

文章编号: 1007-2993(2022)01-0054-05

# 基于检测试验和动态监测的过渡期基坑风险评估

李 姝<sup>1</sup> 张立展<sup>2</sup>

(1. 北京市勘察设计研究院有限公司, 北京 100038; 2. 中航勘察设计研究院有限公司, 北京 100098)

**【摘要】** 通过对某过渡期基坑工程的第三方检测和动态监测数据分析, 修正支护结构设计参数和地层参数, 计算基坑整体稳定性, 定量判断与定性分析相结合, 从而对过渡期基坑进行全面、客观、准确的风险评估, 针对性提出加固措施, 保证基坑延期使用条件下的可靠性。

**【关键词】** 过渡期基坑; 风险评估; 检测试验; 动态监测

**【中图分类号】** TU 413

**【文献标识码】** A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.01.010

## Risk Assessment of Foundation Pit During Transition Period Based on Detection Test and Dynamic Monitoring

Li Shu<sup>1</sup> Zhang Lizhan<sup>2</sup>

(1. BGI Engineering Consultants Ltd., Beijing 100038, China;

2. AVIC Institute of Geotechnical Engineering Co., Ltd., Beijing 100098, China)

**【Abstract】** The third-party detection and dynamic monitoring data of a certain foundation pit during transition period was analyzed, then the design parameters of supporting structure and stratigraphic parameters were modified to calculate the stability of the foundation pit. Through quantitative and qualitative analysis, the risk assessment of foundation pit during transition period was implemented comprehensively, objectively and precisely. Then some pertinence reinforcement measures are proposed to ensure the reliability of the foundation pit under extended service.

**【Key words】** foundation pit during transition period; risk assessment; detection test; dynamic monitoring

### 0 引言

基坑支护是为保证地下结构施工及基坑周边环境的安全, 对基坑侧壁及周边环境采用的支挡、加固与保护措施; 待地下结构施工完毕并回填后, 支护结构即完成使命, 支护结构为临时性结构, 设计使用年限为 1 年<sup>[1]</sup>。而在建设过程中, 出现了较多的基坑因建设资金不足、业主方案变更、设计变更、合同纠纷等原因处于停工状态, 从而使得基坑支护结构处于超期状态, 对周围的建筑物、构筑物、道路、管线等造成了较大的安全隐患<sup>[2]</sup>。目前, 关于超期基坑已有诸多研究。马德云等<sup>[3]</sup>分析了桩锚支护体系的超期深基坑对周边建筑物的沉降影响; 林李山<sup>[4]</sup>评估了地下墙与临时钢管支撑组合支护在超期使用状态下的稳定性和安全性; 罗 康等<sup>[5]</sup>对超期基坑工程进行了检测鉴定分析; 杨庭森<sup>[6]</sup>阐述了超期服役基坑的质量安全评定方法和处理措施; 黄敬贤<sup>[7]</sup>指出应根据具体情况采取不同的加固措施, 并加强监测, 才能确保超期

基坑支护结构的安全; 张鑫全<sup>[8]</sup>利用监测数据评估了基坑超期使用再开挖对周围环境的影响; 张兆龙<sup>[9]</sup>探讨了基坑搁置前后支护桩变形规律; 张钦喜等<sup>[10]</sup>对超期服役基坑开展了监测和数值分析; 门 彬<sup>[11]</sup>利用 ABAQUS 有限元软件进行数值模拟, 得到了影响超期服役基坑变形规律的关键因素。针对超期服役的深基坑, 常规做法是在建设主管部门的监督下, 由建设或施工单位组织专家组对深基坑安全重新进行论证评审<sup>[12-13]</sup>。

超期基坑中有一类长期处于待施工状态, 其超期期限长达 5 年甚至更久, 期间进行加固以确保基坑安全。本研究将加固设计至继续开挖前的这段时间定义为过渡期, 过渡期基坑的安全状态具时效性, 其风险亦不可忽视, 需对其进行安全评估。本文通过对某过渡期基坑工程的第三方检测和动态监测数据分析, 考虑锚索预应力损失、土体强度折减等因素计算基坑整体稳定性, 定量判断与定性分析相结合, 从

而对过渡期基坑进行全面、客观、准确的风险评估, 提出相应的加固措施, 满足基坑使用功能要求。

## 1 工程概况

项目位于北京市东城区, 地块北邻地铁 7 号线, 西邻地铁 5 号线, 东邻石板胡同, 南邻新生巷。建筑±0.00=42.50 m, 框架结构, 筏板基础, 地上 3 层, 地下 2~3 层, 东西长约 178 m, 南北宽约 114 m, 基坑设计深度 14.38~19.28 m。

根据本工程岩土工程勘察报告, 勘探深度范围内(最深 60.00 m)的地层, 按成因类型、沉积年代可划分为人工堆积层和第四纪沉积层两大类, 按其岩性及工程特性进一步划分为 12 个大层。黏质粉土素填土、砂质粉土素填土①层, 细砂、粉砂②层, 重粉质黏土、粉质黏土③层, 细砂、中砂④层, 粉质黏土、黏质粉土⑤层, 细砂、中砂⑥层, 黏土、重粉质黏土⑦层, 圆砾、卵石⑧层, 黏土、重粉质黏土⑨层, 卵石⑩层, 粉质黏土、重粉质黏土⑪层, 卵石⑫层。勘察期间于钻孔中实测到 3 层地下水, 各层地下水水位情况及类型见表 1, 场区内地下水历年最高水位标高为 39.90 m 左右, 近 3—5 年最高地下水水位标高为 30.70 m 左右(不包括上层滞水)。

表 1 地下水情况一览表

地下水类型	地下水静止水位	
	埋深/m	标高/m
层间潜水	13.00 ~ 16.20	26.15 ~ 28.33
承压水	24.30 ~ 26.30	15.09 ~ 16.88
承压水	29.20 ~ 31.20	10.39 ~ 11.79

基坑支护设计主要采用“上部挡土墙+下部桩锚”支护体系, 近地铁 5 号线区间隧道段采用“挡土墙+双排桩+预应力锚杆”支护体系, 地下二层与地下三层衔接部位采用土钉墙支护。地下水控制采用支护桩间设置旋喷桩止水以及支护桩后设置三轴搅拌桩帷幕止水, 坑内疏干措施。基坑于 2014 年 7 月动工, 至 2015 年 1 月施工完成了支护桩、帷幕旋喷桩、冠梁、挡墙和部分锚杆, 土方开挖深度约 10 m, 之后基坑处于停工状态。为确保基坑安全稳定, 于 2018 年进行维护加固等工作。现因不能按原计划时间节点复工, 预计基坑过渡期延至 2022 年底, 为确保基坑于过渡期内安全稳定, 对其进行风险评估。

## 2 现场调查及检测试验

### 2.1 现场调查

桩间喷射砼面板大体完好, 局部出现鼓胀开裂(见图 1); 土钉墙面板大部湿润, 局部坡肩出现开裂

破损, 下阶中部局部面板破损形成空洞; 钢腰梁普遍锈蚀, 锈蚀层厚度约 0.18 mm。



图 1 桩间砼面板开裂、鼓胀

### 2.2 探地雷达

采用美国 GSSI 公司的 SIR-30E 型探地雷达探测基坑周边地面以下 5 m 范围内土体密实情况, 该仪器具有系统高度集成化、数字化、分辨率高、可实时数据处理和信号增强等特点。探测揭示基坑西侧地面以下约 2~5 m 深度范围内存在轻微疏松的异常反映区域(见图 2)。

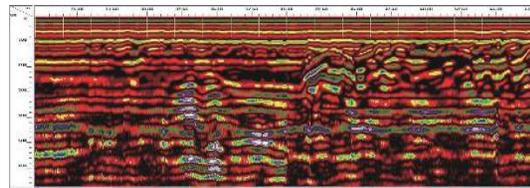


图 2 探地雷达典型图谱

### 2.3 混凝土回弹试验

采用 HT-225 型混凝土回弹仪、TH-01 型碳化深度测定仪, 确定护坡桩、挡墙和冠梁的混凝土抗压强度, 试验表明桩身混凝土强度范围为 31.00~59.80 MPa, 平均值为 40.11 MPa; 冠梁混凝土强度范围为 30.50~46.90 MPa, 平均值为 38.82 MPa; 挡墙混凝土强度范围为 30.50~45.40 MPa, 平均值为 36.48 MPa; 其混凝土强度均能达到 C30 混凝土的设计要求强度。

### 2.4 锚杆验收试验

锚杆验收试验显示加至最大试验荷载时, 锚杆未出现破坏现象, 在观测时间内锚杆的位移增量不大

于 1.0 mm, 位移收敛, 故判定锚杆验收合格, 抗拔承载力满足设计要求。部分锚杆(如第 1 道的 E126、E127, 第 2 道的 B7、E111)试验的总位移量和弹性位移量数值较大(见图 3), 推断现阶段其轴向拉力与设计锁定值相比存在一定程度的损失。

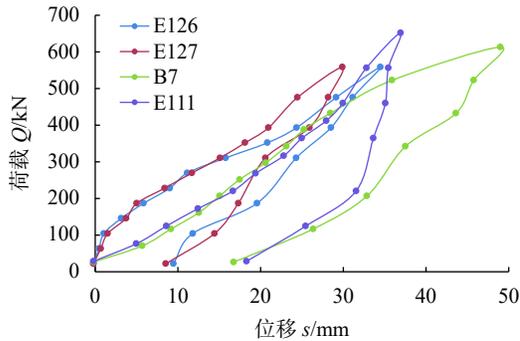


图 3 典型锚杆验收试验  $Q-s$  曲线图

### 3 动态监测

#### 3.1 桩顶水平位移

桩顶水平位移监测曲线见图 4, 随时间基本趋于稳定。最大桩顶水平位移发生于基坑西侧, 集中在 2018 年 12 月 24 日、2019 年 1 月 24 日和 2019 年 5 月 24 日、2019 年 6 月 15 日、2019 年 9 月 8 日。12 月、1 月为冬季, 土体发生冻胀导致基坑变形较大; 5 月、6 月进入汛期, 9 月降雨次数增多, 监测及巡视频率做相应调整, 增加为 2 次/月。

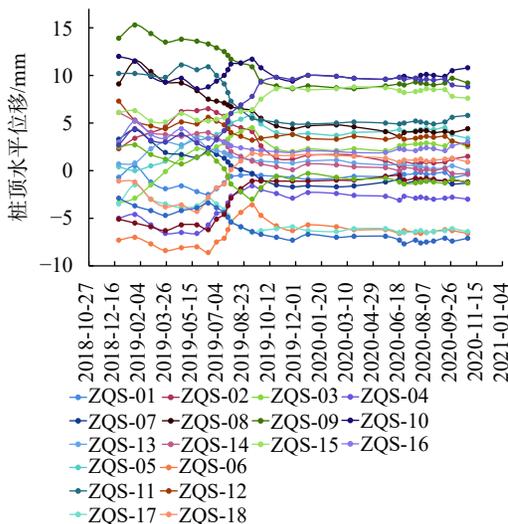


图 4 桩顶水平位移-时间监测曲线图

#### 3.2 桩顶竖向位移

桩顶竖向位移随时间基本趋于稳定(见图 5), 最大桩顶竖向位移主要发生于基坑南侧和东侧, 集中在 2019 年 1 月 24 日、2019 年 2 月 24 日和 2019 年 7 月 23 日、2020 年 3 月 23 日, 1 月土体发生冻胀产生较大竖向变形; 2 月、3 月地表冰水融化导致下沉,

2019 年 2 月 24 日现场巡视发现基坑东侧桩体有渗水现象; 7 月降雨次数增多, 监测及巡视频率也做相应调整, 增加为 2 次/月。

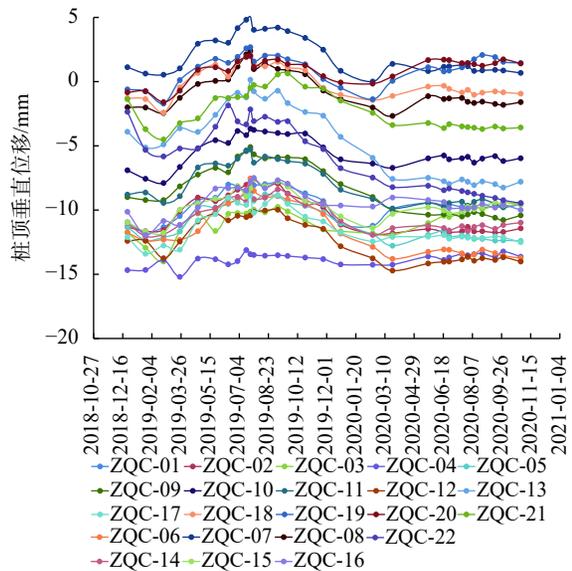


图 5 桩顶垂直位移-时间监测曲线图

监测数据显示护坡桩桩顶累计竖向位移达  $-15.20 \sim 5.04$  mm, 半数监测点的桩顶垂直位移超过  $-10$  mm, 但对应的桩顶水平位移未见异常, 因此可初步判断该竖向位移主要是由于桩端沉淀层固结沉降引起。

#### 3.3 周边地表沉降

目前所有观测点的沉降累计值均未超出预警值, 随着时间推移其变化平缓, 逐渐趋于稳定(见图 6), 值得注意的是变形最大值集中出现在 2019 年 1 月 24 日, 桩顶水平和垂直位移也普遍出现最大值情况, 说明土的冻融现象对基坑有显著的影响。2019 年 11 月 25 日基坑西侧地表监测点因路面重新铺设导致测点破坏无法正常监测。

#### 3.4 锚索轴力

锚索轴力监测曲线见图 7, 监测数据显示 ZL-03-01 和 ZL-04-01 锚索轴力均超过设计轴力标准值, 约为设计轴力标准值的 1.1 ~ 1.4 倍, 但近 1 年变化微小; ZL-09-01 轴力损失无力, 近 1 年处于稳定状态, 可能为轴力传感系统故障; 其他监测点反映现阶段锚索轴力均小于设计锁定值, 为设计锁定值的 35% ~ 86%, 结合锚杆验收试验成果, 表明锚索出现预应力损失现象。基坑锚索预应力损失规律现场试验研究<sup>[4]</sup>指出锚索锚固体与周围地层发生的脱黏滑移是产生预应力损失的重要原因, 锚拉力越大, 锚索预应力损失越明显。

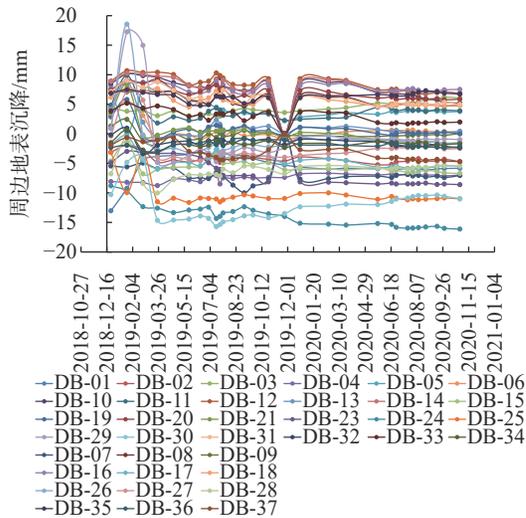


图6 地表沉降-时间监测曲线图

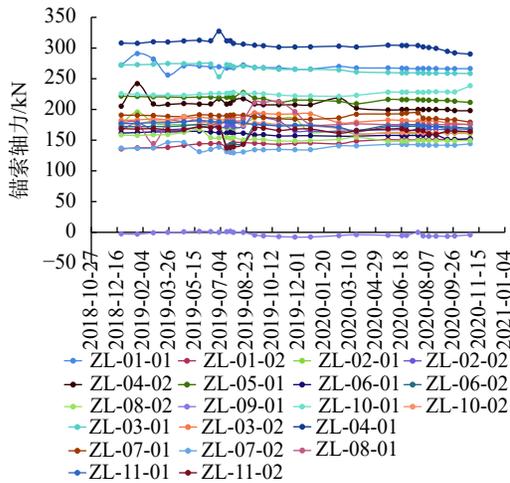


图7 锚索轴力-时间监测曲线图

## 4 基坑风险评估及加固建议

### 4.1 参数选取

评价范围内地层分布及其物理力学指标按勘察报告建议采用,但考虑到现状基坑预计维持至2022年底,因此地下水位接近3—5年最高水位(30.70 m左右)考虑;基坑西侧地面以下约2~5 m深度范围内存在轻微疏松的异常反映区域,相应支护段浅层土体的抗剪强度参数折减;结合桩顶垂直位移和桩顶水平位移监测数据,初步判断该竖向位移主要是由于桩端沉淀层固结沉降引起,护坡桩桩长暂按设计桩长减0.3 m考虑;考虑到锚索预应力损失,预加力按设计锁定值的50%考虑,其他各项均与设计值一致。

### 4.2 基坑稳定性分析

采用启明星深基坑支护结构设计计算软件,选择典型剖面计算整体稳定性,安全系数均大于1.35(见表2),满足现行规范要求<sup>[15]</sup>。

表2 过渡期基坑整体稳定性计算结果汇总表

剖面	深度/m	安全系数	剖面	深度/m	安全系数
B	9.87	2.11	D2	9.50	1.43
B1	8.87	2.33	D'	9.50	3.53
B'	9.87	2.14	E	11.10	2.99
C	9.27	2.75	E2	11.60	2.41
D	9.50	1.43	E3	10.60	3.16
D1	9.50	1.43	E4	10.60	2.55

### 4.3 加固建议

现场调查发现钢腰梁普遍存在锈蚀现象,且随着时间推移,锈蚀程度将会不断加剧,进而降低腰梁刚度,产生屈服变形;虽然锚索预应力损失对基坑影响较小,但当工况改变时,如基坑继续开挖、坡顶地面荷载增加等,将导致基坑变形加剧,因此对现状基坑提出如下建议:

(1)定期巡查(冬春交替期必查)土钉墙和桩间土支护面板,对开裂、破损及脱落部位及时进行补喷加固处理;土钉墙坡面渗水部位采取有效反滤排水措施,防止地下水渗流破坏;探地雷达揭示的浅层轻微疏松区域应加强日常巡视或人工探查,发现异常及时处理。

(2)现有钢腰梁进行除锈处理并在其表面涂刷防锈漆,锚头垫板、预留钢绞线全部采用防腐漆处理。未张拉的钢绞线进行简单防腐处理:自由段钢绞线涂防腐漆后装入套管中,自由段套管两端100~200 mm长度范围内用黄油充填,外绕扎工程胶布固定。

(3)根据监测情况确定锚杆补充张拉要求,当基坑位移变大,速率增大时对相应部位的预应力损失过大锚杆进行补充张拉。基坑开挖前应对锚索进行补充张拉,以避免锚索预应力损失多,导致基坑产生大变形。

## 5 结论

过渡期基坑的安全状态具有时效性,本文采用检测、监测相结合的方法评估其风险。开展现场调查,发现桩间喷射砼面板、土钉墙面板局部出现开裂,钢腰梁普遍存在锈蚀现象;通过地质雷达技术测定支护桩后土体状况,探测揭示基坑西侧地面以下约2~5 m深度范围内存在轻微疏松的异常反映区域;运用混凝土回弹仪和碳化深度测定仪判断支护结构混凝土强度均符合设计要求(C30);锚索轴力监测成果与锚杆验收试验结果均表明锚索出现预应力损失现象;分析监测数据实时掌握支护结构及基坑周边地表位移变化,长期的观测发现土的冻融现象、降水以及桩底沉渣对基坑变形影响显著。基于上述检测和

监测成果,修正支护结构设计参数和地层参数,计算整体稳定性,其安全系数均大于1.35,判断现阶段基坑处于整体稳定状态。最后,针对性提出加固措施,保证基坑延期使用条件下的可靠性。本文将第三方检测评估与基坑动态监测相结合,定量判断与定性分析相结合,为这类特殊基坑工程提供了一种全面、客观、准确的风险评估方法。

#### 参 考 文 献

- [1] DB 11/489—2016 建筑基坑支护技术规程[S].北京:北京市住房和城乡建设委员会,2016.
- [2] 李庆伟,党昱敬.北京地区既有深基坑超期使用检测鉴定分析[J].建筑结构,2016,46(S1):914-918.
- [3] 马德云,南 锐,宋 佳,等.某超期深基坑对周边建筑物沉降影响的研究[J].建筑科学,2014,30(11):112-116.
- [4] 林李山.深基坑地下墙与临时钢管支撑组合支护超期使用下的评估与维护[J].工程建设与设计,2000,(5):32-34.
- [5] 罗 康,张 平,邹 力.成都市某大厦基坑工程超期检测鉴定分析[J].四川建筑,2013,33(1):87-89.
- [6] 杨庭森.某深基坑支护超期服役的质量安全评定及处理措施[J].价值工程,2019,38(32):117-119.
- [7] 黄敬贤.深基坑支护的超期使用与加固[J].中外建筑,2008,(10):133-134.
- [8] 张鑫全.超期服役基坑再开挖的监测分析[J].铁道建筑技术,2019,(12):111-116.
- [9] 张兆龙.超期服役深基坑的变形特性分析及稳定性评估[J].水利与建筑工程学报,2019,17(2):74-78,90.
- [10] 张钦喜,吴 浩,晁 哲.超期服役基坑的监测及数值分析[J].岩土工程技术,2017,31(4):186-191.
- [11] 门 彬.超期服役基坑变形关键影响因素模拟分析[J].交通科学与工程,2020,36(3):50-55.
- [12] 建质[2009]87号 危险性较大的分部分项工程安全管理办法[S].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2009.
- [13] 粤建质[2011]13号 广东省住房和城乡建设厅关于《危险性较大的分部分项工程安全管理办法》的实施细则[S].广州:广东省住房和城乡建设厅,2011.
- [14] 余 瑜,刘新荣,刘永权.基坑锚索预应力损失规律现场试验研究[J].岩土力学,2019,40(5):1932-1939.
- [15] JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

收稿日期:2021-01-15