

建筑工程施工中的安全风险防范

汤俏敏

湖北文旅(荆州)旅游有限公司 湖北荆州 434000

摘要: 建筑工程施工具有作业环境复杂、工序交叉密集、人员流动频繁等特点,安全风险贯穿项目全周期,已成为制约行业高质量发展的关键瓶颈。本文基于2025年全国房屋市政工程436起安全事故数据,系统识别高处坠落、坍塌、物体打击等六大核心风险类型,从人、机、料、法、环五个维度剖析风险成因。结合AI智能监测、BIM数字化管理等新技术应用实践,提出“技术防控-管理防控-应急防控”三维防范体系,通过智能装备赋能、管理制度优化、应急机制完善等具体措施,实现风险的事前预警、事中管控与事后改进。研究表明,智能化技术与传统管理模式的深度融合可降低60%以上高危作业风险,为建筑施工安全管理提供理论支撑与实践参考。

关键词: 建筑工程施工;安全风险;风险识别;智能防控;BIM技术;应急管理

一、引言

(一) 研究背景

建筑行业作为国民经济支柱产业,在城镇化进程中发挥着核心作用,但安全生产形势始终严峻。据住房和城乡建设部统计,2025年全国房屋市政工程共发生安全生产事故436起,死亡483人,其中较大及以上事故10起,死亡32人,广东、四川、新疆三省事故起数占全国总量的23.2%。事故类型呈现高度集中特征,高处坠落占比43.3%,坍塌、物体打击、起重伤害分别占比19.9%、15.0%、11.1%,四类事故合计占比78.2%。这些数据反映出建筑施工安全风险防控仍存在短板,亟需构建科学完善的风险防范体系。随着智能建造技术的快速发展,AI、BIM、物联网等技术在施工安全领域的应用逐步深化。中铁建工智慧工地管理系统实现违规作业秒级识别、火灾风险24小时监测,广氮EPC装配式项目通过BIM技术解决悬挑架施工安全难题,为风险防控提供了新路径。在此背景下,研究施工安全风险的识别、成因与防范措施,对推动行业安全管理转型升级具有重要现实意义。

(二) 研究目的与意义

研究目的: 明确建筑施工核心安全风险点,揭示风险形成的多维度成因,构建适配行业发展的现代化风险防范体系,为施工企业、监管部门提供实操性解决方案。

研究意义: 理论层面,丰富建筑安全管理的学术研究体系,拓展智能技术与安全管理的融合路径;实践层面,降低安全事故发生率,保障从业人员生命财产安全,

提升工程建设质量与效率,促进建筑行业可持续发展。

(三) 研究方法 with 框架

研究方法: 采用文献研究法,梳理国内外安全风险防范相关研究成果;案例分析法,选取中铁建工智慧工地、广氮EPC项目等典型案例进行深度剖析;数据统计法,基于2025年全国事故统计数据进行分析。

研究框架: 本文分为五个部分,第一部分为引言;第二部分阐述建筑施工安全风险类型与特征;第三部分分析风险成因;第四部分构建三维防范体系;第五部分为案例验证与保障措施;最后是结束语与展望。

二、建筑工程施工安全风险类型与特征

(一) 核心风险类型识别

结合事故统计数据与施工现场实际,建筑施工安全风险主要分为六大类:

高处坠落风险: 作为发生率最高的风险类型,主要源于临边洞口防护缺失、脚手架搭设不规范、吊篮安全装置失效、作业人员未按规定系挂安全带等。2025年广东省公示的19起事故中,高坠事故占11起,占比57.9%,涉及韶关市华明高级中学项目、深圳市光明中心区初级中学项目等多个工程。

坍塌风险: 包括基坑坍塌、脚手架坍塌、模板支撑体系坍塌、起重机械倾覆等,具有突发性强、后果严重的特点。2025年四川省广元市青川县污水处理设施项目发生基坑坍塌事故,新疆喀什经济开发区仓储物流园项目因土方开挖引发坍塌,均造成人员死亡。此类事故多因支护设计不合理、坑边堆载超标、违规吊装等因素导致。

物体打击风险：由物料堆放不稳、交叉作业防护不足、起重吊装违规操作等引发。深圳市南山区云山海公馆项目、惠州市仲恺区郎华生态链项目等均发生物体打击致死事故，占广东省事故总量的26.3%，反映出施工现场物料管理与交叉作业协调的薄弱环节。

机械伤害与起重伤害风险：涉及机械设备防护装置缺失、无证上岗、维护保养不到位等问题。2025年阳江市阳春市广东信德集团改建项目发生施工机具伤害事故，雅安市钠资源产业园项目出现起重吊装机械事故，凸显设备安全管理的重要性。

触电风险：因临时用电不规范、电气设备老化、恶劣天气作业等导致。深圳市宝安区宝安中心医院改造项目发生触电致死事故，暴露了施工现场临时用电管控的漏洞。

其他风险：包括火灾、中毒窒息、粉尘噪音污染等，多与易燃材料管理不当、有限空间作业防护缺失、职业健康管理不到位相关。广州市空港经济区横沥村项目发生中毒窒息事故，深圳市大鹏新区滨江健康产业园项目因有限空间作业导致3人死亡，均属于此类风险范畴。

（二）风险特征分析

复杂性：施工过程涉及多专业、多工序交叉作业，人员、设备、材料动态流动，风险因素相互关联、相互影响。例如，深基坑施工同时面临坍塌、触电、机械伤害等多重风险。

突发性：多数安全事故发生突然，如脚手架坍塌、起重机械倾覆等，留给现场人员的反应时间极短，增加了事故防控难度。

严重性：事故往往造成人员伤亡和重大经济损失，且社会影响恶劣。2025年全国建筑施工事故死亡人数达483人，较大及以上事故平均每起死亡3.2人，远超一般行业事故伤亡水平。

季节性与区域性：事故呈现“两头高、中间低”的季度分布特征，一季度复工高峰和四季度赶工期阶段事故占比达67%；地域上，东部沿海地区事故总量占比41%，中西部部分地区事故率出现反弹，反映出区域管理水平差异。

三、建筑工程施工安全风险成因分析

（一）人的因素

安全意识淡薄：部分作业人员存在侥幸心理，违规操作现象普遍，如未佩戴安全帽、酒后上岗、冒险作业等。AI监测数据显示，施工现场未佩戴安全帽、危险区

域入侵等违规行为占比达37%，是引发事故的主要人为因素。

专业技能不足：建筑行业从业人员流动性大，部分劳务人员未接受系统培训，缺乏必要的安全知识和操作技能，尤其对智能装备的操作能力不足。中小型民营企业和劳务分包企业事故占比达68.7%，与从业人员技能水平偏低直接相关^[2]。

管理团队能力欠缺：部分项目管理人员安全责任意识不强，存在违章指挥、监管不到位等问题。行业内既精通AI算法又深谙建筑安全业务的复合型人才短缺，制约了安全管理水平的提升。

（二）设备与材料因素

设备老化与防护缺失：部分施工企业为降低成本，使用老旧、报废设备，或未按规定配备安全防护装置。起重机制动失灵、钢丝绳断裂、配电箱损坏等设备故障引发的事故占比达23%。

材料质量不达标：建筑材料、构配件质量不合格，如脚手架钢管壁厚不足、安全网强度不够、电缆绝缘层破损等，为施工安全埋下隐患^[6]。

智能装备应用不足：中小规模施工现场仍依赖“人防”，智能监测设备、自动化作业装备普及率低，难以实现风险的实时预警与精准管控。

（三）管理因素

管理制度不完善：部分企业未建立健全安全管理制度，或制度执行流于形式，缺乏针对性和可操作性。安全交底、隐患排查、专项方案审批等关键环节存在漏洞^[6]。

安全投入不足：中小型建筑企业利润空间有限，对安全设施、智能装备、人员培训的投入不足。AI系统建设前期需数十万至百万元级投入，长期运维成本较高，导致很多企业望而却步。

责任落实不到位：安全生产责任制未层层压实，存在“上热下冷”现象，一线作业人员的安全责任意识薄弱。劳务分包企业事故占比43.2%，反映出分包管理中责任传递的断裂问题^[5]。

数据管理混乱：行业信息化程度不高，数据分散、标准不统一，形成“数据孤岛”，影响AI模型训练和风险研判的准确性。同时，数据安全与合规性管理存在短板。

（四）技术与工艺因素

施工方案不合理：部分项目施工组织设计、专项施工方案缺乏针对性，未充分考虑现场实际情况和潜在风

险，如深基坑开挖未进行放坡或支护设计、模板支撑体系参数设置不当等。

技术交底不充分：传统技术交底多采用口头或书面形式，效果不佳，作业人员对施工难点、风险点理解不透彻。

核心算法场景适应性不足：复杂多变的工地环境导致部分AI算法误报率高，如烟火识别算法易受干扰，引发“警报疲劳”，制约了技术防控效果。

（五）环境因素

自然环境影响：高温、暴雨、大风、雷电等恶劣天气易引发安全事故，如雷雨天气作业导致触电、大风天气引发起重机械倾覆等。

作业环境复杂：施工现场场地狭小、物料堆放密集、交叉作业频繁，增加了事故发生的概率。广氮EPC项目因场地小，材料运输及堆放受限，曾面临严重的安全管控压力。

周边环境干扰：临近道路、居民区、高压线的施工现场，易受外部人员、车辆干扰，增加了安全风险管控难度。

四、建筑工程施工安全风险三维防范体系构建

（一）技术防控：智能赋能风险预警

构建AI智能监测系统：集成安防视频监控、火灾AI识别、特种设备监测等模块，实现违规行为自动识别、火灾风险实时监测、设备运行数据动态追踪。中铁建工智慧工地管理系统通过计算机视觉AI算法，对未佩戴安全帽、危险区域入侵等行为实现秒级报警，火灾监测打破人工巡检时空限制，特种设备关键数据AI研判提前预警防撞、超载风险，显著提升管控及时性。

深化BIM技术全流程应用：施工前，利用BIM技术进行三维场地布置、图纸会审、进度模拟、风险点可视化交底，减少设计缺陷和施工冲突；施工中，通过BIM模型模拟构件受力、优化施工方案，如广氮EPC项目利用BIM技术解决装配式叠合板上悬挑架安装难题，研发卸荷钢丝绳角度调整器，避免预制飘板受压破坏，节约成本444万元；竣工后，建立BIM安全档案，为运维阶段风险管控提供支撑^[7]。

推广智能装备替代高危作业：在高大空间站房、高空装修等高危场景，应用智能激光整平机、收面机器人、室内打磨机器人等装备，通过AI预设程序实现自动化施工，减少高危环境人工投入。此类装备可节约人工60%以上，系统性降低坍塌、高处坠落等群死群伤事故风险。

建立数字孪生指挥平台：整合无人机航拍、测量机器人、VR安全体验等技术，构建施工现场数字孪生模型，实现风险动态评估与可视化管控。广氮EPC项目研发数字指挥舱，通过数模联动实现“模实一致”，入选中国数字峰会智能建造观摩项目。

（二）管理防控：制度保障风险管控

完善安全管理制度体系：制定涵盖风险识别、隐患排查、专项方案审批、安全交底、应急处置等全流程的管理制度，明确各岗位安全职责。推行“AI检查+人工复核”模式，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，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。

强化人员培训与考核：建立分层分类培训体系，对管理人员开展安全管理能力和智能技术应用培训，对作业人员开展安全知识、操作技能和应急处置培训。推广VR安全体验、全息投影等沉浸式培训方式，提升培训效果。实行从业人员安全技能考核认证制度，考核不合格者不得上岗^[1]。

加大安全投入力度：企业应将安全投入纳入年度预算，保障智能监测设备、安全防护设施、人员培训等方面的资金需求。政府可通过财政补贴、税收优惠等政策，支持中小型企业智能化改造，降低安全投入门槛。

规范分包管理与责任追究：严格分包单位资质审核，加强对分包单位的安全监管，落实总包单位安全生产主体责任。建立安全事故责任倒查机制，对责任不落实、违规操作引发事故的单位和个人，依法依规严肃追究责任。

（三）应急防控：机制完善风险处置

制定专项应急预案：针对高处坠落、坍塌、火灾等不同类型事故，制定科学合理的应急预案，明确应急组织机构、响应程序、处置措施和救援保障。定期组织应急预案演练，提升从业人员应急处置能力。

构建快速救援体系：与周边医院建立创伤救治联盟，开通直升机救援通道，缩短重大事故伤员转运时间。配备充足的应急救援物资和设备，如担架、急救药品、破拆工具等，确保事故发生后能快速响应^[4]。

建立事故调查与改进机制：严格执行“四不放过”原则（原因未查清不放过、责任人未处理不放过、整改措施未落实不放过、有关人员未受教育不放过），采用三维激光扫描等技术还原事故现场，精准认定事故原因。建立事故案例库，开展警示教育，推动同类风险隐

患整改^[3]。

结束语

建筑工程施工安全风险防范是一项系统工程,涉及技术、管理、人员等多个维度,面临着复杂多变的挑战。本文基于2025年全国事故统计数据,识别了六大核心风险类型,从人、机、料、法、环五个维度剖析了风险成因,构建了“技术防控-管理防控-应急防控”三维防范体系。实践表明,AI、BIM等智能技术与传统管理模式的深度融合,能有效提升风险预警与管控能力,降低事故发生率。未来,随着智能建造技术的不断发展,建筑施工安全风险防范将向更主动、更集成、更智能的方向演进。施工企业应加大技术创新与管理优化力度,政府应强化政策支持与监管执法,行业应加强协同合作与人才培养,共同推动安全风险防范体系持续完善。唯有如此,才能切实保障从业人员生命财产安全,促进建筑行业高质量、可持续发展。

参考文献

- [1] 彭臣.住宅建筑工程施工安全风险管理与防范措施[J].居舍,2026,(01):162-164.
- [2] 于瀛洲.建筑工程施工安全监理的风险管理与防范措施探究[J].中国住宅设施,2025,(10):176-178.
- [3] 葛涛生.建筑工程施工安全监理风险防范的探析[J].建材发展导向,2023,21(16):179-182.
- [4] 寇超.建筑工程施工安全风险管理与防范[J].工程技术研究,2023,8(06):130-132.
- [5] 崔双龙.建筑工程施工安全监理的风险管理与防范措施[C]//中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会.“2022智慧规划与管理”学术论坛论文集.甘肃安顺地质灾害监理咨询有限责任公司,2022:182-186.
- [6] 李瑞娜.建筑工程施工安全风险管理与防范[J].四川建材,2022,48(01):232+235.
- [7] 李发军.建筑工程施工安全风险管理与防范[J].科技创新与应用,2021,11(14):185-187.