

基于 BIM+GIS 的大型机械设备安全布局与管理

刘相龙, 陈卓异, 余海涛, 陈贤, 张思怡

中建三局第二建设工程有限责任公司, 湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ME.2026040001

摘 要 : 在新型城镇化与城市更新行动深入推进的进程中, 大型机械设备作为工程建设的核心生产要素, 其安全布局的合理性与精细化管理水平, 是保障施工安全、提高项目运行效能的核心环节。传统管理模式存在空间决策较为粗放、数据协同性不足、风险管控缺乏主动性等明显不足, 难以适配复杂工程环境下的安全管理诉求。本文重点探析 BIM 技术与 GIS 技术的融合应用路径, 全面梳理当前两类技术融合应用中存在的实际阻碍, 进而提出优化路径。旨在为大型机械设备安全管理的数字化、智能化转型提供全新的理论视角与可操作的实践范式, 助力工程建设领域安全治理能力实现现代化提升。

关 键 词 : BIM+GIS; 大型机械设备; 安全布局; 动态管控; 风险协同; 智能建造

Safety Layout and Management of Large-scale Mechanical Equipment Based on BIM+GIS

Liu Xianglong, Chen Zhuoyi, Yu Haitao, Chen Xian, Zhang Siyi

The Second Construction Co., Ltd of China Construction Third Engineering Bureau, Wuhan, Hubei 430000

Abstract : In the process of advancing new urbanization and urban renewal initiatives, large-scale mechanical equipment serves as a core production factor in engineering construction. The rationality of its safety layout and the level of refined management are pivotal to ensuring construction safety and enhancing project operational efficiency. Traditional management models exhibit significant shortcomings, such as coarse spatial decision-making, inadequate data collaboration, and a lack of proactive risk management, making it difficult to meet the safety management demands in complex engineering environments. This paper focuses on exploring the integrated application pathways of BIM and GIS technologies, comprehensively reviewing the practical obstacles currently encountered in their integration, and subsequently proposing optimization pathways. It aims to provide a novel theoretical perspective and actionable practical paradigm for the digital and intelligent transformation of safety management for large-scale mechanical equipment, thereby facilitating the modernization of safety governance capabilities in the engineering construction sector.

Keywords : BIM+GIS; large-scale mechanical equipment; safety layout; dynamic control; risk collaboration; intelligent construction

引言

企业的大型机械设备安全管理效果直接体现出企业的管理水平, 企业想要利用在大型机械设备方面的投入发挥更大的效益, 需加强对大型机械设备安全管理问题的重视, 从源头上对大型机械设备的使用和管理进行全程监控^[1]。然而, 传统大型机械设备安全管理模式存在诸多突出短板。随着数字化技术与安全管理的深度融合趋势日益凸显, 建筑信息模型 (BIM) 技术凭借参数化建模、信息集成整合、可视化仿真等核心特性, 得以实现大型机械设备的精细化数字化精准呈现; 地理信息系统 (GIS) 技术拥有突出的地理空间分析能力及多源数据融合优势, 为大型机械设备空间布局的科学决策、安全风险的精准研判提供了可靠技术保障。二者的深度融合, 不仅为打破传统安全管理模式的束缚、构建现代化安全管理体系筑牢了核心技术根基, 也对工程建设领域安全治理能力现代化的推进具有重要的现实价值。结合当前行业发展实际, 系统研究 BIM+GIS 技术在大型机械设备安全布局与管理中的应用体系、优化路径及保障机制, 对提升城市更新改造项目安全管理水平、降低安全事故发生率, 有着重要的理论探索意义与实际应用价值。

一、BIM+GIS技术在大型机械设备安全管理中的核心应用场景

（一）空间布局优化

作为大型机械设备安全管理工作的前置性核心环节，空间布局优化的核心宗旨是在充分满足施工生产实际需求的基础上，实现机械设备布局与场地空间条件、周边环境要素的精准匹配，从根源上防范各类安全隐患的发生^[2]。借助 BIM 与 GIS 技术深度融合的方式推进空间布局优化工作，可降低机械设备空间位置冲突的风险，该优化工作的实施流程主要包含三个核心环节：

第一步，场地与设备的数字化建模工作。采用 GIS 地理信息处理技术，对施工场地及周边区域的地理空间数据进行整合梳理，构建全域空间信息模型，该模型精度可达 0.5m，可清晰界定场地边界、地形坡度、地下管网走向及安全敏感区域等各类约束要素；通过 BIM 三维建模技术构建大型机械设备的参数化三维模型，精准录入设备尺寸、作业半径、安装技术标准、运行参数等核心信息，将参数录入误差严格控制在 1cm 以内，同步健全设备数字化档案^[3]。

第二步，多方案仿真模拟与对比筛选。将 BIM 设备三维模型与 GIS 场地空间模型进行叠加融合，构建一体化布局规划模型；通过可视化仿真技术，模拟不同布局方案下设备的作业覆盖范围、物料运输路径及与周边环境的空间关联性；利用 GIS 空间分析工具，对各布局方案的安全距离合规性、空间冲突风险等级、环境影响程度等指标进行量化评估，形成多维度对比分析报告，为最优布局方案的选定提供科学可靠的技术支撑。

第三步，合规性校验与动态优化调整。参照相关法律法规及行业规范要求，搭建完善的合规校验指标体系，依托 BIM 模型的数据化校验功能与 GIS 空间约束分析能力，自动比对布局方案与规范标准的契合程度，确保布局方案全面符合法律及行业相关规定；建立动态调整机制，结合施工进度推进、场地条件变化、设备运行状态更新等实际工况，通过模型参数化调整实现布局方案的实时优化，保障设备布局始终处于安全最优状态。

选取淮北矿业集团杨柳矿作为实际应用案例，该矿井运用 GIS 地理信息系统，构建了井上下 1:1 比例的三维数字孪生模型，针对电铲、钻机、提升机等大型机械设备，开展作业分区划分与安全间距优化工作，精准避开边坡滑移区、采空区及爆破危险区域，有效降低了设备碰撞与边坡失稳的安全风险^[4]。

（二）全流程动态管控

以 BIM 与 GIS 一体化技术平台为核心支撑，构建大型机械设备全生命周期动态管控机制，全面覆盖设备采购进场、安装验收、运行监控及维保报废等关键环节，有效破除各环节间的信息隔阂，实现各流程的无缝对接与高效协同。

在采购及进场管控环节，依托 BIM 模型对各类机械设备的作业效能及场地适配性进行模拟测算与分析，结合 GIS 技术的运输路径优化优势，合理筛选设备型号并制定科学可行的采购方案；在设备进场过程中，通过 BIM 模型参数与实体设备的精准比对校验，核查设备性能是否符合相关规范要求；利用 GIS 技术详细记

录设备进场路线、临时停放区域等核心信息，建立标准化、数字化进场档案，确保设备进场全过程可追溯、可核查。

在安装与验收管控环节，基于 BIM 模型制定精细化安装方案，通过可视化仿真模拟安装全过程，提前规避安装风险^[5]。安装实施期间，整合传感器实时采集的数据与 BIM 模型，对安装精度、基础稳定性、连接强度等核心指标开展动态监测；验收环节，依托 BIM+GIS 一体化模型进行多维度校验，生成标准化数字化验收报告，确保设备安装符合安全规范要求，实现验收结果的全程可追溯。

在运行与监控阶段，于设备关键部位部署传感器，以每秒 1 次的采集频率，实时捕捉设备转速、载荷、温度、振动等运行参数，并同步至 BIM 模型实现可视化实时监测；利用 GIS 技术整合设备运行数据与周边环境数据，通过智能化分析模型开展风险研判，当监测数据超出安全阈值时，可在 5 秒内自动触发预警信号，并推送至相关责任主体，构建“风险识别—预警—处置—反馈”的闭环管理机制，提升设备运行隐患处置率。

在维保与报废管控阶段，通过 BIM 模型完整记录设备历次维保时间、维保内容、更换部件及检测结果等信息，结合设备运行数据自动生成精准维保计划，及时提醒相关责任主体按期开展维保工作，提升维保计划执行率；运用 GIS 技术跟踪维保过程中的场地协调情况及安全防护措施落实成效；当设备达到使用年限或技术性能无法满足作业需求时，基于全生命周期积累的数据开展报废评估，通过 GIS 技术规划合理的拆除路线与处置场地，保障报废流程合规、安全，降低报废环节安全事故发生率。

陕西能源赵石畔煤矿采用 BIM+GIS 技术构建四维动态可视化系统，对主提升机、通风机、排水泵等核心机械设备实施全生命周期管控，实时监测设备载荷、振动及巷道变形等关键参数，有效减少了设备非计划停机时长，显著提升了井下作业的安全保障水平^[6]。

（三）跨主体风险协同处置

基于 BIM+GIS 一体化平台，构建政府监管部门、建设单位、施工单位、监理单位、设备租赁企业等多主体参与的风险协同处置体系，提升突发事件应对能力^[7]。

在风险预警与信息共享环节，平台可实时汇总整合设备运行参数、环境监测指标及风险评估结论，一旦发生设备故障、安全事故等突发情况，将自动向各相关责任主体推送预警信息，明确标注风险具体位置、等级标准、影响区域范围及对应处置责任，实现各主体间信息即时互通，彻底打破信息传递的阻隔壁垒。

应急指挥与资源调配环节中，通过 BIM+GIS 可视化技术应用，可清晰呈现事故现场全景并实现动态跟踪，为应急指挥决策提供直观精准的数据支撑；运用 GIS 网络分析技术，能优化救援人员、应急设备、救援物资等各类应急资源的调配路线，大幅缩短救援处置时长；结合 BIM 三维模型，可模拟推演事故影响范围与发展态势，为人员疏散、风险防控等应急处置方案的制定提供科学辅助。

在事后追溯与责任认定环节，平台会完整记录事故发生前的设备运行数据、风险预警信息、处置过程记录等相关资料，为事

故原因分析与责任认定提供客观、准确的数据支撑，助力实现事故处理的规范化与公正化。

实践中，甘肃青苔泉煤业基于 GIS+ 数字孪生技术构建了智慧安全平台，将矿区采掘设备、边坡监测、地质构造等相关要素纳入统一管控范围，当出现设备超温、边坡预警、通风异常等险情时，系统会自动向矿山调度、安全管理、应急救援等部门推送相关信息，大幅缩短了应急响应时间，有效遏制了重特大事故的发生^[8]。

二、技术应用的现实梗阻

（一）技术适配梗阻

BIM 与 GIS 分属不同技术范畴，数据格式、建模标准存在本质差异，模型融合时易出现信息缺失、空间偏差、精度不足等问题，影响应用成效^[9]。不同厂商的 BIM 模型参数化水平不一，核心数据缺失、格式不统一，降低了模型通用性与兼容性；GIS 地理空间数据分散于政府、测绘、市政等部门，数据共享机制不完善，场地环境数据获取不及时、不完整，制约布局规划与风险研判准确性。此外，技术应用对高精度传感器、高性能计算设备等硬件及网络环境要求较高，部分项目因硬件支撑不足，导致技术难以落地。

（二）标准规范梗阻

当前行业缺乏 BIM+GIS 技术在大型机械设备安全管理中应用的统一标准体系，数据格式、建模规范、安全评估指标等关键内容未明确，导致不同项目技术应用碎片化、不规范，难以形成规模化效应^[10]。现有安全管理规范基于传统模式制定，适配数字化技术不足，缺乏明确的技术应用要求与效果评价标准，使得技术应用缺乏统一指导，难以发挥核心效能。

（三）管理协同梗阻

大型机械设备的安管理工作牵涉多个参建单位，各参与主体的职责界定以及协同运作机制仍未实现全面理顺。部分主体过度侧重自身利益的保障，忽视了各方协同配合的重要性，缺乏规范化、制度化的协同决策流程、风险共担体系以及利益协调机制，这就导致在相关技术应用过程中，各主体的参与主动性不强，难以凝聚起高效的管理合力。与此同时，部分主体仍沿用传统的管理思维模式，对数字化、智能化技术的接纳程度和实际应用能力存在明显不足，在技术应用过程中存在重表面形式、轻实际成效的问题，未能充分发挥各类技术在安全管理中的核心支撑作用。

（四）资源支撑梗阻

BIM+GIS 技术的深度应用，离不开既具备大型机械设备安全管理专业知识，又熟练掌握 BIM、GIS 等数字化技术的复合型人才提供支撑。当前行业内这类复合型人才供给严重不足，现有从业人员的技术素养与实操能力，无法满足技术深度落地的实际需求。此外，BIM+GIS 技术的应用涵盖软件采购、硬件部署、人才培养等多个环节，需投入较高的资金成本。部分建设单位与施工企业受资金压力影响，不得不减少相关技术投入，从而限制了该

技术的规模化推进与广泛应用。

三、优化路径

针对 BIM+GIS 技术应用的现实梗阻，结合行业发展需求与技术应用趋势，本文提出“技术迭代、标准融合、机制革新、资源整合”四位一体的优化路径（见图1），各路径相互协同、层层递进，推动技术在大型机械设备安全管理中实现规模化、深度化、高质量应用。



图1 BIM+GIS 技术应用的优化路径

技术应用的优化路径

（一）技术迭代优化

科研机构围绕 BIM 与 GIS 技术融合的核心难点，加大底层技术研发力度与应用升级投入。重点开展二者底层融合技术攻关，制定统一的数据接口规范与建模标准，研发模型融合专用工具，有效破解数据格式不兼容、模型叠加错位等突出问题。设备厂商积极推进标准化 BIM 模型的研发与推广，明确模型核心参数与数据格式规范，提升模型的通用性与跨平台兼容性。科研机构与建设企业联动发力，推动智能化技术与 BIM+GIS 技术深度融合，研发基于人工智能的风险识别、趋势预判及方案优化模型，进一步提升技术应用的智能化水准。相关企业着力推进技术轻量化发展，借助模型压缩、数据脱敏、云边协同等技术手段，降低技术应用对硬件设备的配置要求，提升移动端适配性能，满足现场实时管控的实际需求。

（二）标准统合构建

行业主管部门发挥牵头作用，加快 BIM+GIS 技术应用标准体系的构建进程，组织科研机构、建设企业、高校等多方主体协同发力，共同制定涵盖数据格式、建模规范、安全评估指标、应用流程及验收标准的统一规范，明确技术应用的具体要求与操作细则。同时，修订完善现有安全管理规范，补充数字化技术应用相关条款，明确 BIM+GIS 技术在布局规划、运行监控、风险处置等关键环节的应用要求，为技术落地提供统一的规范支撑。科研机构与行业主管部门联合建立技术应用评价体系，从数据质量、模型精度、应用成效、安全效益等多个维度，对技术应用效果进行量化评估，推动技术应用向规范化、高质量方向发展。

（三）机制革新完善

行业主管部门牵头推进管理机制革新，结合多主体协同管控的实际需求，凝聚安全管理合力。建立多主体协同参与机制，明

明确政府监管部门、建设单位、施工单位、监理单位等各主体的责任与义务,构建“政府引导、企业主导、多方参与、协同共治”的管理格局^[11]。建设单位依托一体化管理平台,创新协同决策机制,搭建多方参与的决策渠道,在设备布局规划、风险处置、维保计划制定等关键环节,充分吸纳各方意见建议,提升决策的科学性与合理性。各参建主体共同建立风险共担与利益协调机制,合理划分各主体的风险责任,通过保险保障、合同约定等方式实现风险共担;将技术应用成效与各主体利益直接挂钩,构建“安全共赢”的利益联结机制,激发各主体协同参与的内生动力。

（四）资源整合保障

高校、企业、行业主管部门协同发力,聚焦人才与资金两大核心资源,强化资源整合力度,为 BIM+GIS 技术应用提供坚实保障。三方联合构建“高校培养+企业培训+行业交流”的复合型人才培育体系,高校增设大型机械设备安全管理与 BIM、GIS 技术交叉的学科专业,定向培育专业适配的复合型人才;企业开展内部技能培训与技能竞赛,提升现有管理人员的技术操作与系统运维能力;行业主管部门搭建行业交流平台,组织技术研讨会、经验交流会等活动,促进人才交流与技术共享。行业主管部门引导建立“政府引导、企业主体、社会参与”的多元化资金投

入机制,建设企业将技术应用相关经费纳入项目概算,保障基础资金投入;政府设立专项扶持资金,对公益性项目、中小企业的技术应用给予资金补贴;鼓励社会资本通过 PPP 模式、特许经营等方式,参与技术应用平台的建设与运营,进一步拓宽资金筹措渠道。

四、结语

在工程建设领域的安全治理工作中,大型机械设备安全管理占据核心地位,其向数字化、智能化方向转型,是提高安全管理效率、促进行业高质量发展的必由之路。未来,应持续加大技术创新力度与实践探索深度,推动 BIM、GIS 技术与人工智能、大数据、物联网等前沿科技的深度融合与落地应用,健全相关标准体系及协同工作机制,加强专业人才培养与各类资源保障力度,促使技术应用实现从“试点示范”到“规模化普及”、从“技术赋能”到“治理革新”的跨越式转变,为工程建设领域安全治理能力的现代化发展提供核心支撑,助力城市实现高质量建设与发展。

参考文献

[1] 满莉莉. 大型机械设备安全管理问题与对策研究 [J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(7): 27-29.

[2] 王振国, 李中梁, 于森, 等. 超高层建筑机电设备垂直运输与安装关键技术 [J]. 安装, 2026, (01): 19-22.

[3] 李伟志, 陈煜, 柴多生, 等. 基于 BIM 技术的市政给排水设计前期调研与需求分析精细化流程研究 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(09): 193-195.

[4] 搜狐. 淮北矿业集团自主研发数字孪生平台 [EB/OL]. (2025-3-20)[2026-3-30]. https://www.sohu.com/a/873502307_121123883.

[5] 祁海宇. 基于 BIM 的装饰装修施工优化与成本控制 [J]. 居舍, 2026, (04): 74-77.

[6] 陕西能源投资股份有限公司. 喜报! 赵石畔运营在全国煤炭系统首届 BIM 技术应用竞赛中荣获金牌 [EB/OL]. (2025-10-31)[2026-3-30]. <https://sxeicl.com/grassroots-dynamics/930.html>.

[7] 刘美霞, 苏磊, 杨思忠, 等. 基于 BIM 的装配式混凝土建筑质量追溯智能预警研究 [J]. 建筑结构, 2026, 56(02): 121-130.

[8] 新华网甘肃频道. 中国移动甘肃公司携手青苔泉煤业以“数字大脑”点亮智慧矿山转型新范式 [EB/OL]. (2025-06-11)[2026-3-30]. <http://gs.news.cn/20250610/55965d48ea8840f-589309b5cd278403a/c.html>.

[9] 邓勇, 郑文棋, 但心怡, 等. BIM 与 GIS 技术在山地建筑施工中的协同作用探索 [J]. 新城建科技, 2025, 34(07): 28-32.

[10] 赖广文. 5G 技术与 BIM 融合在建筑智能化中的应用探索 [J]. 中国住宅设施, 2025, (11): 89-91.

[11] 刘云峰, 陈瑞, 张晓光. 多主体参与的建筑施工安全管理评价体系构建及应用 [J]. 技术与创新管理, 2022, 43(05): 570-575.