

# 北京银泰中心工程基坑的变形监测

白韶红

(北京市城市建设工程研究院)

**摘要** 介绍了银泰中心工程基坑的变形监测,对工程中出现的异常情况进行了分析探讨。

**关键词** 变形测量 数字水准仪 数字测斜仪 异常分析

银泰中心项目位于北京建国门外大街第一机床厂旧址。由一栋地上63层,总高度248m、两栋地上42层、总高度186m塔楼组成,占地面积3.13万 $m^2$ ,总建筑面积35.75万 $m^2$ 。工程基坑面积220m $\times$ 110m,深度-22.95m。结构北侧边线距地铁变电站2.1m,宽31.0m,距办公楼最近处3.0m,宽130.0m,距东北角写字楼10.0m。基坑的支护系统:地铁变电站段采用桩锚全深度支护,其余区段-10.0m以上采用土钉墙支护,-10.0m以下采用桩锚支护,锚杆腰梁两道。

2003年7月开始,我们采用几何与物理相结合的方法,对基坑及周围建筑物进行严密监测,发现并及时报告出现的异常情况,确保了工程的顺利进行。

## 1 测试方法与测点布置

(1) 坡顶、地表和周围建筑物沉降观测:采用重复精密水准测量方法,对坡顶、地表和周围建筑物进行高程测量。观测仪器采用德国蔡司公司DiNi12数字水准仪。观测点布置在基坑周围变形区内,间距约20m。共设有22个观测点,2个基准点在现场专门设置。

(2) 地铁变电站变形观测:鉴于地铁变电站的重要性,采用重复精密水准测量方法,对布置在墙上的6个观测点,进行高程测量,计算出差异沉降、倾斜和挠度。观测仪器也采用DiNi12数字水准仪。同时,在变电站内安装了液体静力水准连续观测系统,与几何方法相比对。

(3) 护坡桩体水平位移观测:采用测斜仪测量方法,对护坡桩体的水平位移进行重复观测。观测仪器采用美国新科公司测斜仪。测斜管埋设在7个关键点的护坡桩体内。

(4) 土钉墙顶、护坡桩冠梁顶部水平位移测量:采用视准线法,对土钉墙顶和护坡桩冠梁顶的水平

位移进行重复观测。观测仪器采用日本索佳SET-2C全站仪。土钉墙和护坡桩冠梁上分别布置了28个观测点。

(5) 锚杆轴力测量:采用测力传感器和频率计,对锚杆轴力进行重复观测。观测仪器采用振弦锚索测力计和ZXY-2频率巡检仪。传感器布置在两道锚杆腰梁的10个关键点上。

## 2 测试仪器与系统

(1) DiNi12数字水准仪:仪器结构与工作原理:DiNi12数字水准仪以自动安平水准仪为基础,在望远镜的光路中增加了分光镜、电荷耦合摄像(CCD)器件,以及单片机、数据转换接口、测量专用软件等组件和条形码标尺。它的工作原理是,人工照准调焦后,标尺条形码被成像在望远镜分划板上;同时,通过望远镜的分光镜,条码也被成像在CCD器件上,扫描条码并经单片机进行识别、对比和数字化处理,直接显示输出被测高程信号。该水准仪具有外置式测角度盘,分辨率5",可以进行简单角度测量和放样。主要技术指标:望远镜分划板横丝与竖轴的垂直度0.7';望远镜最短视距1.18m;望远镜视准线安平误差0.12";角误差3";调焦运行误差:0.1mm;补偿误差0.1"/1';1km往返水准测量标准偏差0.38mm。

(2) SinCo数显式测斜仪:仪器结构与工作原理:SinCo测斜仪由传感器(石英挠性伺服加速度计)、测斜导管和数据显示仪等部分组成。它的工作原理是,当传感器导轮在导管里运动时,给敏感质量(石英摆片)一个轴向加速度,使它产生惯性力。转换器将该机械运动转换为电压信号,经伺服放大器转换为电流信号并反馈给处于磁场中的力矩线圈,从而产生一个平衡惯性力的反馈力,使敏感质量又回到原有位置。由于被测倾斜度使传感器的重力

加速度  $g$  与铅垂线成  $\theta$  角,被测  $g$  的垂直分量为  $g \cdot \sin\theta$ ,该  $\theta$  角近似正比于输出电压或电流信号。设测量间隔为  $L$ ,管头水平位移为零,第  $n$  段管深度水平位移等于  $\sum_{i=1}^n L \sin\Delta\theta_i$ 。主要技术指标:测量范围  $\pm 50^\circ$ ;灵敏度  $0.1/8mV/(\prime)$ ;标度因数  $2.5025V \cdot g^{-1}$ ;偏值  $0.0047g$ ;不对称性  $\leq 0.0004V$ 。

(3) 液体静力水准仪系统:主要技术指标:测量范围  $50mm$ ;分辨率  $0.01mm$ ;准确度  $0.2\%$ 。

(4) SET-2C 全站仪:电子测角主要技术指标:水准器轴与竖轴的垂直度  $0.1$  格;照准误差  $9.0''$ ;角度最小显示  $0.5''$ ;横轴与竖轴的垂直度  $10.0''$ ;一测回水平方向标准差  $1.0''$ 。

(5) MSJ-201 振弦测力计:主要技术指标:测量范围  $0 \sim 1000kN$ ;准确度  $\leq 0.8\%$ 。

(6) ZXY-2 频率巡检仪:主要技术指标:测量范围  $500 \sim 5000Hz$ ;分辨率  $\pm 0.1Hz$ ;频率准确度  $0.8\%$ ;巡检时间  $\leq 1s$ 。

### 3 测试结果与问题

(1) 测试结果:坡顶、地表和周围建筑物的累积沉降范围:  $-13mm \sim +19mm$ 。地铁变电站的累积沉降范围  $4mm \sim 19mm$ ,全部呈隆起趋势。

护坡桩体水平位移观测:变电站 D18# 桩观测点累积位移小于  $10mm$ ,242# 桩观测点累计位移最大值达  $36mm$ ,后稳定在约  $33mm$ ;其他观测点累计位移均小于  $25mm$ 。土钉墙顶、护坡桩冠梁顶部水平位移的范围:小于  $30mm$ 。锚杆轴力测量,锁定后的轴力达到设计轴力的 ( $50\% \sim 65\%$ ) 后,轴力变化率最大值在  $100kN$  内。

(2) 主要问题:开挖初期沉降观测点明显隆起;1月中下旬气温持续接近  $-10^\circ C$ ,242# 护坡桩体侧向位移显著增大,突破监控值 ( $30mm$ );同时,腰梁锚杆轴力也发生约  $100kN$  的异常变化,变电站沉降观测点持续隆起。

### 4 分析与讨论

(1) 基坑开挖初期,周围建筑物上的 J13、J14 等观测点随着土方开挖较快上抬,隆起接近  $10mm$ ,持续 2 个月后缓慢下沉。其原因是基坑的开挖,使基坑产生回弹、四周的边坡有向内位移的趋势,由于支护系统强度较大,土体产生侧向位移很小,因此使地面隆起。随着基坑不断的加深,侧向位移渐渐增大,使坡顶开始下沉。此间,如果适时加强降水,也

可减小隆起量。

(2) 基坑的土方开挖停止,242# 护坡桩的水平位移仍继续增长,从图 1 可看出,自今年 1 月 18 日 ~ 1 月 27 日,位移加快增长至约  $36mm$ ,引起了各方面的关注。产生这种现象的主要原因是:气温持续  $-10^\circ C$  左右,地下水结冰体积膨胀,腰梁锚杆锁定值又偏低,使水平位移增大。随着气温的回升及加强降水管理,水平位移稳定在  $33mm$  附近。在此期间受地下水冻胀影响,多根锚杆轴力也发生了  $40kN \sim 100kN$  的突增。

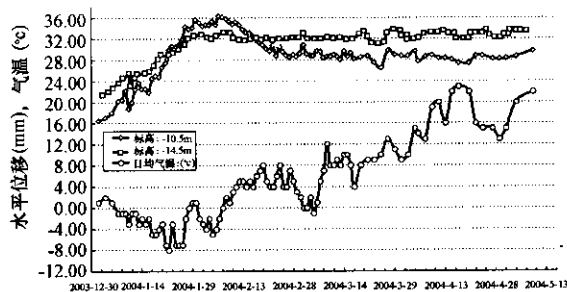


图 1 242# 护坡桩水平位移与平均气温时程曲线图

(3) 由于对地铁变电站采用桩锚全深度支护,支护结构强度大。随着开挖深度的增加,产生的侧向位移小于  $10mm$ ;此外,地下层压水位也产生上浮效应,其附近又无法打降水井,致使地表沉降观测持续隆起,最大值维持在  $19mm$  内。

(4) 变形观测监控值的大小与基坑的安全、支护系统的成本密切相关,理想的变形范围应选在监控值附近,最为经济有效。

(5) 监测仪器的数字化,监测工作的智能化已成为一种趋势,它对各项指标提出了量化的要求,例如变形速率、隆起允许值、稳定指标等,这对现行国家或行业规范提出了新的要求。

(6) 监测工作是一项系统工程,只有将地下水位、水量、基坑回弹量及环境因素与上述监测成果综合在一起,才能得出较为科学可信的结论。

### 5 结束语

综上所述,采用数字测斜仪观测土体的侧向位移、采用数字水准仪、静力水准仪观测沉降以及采用振弦计测量锚杆的轴力均是十分有效的方法。采用视准线法观测土钉墙墙顶、护坡桩冠梁顶水平位移效果不明显。

测绘信息网 [www.othermap.com](http://www.othermap.com) 网友测绘人提供  
作者通讯地址:北京市朝阳区安苑东里 3 区 5 号楼 215 室  
邮编:100029