

水平测斜仪在路基沉降测量中的误差处理

冯怀平 岳祖润 赵玉成

(石家庄铁道学院土木工程分院 石家庄 050043)

【摘要】水平测斜仪测量路堤沉降具有不影响施工,操作方便,性能可靠等优点。针对仪器安置误差不易确定的缺点,提出了采用双向拉测法消除安置误差的原理,提高了测试精度。介绍了利用双向拉测法测试路基沉降的典型工程实例。

【关键词】水平测斜仪 沉降监测 路基 误差

【中图分类号】U416 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1006-3226(2001)04-0051-04

1 引言

水平测斜仪是一种测定测斜管垂向沉降的原位测试仪器,早期的测斜仪主要用于测试水平方向位移的垂向测斜仪,由于其精度高、操作方便被广泛应用于滑坡、边坡、地下结构物的变形监测。后来为了适应测试非水平向位移的需要,如大坝上游表面混凝土的法向变形等,出现了斜坡测斜仪,这种仪器在结构设计时将加速度计旋转了一定角度,使测头放置在斜坡上时,以较小的角度输出。我国水利电力研究所研制的XCX-01型斜坡测斜仪和澳大利亚的塞萨那坝应用的测斜仪都属这一类产品。水平测斜仪是加速度计在仪器结构中旋转了90°后的结果,它的出现大大拓宽了测斜仪的应用范围,它运用于对沉降的测量具有其他常规测试方法无法比拟的优点,日益受到了工程界的欢迎和认可,广泛应用于公路、铁路路基、房屋基础及大型蓄水池的沉降监测中。

为了消除仪器的安置误差和温度变化造成的影响,垂向测斜仪通过翻转测头正反两次测量的方法,但水平测斜仪受测头测量精度限制,不能翻转测量。为消除误差,多采用现场标定安置误差,然后根据标定值来修正观测数据的方法。但此方法目前还有许多不尽人意的地方,如无法消除由于测斜管上下槽精确不垂直在非敏感轴方向由倾角而产生的误差,现场操作不精确,这些极大地限制了测斜仪在路堤沉降测量中推广应用。通过对水平测斜仪安置误差机理的分析,提出了双向拉测法消除测试中安置误差的原理,保证了水平测斜仪在沉降测量中高精度的优点。

2 水平测斜仪安置误差成因及消除方法

2.1 安置误差成因

水平测斜仪是利用加速度计测量加速度 g 与测头轴线的夹角来推求测头轴线与水平线夹角的原理,来测量测头两端高差。结构设计中,加速度计敏感轴应该与测头轴线平行,加速度计输出电压与重力加速度方向在敏感轴上的投影的大小成正比。当测头水平时,重力加速度 g 与加速度计的敏感轴垂直,输出电压信号为零;当测头与水平面夹角为 θ 时,加速度计输出电压信号:

$$U = k_1 g \sin \theta$$

但当将加速度计安装在测头里时,加速度计无法准确的将其敏感轴与测头轴线保持平行,令加速度计与测头有安装偏角为 α ,当仪器测头水平时,输出电压信号:

$$k_0 = k_1 g \sin \alpha$$

即为仪器的安置误差,不同仪器有不同的安置误差。传统的标定方法用水准仪将测头置平后,仪器读出值即看作安置误差 k_0 。由图 1 可以看出,当测头的倾角为 β 时,仪器输出电压为:

$$U_{out} = k_1 g \sin(\beta + \alpha) = k_1 g (\sin \beta \cos \alpha + \cos \beta \sin \alpha)$$

在 α 不大的情况下,根据泰勒展开式,上式可化为:

$$U_{out} = k_1 g \sin \beta + k_1 g \sin \alpha = k_1 g \sin \beta + k_0 \quad (1)$$

2.2 安置误差的确定及消除

垂向测斜仪为了消除误差一般采取翻转测头、两次测量的方法,这种方法既可以消除安置误差,又同时可以消除测斜管在非测试方向的倾斜而引起的误差。但对于水平测斜仪仪器无法翻转,因为这样会引起重力加速度计反向。但通过测头掉转方向两次读数可以消除误差,并且确定安置误差的大小。

如图 2,测头正向放置在倾角为 θ 的固定位置时,由式(1)可知,输出电压:

$$U_1 = k_1 g \sin \theta + k_0 \quad (2)$$

测头反向放置输出电压:

$$U_2 = k_1 g \sin(-\theta) + k_0 \quad (3)$$

式(2)-式(3)可以消除安置误差 k_0 :

$$U_1 - U_2 = 2k_1 g \sin \theta \quad (4)$$

式(2)+式(3)可以确定安置误差:

$$k_0 = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

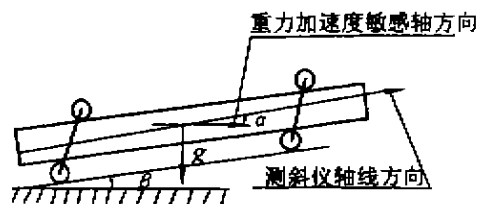


图 1 测斜仪安置误差示意图

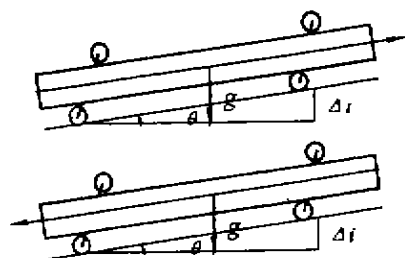


图 2 双向拉测法消除安置误差示意图

3 双向拉测法绘制路基沉降曲线

3.1 双向拉测法消除误差

从安置误差的消除机理可以看出,采用双向拉测法可以消除安置误差;操作如下:对断面测量时,先从一端拉向另一端,依次记下各值 U_n ;再掉转测头反向拉测,在上次记录上由后向前记录 U_n ,两次测量中各对应测步的前后轮正好对调。

同时由图 2 可以看出:

$$\Delta i = l \sin \theta \quad (5)$$

将式(5)代入式(4)得:

$$\Delta i = \frac{(U_1 - U_2)l}{2k_1 g} = A(U_1 - U_2) \quad (6)$$

式中, A 为仪器常数,与读数仪设置有关。

采用双向拉测法得到测斜管每一步的高差,可以绘制测斜管的高程曲线。同时,根据得出仪器 k_0 值,在短期测量不考虑沉降对测斜管扭转的影响的前提下,可以简化测量方法,只单向拉测一次,测得 U_n 。由式(1)可得到测步两端的高差:

$$\Delta i = \frac{(U_n - k_0)l}{k_1 g} = 2A(U_n - k_0)$$

3.2 路基沉降曲线的绘制

确定路基测试部分的沉降曲线,需绘出沉降管的不同时期的高程曲线,其与沉降管初始曲线之差即路基在不同时期的沉降曲线。如图3,推得测斜管内各点高程为:

$$H_k = \sum_{i=1}^k \Delta_i + H_0 \quad (7)$$

式中, Δ_i 为双向拉测得到的第 i 测步测斜仪有效长度两端相对高差; H_0 为沉降管管头高程(由路外基准点引得); H_k 为沉降管中第 k 点的高程。

由此可得出,该次测量沉降管上每 0.5m 点的高程,可绘出测斜管高程曲线,并与初始高程曲线比较得到沉降曲线。

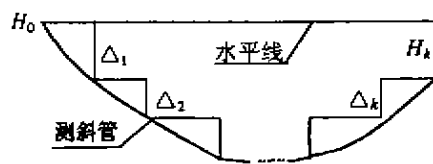


图3 测斜管高程曲线绘制

4 实例

采用 ZCX 型土体测斜仪对某一软土地基路堤进行沉降观测,地基为 3m 厚的粘砂土及 3.5m 淤泥质砂粘土,采用袋装砂井处理地基。在路堤的底层铺设沉降管,从 2000 年 9 月 8 日起对其进行施工检测。

本次测试采用了双向拉测法,解决了现场标定测头安置误差不精确、烦琐的问题,及时、方便地测量了路基施工期间的沉降数据,取得了较好的测试效果。利用 Excel 及专门处理程序完成现场数据录入及数据整理。通过处理得到了结果如图4、图5。图4示出了 2000 年 9 月 8 日、12 月 6 日及 2001 年 5 月 20 日 3 次测量的沉降管高程曲线图,图5为断面的沉降曲线图,从沉降曲线上可以看出路基沉降基本上是中间大、两侧小,但从断面的沉降图上看并不是对称沉降,沉降的最大点发生在距离管头 20m 处,这是传统测试方法无法测试的。

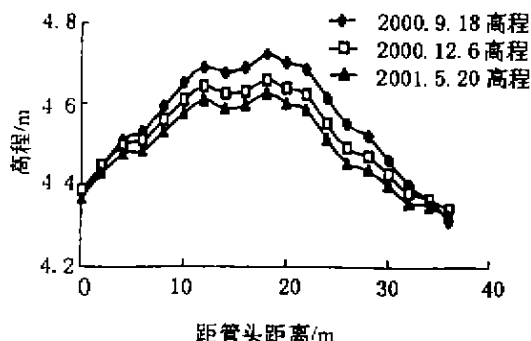


图4 不同观测时期的沉降管高程值

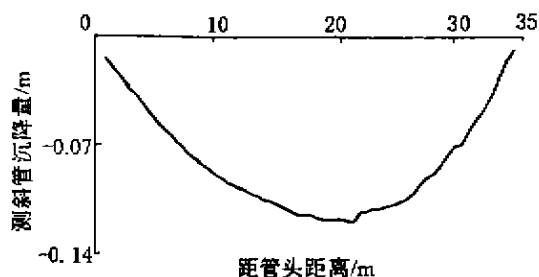


图5 全断面沉降曲线

5 结束语

测斜仪用于观测路基全断面沉降,极大的扩展了其应用范围,采用双向拉测法有效地消除了测斜仪的安置误差、温度影响及测斜槽上下不垂直的影响,克服了现场标定带来的误差。现场操作表明,采用双向拉测法使水平测斜仪具有不影响施工,不受天气的影响,操作方便、轻捷、灵活、精度高等优点,为及时、准确地测试路基沉降,提供了保障。现有数据处理方法及程序满足现场数据的录入及后期的数据整理工作的要求,数据处理简捷方便。

参 考 文 献

[1] 马水山,张保军,汤平. 转孔测斜仪在滑坡体深部变形监测中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报,1996(增刊):109~

- [2] 袁培进, 吴铭江. 关于混凝土面板法向变形观测方法的探讨[J]. 大坝观测与土工测试, 1997, 21(2): 25~34
- [3] 秦建平, 陈栓发. 转基路堤现场观测结果的分析与工程应用[J]. 西安公路交通大学学报, 1997, 17(1): 5~8

The Error Process of Inclinator in Monitoring Settlement of Embankment

Feng Huaiping Yue Zurun Zhao Yucheng

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang 050043)

【Abstract】In monitoring of roadbed settlement, horizontal inclinometer has a lot of superiorities: noninterference of construction, handy operation, reliable in function and so on. The principle of eliminating installation errors about measuring from two sides is proposed. By this method, the instrument can be enhanced measurement accuracy. A typical example by this method from two sides is presented.

【Key words】horizontal inclinometer monitoring on settlement embankment error

(责任编辑 杨继成)

我院 5 项课题获河北省科技厅资助

今年, 我院有“强抗辐射 INP 光伏太阳能电池的研制”开发项目、“城镇职工医疗保险管理信息系统”推广项目、“农业栽培温室控制系统”开发项目、“基于非线性理论的机械设备故障诊断新技术研究”应用项目和“纳米硫氰酸亚铜的制备及其在涂料中的应用”研究项目共 5 项课题获河北省科技厅的科技经费资助, 其中有两项为河北省重大科技攻关项目和成果转化项目, 经费合计达到 40 万元, 科研经费数量与往年相比有较大幅度的增加。据统计, 今年我院获河北省各级主管部门的科研项目有 20 多项, 经费资助已超过 100 万元。

(石家庄铁道学院科技处)