

导线观测值粗差的性质及其应用

航天建筑设计研究院勘察公司 王旭东

【提要】 本文对导线观测值粗差的性质检测, 从理论上进行了探讨, 在工作中有一定实用价值。

【Abstract】 The characteristics testing of the gross error of the traverse observing value is researched in theoretical. It has some practical value in practice.

随着测距仪的发展, 导线的应用是很普遍的。

但导线图形条件少, 多余观测量少, 用于检核的条件相应也少, 不易发现观测值中的错误, 即粗差。一般是在整条导线观测完毕, 才能进行计算检核, 以判断有无粗差。如对所有观测量逐一重测验证, 则在含粗差的观测量之前的重测无异于浪费。若能先判断粗差类型及其所在, 有目的地去重测, 避免一些盲目的工作, 则能解决上述问题。因此, 深入地探讨导线粗差检验, 是很有必要的。

由于导线的检验是从闭合差入手的, 故粗差对于闭合差的影响性质, 将是导线检验的基础。

1. 导线粗差的性质。

导线观测值有两类: 角度, 边长。相应地, 导线检核条件也只有两类: 角度闭合差与边长闭合差, 后者又可分解为坐标闭合差。支导线由于没有多余观测而无法检核, 附和导线和闭合导线则存在上述三个条件。

粗差对导线闭合差的影响, 有两个基本的性质:

(1) 边长的粗差将使受影响的点位沿该边方向发生平移;

(2) 角度的粗差将使受影响的点位绕粗差所在角度的顶点发生旋转。

从下面两图来看: 图1中边 S_{12} 含粗差 $2-2'$, 则点2, 3, B均沿边1-2方向平移; 图2中角2含粗差 α , 则点3, B以各自到点2距离为半径发生旋转。

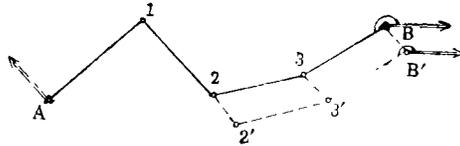


图 1

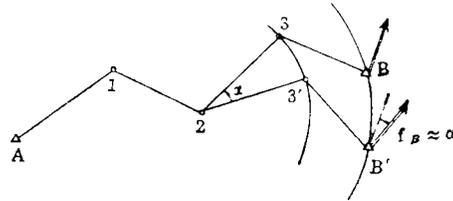


图 2

这可形象地将导线 AB 比作一实体, 折成上述形状, 当将图1中1-2边伸长时, 实体后面部分相应伸长; 当将图2中实体绕点2旋转时, 后半部分相应旋转。

从图中还可看出, 由于边长粗差的性质, 使相邻点间构成平行四边形, 考虑正常观测误差, 则点的平移量应近似平行并且近似相等。角度粗差也将近似等于角度闭合差。

以上是导线比作实体, 这只是便于形象地理解, 实际上, 图1中, $2', 3', B'$ 是计算的点位, 而实地的导线点 $2, 3, B$ 是客观存在的, 而观测过程中, 是在这些点上进行的, 它们之间的角度, 边长是固定的, 因而

如图1中,当只有边1-2含粗差,整条导线的角度观测将是闭合的。

用上面的性质,可对导线的检验方法作出解释。

2.导线的粗差检验

一般而言,导线的边长不能很多,从观测值可靠性角度出发,粗差不应很多。假定同类观测值最多只能有一个粗差。因而粗差有以下三种情况:边长粗差、角度粗差、边角联合粗差。

通常所用的检验方法相应也有三类:

(1)边长粗差检验

如图3所示,由起点A按观测值计算各导线点坐标,坐标闭合差 f_x, f_y ,逐一与各边方位角比较,近似与之平行的边 S_{2-3} 可能含粗差,粗差大小近似为 $\Delta S = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$

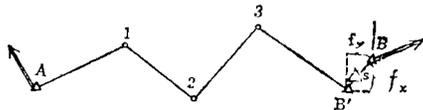


图 3

这实际上是应用了性质(1),只是选择了一特殊点的坐标差(终点闭合差),用于比较。

(2)角度闭合差检验

如图4,对于同一条导线,分别从起点A,终点B,按观测值计算相同点的两套坐标,两套坐标中近似相同的点,即可能是相差角度的顶点。

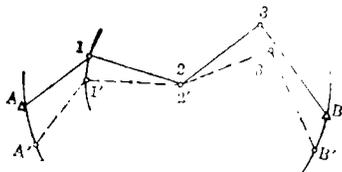


图 4

正算坐标: A, 1, 2, 3', B'

反算坐标: B, 3, 2', 1', A'

接近的点为2,2',则角2的观测值含粗差。

这就相当于把导线AB在2点处向下折了一下。由于终点、起点有固定坐标及方位角,若由起点A起算,则相当2-3-B折到2'-3'-B';若由终点B起算,则相当2-1-A折到2'-1'-A'。因此,正反向计算,有坐标接近的点,即意味着旋转点不变,该点也应是粗差所在角度的顶点。

从性质(2)出发,考虑到按观测值计算出的终点坐标,即以粗差所在角顶点为圆心,以 $\alpha \approx f_\beta$ 为旋转角得到的旋转后坐标,则闭合差是旋转后坐标与已知坐标的差值,参照下图:

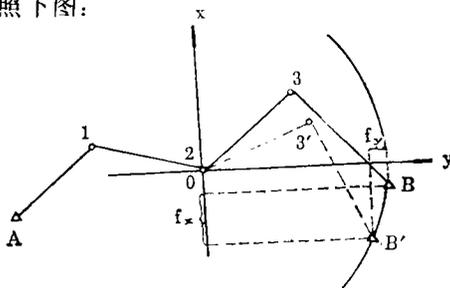


图 5

以旋转点2为圆点,顺时针转角为负,旋转后B'的坐标为:

$$x_{B'} = (x_B - x_0)\cos\alpha - (y_B - y_0)\sin\alpha + x_0$$

$$y_{B'} = (x_B - x_0)\sin\alpha + (y_B - y_0)\cos\alpha + y_0$$

$$\text{故: } \begin{cases} f_x = x_{B'} - x_B = (x_B - x_0)\cos\alpha - (y_B - y_0)\sin\alpha + x_0 - x_B \\ f_y = y_{B'} - y_B = (x_B - x_0)\sin\alpha + (y_B - y_0)\cos\alpha + y_0 - y_B \end{cases}$$

计算后, $f_x, f_y, \alpha(f_\beta)$ 可得, x_B, y_B 为已知,故可方便地从方程中解求 x_0, y_0 ,从而求出可能含粗差的角度观测值。

以下以一闭合导线为例

已知数据:

$$T_A = 327^\circ 31' 24'' \quad T_B = 281^\circ 40' 24''$$

$$x_A = 322.412(\text{m}) \quad x_B = 559.003$$

$y_A = 436.589$ $y_B = 635.589$
 在各点的观测值 (转折角、边长)
 101: $60^\circ 27' 12''$ 100.060 (m)
 201: $224^\circ 12' 36''$ 98.327
 202: $183^\circ 42' 23''$ 69.331
 203: $88^\circ 32' 54''$ 113.240
 102: $107^\circ 13' 17''$

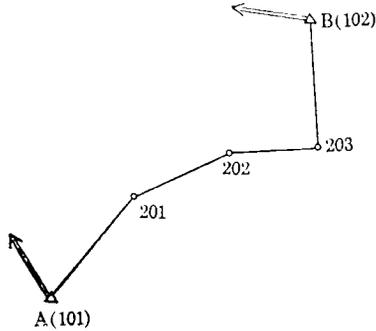


图 6

利用观测值按支导线计算结果:

	101	201	202	203	102
x	322.412	411.256	441.336	458.234	567.324
y	436.589	483.782	577.395	644.635	614.261
T	$27^\circ 58' 36''$	$72^\circ 11' 12''$	$75^\circ 53' 35''$	$344^\circ 26' 29''$	

$T'_B = 271^\circ 39' 46''$
 $f_\beta = -10^\circ 00' 38''$
 $f_x = 8.321$ $f_y = -21.328$

列出方程:

$$\begin{cases} 0.01522x_0 - 0.17383y_0 = -93.655 \\ 0.17383x_0 + 0.01522y_0 = 85.517 \end{cases}$$

解之得: $\begin{cases} x_0 = 441.401 \\ y_0 = 577.421 \end{cases}$

由于解出的 (x_0, y_0) 与 (x_{202}, y_{202}) 接近, 故该点上转折角可能含粗差, 该角近似值应用

$$\beta'_3 = \beta_3 - f_\beta = 183^\circ 42' 23'' + 10^\circ 00' 38'' = 193^\circ 43' 01''$$

(3) 边角联合粗差的检验

由于有了同类观测测量最多仅能有一个含

粗差的假设, 则边角联合粗差是指一条边与一个角度同时存在粗差的情况, 这就是说, 平移与旋转各自进行了一次。此时的闭合差将是两种影响的共同结果。

角度粗差的检验是从闭合点上的闭合差入手的, 而边长粗差的检验则可以在粗差之后的任一点上进行一只要该点可以计算出其正确值, 即使无法准确判断该点究竟是哪一点。所以可以利用正反算坐标差平行的性质, 判断出边长粗差与角度粗差。

另外, 由于平移, 旋转是两类性质完全不同的运动, 两者是各自独立地发生作用, 即这两个运动是有先后顺序的; 或者先平移后旋转, 或者先旋转后平移。正反算总可使平移先于旋转。所以, 利用比较平行的判断方法将是可行的。

以图 7 为例。

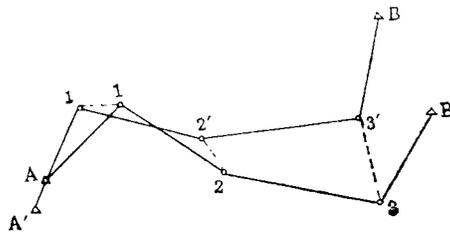


图 7

A, B为已知点。

正算: A, 1, 2, 3, B'

反算: B, 3', 2', 1', A'

由于坐标差 $1'-1$ 与边 $2'-3'$ 平行, 故可知边 $2'-3'$ 的观测值含粗差, 大小为 $1'-1$ (可能伸长, 也可能缩短)。以点 1 为顶点的转折角观测值含粗差, 其值为 $-f_\beta$ 。

实际上, 正算的点 1, 反算的点 3' 是正确的, 反算的 2', 1' 将只受边长粗差影响; A' 将受两种粗差的联合影响, 正算的点 2 受角度粗差影响, 3, B' 则受到两种粗差影响。加上上面的分析, 则只有点 1 的坐标差

可用于通过比较平行判断边长粗差。也仅该点的转折角观测值可能含粗差，因为在正算或反算线路中判断出边长粗差（本文指反算线路），则角度粗差在其后，也只有边长粗差之后。角度粗差前的点（包括边长端点，角度顶点）只受边长影响不受角度粗差影响。但是，在反算或正算时（本文指正算），该范围的点只有粗差的在角度顶点是正确的，没受角度与边长粗差影响（正算时边长影响后于角度粗差）故能用坐标差判断平行的点是角度粗差的顶点。

以上所述，只是针对一些教科书上所列出检验方法作出理论上的解释，以便加深理解，在实践中应用。

导线粗差性质也可用于粗差类型的判断：

3. 导线粗差性质判定

在1中，关于导线粗差性质的分析后半部分，曾提到：观测导线，用于对中的导线点在实地是固定的，边与边间夹角将是固定的，同时，边长粗差的平移性质，使其不对角度闭合差产生影响。

因而对一条导线的检验，应先由角度闭合入手。角度闭合差未超限，则进一步计算坐标闭合差，角度闭合差太大，则应正反方向推算导线点坐标，两套坐标中有一点很接近，则是单一角度粗差，如果所有导线点中即便是最接近的点也不能很好吻合，则应当用坐标差按边角联合粗差的方法判断。

最后，在上述分析的基础上，我们可以对导线观测值按支导线计算，得出闭合差，

判断有无粗差，粗差类型，及进一步判断粗差可能所在的观测量。这一工作可随记录同时进行，比较方便，迅速地判断导线观测是否合格，以及迅速采用补救措施等。

此外，我们也应注意以下几点：

(1) 文中各例均以附和导线为主，附和导线实际上也可看作特殊的附和导线，其终点与起点为同一点。对于导线网的检验，则应先判断粗差所在的线路，而后用上述方法判断：

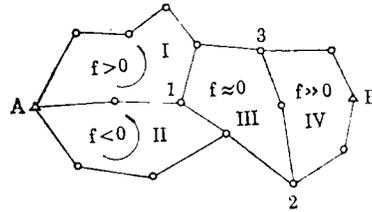


图 8

由图 8 知，粗差很可能在 A1 段，及 2B3 段。

(2) 上述分析是在假定同类观测量最多仅能有一个量含粗差条件下进行的，如果两条边的平移，很可能相当某一第三边的平移，或者两个角度粗差一正一负而相互抵消……，所以上面的判断是必要而非充分的，只有在判断后的有目的重测验证，即重测与判断结果吻合后，粗差改正才是有意义的。

(3) 粗差的检验也可用数据探测法进行，但由于导线多余条件少，而使改正数趋于平均，从而 $w_i = v_i / \sigma \cdot \sqrt{g v_i v_i}$ 很接近，不一定能很有效地作出判定。

(上接第28页)

使沉降量计算值偏大，这时工程偏于安全，但若过于保守，就会造成不必要的浪费。因此，讨论计算 E_s 时，应根据土的特性，选择适宜的 N 值，使计算出的 E_s 更加符合实际。但其中一点是很明确的，即采用 e_0 来计算 E_s 是偏于不安全的。

七、结束语

通过以上分析，建议今后在计算压缩模量时，尤其对于高层、超高层建筑岩土工程，要考虑原位孔隙比 e_s 、初始孔隙比 e_0 和自重应力孔隙比 e_z 在物理概念上的不同及数值上的差异。在考虑这一问题时，笔者推荐按式 (6)、(7)、(8) 计算。