

松软地面水准测量的误差分析与对策研究

朱 宝

(滁州职业技术学院,安徽 滁州 239000)

【摘 要】水准测量是测量的一项基本工作,其精度受很多因素的影响,如何提高其精度是一直在探讨和研究的课题。文章分析了水准测量的误差影响因素,重点研究了因松软地面致使水准仪下沉所造成的影响,并提出了应对策略。

【关键词】水准测量;误差;水准仪下沉;尺垫下沉

【中图分类号】P224.1 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2014)01-0055-03

1 引言

测量是施工的先导工作,也是检测建筑成果变形是否超限的工作。人们从测量工作中所得到的信息,将直接影响工程的安全和质量。

测量工作在室外进行,其成果不仅受仪器本身和观测者的影响,还受到外界环境的影响^[1]。仪器可以通过反复校正来尽量减少残余误差,观测者也可通过不断提高自己的工作技能和经验来减少误差,或者通过改进测量方法来消除或减弱这两项因素的影响,而人们往往无法控制外界环境,因此减小环境对测量的影响只能通过改进测量方法来实现。于是,有必要对不良的测量环境所带来的影响进行研究,从而最终得到较精确的测量成果。

2 常规因素对水准测量的影响分析及对策

2.1 仪器和工具误差

2.1.1 仪器误差

水准仪经校正后水准管轴 LL 与视准轴 CC 仍有一定不平行,存在夹角 i ,导致仪器整平后虽 LL 水平但 CC 不水平,影响读数准确。可通过调整前、后视距相等的方法加以消除。

2.1.2 水准尺误差

水准尺材质一般为金属或木质,其线膨胀系数较小,如木质精密因瓦水准尺线膨胀系数不到 1.3×10^{-6} ,即当温度变化 30°C 时 3m 的尺身仅变化 0.117mm ,除遇见特殊情况,可忽略不计。但木质水准尺,如其含水率在纤维饱和点以下变化时,会出现干缩湿胀现象,导致尺身变形、翘曲,影响读数的准确性^[2]。此外,水准尺本身刻划不精准,也必然导致读数不准。以上水准尺须经检验后方可使用。

水准尺长期零点朝下使用,其零点受磨损后,必然使此尺读数偏大,偏大值等于零点的磨损量。我们在水准测量时,将本站前视尺作为下站后视尺,本站后视尺作为下站前视尺,使零点磨损的水

准尺读数轮流成为计算高差的被减数与减数,再将测段设置为偶数站,便可消除此项误差。

2.2 观测误差

2.2.1 整平误差

水准管分划值为 τ'' ,居中误差一般为 $0.15\tau''$,使用符合水准器观察窗使气泡半像吻合精度可提高一倍,居中误差 $m_1 = \pm 0.15\tau'' \cdot D/2\rho''$,其中 $\rho'' = 206265''$, D 为视距。

2.2.2 读数误差

除数字水准仪通过探测器扫描配套条形码水准尺直接读数外,一般水准尺靠人来读数,估读到最小分划的 $1/10$ 。如使用的水准尺最小分划为 cm ,则应估读到 mm 位。估读引起的误差与人眼的分辨能力、望远镜放大倍数和视距有关,读数误差为 $m_2 = 60'' \cdot D/V \cdot \rho''$,其中 $60''$ 为人眼的最小分辨角, V 为望远镜放大倍率。

2.2.3 视差影响

当尺像与十字丝分划板不重合时,人眼在不同位置会读到不同读数。此时只有当人眼与视准轴处于同一水平线上时才能读到正确读数,这无疑是无法保证的。因此要仔细调节目镜对光螺旋与物镜对光螺旋,直至消除视差。

2.2.4 水准尺倾斜影响

当水准尺左右倾斜时,很容易被观测者用竖丝发现,及时加以纠正。但水准尺前后倾斜时,却不容易被发现。不论水准尺向前还是向后倾斜,读数都会偏大。如水准尺倾斜 $3^\circ 30'$,在 1m 处的读数会偏大 2mm 。可以通过水准尺侧边圆水准器气泡居中,或者前后倾斜水准尺读取最小读数的方法来消除此误差。

2.3 非沉陷外因的影响

2.3.1 地球曲率和大气折光的影响

以水平视线代替大地水准面(曲面)读数,产生

的误差 $C = D^2 / 2R$, 其中 D 为视距, R 为地球的平均半径。大气折光时, 视线为曲线而非水平直线, 曲率半径约为地球平均半径的 7 倍, 折光量对读数产生的误差为 $r = D^2 / (2 \times 7R)$ 。其综合影响为 $f = C \pm r = D^2 / 2R \pm D^2 / 14R$, 因温度梯度变化致使大气折光后, 可能向上也可能向下弯曲, 故取正负号^[3]。此项误差也可通过前、后视距相等来消除。

2.3.2 温度的影响

水准器气泡除了有向高处移动的趋势外, 还有向热的方向移动的趋势。因此观测时应撑伞遮阳, 以防温度对整平产生影响。

3 仪器下沉对水准测量的影响分析

当目标水准尺稳定, 而水准仪在松软地面下沉时, 读数将偏小。这是因为水准仪下沉必然导致视准轴 CC 下降, 而水准尺零点朝下, 故视线越往下读数越小。由此产生的误差总是负误差, 而且其绝对值等于仪器下沉量, 即符号和大小都存在着规律, 故为系统误差, 可通过一定的方法来消减。

由于高差总是用后视读数减前视读数, 如能进行两次高差测量, 第一次使前视读数相对后视下沉, 即使减数偏小, 而第二次使后视读数相对前视下沉, 即使被减数偏小, 则取两次高差的平均值为最终结果可在一定程度上消减误差。于是可将测量过程设计成后前前后的观测程序, 并进行以下研究。

以双面尺法为例, 将仪器安置在坚硬土地上, 仪器无下沉量, 读取黑面后视读数 a_1 , 前视读数 b_1 ; 再读取红面后视读数 a_2 , 前视读数 b_2 。则:

$$\text{黑面高差 } h_m = a_1 - b_1; \quad (1)$$

$$\text{红面高差 } h_r = a_2 - b_2。 \quad (2)$$

故在无仪器下沉时, 所测高差为:

$$h = [h_m + (h_r \pm 0.1)] / 2 = (a_1 - b_1 + a_2 - b_2 \pm 0.1) / 2 \quad (3)$$

随后, 在三脚架三条腿附近洒一定量的水, 使土地变松软, 立即读取黑面后视读数, 即零时刻读数, 显然, 此时读数应仍为 a_1 。再瞄准前视点, 重新精平(前方架腿下沉大, 则总体下沉后, 视准轴向下倾斜; 后方架腿下沉大, 则总体下沉后, 视准轴向上倾斜), 读取黑面前视读数, 应为 $b_1 - \Delta_1$, 其中 Δ_1 为从零时刻至此时仪器的累积下沉量。瞄准前视点红面读数, 同上再精平, 读数应为 $b_2 - \Delta_2$, 其中 Δ_2 为零时刻至此时仪器的累积下沉量。最后再次瞄准后视点红面读数, 同上再次精平, 读数应为 $a_2 - \Delta_3$, 其中 Δ_3 为零时刻至此时仪器的累积下沉量。测量过程如图 1 所示。

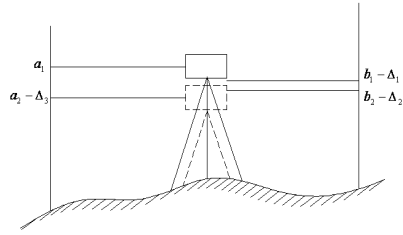


图 1 松软地面双面尺法示意图

$$\text{则: 黑面高差 } h_m = a_1 - (b_1 - \Delta_1); \quad (4)$$

$$\text{红面高差 } h_r = (a_2 - \Delta_3) - (b_2 - \Delta_2)。 \quad (5)$$

故在有仪器下沉时, 所测高差为:

$$\begin{aligned} [h_m + (h_r \pm 0.1)] / 2 &= [a_1 - (b_1 - \Delta_1) + [(a_2 - \Delta_3) - (b_2 - \Delta_2)] \pm 0.1] / 2 \\ &= [a_1 - b_1 + a_2 - b_2 \pm 0.1 + (\Delta_1 + \Delta_2 - \Delta_3)] / 2 = (a_1 - b_1 + a_2 - b_2 \pm 0.1 + \Delta) / 2 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{其中, } \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 - \Delta_3。 \quad (7)$$

由(3)式和(6)式可知, 如果将上述测量过程做以下三个假定:

仪器下方土质均匀, 不存在三脚架三条架腿的不均匀沉降;

仪器下沉量是时间的正比例函数, 即匀速下沉;

每次观测读数的时间间隔 LAG 相同。

$$\text{则有 } \Delta_1 = k \cdot \text{LAG}, \Delta_2 = 2k \cdot \text{LAG}, \Delta_3 = 3k \cdot \text{LAG}。$$

此时 $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 - \Delta_3 = 0$, 即以上观测方法可完全消除仪器下沉的影响。

但经过试验, 通过上述方法所测结果, 仍与坚硬地面所测结果有所差别, 也应考虑偶然误差产生了一定的影响。但仔细分析, 还存在着其它原因。

首先, 仪器下沉与时间的关系并不是正比例关系, 而是早先沉降的大, 随后沉降量越来越小。这是因为沉降量 $\Delta = U \cdot S_s$, 其中, 最终沉降量 $S_s = a \rho H_0 / (1 + e)$, a 为土的压缩系数, e 为土层孔隙比, H_0 为土层厚度, 当地质条件一定时, a 、 e 、 H_0 都为定值, ρ 为地表瞬时荷载, 因三脚架和仪器重量一定, 故 ρ 也为定值, 综上所述, 最终沉降量 S_s 为定值; 固结度 $U = 1 - 8e^{-\pi^2 T_v / 4} / \pi^2$, 故 U 为时间因数 T_v 的增函数, 而 $T_v = c_v t / H^2$, c_v 为固结系数 $c_v = k(1 + e) / a \gamma_w$, 渗透系数 k 、压缩系数 a 、孔隙比 e 、水的重度 γ_w 都是定值, 故 c_v 为定值, H 为最大排水距离, 也为定值, 故 T_v 是关于时间 t 的增函数, 所以 U 是关于 t 的增函数^[4]。

将 U 对 t 求导, 得 $dU/dt = 8e^{-\pi^2 T_v / 4} / \pi^2 \cdot (-\pi^2 / 4) c_v / H^2 = 2e^{-\pi^2 T_v / 4} \cdot c_v / H^2$, 已分析出 T_v 是关于时间 t 的增函数, 故此导函数为时间 t 的减函数。所以随着时间的增加, 固结度的增加速度越来越慢, 于是水准仪的沉降速度也越来越慢。

其次, 每次观测读数的时间间隔 LAG 并不相

同。例如由后视黑面转向瞄准前视黑面并读数,经过的时间较长;由前视黑面到前视红面只需水准尺翻面,并不需要重新瞄准,经过的时间就较短;由前视红面转向瞄准后视红面并读数,经过的时间又较长。

根据《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898-2009),采用中丝读数法时,黑红面读数之差(加常数后),三等水准测量不大于2mm,四等水准测量不大于3mm,黑红面所测高差之差(0.1m后),三等水准测量不大于3mm,四等水准测量不大于5mm^[5]。经过上述试验,发现后视尺黑红面读数之差大,前视尺黑红面读数之差很小,黑、红面高差之差总体较大。这是笔者在洒水后仪器刚要沉降就立即测量所故意要达到的效果,但试验结果是即使前述两项指标都存在超过国家规范的要求,但所得高差平均值与坚硬土地所测结果相差很小,如能进一步改进,使上述指标都符合国家规范,那么测量效果会更佳。

同时笔者发现, $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 - \Delta_3 = \Delta_1 - (\Delta_3 - \Delta_2)$,即仪器沉降误差 $\Delta/2$ 仅与首次沉降 Δ_1 与第三次沉降 $\Delta_3 - \Delta_2$ 之差有关,而与第二次沉降 $\Delta_2 - \Delta_1$ 无关。

综上所述,在松软地面进行水准测量时,可采取以下措施:

采取后前前后的观测程序;
安置仪器时,将三脚架架腿踩入土中,尽可能减少沉降;

安置好仪器后,先让仪器下沉一段时间,使零时刻延后,进而使首次下沉量减小,然后精平仪器,读取后视黑面读数;

从后视黑面转向瞄准前视黑面时,尽可能加快速度,而从前视红面转向瞄准后视红面时,稍微放慢速度,从而使首次沉降和第三次沉降量大致相等。

4 尺垫下沉对水准测量的影响分析

尺垫下沉直接导致水准尺下沉,通常是仪器在迁站时,转点处尺垫下沉,使后一站的后视读数偏大,故高差偏大。可采取往返测量取平均值,因往测高差偏大,返测高差相反数偏小,故可减弱尺垫下沉的影响;同时测量时应将转点处尺垫踩实,尽量减少水准尺在观测过程中的下沉^[6]。

5 结论

总之,在松软地面进行水准测量,除了要考虑仪器和工具的影响、观测误差的影响、地球曲率、大气折光和温度的影响外,还应考虑水准仪下沉和尺垫下沉带来的影响。掌握其中的影响规律和应对技巧,可以有效提高测量精度。

注释及参考文献:

- [1]周建邦.建筑工程测量[M].北京:中国建筑工业出版社,2008:86.
- [2]符芳.建筑材料[M].南京:东南大学出版社,2001:207.
- [3]合肥工业大学测量教研室.测量学[M].北京:中国建筑工业出版社,1995:29.
- [4]李国强,陈以一,何敏娟.一级注册结构工程师基础考试复习教程[M].北京:中国建筑工业出版社,2013:924-937.
- [5]GB/T 12898-2009 国家三、四等水准测量规范[S].2009.
- [6]曹毅,王志伟.水准测量的误差来源及其控制方法[J].湖北工业大学学报,2009.

Research on Error Analysis and Countermeasure of Leveling Measurement on Soft Ground

ZHU Bao

(Chuzhou Vocational And Technical College, Chuzhou, Anhui 239000)

Abstract: The leveling is a basic work of measure, its accuracy is affected by many factors, and how to improve its accuracy has been explored and studied in the paper. This paper analyses the factors that affect the error of leveling. Focusing on the affecting of level subsidence due to soft ground, the author puts forward some corresponding strategies.

Key words: leveling, error; level subsidence; foot pin subsidence