

# 基于BIM技术的建筑施工安全协同管理体系构建与实践

张 辉

中交一公局集团第八工程有限公司 江苏 苏州 215000

**摘要：**传统的施工安全管理模式在信息传递、风险识别、过程控制等方面存在滞后性与碎片化问题，难以满足现代工程建设对精细化、智能化安全管理的需求。建筑信息模型（BIM）技术以其可视化、参数化、协同化和全生命周期管理等优势，为施工安全管理提供了全新的技术路径。本文围绕BIM技术在施工安全协同管理中的应用，系统分析了当前施工安全管理存在的主要问题，提出了基于BIM的施工安全协同管理体系框架，并详细阐述了该体系的核心构成要素、运行机制及关键技术支撑。在此基础上，结合某大型商业综合体项目的实际案例，验证了该体系在提升安全预警能力、优化资源配置、强化多方协同等方面的实践成效。研究表明，BIM技术能够有效整合项目各参与方的安全管理信息，实现从设计到施工全过程的安全风险动态管控，显著提升施工现场的安全管理水平。本研究为推动BIM技术在施工安全管理领域的深度应用提供了理论依据与实践参考。

**关键词：**BIM；施工安全；协同管理；安全风险；信息化；智慧工地

## 引言

建筑施工行业作为高危行业之一，安全事故频发，严重威胁人员生命财产安全和社会稳定。近年来，随着数字建造理念的兴起，BIM技术因其强大的信息集成与可视化能力，逐渐成为推动建筑业数字化转型的核心工具。BIM不仅支持三维建模，更可承载时间（4D）、成本（5D）、安全（6D）等多维信息，为施工全过程提供数据支撑。尤其在安全管理领域，BIM能够实现危险源的可视化识别、施工方案的虚拟仿真、应急预案的动态推演等功能，从而提升安全决策的科学性与前瞻性。然而，当前BIM在施工安全中的应用仍多停留在单点功能层面，缺乏系统性的协同管理机制。如何构建一个以BIM为核心、融合多方参与、覆盖全施工周期的安全协同管理体系，成为亟待解决的关键课题。本文旨在探索并构建该体系，并通过工程实践验证其有效性，以期为行业提供可复制、可推广的管理模式。

## 1 建筑施工安全管理现状与挑战

### 1.1 传统安全管理模式的主要问题

传统施工安全管理模式主要依赖纸质文档、人工巡检和经验判断，存在以下突出问题：一是信息割裂：设计、施工、监理、业主等各方使用不同的信息系统，安全信息无法实时共享，导致风险传递不畅。二是被动响应：安全检查多为事后处理，缺乏事前预警与事中干预机制，难以做到“预防为主”。三是可视化程度低：二维图纸难以直观反映复杂空间关系，对高处作业、交叉施工等高风险场景识别困难<sup>[1]</sup>。四是协同效率低：安全整改指令传达链条长，责任主体不明确，整改反馈周期

长，影响闭环管理效率。五是数据利用不足：大量安全检查记录、隐患台账未被结构化处理，无法用于风险趋势分析与智能决策。

### 1.2 BIM技术带来的变革机遇

BIM技术通过建立包含几何、物理、功能等属性的数字孪生模型，为上述问题提供了系统性解决方案：（1）信息集成：统一平台整合设计、施工、运维阶段的数据，打破信息壁垒；（2）可视化模拟：通过4D/5DBIM模拟施工进度与资源部署，提前发现潜在冲突与危险区域；（3）动态更新：模型随施工进展实时更新，支持安全状态的动态监控；（4）智能分析：结合物联网（IoT）、人工智能（AI）等技术，实现风险自动识别与预警。因此，构建基于BIM的施工安全协同管理体系，是实现安全管理从“被动应对”向“主动防控”转型的关键路径。

## 2 基于BIM的施工安全协同管理体系构建

### 2.1 体系构建原则

为确保体系的科学性与可操作性，应遵循以下原则：（1）全生命周期覆盖：涵盖策划、设计、施工、验收等各阶段；（2）多方协同参与：明确建设单位、施工单位、监理单位、分包单位等各方职责；（3）数据驱动决策：以BIM模型为核心，集成各类安全数据，支持智能分析；（4）闭环管理机制：实现“识别—评估—控制—反馈—改进”的PDCA循环；（5）标准化与可扩展性：采用开放标准（如IFC），便于与其他系统（如智慧工地平台）集成。

### 2.2 体系总体框架

本文提出的基于BIM的施工安全协同管理体系采用“一个核心、三大支撑、五大模块”的整体架构。其中，“一个核心”即BIM数字孪生模型，作为整个体系的信息集成中心与协同交互平台，承载所有与安全相关的静态与动态数据。“三大支撑”包括技术支撑、制度支撑和平台支撑：技术支撑涵盖BIM与GIS、物联网、人工智能等前沿技术的融合应用；制度支撑指配套的安全协同管理制度、流程规范与考核机制；平台支撑则是基于云计算构建的BIM协同管理平台，提供多终端访问与权限控制能力<sup>[2]</sup>。“五大模块”则具体落实到安全管理的操作层面，包括安全风险识别与评估、安全方案模拟与优化、安全交底与培训、现场安全监控与预警、安全整改与闭环管理。这五个模块相互关联、协同运作，共同构成一个有机整体，实现从风险预判到应急处置的全流程覆盖。

### 2.3 核心模块功能详解

#### 2.3.1 安全风险识别与评估模块

利用BIM模型的空间拓扑关系，结合施工进度计划（4D），自动识别高风险作业区域（如深基坑、高支模、塔吊覆盖区等）。通过内置安全规则库（如《建筑施工安全检查标准》JGJ59），对模型构件进行风险标签标注，并生成风险热力图。同时，引入专家打分法或模糊综合评价法，对风险等级进行量化评估。

#### 2.3.2 安全方案模拟与优化模块

对专项施工方案（如脚手架搭设、大型吊装）进行BIM虚拟建造，模拟施工全过程，检验方案可行性。通过碰撞检测、工序冲突分析，提前发现安全隐患。例如，在塔吊回转半径内模拟吊装路径，避免与周边结构或临时设施发生碰撞。

#### 2.3.3 安全交底与培训模块

将BIM模型与安全技术交底内容绑定，生成可视化交底动画或VR场景。工人可通过移动端或VR设备沉浸式学习操作规程与应急措施，提升培训效果。系统自动记录培训完成情况，形成电子档案。

#### 2.3.4 现场安全监控与预警模块

集成施工现场的IoT设备（如智能安全帽、摄像头、环境传感器），将实时数据映射至BIM模型。当检测到异常行为（如未佩戴安全帽进入危险区）或环境超标（如PM2.5过高），系统自动触发预警，并推送至相关责任人手机端。

#### 2.3.5 安全整改与闭环管理模块

安全员通过移动终端拍照上传隐患，系统自动关联BIM位置信息，生成整改任务单。责任单位在线接收、处

理、反馈，监理单位审核确认，形成完整的闭环流程。所有记录存入BIM数据库，支持后期追溯与统计分析。

## 3 关键技术支撑

### 3.1 BIM与物联网（IoT）融合

BIM与物联网的深度融合是实现现场动态感知的关键。通过在施工现场部署RFID标签、UWB精确定位基站、智能穿戴设备等物联网终端，可实时获取人员、设备、材料的位置与状态信息。这些物理世界的的数据通过标准化接口（如RESTful API）实时传输至BIM协同平台，并自动映射到模型的对应构件或空间单元上<sup>[3]</sup>。例如，当一名工人佩戴的智能安全帽检测到其进入未经授权的高危区域时，系统不仅在后台记录事件，还会在BIM模型中以红色闪烁标识该位置，并同步向安全主管发送告警。这种“虚实映射”能力，使BIM模型从静态设计成果转变为动态管理工具。

### 3.2 BIM与人工智能（AI）结合

人工智能技术的引入进一步提升了BIM在安全管理中的智能化水平。利用深度学习算法训练的计算机视觉模型，可对监控视频流进行实时分析，自动识别多种违章行为，如未系安全带、违规穿越警戒线等，识别准确率可达90%以上。同时，通过对历史安全数据（如隐患类型、发生时段、天气条件等）进行机器学习建模，系统可预测未来一段时间内高发事故的风险等级与可能发生区域，辅助管理者提前部署防控资源。例如，模型可能提示“未来三天内，东侧塔吊作业区在下午2-4点因高温易发生疲劳作业风险”，从而触发针对性的巡查安排。这种预测性安全管理模式，代表了未来的发展方向。

### 3.3 云协同平台架构

为支撑多方高效协同，体系采用基于微服务架构的云协同平台。该平台部署在公有云或私有云环境中，支持PC端、平板和手机等多种终端访问，确保项目各方无论身处何地都能及时获取最新安全信息。平台采用基于角色的访问控制（RBAC）机制，严格限定不同用户的数据查看与操作权限，保障信息安全<sup>[4]</sup>。在模型兼容性方面，平台支持IFC、Revit、Navisworks等多种主流格式的导入与轻量化处理，确保各专业模型能够无缝集成。此外，平台提供开放的API接口，便于与企业现有的OA、ERP或政府监管平台对接，实现数据互通与业务协同。

## 4 工程实践案例分析

### 4.1 项目概况

本案例选取华东地区某大型商业综合体项目作为实践对象。该项目总建筑面积约35万平方米，地下3层，地上最高28层，功能涵盖购物中心、甲级写字楼与五星级

酒店,施工周期长达36个月。项目高峰期现场作业人员超过2000人,涉及土建、机电、幕墙、精装修等多个专业交叉作业,安全管理复杂度极高。传统管理模式下,信息传递滞后、隐患整改缓慢等问题频发,亟需引入系统性解决方案。

#### 4.2 BIM安全协同管理体系实施

项目自2023年启动BIM应用,重点部署了以下安全协同管理措施:一是建立全专业BIM模型:整合建筑、结构、机电、幕墙等专业模型,精度达LOD400;二是部署4D施工模拟:将进度计划与模型关联,每周进行施工推演,识别高风险作业窗口;三是搭建BIM+IoT安全监控平台:安装200余个AI摄像头、500套智能安全帽,实现重点区域全覆盖;四是推行可视化安全交底:针对高支模、钢结构吊装等12项重大工程,制作BIM交底视频,全员培训率达100%;五是实施隐患闭环管理:通过移动端APP上报隐患,平均整改周期由7天缩短至2.3天。

#### 4.3 实施成效

经过一年的运行,该体系取得了显著成效。2024年全年项目未发生任何重伤及以上事故,轻伤事故数量同比下降62%,安全绩效大幅提升。由于信息共享效率提高,项目安全协调会议频次减少30%,但问题解决率反而提升至95%以上。在管理成本方面,重复性人工巡检工作量减少约40%,安全资料电子化率达到90%,大幅降低纸张与人力消耗。更为重要的是,该体系获得了业主和第三方评估机构的高度认可,在区域同类项目安全评比中位列第一。这一实践充分证明,基于BIM的施工安全协同管理体系不仅技术可行,而且经济有效,具有良好的推广价值。

#### 5 讨论与展望

尽管BIM在施工安全管理中的应用已取得初步成效,但在大规模推广过程中仍面临诸多现实挑战。首先,行业尚缺乏统一的BIM安全应用数据标准与交付规范,导致不同项目、不同软件之间的模型难以互通,制约了经验的复用与系统的集成。其次,复合型人才严重短缺,既精通BIM建模又熟悉施工安全管理的专业人员凤毛麟角,成为制约技术落地的关键瓶颈。再次,BIM平台及配套硬

件的初期投入较高,对于资金有限的中小企业而言构成一定门槛,影响了技术的普及速度。此外,随着大量敏感数据上云,数据安全与隐私保护问题也日益凸显,亟需建立完善的安全防护机制。

展望未来,BIM在施工安全领域的深化应用将朝着标准化、智能化、轻量化方向发展。一方面,应加快制定国家或行业层面的BIM安全应用标准,明确模型深度、数据格式与交付流程;另一方面,需加强高校与企业的协同育人机制,培养更多“BIM+安全”交叉领域人才。同时,开发基于WebGL的轻量化BIM浏览器和低代码配置工具,可显著降低中小项目的应用门槛。长远来看,BIM将与数字孪生、元宇宙等新兴技术深度融合,构建虚实互动、自主演进的智能安全生态系统,真正实现“零事故”的智慧工地愿景。

#### 6 结语

本文系统构建了基于BIM技术的建筑施工安全协同管理体系,明确了其以BIM数字孪生模型为核心,融合技术、制度与平台三大支撑,涵盖风险识别、方案模拟、安全交底、现场监控与整改闭环五大功能模块的整体框架。通过在大型商业综合体项目中的实践验证,该体系有效提升了安全风险的预判能力、多方协同效率与隐患整改闭环率,显著降低了事故发生率。研究表明,BIM技术不仅是提升施工安全管理水平的技术工具,更是推动安全管理模式从碎片化、被动式向系统化、主动式转型的战略引擎。未来,随着标准体系的完善、人才队伍的壮大与技术生态的成熟,基于BIM的施工安全协同管理将在更广泛的工程实践中发挥不可替代的作用。

#### 参考文献

- [1]魏文学,陈光,谢颖.BIM技术在建筑工程施工安全管理中的应用[J].四川水泥,2025,(10):39-41.
- [2]李晓东.浅谈BIM技术在建筑施工安全管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(28):46-48.
- [3]肖宗利,唐浩.BIM技术在建筑施工安全管理中的应用策略[J].住宅与房地产,2025,(20):62-64.
- [4]张月鹏,卫鸿琰.基于BIM技术的高层建筑施工安全管理与技术优化[J].中国建筑装饰装修,2025,(12):81-83.