

深基坑支护施工安全风险识别与防控对策

胡琴

欧利斯认证有限公司 福建福州

【摘要】深基坑支护施工过程中,受地质条件、施工技术、周边环境等多因素影响,安全风险频发,成为城市基础设施建设中的重大隐患之一。本文以深基坑支护施工安全为研究核心,系统梳理常见的风险类型,聚焦坍塌、渗漏、基坑变形等关键隐患,从施工准备阶段、支护结构设计、现场管理到突发事件应对,构建一套针对性强、可操作性高的风险识别与防控体系。在此基础上,提出智能监测、分级管理、应急联动等防控策略,力图提升施工安全保障水平,为类似工程提供理论参考与实践借鉴。

【关键词】深基坑支护; 安全风险识别; 防控对策; 施工安全; 智能监测

【收稿日期】2025年4月18日 **【出刊日期】**2025年5月14日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000188

Identification and prevention and control measures of safety risks in deep foundation pit support construction

Qin Hu

Orlis Certification Co., Ltd, Fuzhou, Fujian

【Abstract】 During the construction of deep foundation pit support, safety risks occur frequently due to the influence of multiple factors such as geological conditions, construction technology, and surrounding environment, making it one of the major hidden dangers in urban infrastructure construction. Focusing on the construction safety of deep foundation pit support as the core of the research, this paper systematically sorts out common risk types, focuses on key hidden dangers such as collapse, leakage, and foundation pit deformation, and constructs a set of risk identification and prevention and control system with strong pertinence and high operability, covering the construction preparation stage, support structure design, on-site management, and emergency response. On this basis, it puts forward prevention and control strategies such as intelligent monitoring, hierarchical management, and emergency linkage, aiming to improve the level of construction safety assurance and provide theoretical reference and practical experience for similar projects.

【Keywords】 Deep foundation pit support; Safety risk identification; Prevention and control measures; Construction safety; Intelligent monitoring

引言

深基坑工程作为现代城市建设的重要组成部分,其支护施工直接关系到周边建筑物稳定性与人员生命安全。在城市密集区域开展深基坑施工时,地质复杂、环境敏感等因素叠加,导致安全风险显著增加。传统的安全管理方式在应对高强度、高风险施工任务时,常常暴露出响应滞后、措施滞后的弊端。本文尝试从安全风险识别出发,结合当前技术发展趋势,探索一套行之有效的深基坑支护安全防控体系,为工程实践提供可持续、安全发展的路径。

1 深基坑支护施工中的典型安全风险类型分析

深基坑支护施工是城市建设中不可或缺的重要环

节,其安全风险具有隐蔽性、突发性和链式反应特征。常见的安全风险类型主要包括基坑坍塌、围护结构失稳、土体滑动、地下水突涌和邻近建筑沉降等。其中,基坑坍塌是最严重的一类风险,通常由于支护结构受力不均、土体受扰动或降水系统设计不合理所致。围护结构由于设计荷载与实际不符,施工质量缺陷或材料老化,也极易出现变形、开裂甚至整体失稳的现象^[1]。一旦失稳,将引发土体侧向流动,形成不可逆的破坏后果。地下水控制不当会导致渗流破坏或管涌现象,不仅削弱基坑稳定性,还可能影响支护桩基及临近构筑物的安全。

在施工组织过程中,工序安排混乱、荷载变化剧烈

及监测手段滞后，均可能诱发深基坑支护安全风险。支护结构尚未形成稳定体系时若受外力干扰，极易局部失稳引发坍塌；大型机械临近作业则加剧边坡不稳定；降水系统布局不合理或运行中断，易引发管涌、流砂及坑底隆起等问题。多种因素叠加常构成风险链条，如设计冗余不足叠加桩位偏差与快速开挖，极易诱发侧墙变形。安全隐患还包括人员操作失误、设备故障、高空坠物、触电火灾等非结构性问题。在施工空间有限、工序交叉频繁的条件下，人员缺乏培训或违规作业将显著增加风险。许多事故虽看似偶发，实则根源在于管理体系、操作规程与监督机制的缺失。风险识别应兼顾结构稳定性与人为因素，从系统层面构建完整的安全识别框架。

2 深基坑支护施工安全风险成因与识别方法研究

深基坑支护施工过程中各类风险的产生，既与自然地质条件密切相关，也与工程设计、施工组织及现场管理等人为因素有直接关系。地质成因方面，若施工区域存在软弱土层、高地下水位或强风化岩层，均会对基坑稳定性产生影响。软土易压缩，受力后变形大；地下水若未充分控制，则可能形成浮托力或水力破坏，诱发坑底隆起；强风化岩夹杂块石层，易导致桩基成孔困难，降低支护结构稳定性。这些客观条件若未在勘察设计阶段进行充分识别和评估，将埋下严重隐患。深基坑多位于城市建成区，周边建筑、地下管线、交通荷载等附加因素也会改变基坑受力边界条件，使风险传播路径更复杂。

人为成因则更加多样，主要表现为设计阶段对支护体系构造选型及力学模型假设过于理想化，忽略现场地质变异带来的局部应力集中，导致结构性能评估偏离实际；施工阶段存在施工顺序不合理、监测滞后、质量控制不到位等问题。如支护结构未形成完整闭合体系即开挖土方，极易造成侧墙应力突变；监测数据采集不连续或解读滞后，无法及时发现变形发展趋势，从而错失预警时机。管理体系缺乏动态更新能力，对突发状况应对缺乏制度保障，往往使初期小问题迅速演化为重大安全事故。

针对风险识别方法的研究，当前工程界常采用基于经验判断的“清单式”识别法、层次分析法（AHP）、模糊综合评价法、概率风险评估法（PRA）及 BIM+GIS 集成技术等。清单法适用于对常规风险的快速排查，但面对复杂场地和非线性问题时往往滞后；AHP 法可将风险因素分层建模，适合决策分析，但对主观权重依赖性强；模糊评价法适应性较好，可整合模糊不确定因素

进行定量识别；PRA 方法则重视风险发生概率与后果严重程度的乘积，可用于形成动态风险矩阵图；而 BIM 结合 GIS 系统可实现风险空间定位与演化路径预测，尤其适用于多专业交叉的大型工程^[2]。综合运用多种方法，可提高识别精度与前瞻性。通过持续动态更新风险数据库，并结合现场监测反馈构建迭代模型，将风险控制由被动响应转变为主动预判，是未来深基坑支护安全管理的发展方向。

3 深基坑支护施工的系统化安全防控对策研究

深基坑支护施工的安全防控需要建立多层次、系统化的保障机制，从前期勘察、设计、施工到运营维护各阶段实现全周期联动控制。首先在勘察阶段应全面掌握地质、水文、周边环境条件，避免因数据滞后导致设计偏差。支护设计要因地制宜，选用适配性强的支护结构型式，如排桩+内支撑体系、地连墙+锚索等，同时通过有限元数值模拟对不同开挖阶段的变形及应力进行预测，优化支护方案。在设计中引入安全储备系数和极限状态设计理念，对地震、水文、工期压缩等不确定性因素进行冗余设置，从源头增强结构安全裕度。对于邻近建筑物及地下管线，则应建立风险影响评估模型，确保支护施工不会引发次生风险。

在施工组织阶段，应推行信息化、标准化施工流程，明确基坑开挖深度、分层顺序、支护结构安装节点、降水系统启动条件等技术细节。施工单位必须制定详细的施工安全专项方案，包含突发事件应急响应预案。监测系统需覆盖基坑周边沉降、支护结构内力、锚索应力、地下水位变化等关键指标，并配备自动报警系统和数据远程传输平台，实现全天候实时监控。管理层应定期组织交叉巡查和专家评审会，及时发现隐性问题并采取修正措施。针对降水系统，应采用多级防控，如设置集水井、集水坑、井点降水系统联动，避免单点失效。现场施工人员必须接受专项培训，提升操作技能和安全意识。

工程管理方面，应以风险等级为基础，建立分级管控体系。针对高风险作业区域设立物理隔离区，限制非必要人员进入；对不同风险等级制定对应的技术方案与审批流程，提升响应效率。在施工过程控制中应应用精益管理理念，将每一工序纳入质量追踪体系，形成闭环管理机制。借助建筑信息模型（BIM）、智能传感器、物联网平台等现代技术手段，实现从“事后处理”向“事前控制”的转变^[3-7]。管理单位还应设立独立的第三方安全评估机构，定期进行安全性能评估与审核，确保防控对策执行到位。通过制度、技术、人员三方面协同发

力,形成“横向到底、纵向到底”的系统化风险防控体系,从根本上保障深基坑支护施工的安全可控。

4 基于工程案例的防控策略实施效果与优化建议

在某市轨道交通深基坑施工项目中,基坑开挖深度达22米,地质为粉质粘土夹细砂层,地下水位高,邻近地段为高密度居民楼。项目初期采用排桩+三道内支撑支护结构,并配套井点降水系统。在施工前通过三维地质建模和有限元数值分析,预测可能存在的侧墙水平位移及坑底隆起风险,并设置动态监测点150余处,涵盖基坑周边建筑、地下水位、支护结构变形、锚索应力等关键指标。施工过程中,监测数据显示东南角位移变化速率异常,项目部立即启动应急响应机制,调整土方开挖顺序,增设临时支撑体系,并加强该区域降水力度,成功避免险情进一步发展。通过该案例,验证了前期风险评估和动态监测系统的重要作用,为后续施工安全提供有力保障。

在总结该工程防控成效时,发现部分问题仍需优化。尽管降水系统布置完善,但突遇连续降雨导致部分井点抽水能力不足,形成局部渗流聚集,对支护结构产生扰动^[8]。监测数据虽具备实时传输功能,但早期报警阈值设置偏保守,导致系统响应滞后。经分析后项目部对报警参数进行动态调整,并引入AI辅助分析平台提升数据处理效率。管理方面,施工单位虽建立分级管控体系,但在人员培训层面仍存在短板,部分工人对支护结构功能认识不足,影响整体防控体系的执行效果。针对这些问题,项目团队通过优化井点系统布置、升级传感器灵敏度及频率、加强现场培训和制度化考核机制,进一步提升了安全管控能力。

基于实践案例,总结出若干优化建议:一是强化风险识别与预判机制,尤其在软弱地基和高水位地区,建议采用“勘察-建模-数值分析-多方案比选”闭环流程,增强前期方案科学性;二是推广多源融合监测系统,将激光扫描、GNSS位移监测、BIM平台及AI分析工具有机结合,形成高效预警体系;三是推动制度创新,建立“项目负责人+第三方监理+行业监管”三位一体责任体系,提升制度执行力;四是重视人员素质提升,通过建立标准化培训体系和应急演练机制,增强一线操

作人员的风险感知与应变能力。通过以上措施的持续推进,深基坑支护施工安全将逐步向智能化、系统化、精细化方向迈进,实现从经验管理向数据驱动的转型。

5 结语

深基坑支护施工安全关系到城市建设的稳定与人民生命财产的安全,必须以科学的风险识别和系统的防控对策为依托,构建全周期、多层次的安全管理体系。通过技术手段与管理措施的协同发力,提升预警能力与应急响应效率,才能有效遏制各类安全事故的发生。未来,应持续推动智能监测、数据融合与规范管理的深度融合,为深基坑工程的安全可持续发展提供坚实保障与实践依据。

参考文献

- [1] 陆少峰.高层住宅小区软土地基深基坑支护变形控制研究[J].住宅与房地产,2025,(17):41-43.
- [2] 杨晓岚.高层住宅建筑深基坑支护变形监测与控制策略[J].居舍,2025,(17):166-169.
- [3] 楼淑君.建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理探究[C]//广西大学广西县域经济发展研究院.第一届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流会论文集.中天建设集团有限公司第二建设公司,2025:83-84.
- [4] 夏祺.建筑工程深基坑支护结构设计研究[J].价值工程,2025,44(16):55-58.
- [5] 焦永胜.建筑施工中深基坑支护技术进展[J].石河子科技,2025,(03):54-56.
- [6] 陈少华.高水高排工程中箱涵深基坑支护研究[J].黑龙江水利科技,2025,53(05):41-44.
- [7] 王硕,高英武.住宅基础施工中复杂地质深基坑支护技术研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(10):7-9.
- [8] 王楠.发挥深基坑支护技术的关键作用,助力工程安全稳定建设[J].楼市,2025,(05):72-74.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS