# 市政工程深基坑施工安全风险识别与防控措施研究

顾向东
中材国际水务科技（合肥）有限公司 安徽 合肥 230000

**摘 要** 市政工程深基坑施工因地质状况复杂、周边环境敏感、施工工艺特别等因素，变成安全事故频发的危大工程领域。本文依据“识别—评估—防控—应急”全流程管理想法，系统剖析深基坑施工中地质、环境、施工、管理四类风险源头，用定性和定量相结合的风险评估法明确风险等级，从技术防控、管理加强、应急处理3个方面构建全面防控体系，结合典型事故案例验证措施有效。研究结果能给市政工程深基坑施工安全管理提供理论支持与实践指导，减少坍塌、涌水、管线损坏等安全事故发生概率。

**关键词** 市政工程；深基坑施工；风险识别；防控措施

**Research on Safety Risk Identification and Prevention-Control Measures for Deep Foundation-Pit Construction in Municipal Engineering**

Gu Xiang-dong
Sinoma International Water Technology (Hefei) Co., Ltd., Hefei 230000, Anhui Province, China

**Abstract** Due to complex geological conditions, sensitive surrounding environments, and special construction techniques, deep foundation pit construction in municipal engineering has become an area with frequent safety accidents in the field of dangerous and major engineering. Based on the full-process management concept of "identification—assessment—prevention and control—emergency response", this paper systematically analyzes four types of risk sources in deep foundation pit construction: geological, environmental, construction, and management. It employs a combination of qualitative and quantitative risk assessment methods to clarify risk levels, and builds a comprehensive prevention and control system from three aspects: technical prevention and control, management reinforcement, and emergency response. The effectiveness of the measures is verified through analysis of typical accident cases. The research results can provide theoretical support and practical guidance for the safety management of deep foundation pit construction in municipal engineering, reducing the probability of safety accidents such as collapses, water gushing, and pipeline damage.

**Key words** Municipal Engineering; Deep Foundation-Pit Construction; Risk Identification; Prevention and Control Measures

伴随城市化进程加快，市政工程建设朝地下空间深度延伸，深基坑工程在地铁、地下综合管廊、城市交通枢纽等项目中广泛运用。深基坑施工在城市核心区域进行，遇到场地窄小、邻近建筑物多、地下管线错综复杂等复杂情形，施工当中容易受地质变化、工艺差、管理漏洞等因素影响，引发坍塌、涌水涌砂、周边建筑沉降等安全事故。杭州地铁湘湖段塌方事故致使21人死亡、直接经济损失4 961万元，广州珠城海广场基坑出现滑坡，致使地铁停运、建筑物倒塌，这类事故充分显出深基坑施工安全管理的薄弱之处。

## 1 市政工程深基坑施工安全风险识别

### 1.1 风险识别原则与方法

风险识别依照“全面性、动态性、针对性”准则，覆盖施工整个流程，动态跟踪工序变化中的风险演化，结合市政工程周边环境敏感等特点精准辨认风险点。运用资料分析、现场踏勘、专家访谈、BIM模拟等多种办法，查阅地质勘察报告、市政管线档案，合并现场实测数据和同类工程事故案例，构建完整的风险清单。

### 1.2 主要风险因素分类及分析

1.地质风险因素。地质状况是深基坑施工安全的基础影响要素，主要涵盖土层性质、地下水位以及地质构造3个方面，软土层、砂层等不好的土层承载能力低，容易致使基坑侧壁不稳以及坑底凸起，像沿海区域软土蠕变会加重支护结构变形；地下水位高或水压大时，若降水措施不当，容易引发涌水涌砂事故；岩溶地区溶洞、断层破碎带会形成受力薄弱地方，地震活

动区域地质断层会增大突发性坍塌概率。此外，沿海地区土壤盐分还会侵蚀支护结构，减少它的耐用性[1]。

2.环境风险因素。市政工程深基坑大多处在城市建成区，周边环境风险繁杂多样，邻近建筑物方面，旧建筑基础稳固性欠佳，基坑开挖致使土体侧移容易造成墙体开裂、倾斜乃至倒塌；地下管线包含供水、燃气、电力、通信等种类，一旦因施工扰动出现破裂，或许引发停水停电、燃气泄漏爆炸等连锁事故；生态环境方面，湿地附近施工会造成水土流失，热闹街区施工造成的噪声与振动会影响居民生活，同时交通荷载会增基坑周边土体应力[2]。

3.施工风险因素。施工技术操作与工艺选择直接影响基坑安全。土方开挖时，若分层厚度超标、超挖或顺序混乱，易导致基坑受力失衡，引发坑壁坍塌。支护结构施工中，排桩断裂、锚杆注浆不实、地下连续墙接缝缺陷等问题，会削弱支护体系作用。如宁波某地铁基坑，因未按设计要求采用十字型施工，导致连续墙竖向通缝，最终引发涌土事故。地下水控制不当亦是关键风险——降水不足易致坑内积水，过度降水则可能引起周边地面沉降。此外，机械操作失误或碰撞支护结构、雨季排水不畅、夜间照明不足等，均会进一步增加施工风险[3]。

4.管理风险因素。安全管理漏洞是致使风险变成事故的重要原因，施工方案编得不完善、未经专家论证或者未严格执行，支护方案和现场地质条件不相符；人员管理方面，新入职职工三级安全教育未做到位，施工人员欠缺安全意识与专业技能，违规操作情形屡现；现场监管缺失，关键工序未落实旁站监督，劳务队伍私自施工且无人看守；物资设备管理欠佳，应急物资储备不够、施工机械老旧没及时检修等，都会放大施工安全风险[4]。

## 2 市政工程深基坑施工安全风险评估

### 2.1 风险评估流程

风险评估依照“先定性接着定量、分级分类去管控”的思路，流程包含：确定评估指标体系，包含地质、环境、施工、管理四类风险要素；收集评估数据，包含地质勘察报告、施工日志、监测数据、同类工程事故统计资料等；选择适宜的评估方法，结合风险特性做定性和定量分析；划分风险等级，制订差异化管控策略[5]。

### 2.2 定性评估方法

采用风险矩阵法，依照专家经验给风险发生可能性和影响程度划分等级，可能性分成高、中、低三等，影响程度分成重大、较大、一般三级，两者组合构成9个风险等级，邀请地质工程师、安全顾问、施工主管构成专家团队，借头脑风暴和德尔菲法达成一致，把高可能性加重大后果列为一级风险（红色预警），中可能性加较大后果列为二级风险（黄色预警），低概率加一般后果列为三级风险（绿色预警）。定性评估快速高效，适用于施工前期的风险筛查，给后续管控提供重点方向。

### 2.3 定量评估方法

定量评估靠数据建模算出风险具体数值，提高评估准确性，概率分析法依据历史数据统计风险事件发生频次，如基坑坍塌事故出现概率是每百万次施工0.5次；数值模拟法借助有限元分析等软件工具，模拟挖掘过程里土体应力变化和支护结构变形，预估风险出现概率与波及范围。例如，借助计算机模拟能评估暴雨情形下支护结构的稳固性，计算安全系数，安全系数低于1.0时要调整施工方案，定量评估耗时较长，可为关键工序风险管控提供精准依据，适用于一级风险的深度评估。

### 2.4 风险等级划分标准

结合《建筑施工安全检查标准》和市政工程特点，把风险分成三级：一级风险（重大风险），如软土区域基坑垮塌、燃气管道破裂爆炸等情况，应制订专项应急办法且经专家论证；二级风险（较大风险），如支护结构有点变形、周边建筑有点沉降等，要加强监测并制订整改举措；三级风险（一般风险），如施工机械有点小故障、没有临时防护等，应马上整改且强化日常监管。

## 3 市政工程深基坑施工安全防控措施

### 3.1 技术防控措施

1.支护结构优化设计与施工。按地质条件与基坑深度选合适支护类型，软土地区优先用地下连续墙加内支撑体系，砂层区域能用排桩加锚杆支护。严控支护结构施工质量，地下连续墙施工确保槽壁稳定，接缝地方采取防渗办法；锚杆施工保证注浆密实度，控制张拉应力合乎设计要求，施工时严格照方案去做，支撑架设赶上开挖进度，防止支护结构长时间暴露。

2.地下水与地表水精准控制。降水系统设计得依据含水层渗透系数来定，渗透系数1 ~ 5 m每日的粉砂层用管井降水，井间隔15 ~ 20 m；渗透系数 < 0.1 m每日的黏土层用的是电渗井点，运行时控制水位降至坑底以下0.5 ~ 1 m，设双路供电与备用发电机（功率不低于120 kW），保证停电时能持续运作。一并做好地表水疏导，于基坑周边布设排水沟和集水井，避免雨水流进坑中。

3.土方开挖精细化施工。执行分层、分段、对称开挖准则，分层厚度不超2 m，分段长度依照支护结构受力情形来定，

防止大面积挖掘，严禁超挖，坑底预留200～300 mm土层用人工清理，保护基底土体构造。开挖时防止机械碰支护结构和降水井，靠近地下管线区域用人工挖掘，确保管线安全。

4.全过程监测体系构建。制订专项监测方案，监测指标包含基坑侧壁位移、沉降、支护结构内力、地下水位、周边建筑物沉降、管线变形等，按风险等级确定监测频率，一级风险地区每日监测不少于两次，二级风险区域每隔两到三天监测一次，三级风险区域每周监测一至两次。设置科学的预警界限，支护结构水平位移控制数值是0.2%H（H为基坑深度），对应黄色预警为0.15%H、橙色预警为0.18%H、红色预警为0.2%H，监测数据实时传到管理平台，保证异常状况及时发现。

### 3.2 管理防控措施

1.完善专项施工方案管理。施工前制订针对性安全专项施工方案，清楚地质勘查、支护设计、开挖步骤、监测要求、应急办法等内容，方案要经专家论证，保证技术可行、经济合理、因地制宜。若施工时地质条件变了，及时调整方案且再度报审，不许擅自更改施工工艺。

2.强化人员安全管理。建立三级安全教育培训体系，企业培训着重安全法规标准，项目级培训讲解现场风险特点，班组级培训着重操作规程与应急技能，培训完开展笔试和实操考核，考核通过才能上岗，定时组织安全交底与经验分享会，提升施工人员风险辨认能力与安全意识。每隔半年做一次职业健康检查，着重筛查尘肺、听力损害等职业病。

3.加强现场全过程监管。执行关键工序旁站监督制度，对支护结构施工、土方开挖、降水运行等关键环节开展全程监控，构建隐患排查治理双重预防机制，定时做安全检查，把发现问题分成轻微、中等、严重三级，轻微问题24 h之内整改，严重问题马上停工整改。运用信息化管理办法，借助视频监控、传感器监测等达成现场风险实时管控，避免管理失控。

4.规范物资设备管理。严格把控施工材料品质，支护钢材、水泥、外加剂等物资应有质量合格证明，进场前进行检验，不合格材料不许用，定时给施工机械、监测设备、应急设备做维护检修，确保其性能完好。储备充裕的应急物资，包含沙袋、注浆装置、抽水器具、急救用品等，专人搞管理、定期做检查、随时能使用。

### 3.3 应急处置措施

1.应急响应机制构建。构建三级应急响应体系，黄色预警开启技术组实地核查，加密监测频次并分析风险变动趋向；橙色预警停下作业，抢险组到场处置，采取加固支护、调整降水参数等举措；红色预警马上开启全员疏散流程，撤离至安全区域，上报相关主管部门。预警信息经短信、广播系统一同推送至全部现场人员，确保响应及时。

2.专项应急处置方案。针对不同险情制订专项处置办法：基坑坍塌预兆之际，立即停止坑内作业，疏散人员，用沙袋反压坡脚，必要时回填土方；地下管线泄漏时，关闭相关阀门，用吸油毡之类材料覆盖泄漏处，通风检测后组织修复；降水系统失效时，启动备用水泵，增设临时井点，一并检查供电线路。处置过程依照“先人员后设备、先控制后消除”的准则，避免风险扩大。

3.应急演练与总结优化。定时组织应急演练活动，每年不少于2次，模拟基坑塌陷、涌水、管线破裂等典型险情，查验应急指挥体系、处置流程以及物资保障有效性，演练完及时总结经验，查找不足，优化应急方案和处置流程，提升应急响应能力。

## 4 结束语

市政工程深基坑施工安全风险有系统性、动态性、滞后性特征，主要出自地质、环境、施工、管理4个方面，经风险矩阵法和定量模拟法联合的评估办法，能够精确划分风险等级；搭建“技术防控+管理加强+应急处理”的三维防控体系，可有效降低风险发生概率。其中，支护结构优化、地下水精准控制、全过程监测、三级安全教育、应急响应机制乃防控核心举措，案例实践表明该体系有较强的针对性与可操作性。

## 参考文献

[1]王乾坤,朱科,郭佩文.DEMATEL和模糊认知图在地铁深基坑施工安全风险动态评估中的应用[J].安全与环境学报,2024,24(11):4143-4153.

[2]Patrick X.W.Zou,田辉,王玥琳,等.复杂系统视角下公路施工安全风险分析[J].工程管理学报,2025,39(4):81-87.

[3]常春光,赵梓言.基于ANP-SPA的装配式建筑施工安全风险评价[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2023,25(1):44-49.

[4]张建伟.既有线铁路大修列车换枕施工安全风险管理研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2024.

[5]张志成,邱凤夏.城市地下综合管廊浅埋暗挖法施工安全风险探讨[J].河南科技,2024(3):22-23.

（本文编辑　吴文博）

