

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2019.04.018

# 深圳前海某深基坑支护结构监测与分析

刘 动<sup>1,2</sup>

(1. 深圳市岩土综合勘察设计有限公司, 广东 深圳 518172;

2. 深圳市龙岗地质勘查局, 广东 深圳 518172)

**摘 要:** 以深圳前海某内支撑式超深基坑支护工程为例,介绍了深厚淤泥地层条件下的基坑监测方案设计,探讨了围护结构施工、土方开挖、拆撑以及回填整个过程中的监测数据发展趋势,针对地表沉降、水平位移、支撑轴力以及地下水位等监测项目进行规律总结与分析。监测结果表明:地表沉降、支护结构及立柱桩沉降、地下水位变化等监测数据在基坑开挖期间迅速发展,在开挖至坑底后逐渐趋于稳定,其中地表沉降以及地下水位下降值较大。施工过程中出现多项监测数值超过预警值的情况,通过及时反馈监测信息、加强监测等有效应对措施,基坑支护结构一直处于安全可控的状态,可为今后相关工程提供有益参考。

**关键词:** 深基坑; 支护监测; 支撑轴力; 变形分析

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2019)04—0102—05

## Monitoring and Analysis of Deep Foundation Pit Support Structure in Qianhai Shenzhen

LIU Dong<sup>1,2</sup>

(1. Shenzhen Comprehensive Geotechnical Engineering Investigation & Design Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518172, China;

2. Shenzhen Longgang Geology Bureau, Shenzhen, Guangdong 518172, China)

**Abstract:** By taking the deep foundation pit of inner support structure engineering in Qianhai Shenzhen as an example, this paper introduced the foundation pit monitoring scheme design under the condition of deep silt. During the support structure's construction, earth excavation, removal of support, and earthwork backfilling, the growing trend of the monitoring data is discussed. The settlement of ground surface, horizontal displacement of support structure, axial force of support, and the underground water level laws are summarized and analyzed. The monitoring results show that the settlement of ground surface, the settlement of support structure and column pile, and the change of the underground water are rapidly developed during the excavation of foundation pit. They tend to be stable when dig to the bottom of the pit. The settlement of the ground surface and the decreased value of the underground water are a large number. The horizontal displacement of support structure is also a large number under the condition of deep silt when a deep foundation pit is excavated. The axial force of the second and the third support structures keep high levels during the whole construction stage. Several alarm conditions occur as the monitor date beyond the alarm value, however the support structure is still safe and reliable because of the timely and effective monitoring information.

**Keywords:** deep foundation pit; monitor of support structure; axial force of support; deformation analysis

地下空间的开发和利用导致建筑、市政工程领域中出现越来越多的深基坑工程,同时基坑越来越深、周边环境越来越复杂,并伴随着地质条件的不确定性,导致深基坑工程的风险越来越高,容易出现重

大工程事故。除了采取安全可靠的支护设计方案、严格控制施工质量之外,通过实施科学合理的基坑监测方案,建立及时有效的预警反馈机制,也是降低基坑支护施工风险、保证基坑安全运行的有效措施。

收稿日期:2019-03-21

修稿日期:2019-04-17

作者简介:刘 动(1986—),男(蒙古族),山东菏泽人,工学博士,高级工程师,主要从事岩土工程设计及科研工作。

E-mail:liudong04@126.com



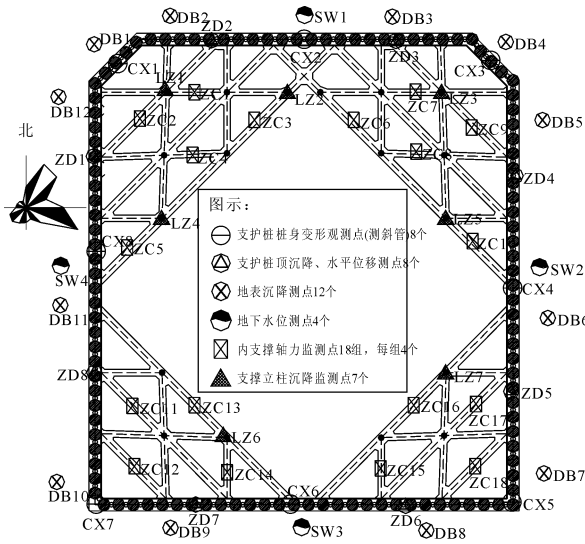


图2 监测点平面布置图

## 2.2 监测频率及预警值设置

监测频率和监测报警值是基坑监测的重要内容,监测频率应能系统反应出监测对象所测项目的重要变化过程,根据设计要求及相关规范并结合基坑类别、不同施工阶段以及当地经验综合确定。监测预警值应满足基坑工程设计及周边环境中重要建(构)筑物的控制要求,根据设计要求结合基坑安全等级、周边环境要求确定。本监测项目的监测频率和预警值如表3和表4所示。

表3 监测频率表

开挖深度/m	监测频率	底板浇筑后时间/d	监测频率
≤5	1次/2d	≤7	1次/2d
5~10	1次/1d	7~14	1次/3d
≥10	1次/1d	14~28	1次/5d
		≥28	1次/10d

表4 监测项目累计值

监测项目	速率/(mm·d <sup>-1</sup> )	累计值/mm
桩顶水位位移	±3	±30
桩顶沉降	±3	±25
测斜值	±3	±50
周边地表沉降	±3	±50
立柱沉降	±3	±20
地下水变化	500	2000
内支撑轴力/kN		12000

注:监测项目的变化速率达到表中规定值或连续三天超过累计值的80%应报警。

## 2.3 监测工作完成情况

本监测项目自2012年12月进场,2013年1月开始开挖土方,2013年10月开挖到基坑底,2013年11月底开始拆撑进行地下室施工,到2014年5月

基坑回填完毕结束,监测时间共18个月,基坑共监测499次,监测周报74期,监测期间按照设计的监测频率及时监测,并提交监测数据。监测期间,共报警多次,及时进行了预警并提供了解决建议。

## 3 监测结果及分析

### 3.1 沉降监测

本项目沉降监测共分为地表沉降、支护桩沉降以及立柱桩沉降三类,选取了典型的几个监测点进行分析,其随时间的主要变化趋势如图3所示。

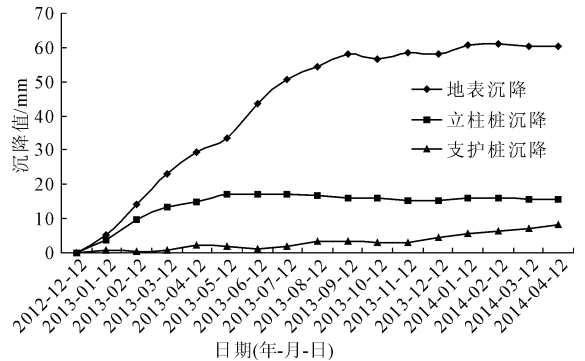


图3 典型监测点沉降随时间的变化曲线

地表沉降主要发生在土方开挖期间,基坑开挖至基坑底后,沉降变形趋于稳定。本项目地表沉降变形监测值均较大,沉降最大点发生基坑西北侧,累计沉降量为61.2 mm,而原设计地表沉降允许值为±50 mm,报警值为±40 mm,监测期间数次出现报警,经分析,主要是场地内存有深厚的淤泥,基坑开挖深度较大,虽有止水帷幕措施,但开挖期间不可避免的出现基坑顶部的地表沉降,鉴于基坑周边距离既有建筑物有一定距离,且建筑物为桩基础形式,后经设计变更将地表沉降允许值调整为±80 mm,报警值调整为±64 mm,后未出现异常情况。建议类似分布有深厚填土及淤泥的场地,如周边无重要建筑物,可适当放宽地表沉降允许值,但若基坑顶存有浅基础建筑物或其它对沉降敏感建筑物,应充分考虑到基坑开挖期间将出现的地表沉降问题,以做好应对措施。

本项目支护桩及立柱桩沉降监测值均较小,支护桩累计沉降量最大为8.1 mm,立柱桩累计沉降量在10.9 mm~15.9 mm之间,均未超过报警值。

### 3.2 水平位移监测

本项目水平位移监测主要分为支护桩顶部水平位移监测以及桩体深层水平位移(测斜)监测两类,选取了典型的监测点进行分析,其中,桩顶水平位移随时间的变形曲线如图4所示,桩体深层水平位移

的典型变化曲线如图5所示。

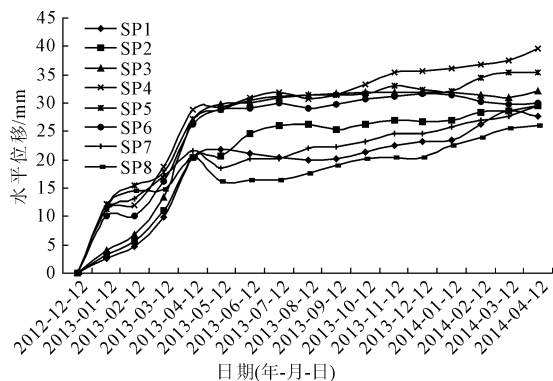


图4 桩顶水平位移随时间的变化曲线

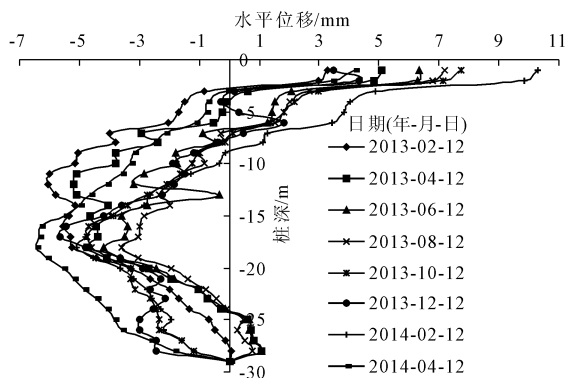


图5 典型桩体深层水平位移随时间的变化曲线

通过图4可以发现,桩顶水平位移主要发生在土方开挖期间,基坑开挖到底后,变形逐渐趋于稳定。对比各个监测点的水平位移值,发现基坑西侧、北侧水平位移较大,其他侧位移较小,经分析,主要是由于西北两侧地质情况较差所致。原设计桩顶水平位移允许值为 $\pm 30$  mm,报警值为 $\pm 24$  mm,在基坑开挖到底时,西侧有两个监测点累计值达到39.7 mm和32.5 mm,北侧有一个监测点累计值达到35.4 mm,进行预警后分析认为,个别监测点水平位移累计值虽超过允许值,但根据其变化趋势已较为稳定,基坑开挖到底后变形预计不会再继续发展,并结合现场巡查以及其他监测项目的数据,认为基坑整体处于安全稳定状态,后设计变更将允许累计值调整为40 mm,后期底板施工完毕后、拆撑及回填期间,经继续监测,水平位移未出现继续发展的趋势。建议类似深基坑项目,施工应严格按照工序有序进行,土方开挖速度不可过快,并尽量减少基坑暴露时间,开挖到基底后应加密监测频率、及时反馈变形信息,并应尽快施工底板以封闭坑底。

根据图5可知,桩体的深层水平位移变化主要发生在土方开挖过程中,土方停止开挖及地下室施工期间测斜变化值较小。深层水平位移在桩体的最

上部的几米范围内出现向坑外发展的趋势,这可能与支护桩顶部存在放坡卸载以及行车荷载的原因造成。在桩体的中下部,深层水平位移向基坑内发展,随着深度加深,水平位移逐渐变大,在接近基坑底的位置,即接近桩身的三分之二深度处,深层水平位移达到最大值,随着深度继续加深,深层水平位移逐渐减小。各深层水平位移监测点累计变化值均较小,未出现超过报警值的情况,测斜曲线也较为平滑未出现明显拐点。

### 3.3 支撑轴力监测

选取典型的支撑轴力随时间的变化曲线如图6所示,第一道支撑施工后,2013年1月份开始土方开挖,该层支撑轴力迅速增加,2月份第二道支撑浇筑完成,首层支撑轴力达到最大值,随后第二道支撑的轴力开始迅速增加,首层支撑轴力开始逐渐减小,随后一直保持一个较小的数值。第二、第三道支撑轴力随着土方开挖都迅速增加,第二道支撑轴力一直保持在10 000 kN左右,第三道支撑轴力达到13 000 kN左右,其在工作状态一直保持较高的数值。2013年5月份,第四道支撑施工完毕开始进行工作状态,其支撑轴力迅速增加至最大值,但在数值上只有约7 000 kN,远远没有达到第二、第三道支撑轴力的数值,并且在第四道支撑进入工作状态后,第二、第三道支撑轴力并没有出现下降的趋势。2013年11月底开始拆撑工作,支撑轴力的监测工作继续进行,一直等到拆撑完毕后结束。原支撑轴力监测报警值为累计到达12 000 kN后报警,在基坑东北角出现第三道支撑轴力达到13 000 kN后报警的情况,后结合其他监测项目经分析认为,支撑轴力局部出现较大值为正常现象,要求继续加强监测,并密切注意其发展动向,后土方开挖到底后支撑轴力未出现继续加大的趋势。建议类似深基坑项目在施工至基坑底附近时,应加强对第二、第三道支撑轴力的监测工作,注意巡查支撑表面是否出现裂纹等现象,并可在设计阶段就采取增加第二、第三道支撑的截面面积等加强措施,以保障基坑的安全。

### 3.4 地下水位监测

地下水位沿基坑周边布置,每边各布置一点,共4点,图7为选取的典型地下水位随时间的变化曲线,可以发现地下水下降主要发生在土方开挖阶段,直至底板浇筑完成后水位逐渐稳定,在基坑回填期间,基坑水位回升,累计水位变化为3 m左右。原设计为水位累计变化2 m后预警,鉴于基坑周边离现有建筑物较远,且建筑物为桩基础,后将水位报警值调整为3 m,并继续加强对地下水位的监测工作。

值得注意的是,地下水位的下降与地表沉降加大是密切相关的,两者一般呈正相关性,建议类似基坑顶若存有浅基础建筑物或其它对沉降敏感的建筑物,应充分考虑到基坑开挖期间地下水位下降造成的影响,并采取加强止水帷幕并预留回灌井等有效措施。

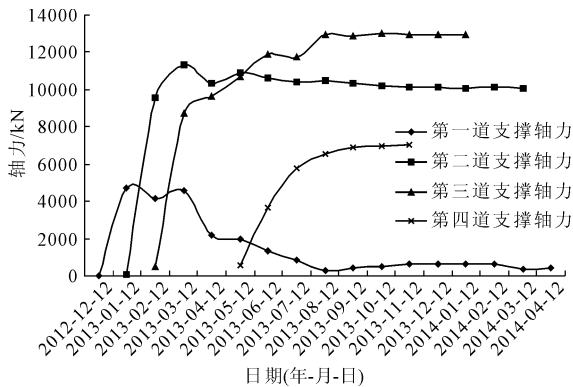


图 6 典型支撑轴力随时间的变化曲线

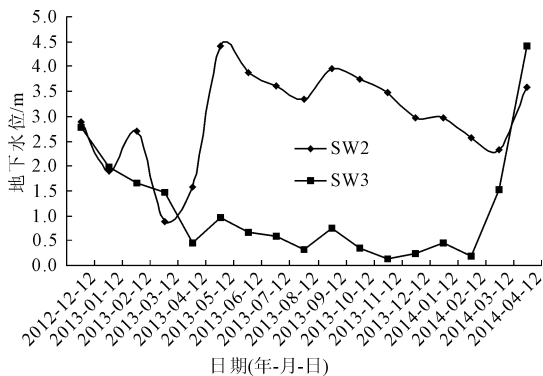


图 7 地下水位随时间的变化曲线

## 4 结 论

(1) 监测项目中地表沉降以及地下水位下降主要发生在土方开挖期间,基坑开挖至基坑底后,沉降变形和地下水位下降趋于稳定。在分布有深厚填土及淤泥的场地,地表沉降以及地下水下降数值较大,但支护桩及立柱桩沉降较小,如周边无重要建筑物,可适当放宽地表沉降以及地下水位下降允许值。

(2) 桩顶水平位移在基坑开挖阶段迅速增加,基坑开挖到底后,变形逐渐趋于稳定。桩体深层水平位移大部分向基坑内发展,随着深度加深,水平位移逐渐变大,在接近桩身的三分之二深度处,深层水平位移达到最大值。建议类似深基坑项目,施工应严格按照工序有序进行,尽量减少基坑暴露时间,开挖到底后应加密监测频率,及时反馈变形信息,并

应尽快施工底板以封闭坑底。

(4) 在施工过程中出现多项监测数值超过预警值的情况,通过及时反馈监测信息、对比各项监测数据以及采取加强监测等有效应对措施。

## 参考文献:

- [1] 李 聪,吴立成. 基坑围护结构深层水平位移监测方案设计研究[J]. 建筑结构,2018,48(S1):800-803.
- [2] 陈 涛,张 敏,李更召,等. 天津某深基坑工程监测结果分析与研究[J]. 水利与建筑工程学报,2015,13(3):151-155.
- [3] 周 晋. 上海某人行地道基坑工程监测及数值模拟研究[J]. 水利与建筑工程学报,2016,14(4):206-210.
- [4] 朱现磊,申文敏,姜振飞,等. 深基坑桩锚联合支护系统数值分析与监测[J]. 工程勘察,2019(3):62-66.
- [5] 万蓓蓓,赵 狮. 基坑施工对邻近地体区间隧道影响的数值模拟及监测数据分析[J]. 土工基础,2018,32(5):506-509.
- [6] 傅理文,彭 渊,翁 湛,等. 深基坑安全监测与预警平台的开发与应用[J]. 地下空间与工程学报,2018,14(S1):423-429.
- [7] 谢 沃,卢坤林,朱大勇. 地铁深基坑分区开挖监测及数值模拟[J]. 长江科学院院报,2017,34(12):106-110.
- [8] 侯海清. 深基坑支护结构内力监测技术及应用[J]. 广东土木与建筑,2018,25(8):84-86.
- [9] 叶帅华,丁盛环,龚晓南,等. 兰州某地铁车站深基坑监测与数值模拟分析[J]. 岩土工程学报,2018,40(S1):177-182.
- [10] 张跃进,曾纪文. 深厚淤泥层基坑开挖动态监测与应急处理[J]. 岩土工程学报,2014,36(S1):202-207.
- [11] 张光建,姚小波,胡 瑾. 地铁换乘车站基坑支撑轴力监测与数值模拟[J]. 岩土工程学报,2014,36(S2):455-459.
- [12] 李 凌,陈少平,王 冰,等. 襄阳乐福天下基坑支护结构设计及施工监测分析[J]. 岩土工程学报,2014,36(S1):132-137.
- [13] 丁 智,王 达,王金艳,等. 浙江地区软弱土深基坑变形特点及预测分析[J]. 岩土力学,2015,36(S1):506-512.
- [14] 王杰光,敬国均,徐 婧,等. 杭州地铁青年路站深基坑监测分析[J]. 土工基础,2019,33(2):116-120.
- [15] 文建鹏,赵笑鹏,姜晓迪. 珠海某混凝土内支撑式支护结构深基坑监测与分析[J]. 水利与建筑工程学报,2018,16(2):99-103.