

全站仪轴线误差分析与改正计算

周淑波

(石家庄铁路职业技术学院土木系, 河北石家庄 050041)

摘要:针对全站仪的轴线(视准轴、横轴、竖轴)和反光镜轴线固有的几何关系对角度观测和距离观测具有一定的影响,找出变化规律,明确影响程度,并给出相应的补偿和改正方法,为提高全站仪测角、测距的精度提供了理论依据,对生产实践中根据精度要求合理选择补偿和改正选项具有指导意义。

关键词:全站仪;测角;测距;误差;改正

中图分类号:TU198+.7 **文献标识码:**A

Analysis and correcting computation of axis line error for the electronic total station observations

ZHOU Shu-bo

(Department of Civil Engineering, Shijiazhuang Vocational Institute of Railway Technology, Shijiazhuang Hebei 050041, China)

Abstract: The geometry relation of three axis lines (axis of collimation, lateral axis, vertical axis) and the axis line of range finder prism certainly have influences on the angle and distance survey. It supplies the theoretical base for improving the accuracy of the electronic total stations measuring angles and distance to find the principle of changing and clarify the extent of influencing. It also provides the guidance for reasonably choosing the item of compensating and correcting according to the requirement of accuracy in practice.

Key words: electronic total station; measuring angles; measuring distance; errors; correcting

随着光电技术和微电子技术的快速发展,测量仪器取得了突破性的进展,出现了集电磁波测距、电子经纬仪和数字计算机为一体的全站式电子速测仪,简称全站仪。全站仪因其具有操作简单、读数准确、功能强大、测角与测距高度集成等优点,是目前应用最广泛的电子测量仪器。但在实际工作中,人们普遍关注利用全站仪与计算机及外业测图软件构成自动化成图系统的开发与研究,而忽略了直接影响测量精度的仪器轴线之间的误差,即全站仪满足的基本轴线关系:视准轴与横轴正交、横轴与竖轴正交、水准管轴与竖轴正交、测距轴与视准轴一致。

1 轴线误差对角度观测的影响^[1]

1.1 视准轴误差

视准轴误差是由全站仪的安装和调整不正确,使望远镜的十字丝中心偏离了正确位置,导致视准轴与横轴不正交产生的,见图1。设实际视准轴与正确视准轴间的夹角为 c ,此 c 即为视准轴误差。视准轴误差对水平方向值以及水平角的影响为

$$x_c = \frac{c}{\cos \alpha} = c \cdot \sec \alpha, \quad (1)$$

$$\Delta x_c = x_{c_B} - x_{c_A} = c(\sec \alpha_B - \sec \alpha_A), \quad (2)$$

式中: c 为视准轴误差; x_c 为视准轴误差对水平方向观测值产生的误差; Δx_c 为视准轴误差对水平角度产生的误差; α 为观测方向的竖直角; A, B 分别为一

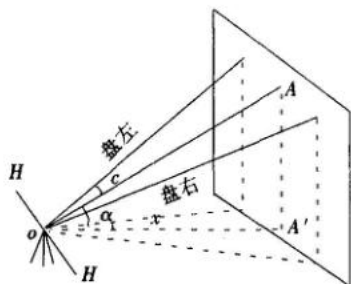


图1 视准轴误差示意图

Fig. 1 Error diagram of axis of collimation

个角度的2个观测方向。

从式(1)、式(2)可以看出:1) x_c 随 c, α 的增大而增大, $c=0$ 或 $\alpha=0$ 时, $x_c=0$; 2) $|\alpha_B| = |\alpha_A|$ 时, $\Delta x_c=0$; 3) 盘左、盘右观测同一方向取平均可消除视准轴误差 c 的影响。

1.2 横轴误差

横轴误差主要是由于全站仪安装或调整不妥善, 导致仪器水平横轴的两端支架高度不等造成的, 或者是由于水平轴自身两端直径不等而产生的, 见图2。

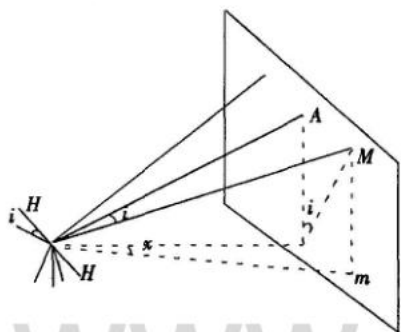


图2 横轴倾斜示意图

Fig. 2 Inclining diagram of the lateral axis

水平轴(HH)绕竖轴(VV)旋转时, 在各个方向的倾斜角度 i 不变, 水平横轴(HH)倾斜误差 i 对观测方向读数以及水平角度的影响为

$$x_i = i \cdot \tan \alpha, \quad (3)$$

$$\Delta x_i = i(\tan \alpha_B - \tan \alpha_A), \quad (4)$$

式中: x_i 为水平横轴误差 i 对水平方向观测值产生的误差; Δx_i 为水平横轴误差 i 对水平角产生的误差; α 为观测方向竖直角。

从式(3)、式(4)可以看出: 1) x_i 随 i, α 的增大而增大, $i=0$ 或 $\alpha=0$ 时, $x_i=0$; 2) $\alpha_B = \alpha_A$ 时, $\Delta x_i=0$; 3) 盘左、盘右观测同一方向取平均可以消除横轴误差 i 的影响。

1.3 竖轴误差

全站仪的竖轴 VV 与测站铅垂线之间的微小夹角 v 称为竖轴倾斜误差, 它是由于仪器的水准管轴与仪器的竖轴不正交, 或是由于仪器未严格整平而产生的。假设仪器的视准轴与水平横轴, 横轴与竖轴均已正交, 见图3。OV 为竖轴与铅垂线一致的位置,

与其正交的水平轴为 HH, OV' 为竖轴倾斜位置, v 为竖轴倾斜误差, 水平轴也随之倾斜至 H'H', 当望远镜俯仰时将形成斜面而不是铅垂面, 从而给水平方向观测带来误差。可见, 竖轴倾斜误差对水平方向观测的影响是以水平轴倾斜的形式出现的, 故与横轴误差影响有相似之处。从图3还可以看出, 当照准部绕倾斜后的竖轴旋转时, 水平横轴在各个方位上的倾斜量是变化的, 这又与水平轴倾斜误差不同。

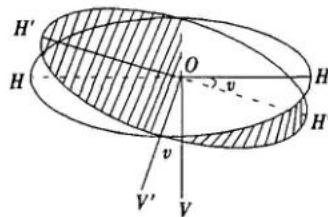


图3 竖轴倾斜示意图

Fig. 3 Inclining diagram of the verticle axis

横轴的倾斜量 i_v 随方位的变化而改变: $0 \rightarrow v \rightarrow 0$; i_v 对水平方向观测的影响为

$$x_v = i_v \cdot \tan \alpha = v \cdot \cos \beta \cdot \tan \alpha, \quad (5)$$

$$\Delta x_v = v \cdot \cos \beta \cdot (\tan \alpha_B - \tan \alpha_A), \quad (6)$$

式中: x_v 为竖轴倾斜误差 v 对水平方向观测值产生的误差; Δx_v 为竖轴倾斜误差 v 对水平角产生的误差; α 为观测方向竖直角; β 为横轴实际倾斜方向与最大倾斜方向之间的夹角。

从式(5)、式(6)可以看出: 竖轴倾斜的方向和大小是不随照准部的转动而变化的, 所引起的水平轴倾斜方向在望远镜纵转前后也是相同的, 即 x_v 的正负号并不改变, 因对任一观测方向不能期望在盘左、盘右观测取平均中消除其误差的影响。

综上所述, 全站仪3个轴误差对水平方向值的影响数值见表1。

表1 全站仪3个轴误差对水平方向值的影响

Tab. 1 Impact of error of three axes of the electronic total stations on the value of the horizontal direction

竖直角 $\alpha/(\circ)$	视准轴 误差 $c/(\prime)$	影响量 $x_c/(\prime)$	横轴 误差 $i/(\prime)$	影响量 $x_i/(\prime)$	竖轴 误差 $v/(\prime)$	最大影 响量 $x_v/(\prime)$
0	10	10	10	0	10	0
0	30	30	30	0	30	0
0	60	60	60	0	60	0
30	10	11.5	10	5.8	10	5.8
30	30	34.6	30	17.3	30	17.3
30	60	69.3	60	34.6	60	34.6
60	10	20.0	10	17.3	10	17.3
60	30	60.0	30	52.0	30	52.0
60	60	120.0	60	103.9	60	103.9

2 角度误差的补偿与改正计算^[2]

全站仪测角时,除了在观测方法上采用盘左、盘右观测同一方向取平均值,消除或减弱部分误差(如视准轴误差、横轴误差、竖盘指标差)的影响外,全站仪本身也对水平度盘和竖直度盘的读数进行了补偿和改正设置,此设置通常由功能选项来控制,见表2。

表2 全站仪补偿器和改正选项开关的状态组合表

Tab.2 State combination of switch of compensating and correcting of the electronic total stations

补偿	改正	竖直度盘值	水平度盘值	基准线
ON	ON	$V+X+v$	$H_z+x_c+x_i+x_v$	铅垂线
ON	OFF	$V+v$	H_z+x_v	铅垂线
OFF	ON	$V+X$	$H_z+x_c+x_i$	竖轴
OFF	OFF	V	H_z	竖轴

表中: V 为竖直度盘读数; X 为竖直度盘指标差; v 为竖轴倾斜量; H_z 为水平度盘读数; x_c 为视准轴误差引起的水平度盘读数误差; x_i 为横轴倾斜误差引起的水平度盘读数误差; x_v 为竖轴倾斜引起的水平度盘读数误差。

当补偿器的选项设置在“ON”的状态时,补偿器处于工作状态,全站仪的微处理器依据补偿器测得的竖轴倾斜量,自动补偿由竖轴倾斜引起的水平度盘和竖直度盘读数误差。经过补偿后,测量的基准线为铅垂线。若改正计算功能选项也设置在“ON”的状态时,水平度盘又进行了视准轴误差和横轴误差的改正,竖直度盘也进行了竖盘指标差改正。反之,“OFF”设置不进行补偿与改正。

3 轴线误差对光电测距的影响

全站仪从结构上分整体式全站仪和分体式全站仪2种形式。整体式全站仪的经纬仪和测距仪合二为一,经纬仪的光轴与测距仪的电轴重合(仅有较小夹角),且二者中心重合于仪器3轴中心,该类型全站仪测距时倾斜误差很小,对常规测量的精度不产生影响,这类仪器结构严密、使用方便、精度可靠,适用于短程测距,如:徕卡 TC1610、宾得 PCS300 系列等。而分体式(也称组合式或积木式)全站仪是电子经纬仪和光电测距仪的组合物,且二者在结构上又相互独立,其最大特点是经纬仪的光轴和测距仪的电轴在垂直方向上重合,若二者中心不重合,在高度上存在差值,即轴差。这类全站仪功率大、测程远、精度高,一般用于高精度的大地控制测量,如 $T_{3000}+DI_{3000}$ 等。

3.1 测距轴和视准轴不重合误差

对光电测距精度起主要影响的是视准轴与测距轴不重合产生的误差,见图4。这种误差主要针对分体式全站仪,设经纬仪中心与测距仪中心不重合的轴差为 R 。测距仪测距时,由于望远镜的上下俯仰,必然引起测距仪中心的前后位移和上下升降,即测距仪中心以 O 为圆心, R 为半径作相应的圆弧运动,从起始位置 O' 移动到实测时的位置 O'' ,从而导致斜距增长量 ΔL , 平距增长量 ΔD , 高差增长量 Δh 。且由几何关系可知:

$$\begin{cases} \Delta D = AO'' = R \cdot \sin \alpha, \\ \Delta L = BO'' = R \cdot \tan \alpha, \\ \Delta h = R \cdot (1 - \cos \alpha). \end{cases} \quad (7)$$

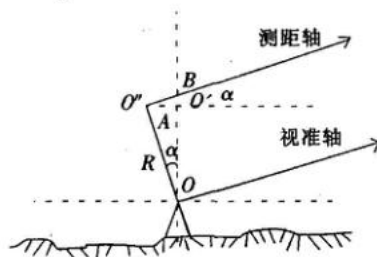


图4 视准轴与测距轴不平行误差示意图

Fig.4 Error diagram of not paralleling of axis of collimation and range-measurement axis

测距误差的大小与竖直角 α 和轴差 R 有直接关系, α 的绝对值越大误差越大,而 R 对同一台仪器来说是固定不变的。经过模型分析和实践证明,可用式(8)进行改正计算。

$$\begin{cases} D = L' \cdot \cos \alpha - R \cdot \sin \alpha, \\ L = L' - R \cdot \tan \alpha, \\ H = H_0 + i - j + L' \cdot \sin \alpha - R \cdot (1 - \cos \alpha), \end{cases} \quad (8)$$

式中: α 为竖直角; L' 为未加任何误差改正的观测斜距; H_0 为测站高程; i 为仪高; j 为照准点标高。

3.2 反光镜倾斜误差

全站仪测距时通常要配以反光镜(新型全站仪可免棱镜),反光镜的放置状态对测距的影响亦不能忽略,见图5。不考虑全站仪轴线误差而只考虑反光镜倾斜时,设反光镜的倾斜角度为 z ,观测方向的竖直角为 α ,则反光镜倾斜对平距、斜距和高差的影响分别为

$$\begin{cases} \Delta D = A''A = i \cdot \sin z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta, \\ \Delta L = A'A = i \cdot \sin z \cdot \cos \beta, \\ \Delta h = A''A' = i \cdot \sin z \cdot \tan \alpha, \end{cases} \quad (9)$$

式中: i 为反光镜高; α 为观测方向的竖直角; β 为观测方向顺时针到反光镜倾斜方向的转角。

从式(9)可以看出,测距改正数的大小不仅与镜高和倾斜角度有关,还与反光镜的倾斜方向有关。当

(下转第376页)

方式1进行数据收集。随后,进行了数据收集方案的概要设计、详细设计与实施。维修部的ABC管理取得了很好的效果。

6 结论

这个项目实例研究可以表明:数据收集机制的建立是成功实施ABC的重要环节。ABC的数据收集方式有许多,企业必须根据自身的实际情况,认真进行数据收集方法研究。研究方法一般均可以遵循DACC(Draw, Analyze, Compare, Choose)过程,采

取以下4个步骤开展:首先,确定数据收集的基本原则;其次,对照ABC管理需求分析存在的问题;再者,对比各个收集方式的优劣;最后,综合其他相关因素进行合理选择ABC数据收集方法。只有这样,企业才能真正地实现ABC计算的功效。

参考文献:

- [1] 王平心. 作业成本计算理论与应用研究[M]. 大连:东北财经大学出版社,2001. 45-46.
- [2] 王峰. ABC在管理上的应用[J]. 河北财会,2001,(2):22-23.

(上接第360页)

- [6] UNILEVER. LTD preparation of polyacetylalkylene diamine [P]. GB,1335204. 1973-10-24.
- [7] 张颖. 漂白活化剂TAED的制备[J]. 表面活性剂工业, 1997,(2):31-33.
- [8] 佚名. 漂白活化剂TAED的合成[J]. 精细化工经济与技术信息, 2003,(3): 20-21.
- [9] 徐天有,姚方. 四乙酰乙二胺的合成研究[J]. 化工时刊, 2002,(2):16-18.
- [10] 姚方,徐天有,郑启富. 杂多酸催化剂合成漂白活化剂

TAED工艺[J]. 化工时刊,2003,17(1): 52-54.

- [11] 刘智凌,王振宇. 漂白活化剂四乙酰乙二胺(TAED)的制备[J]. 日用化学工业,1995,(2):46-47.
- [12] 邓宇,陆海燕,姚培正,等. 浓硫酸催化合成四乙酰乙二胺的研究[J]. 印染助剂, 2004,19(2):19-21.
- [13] 邹丽霞,饶美秀,姚新强,等. 四乙酰乙二胺的合成[J]. 化工时刊,2000,(9):25-29.
- [14] 荆琪,邓宇. 微波诱导催化合成四乙酰乙二胺的初步研究[J]. 石化技术与应用,2003,21(4):256-258.

(上接第372页)

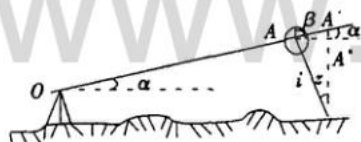


图5 反光镜倾斜误差示意图

Fig.5 Error diagram of inclining of range finder prism

倾斜方向与观测方向一致或相反时影响最大,倾斜方向与观测方向垂直时影响为零,所以反光镜的定期检测、校正和观测时仔细调平对测距精度也至关重要。

采用上述由严密模型推导出的改正法,只需在全站仪所测斜距的基础上加相应的改正数,即可达到消除由于视准轴倾斜、反光镜倾斜引起的测距误差(平距误差、斜距误差、高差误差)的目的,而且方法简单、精度可靠。由于全站仪工作中不可避免地受各种不利因素的干扰,测距精度自然受到影响。

通过工程实践证明,在一般条件下,经过改正后的观测结果有95%以上可以达到5mm级测距精度,比不经过改正的测距精度要提高数倍,且竖直角越大精度提高越明显。

4 结束语

全站仪进行轴线误差的补偿与改正是必要的,在实际工作中,根据工程的具体需要,可有针对性地选择测水平角、竖直角和测距的补偿和改正计算选项,从而达到既满足精度要求,又可适当地简化操作,真正作到仪器为工程服务,使仪器发挥其应有的恰到好处的作用。

参考文献:

- [1] 武汉测绘科技大学《测量学》编写组. 测量学[M]. 第3版. 北京:测绘出版社,1991.
- [2] 王文锐,秦建平. 公路工程实用测设技术[M]. 北京:人民交通出版社,1996.