

# 深基坑工程的安全管理风险分析及对策

王建新

中铁隧道股份有限公司 河南 郑州 450000

**摘要：**深基坑工程安全管理聚焦地质条件、施工过程、支护结构及周边环境四大核心风险维度。本文通过高精度地质勘察、施工全流程标准化管控、支护结构优化设计及周边环境动态监测，构建“风险识别-动态防控-应急响应”的安全管理闭环体系，实现工程施工安全与周边环境稳定的双重目标，全面保障施工人员生命安全及公共利益，筑牢城市高危施工场景的安全防线。

**关键词：**深基坑工程；安全管理；风险分析；应对对策

## 引言

深基坑工程作为城市建设中极具代表性的高危施工作业场景，其安全稳定运行直接关系到施工人员的生命安全，同时对周边建（构）筑物、地下管线及生态环境的安全构成重要影响。随着我国城市化进程的持续加速，深基坑工程的开挖深度不断增加、建设规模逐步扩大，地质条件的复杂多变性、施工工艺的多元差异性 & 环境交互影响的显著关联性日益凸显。在此背景下，亟需通过构建系统性、全方位的风险防控体系，有效防范坍塌、滑坡、涌水等各类高风险事故的发生，为工程建设的安全有序推进提供坚实保障。

## 1 深基坑工程安全管理概述

深基坑工程作为高危施工作业，安全管理需统筹支护结构稳定、作业人员安全及周边生态环境安全三大核心目标。此类工程地质条件复杂、施工工艺多变、环境影响范围广，需通过系统化、规范化管理筑牢防护网，防范坍塌、滑坡、涌水等高风险事件。（1）地质环境适应性：基坑开挖深度与地质条件关联紧密，砂土层易发生流砂，黏土层需关注侧向变形。需通过地质勘测明确土体力学参数，结合周边建筑基础形式及分布，制定适配性强的支护方案，实现开挖与地质环境动态匹配。（2）施工工艺标准化：支护、降水、土方开挖等关键环节需严守工艺标准与操作规范。锚杆支护需精准控制钻孔角度与注浆压力，地下连续墙施工确保墙体垂直度与接缝密封质量，以标准化操作减少人为失误风险。（3）监测预警智能化：采用自动化监测设备，实时采集基坑位移、周边沉降、地下水位等数据，依托数据分析模型识别异常趋势，提前预警潜在风险。智能传感器可反馈支护结构应力变化，结合AI算法预测变形趋势，为决策提供科学依据。深基坑安全管理贯穿设计、施工、监测全生命周期，通过风险预控、动态调整、技术革新构建

完善安全闭环体系<sup>[1]</sup>。管理团队需具备多学科交叉知识与丰富实践经验，持续优化管理策略，实现工程安全与建设效率双提升，保障人员安全及周边环境稳定。

## 2 深基坑工程安全管理核心风险分析

### 2.1 地质条件相关风险

深基坑工程中，地质条件的复杂性是安全管理首要挑战，需通过精准识别与动态应对防范潜在风险。地质条件异常变化可能引发支护失效、土体滑移等问题，直接威胁工程安全。（1）地质勘察精准度风险：地质勘察的全面性与准确性直接决定风险识别效果。若勘察未覆盖施工区域，或未明确土体分层、地下水位埋深、岩层走向及分布等关键参数，易导致支护结构设计偏差，大幅增加基坑坍塌或涌水风险。（2）地质条件动态变化风险：施工中地质环境可能受气候、施工扰动等因素影响动态变化。例如，持续降雨会使土体含水率升高、强度下降；振动施工可能引发砂土液化，需通过实时监测与动态调整支护参数应对。（3）特殊地质处理风险：软土、砂土、岩层等特殊地质需针对性处理。软土地区强化支护刚度与降水排水，砂土地区采用防流砂专项技术，岩层地区重点关注节理裂隙发育，通过科学技术手段降低安全风险。地质条件相关风险管理需贯穿勘察、设计、施工全周期，通过精准勘察、动态监测、技术优化构建风险防控体系，保障工程安全稳定推进。

### 2.2 施工过程安全风险

深基坑施工安全风险需聚焦动态管控关键节点，以系统性思维构建全方位防御体系。（1）土方开挖稳定性风险：开挖顺序不当或超挖，易导致支护结构应力失衡，引发隐患。需结合地质条件制定分层分段开挖方案，用全站仪等设备实时监测边坡位移，确保每层开挖深度控制在设计范围内。（2）施工设备操作安全风险：挖掘机、桩机等设备操作失误或故障，可能引发碰撞、

倾覆事故。需建立设备操作标准化流程,落实“人机固定”制度,加强设备日常维保与操作人员技能考核,从源头降低设备风险。(3)环境交互影响风险:降雨渗入、温差变化等环境因素会改变土体性质,影响施工安全。需通过气象预警系统监测环境参数,及时采取覆盖防渗、加热保温等防护措施,降低环境变量扰动<sup>[2]</sup>。施工风险管理需贯穿“人-机-环”三要素协同管控,通过风险辨识、评估、监控、预警的闭环管理,实现从被动处置向主动预防转变。各阶段防控措施需动态调整,开挖阶段强化支护监测,设备使用阶段加强维保,环境敏感期加大防护投入,构建全周期安全防护网,提升工程本质安全水平。

### 2.3 支护结构安全风险

支护结构是深基坑工程安全核心载体,其设计、施工及维护环节任何疏漏均可能引发连锁安全风险,必须通过全周期精细化管控保障结构稳定。(1)设计合理性验证风险:支护结构需与地质条件、基坑深度、周边环境精准匹配。例如,支撑体系需通过专业结构计算验证刚度与强度,避免因支撑间距过大导致局部失稳;挡土结构需结合土体侧压力分布规律优化截面尺寸,防止因设计冗余不足引发变形超限。(2)施工工艺控制风险:支护结构施工质量直接影响其承载能力。混凝土浇筑需确保连续密实,避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷;焊接节点需通过无损检测验证焊缝质量,避免因焊接缺陷引发结构开裂。(3)长期动态维护风险:支护结构在使用中需持续监测变形、应力、裂缝等关键参数,结合地质条件变化动态调整维护策略。例如,雨季需加强排水措施,防止地下水位上升导致土压力增加;周边施工扰动需通过监测预警及时发现,采取加固处理或调整施工方案,避免因环境变化引发结构失效。支护结构安全管理需贯穿设计、施工、维护全周期,通过设计优化、工艺严控、监测预警构建完善安全闭环,最终实现工程安全与周边环境稳定双重目标。

### 2.4 周边环境影响风险

深基坑施工对周边环境的潜在影响,需靠系统性措施管控风险,保障周边建筑物、地下管线安全及居民正常活动,杜绝环境变化引发的次生风险。(1)建筑物沉降风险:基坑开挖易导致周边建筑地基应力重分布,引发沉降、倾斜。需实时监测建筑物倾斜度、裂缝发展,搭配土体加固、隔离桩布设等技术,搭建建筑物与基坑的稳定防护体系,防范结构损伤。(2)地下管线主动避让与保护风险:施工前精准勘测管线分布,明确其类型、埋深及走向,采用人工探挖、非开挖技术或管线迁

移等方案,规避机械作业破坏;同步布设专属变形监测点,实时反馈数据并动态调整施工参数,保障管线安全运行。(3)施工振动与噪音传播管控风险:施工机械产生的振动、噪音会干扰周边居民生活及商业活动。需选用低振动设备、优化施工时段、设置隔音屏障,同时建立社区沟通机制,提前告知居民施工计划及防护措施,降低投诉风险,实现施工与周边环境和谐共生<sup>[3]</sup>。周边环境影响风险管理需贯穿勘测、设计、施工全周期,依托动态监测、技术优化与社区协同,构建全方位安全防护网,最终达成工程安全与周边环境稳定的双重目标。

## 3 深基坑工程安全管理风险应对对策

### 3.1 地质勘察与分析优化对策

地质勘察是深基坑安全管理的基础,需依托技术升级与动态分析构建精准风险识别体系,为后续设计、施工提供可靠支撑。(1)高精度地质勘测技术应用:采用地质雷达、三维钻探取样等先进技术,结合土体分层扫描及地下水位实时监测,提升勘察数据的全面性与精准度。例如,地质雷达可快速识别地下空洞、岩层走向等隐蔽风险点,规避勘察盲区导致的支护设计偏差,降低坍塌、涌水风险。(2)动态地质条件分析模型构建:结合施工进度与气象数据,搭建地质条件动态分析模型,实时预测土体含水率变化、应力重分布等趋势。雨季施工时,模型可提前预警土体强度衰减风险,指导施工单位及时调整支护参数与工艺,保障施工安全。(3)特殊地质条件针对性处理:针对软土、砂土、岩层等特殊地质,制定差异化专项方案。软土区采用预制支护与深层降水技术,砂土区应用防流砂注浆工艺,岩层区以微型桩加固节理裂隙,通过技术优化提升支护适应性,降低特殊地质风险。地质勘察与分析优化需贯穿工程全周期,凭借技术革新与动态管理构建完善安全防护网,实现工程安全与地质环境稳定的双重目标。

### 3.2 施工全过程管控对策

深基坑施工全过程管控以“预防为主、动态调整”为核心,通过流程标准化、风险可视化、人员专业化构建安全管理体系,确保各环节风险可控。(1)施工流程标准化管理:从土方开挖、支护施工到降水作业,每道工序均明确技术标准与操作规范。分层开挖厚度严控在设计范围内,杜绝超挖致土体失稳;支护安装严守“先撑后挖”原则,保障支撑体系及时受力,降低坍塌风险。(2)动态风险监控与预警:搭建覆盖基坑变形、地下水位、支护应力等关键参数的实时监测网络,结合数据趋势分析精准识别异常。位移速率超预警值时,系统自动报警并推送管理人员,指导现场及时采取加撑、回

填等应急措施,防止事故扩大。(3)人员技能与安全意识双提升:定期开展技术培训与安全演练,强化作业人员专业能力与安全意识,设安全监督岗实时纠偏不规范操作。挖掘机操作员需熟练掌握开挖参数控制技巧,安全员需具备敏锐风险识别与高效应急处置能力,以“人机协同”降低人为失误风险<sup>[4]</sup>。施工全过程管控贯穿工程全周期,通过流程优化、风险预控、人员赋能构建安全闭环,实现施工安全与工程质量双重保障。

### 3.3 支护结构设计与施工优化对策

支护结构是深基坑工程安全的核心屏障,其设计与施工优化需兼顾安全性、便捷性及环境适应性,依托技术与管理创新强化各环节协同管控,精准施策构建双重保障。(1)设计参数动态适配:结合地质条件与基坑开挖深度,动态调整支护参数。软土地区采用“排桩+内支撑”体系,优化支撑间距与桩径提升刚度;岩层地区采用锚杆支护,结合岩体强度调整锚杆长度与角度,实现支护与地质环境精准匹配。(2)施工工艺精细化控制:施工需严守工艺标准:混凝土浇筑采用分层振捣,规避蜂窝、麻面等缺陷;钢筋绑扎用定位卡具精准控距,防止移位;焊接节点经超声波检测验证质量,保障结构连接可靠。(3)材料性能提升与选择:选用高强度、耐腐蚀优质材料(如高性能混凝土、耐候钢材)延长使用寿命,结合环境科学选料:潮湿环境用防锈涂层钢材,酸碱环境用耐腐蚀混凝土,以材料升级提升结构耐久性。支护结构优化贯穿设计、施工、维护全周期,通过参数适配、工艺严控、材料升级构建安全闭环,最终实现工程安全与经济效益双重提升。

### 3.4 周边环境监测与防护对策

深基坑施工对周边环境的潜在影响,需通过系统监测与主动防护管控风险,保障周边建筑、管线及居民活动安全。环境风险防控贯穿勘测、施工、维护全周期,建立快速响应动态机制。(1)多参数实时监测网络构建:在周边建筑、管线及道路关键处布设位移、沉降、振动传感器,搭配地下水位、土体应力监测点,构建立体监测网络。例如,建筑物裂缝监测仪实时反馈墙体细

微变化,提前预警结构损伤风险,指导调整作业参数。

(2)主动防护技术集成应用:用隔离桩、微型桩加固周边建筑地基,设止水帷幕阻断地下水渗透,以非开挖技术保护管线安全。密集管线区域采用定向钻进工艺,规避机械开挖破坏,通过管线变形监测点实时反馈数据,动态调整施工方案。(3)环境风险分级响应机制:依据监测数据趋势建立分级预警体系,结合施工进度制定差异化措施。位移速率达预警值时,触发三级响应:加密监测频率、局部加固、暂停相关施工并启动预案,以“监测-预警-响应”闭环降低风险<sup>[5]</sup>。周边环境监测与防护以技术革新为支撑,通过动态监测、主动防护、分级响应构建安全防护网,实现工程安全与周边环境稳定双重目标。

### 结束语

未来,应进一步深化多学科协同创新,融合地质工程、智能监测与数据分析技术,推动深基坑工程安全管理向智能化、精细化方向转型。通过AI算法持续优化风险预警模型,结合物联网技术实现实时数据动态追踪,全面提升风险识别精度与响应效率。同时,强化施工流程标准化建设与人员技能培训,构建“技术-管理-人才”三位一体的防护体系,实现工程安全与经济效益的双提升,为城市高危场景施工高质量发展注入长效动能。

### 参考文献

- [1]王浩业.深基坑工程中地铁隧道安全风险[J].中国厨卫,2025,24(5):248-250.
- [2]吴浪,郭毅.基于云模型的深基坑工程施工安全风险评价[J].科学技术创新,2025(14):141-144.
- [3]周俊森.深基坑工程风险分级及监管策略分析[J].砖瓦,2025(7):123-124+128.
- [4]王玮,陈婷.基于双重预防机制的高层住宅深基坑施工安全管理研究[J].价值工程,2025,44(31):76-79.
- [5]李铁兵,杨林,王玥,于雷.深基坑高水位工程技术风险识别及综合解决方案[J].建筑技术,2025,56(7):812-816.