

综合体施工项目有限空间安全管理模式创新

陈锦遥 陈 凯 孙月安

中国建筑第四工程局有限公司 广东 广州 510665

摘 要：综合体施工项目有限空间作业面临风险类型多源叠加、风险传导性强、传统管理模式适应性不足等问题。本文分析综合体项目有限空间的风险特征，提出分级分类管控体系、数字化监测与预警平台、作业许可流程再造三项管理模式构建方案，并从人员能力建设与准入机制、多主体协同管理机制、应急响应与持续改进机制三条路径推进实施，为综合体项目有限空间安全管理提供系统方案。

关键词：综合体施工；有限空间；安全管理；数字化监测；分级管控

引言

综合体施工项目涵盖商业、办公、酒店等多种业态，有限空间类型多样、分布分散、风险叠加。传统安全管理模式以制度约束与人工巡查为主，存在制度覆盖不全、监测手段落后、信息割裂等问题，难以适应综合体项目多空间并存、多工种交叉的作业特点。本文针对有限空间作业风险特征，构建分级分类管控与数字化监测相结合的安全管理模式，并提出实施路径。

1 综合体施工项目有限空间作业的风险特征

综合体施工项目有限空间涵盖桩孔、基坑肥槽、地下车库、设备管井、消防水池、中庭下沉广场、通风管道、电缆沟、汽车坡道、电梯井、集水坑等类型，在项目中呈分散布局，各空间之间通过管道、线缆连通，风险具有传导性与叠加性，且随施工阶段变化而改变分布特征。主体结构施工阶段以基坑、集水坑为主，机电安装阶段以管井、电缆沟为主，装饰装修阶段以通风管道、中庭下沉广场为主，不同阶段的有限空间类型与风险特征存在差异^[1]。

作业过程中有毒有害气体、物理危害、生物危害多源叠加。地下空间内土壤持续释放甲烷与硫化氢，施工材料挥发有机化合物，封闭环境导致氧气浓度持续降低。物理危害方面，设备管井内存在高空坠落风险，消防水池内存在溺水风险，电缆沟内存在触电风险，地下车库内存在车辆与机械设备碰撞风险。焊接、切割等动火作业在有限空间内进行时，火花引燃积存的可燃气体或粉尘，爆炸风险上升。多工种交叉作业导致有限空间内人员密度增加，应急疏散通道被占用，事故后果扩大。涂装作业使空间内可燃气体浓度升高，遇明火即燃。热熔材料产生烟雾积聚降低能见度，增加坠落与碰

撞风险。长期积水空间滋生细菌与霉菌，作业人员接触后引发呼吸系统疾病。传统管理模式以制度约束与人工巡查为主，在综合体项目中暴露出适应性不足的问题。

制度层面，安全管理制度针对单一类型有限空间制定，未覆盖综合体项目多种有限空间并存、风险类型各异的特点。人员管理层面，作业人员流动性大，入场安全教育时间短，对特定空间风险认知不足。监测手段层面，依赖便携式气体检测仪人工检测，无法实现连续监测。审批流程层面，审批表填写与签字流程耗时，与快节奏施工进度矛盾，部分人员未经审批即进入空间。应急管理层面，预案针对通用场景编制，未制定专项预案。各管理环节信息割裂，检测数据、审批记录、人员进出记录分散于纸质台账中，无法关联分析，管理决策缺乏数据支撑。

2 综合体施工项目有限空间安全管理模式的构建

2.1 分级分类管控体系的建立

分级分类管控体系根据有限空间的风险等级与功能类型实施差异化管理。风险分级依据空间内有毒有害气体浓度、氧气含量、作业难度、人员密度四项指标，将有限空间划分为一级、二级、三级三个风险等级。一级风险空间包括长期封闭且存在有毒气体释放源的地下管廊与污水池，作业前需进行强制通风与气体检测，作业过程中持续监测，作业人员佩戴正压式空气呼吸器，监护人在入口处全程值守。二级风险空间包括设备管井与电缆沟，作业前进行气体检测，作业过程中定时监测，作业人员佩戴便携式气体检测仪与紧急逃生呼吸器，监护人在入口处值守。三级风险空间包括通风管道与中庭下沉广场，作业前确认通风条件，作业过程中保持自然通风或机械通风，作业人员佩戴便携式气体检测仪。分

类管控依据空间功能制定作业规程,消防水池作业规程包含防溺水措施与水质检测要求,设备管井作业规程包含防坠落措施与工具防掉落要求,电缆沟作业规程包含防触电措施与绝缘防护要求,通风管道作业规程包含防尘措施与照明要求。分级分类结果录入管理系统,作业人员进入不同等级空间时系统自动推送对应的安全操作规程与防护要求。管控体系实行动态调整,当空间内施工条件发生变化或检测数据出现异常时,系统自动提升风险等级并调整管控措施。

2.2 数字化监测与预警平台的搭建

数字化监测与预警平台整合气体传感、视频监控、人员定位、环境监测四类数据,实现有限空间作业的实时监控与自动预警。气体传感系统在每个有限空间入口及内部关键位置部署氧气传感器、硫化氢传感器、甲烷传感器、一氧化碳传感器、可燃气体传感器,数据采集频率设定为每十秒一次,数据通过无线传输模块上传至管理平台。传感器选型考虑综合体施工环境中的粉尘、湿度与温度条件,防护等级满足现场使用要求。视频监控系统在有限空间内部署防爆摄像头,监控画面实时传输至地面控制室,控制室人员通过画面判断空间内作业状态,摄像头具备夜视功能与移动侦测功能^[2]。人员定位系统采用超宽带定位技术,实时显示有限空间内人员位置与数量,当人员数量超过设定上限时系统发出警报,人员位置数据与电子围栏结合,当人员接近危险区域时系统触发预警。环境监测系统采集空间内温度、湿度、风速数据,数据异常时触发预警。平台设置三级预警机制:黄色预警对应单一指标接近限值,系统向作业人员与监护人推送提示信息,要求加强监测;橙色预警对应多项指标同时接近限值或单一指标超限,系统向现场管理人员推送警报,要求暂停作业并撤离人员;红色预警对应指标严重超限,系统自动切断空间内非必要电源,启动应急排风,同时向项目安全管理负责人发送紧急通知。

2.3 作业许可与流程再造

作业许可制度在传统审批流程基础上进行流程再造,减少审批环节耗时,同时强化风险控制。电子作业许可系统替代纸质审批表,作业负责人通过移动终端填写作业内容、作业人员、作业时间、风险辨识结果与控制措施,系统自动校验作业人员资质与培训记录,校验通过后推送至安全管理人员审批。安全管理人员在移动终端上查看风险辨识结果与监测数据,做出审批决定。审批通过后,系统向作业人员推送电子作业票,作业人员在有限空间入口处通过刷卡或人脸识别验证身份后

方可进入^[3]。入口处设置智能闸机,闸机与作业许可系统联动,无有效作业许可人员无法通过闸机。作业过程中,系统根据监测数据自动判断是否需要延长通风时间或增加检测频次,判断结果推送至现场监护人。当监测数据触发预警时,系统自动向作业人员与监护人发送撤离指令,同时记录预警时间与数据。作业完成后,作业人员在系统中确认人员全部撤离、设备工具全部清点,系统关闭作业许可。流程再造后,审批时间由原来的数小时缩短至数分钟,审批记录完整保存,便于追溯。系统自动生成作业日志,记录每次有限空间作业的时间、人员、监测数据与异常情况,日志数据作为后续安全分析的基础。

3 综合体施工项目有限空间安全管理模式创新的实施路径

3.1 人员能力建设与准入机制

人员能力建设与准入机制覆盖培训、考核、准入三个环节,形成人员资质管理闭环。培训环节按岗位设置差异化内容,作业人员培训包括有限空间风险辨识、气体检测仪使用、应急呼吸器佩戴、紧急撤离程序,培训时长不低于规定学时,确保作业人员掌握基本操作技能。管理人员培训包括风险评估方法、许可审批要点、事故调查程序、数据分析方法,提升管理人员对有限空间安全管理的系统认知。培训采用理论授课与实操演练结合方式,实操演练在模拟有限空间环境中进行,演练内容包括气体检测操作、佩戴呼吸器进入空间、模拟救援、伤员搬运,演练过程全程录像,作为培训记录存档。考核环节采用笔试与实操双重考核,笔试考核风险辨识与规程掌握程度,实操考核检测设备使用与应急操作技能,两项均通过方可取得作业资格,考核不通过者不得从事有限空间作业。考核成绩录入人员数据库,作为后续准入与派工依据。准入机制建立人员资质数据库,数据库记录人员培训记录、考核成绩、作业经历与健康状况。系统在作业许可审批时自动调取数据库信息,资质不全或健康状况不符合要求的人员被系统拦截,无法获得作业许可。人员进入有限空间前需通过健康筛查,患有呼吸系统疾病、心血管疾病等病症的人员不得进入有限空间作业,健康筛查记录同步录入数据库,作为人员动态管理依据。

3.2 多主体协同管理机制的运行

综合体施工项目涉及总包单位、分包单位、监理单位、设备供应商等多个主体,有限空间安全管理需建立多主体协同机制,明确各方职责边界与协作流程。总包单位承担有限空间安全管理的主体责任,负责制定

管理制度、搭建监测平台、组织安全教育、配置防护装备,对各分包单位的作业行为实施统一监管。分包单位负责本单位作业人员的日常管理,包括班前安全交底、作业过程中的自我检查、工具设备维护,作业前向总包单位提交作业方案与人员名单。监理单位负责有限空间作业许可的审核与现场巡查,对违规作业行为发出整改通知,对拒不整改的行为上报建设单位,巡查记录录入管理平台备查。设备供应商负责监测设备与防护装备的技术支持,包括设备安装调试、定期校准与故障维修,提供设备操作培训与技术文档,设备运行数据实时上传至管理平台^[4]。各主体之间通过管理平台实现信息共享,总包单位在平台上发布有限空间分布图与风险等级信息,各分包单位在平台上提交作业计划与人员名单,监理单位在平台上记录巡查结果与整改情况。协同机制的运行依托定期联席会议制度,每周召开一次有限空间安全管理专题会议,各主体通报本周作业情况、存在问题与下周计划,会议纪要录入管理平台存档。各主体在平台上设置意见反馈通道,作业人员可匿名提交安全隐患与管理建议,平台自动分类汇总后推送至相关责任主体,责任主体在规定时限内反馈处理结果。

3.3 应急响应与持续改进创新机制

本项目针对综合体有限空间施工救援痛点,创新优化应急响应与持续改进机制,将加大通风、同步检测确立为有限空间救援第一核心要素,彻底杜绝传统施工中盲目施救、处置无序的问题,搭建标准化、实战化、闭环化的应急处置体系,切实规避有限空间作业安全事故及次生救援风险。在应急响应处置环节,明确标准化险情处置流程。当作业过程中出现人员身体不适、空间气体浓度超标、施工设备异常等安全险情时,现场专职监护人员需第一时间叫停作业、隔离作业区域、疏散周边施工人员,启动应急处置流程。救援全过程严格遵循核心原则,优先开启大功率强制通风设备,全方位、无死角加大有限空间通风换气力度,快速置换、稀释空间内积聚的有毒有害、易燃易爆气体,改善封闭空间作业环境。通风作业全程同步开展动态气体检测,实时监测空间内氧气、硫化氢、可燃气体等关键安全指标,动态更

新环境数据、精准研判风险等级,为救援决策提供可靠依据,严格落实“先通风、再检测、后施救”的处置准则。同时严控救援规范,严禁无通风、无检测、无防护的盲目入内救援,优先采用外部非进入式救援模式,确需人员进入作业的,救援人员必须全套配备专业防护装备,全程接受现场监护与气体动态监测。在持续改进方面,建立演练、复盘、整改、优化的闭环创新机制。结合综合体地下室、管廊、基坑等各类有限空间作业场景,定期开展专项应急实战演练,提升作业人员及救援队伍的实操处置能力。针对每次演练及突发险情处置全过程,组织参建各方开展专项复盘,梳理应急流程、设备配置、人员操作中的薄弱环节,建立问题台账和整改清单,并落实闭环整改^[5]。同时动态更新应急预案,优化通风、检测、救援设备配置,常态化开展专项安全技能培训,持续固化处置经验、迭代完善应急管理模式,全方位提升综合体有限空间施工安全应急管控水平。

结语

综合体施工项目有限空间安全管理模式创新,需从分级分类管控、数字化监测、流程再造三个维度构建管理体系,并通过人员准入、多主体协同、应急响应与持续改进三条路径推进实施。该模式以数据驱动替代经验判断,以系统协同替代单点管控,以动态调整替代静态制度,可有效提升有限空间作业安全管理水平,降低事故发生概率,保障综合体项目施工安全。

参考文献

- [1] 徐刘勇,王森. 建筑工程施工现场安全管理效能评估与提升路径研究 [J]. 新材料·新装饰,2026,8(5):167-170.
- [2] 马开峰,米京献,李中明,陈乾坤. 装配式支吊架在商业综合体机电安装中的模块化设计 [J]. 安装,2025(10):30-32.
- [3] 梁永斌. 综合体建筑工程管理中的问题与对策 [J]. 奥秘,2023(6):139-141.
- [4] 张文龙. 智慧时代商业综合体安全运营管理模式 [J]. 管理学家,2025(1):10-12.
- [5] 李聪,吴广凡,涂品. 商业综合体中庭结构改造施工技术 [J]. 建筑技术,2026,57(3):271-275.