

建筑安全生产技术现状及优化思路

彭志刚

浙江省建设装饰集团有限公司 浙江 杭州 310030

摘要: 本文围绕建筑安全生产技术的应用现状、存在问题及优化路径展开系统论述。当前,智能化监测预警、建筑机器人、智慧工地平台三大技术方向已形成初步应用体系, AI 视频识别、智能安全帽、喷涂机器人等技术显著提升了现场安全管控效率。但技术推广仍面临三大瓶颈:建设与运维成本高导致中小企业难以持续投入,行业数据质量差、标准不统一制约算法训练效果,核心算法在复杂工地环境中适应性不足。针对上述问题,本文提出构建多源数据采集与集成体系、建立智能分析与主动预警机制、完善管理制度与人员能力建设三大优化思路,并针对高处作业、临时用电、起重机械等高风险环节给出专项技术优化方向,推动安全管理由经验驱动向数据驱动转型。

关键词: 建筑安全; 安全生产技术; 现状; 优化思路

引言: 建筑施工行业属于高风险行业,高处坠落、坍塌、物体打击、机械伤害等事故长期位居工矿商贸领域前列。随着人工智能、物联网、机器人等技术的快速发展,智能化安全生产技术在施工现场的应用日益广泛,从 AI 视频识别到智能装备替代人工高危作业,技术手段正深刻改变传统安全管理模式。然而,技术推广过程中暴露出建设成本高、数据标准缺失、算法适应性不足等突出问题,大量中小项目仍依赖传统“人防”手段,智能化技术的规模化应用任重道远。本文系统梳理当前建筑安全生产技术的应用现状,深入分析存在的核心问题,并从数据体系、预警机制、管理制度及关键技术环节四个维度提出优化思路,为行业安全生产技术升级提供参考。

1 建筑安全生产技术应用现状

1.1 智能化监测与预警技术

智能化监测技术已在建筑施工领域形成系统化安全管控体系。安防视频监控运用计算机视觉 AI 算法,自动识别未佩戴安全帽、危险区域入侵等违规行为,实现秒级报警与闭环处置。火灾 AI 识别系统依托图像识别技术,对明火、烟雾实施 24 小时不间断智能监测,突破传统人工巡检的时空限制。塔机与升降机监测系统结合 AI 数据采集技术,实时捕捉幅度、载重、风速等关键参数,通过算法进行风险研判,实现防碰撞、超载等危险提前预警。智能安全帽集成视频、对讲定位、安全预警功能,支持人员轨迹追踪与违规行为识别。VR 安全教育体验站通过沉浸式模拟高处坠落、坍塌等危险场景,显著提升安全教育实效。

1.2 智能装备与机器人技术

智能装备与建筑机器人正改变高危场景传统作业模式。智能激光整平机、收面机器人通过 AI 预设程序与智能运动算法,实现混凝土浇筑高精度自动化施工,减少高危环境人工投入。室内打磨、打孔、抹灰、喷涂机器人通过 AI 精准控制,将工人从高空、粉尘、化学喷雾等危险环境中解放,从根本上降低高处坠落及职业病风险。钢筋绑扎机器人每小时可完成 500 个节点,喷涂机器人效率较人工作业提升 2 至 6 倍,地面整平机器人集成传统四道工艺实现一体化作业。应用数据表明,大型智能装备可节约人工 60% 以上,系统性降低群死群伤事故风险,实现安全效益与经济效益双提升^[1]。

1.3 智慧工地管理平台

智慧工地管理平台作为安全管理中枢,实现多源数据统一接入与智能分析。系统集成人员考勤、环境监测、特种设备运行、消防安全等十大管控模块,管理人员可远程掌握现场各项信息。平台打通“人、机、料、法、环”全要素数据壁垒,实现基础数据实时共享与多系统集成,推动监管从“跑现场”转为“看屏幕”。AR 施工平台通过扫码呈现管线布局、施工流程等三维场景,有效规避管线冲突、提升施工精度。

2 当前安全生产技术存在的问题

2.1 技术应用成本与持续性困境

相比于传统的信息化建设投入, AI 系统在硬件和软件上的建设门槛都大大提高。在系统建设前期,数十万至百万元级的投入是第一个门槛,这对于利润空间相对有限的中小型建筑企业来说是不少支出。智能系统建成

后,硬件、软件也需要持续运维,但目前很多企业会低估长期运维成本,到了后期就会存在系统效能衰减、建而无用等问题。安全投入的效果属于“隐性收益”,事故减少的效益难以在短期财报中体现,这非常考验决策层的战略定力。大量施工工地,尤其是中小规模的施工现场,仍依赖于“人防”,AI真正实现大规模应用还任重道远^[2]。

2.2 数据质量与标准化问题

量大质优的数据是智能算法训练的基础,与AI系统性能直接相关。如果没有充足、优质、多样的数据,AI在进行施工现场图像识别、特种设备风险监测时,准确性会大大下降。但目前建筑施工行业信息化程度普遍不高,行业内缺乏高质量、标准化的训练数据。现有数据往往比较分散,不容易访问,而且标准不统一,数据孤岛的存在对AI模型的训练和应用效果造成了负面影响。在多数施工项目中,安全管理体系呈现明显碎片化特征,现场安全数据多以独立系统存储或人工记录方式管理,缺乏统一的数据接口与共享机制,造成监测数据无法有效整合,难以支持多维度分析与风险预测。同时,建筑行业也需要考虑数据安全问题,尤其对一些重大关键项目,必须确保数据应用合规、无泄漏风险。

2.3 核心算法的场景适应性不足

行业内还存在核心算法的场景适应性难题。在复杂多变的工地环境,传统烟火识别算法易受干扰,误报率高,可能引发“警报疲劳”,制约了其在关键场景的深度应用。施工现场环境复杂多变,粉尘、振动、温湿度变化等环境因素对传感器和监测设备的性能产生影响,选型若未充分考虑这些因素,则难以满足工业级使用要求。此外,从人的不安全行为识别到设备状态的精准预测,不同场景对算法的要求差异较大,单一算法难以适应多样化的安全需求。算法模型在训练阶段与真实应用场景之间的偏差,导致实际效果达不到预期,影响了技术推广的可行性。

3 安全生产技术优化思路

3.1 构建多源数据采集与集成体系

安全智能化体系建设的基础在于形成全面、准确且时效性强的数据采集网络,以实现施工现场风险源的实时感知与数据化管理。(1)应在关键节点布设多类型传感器,包括环境监测传感器、结构应力传感器、视频行为识别设备及设备状态监测单元,以覆盖高空作业、深基坑、临电系统等高风险区域。其次,通过定位技术实现作业人员的动态跟踪,使管理者能够掌握人员分布

与行为轨迹。(2)在数据集成方面,应建立统一的数据标准与安全数据中台,通过应用程序编程接口将AI安全系统与现有项目管理、建筑信息管理等平台无缝集成,确保预警信息能自动触发业务流程。要打破数据孤岛,推动建立统一数据标准与安全数据中台,实现数据的互联互通和共享利用。同时,应推动建立统一数据标准,对混凝土试块、钢筋等建筑材料实施影像追溯管理,强化对关键材料、施工过程、检测机构的可追溯管理^[3]。

3.2 建立智能分析与主动预警机制

智能分析平台是实现安全管理数字化、智能化的核心载体,通过大数据分析、人工智能算法与模型预测技术对施工现场风险进行实时识别与趋势判断。(1)平台应整合来自传感器、视频监控、设备监控系统及管理信息系统的多源数据,利用数据清洗、特征提取与关联分析等技术构建风险数据模型,实现结构变形预测、设备故障预警与人员危险行为识别。(2)对于施工现场常见的“五大伤害”——物体打击、高处坠落、坍塌事故以及车辆伤害等,应构建针对性的预警模型。通过机器学习模型,对历史事故数据进行训练,形成风险等级分类体系,将现场监测指标与风险等级关联,实现智能化预警。在流程设计上,应构建以AI为核心的新流程,形成“AI感知—自动预警—智能派单—整改复核—数据优化”的智能闭环,并将AI检查设置为高危作业审批、安全交底等关键节点的必要环节。(3)对于火灾风险,应进一步完善火灾AI识别系统,依托图像识别技术对明火、烟雾进行不间断智能监测,从源头防范火灾事故发生。对于塔吊、升降机等特种设备,应通过AI数据采集与分析技术实时捕捉运行数据,实现防碰撞、超载等危险情况的提前预警。

3.3 完善管理制度与人员能力建设

智能化安全体系的建设不仅依赖技术平台,更需要完善的制度体系与协同管理机制作为支撑。(1)应建立适应智能监测特点的安全管理制度,将实时监测数据纳入风险评估、隐患排查与绩效考核流程,使安全管理由经验型向数据驱动型转变。(2)应构建跨部门协同机制,实现施工单位、监理单位与建设单位之间的安全信息共享,通过统一的平台接口与数据标准提高信息传递效率。(3)在组织管理层面,应在企业层面设立智能化安全管理专门机构,负责系统规划、数据管理与制度实施,形成清晰的权责链条。应将智能监测数据纳入安全生产责任制与绩效考核体系,使项目管理人员在制度层面承担数据维护与风险响应的主体责任。对于智能系统产生的异常预警,应建立快速响应机制,通过标准化流

程明确处置时限、责任人及跟踪闭环。(4) 人员能力建设同样是关键环节。目前行业内既精通 AI 算法又深谙建筑安全业务的人才稀少, 一线人员的数字技能不足也制约着系统的有效使用。应构建多层级的培训体系, 对管理人员、技术人员与作业人员进行差异化培训, 使其掌握智能系统的使用方法、风险识别逻辑及应急响应流程, 确保系统数据能被有效解读与应用。企业可适当组织一线工程师开展专项技术培训, 帮助其掌握 AI 工具的基础应用方法与简易构建能力, 进而助力其研发以项目创效为核心导向的实用型 AI 工具。

4 关键技术环节的优化方向

4.1 高处作业与脚手架安全技术优化

高处作业是建筑施工中风险最高的环节之一。(1) 在经历暴风雪、台风或暴风雨后, 必须对高处作业的安全设施进行逐项检查, 一旦发现设施有脱落、松动、变形或损坏的情况, 应立即着手进行修复。脚手架作为高处作业的关键支撑系统, 其安全性尤为重要。对于扣件式钢管脚手架的使用过程中, 需要定期进行多项检查, 以确保其安全性能。(2) 在技术优化方面, 应结合智能传感器对脚手架关键节点进行实时监测, 包括杆件变形、连接松动、荷载超限等状态的自动感知。通过布设结构应力传感器和倾角传感器, 实现脚手架工作状态的实时监控, 当监测数据超出安全阈值时自动发出预警。同时, 对于脚手架搭设质量, 应采用影像追溯管理, 确保每一道工序可查可追^[4]。

4.2 临时用电与消防技术优化

施工现场临时用电是引发火灾和安全事故的重要隐患。(1) 应建立电气安全智能监测系统, 对各级配电箱的电流、电压、漏电、温度等参数进行实时采集和分析, 当出现异常时自动切断电源并发出警报。对于私拉乱接、超负荷用电、线路老化等常见问题, 可通过智能电表和传感器实现精准识别。(2) 在消防安全方面, 应建立火灾 AI 识别系统, 依托图像识别技术对施工现场及相关区域的明火、烟雾进行 24 小时不间断智能监测。同时, 应在关键区域部署温度传感器和烟雾探测器, 与喷淋系统联动, 实现火灾初期的自动灭火。VR 安全教育体验站可用于模拟火灾场景, 提升工人的火灾应急意识和逃生技能。

4.3 起重机械与特种设备技术优化

塔式起重机、施工升降机等起重机械是施工现场的特种设备, 其安全运行直接关系到作业人员的生命安全。(1) 应建立起起重机械智能监测系统, 通过在塔机关键部位安装传感器和编码器, 实时采集起重量、力矩、幅度、高度、回转角度、风速等数据。通过 AI 算法进行风险研判, 实现防碰撞、超载等危险情况的提前预警。(2) 对于安拆作业这一高风险环节, 应创新研发安拆作业流程管理系统, 通过作业流程数字化、风险多级预警保障塔机安拆安全。塔机与升降机监测系统结合 AI 数据采集与分析技术, 实现设备运行状态的动态管控, 机械故障预警准确率可达 92%。对于施工升降机, 应通过智能监测系统实现对载重、运行速度、门锁状态等关键参数的实时监控, 确保运行安全^[5]。

结束语

建筑安全生产技术正从传统“人防”模式向智能化、数据驱动型管控体系加速转型。智能化监测预警、机器人作业、智慧工地平台等技术已在施工现场展现出显著的安全效益与经济价值, 但技术落地仍面临成本门槛高、数据质量不足、算法场景适配性差等现实瓶颈。未来安全生产技术优化应聚焦多源数据集成、智能分析与主动预警机制构建、管理制度与人员能力协同提升三大方向, 同时针对高处作业、临时用电、起重机械等高风险环节实施专项技术升级。技术应用的核心不在于系统本身, 而在于制度保障与人员能力的同步跟进, 唯有将智能技术嵌入安全管理全流程, 才能真正实现从被动响应向主动防控的根本性转变。

参考文献

- [1] 郑连军. 建筑施工安全管理体系优化与风险防控研究 [J]. 建筑与装饰, 2025, (19): 76-78.
- [2] 袁萍, 张渝辉. 装配式建筑施工安全管理现状与优化措施 [J]. 陶瓷, 2023, (12): 231-233.
- [3] 余文武. 市政工程建筑安全生产现状及管理 [J]. 门窗, 2023 (22): 54.
- [4] 夏建辉. 浅谈市政工程建筑安全生产现状及管理方法 [J]. 居业, 2023 (11): 2.
- [5] 屠孝军. 市政工程建筑安全生产现状及管理方法研究 [J]. 建材世界, 2024, 30 (4): 4.