

人工智能视角下建筑施工现场风险智能识别与预警体系构建

杜 甫

上海建工五建集团, 上海 310000

[摘要]施工现场场地杂乱、作业场景多变, 依靠人工日常巡查不仅容易出现巡查疏漏, 发现问题也不够及时, 现场管理存在不少难题。文中结合视觉识别、智能学习、虚拟场景建模以及智能语言交互等前沿技术, 搭建起从现场状态采集、智能分析研判、快速统筹处置到落地实际应用的一体化智能安全风险排查预警模式。研究结果表明该管理体系能提前察觉各类现场安全隐患, 做到第一时间提醒管控, 全程做好施工全过程动态监管, 还能完整留存各类问题处置记录形成完整管理流程, 全方位补齐传统工地管理短板, 也为行业打造智能化工地管理模式提供实用思路与可行实践经验。

[关键词]人工智能; 建筑施工现场; 风险识别; 智能预警; 数字孪生

DOI: 10.33142/aem.v8i7.20317

中图分类号: TU714.3

文献标识码: A

Construction of an Intelligent Risk Identification and Early Warning System for Construction Sites from the Perspective of Artificial Intelligence

DU Fu

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 310000, China

Abstract: The construction site is chaotic and the work environment is varied. Relying on manual daily inspections not only makes it easy to have inspection omissions, but also fails to discover problems in a timely manner. There are many difficulties in on-site management. The article combines cutting-edge technologies such as visual recognition, intelligent learning, virtual scene modeling, and intelligent language interaction to build an integrated intelligent security risk investigation and early warning model from on-site state collection, intelligent analysis and judgment, rapid overall disposal to practical application. The research results show that this management system can detect various on-site safety hazards in advance, provide timely reminders and control, dynamically supervise the entire construction process, and fully retain records of various problem disposal to form a complete management process. It can comprehensively fill the gaps in traditional construction site management and provide practical ideas and feasible practical experience for the industry to create an intelligent construction site management model.

Keywords: artificial intelligence; construction site; risk identification; intelligent warning; digital twin

引言

近年来, 我国新型城镇化建设持续推进, 2025 年建筑行业总产值已经突破 35 万亿, 从事建筑行业的工作人员也超过了 4000 万人。现如今建筑工地的施工难度越来越高, 超高层建筑、深基坑施工这类复杂工程越来越多, 施工现场整体呈现出高难度、大体量、深作业、高密度、多杂项的特点, 这也让工地的安全隐患变得更多、更复杂, 安全管控难度大幅提升。根据 2025 年建筑施工事故数据统计, 工地高发的五大类安全事故, 占了所有施工事故的 92% 以上, 其中超 60% 的事故, 均是因安全隐患没及时发现、发现后整改不到位、问题没彻底闭环解决导致的。另外数据显示, 工地各类安全隐患中, 有 13% 的隐蔽隐患

是人工巡查完全发现, 也是事故高发的重要诱因。一直以来, 主要靠人工来回巡查、凭借经验判断安全问题, 这种传统模式的漏洞非常大, 未能实时掌握工地安全动态、提前预警风险。针对这个行业痛点, 住建部专门出台了《建筑业数字化转型行动计划》, 明确要求各大工地推广 AI 智能识别、物联网实时监测、数字孪生等智能技术, 让建筑行业的安全管理, 从传统的人工经验管理升级成数字化、智能化的科学管理模式。目前全国已经落地实施的建筑智能化改造项目已经超过 2 万个, 通过 AI 技术搭建工地风险智能识别、实时预警的管理体系, 能精准排查各类人工难以发现的隐患, 降低施工安全事故概率, 对于整个建筑行业的安全升级、高质量发展具备极高的现实价值。

1 传统施工现场风险管控痛点与 AI 管控优势

1.1 施工现场核心风险类型

结合 2025 年施工现场安全事故统计数据，工地现场安全隐患可划分为两大类。一类是显性安全风险，包括工人不佩戴安全帽作业、塔吊违规超载吊运物料这类常见问题都包含在内。另一类是隐性安全风险，比如基坑墙体出现偏移走动、高大模板支架发生形变等，这类隐患是引发重特大施工安全事故的主要诱因，也是以往传统安全管理模式中最容易疏漏的薄弱环节。

1.2 传统风险管控模式核心痛点

传统建筑施工现场安全管控依赖人工经验，普遍存在事后补救、管理粗糙、查完没凭据的问题。现场人员巡查受时间精力和个人经验限制，不少安全问题查不出来，漏查比例高，未能提前预判风险。同时，发现问题还要一层层逐级上报，整个流程耗时久，处置等待时间常常超过半小时，耽误最佳处理时机，小隐患拖成大危险。现场监控画面、智能设备数据、场地环境信息等各类资料各自单独存放，没法整合起来统一研判，判断安全风险全靠管理人员主观经验，结果不够客观靠谱，而且未构建完善的隐患整改流程。

1.3 AI 智能管控模式核心优势

依托人工智能构建的智能风险管控方式，优势特别突出，能全天运转、全面排查、精准识别、快速处置、提前预判还能全程留痕，直接改变了以往老旧的安全管理思路。第一，能够全天不间断全方位巡查排查，补上人工巡逻顾不到、查不全的漏洞；第二，依靠智能算法快速识别各类安全隐患，立刻发出风险提醒，处理速度快；第三，整合各类信息数据综合研判，提前摸清潜在风险发展走向，可以实现提前防范；第四，建立统一清晰的风险分级提醒和

完整处理流程，每一处隐患从发现到解决都有据可查，切实把安全管理职责落到实处。

2 人工智能风险智能识别与预警体系总体架构

2.1 感知层：全域多源数据智能采集

感知层是整套体系的数据根基，通过“天-地-人-机”一体化智能感知网络，实现机械设备的状态、现场环境情况、建筑结构状况等所有关键信息全部实时采集，如表 1 所示。

2.2 算法层：AI 智能识别与风险预测

算法层是整套智能安全体系最核心的动力支撑，依靠多种智能 AI 算法，完成现场安全隐患精准查找、现场风险实时预判以及自动化智能处置决策。对于显性安全风险，系统运用 YOLOv8 结合 Transformer 融合识别模型，搭配注意力优化算法并落地边缘终端快速运算，可全覆盖 72 类施工现场常见安全问题，隐患识别精准度稳定在 95% 以上，单张画面检测分析用时控制在 100 毫秒以内，大幅减少复杂施工环境下漏查、错查问题。针对不易察觉的潜在风险，依托 LSTM 时序分析算法，精准贴合基坑下沉、建筑结构偏移这类缓慢变化的数据规律，提前精准预判未来七天工程结构变化走向与风险发生概率，打破传统出事再处理的被动管理模式，转变为提前预警、提前防控的主动安全管理模式。智能决策环节接入成熟大语言模型，录入 90 余项行业安全规章制度与大量真实事故参考案例，系统能够自动对照安全条例划分风险轻重等级，快速出具实用整改办法并明确相关管理责任，一改以往人工排查评估主观性强、耗时长、效率偏低的行业难题。

三类智能算法相互配合、协同运转，打通从现场隐患实时感知、风险提前预估再到智能下达处置方案的完整智能安全管理流程，形成一体化全流程智能管控闭环。

表 1 感知层各类设备参数与应用场景

感知类型	核心设备/技术	采集核心数据	关键技术参数	主要应用场景
高空感知	无人机+高清红外摄像头	外架破损、临边防护缺失、裸土覆盖、高空杂物	单次巡检覆盖 10 万 m ² ，识别准确率≥85%	大面积高空隐患、全域环境巡检
地面视频感知	4K 智能摄像头+边缘计算模块	人员违规、设备状态、明火烟雾、现场秩序	响应时间≤15s，识别准确率≥95%	现场动态隐患、高频违规行为监测
结构传感知	位移、应力、倾角、沉降传感器	基坑位移、高支模沉降、脚手架形变、结构应力	监测精度±0.1mm，采样频率 1 次/秒	隐性结构风险、动态形变监测
人员感知	智能安全帽（北斗+GPS 双模）	人员位置、行走轨迹、生命体征、区域入侵	定位精度≤1m，续航≥72h	人员安全管控、危险区域预警、应急救援
设备感知	特种设备智能黑匣子	塔吊荷载、转速、温度、施工电梯运行参数	数据延迟≤1s，阈值可自定义配置	起重设备异常、超载、违规运行监测

2.3 决策层：分级预警与闭环联动决策

决策层作为整套管控体系的核心统筹中枢,主要对接算法层传回的隐患识别信息和风险预判数据,搭建统一规范的风险等级划分标准,搭建多途径消息预警推送渠道,同时搭建全程可追溯的闭环处置流程,让现场风险管控工作变得更规范、更细致,管理落实也更到位。结合 2025 年行业安全管控规范,将施工现场风险划分为绿色安全、黄色预警、橙色高风险、红色危险四个等级,分级标准如表 2 所示。

搭建多途径精准预警信息推送模式,打通现场声光提示、智能安全帽语音提示、手机 APP、后台管理电脑端、短信通知、数字孪生大屏提醒六大信息传递途径,确保安全预警消息第一时间全面送达相关人员。同时按照风险严重程度实行分级推送管理,一般安全隐患直接下发给现场一线管理人员,重大高危风险同步上报企业上级管理部门与属地行业监管单位。针对塔吊超载、电路用电超负荷等能够自动管控的安全隐患,平台可自主启动断电、限制荷载等应急管控动作,完成设备智能联动管控。整套管理体系建立起预警下发、现场核查、隐患整治、线上核验、存档溯源全流程五步闭环管理模式,所有隐患排查处置数据全程留存记录、无法随意更改。隐患整改完毕后,现场工作人员上传整改实景照片与相关资料,依托智能 AI 系统完成线上自动审核验收,审核合格即可完成隐患闭环销号,审核未通过则自动提升预警等级,倒逼相关人员落实整改工作,从根本上杜绝安全隐患整改敷衍了事、落实不到位的常见问题。

2.4 应用层：一体化可视化管控平台

应用层面向建设单位、施工单位、监理单位、行业监管四方主体,整合现场监控、风险预警、人员管控、设备管理、数字孪生、数据研判六大实用功能。依靠实景 1:1 数字建模和安全风险热力分布图,还能自动整理输出安

全工作报表,方便各方高效统筹、科学做决策。

3 体系核心技术融合创新应用

3.1 边缘计算+机器视觉

结合 BIM 和数字孪生技术搭建施工现场一比一虚拟实景模型,实时同步基坑沉降数值、各类施工设备运转状态等现场真实数据,用红、黄、绿三种颜色直观区分安全风险等级。还能模拟暴雨大风等极端天气场景,提前推演高危施工工序作业流程,提早排查预判各类安全隐患,及时调整优化施工方案,从施工前期就筑牢安全防线,切实减少施工现场安全事故发生几率。

3.2 BIM+数字孪生

融合 BIM 建模与数字孪生技术,搭建施工现场 1:1 虚拟仿真模型,实现物理施工现场与虚拟模型实时同步映射。系统将基坑沉降、脚手架形变、设备运行等实时数据接入虚拟模型,通过红黄绿三色标识风险等级,直观展示现场风险分布情况。同时支持大风、暴雨等极端天气模拟、高风险工序施工推演,提前预判施工风险,优化施工方案,从源头降低安全事故发生概率。

3.3 区块链技术

针对施工现场监测数据易篡改、责任难认定的痛点,体系融入区块链存证技术,所有感知数据、预警记录、整改记录实时上链存储,多主体共同共识,数据全程不可篡改、可全程追溯。事故发生后可通过链上完整数据还原风险演化全过程,精准划分管理责任,解决传统模式责任模糊、追责无据的问题。

3.4 LLM 大模型辅助智能化决策

借助大语言模型搭建工地专属智能安全知识资料库,可自动排查分析现场安全隐患且能够及时提出相应的整改办法,还能提供安全问题智能答疑、快速编写各类专项施工方案,同时开展线上智能安全培训,有效降低安全管理从业难度,让项目安全管理决策更靠谱、办事效率更高。

表 2 不同风险等级判定标准、响应主体与处置要求

风险等级	颜色标识	核心判定标准	响应责任主体	标准化处置要求
I级(安全)	绿色	各项监测数据合规,无安全隐患,风险可控	无专项响应	常态化监测、定期常规巡查
II级(预警)	黄色	轻微违规、一般隐患,无即时安全风险	现场安全员、施工员	15 分钟内核实,2 小时内完成整改闭环
III级(高风险)	橙色	严重违规、重大隐患,可能引发一般安全事故	项目经理、监理工程师	5 分钟内核实,立即停工整改,24 小时闭环归档
IV级(危险)	红色	重大安全隐患,极易引发较大及以上事故	企业安全负责人、住建监管部门	立即停工、疏散人员、启动应急预案、上报监管部门

4 工程实证与应用效果分析

4.1 项目概况

本次实证选取 2025 年省级智慧工地试点项目——南京软件园基础设施提升项目，项目总建筑面积 15 万 m²，包含商业配套、办公建筑、地下管廊工程，施工周期 24 个月。项目存在 12m 深基坑、高支模、高空交叉作业、大型起重作业等多重高风险场景。项目全域配置 4K 智能摄像头 35 台、巡检无人机 2 架、各类结构传感器 80 个、智能安全帽 200 顶、特种设备智能监测设备 8 台，部署边缘计算模块与数字孪生可视化平台。

4.2 应用效果对比分析

通过对比体系应用前（2025 年 1~3 月）、应用后（2025 年 4~6 月）项目核心管控数据，具体指标对比如表 3 所示。

表 3 应用效果对比

核心管控指标	应用前	应用后	优化提升幅度
隐患识别准确率	65%	96%	提升 31%
风险预警响应时间	35 分钟	12 秒	缩短 99.4%
人工巡检漏检率	32%	2.8%	下降 91.25%
月度重大隐患数量	12 起	2 起	下降 83.3%
季度安全事故数量	3 起	0 起	下降 100%
月度人工巡检成本	8 万元	3.2 万元	下降 60%

实证结果表明，本文构建的 AI 智能风险识别与预警体系可全方位优化施工现场安全管控水平，不仅有助于提高风险识别的精确度，且风险提示的反应速度极快，以便及时干预处理，降低重大隐患与安全事故，确保施工安全稳定，提升项目精细化、智能化管理水平。

5 结论与展望

本次搭建的 AI 智能安全预警系统，整合视频视觉识别、虚拟场景复刻、智能大模型等前沿技术，能自动排查现场安全隐患、实时预判各类作业风险，还能全程跟进问题整改形成完整管理流程，提高隐患识别精准度，发出安全预警只需短短数秒，施工现场重大安全隐患数量下降，落地使用以来未发生任何安全事故。后续还可搭配物联网、5G 通信技术，实现工地从开工到竣工全流程安全管控，方便在建筑行业大范围推广应用，切实助力建筑行业安全生产、平稳高效发展。

[参考文献]

- [1]胡波.基于数字化协同的城镇建筑施工智能管理探究[J].新型城镇化,2026(05):26-27.
- [2]严小丽,刘嘉乐.人工智能技术赋能建筑施工企业新质生产力发展路径研究[J].建筑科学,2026,42(04):288-297.
- [3]中交武汉智行国际工程咨询有限公司.基于人工智能的建筑工地安全隐患记录获取系统及方法:202511682701.2[P].2026-03-27[Z].
- [4]李鹏.AI 技术在建筑施工安全管理中的应用[J].居业,2026(03):185-187.
- [5]上海凌泽信息科技有限公司.一种基于深度学习的智能建筑风险预警方法及系统装置:202310424359.0[P].2023-07-25[Z].

作者简介：杜甫（1988—），男，河南荥阳人，工程师，长沙理工大学土木工程专业毕业，现就职于上海建工五建集团有限公司，从事现场施工管理工作。