

数字测图中棱镜偏心的改正

林文¹, 程敦海²

(1. 福建省第四地质大队 闽东测绘处 福建 宁德 352100 ; 2. 中国地质工程集团公司福建分公司 福建 福州 350003)

摘要 通过工程实践,对数字测图中棱镜偏心误差规律进行分析,得出一些有益的结论。

关键词 福宁高速公路 数字测图 测量误差 棱镜偏心 偏心改正

中图分类号 :U412.2 文献标识码 :B 文章编号 :1000-3746(2002)S1-0112-03

随着数字城市、数字地球概念的普及、地理信息系统(GIS)的逐步完善和数字化测图手段的广泛应用,人们对测绘产品的质量要求越来越高,在采用原有测图方法下经常被忽略的观测目标偏心误差,成为数字化测图的主要误差来源之一。特别在涉及产权问题的地籍测绘、房地产测绘等领域,质量低劣的测绘产品可能导致产权纠纷等诸多方面的问题。数字化测图中棱镜的偏心误差是有一定规律的,笔者在福宁高速公路 A7 标段施工实践中,对此进行分析摸索,试图得出有益的结论。

1 棱镜偏心产生的原因和对数字地形图的影响

地形特征点对点位精度的要求相对较低,棱镜偏心主要是在地物测量时产生并成为影响成图精度的一个主要的误差来源。棱镜偏心产生的原因有如下几点:一是突出地面的点状地物的几何尺寸使观测对象的精确位置无法立镜,如:电杆、独立树等独立地物,其中心位置往往是无法立镜的;二是棱镜自身具有一定的体积,只能与观测目标相切;三是一些危险的地方无法立镜,如陡崖边等。

棱镜偏心使地物特征点位置产生偏移,偏移量的大小是由偏心距的大小决定的,结果使独立地物产生位移,其他地物产生位移、变形,如电杆、独立树等产生位移,多边形建(构)筑物的内角大小产生变化,圆形地物如烟囱等变大、变成不是规则的圆形等。这种影响可用操作方法或合理的数学公式加以改正。

2 精度分析

在此笔者以测角精度为 $\pm 4''$ 、测距精度为 $\pm(3$

$+3 \times 10^{-6} D)$ 的 Nikon DTM-420 为例,根据现行《大比例尺地形图机助制图规范》的规定,1:500 数字地形图的最大测距长度不应超过 300 m,这里取其最大测距长度 300 m,进行点位精度分析。

2.1 水平角测量误差

水平角测量的误差主要来源于以下几个方面,即:仪器误差、观测误差(仪器对中误差、照准误差、读数误差、棱镜偏心误差)及外界条件影响带来的误差。

2.1.1 仪器误差 m_i

仪器误差主要来自垂直轴误差,而全站仪因结构合理,管水准器分划值小,仪器置平精度较高,据有关资料介绍,由仪器结构引起的误差 $\nabla \pm 1.5''$ 。取最大值 $m_i = \pm 1.5''$ 。

2.1.2 仪器对中误差 m_p

采用光学对点器进行对中,其误差一般不会超过 ± 3 mm,在边长为 300 m 的情况下,经严密计算,仪器对中误差 m_p 在 $0 \sim 4.12''$ 之间。取其最大值 $m_p = \pm 4.12''$ 。

2.1.3 照准误差 m_s

望远镜照准误差与望远镜的放大倍数 V 相关,该仪器的放大倍数 $V = 30$ 。故 $m_s = \pm(60''/V) = \pm 60''/30 = \pm 2''$ 。

2.1.4 读数误差 m_r

全站仪照准目标后可自动重复显示。水平方向值多次重复显示读数差最大为 $\pm 1''$ 。故取 $m_r = \pm 1''$ 。

2.1.5 外界条件影响带来的误差 m_v

这种误差主要是在外界环境或条件发生变化时产生的,主要以温度变化对视准轴的影响为主。据

有关资料介绍,温度变化 1℃ 时,角度变化的范围在 0.27~0.85" 之间。取最大值 $m_v = \pm 0.85''$ 。

由于全站仪的结构合理,水准管分划值小,同时仪器具有双轴补偿功能,可以认为仪器整平误差近似于零。暂不考虑观测目标偏心的情况下,半测回方向中误差为:

$$m_1 = \pm \sqrt{m_i^2 + m_p^2 + m_s^2 + m_r^2 + m_v^2} = \pm 5''$$

则半测回测角中误差为 $m_\beta = \pm \sqrt{2} m_1 = \pm 7.1''$ 。

2.2 测距误差

测距误差主要来源于仪器误差、观测误差(主要为仪器对中误差、棱镜偏心误差)和外界条件影响带来的误差。

2.2.1 仪器误差 m_D

仪器误差可取其标称精度值 $m_D = \pm(3 + 3 \times 10^{-6} D) = \pm(3 + 3 \times 10^{-6} \times 300000) = \pm 3.9 \text{ mm}$ 。

2.2.2 仪器对中误差 m_Z

采用光学对点器进行对中,其误差一般不会超过 $\pm 3 \text{ mm}$ 。取其最大值 $m_Z = \pm 3 \text{ mm}$ 。

全站仪在输入大气压和气温后,测距时可自动进行这 2 项改正,外界条件变化给测距带来的影响一般来说很小,同时暂不考虑棱镜偏心误差,则测距中误差为:

$$m_s = \pm \sqrt{m_D^2 + m_Z^2} = \pm 4.9 \text{ mm}$$

2.3 点位精度估算

如图 1 所示,野外采集点位数据时,一般是在测站 A 上设置全站仪,对立于各测点上的棱镜用极坐标法进行测量。

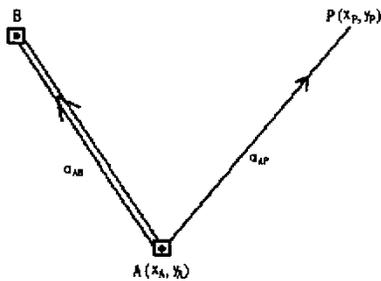


图 1 测点示意图

P 点的坐标可表示为:

$$X_P = X_A + S \cos(\alpha_{AB} + \beta)$$

$$Y_P = Y_A + S \sin(\alpha_{AB} + \beta)$$

对上式进行微分并转化为中误差关系式,则有:

$$m_{X_P}^2 = \cos^2 \alpha_{AP} m_s^2 + [(m_\beta / \rho) \sin \alpha_{AP}]^2 S^2$$

万方数据

$$m_{Y_P}^2 = \sin^2 \alpha_{AP} m_s^2 + [(m_\beta / \rho) \cos \alpha_{AP}]^2 S^2$$

取上 2 式之和得:

$$m_p^2 = m_{X_P}^2 + m_{Y_P}^2 = m_s^2 + S^2 (m_\beta / \rho)^2$$

不考虑棱镜偏心时,全站仪极坐标法测量点位坐标,测点的点位中误差为:

$$m_p = \sqrt{m_s^2 + S^2 (m_\beta / \rho)^2} = 11.4 \text{ mm}$$

在以上分析过程中,除仪器标称精度外,各项误差均取其最大值,所以可以得出如下结论:一般全站仪在 1:500 数字地形图测量的点位精度能达到 11.4 mm。观测时一般是瞄准棱镜中心进行测量的,由于棱镜中心到其边沿在 25 mm 以上,由以上提到的 3 种原因引起棱镜偏心时,偏心距远大于观测精度,所以棱镜偏心必须加以改正。

3 棱镜偏心改正的操作方法

在测距仪与经纬仪相配合的作业模式(或称经典作业模式)下,瞄准地物特征点测定水平角与瞄准棱镜测定距离和天顶距可以分开进行,观测者可以对距离加减一个常数进行调整和对水平角进行瞄准方向的调整。

有的全站仪作业时,是一次性瞄准并测量,同时测定水平角度、距离和天顶距,并将计算的坐标数据存贮下来或传送到计算机,因此观测者无法调整这些观测值,坐标数据是棱镜中心坐标。这种情况下距离较近时,可以用棱镜片代替棱镜,这样就可以避免由于棱镜自身的体积引起的纵向偏心,距离较远、垂直角不是很大的情况下,可以在目标真位置的铅垂线上调整棱镜的高度,进行观测。

笔者在使用 Nikon DTM-420、DTM-430、DTM-530 全站仪时发现:当完成一个测距操作又没有存储数据时,仪器会一直以这个平距为平距并结合当前方位角计算坐标值,直到将坐标数据存贮下来或传输到计算机,这样观测者在使用这类全站仪,当地物特征点的精确距离无法直接观测时,可以将棱镜立在距离相等的点上,先观测距离,再瞄准地物特征点测定水平方向。

目前,棱镜偏心还无法在观测时完全得到解决。下面介绍棱镜偏心改正的数学方法。

4 棱镜偏心改正的数学方法

由于立镜点点位选择的不同,产生棱镜偏心误差的情况也有所不同,相对于观测方向,可以将棱镜偏心误差分为 2 个分量:横向偏心和纵向偏心。图

2 是棱镜偏心示意图,测站点为 $A(x_0, y_0)$,镜心位置为 $P_1(x_1, y_1)$,此 2 点间平距为 s_1 ,真位置 $P(x, y)$, AP_1 方向的方位角为 T ,偏心距为 e 。

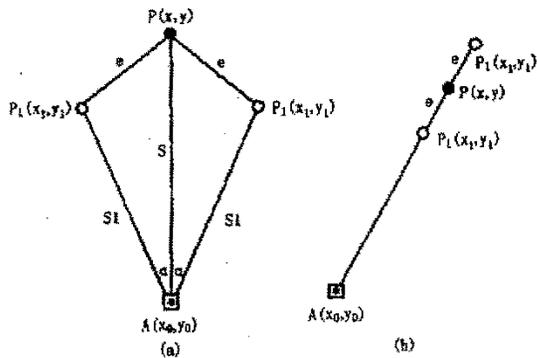


图 2 偏心改正示意图

图 2(a)为横向偏心示意图,设测点 A 、镜心位置 P_1 和真位置 P 三点形成一个以镜心位置 P_1 为直角的直角三角形, A 、 P 点间距为 s ,偏心距 e 在测站点 A 上产生的偏心角为 α ,由三角几何原理得:

$$\begin{cases} \alpha = \arctg(e/s_1) \\ s = \sqrt{e^2 + s_1^2} \end{cases} \quad (1)$$

加入横向偏心改正的坐标计算公式为:

$$\begin{cases} x = x_0 + s \cos(T \pm \alpha) \\ y = y_0 + s \sin(T \pm \alpha) \end{cases} \quad (2)$$

在上面公式中,相对于面对测站的持镜者,棱镜左偏取负号,右偏取正号。

图 2(b)为纵向偏心示意图, P 点坐标的计算公式为:

$$\begin{cases} x = x_0 + (s_1 \pm e) \cos T \\ y = y_0 + (s_1 \pm e) \sin T \end{cases} \quad (3)$$

设 $t = e/s_1$,并顾及 $x_1 - x_0 = s_1 \cos T$ 、 $y_1 - y_0 = s_1 \sin T$,展开后整理得经纵向偏心改正后的坐标计

算公式为:

$$\begin{cases} x = x_1 \pm t(x_1 - x_0) \\ y = y_1 \pm t(y_1 - y_0) \end{cases} \quad (3')$$

棱镜前偏取负号,后偏取正号。

用户可以在观测点位数据的同时,输入一个棱镜偏心识别码,以便计算机有识别棱镜偏心的类型和偏心距的大小,测点有 ID(测点代码)和 Code(信息码),可以用作棱镜偏心识别码,编码可以有多种方法,比如:P0.05、B0.04、L0.06、R0.03 分别表示棱镜前偏 0.05 m、后偏 0.04 m、左偏 0.06 m、右偏 0.03 m。具体数据可以由持镜者告诉观测人员,但需输入识别码,降低了工作效率。以上偏心改正公式具有严密的数学精度,但全站仪必须具有存储、传输测量原始数据(方位角、边长)的能力,坐标由计算机以公式(1)和(2)、公式(3)或(3')进行计算。

5 结论与建议

(1)棱镜偏心不可避免,从误差理论上讲,应该加以改正,在具体工作中视精度要求确定是否进行这项改正。

(2)在涉及产权等高精度要求的测绘中,如房地产测量,近距离观测时,应用棱镜片代替棱镜,距离较远用棱镜进行测量时,必须加入此项改正。

(3)在以下情况下观测时,必须加入此项改正。

- ①突出地面的点状地物的几何尺寸使观测对象的精确位置无法立镜,如:电杆、独立树等;
- ②以墙角或房角为界址点,且精度要求较高;
- ③一些危险而无法立镜的地方,如陡崖边等。

参考文献:

[1] GB 14912—94,大比例尺地形图机助制图规范[S].
[2] 李生平.建筑工程测量[M].武汉:武汉工业大学出版社,1997.