

建筑施工现场安全隐患识别与风险评估方法研究

赵诗雨

四川盛世图腾建筑工程有限公司 四川 绵阳 621700

摘要：建筑施工现场存在多种安全隐患，具有动态性和隐蔽性特征。根据作业类型可分为高空作业、临时设施、机械操作及电气系统隐患；从管理维度可划分为人员行为、环境条件与物料管理隐患。通过传统检查方法优化与现代技术融合应用，构建多源信息识别体系，提高隐患发现效率。风险评估采用定性、定量及半定量模型，结合动态评估框架实现风险等级实时更新。基于评估结果，建立四色图分级管控机制，完善隐患治理闭环流程，并利用虚拟现实技术提升应急响应能力。

关键词：建筑施工现场；安全隐患识别；风险评估方法；动态评估框架；管控策略

引言：建筑施工过程复杂，现场环境多变，安全风险因素众多。随着工程建设规模不断扩大，传统的安全管理方式已难以满足实际需求。施工现场的安全隐患种类繁多，涵盖作业活动、设备使用、人员行为及环境条件等多个方面，且具有动态演化和隐蔽性强的特点。如何科学识别隐患并进行有效评估，成为提升施工安全管理的关键。近年来，随着信息技术的发展，BIM、物联网、图像识别等手段逐步应用于施工现场安全管理，为构建系统的隐患识别与风险评估方法提供了新思路。

1 建筑施工现场安全隐患分类与特征分析

1.1 按作业类型分类

高空作业隐患表现为作业平台防护栏杆缺失或损坏，作业人员未按规定使用防坠装备，违规在高空抛掷工具或材料。此类隐患易引发坠落事故，物体从高空坠落也可能对下方人员造成伤害^[1]。临时设施隐患体现在脚手架搭设未遵循设计方案，立杆间距超标，横杆连接松动，扫地杆缺失。模板支撑系统立杆基础未夯实，支撑间距过大，未设置水平拉杆和剪刀撑，混凝土浇筑过程中受力不均易导致整体失稳坍塌。机械操作隐患包括起重机械钢丝绳磨损超标仍在使用的情况，限位装置失灵，吊装时吊具与重物不匹配。中小型机械设备转动部位防护罩损坏或缺失，操作人员未按规程启动设备，检修时未切断电源，易造成机械伤害。电气系统隐患涉及配电箱内漏电保护器失效，线缆绝缘层破损，拖地敷设时被碾压或浸泡在水中。违规私拉乱接电线，照明灯具未使用防水型，潮湿环境中未采用安全电压，增加触电和短路火灾风险。

1.2 按管理维度分类

人员行为隐患源于安全培训内容陈旧，未结合实际作业场景，导致人员对风险认知不足。部分人员为加快

进度省略安全步骤，特种作业人员无证上岗，遇到突发情况无法正确处置。环境条件隐患在恶劣天气时尤为明显，暴雨导致场地积水影响地基稳定，大风天气使高空作业平衡难以控制。夜间施工照明灯具数量不足或照射角度不当，局部区域光线昏暗，易引发碰撞或操作失误。高温环境下作业人员体力消耗加快，可能因疲劳导致反应速度下降，增加意外发生几率。物料管理隐患表现为钢材、管材堆放倾斜未设置防倾倒设施，易燃材料与焊接作业点距离过近。袋装水泥等粉料未密封存放，遇水结块影响使用性能，废弃物料随意堆积占用消防通道，阻碍应急疏散。不同种类物料混放可能引发化学反应，加剧安全风险。

1.3 隐患的动态性与隐蔽性特征

施工阶段变化导致隐患不断演化，基础施工阶段的基坑边坡滑塌风险，随着工程推进转变为主体结构施工中的高空坠落风险。装饰装修阶段交叉作业增多，原有的机械操作隐患可能与临时用电隐患叠加，形成新的风险组合。主体结构封顶后，外墙施工带来的吊篮运行风险逐渐凸显，而前期存在的基坑支护隐患则随回填作业逐步消解。隐蔽工程的潜在风险藏于结构内部，地下管线探测不清时，机械开挖易造成水管或电缆破损，引发漏水或停电事故。钢结构焊缝未达强度要求，混凝土浇筑时钢筋保护层厚度不足，这些缺陷在表面难以察觉，随时间推移可能引发结构安全问题。墙体内部管线敷设混乱，后期钻孔作业易损坏管线造成二次隐患。地基处理时土壤压实度不足，初期无明显异常，建筑荷载增加后可能出现不均匀沉降，威胁整体结构稳定。

2 安全隐患识别方法体系构建

2.1 传统识别方法优化

安全检查表法的细化与标准化需结合施工阶段特

点,针对高空作业、机械操作等不同场景制定专项检查表^[2]。表中条目应具体到防护栏杆高度、电缆绝缘层状态等可直接观测的细节,避免模糊表述。检查流程需明确检查频次、责任人员签字确认环节,确保每个检查项都有对应的判断标准和处理指引。预先危险性分析的阶段适配性调整要求在工程立项阶段聚焦地质条件对施工安全的潜在影响,基础施工阶段重点分析基坑支护与降水系统风险,主体施工阶段则侧重模板支撑与起重吊装环节。分析过程需结合施工工艺变化,动态更新可能出现的风险类型,将分析结果嵌入施工组织设计,为各阶段安全技术交底提供依据。

2.2 现代技术辅助识别手段

基于BIM技术的三维模型隐患模拟可整合结构设计与施工方案数据,在虚拟环境中模拟脚手架搭设过程,检测立杆间距超标、横杆连接点缺失等问题。通过碰撞检测功能,提前发现施工机械与临时用电线路的空间冲突,在模型中标注冲突位置及风险等级,为现场布置调整提供可视化参考。物联网传感器实时监测可在脚手架关键节点安装应力传感器,在电缆接头处设置温度传感器,在深基坑周边布设位移传感器。传感器数据通过无线传输至管理平台,当数值超出预设阈值时自动触发预警,提示相关人员及时核查。振动传感器安装于大型机械设备基座,捕捉异常振动频率以判断设备运行状态。无人机巡检与图像识别技术应用可通过定期巡航获取施工现场全景图像,识别未按规定佩戴安全装备的人员、物料堆放占用消防通道等问题。图像识别算法针对不同隐患特征进行训练,可快速定位脚手架立杆倾斜、临边防护缺失等情况,将识别结果标注在平面图纸对应位置。

2.3 多源信息融合识别模型

结合人工巡检、设备数据、环境参数的协同分析需建立信息共享平台,人工巡检记录的脚手架连接松动情况与传感器采集的立杆应力数据可相互印证。环境参数中的风力等级数据与高空作业区域的人员定位信息联动,当风力达到一定级别时自动提示该区域暂停作业。隐患关联性挖掘需关注天气变化与各类风险的关联,暴雨天气可能同时加剧基坑边坡滑塌与电气系统短路风险,需将两者的预警机制关联。机械操作隐患与人员行为隐患存在交互影响,设备防护罩缺失时若叠加违规操作,风险程度会显著提升,需在识别模型中体现此类叠加效应。

3 风险评估方法与模型研究

3.1 定性评估方法

作业条件危险性评价法的参数修正需结合施工场景

特性调整影响因素取值。将发生事故的可能性参数细化为设备状态、作业频率等子项,根据实际情况赋予不同权重^[3]。人员暴露于危险环境的频繁程度需区分正常作业与突击施工的差异,事故后果严重程度需考虑作业区域周边环境因素,使评价结果更贴合现场实际。风险矩阵法的动态调整机制需依据施工阶段变化更新矩阵维度。基础施工阶段侧重地质条件相关风险的影响范围划分,主体施工阶段则强化对高空坠落风险的可能性分级。矩阵中的风险等级划分标准需随工程进展逐步细化,不同阶段的风险处理优先级可通过矩阵单元格的颜色标识直观呈现。

3.2 定量评估方法

故障树分析的逻辑门优化需针对施工过程特点调整逻辑关系。在分析脚手架坍塌风险时,将立杆间距超标与横杆连接松动设置为与门关系,任一条件不满足则无法导致顶部事件发生。或门应用于电气火灾风险分析时,需涵盖短路、过载、接触不良等多个独立触发因素,通过简化逻辑门层级提升分析效率。蒙特卡洛模拟在风险概率预测中的应用需选取关键风险参数构建概率分布模型。针对深基坑支护结构变形风险,可将土压力、支护刚度等参数设为随机变量,通过多次迭代计算得出变形值的概率分布。模拟过程需结合施工工艺特点设定变量取值范围,输出结果可通过累积概率曲线呈现不同风险阈值对应的发生概率。

3.3 半定量综合评估模型

层次分析法确定指标权重需构建多层次评价体系。将施工安全风险划分为人员、设备、环境等一级指标,每个一级指标下再细分具体风险因素作为二级指标。通过两两比较确定各指标相对重要性,形成判断矩阵并进行一致性检验,确保权重分配符合逻辑关系,为后续评估提供可靠基础。模糊综合评价法处理不确定性因素需建立模糊隶属度函数。针对物料堆放不规范这类边界模糊的风险,可根据堆放高度、稳定性等特征设定隶属度分级标准。通过模糊变换将多个评价指标整合为综合评价结果,以模糊集合形式呈现不同风险等级的可能性,适应施工环境中难以精确量化的风险因素。

3.4 动态风险评估框架

实时数据驱动的风险等级更新机制需建立数据采集与分析的闭环流程。传感器监测的设备运行参数、环境监测数据等实时传入评估系统,系统自动比对预设阈值判断风险变化趋势。当数据显示某类风险指标持续上升时,自动触发风险等级上调,并推送至相关管理模块。施工进度-风险耦合模型构建需明确两者的相互作用关

系。进度计划调整导致的抢工可能增加人员疲劳作业风险,需在模型中设置进度偏差与风险概率的关联函数。风险事件发生后对施工进度的影响需通过延误天数量化,形成双向反馈机制,使进度管理与风险控制协同推进。

4 风险评估结果应用与管控策略

4.1 风险分级管控机制

四色图可视化分级标准需结合施工风险特征明确各级别界定范围。红色代表不可接受风险,涵盖可能导致群死群伤的重大隐患,如整体脚手架失稳、深基坑坍塌等情况。橙色对应高风险,涉及起重机械倾覆、高处坠落等可能造成人员伤亡的隐患^[4]。黄色标识中等风险,包括电气线路老化、物料堆放倾斜等可能引发局部事故的情形。蓝色代表低风险,如个人防护用品佩戴不规范等不会直接导致严重后果的问题。通过在施工现场平面图上标注不同颜色区块,可直观呈现各区域风险分布状况。差异化管控措施制定需根据风险等级匹配相应资源投入。红色风险需立即启动停工程序,组织专业技术人员制定专项整改方案,整改完成后需经过全面核查方可复工。橙色风险需增设监护人员,加密检查频次,同时调整作业流程减少风险暴露时间。黄色风险可通过完善警示标识、强化现场指导等措施控制风险,蓝色风险则可纳入日常巡查范围,通过教育培训逐步改善。

4.2 隐患治理闭环管理

PDCA循环在整改流程中的实施路径需分解为四个阶段。计划阶段需明确隐患整改的具体目标、责任人员和完成时限,针对模板支撑系统松动问题,可制定加固方案并确定实施步骤。执行阶段需严格按照计划落实整改措施,如更换损坏的连接件、调整支撑间距等操作需符合技术规范。检查阶段要对比整改前后的状态,通过测量数据、现场观察等方式验证措施有效性。处理阶段需总结整改过程中的经验,将成功做法纳入安全管理制度,对于未解决的问题则转入下一个循环持续改进。治理效果验证与反馈优化需建立多维度评价体系。从设备状态维度检查整改后的机械运行参数是否恢复正常范围,从人员行为维度观察违规操作是否减少,从环境条件维度评估整改后作业面的安全系数是否提升。验证结果需及时反馈至风险评估模块,作为调整评估指标和权重的依据,形成治理与评估的良性互动。

4.3 应急能力提升方向

基于风险评估的应急预案动态调整需将评估结果转化为具体应对措施。针对评估发现的高处坠落风险较高的情况,应急预案中需细化高空救援的操作流程,明确救援设备的存放位置和调用路径。当评估显示电气火灾风险上升时,应补充消防器材配置标准,更新灭火行动组的职责分工。预案内容需随工程进度和风险变化定期修订,确保与现场实际风险状况保持一致。虚拟现实技术在应急演练中的应用可构建沉浸式训练场景。模拟脚手架坍塌事故时,参训人员可在虚拟环境中练习疏散路线选择、伤员急救等技能,体验不同处置方式带来的后果差异。模拟电气火灾场景时,可设置不同起火点和火势蔓延速度,训练人员使用灭火器材的时机和方法。虚拟演练可重复进行,通过系统记录的操作数据分析参训人员的薄弱环节,有针对性地调整训练内容,提升应对实际突发事件的能力。虚拟环境还可模拟恶劣天气下的应急处置,如暴雨引发场地积水时的排水设备操作、大风天气中的高空设备固定等场景,让参训人员在安全条件下积累应对特殊情况的经验。

结束语

建筑施工现场安全隐患识别与风险评估是一项系统性工作,需综合运用多种方法和技术手段。通过对隐患分类特征的分析,结合传统与现代识别工具,构建多层次识别体系,有助于提升隐患发现的全面性与及时性。在风险评估方面,采用定性、定量与半定量模型相结合的方式,能够更准确地反映风险状态。基于评估结果实施分级管控与闭环治理,配合智能化应急管理手段,能有效降低事故发生概率,推动施工现场安全管理水平持续提升。

参考文献

- [1]季城,孙伟棠.建筑施工现场安全管理体系的构建与完善[J].模型世界,2025(13):160-162.
- [2]吴嘉睿.建筑施工现场安全管理信息化平台的设计与实践研究[J].建筑与施工,2025,4(11):180-181.
- [3]李程.建筑工程施工中的安全管理与风险防控措施探讨[J].百科论坛电子杂志,2025(3):139-141.
- [4]于杰.建筑主体结构施工中的安全管理与风险控制研究[J].建筑与施工,2024,3(16):6-8.