

无定向导线的布设及精度分析

程效军, 鲍 峰

(同济大学 测量与国土信息工程系, 上海 200092)

摘要: 随着城市各项建设与改造工程的快速进行, 原有的平面控制点会部分地、经常地遭到破坏, 使一些控制点成为孤点, 只有坐标而没有通视方位。在这些控制点间进行控制网加密, 就只能采用无定向导线及导线网的形式。由于多余观测值较少, 无定向单导线可靠率低且导线点的横向误差经常超限。将无定向导线布设为合理的、优化的网形可以克服它的这一缺点并扩大其应用范围。为解决这些问题, 对无定向导线的精度及布网形式进行了分析和讨论, 并提出了有参考价值的建议。

关键词: 无定向导线; 精度分析; 可靠率; 误差椭圆

中图分类号: P 217

文献标识码: A

文章编号: 0253-374X(2002)07-0886-04

Application of Non-oriented Traverse and Its Accuracy Analysis

CHENG Xiao-jun, BAO Feng

(Department of Surveying and Land Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With the rapid development of city reconstruction, the original surveying control networks are destroyed partially and continually. As a result, many plane control points become isolate ones that have coordinates without orientations. Due to the few redundant observations, the single non-oriented traverse has low reliability, and its lateral errors of traverse points are always not permitted. The above disadvantages can be overcome by designing the non-oriented traverse with reasonable and optimal network, as well as its application is extended. For solving above problems, the accuracy and schemes of non-oriented traverse network are analyzed and discussed in this paper, which may lead to some useful suggestions.

Key words: non-oriented traverse; accuracy analysis; reliability; error-ellipse

由于城市建设的迅速发展, 旧区改造、道路改建、管线埋设及高楼建造等建设工程, 都会破坏原有的城市各等级平面控制点位及其通视方向, 使许多平面控制点成为“孤点”, 只有坐标而没有通视方向。在这些控制点间进行加密, 就只能采用无定向导线的形式。另外, 由于 GPS 控制点之间一般距离较远, 且其本身可以用“孤点”形式测定, 因此在其控制下加密, 往往也适合采用无定向导线。单条无定向导线, 只有一个闭合边条件, 作为检查导线中边长和角度观测值的唯一依据, 且其精度也较定向导线有所减弱^[1]。采用无定向导线, 如何能满足测图和工程建设中布设平面控制网的精度和密度要求, 探讨平差和精度评定方法, 是本文讨论的内容, 这就涉及到无定向导线布网形式、测量精度的规定和成果的精度估算等问题。

1 单条无定向导线的计算

对于任意一条无定向单导线, A 和 B 为两端已知高级控制点, t 为无定向导线点数, $\beta_i (i = 1 \sim t)$ 为观测左角, $s_i (i = 1 \sim t+1)$ 为观测边长。计算时, 先假定起始边 $A1$ 的方位角为 α'_1 , 按导线的观测水平角

收稿日期: 2001-10-14

作者简介: 程效军(1964-), 男, 江西乐平人, 副教授, 工学博士。

β_i ,推算各边的假定方位角.再按导线各边的观测边长 s_i 及假定方位角 α'_i ,推算各边的假定坐标增量及各点的假定坐标,直至 B 点的假定坐标为 (x'_B, y'_B) .由 A 点的坐标和 B 点的假定坐标,计算闭合边 AB 的假定边长和假定方位角:

$$s'_{AB} = \sqrt{(x'_B - x_A)^2 + (y'_B - y_A)^2}, \quad \alpha'_{AB} = \arctan[(y'_B - y_A)/(x'_B - x_A)] \quad (1)$$

根据 A 和 B 两点的已知坐标,可以计算闭合边 AB 的真边长 s_{AB} 和真方位角 α_{AB} ,根据真、假闭合边长和方位角,计算真假闭合边长度比 R 和方位角差 $\Delta\alpha$:

$$R = s_{AB}/s'_{AB}, \quad \Delta\alpha = \alpha_{AB} - \alpha'_{AB} \quad (2)$$

闭合边长度比 R 为单条无定向导线观测质量检验的唯一尺度,对于某一等级导线,如果不超过规定限差,即认为检验通过.然后按 R 及 $\Delta\alpha$ 改正导线各边的边长和方位角:

$$s_i = R s'_i, \quad \alpha_i = \alpha'_i + \Delta\alpha \quad (3)$$

用改正后的方位角及边长计算各边的坐标增量,最后推算各点的坐标.此时应无坐标闭合差,这可作为无定向导线计算的唯一检验^[2].

由此可见,单条无定向导线有 $2t$ 个坐标未知数、 $2t+1$ 个观测值.导线的平均可靠率^[2]仅为

$$r_m = 1/(2t+1)$$

尤其是直伸型的单条无定向导线,对水平角观测的可靠性缺少有效的检核(显著可靠率低)^[2].无定向导线,在一定的条件下,现行测量规范^[3]允许作为加密平面控制网的一种方法.无定向单导线的缺点在于相对多余观测数太少,以至于平均可靠率低.无定向导线作为加密平面控制网有其广泛的适应性,因而通过组成合理和优化的无定向导线网,增加相对多余观测数,提高控制网的平均可靠率与显著可靠率.导线和导线网的设计和评差,一般都采用编制计算机程序来执行.以上单条无定向导线的计算式,作为编制程序时计算近似坐标的开始算式,仍然是不可缺少的.

2 无定向导线网的平差和精度估算

为研究无定向导线的布网方案和精度分析,按坐标变量法(间接平差)原理,编制导线网(包括无定向导线及导线网)平差程序,用于导线网的设计与平差.程序的功能,除了能获得导线点坐标平差值及其函数值以外,还可以得到点的坐标及其函数的方差、协方差矩阵,可以对控制网的精度作全面的分析,同时也可以实时显示或绘制网图及点位误差椭圆.以下为其数学模型.

2.1 观测值方程式与法方程式的解算

导线点 I 和 J 之间的观测边长 s_{ij} 的观测值方程为

$$v_{s_{ij}} = -\cos \alpha_{ij} \cdot \delta x_i - \sin \alpha_{ij} \cdot \delta y_i + \cos \alpha_{ij} \cdot \delta x_j + \sin \alpha_{ij} \cdot \delta y_j + l_{s_{ij}} \quad (4)$$

式中: $v_{s_{ij}}$ 为导线边长改正值; $(\delta x_i, \delta y_i), (\delta x_j, \delta y_j)$ 为两端点坐标的改正值; α_{ij} 为导线边的方位角; s_{ij} 为观测值; $l_{s_{ij}}$ 为常数项.

导线点 I 和 J 之间的观测方向 R_{ij} 的观测值方程为

$$v_{R_{ij}} = \delta Z_i - a_{ij} \delta x_i - b_{ij} \delta y_i + a_{ij} \delta x_j + b_{ij} \delta y_j + l_{ij} \quad (5)$$

式中: $v_{R_{ij}}$ 为方向观测值的改正值; δZ_i 为定向角的改正值; $\delta x, \delta y$ 为两端点的坐标改正值;系数 $a_{ij} = -\rho'' \sin \alpha_{ij}/s_{ij}$; $b_{ij} = \rho'' \cos \alpha_{ij}/s_{ij}$; l_{ij} 为常数项.观测值的权分别取:

$$P_{s_{ij}} = m_0^2/m_{s_{ij}}^2 = 1/m_{s_{ij}}^2, \quad P_R = m_0^2/m_R^2 = 1/m_R^2 \quad (6)$$

若导线网中共有 t 个导线点,则全网坐标未知数的个数 $n = 2t$.假设导线网中共有 m_1 个边长观测值和 m_2 个方向观测值,则观测值方程的总数 $m = m_1 + m_2$. m 个观测值方程的矩阵 V 为

$$V = AX + L \quad (7)$$

由此可解得待定点坐标的协方差为 $Q_{XX} = (A^T P A)^{-1}$ (8)

式中: P 为矩阵 V 的权阵.

未知数(待定点的坐标改正值)的解为 $X = -Q_{XX} A^T P L$ (9)

2.2 精度估算

导线网的精度估算是导线网观测成果的精度评定,因此首先应对观测值的先验中误差 m_s 和 m_R 进行验后单位权中误差 \hat{m}_0 的检验:

$$\hat{m}_0 = \sqrt{V^T P V / (m - n - t_s)} \quad (10)$$

式中: t_s 为设站观测方向的测站数. 由于平差前假设的先验单位权中误差 $m_0 = 1$, 因此估值 \hat{m}_0 的 χ^2 检验应为

$$\chi_{\alpha_1}^2 / f \leq \hat{m}_0^2 \leq \chi_{\alpha_2}^2 / f \quad (11)$$

式中: f 为网的自由度, 即网中的多余观测数 ($f = m - n - t_s$).

导线网平差程序用于导线网的设计时, 则按设计网形, 输入模拟观测值和设计的观测精度, 仍采用单位权中误差 $m_0 = 1$. 按未知数的协因数阵及单位权中误差求得坐标未知数的方差、协方差阵.

待定点坐标的方差协方差阵表示形式为

$$D_{XX} = m_0^2 Q_{XX} = \begin{bmatrix} m_{x_1}^2 & m_{x_1 y_1} & m_{x_1 x_2} & m_{x_1 y_2} & \cdots \\ & m_{y_1}^2 & m_{y_1 x_2} & m_{y_1 y_2} & \cdots \\ \text{对} & & m_{x_2}^2 & m_{x_2 y_2} & \cdots \\ & & & m_{y_2}^2 & \cdots \\ \text{称} & & & & \cdots \end{bmatrix} \quad (12)$$

点位误差椭圆参数(长半轴 A 、短半轴 B 和长半轴的方位角 ϕ_0)的计算式为

$$A^2 = (m_x^2 + m_y^2 + \sqrt{(m_x^2 - m_y^2)^2 + 4m_{xy}^2})/2, \quad B^2 = (m_x^2 + m_y^2 - \sqrt{(m_x^2 - m_y^2)^2 + 4m_{xy}^2})/2, \\ \phi_0 = \arctan [2m_{xy}/(m_x^2 - m_y^2)]/2 \quad (13)$$

通过上述导线网平差程序的计算, 可以得到网中各导线点平差后的坐标及误差椭圆, 参数, 并据此绘制导线网图、点位误差椭圆和相对点位误差椭圆. 这样, 就可以迅速而直观地反映出网形、观测精度和点位误差的关系. 这一功能, 同样也可用于导线网设计. 本文将用于无定向导线的精度分析.

3 无定向导线与有定向导线的点位精度比较

为对无定向导线和导线网的点位精度进行分析, 按城市一级导线的规格和精度(平均边长 300 m, $m_s = \pm 15$ mm, $m_R = \pm 3.5''$), 模拟相同形状 of 无定向导线和有定向导线, 进行平差后的精度估算, 计算出各导线点的点位误差椭圆参数, 绘制网形和误差椭圆图, 从而对两者的点位精度进行比较. 图 1 为具有一定弯曲度的无定向(左)和有定向(右)单导线的点位误差椭圆. 图 2 为两高级控制点之间, 布设双环无定向导线网(左)与有定向导线网(右)的点位误差椭圆, 图 3 为三个高级控制点之间, 布设三环无定向导线网(左)与有定向导线网(右)的点位误差椭圆, 图 4 为三个高级控制点之间, 布设六环无定向导线网(左)与有定向导线网(右)的点位误差椭圆, 图中用虚线相连的两点之间的椭圆为相对点位误差椭圆.

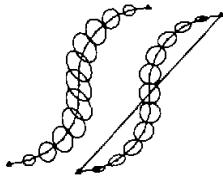


图 1 无定向单导线和有定向单导线的点位误差椭圆

Fig.1 Error-ellipses of the single non-oriented traverse and the oriented one

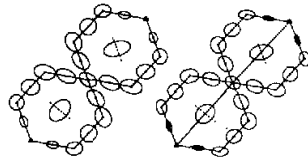


图 2 双环无定向导线网与有定向导线网的点位误差椭圆

Fig.2 Error-ellipses of 2-loops non-oriented traverse network and the oriented one

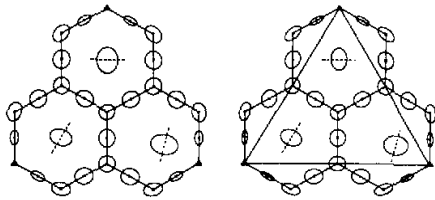


图 3 三环无定向导线网与有定向导线网的点位误差椭圆
Fig.3 Error - ellipses of 3 - loops non - oriented traverse network and the oriented one

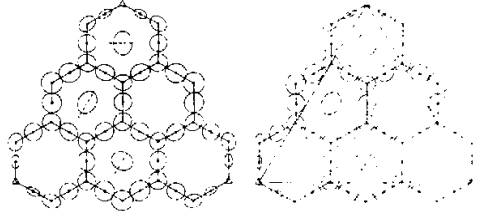


图 4 六环无定向导线网与有定向导线网的点位误差椭圆
Fig.4 Error - ellipses of 6 - loops non - oriented traverse network and the oriented one

表 1 中所列为按以上四种形式的导线和导线网平差后精度估算的全部数据统计,将同一形式的无定向导线与有定向导线的误差椭圆长、短半径进行对比,并列出一形式导线网从有定向变为无定向时,点位误差的增大率。

表 1 无定向导线与有定向导线的点位精度对比(城市一级导线)

Tab.1 Comparison of positional accuracy of the non - oriented traverse and the oriented one(urban 1 - class traverse)

导线网形式		网中各点平均精度对比值			网中最弱点精度对比值		
		无定向/cm	有定向/cm	误差增大率/%	无定向/cm	有定向/cm	误差增大率/%
单线	长半轴 A	3.12	2.14	45	4.13	2.55	64.0
	短半轴 B	2.09	1.70	23	2.39	2.38	0.3
双环	长半轴 A	2.08	1.88	10	2.48	2.05	21.0
	短半轴 B	1.54	1.34	15	1.85	1.72	8.0
三环	长半轴 A	1.56	1.53	2	1.72	1.69	2.0
	短半轴 B	1.22	1.04	17	1.48	1.38	7.0
六环	长半轴 A	1.79	1.73	4	2.10	2.09	0.5
	短半轴 B	1.55	1.39	11	2.03	1.82	11.0

4 结论与建议

根据上述对无定向导线网与有定向导线网的模拟计算,将所得的数据和图形进行分析、对比,可以得到有关城市平面控制网加密时,需要布设无定向导线网的几点结论与建议:

(1) 单条无定向导线由于相对多余观测数太少,尤其是缺少导线的横向控制,对角度观测缺少检核,并由此引起过大的横向误差。因此,现行测量规范对于等级平面控制网,禁止布设单条无定向导线,但允许在两个高级控制点之间,布设两个或两个以上闭合环的无定向导线网(见文献[3]中 2.1.11 条)。对于自行设计的单条工程导线,如果采用观测导线左、右角的方法,并适当提高导线测角精度,则仍然可以采用无定向单导线。




(2) 在高级控制点之间布设无定向导线网,使其构成多个闭合环,增加了相对多余观测数(增大网的平均可靠率和显著可靠率),使导线的观测角度和边长均得到有效的检核,同时也提高了导线网的点位精度。

(3) 随着高级控制点之间无定向导线网闭合环数的增加,使无定向导线网与有定向导线网的精度差别越来越小。具有三个闭合环或以上的有、无定向导线网,几乎已无差别。因为,此时无定向导线网主要是点位误差椭圆的短轴有些增大,对点位误差的影响并不显著。另外,如果考虑到有定向导线观测高级控制点间的方向时,需要瞄准远、近距离相差悬殊的目标,对测角精度不利,以及增加工作量等实际情况,放弃观测这些远距离方向,倒是比较合理的。

参考文献:

- [1] 顾孝烈,杨子龙,都彩生,等.城市导线测量[M].北京:测绘出版社,1984.
- [2] 顾孝烈.城市与工程控制网设计[M].上海:同济大学出版社,1992.
- [3] CJJ 8—99,城市测量规范[S].

无定向导线的布设及精度分析

作者: [程效军](#), [鲍峰](#)
作者单位: [同济大学测量与国土信息工程系, 上海, 200092](#)
刊名: [同济大学学报\(自然科学版\)](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF TONGJI UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCE\)](#)
年, 卷(期): 2002, 30(7)
引用次数: 2次

参考文献(3条)

1. [顾孝烈](#), [杨子龙](#), [都彩生](#) [城市导线测量](#) 1984
2. [顾孝烈](#) [城市与工程控制网设计](#) 1992
3. [CJJ8-1999](#). [城市测量规范](#) 1999

相似文献(5条)

1. 期刊论文 [郭云开](#), [王明放](#) [无定向导线粗差的检查](#) -[国外公路](#)2000, 20(2)
介绍了无定向导线可靠性检核的原理, 推导出检核公式, 并进行精度分析, 结合实例引证, 说明适当增加附加观测可以检查无定向导线的可靠性, 从而提高其精度.
2. 期刊论文 [唐冬梅](#), [李凤亮](#). [TANG Dong-mei](#), [LI Feng-liang](#) [无定向导线在电厂改扩建工程中的应用](#) -[电力勘测设计](#)2006(4)
随着电厂改扩建工程的快速进行, 原有平面控制点会部分地、经常地遭到破坏, 使一些控制点成为孤点, 只有坐标而没有通视方位. 在这些控制点间进行控制网加密, 就只能采用无定向导线及导线网的形式. 为解决导线横向误差超限的问题, 对无定向导线的精度进行了分析和讨论, 并提出有参考价值的建议.
3. 期刊论文 [张敬东](#), [何瑞珍](#), [郭保生](#), [金红](#). [Zhang Jingdong](#), [He Ruizhen](#), [Guo Baosheng](#), [Jin hong](#) [无定向导线条件平差法在林区控制测量中的应用](#) -[中国农学通报](#)2006, 22(6)
在林区及其它通视条件比较困难的地区, 由于已知控制点比较少且通视条件受到严格的限制, 在进行控制测量时, 采用无定向导线的路线布设方式可以解决控制点少、控制点之间不通视问题. 利用了附有未知数条件平差原理对无定向导线进行了解算, 并对其进行了精度分析, 最后用实例证明它是一种高效、快速、经济的线路测量方法, 有广泛的应用前景.
4. 期刊论文 [徐岩](#) [无定向导线的平差和坐标计算的应用](#) -[甘肃冶金](#)2004, 26(2)
就无定向导线在甘肃武都地区实际应用中的测量公式推导及精度分析进行探讨.
5. 期刊论文 [吴国宏](#), [张书光](#), [刘雅萍](#), [封春雷](#) [无定向导线在黄河堤防工程地质勘察测量中的应用](#) -[华北水利水电学院学报](#)2002, 23(1)
介绍了无定向导线在黄河堤防工程地质勘察测量中的应用. 该方法利用全站仪测出无定向导线各点数据, 并进行方位角及各点坐标值的改正和精度分析, 取得了满意的结果, 解决了控制点少, 控制点间不通视等实际问题.

引证文献(3条)

1. [李劲旗](#) [计算机软件在测量内业中的应用](#)[期刊论文]-[市政技术](#) 2008(4)
2. [程效军](#), [金雯](#), [刘春](#) [用影像处理技术进行裂缝检测](#)[期刊论文]-[遥感信息](#) 2006(02)
3. [刘青利](#) [阵地导线网的优化布设和质量控制研究](#)[学位论文]硕士 2004

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tjdxxb200207023.aspx

下载时间: 2009年12月14日