 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i6.10626

Safety Risk Control of Deep Foundation Pit Construction——Take Shanghai Demonstration Zone line 15 as an Example

Jiyuan Zhang

Shanghai Urban Construction Municipal Engineering (Group) Co., Ltd., Shanghai, 201999, China

Abstract

In order to solve the problem of safety risk management and control in the construction of ultra deep foundation pit, this paper takes the fangle Road station project of Shanghai regional railway Demonstration Zone line 15 as the research object. The foundation pit of the station is ultra deep, super large and has complex geological environment. In view of these characteristics, we identified and summarized six categories of core security risk factors, and on this basis, built and implemented a full process, closed-loop security management and control system, and took refined management and control measures for various risks to ensure the safety and controllability of the project. According to the on-site treatment experience of confined water inrush, the details of safety management and control are further refined and summarized. The practice results show that the practical experience system from risk identification to closed-loop management and control is clear and specific, which provides safety management guidance and reference for similar ultra deep foundation pit projects.

Keywords

deep foundation pit; safety risk control; confined water; diaphragm wall; rail transit

深基坑施工安全风险管控——以上海示范区线 15 标为例

张骥元

上海城建市政工程（集团）有限公司，中国·上海 201999

摘　要

为解决超深基坑施工安全风险管控难题，本文以上海市域铁路示范区线15标段芳乐路站工程为研究对象，该车站基坑超深、超大且地质环境复杂。针对这些特征，我们识别归纳6大类核心安全风险因素，在此基础上构建实施全流程、闭环式安全管控体系，对各类风险采取精细化管控措施，保障项目安全可控。根据现场承压水突涌险情处置经验，进一步提炼总结安全管控细节，实践结果表明从风险识别到闭环管控的实践经验体系清晰、措施具体，为类似超深基坑工程提供安全管理指引与参考。

关键词

深基坑；安全风险管控；承压水；地下连续墙；轨道交通

1 引言

随着城市轨道交通的迅速发展，超深、超大基坑工程日益增多，施工安全直接影响到工程能否顺利进行、人员财产是否安全以及周边环境是否稳定。上海示范区线 15 标芳乐路站属于重点交通枢纽工程，存在超深地下连续墙施工、多层承压水控制、周边敏感环境扰动等诸多风险，安全管控级别为一级。结合工程复杂的工况，整理出风险识别和管控的难点，探寻全流程闭环的管控模式，目的在于解决超深基坑施工的安全问题，为行业类似的工程提供操作指引。

【作者简介】张骥元（1990–），男，中国江苏无锡人，本科，工程师，从事安全管理研究。

2 工程概况

2.1 工程概况

上海示范区线 15 标芳乐路站为地下三层双岛四线车站，与 13 号线西延伸、规划 25 号线换乘，主体长 633m、最宽 42.4m。标准段基坑深约 24.3m，端头井最深达 31.6m，围护采用 1200mm 厚地下连续墙，最深 66.5m。场地浅层含淤泥质土与回填土，北侧邻近高宋塘、张申浦桥，西侧为泾一河、纪潭路，南侧为在建南山房产项目，涉及多层承压水，施工环境复杂、安全管控等级高。

2.2 核心安全风险识别

根据现场地质、环境、工序等各方面情况，确定出 6 个主要的风险类型，建立风险清单，并对其进行分级控制，为靶向控制提供依据。

表 1 核心安全风险清单表

风险类别	主要风险内容
超深地下连续墙施工风险	成槽塌方、垂直度超标、钢筋笼吊装倾覆、混凝土浇筑缺陷
深基坑开挖与支撑风险	超挖、边坡失稳、支撑失稳、围护结构渗漏
承压水降水风险	突涌、管涌、坑底隆起、周边地表沉降
大型机械作业风险	起重吊装事故、成槽机及挖机倾覆、机械伤害
周边环境风险	河道驳岸变形、既有 13 号线基坑扰动、管线破损、建（构）筑物沉降
临时用电与消防风险	触电、火灾、防汛防台应急处置不当

3 全流程安全风险管控措施

3.1 源头管控：方案先行与技术交底

3.1.1 专项方案管控

根据芳乐路站超深地连墙、最深达 31.5m 深基坑开挖、多层承压水降水、超大吨位起重吊装等危大工程，严格实行“先方案、后施工”。由项目总工负责编制专项施工方案，明确超深地连墙成槽工艺、基坑分层分段开挖顺序、多道支撑布置参数、分层降水控制指标、变形预警阈值等内容，组织行业专家进行论证评审，按照评审意见对方案进行优化完善后报监理、业主审批备案。所有危大工程必须严格按照论证通过的方案实施，不得无方案、超方案、擅自更改方案施工，从技术源头上杜绝系统性安全风险 [1]。

3.1.2 技术安全交底

创建项目部、施工队、作业班组三级安全技术交底制度，由安全负责人牵头技术负责人参加。对超深基坑、高支模、起重吊装等高风险工序逐级向管理人员、班组长、一线作业人员进行全过程交底，对地连墙施工、基坑开挖、支撑安装、降水运行等关键环节的风险点、标准操作规程、个体防护要求、应急处置要点进行详细的交底。交底以图文并茂、现场实操演示为主，所有参加人员签字确认，交底记录全部存档保存，保证全体人员对风险防控要点和安全操作要求了如指掌。

3.1.3 人员资质管控

严格落实特种作业人员持证上岗制度，起重指挥工、电焊工、电工、架子工、木工、司索工等必须持有效证件上岗，证件定期复核备案，无证、证件过期人员不得上岗。对特种作业人员进行定期的安全培训和考核，提高特种作业人员的操作技能以及风险识别能力 [2]。所有作业人员进场前必须进行三级安全教育，每天上班前进行 5 到 10 分钟的班前安全教育，主要讲明当日作业风险、防护措施和“三不伤害”原则，不断加强作业人员的安全意识和应急自救能力 [3]。

3.2 过程管控：工序闭环与现场监管

3.2.1 地下连续墙施工管控

成槽阶段使用 SG70A 成槽机，装有双向纠偏装置，随时检测成槽的垂直度 ≤1/1000，达到超深地连墙高精度的要求；槽段两侧用 Φ850@600 三轴搅拌桩做槽壁加固，提高浅层土体稳定性，防止槽壁塌方；钢筋笼吊装用 450t 和 300t 履带吊双机抬吊，超长钢筋笼分节制作、机械对接；吊装区域全封闭设警戒区，设专职指挥及监护人员，严格遵守“十不吊”规定，防止吊装倾覆、坠落；采用水下混凝土，混凝土浇筑坍落度为 180 ~ 220mm，钢筋笼吊放就位后及时灌注混凝土，间隔不应超过 4h，保证连续浇筑质量；浇筑全程监测导管埋深，不得拔空导管，保证墙体密实无夹泥、无渗漏。

3.2.2 基坑开挖与支撑管控

基坑开挖严格按照分层、分段、对称、均衡、限时的原则进行，纵向综合放坡坡度≤1：3，层间小坡坡度≤1：1.5，每段开挖长度 ≤6m；每段土方开挖后 16h 内完成对应钢支撑安装及预应力施加或 48 小时内完成钢筋混凝土支撑浇筑；钢筋混凝土支撑必须在达到设计强度之后才能进行下层土方的开挖；钢支撑采用两点吊装，安装时顺直校正、轴线精准对接，分级分步施加预应力，实时监测轴力数据，合格后方可开挖下层土体；施工全过程不得随意拆除、割除支撑，不得超挖、陡直开挖；坑底留土厚度为 200 ~ 300mm，用人工清理底土并整平，防止机械对基底土体造成扰动；底土清理后立即浇筑混凝土垫层和底板，尽量减少坑底暴露时间，减小隆起和渗漏。

3.2.3 降水与止水管控

建立疏干井、降压井分离的独立降水系统，对⑦ 1、⑧ 2 承压水进行分层减压降水，疏干井将上部潜水降到开挖面以下 1m，降压井根据需要降低承压水水位；坑外同步布置水位观测井和回灌井，实时监测水位变化，必要时启动回灌措施，控制周边地表和建构筑物沉降；止水体系用地连墙十字钢板接头和接缝旋喷桩止水相结合的方式组成全封闭的止水帷幕；基坑开挖时派专人 24 小时值守，对出现的渗漏及时处理，微小渗漏用水溶性聚氨酯注浆封堵，较大渗漏用软管引流，周围用快速水泥封堵，严重涌水涌砂立即回填反压，同时，采用坑外双液注浆止水，防止渗漏扩大引起失稳。

3.2.4 现场防护与机械管控

基坑周边用 1.2m 高的标准化防护栏杆围起，并且在底下加设了 18cm 高的挡脚板，在外侧满挂密目安全网，从而构成一个全封闭的临边防护。基坑上下通道使用专用标准化梯笼，固定牢靠、防滑耐磨，禁止作业人员攀爬支撑、围护结构上下。大型机械设备进场前必须进行验收、检测和备案，合格后方可使用，定期对设备进行检修保养，严禁带病运行。

基坑周边 5m 范围内不得堆放土方、材料等荷载，机械行驶和作业路线提前做专项规划，有专人指挥监护，避免机械靠近基坑边缘作业，造成倾覆、坍塌风险 [4]。

3.3 动态管控：监测预警与信息化施工

3.3.1 监测体系布设

按照一级基坑标准全维度布置监测点，使基坑及周边环境监测全面覆盖。监测内容有围护墙深层水平位移、围护墙顶沉降和水平位移、各道支撑轴力、立柱隆沉、坑内外地下水位、基坑周边地表沉降、周边河道驳岸、桥梁、电力燃气支墩和地下管线沉降位移等。测斜孔、水位孔、沉降点按间距规范精准布设，保证真实反映施工全过程变形和受力变化。

3.3.2 预警阈值设定

根据芳乐路站基坑深度及设计要求，确定刚性预警阈值为围护墙顶位移速率不大于 2mm/d，累计位移不大于 0.1%H，基坑周边地表沉降速率不大于 2mm/d，累计沉降不大于 0.1%H，地下水位累计变化不大于 500mm，日变化不大于 300mm，支撑轴力控制在设计值的 80% 以内，立柱隆沉累计不大于 20mm，速率不大于 2mm/d。周边刚性压力管线累计位移 ≤10mm、速率 ≤2mm/d，所有阈值为施工预警硬指标，不得超越。

3.3.3 监测与响应

基坑开挖期间加密监测频率，关键工序每天监测不得少于 2 次，数据马上采集、马上分析、马上上报。当监测数据达到预警值的 80% 时启动黄色预警，达到预警值立即启动红色预警，停止基坑作业，组织参建各方分析变形原因，采取加固支撑、补浆止水、调整降水、卸载减压等有针对性的处置措施。安排专人对变形进行监测，当变形稳定、隐患完全消除之后，才可进行施工，形成一个监测、预警、处置、复核的闭环。

3.4 应急管控：预案组织与物资储备

3.4.1 应急预案体系

按照芳乐路站工程特点及风险等级制订出围护结构渗漏、流砂、承压水突涌、基坑纵向滑坡、地下管线破损、防汛防台、触电、火灾等专项应急预案，并形成完整的应急体系。确定应急指挥小组、技术保障组、抢险组、医疗组、后勤组等组织机构及人员的职责，对险情报告、疏散撤离、抢险处置、信息上报等各个环节进行细化，保证责任到人、流程清楚、处置规范 [5]。

3.4.2 应急物资储备

施工现场定点、定量、分类储备应急物资，专人管理、定期检查维护、保证完好可用。重点储备双液注浆机、聚氨酯注浆材料、水泥、水玻璃、封堵棉纱、木楔、编织沙袋、方木、大功率水泵、应急发电机、应急照明、急救药品、担架、警戒器材等，物资存放点设明显标识，建立领用和补充台账，保证险情发生时可以快速调取使用。

4 管控成效

项目严格落实全流程闭环式安全风险管控体系，深基坑施工基本保持在安全稳定的状态，仅在 4 区基坑开挖见底时，发生承压水突涌险情，并迅速处置。其余施工期间无生产安全事故、质量事故及环境事故。

项目总体安全可控，靠方案先行根除隐患源头，凭工序闭环严控过程质量，以监测预警筑牢动态防线，用应急处置守住安全底线。

5 险情处置与安全管控要点

4 区基坑坑底承压水突涌后，项目采用快速引流、混凝土反压、加密监测、补偿注浆、增设应急降压井等措施在 48 小时内解除了险情。

根据该险情的处置经验，项目部还进一步提炼了几个安全管控要点：

应加强勘察孔封孔质量管控，确保不形成涌水隐患。

应设置应急降水井，确保紧急状况时能针对承压水源头进行处置。

应争取险情初期的时间窗口，快速处置，这个就需要做好日常的应急物资储备和应急演练。

抢险期间，也应加强质量安全细节管控，确保抢险方案能顺利无损失地实现。

巡视和监测是非常有必要的，以便及时发现风险。

6 总结

本文以上海示范区线 15 标芳乐路站超深基坑工程为研究对象，结合项目超深超大、地质条件复杂、周边环境敏感的工程特点，系统识别梳理出六大类核心安全风险。项目坚持方案先行、工序闭环、监测预警、应急处置全流程闭环管控思路，从源头防控、过程管控、动态预警、应急兜底四个维度制定针对性管控举措。针对施工过程中突发的承压水突涌险情，现场快速响应、精准落实应急处置措施，并以此为契机复盘总结、细化完善安全管控要点，进一步补齐管控短板、筑牢安全防线，全面提升了工程超深基坑安全风险精细化管控水平。

参考文献

[1] 杨之军,温双义.明挖超深大基坑施工重大安全风险管控[J].建设监理,2022,(06):79-83.

[2] 夏则爱.复杂环境条件下深基坑实施过程风险管控与技术措施[J].建筑施工,2021,43(06):1166-1168+1179.

[3] 吴梅.市域铁路复杂环境车站深基坑施工安全风险管控研究[J].路基工程,2025,(04):213-219.

[4] 张榜武.软土地区紧邻既有地铁车站深基坑施工安全技术[J].施工技术(中英文),2024,53(18):125-128.

[5] 胡园园,刘俊生,王行风.基于BIM与知识图谱的深基坑施工安全风险识别研究[J].金属矿山,2023,(09):180-186.