

Precision Analysis of the Corner Resection Method in the Construction Control Point Layout of the Forest Areas and after the Control Point Offset

Gen Jin Mingbo Guo

Northeast Branch China Construction Eighth Engineering Division Corp., Ltd., Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract

The construction precision requirements of bridge piers are high, and in the construction of forest areas, there are often on-site construction conditions where the construction area is long and the trees are lush. The measurement work often needs resection. The resections are mainly divided into angle resection, edge intersection, and corner resection. Angle resection requires more than three control points, and there may be dangerous rounds, which have great limitations in the construction of bridges in forest areas and will not be considered. This paper starts from the principle of corner resection, and analyzes how to use the resection method in the construction of bridge piers in the forest areas to control the layout of the control points and the precision analysis after the control points are offset.

Keywords

corner resection; forest pier construction; control point offset

边角后方交会法在林区桥梁施工控制点布设及控制点偏移后精度分析

金亘 郭明勃

中国建筑第八工程局有限公司东北分公司, 中国·辽宁 大连 116000

摘要

桥梁墩柱施工精度要求高,而在林区施工往往存在施工区域狭长、树木繁茂的现场施工条件,测量工作很多时候都需要进行后方交会。后方交会主要分为角度后方交会、测边交会和边角后方交会,角度后方交会需要三个以上控制点,并且可能会出现危险圆的情况,在林区桥梁施工中有很大的局限性,不做考虑。本文主要从边角后方交会的原理出发,分析林区桥梁墩柱施工过程中使用后方交会法如何进行控制点的布设及对控制点发生偏移后的精度分析。

关键词

边角后方交会; 林区桥梁墩柱施工; 控制点偏移

1 全站仪边角后方交会法的原理

在林区施工过程中,由于考虑对林区的保护,进场初期控制点的选择少之又少,而随着上部结构逐渐施工及季节变化等因素的影响,往往会导致控制点不通视或者控制点通视却无法观测我们要放样的位置,这就导致了完全将全站仪架设在控制点上很难保证施工的进行,所以后方交会是必不可少的,本文主要介绍的是边角后方交会。

边角后方交会法是通过将全站仪架设在未知点观测2个或2个以上已知点,通过观测所得的边长和角度求出观测点的坐标,从而进行定位定向的方法^[1]。

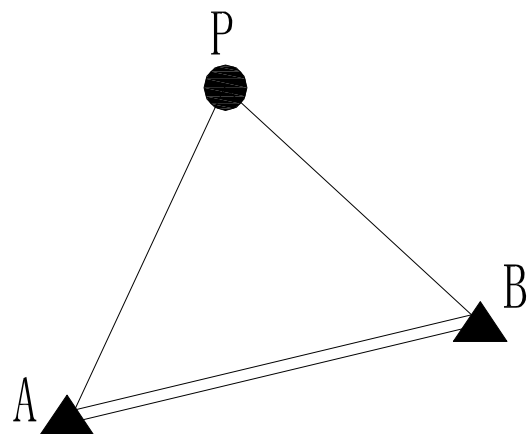


图1 后方交会示意图

如图1所示, A、B 为两个已知点, 通过计算求得 A、B

距离 S_0 , P 为未知点即观测点, 将全站仪架在 P 点通过观测 P 到 A 的距离 S_1 及在 B 点测得的水平角 θ , 通过正弦定理

$$\sin \angle A = \frac{S_1}{S_0} * \sin \theta$$

其中

$$S_0 = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2}$$

通过反三角函数求出 B 的角度, 从而求出角 A 和 AP 的方位角 α_{AP} ;

$$\angle A = 180^\circ - (\theta + \angle B)$$

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \angle A$$

从而求出 P 点坐标

$$X_P = X_A + S_1 * \cos \alpha_{AP}$$

$$Y_P = Y_A + S_1 * \sin \alpha_{AP}$$

2 边角后方交会控制点选择

本文针对中建八局大连公司承建的吉林漫江生态旅游开发项目一期道路工程施工遇到的问题进行分析, 对于地处严寒地区林区中桥梁施工中测量放线遇到的问题进行总结。

(1) 控制点最初选择位置时应从平面图纸出发, 根据施工场地及便道宽度、桥墩位置及预选钢筋厂等施工场地位置, 初选几条导线线路, 尽可能保证施工过程中一直是通视的, 尽可能保证在所有施工工序内所选控制点进行角度定向或后方交会可以完成本项目测量工作全部内容。

(2) 现场踏勘, 考虑场地植物遮挡, 保证两个控制点视线之间不会随着季节变化被植被遮挡, 并且视线尽可能远离树木。同时选点时尽可能保证选择位置下挖 2 米多时地质条件坚硬, 保证控制点埋设后的稳定性。考虑场地高低, 尤其在昼夜温差较大地区, 当观测时视线离地面太近会被由于温差产生的气浪干扰, 所以出现坡度的时候尽可能将控制点选择在高处。

(3) 埋设时混凝土深度宜不低于 2m。另外控制点至少有两个点远离施工区, 防止当控制点发生变化时候没有已知点进行校核^[2]。

3 边角后方交会在施工中因其中之一控制点发生偏移对测量放线结果影响

由于林区施工茂密, 控制点选择的余地就很少, 而且施

工过程中, 无论是桩基施工还是挖掘机、混凝土罐车等大型机械在施工场地经过时对场地的干扰是不可避免的, 控制点发生偏移也是必然的, 而桥梁观测又是一项严密的工作, 控制点复核是必不可少的内容, 但是控制点不可能做到每天复核, 本文针对中国吉林漫江生态旅游综合开发项目实际情况在定期复核时发现偏移后如何确定之前测量放线工作复核规范规定是本章节中重点讨论的问题。

根据图 1, 假定控制点 A 平面位置偏移了 d , 偏移角度为 β (起算方向为正北方向), 控制点 B 不发生偏移, 观测角度为 θ , AP 边观测距离为 S_1 , 仪器采用莱卡 TS06。

3.1 假设动点为 A 并以 A 作为 P 点坐标起算点

根据已知条件进行分析:

$$m_{X_A} = d * \cos \beta$$

$$m_{Y_A} = d * \sin \beta$$

$$m_\theta = 2''$$

$$m_S = 1.5m + 2ppm$$

根据公式得出:

$$\angle B = \arcsin \left(\frac{S_1}{S_0} \sin \theta \right)$$

根据实际情况, 观测 $\angle B$ 时, 受到 S_0 变化影响, 所以:

$$m_{S_0} = \frac{2}{S_0} \sqrt{(X_A - X_B)^2 * m_{X_A}^2 + (Y_A - Y_B)^2 * m_{Y_A}^2}$$

$$m_B = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_1}{S_0} \sin \theta\right)^2}} \sqrt{\left[\left(\frac{\sin \theta}{S_0}\right)^2 m_{S_1}^2 + \left(\frac{-S_1 \sin \theta}{S_0^2}\right)^2 m_{S_0}^2 + \left(\frac{S_1 \cos \theta}{S_0}\right)^2 m_\theta^2\right]}$$

同理

$$m_A = \sqrt{m_B^2 + m_\theta^2}$$

为方便计算方位角, 假定 $X_A < X_B$, $Y_A < Y_B$, 所以:

$$\partial_{AB} = \arctan \left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \right)$$

$$m_{\partial_{AB}} = \frac{1}{S_0^2} \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 m_{X_A}^2 + (X_B - X_A)^2 m_{Y_A}^2}$$

$$m_{\partial_{AP}} = \sqrt{m_{\partial_{AB}}^2 + m_A^2}$$

$$m_{X_P} = \sqrt{m_{X_A}^2 + \cos^2 \partial_{AP} m_{S_1}^2 + (-S_1 \sin \partial_{AP})^2 m_{\partial_{AP}}^2}$$

$$m_{Y_P} = \sqrt{m_{Y_A}^2 + \sin^2 \partial_{AP} m_{S_1}^2 + (S_1 \cos \partial_{AP})^2 m_{\partial_{AP}}^2}$$

$$m_{\partial_{PA}} = \frac{1}{S_1^2} \sqrt{(Y_P - Y_A)^2 (m_{X_P}^2 + m_{X_A}^2) + (X_P - X_A)^2 (m_{Y_P}^2 + m_{Y_A}^2)}$$

设待放样点理论观测角度为 δ ，观测点理论边长为 S_2 ，则有

$$m_{X_D} = \sqrt{m_{X_P}^2 + \cos^2(\delta + \partial_{PA}) m_{S_2}^2 + (-S_2 \sin(\delta + \partial_{PA}))^2 (m_{\delta}^2 + m_{\partial_{PA}}^2)}$$

$$m_{Y_D} = \sqrt{m_{Y_P}^2 + \sin^2(\delta + \partial_{PA}) m_{S_2}^2 + (S_2 \cos(\delta + \partial_{PA}))^2 (m_{\delta}^2 + m_{\partial_{PA}}^2)}$$

3.2 假设动点为 B 并以 A 作为 P 点坐标起算点

$$m_{X_B} = d * \cos \beta$$

$$m_{Y_B} = d * \sin \beta$$

$$m_{\theta} = 6''$$

$$m_S = 1.5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$$

根据公式得出：

$$\angle B = \arcsin \left(\frac{S_1}{S_0} \sin \theta \right)$$

根据误差传播定律

$$m_B = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_1}{S_0} \sin \theta\right)^2}} \sqrt{\left[\left(\frac{\sin \theta}{S_0}\right)^2 m_{S_1}^2 + \left(\frac{S_1 \cos \theta}{S_0}\right)^2 m_{\theta}^2\right]}$$

同理

$$m_A = \sqrt{m_B^2 + m_{\theta}^2}$$

$$m_{\partial_{AB}} = \frac{1}{S_0^2} \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 m_{X_B}^2 + (X_B - X_A)^2 m_{Y_B}^2}$$

$$m_{\partial_{AP}} = \sqrt{m_{\partial_{AB}}^2 + m_A^2}$$

$$m_{X_P} = \sqrt{\cos^2 \partial_{AP} m_{S_1}^2 + (-S_1 \sin \partial_{AP})^2 m_{\partial_{AP}}^2}$$

$$m_{Y_P} = \sqrt{\sin^2 \partial_{AP} m_{S_1}^2 + (S_1 \cos \partial_{AP})^2 m_{\partial_{AP}}^2}$$

$$m_{\partial_{PA}} = m_{\partial_{AP}}$$

设待放样点观测角度为 δ ，边长为 S_2 ，则有

$$m_{X_D} = \sqrt{m_{X_P}^2 + \cos^2(\delta + \partial_{PA}) m_{S_2}^2 + (-S_2 \sin(\delta + \partial_{PA}))^2 (m_{\delta}^2 + m_{\partial_{PA}}^2)}$$

$$m_{Y_D} = \sqrt{m_{Y_P}^2 + \sin^2(\delta + \partial_{PA}) m_{S_2}^2 + (S_2 \cos(\delta + \partial_{PA}))^2 (m_{\delta}^2 + m_{\partial_{PA}}^2)}$$

经计算，无论任何观测角度为 δ 、边长为 S_2 ，都有

$$m_{X_P} = m_{X_D}$$

$$m_{Y_P} = m_{Y_D}$$

所以，分析放样点的精度只需分析交会点 P 的精度。

根据上述推导公式，可以发现，情况 3.1 进行后方交会对交会点，从而对放样精度的影响更大。通过 matlab 编程手段对于情况 3.1 控制点偏移进行分析。

假设 $d=10\text{mm}$ ，偏移角度任意（ 0° 到 360° ，以正北方向起算），交会角度为清楚显示结果，以 10° 为分割线，从 10° 到 170° 列表，根据不同交会角度进行数据处理，经过计算得，当交会角度不同时，X 方向在 A 控制点沿不同方向偏移时最小中误差为及最大中误差见表 1。

表 1 不同交会角度最小、最大中误差

交会角度	X 方向最小中误差 (mm)	X 方向最大中误差 (mm)	Y 方向最小中误差 (mm)	Y 方向最大中误差 (mm)
10°	1.11	10.46	0.21	10.00
20°	1.07	10.43	0.88	10.01
30°	0.97	10.35	1.51	10.02
40°	0.837	10.26	2.05	10.03
50°	0.66	10.16	2.49	10.04
60°	0.46	10.08	2.81	10.05
70°	0.25	10.02	3.00	10.06
80°	0.04	10.00	3.08	10.06
90°	0.16	10.01	3.05	10.06
100°	0.34	10.04	2.94	10.06
110°	0.51	10.10	2.75	10.05
120°	0.66	10.16	2.50	10.04
130°	0.78	10.23	2.22	10.03
140°	0.88	10.29	1.90	10.02
150°	0.96	10.35	1.57	10.02
160°	1.02	10.39	1.22	10.01
170°	1.07	10.43	0.86	10.00

通过图表分析可知,当交会角度增加到 90° (数据说明应略小于 90°)的时候X方向最小、最大中误差呈现减小趋势,而Y方向最小、最大中误差呈增大趋势,当交会角度从 90° 增加时,X方向最小、最大中误差呈现增大趋势,Y方向最小最大中误差呈现减小趋势。

当交会角度一定时,对控制点沿不同方向偏移交会点P的X、Y方向中误差进行分析,经数据处理后发现,不同的交会角度呈现的变化规律相似,现取交会角度为 90° 时,成果见表2和图2。

表2 后方交会控制点P的X、Y偏移方向成果表

控制点偏移角度	0	10	20	30	40	50
交会点P偏移X方向	10.01	9.86	9.41	8.67	7.67	6.43
交会点P偏移Y方向	3.05	3.48	4.48	5.68	6.88	7.95
控制点偏移角度	60	70	80	90	100	110
交会点P偏移X方向	5.01	3.43	1.74	0.16	1.74	3.43
交会点P偏移Y方向	8.85	9.51	9.92	10.06	9.92	9.51
控制点偏移角度	120	130	140	150	160	170
交会点P偏移X方向	5.01	6.43	7.67	8.67	9.41	9.86
交会点P偏移Y方向	8.85	7.95	6.88	5.68	4.48	3.48
控制点偏移角度	180	190	200	210	220	230
交会点P偏移X方向	10.01	9.86	9.41	8.67	7.67	6.43
交会点P偏移Y方向	3.05	3.48	4.48	5.68	6.88	7.95
控制点偏移角度	240	250	260	270	280	290
交会点P偏移X方向	5.01	3.43	1.74	0.16	1.74	3.43
交会点P偏移Y方向	8.85	9.51	9.92	10.06	9.92	9.51
控制点偏移角度	300	310	320	330	340	350
交会点P偏移X方向	5.01	6.43	7.67	8.67	9.41	9.86
交会点P偏移Y方向	8.85	7.95	6.88	5.68	4.48	3.48

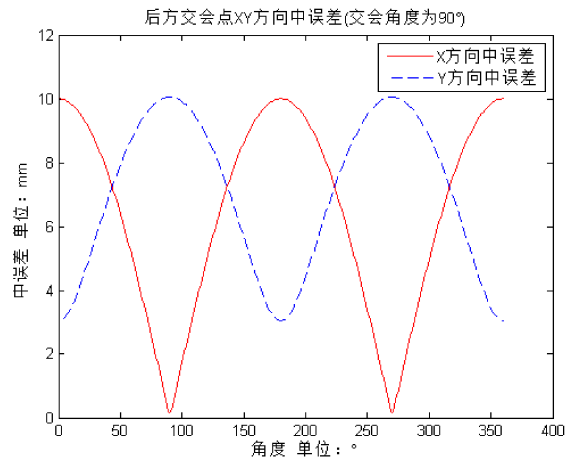


图2 交会角度为 90° 后方交会控制点P的X、Y偏移方向成果

由图像可以看出,当交会角度一定时,控制点偏移角度(正北方向起算,与方位角计算方式相同)从 0° 到 90° 附近及 180° 到 270° 附近(未精确计算拐点),X方向中误差呈现减小趋势,Y方向中误差呈现增大趋势,而在 90° 到 180° 附近及 270° 到 360° 附近X方向中误差呈现增大趋势,Y方向中误差呈现减小趋势,可以看出X、Y方向中误差受控制点偏移方向影响,当控制点往X(或Y)方向偏移较大时,X(或Y)方向的中误差大,当控制点往X(或Y)方向偏移较小时,X(或Y)方向的中误差较小。

4 结语

本文主要根据实际情况,分析林区测量时控制点选择需要注意的问题,并且通过误差传播定律,分析当控制点发生变化时候,交会点及放样点理论误差,通过分析可以发现,控制点发生偏移的大小和方向综合影响交会点及放样点的精度,通过分析可知控制点的偏移方向对放样点的偏移方向有直接影响,所以当经过一段时间施工后复核控制点,可以根据控制点的偏移方向对之前工作的放线情况进行分析,从而对先前工作的问题进行分析总结,从而调整后续施工测量放线工作。

参考文献

- [1] 翟翊,赵夫来,郝向阳等.测量学基础.北京:测绘出版社,2010.
- [2] 朱建军,左廷英,宋迎春.误差理论与测量平差基础.北京:测绘出版社,2013.