

# 土建施工安全风险因素及预控措施研究

曹木楠

天津市东丽城市基础设施投资集团有限公司 天津 300300

**摘要:** 土建施工过程复杂,受多因素影响存在诸多安全风险。本文聚焦土建施工,深入剖析常见安全风险因素,涵盖高处坠落、物体打击、触电、机械伤害及坍塌等。结合实际工程案例,详细阐述各类风险产生的原因与特点。针对性地提出一系列科学有效的预控措施,包括加强安全教育培训、完善安全管理制度、强化现场安全监管等,旨在降低事故发生率,保障施工安全。

**关键词:** 土建施工;安全风险因素;预控措施

引言: 土建施工作为建筑行业的基础环节,对推动城市建设与社会发展意义重大。然而,土建施工现场环境复杂、作业工序繁多,存在大量潜在安全风险,如高处坠落、坍塌等事故频发,给施工人员生命安全及企业财产带来严重威胁。深入探究土建施工安全风险因素,不仅有助于准确识别危险源,更是制定科学预控措施的前提。基于此,本文开展对土建施工安全风险因素及预控措施的研究,以期为保障施工安全提供参考。

## 1 土建施工安全风险理论基础

### 1.1 安全风险相关概念界定

(1) 土建施工安全风险的内涵与特征: 其内涵是土建施工过程中,因人员操作、环境因素、设备状态、管理缺陷等各类不确定因素,可能导致人员伤亡、财产损失、工程延误或环境破坏的潜在隐患及发生概率。核心特征体现为客观性,风险始终伴随施工全流程;复杂性,施工环节多、交叉作业多,风险诱因相互关联;突发性,部分风险如坍塌、高处坠落易瞬间发生,预警难度大;危害性,一旦发生易造成群死群伤或重大财产损失,社会影响恶劣。(2) 风险分类: 按事故类型可分为高处坠落,如脚手架作业、屋面施工时人员坠落,是土建施工最高发风险;坍塌风险,包括基坑坍塌、模板支撑体系坍塌、墙体坍塌等;机械伤害,如塔吊、施工电梯、搅拌机等设备操作不当引发的挤压、撞击等伤害;物体打击,施工物料坠落、工具抛掷导致的人员伤害;触电风险,临时用电不规范、设备漏电引发;此外还有火灾、中毒、起重伤害等次要风险<sup>[1]</sup>。

### 1.2 安全风险理论框架

(1) 风险识别、评估、控制的全流程理论: 风险识别是基础,通过排查施工各环节,明确风险来源、分布及表现形式;风险评估是核心,量化或定性分析风险发生概率及危害程度,划分风险等级;风险控制是关键,根据

评估结果采取规避、降低、转移等措施,全过程动态管控,实现风险闭环管理,降低事故发生概率。(2) 常用分析方法: LEC法通过评价作业环境危险性(L)、人体暴露频率(E)、事故后果严重程度(C),量化风险等级;事故树分析通过绘制事故逻辑关系图,找出导致事故发生的基本原因,针对性制定防控措施;模糊综合评价法结合定性与定量分析,解决风险评估中模糊不确定的问题,提升评估准确性。

## 2 土建施工安全风险因素识别

### 2.1 风险因素分类体系构建

(1) 人的因素: 安全意识、操作技能、疲劳作业等。核心是施工人员自身管控能力,包括作业人员安全意识淡薄,违规操作、侥幸作业;操作技能不足,对特种设备、复杂工序掌握不熟练;长期高强度作业导致疲劳施工,注意力不集中,进而引发安全事故,是风险诱发的核心主观因素。(2) 物的因素: 设备故障、材料缺陷、防护设施失效等。主要指施工所用设备、材料及防护装备的隐患,如塔吊、施工电梯等设备老化未检修、故障运行;建材质量不达标,混凝土强度不足、钢筋锈蚀;脚手架、安全网等防护设施安装不规范、破损失效,无法发挥防护作用。(3) 环境因素: 地质条件、气候条件、施工现场布局等。地质条件复杂(如软土地基、地下管线密集)易引发基坑坍塌;暴雨、高温、大风等恶劣气候影响作业安全;施工现场物料堆放混乱、作业区域划分不清晰,交叉作业干扰大,增加风险发生概率。(4) 管理因素: 安全制度缺失、监管不到位、应急预案不足等。包括企业未建立完善的安全管理制度,责任未落实到人;现场安全监管流于形式,违规作业未及时制止;应急预案不完善、未开展应急演练,事故发生后无法有效处置,扩大灾害损失<sup>[2]</sup>。

### 2.2 典型事故案例分析

(1) 选取近年重大土建事故: 选取某市政工程基坑坍塌事故, 施工中基坑侧壁失稳, 导致周边道路塌陷、施工人员伤亡; 某住宅工程模板支撑体系倒塌事故, 浇筑混凝土时支撑立杆失稳, 造成大面积坍塌及人员伤亡, 两类事故均为土建施工高发重大事故。(2) 从事故链角度剖析直接与间接原因: 直接原因是基坑支护设计不合理、模板支撑立杆间距超标, 现场作业未按规范执行; 间接原因是管理缺失, 安全监管不到位, 未开展隐患排查, 施工人员安全培训不足, 应急预案未有效落实, 多因素串联形成事故链, 最终引发事故。

### 2.3 风险因素动态演化机制

(1) 施工阶段风险特征变化: 基础阶段以基坑坍塌、触电风险为主; 主体阶段侧重模板支撑坍塌、高处坠落、机械伤害; 装饰阶段多为高处坠落、物体打击风险, 风险随施工进度动态转移, 各阶段重点防控对象不同。(2) 多因素耦合作用下的风险放大效应: 单一风险因素危害有限, 但多因素耦合会放大风险, 如地质条件差(环境因素)+支护材料缺陷(物的因素)+监管不到位(管理因素), 会大幅提升基坑坍塌概率, 且事故后果较单一因素引发的更为严重。

## 3 土建施工安全风险评估模型构建

### 3.1 评估指标体系设计

(1) 基于AHP-熵权法的指标权重确定: 结合定性与定量分析, 采用AHP-熵权法确定各评估指标权重, 兼顾专家经验与客观数据。首先通过层次分析法(AHP), 邀请土建安全领域专家对人的因素、物的因素、环境因素、管理因素及下属细分指标进行两两比较, 构建判断矩阵, 计算主观权重; 再通过熵权法, 结合施工现场实际监测数据, 量化指标客观权重; 最终将主观与客观权重耦合, 得到综合权重, 避免单一方法的片面性, 提升权重分配的科学与合理性。(2) 指标量化标准: 针对各类评估指标制定明确量化标准, 确保评估可操作、可落地。高处作业相关指标中, 作业高度 $\leq 2\text{m}$ 为1级、 $2\text{--}5\text{m}$ 为2级、 $> 5\text{m}$ 为3级; 设备相关指标中, 设备使用年限 $\leq 3$ 年为1级、 $3\text{--}5$ 年为2级、 $> 5$ 年且未大修为3级; 人员相关指标中, 每月安全培训 $\geq 2$ 次为1级、 $1\text{--}2$ 次为2级、 $< 1$ 次为3级; 管理相关指标中, 安全隐患整改率 $100\%$ 为1级、 $80\%\text{--}99\%$ 为2级、 $< 80\%$ 为3级, 各级对应不同风险分值, 为后续评估提供量化依据<sup>[1]</sup>。

### 3.2 评估方法选择与优化

(1) 改进LEC法: 在传统LEC法基础上进行优化, 引入施工阶段、气候条件两个动态调整系数, 弥补传统方法静态评估的不足。保留原有危险性(L)、暴露频率

(E)、事故后果(C)三个核心参数, 结合基础、主体、装饰不同施工阶段的风险特征, 以及暴雨、高温等恶劣气候的影响, 设定 $0.8\text{--}1.2$ 的动态调整系数, 通过公式计算风险等级, 提升评估的针对性与准确性。(2) 基于BIM技术的风险可视化评估: 结合BIM技术的可视化、参数化优势, 构建土建施工安全风险可视化评估体系。将评估指标、权重及现场监测数据融入BIM模型, 对基坑、脚手架、模板支撑等高危部位进行三维建模, 实时呈现风险分布、等级及演化趋势, 实现风险隐患的可视化识别、精准定位, 便于管理人员直观掌握风险状况, 及时采取防控措施。

## 4 土建施工安全风险预控措施体系

### 4.1 技术控制措施

(1) 智能化监测技术: 依托智能化技术实现风险实时监测、精准预警, 破解传统人工监测效率低、盲区多的难题。在基坑、模板支撑体系、高边坡等高危部位, 安装位移、沉降、应力等各类传感器, 实时采集施工过程中的关键数据, 通过数据传输模块同步至监控终端, 当数据超出安全阈值时自动发出声光预警, 提醒管理人员及时处置。同时, 运用无人机巡检技术, 对高层建筑外立面、大型设备作业区域、施工现场全域进行空中巡查, 可快速排查高处坠落、物料堆放违规、防护设施缺失等隐患, 大幅提升巡检效率, 尤其适用于大型土建项目的全域风险监测, 实现“早发现、早预警、早处置”<sup>[4]</sup>。(2) 新型防护装备研发: 聚焦施工人员人身安全, 加大新型防护装备研发与推广力度, 弥补传统防护装备的局限性。针对高处坠落高发风险, 研发可自动锁止的防坠落装置, 搭配柔性导轨使用, 适配脚手架、屋面施工等多种场景, 在人员意外坠落时可瞬间制动, 降低坠落伤害程度; 推广智能安全帽的全面应用, 该装备集成定位、声光报警、语音通讯等功能, 可实时定位施工人员位置, 当人员进入高危区域、未按规定佩戴或遇到危险时, 及时向管理人员发送预警信息, 同时支持紧急呼救, 搭建起施工人员人身安全的“第一道防线”, 进一步提升个体防护能力。

### 4.2 管理控制措施

(1) 安全标准化管理体系建设: 以安全标准化为核心, 构建规范化、常态化的管理体系, 将风险预控融入施工全流程。严格落实风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制, 结合项目实际划分风险等级, 明确各等级风险的管控责任人和管控措施, 定期开展隐患排查, 建立隐患台账, 实行“闭环管理”, 确保隐患及时整改到位。同时, 完善施工现场安全管理制度, 规范作业流程、

物料堆放、设备管理等各项工作,明确各岗位安全职责,将安全管理要求细化到每一道工序、每一位人员,推动安全管理从“被动应对”向“主动预防”转变。(2)基于大数据的安全预警平台应用:依托大数据技术,整合施工现场监测数据、隐患排查数据、人员操作数据、设备运行数据等各类信息,搭建一体化安全预警平台。通过平台对数据进行分析、挖掘和研判,识别风险演化规律,精准预判可能发生的安全事故,提前发出预警提示;同时,平台可实现人员、设备、隐患等信息的可视化,管理人员可实时掌握施工现场安全状况,远程调度管控资源,优化管控措施,提升安全管理的智能化、精细化水平,破解传统管理中信息滞后、管控分散的难题。

#### 4.3 教育培训措施

(1) VR安全体验馆的沉浸式培训模式:打破传统教育培训的局限性,推广VR安全体验馆沉浸式培训,提升培训效果。利用VR技术模拟基坑坍塌、高处坠落、机械伤害等典型事故场景,让施工人员在虚拟环境中亲身体验事故发生的过程和危害,增强安全防范意识;同时,设置虚拟操作实训模块,让施工人员在虚拟场景中练习特种设备操作、应急处置等技能,熟悉作业规范和安全要求,有效解决传统培训中“听得懂、做不到”的问题,提升培训的针对性和实效性。(2)农民工安全技能分级培训制度:针对土建施工中农民工群体占比高、安全技能参差不齐的问题,建立农民工安全技能分级培训制度。结合农民工的岗位特点、操作技能水平,划分不同培训等级,制定差异化培训内容,基础等级侧重安全意识、基本作业规范和应急避险知识培训,提升等级侧重专项技能、特种设备操作等专业内容培训。培训结束后进行考核,考核合格后方可上岗作业,同时建立培训档案,定期开展复训,持续提升农民工安全技能水平,从源头减少因操作不规范引发的安全事故。

#### 4.4 应急管理措施

(1) 应急预案动态优化机制:建立健全应急预案动态优化机制,确保应急预案的针对性和可操作性,避免“照搬照抄”“一成不变”。结合项目施工进度、风险演

化情况、现场实际条件,定期对基坑坍塌、高处坠落、火灾等各类事故的应急预案进行修订完善,补充新的防控措施、应急处置流程和资源配置方案;同时,结合应急演练情况,总结演练中的不足,优化应急预案细节,明确各应急小组的职责分工、应急响应流程和处置措施,确保事故发生时能够快速、规范、高效处置<sup>[5]</sup>。(2) 政企联动应急救援体系构建:加强企业与政府部门的协同配合,构建政企联动应急救援体系,提升应急处置能力。企业层面完善应急救援队伍建设,配备充足的应急救援设备和物资,定期开展应急演练,提升队伍实战能力;政府层面加强统筹协调,建立应急救援联动机制,明确企业与应急管理、住建等部门的联动流程,在发生重大安全事故时,及时调度政府应急救援资源,协助企业开展救援工作,实现应急资源共享、应急力量联动,最大限度减少人员伤亡和财产损失,构建全方位、多层次的应急防护网络。

#### 结束语

土建施工安全关乎人员生命、工程进度与企业发展。本研究系统剖析了土建施工中诸如高处作业、机械操作等多方面安全风险因素,并针对性提出加强培训、完善制度、强化监管等预控措施。通过理论与实践结合,为降低施工事故发生率提供思路。但施工安全领域仍有诸多未知待探索,未来需持续研究新技术、新工艺下的风险,不断优化预控手段,筑牢土建施工安全防线,推动行业健康稳定发展。

#### 参考文献

- [1]钟均民.地铁车站土建施工安全风险及防控措施研究[J].工程技术研究,2022,7(10):165-167.
- [2]何凤奎.地铁车站土建施工安全风险及优化对策[J].低碳世界,2021,11(8):172-173.
- [3]王文康.浅析土建工程施工现场安全管理中的问题及其优化措施[J].四川水泥,2020,(7):86-89.
- [4]杨洋.土建工程施工重大风险因素及其预控研究[J].广西城镇建设,2021,(11):124-125.
- [5]杨森伟.建筑工程施工中的安全管理与风险控制[J].城市建设理论研究,2024,(12):147-149.