

探究位移测量技术在地铁车站基坑监测工程中的应用

丁延昌

中国电建集团铁路建设有限公司, 北京 100044

[摘要] 地铁的建设正处于前所未有的热潮中, 在这些已建或在建的地铁当中, 监控量测技术越来越受到重视。随着社会工业化进程的加快, 随之对建筑基坑的位移测量技术的要求也在不断的提高, 本文分析了位移测量技术在地铁车站基坑监测工程中的应用。

[关键词] 位移测量技术; 地铁车站; 基坑监测

DOI: 10.33142/ec.v3i2.1491

中图分类号: TU753.66; TU433

文献标识码: A

Application of Displacement Measurement Technology in Foundation Pit Monitoring Project of Subway Station

DING Yanchang

Power China Railway Construction Co., Ltd., Beijing, 100044, China

Abstract: Construction of subway is in an unprecedented upsurge. Among these constructed or under construction subways, monitoring and measurement technology is paid more and more attention. With acceleration of social industrialization, requirements of displacement measurement technology for building foundation pit are also increasing. This paper analyzes application of displacement measurement technology in monitoring engineering of subway station foundation pit.

Keywords: displacement measurement technology; subway station; foundation pit monitoring

基坑位移监测对放在预报至关重要, 通过对其变化区间、机理以及发展趋势的检测与分析, 能够为灾害的预防提供科学的参考。随着地铁施工中基坑坍塌事故的一次次发生, 越加突出显示基坑监测在施工过程中的重要性。本研究江基坑监测作为研究对象, 也是工程实践工作所需, 而且相信会成为越来越多学者的研究课题。

1 基坑监测系统设计原则

(1) 监测的可靠性。监测的可靠性原理主要体现在三个方面: 精度、可靠性以及坚固性。这其中可靠性是监测系统设计的核心选择。要实现监测的可靠性, 主要依靠这三点: 首先, 配备具有相关能力并且经验丰富的人员, 使用可靠的仪器。其次, 应在监测期间做好监测点保护工作。再次, 在满足可靠性的基础上, 选择较好的测量方法和数据处理方法。

(2) 监测的多层次性。监测工作以位移为核心对象, 然而同时也要将其他对象作为物理监测的内容; 监测方法以仪器监测为核心, 辅助以巡视检查。选择机测仪器作为主要的监测仪器, 电测仪器作为辅助; 将监测点布置在地表、基坑内、邻近建构筑物与地下管线上, 为了形成具有一定测量点覆盖范围率的监测网。

(3) 重点监测关键区原则。不同部位基坑的稳定性不同, 如地质条件较差的部位、地下水位较浅的部位、回填土层较厚的部位、结构形状突变的部位、管线及邻近建筑物附近的部位等, 易发生失稳垮塌, 应列为重点监测区域。

(4) 监测的方便、实用。监测系统的安装、测读尽量遵循方便、实用的原则, 尽可能地避免监测与施工之间产生干扰。

(5) 经济性原则。在保证基坑安全并满足设计要求的条件下, 对基坑监测方案进行优化, 不要盲目追求仪器的先进性, 合理布置监测点, 监测过程中根据工程实际情况动态调整监测频率以减少监测次数, 以达到安全和成本兼顾的目的。

2 基坑监测的方法

(1) 水平位移监测。水平位移的检测方法。主要利用视准线法、小角度法、投点法等方法对特定方向的水平位移进行测定; 而对任意方向的水平位移进行监测时可采用交会法、后方交会法、极坐标法等方法; 如果出现测点与基准点不能通视或者离得比较远就可选用 GPS 测量法或三角、三边角测量与基准线相结合的综合测量方案进行监测工作。

(2) 竖向位移的监测。一般主要选用几何水准或者液体静力水准的监测方式对竖向位移进行监测。

(3) 深层水平位移的监测。对于围护桩深层水平位移的监测则最好选用在桩体或土体中预埋斜管、通过测斜仪观测各深度处于水平位移等方法, 保证监测的可靠性与科学性。

(4) 倾斜监测。建筑的倾斜监测一般需要根据现场的具体情况来选用监测方法, 常采用的方法有投点法、前方交会法、激光铅直仪法、垂吊法、倾斜仪法和差异沉降法等。

(5) 对裂缝的监测。裂缝监测主要是将裂缝的各个要素，例如位置、走向、长度、宽度等作为监测对象，如果有必要须将深度也作为监测对象。

(6) 对支护结构的内力的监测。一般支护结构内力主要是通过将结构内部与表面安装应变计或者应力计来实现监测。对混凝土构件可采用选用钢筋应力计或者混凝土应变计实现测量工作。

(7) 土压力的监测。本着前文监测原则，土压力监测最好是选用采用土压力计来进行量测。

(8) 地下水位监测。地下水位监测宜通过孔内设置水位管，采用水位计进行量测。

(9) 锚杆及土钉内力监测。锚杆和土钉的内力监测宜采用专用测力计、钢筋应力计或应变计，当使用钢筋束时宜监测每根钢筋的受力。

(10) 土体分层竖向位移监测。土体分层竖向位移可通过埋设分层沉降磁环或深层沉降标，采用分层沉降仪结合水准仪测量方法进行量测。

3 案例分析

3.1 工程概况

(1) 车站主体。某车站主体结构长度 216m，沿某主干道南北向敷设，为地下二层三跨结构，标准段结构宽 21.4m，标准段底板埋深约为 17.8m，盾构井底板埋深为 18.35m。主体围护结构采用钻孔灌注桩加内支撑围护。

(2) 周边环境条件。南北两侧地块内临近多栋建筑，均为框架结构，离基坑最近处仅 8m 左右。基坑影响区内有给水、燃气、雨水、污水、电力等管线。

(3) 地质水文。根据开挖情况，自地表至基坑底依次为：杂填土，平均层厚 2m；黄土状粉质黏土，层厚为 3.5m；粉土，层厚为 2.5m；细砂，层厚为 2.0m；细砂以下为卵石层，底板为砂卵石地层中。标准段底板在水位以下约 4.04m，盾构端底板在水位以下约 4.33m。

3.2 监测项目

表 1 车站基坑监测项目表

序号	监测项目	监测工具	测点布置	监测频率	精度要求
1	围护结构裂缝及渗漏水观察	巡查观察		视情况而定	
2	地表沉降	精密水准仪、钢钢尺	基坑周边监测点不少于 3 排，排距 3m~8m，第一排距基坑边缘不宜大于 2m，监测断面间距为 10m~20m，有代表性的部位设监测断面，每侧监测点数量不宜少于 5 个，宜于周边环境监测点布设相结合。	基坑开挖深度 ≤5m，1 次/2d 基坑开挖深度 5~10m，1 次/1d 基坑开挖深度 >10m，1 次/1d	水平位移监测：测点坐标中误差 ≤0.6mm 竖向位移监测：测站高差中误差 ≤0.6mm
3	建筑物竖向位移、水平位移	精密水准仪、钢钢尺 全站仪、棱镜	主要影响区，沿外墙间距 10~15m。 次要影响区，沿外墙间距 15~30m。	底板浇筑后 ≤7d，1 次/1d 底板浇筑后 7~14d，1 次/2d 底板浇筑后 14~28d，1 次/3d 底板浇筑后 >28d，1 次/7d	测斜仪系统精度 ≥0.25mm/m，分辨率 ≥0.02mm/500mm
4	建筑物倾斜、裂缝	精密水准仪、钢钢尺 游标卡尺	主要影响区，沿外墙间距 10~15m。		钢筋应力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍，精度不宜低于 0.25F·S。
5	地下水管线竖向位移及差异沉降	精密水准仪、钢钢尺	基坑开挖深度 1~2 倍的范围内管线接头处，沿管线延伸方向间距 5~15m。		地下水位人工观测精度不宜低于 20mm，仪器观不宜低于 0.5F·S。
6	围护桩顶水平位移及竖向位移	精密水准仪、钢钢尺 全站仪、棱镜	监测点沿基坑周边布设，间距 10~20m，各边中间部位阳角部位深度变化部位加设测点。	注： 1 基坑工程开挖前的监测频率应根据工程实际需要确定； 2 底板浇筑后可根据监测数据变化情况调整监测频率； 3 支撑结构拆除过程中及拆除完成后 3d 内监测频率应为 1 次/1d。	
7	立柱结构竖向位移及水平位移	全站仪、反射片	不少于 5%，且不少于 3 根。		
8	围护桩体水平位移	测斜管、测斜仪	孔间距 20~40m。		
9	支撑轴力	表面应变计、频率仪、钢筋计、反力计	监测截面在两指点间 1/3 处，避开节点，每层不少于 10%，且不少于 3 根。		
10	地下水位	水位管及水位计			

3.3 监测数据分析

因监测项目较多，本文选取具有代表性的围护桩体水平位移、地表沉降数据进行分析。

(1) 深层水平位移。桩体测斜孔 ZQT-1 和 ZQT-27 随施工进行的监测数据曲线分别见图 1、2。

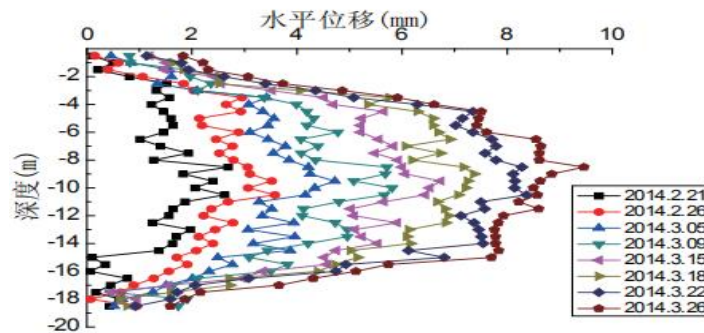


图 1 西侧 ZQT-1 桩体测斜

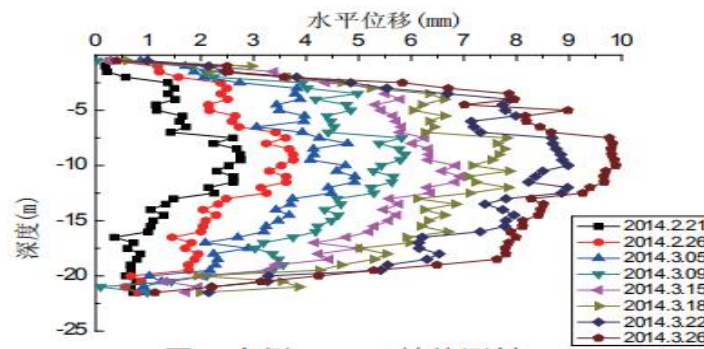


图 2 东侧 ZQT-27 桩体测斜

可以看出，随着基坑开挖，桩体向坑内不断倾斜。东侧 ZQT-27 最大位移约 10mm，而最大影响深度、西侧 ZQT-1 最大位移、最大影响深度分别约为：22m、9.5mm、19m。工程自 2014 年 2 月 21 日开挖施工开始至开挖施工彻底结束，桩体测斜孔 ZQT-1 和 ZQT-27 变形特征明显，逐步呈现成“中间大，两头小”的变形趋势，而造成这种情况的原因主要是因为：伴随着开挖施工的深入，不断增大的主动土压力造成桩体两侧的压力差越来越大，进而使得深层水平位移量逐步增大，而因为桩顶位置本身主动土压力比较小，并且受第一道混凝土受撑力的影响，不易发生水平位移；而桩底因为下部较硬土体的约束影响，越是开挖面以下约束力越强，桩底更不易发生位移。并且，由于桩体的连续性，进而形成从中部到底部的过渡变形情况，最终导致出现“中间大，两头小”的内坑内的类似鼓的形状。通过对东侧与西侧水平位移曲线的对比分析，能发现，相比较西侧，东侧发生偏移的影响深度要大且更加明显，因此整体桩体的位移规模东侧要比西侧大。随着工程进度的推进，深层水平位移逐步增加，此时，桩体随着开挖施工的进行二不断朝着基坑内侧倾斜；地表沉降也不断增加，离基坑位置越远，受到的影响则越小。

(2) 地表沉降。图 3、4 为南端头 DB1-1—DB1-8 剖面上地表沉降点随着施工进行的监测数据曲线。

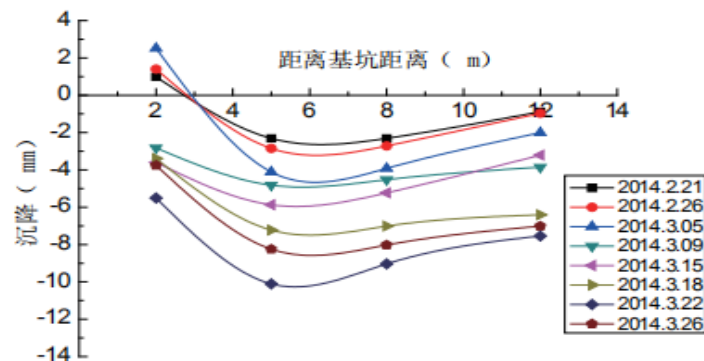


图 3 东侧地表沉降

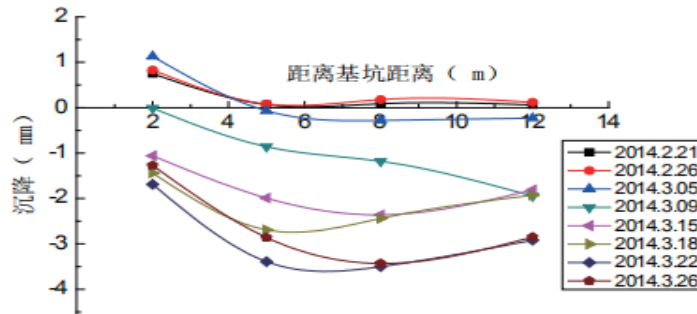


图4 西侧地表沉降

由上图可以看出，伴随着工程的不断推进，地表的沉降呈现不断增大的趋势。基坑东侧 5m 左右出现了 10mm 左右的最大沉降量；而在基坑西侧 6m 左右发生了最大 5mm 左右的沉降量，地面的沉降数值曲线都出现了类似抛物线形。这是因为土体越是离基坑远，所受到的开挖影响则越小，产生的沉降量则越小，而越是靠近基坑，则土体受到的影响则越大，沉降量相应越大，而基坑边的土体因为基坑支撑力的影响，对土体的沉降产生了抑制作用，沉降反而要稍微小一些，综合土体所受开挖的影响及支撑力的影响，使土体沉降曲线最终呈现出了抛物线一样的形状。通过对比深层水平位移及地表沉降数据，能够看出，深层水平位移更大的一侧则地表沉降更为明显。深层水平位移数值越大，桩体倾斜度越大，而同侧的土体也会相应倾斜。桩体深层水平位移值将会对基坑周围的地表沉降值产生影响，基坑周围的沉降值随着桩体深层水平位移的增大而增大。

(3) 地下水位观测。基坑附近水位高程累积变化量与时间关系曲线见图 5 所示。

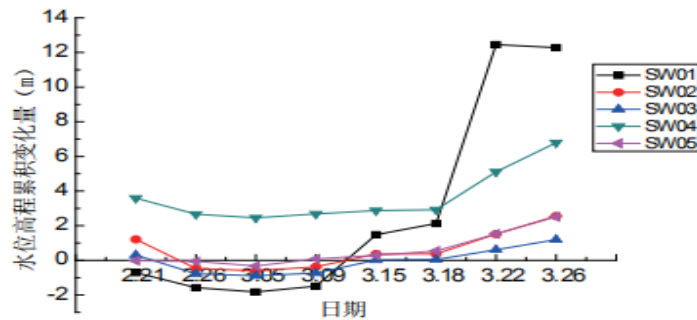


图5 不同测点水位高程累积变化量与时间关系曲线

从开挖工程开始，到挖至 18m，地下水的水位一直呈平稳状态，根据监测情况了解到，因为气象因素，施工现场出现连续降雨，因此当开挖 18m 至工程结束，水位有所上升。而通过对比地下水位的变化及地表沉降的数据能够看出，随着地下水位的变化，地表沉降也出现了一定的变化，从地表沉降开挖至 18m，水位一直稳步增长，但是从开挖至 18m 到 24m 中间，地表的沉降变化呈现比较缓和的趋势，基坑东侧甚至呈现出一种地表“隆起”的情况。这是因为场地地质条件的影响，而在砂土层中地表的沉降数据也随着水位的下降而呈现增长的趋势，当水位处于稳定状态的时候，沉降变化也基本稳定。而明光路站基层的侧壁土层构成主要为粘土层，里面含有白色高岭土，而土体吸水时会出现膨胀。这导致水位升高的时候出现地表沉降相对比较稳定，甚至出现膨胀量数据高于沉降量数据，导致“隆起”的产生。由此可见，在工程进行中，地下水位将对基坑周围地表的沉降产生一定的影响，所以在雨季的时候，需要对地下水位及地面的沉降数据进行密切关注。

位移监测作为基坑监测的主要组成部分，已成为确保地铁施工和使用安全的必要手段，在分析位移监测技术现状和设计原则的基础上，选择最优监测方案，科学合理的实施监测工作，可以为验证设计方案、局部调整支护参数和施工工艺、保证施工安全提供可靠的依据。

[参考文献]

[1] 杨小红. 基坑工程设计-施工和监测中应关注的若干问题[J]. 岩石力学与工程学报, 2017, 31(11): 2327-2333.
 [2] 丁瑞. 杭州地铁新塘路-景芳路交叉口工程深基坑监测分析[J]. 岩土工程学报, 2017, 35(02): 445-451.
 [3] 李建. 北京某深基坑监测实例分析[J]. 施工技术, 2017, 37(9): 30-32.
 [4] 朱小锋. 临近既有地铁车站的基坑变形性状研究[J]. 岩土力学, 2017, 34(10): 2997-3002.

作者简介：丁延昌，工程师。