

高层土建施工安全管理策略

高 飞 刘海涛

中汽智达（洛阳）建设工程咨询管理有限公司天津分公司 天津 300100

摘 要：高层土建施工安全管理需构建动态化、智能化管控体系。本文从施工过程安全管控、人员行为干预、应急管理体系、安全文化培育四个维度展开，提出三维空间规划、机械系统集成管理、智能监控、多源信息融合决策等技术手段，结合能力矩阵构建、安全绩效反馈、利益相关方协同管理策略，形成覆盖“预防-处置-恢复”全周期的安全管理框架，为提升高层土建施工安全水平提供系统性解决方案。

关键词：高层土建；施工安全；动态管控；智能监控；应急管理

引言：高层土建施工具有作业环境复杂、交叉作业频繁、风险因素多样等特点，传统安全管理模式难以满足动态风险防控需求。随着建筑工业化与数字化技术发展，施工安全管理正从“被动应对”向“主动防控”转型。如何通过技术集成与管理创新，构建覆盖人员、设备、环境、组织全要素的安全管理体系，成为保障施工安全的关键。

1 施工过程动态安全管控体系

1.1 三维空间安全规划

三维空间安全规划需从垂直、水平、通道及时间工序四个核心维度入手，明确各维度管控要求与实施细节，具体管控内容如1表所示。

表1

管控维度	核心管控要求	具体实施措施
管控维度	划分独立作业层，隔离上下层风险	结合建筑高度与工序特性，每5—8层划分为一个作业单元，通过防护网与警示标识实现上下层隔离，规避高空坠物风险
水平方向	实现动静分离，避免人员与物料干扰	遵循“动静分离”原则，用围挡或绿化带分隔动态作业区（钢筋加工区、混凝土浇筑区等）与静态区域（材料堆放区、办公区等）
通道管理	保障通行安全，明确通道功能分工	规划专用人行通道与物料运输通道，依据最大运输设备尺寸确定通道宽度，设置防滑地面与夜间照明
时间维度	规范工序衔接，避免交叉作业风险	建立工序安全间隔标准（如钢结构安装与防火涂料施工间隔≥24小时），编制工序安全时序图，明确各工序时间节点

1.2 机械系统安全集成管理

塔吊群防碰撞智能调度系统通过在塔吊大臂、塔身安装超声波传感器与角度编码器，实时采集设备位置与运行轨迹数据，利用中央控制平台构建三维空间防碰撞

模型。当两台塔吊作业半径重叠时，系统自动触发减速或停机指令，并通过声光报警提醒操作人员。施工电梯运行状态实时监测需在轿厢内安装加速度传感器与载重传感器，实时监测运行速度、加速度及载重量^[1]。当监测数据超过额定值时，系统自动切断电源并锁定轿厢，同时向管理人员发送报警信息。混凝土泵送管道压力动态控制通过在泵管关键节点安装压力传感器，实时监测管道内混凝土压力变化。当压力超过安全阈值时，系统自动调节泵送速度或启动反向泵送功能，防止管道爆裂伤人。

1.3 临时结构全生命周期管理

脚手架体系受力状态实时感知，需在立杆与横杆连接处布设应变传感器，实时监测杆件应力变化。当应力超出设计限值时，系统借助无线传输模块向管理人员推送预警信息，同时定位异常杆件位置，为现场加固或构件更换提供依据。模板支撑系统建立变形预警机制，在支撑体系关键节点布设位移传感器，实时监测模板垂直度与水平位移。当变形量超出规范允许值时，系统自动启动声光报警，并联动喷淋装置对变形区域实施降温，避免热胀冷缩效应进一步加大结构变形。临边防护装置采用弹簧复位机构搭配红外感应装置实现自动复位，当防护栏受碰撞发生移位时，弹簧复位机构可带动防护栏自动归位，红外感应装置同步识别移位工况并自动统计碰撞次数，为后续运维检修提供数据支撑。

2 人员行为安全干预策略

2.1 作业人员能力矩阵构建

特种作业人员技能图谱管理需依据工种特性建立多维能力模型。以电工为例，除基础操作技能外，需单独评估临时用电系统设计能力、电气设备故障诊断能力及触电急救处置能力。通过定期技能复测与新知识考核，动态更新图谱数据，确保技能水平与作业风险匹配^[2]。普通工人安全操作能力分级管理可参照“基础-进阶-专家”

三级标准,基础级要求掌握通用安全规程与个人防护装备使用方法,进阶级需具备特定工序风险识别能力,专家级则要求能够指导新工人完成复杂作业。分级结果与岗位分配、薪酬待遇挂钩,形成能力提升内驱力。岗位应急指挥能力认证需设置理论考试与实战演练双重考核环节。理论部分涵盖应急预案解读、救援资源调配等知识,实战演练模拟火灾、坍塌等场景,重点考察指挥决策效率与跨部门协调能力。认证有效期设定为两年,期满需重新考核以保持指挥体系有效性。

2.2 现场行为智能监控系统

视频分析技术识别违规动作通过部署高清摄像头与AI算法模型,实现对未佩戴安全帽、违规攀爬等行为的实时抓拍。当系统检测到违规行为时,立即向作业人员随身携带的振动终端发送警报,并同步记录违规时间、位置及影像证据。定位系统追踪作业轨迹采用UWB超宽带定位技术,在施工区域布设定位基站,为作业人员配备防拆卸定位标签。系统可实时绘制人员移动热力图,识别长时间滞留危险区域或偏离规定路径的行为。当人员进入未授权区域时,标签通过震动与蜂鸣提示撤离,同时向管理人员推送越界报警信息。生物特征识别考勤与权限管理结合指纹、人脸及虹膜识别技术,建立“一人一档”生物特征数据库。考勤系统自动比对进场人员生物特征与数据库信息,杜绝代打卡现象。权限管理模块根据岗位类型分配不同区域访问权限,如电工仅能进入配电房,焊工需在指定动火区域作业。权限变更需经双重审核,确保权限分配与作业需求严格对应。

2.3 安全认知强化机制设计

虚拟现实安全体验训练通过构建三维施工场景模型,模拟高空坠落、物体打击等事故过程。体验者佩戴VR设备后,可直观感受违规操作导致的严重后果,如未系安全带时从脚手架坠落的失重感与冲击力。训练结束后,系统自动生成认知评估报告,指出体验者存在的认知盲区,为后续培训提供依据。事故情景模拟推演教学采用沙盘推演与计算机仿真相结合的方式,还原历史事故发生过程。参与者分组扮演不同角色,在推演中分析事故诱因、决策失误点及救援漏洞。推演结束后,由安全专家点评各组表现,总结事故预防关键要素,强化参与者风险预判意识。安全绩效可视化反馈系统通过电子看板实时展示个人、班组及项目的安全绩效数据。个人绩效包含违规次数、培训参与率等指标,班组绩效侧重隐患整改率与事故率,项目绩效则反映整体安全目标达成情况。数据更新频率设定为每日一次,确保反馈时效性。绩效排名靠前者可获得积分奖励,用于兑换安全防护用品或培训课程,形成正向激励循环。

护用品或培训课程,形成正向激励循环。

3 应急管理体系构建

3.1 多维度应急资源储备

垂直救援通道快速部署装置采用可折叠式铝合金框架与高强度绳索系统,可在事故发生后30分钟内完成展开^[3]。装置通过建筑结构预留锚点固定,配备电动升降平台与防坠落装置,支持救援人员从地面直达事故楼层。模块化应急物资储备单元按功能划分为防护、救援、医疗三类,每个单元采用标准化集装箱设计,内部物资按使用频率分层存放。防护单元包含防毒面具、应急照明等设备,救援单元配备液压破拆工具与生命探测仪,医疗单元储备止血包、担架等物资。跨项目应急队伍联动机制建立区域应急资源数据库,收录周边5公里内在建项目的专业救援队伍信息,包括人员数量、装备类型与响应时间。当单一项目发生事故时,可通过数据库快速调配邻近队伍支援,形成“10分钟应急圈”。

3.2 智能化应急指挥平台

三维建模事故现场还原通过无人机倾斜摄影与激光扫描技术,快速构建事故现场三维模型。指挥人员可通过虚拟现实设备沉浸式查看现场,辅助制定救援方案。救援路径动态优化算法整合建筑结构数据、人员分布信息与实时障碍物位置,利用图论算法生成最优救援路径。当现场环境发生变化时,算法每5分钟重新计算路径,并通过便携式终端向救援人员推送更新指令。多源信息融合决策支持系统接入视频监控、传感器网络与人员定位系统,实时采集事故现场数据。系统运用机器学习模型对数据进行关联分析,识别潜在二次风险,如结构剩余承载力不足或燃气泄漏扩散趋势,为指挥人员提供科学决策依据。

3.3 恢复阶段安全重构策略

结构损伤快速评估方法采用无损检测技术与有限元分析相结合的方式,通过超声波探伤仪检测混凝土内部裂缝,利用红外热成像仪识别钢结构变形。检测数据输入结构健康监测系统,自动生成损伤等级报告,划分轻度、中度与重度损伤区域。临时加固体系快速搭建技术针对不同损伤类型开发标准化加固组件。对于混凝土裂缝,采用碳纤维布与结构胶组合加固;对于钢结构失稳,使用高强螺栓连接钢支撑架。组件设计考虑快速安装需求,配备预钻孔与定位销,单组件安装时间不超过15分钟。复工前安全条件确认流程建立“五步核查法”,依次检查结构稳定性、设备运行状态、临时设施安全性、作业环境达标情况与人员培训记录。每一步核查均需形成书面报告,由项目负责人、监理工程师与安

全专家三方签字确认,确保复工条件全面达标。

4 安全文化培育路径

4.1 组织安全氛围营造

安全行为观察与反馈机制采用“观察员-被观察者”双向互动模式,观察员由经验丰富的班组长或安全员担任,每日随机选取作业人员开展行为观察^[4]。观察内容涵盖安全帽佩戴规范性、高空作业防护措施落实情况等细节,观察结束后及时与被观察者沟通整改建议,并留存观察记录。近失事件报告免责制度鼓励作业人员主动上报未引发事故、但存在安全隐患的行为及事件,如临边防护缺失、设备异常振动等情况。报告信息经安全部门核实确认后,对上报人员给予积分奖励,从源头提前化解安全风险隐患。安全绩效积分兑换体系将安全行为量化为可累积积分,积分可通过保持作业无违规、提出安全优化建议、参与应急演练等途径获取。积分可兑换防暑降温物资、安全防护用具及专业培训课程等实用福利。

4.2 技术创新文化培育

安全改进建议奖励制度设立专项奖励基金,对提出具有实用价值安全改进建议的人员给予物质奖励。建议评选标准包含创新性、可操作性与成本效益比,经技术委员会评审通过后,按等级发放奖金。为落地优质方案,搭建创新成果快速转化通道,构建“提案-评审-试点-推广”四阶段转化流程,通过评审的成果先在提报单位试点应用,验收合格后由建设单位统筹跨项目普及,扩大技术落地覆盖面。技术交底可视化改造将传统文字交底转化为三维动画、虚拟现实等多媒体形式,重点展示高风险工序操作要点与风险防控措施。动画内容由技术专家与动画制作团队联合开发,确保技术准确性,有效提升作业人员理解效率,降低错误操作率。

4.3 利益相关方协同机制

参建单位安全信用互认建立区域安全信用数据库,收录设计、施工、监理等参建单位的安全管理记录,包括事故率、违规次数、培训完成率等指标。建立信用动态更新机制,定期公示信用等级,接受行业监督,确保

信用评价公平公正。信用等级可分为A、B、C三级,A级单位在招投标、资质审核等环节享受优先权,C级单位则面临限制参与项目等惩戒措施。供应链安全标准衔接要求总承包单位对分包商、供应商实施统一安全管理标准,涵盖人员资质、设备检测、材料质量等方面。总承包单位定期对供应链企业开展安全审计,审计结果纳入信用评价,引导供应链企业提升安全管理水平^[5]。社区安全共治平台建设搭建由建设单位、社区居民、政府部门组成的共治平台,定期召开安全沟通会,通报施工进度与安全措施。平台还开通线上反馈渠道,居民可随时上报施工噪音、扬尘等问题,建设单位需在24小时内响应处理,增强社区对施工安全的认同感。

结束语

高层土建施工安全管理需以技术为支撑、以管理为纽带、以文化为根基,形成多层次协同机制。动态管控体系通过实时监测与智能调度,将风险遏制在萌芽状态;人员行为干预策略利用数字化手段,提升作业规范性;应急管理体系整合多方资源,强化事故应对能力;安全文化培育通过机制创新,激发全员参与积极性。四者相互渗透、互为补充,共同构建起“预防-控制-应急-改进”的全周期安全闭环,为高层土建施工提供坚实保障,助力行业高质量发展。

参考文献

- [1] 闫乐.高层建筑工程安全管理措施分析[J].建材与装饰,2025,21(12):100-102.
- [2] 张继锋.新时期下高层建筑中土建施工技术应用分析[J].砖瓦世界,2025(2):148-150.
- [3] 刘元望.超高层房屋建筑工程土建施工中混凝土施工技术探究[J].模型世界,2025(8):225-227.
- [4] 李晓牛.高层建筑土建施工中混凝土施工技术探析[J].建材发展导向,2025,23(2):49-51.
- [5] 卢志锋.高层建筑土建施工技术及管理[J].河南建材,2024(2):97-99.