

文章编号: 1007-2993(2023)01-0013-06

双点边角交会法在基坑监测中的应用研究

严伯铎 王宇平 马连仲 孙会超

(山东建勘集团有限公司, 山东济南 250031)

【摘要】 根据基坑工程特点, 提出了一种用双点边角交会法建立基坑水平位移监测的基准点(网), 并对工作基点(线)检测计算的一种方法。实际应用表明, 该法具有方法简单、作业方便、精度较高的特点, 并且能满足基坑工程监测的要求。针对该方法提出一些实际应用建议, 可供类似工程参考。

【关键词】 基坑监测; 双点边角交会法; 平面坐标网; 工作基点; 检测

【中图分类号】 TU 198

【文献标识码】 A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2023.01.003

Application of Double Point Linear-angular Intersection in Foundation Pit Monitoring

Yan Boduo Wang Yuping Ma Lianzhong Sun Huichao

(Shandong Jiankan Groups Co., Ltd., Jinan 250031, Shandong, China)

【Abstract】 According to the characteristics of foundation pit engineering, the datum point (network) for monitoring the horizontal displacement of foundation pit was established based on double point liner-angular intersection method, and the working datum point (line) could be detected and calculated. The practical application shows that the method is simple, convenient and accurate, and can meet the requirements of foundation pit monitoring. Some practical suggestions are presented for reference.

【Key words】 foundation pit monitoring; double point linear-angular intersection method; plane coordinates network; working base point; detection

0 引言

为保证基坑施工全过程的质量和安 全, 必须进行基坑位移监测, 而基坑水平位移监测是其中一项重要的工作。基坑水平位移监测贯穿基坑工程施工和使用的全过程, 工作的周期一般延续几个月至一年左右, 且需要进行多周期观测。因此, 在基坑工程施工场地, 必须建立稳定可靠的基准网(点)和便于开展监测的工作基点作为整个施工过程中的参考系。在每期位移监测开始时, 还应将工作基点与基准网进行联测(检测), 监察其每期提供的工作基点成果是否稳定可靠, 保证各期观测成果不出现监测数据的变形失真, 使成果具有可比性。由于基坑施工场地一般比较狭小, 对外通视条件较差, 要建立与城市统一的基准网(点)有一定难度, 通常根据场地实际条件构建独立自主的基准网, 以满足实际监测工作需要。根据工程实践, 依文献 [1-4] 结合基坑工程特点, 提出采用双点

边角交会法建立基坑工程水平位移监测工作的基准网(点), 并对设置的供实际监测工作的工作基点进行检测计算的方法。该法适用于场地狭小、向外通视条件差的基坑工程, 且作业方便、精度优良, 可满足基坑工程水平位移监测的要求, 可供实际应用参考。

1 双点边角交会测定基坑监测平面基准网的原理

1.1 基本网形

城市中新建工程的基坑场地一般较为狭小, 由于周边建筑密集, 场地向外的通视条件较差。在场地狭小的空间中建立基坑监测的平面基准网(点), 可采用的方法和网形是有限的。现有常见的基坑形状多为长(正)方形或“L”(或刀把)形, 其他形状的基坑较为少见。在有限的场地空间中, 为便于监测工作开展, 建议采用双点边角交会网作为独立自主的基准网(点)。在基坑顶部某一长侧边的两端, 在基坑变形影响区域以外比较稳定的位置, 分别选定 P_1 、 P_2 作为工

作基点,并形成工作基线 $\overline{P_1P_2}$ 。同时在基坑对侧边以外邻近的现有稳固的建(构)筑物上选定两个特征目标(或设置两个固定标志),作为固定基准点 A 和 B (垂直角不宜大于 15°),其点位要便于安置照准标志和测距棱镜进行观测(见图 1)。分别在 P_1 和 P_2 点上安置全站仪,观测出 1、2、3、4 各角和 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 各边,并以提高测边精度(测边相对误差为 $1/300000$)的要求量测 S_5 边,供作基准边长(见图 1)。之后,以 P_1 点作为场地独立坐标系的原点, (设定为 $X_{P_1} = 2500.000^m, Y_{P_1} = 1500.000^m$), 以 $P_1 \rightarrow P_2$ 的方向为 X 轴方向(指向不限), 设定为起始方向, 其 $\overline{P_1P_2}$ 的方位角 $T_{\overline{P_1P_2}} = 0^\circ 00' 00''.00$, 构成基坑工程施工场地独立自主的平面监测基准网(点)A、B、 P_2 、 P_1 (见图 1)。

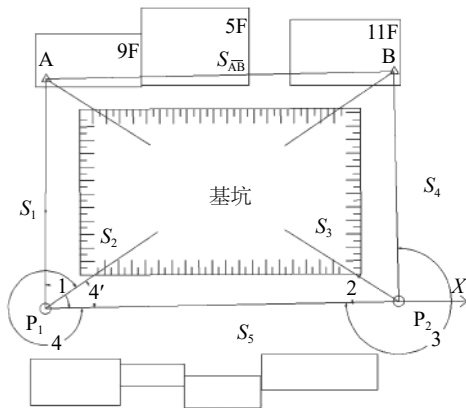


图 1 双点边角交会略图

1.2 基准网(点)的测算

对于如图 1 的双点边角交会网(点),当采用边、角统一的间接观测平差时,由于边、角是属于不同类观测值,平差时应选用恰当方式定权才可获得满意的平差结果,其计算过程亦较繁冗。为简化计算,建议采用一种直接、简便且能获得满意结果的直接算法。

边角交会网(点)可以认为是测角交会网(点)和测边交会网(点)的组合^[5-6],因而测角交会网(点)和测边交会网(点)所得的点位可以相当于独立观测的函数,从纯量意义上来说,边角交会网(点)则为测角交会网(点)与测边交会网(点)的加权平均值。

双点测角交会和双点测边交会的测算分述如下。

(1) 双点测角交会的测算

如前述,据图 2,在场地假定的独立坐标系内,以测边相对误差为 $1/300000$ 的精度量测边长

$$\overline{P_1P_2} = S_5$$

作为基准值,便有

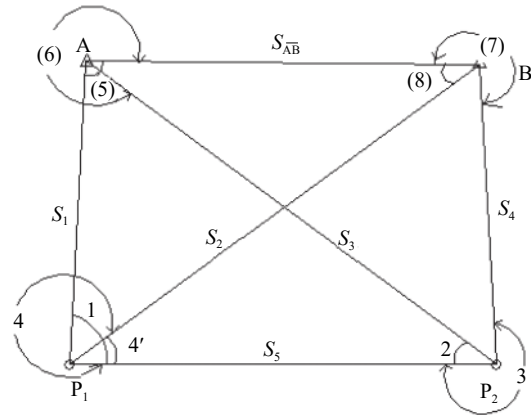


图 2 双点测角交会略图

$$\begin{aligned} X_{P_1} &= 2500.000^m \\ Y_{P_1} &= 1500.000^m \\ \text{和} \\ X_{P_2} &= 2500.000^m + S_5 \\ Y_{P_2} &= 1500.000^m \end{aligned}$$

作为已知值。

在观测出 1、2、3 和 4 各角后,可写出双点测角交会的 A 点和 B 点的坐标计算式^[2]为

$$\begin{cases} X_A^{\text{角}} = X_{P_1} + \frac{S_5 \sin 2 \cos 1}{\sin(1+2)} \\ Y_A^{\text{角}} = Y_{P_1} + \left(-\frac{S_5 \sin 2 \sin 1}{\sin(1+2)} \right) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_B^{\text{角}} = X_{P_1} + \frac{S_5 \sin 3 \cos 4}{\sin(3+4)} \\ Y_B^{\text{角}} = Y_{P_1} + \frac{S_5 \sin 3 \sin 4}{\sin(3+4)} \end{cases} \quad (2)$$

微分式(1)和式(2),并将微分转化为中误差,整理可得出双点测角交会计算的 A 点和 B 点的点位中误差计算式为

$$m_A^{\text{角}} = \frac{S_5 m_\beta}{\rho''} \frac{\sqrt{\sin^2 1 + \sin^2 2}}{\sin^2(1+2)} \quad (3)$$

$$m_B^{\text{角}} = \frac{S_5 m_\beta}{\rho''} \frac{\sqrt{\sin^2 3 + \sin^2 4}}{\sin^2(3+4)}$$

$$m_B^{\text{边}} = \pm \frac{\sqrt{m_{S_2}^2 + m_{S_4}^2}}{\sin B_1} \quad (4)$$

式中: m_β 为测角中误差, m_β 为仪器标称精度/ \sqrt{n} , n 为测回数。

若仪器标称精度为一测回方向中误差 m_0 ,则 $m_\beta = \sqrt{2}m_0 / \sqrt{n}$ 。

(2) 双点测边交会的测算

如前述,与图 2 类似,依双点测边交会的方式绘出图 3,在设定场地的独立坐标系中,以前述的(X_{P_1}, Y_{P_1})

和 (X_{P_2}, Y_{P_2}) 作为基准值,量测 S_1, S_2, S_3, S_4 各边值后,据图3得双点测边交会的A点和B点的坐标计算式为

$$\begin{cases} X_A^{边} = X_{P_1} + S_1 \cos \alpha_1 = X_{P_1} + S_1 \cos(360^\circ - 1) \\ Y_A^{边} = Y_{P_1} + S_1 \sin \alpha_1 = Y_{P_1} + S_1 \sin(360^\circ - 1) \end{cases} \quad (5)$$

和

$$\begin{cases} X_B^{边} = X_{P_1} + S_2 \cos \alpha_2 = X_{P_1} + S_2 \cos 4 \\ Y_B^{边} = Y_{P_1} + S_2 \sin \alpha_2 = Y_{P_1} + S_2 \sin 4 \end{cases} \quad (6)$$

式中: α_1 为 $\overline{P_1A}$ 边的方位角; α_2 为 $\overline{P_1B}$ 边的方位角。

$$\begin{cases} 1 = \cos^{-1} \frac{S_1^2 + S_5^2 - S_3^2}{2S_1S_5} \\ 4' = \cos^{-1} \frac{S_2^2 + S_5^2 - S_4^2}{2S_2S_5} \end{cases} \quad (7)$$

而 $4 = 360^\circ - 4'$

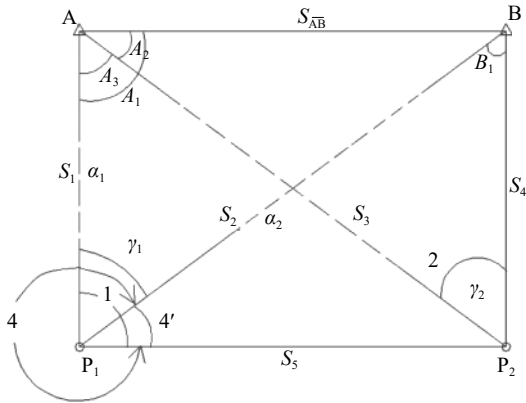


图3 双点测边交会略图

如图3,可以写出双点测边交会法计算的A点和B点的点位中误差计算式分别为

$$m_A^{边} = \pm \frac{\sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_3}^2}}{\sin A_3} \quad (8)$$

$$m_B^{边} = \pm \frac{\sqrt{m_{S_2}^2 + m_{S_4}^2}}{\sin B_1} \quad (9)$$

式中: m_{S_i} 为第*i*量测边的测边中误差, m_{S_i} 为仪器标称精度/ \sqrt{n} (*n*为测回数)。

而

$$\begin{cases} A_3 = \cos^{-1} \frac{S_1^2 + S_3^2 - S_5^2}{2S_1S_3} \\ B_1 = \cos^{-1} \frac{S_2^2 + S_4^2 - S_5^2}{2S_2S_4} \end{cases} \quad (10)$$

(3) 双点边角交会网的计算

对于双点边角交会网(点),其A和B点的坐标及其中误差相当于测角交会和测边交会的加权平均

值^[5-6]。令A和B点的测角交会和测边交会所得坐标的权为

$$\begin{cases} P_A^{角} = \frac{1}{(m_A^{角})^2}; P_A^{边} = \frac{1}{(m_A^{边})^2} \\ P_B^{角} = \frac{1}{(m_B^{角})^2}; P_B^{边} = \frac{1}{(m_B^{边})^2} \end{cases} \quad (11)$$

边角交会的A和B点的坐标计算式则为

$$\begin{cases} X_A = \frac{P_A^{角} \cdot X_A^{角} + P_A^{边} \cdot X_A^{边}}{P_A^{角} + P_A^{边}} \\ Y_A = \frac{P_A^{角} \cdot Y_A^{角} + P_A^{边} \cdot Y_A^{边}}{P_A^{角} + P_A^{边}} \end{cases} \quad (12)$$

和

$$\begin{cases} X_B = \frac{P_B^{角} \cdot X_B^{角} + P_B^{边} \cdot X_B^{边}}{P_B^{角} + P_B^{边}} \\ Y_B = \frac{P_B^{角} \cdot Y_B^{角} + P_B^{边} \cdot Y_B^{边}}{P_B^{角} + P_B^{边}} \end{cases} \quad (13)$$

而A点和B点的点位中误差计算式分别为

$$M_A = \frac{m_A^{角} \times m_A^{边}}{\sqrt{(m_A^{角})^2 + (m_A^{边})^2}} \quad (14)$$

和

$$M_B = \frac{m_B^{角} \times m_B^{边}}{\sqrt{(m_B^{角})^2 + (m_B^{边})^2}} \quad (15)$$

以上各式中的数值,取用前述式(1)一式(6)、式(8)和式(9)所计算的相应结果。

以上构成了基坑监测现场以独立坐标系的边角交会基准网(点)A、B、 P_1 、 P_2 ,设置在基坑顶部的 P_1 和 P_2 点可兼作供监测所需的工作基点。依照式(12)和式(13)计算的坐标可作为该工程场地基准网的固定基准点,供整个基坑工程监测期间,在每期(或间隔若干期)进行监测前对工作基点 P_1 和 P_2 进行检测计算。

2 工作基点 P_1 、 P_2 坐标及其精度的检测计算

为保证每期监测成果的可靠性和可比性,作为供监测所用的工作基点 P_1 和 P_2 必须具有可靠性、精确性和稳定性。为此,在每期(或隔若干期)监测之初,应利用所建立的基准点A和B作为已知固定点,采用双点边角后方交会法对工作基点 P_1 和 P_2 进行检测计算。

(1) 双点测角后方交会法的检测计算

以图2为例进行讨论,为简化计算,据文献[2]

给出一个预备计算式(见图4)。

$$\text{ctg}Q = \frac{\text{ctg}1 \cdot \text{ctg}3 - \text{ctg}2 \cdot \text{ctg}4}{\text{ctg}1 + \text{ctg}2 + \text{ctg}3 + \text{ctg}4} \quad (16)$$

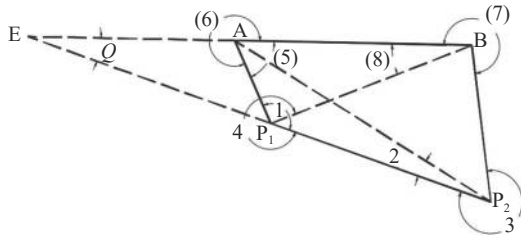


图4 双点测角后方交会略图

图4中, Q 角为 \overline{AB} 边顺时针方向至 $\overline{P_1P_2}$ 边(或延长线)的交角, 1角为在 P_1 点上自 $\overline{P_1A}$ 顺时针向至 $\overline{P_1P_2}$ 方向之角; 2角为在 P_2 点上自 $\overline{P_2P_1}$ 顺时针向至 $\overline{P_2A}$ 方向之角; 3角为在 P_2 点上自 $\overline{P_2B}$ 顺时针向至 $\overline{P_2P_1}$ 方向之角; 4角为在 P_1 点上自 $\overline{P_1P_2}$ 顺时针向至 $\overline{P_1B}$ 方向之角。

据图2、图4有

$$\left. \begin{aligned} (5) &= 180^\circ + (Q - 1) \\ (6) - 180^\circ &= 180^\circ - (Q + 2) \\ 360^\circ - (7) &= -[180^\circ + (Q - 3)] \\ (8) &= 360^\circ - (Q + 4) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

以前述求算的基准点A和B点的坐标作为已知(固定)值, 及观测的1、2、3、4各角, 结合式(16)求算的 Q 角和式(17)所求算的(5)、(6)、(7)和(8)等角, 据图2可得用双点测角后方交会直接计算工作基点 P_1 和 P_2 的坐标

$$m_{T_{P_1P_2}} = \frac{S_5 \cdot m_\beta}{S_{AB}} \times \sqrt{\frac{\sin^2 1 \cdot \sin^2(5) + \sin^2 2 \cdot \sin^2(6)}{\sin^4(1+2)} + \frac{\sin^2 3 \cdot \sin^2(7) + \sin^2 4 \cdot \sin^2(8)}{\sin^4(3+4)}} \quad (22)$$

式中: m_β 为测角中误差(同前述)。

而

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= S_{AB} \frac{\sin(8)}{\sin(1-4')} \\ S_2 &= S_{AB} \frac{\sin(5)}{\sin(1-4')} \\ S_3 &= S_{AB} \frac{\sin[360^\circ - (7)]}{\sin(360^\circ - 2 - 3)} \\ S_4 &= S_{AB} \frac{\sin[360^\circ - (6)]}{\sin(360^\circ - 2 - 3)} \\ S_5 &= \sqrt{(X_{P_2} - X_{P_1})^2 + (Y_{P_2} - Y_{P_1})^2} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

(2)双点测边后方交会法的检测计算

如图3的双点测边交会网, 图中A和B为固定点, 取式(12)和式(13)计算的结果, 其 $\overline{AB} = S_{AB}$, P_1

$$\left. \begin{aligned} X_{P_1}^{\text{角}} &= X_A + S_1 \cos[T_{AB} + (5)] \\ Y_{P_1}^{\text{角}} &= Y_A + S_1 \sin[T_{AB} + (5)] \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

和

$$\left. \begin{aligned} X_{P_2}^{\text{角}} &= X_A + S_3 \cos[T_{AB} + 360^\circ - (6)] \\ Y_{P_2}^{\text{角}} &= Y_A + S_3 \sin[T_{AB} + 360^\circ - (6)] \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

式(18)、式(19)中, X_A 、 Y_A 为由式(12)求算的基准点A的坐标, T_{AB} 为 \overline{AB} 边的方位角(依A、B点坐标反算)。

据图2有

$$S_1 = S_{AB} \frac{\sin(8)}{\sin(1-4')} = S_{AB} \frac{\sin(8)}{\sin(1+4-360^\circ)}$$

$$S_3 = S_{AB} \frac{\sin[360^\circ - (7)]}{\sin[(360^\circ - (3+2))]}$$

在求算出(5)、(6)、(7)、(8)各角后, 亦可直接采用前方交会的余切(戎格)公式计算工作基点 P_1 和 P_2 点的坐标。

同样, 据文献[2]可写出双点测角后方交会检测计算工作基点 P_1 和 P_2 的点位中误差计算式分别为

$$m_{R_1}^{\text{角}} = \frac{S_1 + S_2}{S_1 + S_2 + S_5} \cdot \frac{S_5 \cdot m_{T_{P_1P_2}}}{\rho''} \quad (20)$$

和

$$m_{P_2}^{\text{角}} = \frac{S_3 + S_4}{S_3 + S_4 + S_5} \cdot \frac{S_5 \cdot m_{T_{P_1P_2}}}{\rho''} \quad (21)$$

式中: $m_{T_{P_1P_2}}$ 为 $\overline{P_1P_2}$ 的方位角中误差。

而

和 P_2 点为待定点, S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 和 S_5 为量测边。由于网中有2个待定点, 依间接观测平差原理, 则存在一个多余观测, 选用 S_1 — S_4 的各边量测值作为自变未知量的近似值 S_1^0 、 S_2^0 、 S_3^0 、 S_4^0 。据图3令

$$\begin{aligned} \angle P_1AP_2 &= A_3, \angle BAP_2 = A_2, \angle BAP_1 = A_1 \\ \angle AP_1B &= \gamma_1, \angle AP_2B = \gamma_2 \end{aligned}$$

据图3根据余弦定理有

$$S_5^2 = S_1^2 + S_3^2 - 2S_1S_3 \cos A_3 \quad (24)$$

微分式(24)经集项整理可得

$$dS_5 = \frac{1}{S_5} [(S_1 - S_3 \cos A_3) dS_1 + (S_3 - S_1 \cos A_3) dS_3] + \frac{1}{S_5} \left[S_1 S_3 \sin A_3 \frac{dA_3}{\rho} \right] \quad (25)$$

从图3有

$$A_3 = A_1 - A_2$$

微分之则有

$$\frac{dA_3}{\rho} = \frac{dA_1}{\rho} - \frac{dA_2}{\rho} \quad (26)$$

又从图 3 有

$$\begin{cases} S_2^2 = S_1^2 + S_{AB}^2 - 2S_1S_{AB}\cos A_1 \\ S_4^2 = S_3^2 + S_{AB}^2 - 2S_3S_{AB}\cos A_2 \end{cases} \quad (27)$$

而

$$\begin{cases} A_1 = \cos^{-1} \frac{S_1^2 + S_{AB}^2 - S_2^2}{2S_1S_{AB}} \\ A_2 = \cos^{-1} \frac{S_3^2 + S_{AB}^2 - S_4^2}{2S_3S_{AB}} \\ \gamma_1 = \cos^{-1} \frac{S_1^2 + S_2^2 - S_{AB}^2}{2S_1S_{AB}} \\ \gamma_2 = \cos^{-1} \frac{S_3^2 + S_4^2 - S_{AB}^2}{2S_3 \cdot S_4} \end{cases} \quad (28)$$

微分式(27)经移项整理并代入式(26), 后代入式(25)经集项整理, 并令

$$\begin{cases} N_1 = \frac{S_2S_3\sin A_3}{S_{AB}\sin A_1} \\ N_2 = \frac{S_1S_4\sin A_3}{S_{AB}\sin A_2} \end{cases} \quad (29)$$

便可写出 S_5 的微分关系式为

$$dS_5 = \frac{1}{S_5} [(S_1 - S_3\cos A_3 - N_1\cos\gamma_1)dS_1 + N_1dS_2] + \frac{1}{S_5} [(S_3 - S_1\cos A_3 + N_2\cos\gamma_2)dS_3 - N_2dS_4] \quad (30)$$

于是依文献 [2] 可写出全部误差方程式

$$\begin{cases} V_{S1} = V_{S1}^\circ \\ V_{S2} = V_{S2}^\circ \\ V_{S3} = V_{S3}^\circ \\ V_{S4} = V_{S4}^\circ \\ V_{S5} = a_5V_{S1}^\circ + b_5V_{S2}^\circ + c_5V_{S3}^\circ + d_5V_{S4}^\circ + l_5 \end{cases} \quad (31)$$

而

$$\begin{cases} a_5 = \frac{1}{S_5}(S_1 - S_3\cos A_3 - N_1\cos\gamma_1) \\ b_5 = \frac{N_1}{S_5} \\ c_5 = \frac{1}{S_5}(S_3 - S_1\cos A_3 + N_2\cos\gamma_2) \\ d_5 = \frac{-N_2}{S_5} \\ l_5 = S_5^\circ - S_5 \end{cases} \quad (32)$$

式中: $S_5^\circ = \pm\sqrt{S_1^2 + S_3^2 - 2S_1S_3\cos A_3}$, S_1 — S_5 各值采用量测值。

根据式 (31) 组成法方程式, 经转换整理后便可写出各边的改正数直接计算式^[2]为

$$\begin{cases} V_{S1} = V_{S1}^\circ = -\frac{a_5l_5}{R} \\ V_{S2} = V_{S2}^\circ = -\frac{b_5l_5}{R} \\ V_{S3} = V_{S3}^\circ = -\frac{c_5l_5}{R} \\ V_{S4} = V_{S4}^\circ = -\frac{d_5l_5}{R} \\ V_{S5} = \frac{l_5}{R} \end{cases} \quad (33)$$

式中: $R = a_5^2 + b_5^2 + c_5^2 + d_5^2 + 1$; a, b, c, d 取式(32)各计算值。

利用式(33)所计算的各边改正数, 对各量测的边长进行改正, 求得各边平差后的边长 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 和 S_5 。再依其各边长度利用式(28)求出 A_1 和 A_2 角后, 其双点测边后方交会检测的工作基点 P_1 和 P_2 点坐标计算如下:

$$\begin{cases} X_{P_1}^{边} = X_A + S_1\cos(T_{AB} + A_1) \\ Y_{P_1}^{边} = Y_A + S_1\sin(T_{AB} + A_1) \end{cases} \quad (34)$$

和

$$\begin{cases} X_{P_2}^{边} = X_A + S_3\cos(T_{AB} + A_2) \\ Y_{P_2}^{边} = Y_A + S_3\sin(T_{AB} + A_2) \end{cases} \quad (35)$$

式中: T_{AB} 为 \overline{AB} 边的方位角(依 A, B 点坐标反算)。

据文献 [2] 可以写出双点测边后方交会法检测计算的工作基点 P_1 和 P_2 点的点位中误差计算式为

$$m_{P_1}^{边} = \pm 0.85 \frac{m_0}{S_{AB}\sin A_1} \sqrt{S_{AB}^2 \sin^2 A_1 + S_2^2 (1 + \cos^2 \gamma_1)} \quad (36)$$

$$m_{P_2}^{边} = \pm 0.85 \frac{m_0}{S_{AB}\sin A_2} \sqrt{S_{AB}^2 \sin^2 A_2 + S_4^2 (1 + \cos^2 \gamma_2)} \quad (37)$$

式中: $m_0 = \pm\sqrt{[v_3^2]}$; γ_1 和 γ_2 为式(28)的计算值。

应指明, 式(36)和式(37)是一种便于直接计算的近似式, 适用于外业计算, 其计算精度可以满足要求。

(3) 双点边角后方交会法检测工作基点 P_1 和 P_2 的最终坐标及其点位中误差计算

依前述, 在按式(18)和式(19)及式(34)和式(35)分别计算的 P_1 点和 P_2 点的坐标值, 以及按式(20)和式(21)及式(36)和式(37)所分别计算 P_1 和 P_2 的点位中误差值, 再分别利用式(11)一式(15)可计算出

双点边角后方交会法检测计算的工作基点 P_1 和 P_2 的坐标及其点位中误差的最终结果。

3 实际工程应用中的注意事项

3.1 确保基准点的可靠性

基准网(点)或工作基点(线)是基坑工程监测的主要基准点,必须保证在工程施工全过程保持稳固、牢靠。设置在建筑物上的特征目标点(如 A 点和 B 点),应选设在建筑物屋顶墙角或构造轴顶部适当位置或稳定建筑物上的特征目标。其点位应设置固定标志,该标志应设置有可供套插测距棱镜和测角照准标志的装置。地面上的工作基点(线)的两端点 P_1 和 P_2 ,应设置在基坑变形影响较小区域的适当位置(一般可设在距基坑一倍坑深以外),点位应建造有强制对中装置的观测墩或埋设专门观测标石^[1]。

3.2 基准网(点)定期复测

为保证基准网(点)的稳定、可靠,若基坑施工周期较长,在基坑工程监测的整个过程中,还应按前述基准网的测算方式对基准网(点)进行定期复测。而实际作业时,为保证所设置的基准网(点)具有足够的精度,其作业所要求的测角和测距的测回数,宜较工作基点检测时所规定的测回数增加 0.5~1.0 倍。

3.3 设置备用基准网(点)

若基坑较大,根据工作实际需要,可在已设置的工作基点(线) $\overline{P_1P_2}$ 基础上,用前述作业方式在基坑对侧的顶部加设工作基点 P_3 或 P_4 。

3.4 误差控制

检测时,工作基点相对基准网(点)的点位中误差,不应大于《工程测量标准》(GB 50026—2020)^[7]、《建筑变形测量规范》(JGJ 8—2016)^[8]、《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497—2019)^[9]规定的相应等级的精度要求。而检测所测算的 P_1 点和 P_2 点的坐标值与初始值的差值,不得超过原定作业等级所规定的观测点点位中误差的 2 倍。若超过此限,则后续周期的检测应以新测算的 P_1 点和 P_2 点的坐标作为基准值。

3.5 仪器校验与规范操作

供作业所用的全站仪必须进行严格的校验,并在作业中做到严格对中、置平,精确照准,精细作业。

4 结论

(1)采用双点边角交会建立基坑位移监测的平面控制网及其检测计算工作基点的方法,适用于常见的长(正)方形(或“L”形)的基坑,尤其适用于场地狭小、对外通视条件差的基坑工程,具有方法简单、作业方便、设站少、效果好的特点,其成果精度能满足基坑监测所需的精度要求,适宜于推广应用。

(2)双点边角交会的直接算法,对于基准网(点)的计算,属于双点边角前方交会的计算模式,而对于依基准网(点)进行工作基点 P_1 点和 P_2 点的检测计算,则属于双点边角后方交会的计算模式。

(3)本方法亦适宜于场地和工程条件类同的相关工程,进行位移监测或建立供施工所需的场地工作基准网(点)时应用。

参 考 文 献

- [1] 黄泽健. 后方交会法在水平位移工作基点检测中的应用研究[J]. 勘察科学技术, 2013, (4): 45-48.
- [2] 严伯铎. 工程测量应用技术论文集[M]. 济南: 山东省地图出版社, 1998.
- [3] 严伯铎, 王宇平, 马连仲, 等. 任意设站法在基坑位移监测中的应用[J]. 工程勘察, 2014, 42(9): 1-6.
- [4] 严伯铎. 双点测边交会定点的精度计算与分析[C]// 第三届中国建筑学会工程勘察学术会议论文集, 1988.
- [5] 顾孝烈, 洪炳隆, 杨子龙, 等. 工程边角控制网的精度分析[J]. 工程勘察, 1981, (1): 1-8.
- [6] 顾孝烈. 城市平面控制网的布设[J]. 城乡测绘, 1986, (1): 27-35.
- [7] GB 50026—2020 工程测量标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- [8] JGJ 8—2016 建筑变形测量规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [9] GB 50497—2019 建筑基坑工程监测技术标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.

收稿日期: 2021-08-12