIM 技术的高速公路施工安全管理分析

张 洪

云南交投集团公路建设有限公司 云南 昆明 650228

【摘要】：在高速公路工程规模化建设的背景下，施工环境复杂、风险点多、安全管控难度大等问题日益凸显，传统经验式安全管理模式已难以适配精细化施工需求。本文将 BIM 技术为主线，研究其在高速公路施工安全管理中的应用，明确 BIM 技术在安全管理方面的优势，分析其具体的应用措施，旨在强化高速公路施工安全管理的技术水平，通过技术手段确保施工安全，实现高速公路项目的经济效益和社会效益。

【关键词】：BIM 技术；高速公路；施工；安全管理

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.044

引言

BIM 技术是一种信息化工程管理技术，具有可视、动态、模拟等特点，使其能够在工程施工过程中进行现场建模，可视化施工细节，提高施工方案漏洞、技术问题等风险源的被感知程度。高速公路工程建设周期长、施工环境复杂，需要消耗大量人力物力资源，借助 BIM 技术进行施工安全管理，可最大限度规避安全风险，确保工程建设目标顺利实现。

1 BIM 技术概述

建筑信息模型（BIM）是一种融合数字化建模、参数化管理与协同化作业的工程技术应用体系，其核心在于构建包含工程全生命周期信息的三维模型，将项目设计、施工、运维等阶段的几何参数、物理属性、技术指标进行集成化存储与可视化呈现。不同于传统二维图纸的碎片化信息传递模式，BIM 技术可实现多专业、多主体的实时数据共享，通过碰撞检测提前规避设计与施工冲突，依托模拟仿真技术对施工工序、资源配置、安全风险进行预演分析，同时借助云端平台打通信息壁垒，推动设计方、施工方、监理方的协同作业。在高速公路工程领域，BIM 技术凭借其可视化、智能化、精细化的技术特征，成为破解复杂工程管理难题、提升施工效率与安全管控能力的关键技术支撑。

2 BIM 技术在高速公路施工安全管理方面的优势

2.1 可视化建模，提前规避隐蔽风险

高速公路施工常涉及桥梁、隧道、高边坡等复杂结构，传统二维图纸难以直观呈现空间关系，易导致隐蔽风险漏判。BIM 技术通过构建全尺寸三维可视化模型，将施工区域的地形地貌、结构细节、管线布局等信息精准集成，实现施工场景的全景模拟。针对高边坡开挖、隧道支护等高危工序，可通过模型预设不同施工方案，直观展示工序衔接逻辑与潜在安全隐患，如边坡开挖坡度是否合规、隧道初期支护与围岩的适配性等。同时，可将地质勘察数据导入模型，动态呈现岩土体受力变化，帮助管理人员提前预判塌方、滑坡等风险，为优化施工工艺、制定防护措施提供直观依据，从源头降低风险发生概率。

2.2 协同化管理，打通信息传递壁垒

高速公路施工参与主体多、作业面分散，设计、施工、监理、运维等多方信息割裂易引发安全管控漏洞。BIM 技术依托云端协同平台，实现各参与方的实时数据共享与高效联动，打破传统纸质文件、口头交底的信息传递局限。设计方可通过模型同步设计变更信息，施工方及时调整施工方案并反馈现场问题，监理方可依托模型实时核查施工质量与安全措施落实情况，形成闭环管理。例如在跨线桥施工中，各方可通过模型协同确认支架搭设参数、交通导改路线与施工区域的安全距离，避免因信息不对称导致的交叉作业冲突、安全防护不到位等问题，大幅提升多主体协同管控效率。

2.3 智能化模拟，优化安全施工流程

BIM 技术的仿真模拟功能可实现施工全过程的安全预演，为优化施工流程、规避动态风险提供技术支撑。针对高速公路施工工序繁琐、临时设施多的特点，可通过模型模拟支架搭设、模板安装、混凝土浇筑等关键工序，预判施工过程中的机械碰撞、人员动线冲突、临时结构失稳等风险，并基于模拟结果优化工序排布与资源配置。同时，结合物联网技术将施工机械、人员定位数据接入 BIM 模型，实现对高危作业区域的实时监控，当人员、机械超出安全范围时自动发出预警。此外，可通过模拟极端天气、突发地质灾害等场景，推演应急处置流程，提前优化疏散路线、物资储备方案，提升应急响应能力。

2.4 全周期管控，实现安全动态追溯

不同于传统安全管理侧重施工阶段的静态管控，BIM 技术可实现高速公路项目从设计、施工到运维的全生命周期安全动态管理。施工过程中，将安全技术交底、隐患排查记录、整改结果等信息同步录入模型，形成可追溯的安全管理档案，管理人员通过模型即可快速查询各工序安全管控情况，实现隐患闭环管理。项目竣工后，模型可移交运维单位，为后续道路养护、病害处理、应急抢修等工作提供精准的安全基础数据，避免运维阶段因信息缺失导致的安全风险。这种全周期、可追溯的管控模式，既强化了施工阶段的安全管控力度，又为项目长效安

全管理提供了数据支撑,实现安全管理的连续性与精细化。

3 基于 BIM 技术的高速公路施工安全管理原则

3.1 技术适配性原则

BIM 技术应用需紧密契合高速公路施工复杂多样的场景特点,避免技术与实际需求脱节。结合桥梁、隧道、高边坡等不同工程结构的安全管控重点,针对性优化 BIM 模型参数与功能设置,确保模型能精准映射施工实际。同时,要兼顾施工场地流动性、地质条件不确定性等因素,选择适配现场设备与网络环境的 BIM 应用方案,既满足精细化管控需求,又避免过度追求技术复杂而增加施工负担,实现技术应用与安全管控需求的精准匹配。

3.2 全流程管控原则

相关部门需以全生命周期管理理念为核心,将 BIM 技术融入高速公路施工全流程安全管控。设计阶段依托模型预判设计缺陷引发的安全隐患,施工阶段通过模型动态监控工序合规性与风险变化,竣工阶段同步完善安全档案并移交运维单位。全程以安全管控为主线,实现各阶段安全信息的无缝衔接与动态更新,打破传统分段管控的信息壁垒,确保安全管理覆盖施工全环节,形成从风险预判、过程管控到后续追溯的闭环体系。

3.3 多方协同性原则

坚持以 BIM 平台为载体,构建多方协同的安全管理机制。统筹设计、施工、监理、监管等各参与方的安全职责,通过云端模型实现安全信息实时共享、问题同步反馈与整改全程追溯。明确各方在 BIM 模型应用中的权限与分工,确保设计变更、隐患排查、应急处置等工作高效联动,避免因信息不对称导致安全管控漏洞。同时,强化多方协同交底与培训,提升全员 BIM 应用能力,凝聚各方安全管控合力,实现从单一主体管控向多方位协同管控的转变。

4 基于 BIM 技术的高速公路施工安全管理策略

高速公路施工具有线长、面广、工况复杂、风险点多等特点,传统安全管理模式易出现隐患排查不全面、风险预判滞后等问题。BIM 技术以其可视化、协同化、模拟化的核心优势,为高速公路施工安全管理提供了数字化解决方案,能够实现安全风险的精准管控、全程追溯与高效协同。

4.1 构建 BIM 安全可视化管理模型,夯实安全管理基础

依托 BIM 技术构建高速公路施工全要素安全可视化模型,打破传统二维图纸的信息壁垒,将施工图纸、地质勘察数据、施工方案、安全技术交底等信息整合融入模型,实现施工场景的三维可视化呈现。在模型构建过程中,精准标注边坡开挖、桥梁架设、隧道掘进、临时设施搭建等关键部位的安全控制点,明确各工序的安全操作规范、风险等级及防护要求,让管理人员与施工人员直观掌握施工流程中的安全重点。同时,通过模

型轻量化处理,适配移动端设备,方便施工人员在现场随时调取模型信息,对照开展安全作业,避免因图纸理解偏差引发安全隐患。此外,可将模型与现场实际施工进度实时联动,动态更新施工工况与安全状态,实现对施工全过程的可视化监控,为安全决策提供直观的数据支撑。

4.2 强化 BIM 技术风险预判与模拟分析,提前规避安全隐患

利用 BIM 技术的模拟仿真功能,在施工前对高风险工序进行动态模拟,精准预判潜在安全风险,优化施工方案以规避隐患。针对高速公路施工中的高风险环节,通过 BIM 模型模拟不同施工工况下的结构受力、边坡稳定性、围岩变形等情况,结合力学分析工具,量化评估施工过程中的安全风险等级,识别可能出现的坍塌、坠落、机械碰撞等安全事故隐患。基于模拟结果,对施工方案进行优化调整,合理规划施工顺序、机械设备摆放位置、人员作业区域,明确风险防控的关键节点与应对措施。在施工过程中,结合实时监测数据更新 BIM 模型,对施工工况进行动态模拟对比,及时发现施工偏差引发的风险变化,提前采取防控措施。例如,通过模拟边坡开挖与支护过程,预判边坡变形趋势,优化支护方案的施工时机与参数,避免边坡失稳引发安全事故,实现“主动预防”的安全管理转型。

4.3 搭建 BIM 协同管理平台,实现安全信息高效流转

基于 BIM 技术搭建多方协同的高速公路施工安全管理平台,整合建设单位、施工单位、监理单位、设计单位等各方资源,打破部门与单位之间的信息孤岛,实现安全信息的实时共享与高效流转。通过平台,各方可在 BIM 模型基础上开展协同工作,施工单位及时上传施工进度、安全检查记录、隐患整改情况等信息,监理单位在线审核安全资料、下达整改指令并跟踪整改成效,设计单位针对施工中出现的安全问题提供技术支持,建设单位实时掌握整体施工安全状态。同时,平台可设置安全预警功能,当施工过程中出现违规操作、隐患未及时整改、风险等级超标等情况时,自动向相关责任人发送预警信息,督促其限期处理。此外,通过平台实现安全技术交底、安全培训、应急预案演练等工作的线上开展,确保安全管理要求快速传递至每一位施工人员,提升安全管理的协同效率与执行力。

4.4 融合物联网技术,实现施工安全实时监测与管控

将 BIM 技术与物联网技术深度融合,构建施工安全实时监测体系,对关键部位、特种设备、作业人员进行全方位动态监测,实现安全风险的精准管控。在高风险区域布设传感器、定位设备等物联网终端,实时采集边坡位移、围岩应力、支架沉降、机械设备运行参数、人员位置等数据,将数据实时传输至 BIM 协同管理平台,与 BIM 模型进行联动关联。通过数据可视化分析,管理人员可直观掌握监测对象的实时状态,当数据超出安全阈值时,平台立即发出声光预警,并精准定位风险位置,为应急处置提供精准依据。同时,利用 BIM 模型对监

测数据进行趋势分析,预判风险发展态势,提前制定防控措施,避免安全事故发生。此外,通过人员定位系统与BIM模型结合,可实时掌握施工人员分布情况,在突发事故时快速排查受困人员位置,提升应急救援效率。

4.5 依托 BIM 技术优化安全培训与技术交底,提升全员安全素养

以BIM模型为载体,创新安全培训与技术交底模式,改变传统口头讲解、书面交底的单一形式,提升培训与交底的实效性,强化全员安全素养。基于BIM可视化模型,制作针对性的安全培训课件,通过三维动画演示施工流程、安全风险点、防护措施及应急处置方法,让施工人员更易理解和掌握安全知识与操作技能。在技术交底环节,通过BIM模型直观展示各工序的安全要求、施工要点及与其他工序的衔接注意事项,避免因交底不清导致违规作业。同时,可利用BIM模型开展虚拟实操培训,让施工人员在虚拟场景中模拟施工操作,熟悉安全规范,规避实际施工中的操作风险。此外,将安全培训记录、考核结果与BIM模型关联,建立施工人员安全档案,精准掌握每位人员的安全素养水平,针对薄弱环节开展针对性培训,实现安全培训的个性化与精准化。

4.6 运用 BIM 技术实现安全隐患闭环管理,强化过程管控成效

借助BIM技术构建安全隐患闭环管理体系,实现隐患排

查、上报、整改、复查、销号的全流程管控,确保隐患及时消除,强化施工过程安全管控成效。在现场安全检查过程中,检查人员通过移动设备拍摄隐患照片、视频,直接关联至BIM模型对应的位置,标注隐患类型、风险等级、整改要求及期限,上传至协同管理平台,形成隐患排查记录。平台自动将隐患信息推送至相关整改责任人,责任人接收后及时组织整改,整改完成后上传整改后的现场资料,申请复查。监理单位通过平台在线复查,确认隐患消除后完成销号,若未达标则退回重新整改,直至隐患彻底消除。同时,利用BIM模型对隐患数据进行统计分析,梳理高频隐患类型、高发区域及原因,为优化安全管理措施、调整施工方案提供数据支撑,从源头减少隐患产生。此外,通过BIM模型实现隐患整改过程的全程追溯,留存完整的隐患管理档案,为后续安全评估与复盘提供依据,持续提升安全管理水平。

总而言之,将BIM技术融入高速公路施工安全管理全过程,可以有效破解传统安全管理的痛点难点,提升安全管理的数字化、精准化、协同化水平。在高速公路建设快速发展的背景下,应进一步深化BIM技术的应用与创新,结合实际施工需求优化应用方案,推动施工安全管理模式转型升级,为高速公路施工安全保驾护航。

参考文献:

- [1] 王康,信聪.BIM技术在高速公路施工安全管理中的应用[J].汽车周刊,2025,(06):81-83.
- [2] 王将,张乙彬.BIM技术在高速公路施工安全管理中的应用[J].黑龙江交通科技,2021,44(09):212-213.
- [3] 彭耿佛,陈勇.BIM技术在高速公路桥梁施工安全管理中的应用[J].运输经理世界,2021,(23):99-101.
- [4] 房青.基于BIM技术的高速公路施工安全管理分析[J].砖瓦,2021,(04):127-128.
- [5] 李云鹏.BIM技术在高速公路施工安全管理中的应用[J].中国建筑装饰装修,2021,(03):40-41.