

导线网的精度估算

雷 步 云

(建筑工程教研室)

摘 要

1、本文根据误差传播理论,推导出导线网点权数的计算公式;角度和距离测量的必要精度的计算公式。

2、实例说明在作方案设计时,初步估算导线网点必要精度的计算方法和步骤。据此,选择适当的测角和量距仪器,拟定施测纲要,以期使导线网最后平差成果达到预定的精度要求。

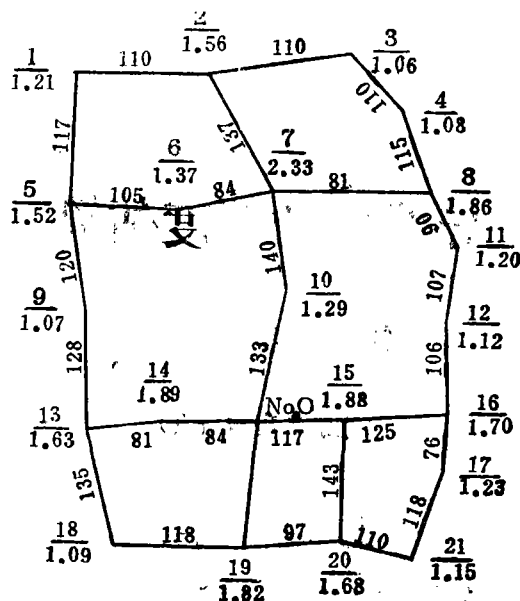
引 言

为了测绘地形图和进行工程建筑物的施工放样,必须先进行控制测量,建立控制网。测量控制网是各项测量工作的基础。随着短程光电测距仪的发展和普及应用,导线作为平面控制网的一种形式,由于布设方便与灵活,将会得到更广泛的采用。为了保证导线网的最后平差成果达到预定的精度,更好地选择合理的布网方案,使测量人员事先做到心中有数,保证测图和施工放样的顺利进行,对所布设的导线网进行预先的精度估算,便具有实际的意义。对于一个结点,两个结点的导线网,计算网点的点位精度有严密的计算公式,若是由多个结点组成的导线网,如何简便估算导线网点的精度,供方案比较作参考,本文就此问题作初步探讨。

一 计算导线网点的权数

下图为某工程建设地区内所布设的一个统一的、独立的图根控制网覆盖于整个测区。网中各点的位置误差是對此网中位于测区中某一原点 N_0 来确定的。网中点位的精度系采用逐渐趋近法计算网中各点的权。根据广义算术平均值原理求导线网中各点的座标最或然值,其

本文于1989年12月7日收到



权为: $P = [p_i]$ (1)

式中权 p_i 为根据网中各相邻点计算所得的该点各座标值之权, 每一 p_i 值均可按下式计算:

$$\frac{1}{P_i} = \frac{1}{P_{ai}} + \frac{1}{P_{bi}} \quad (2)$$

式中: P_{ai} —为由相邻点 i 所算得的该点座标增量之权。

P_{bi} —为相邻点 i 对原点 $No 0$ 算得的座标之权。

采用中误差平方之倒数作为权数, 于是

$$P_{ai} = \frac{C}{m_{ai}^2} \quad (3)$$

此处 m_{ai} 为根据相邻点算得该点位置的中误差, 它决定于边长 S 与角度 β 的测量误差。

$$m_{ai} = \pm \sqrt{S^2 m_\beta^2 \frac{1}{\rho^2} + m_s^2} \quad (4)$$

式中: m_β —为测量 β 角的中误差,

m_s —为测量 S 边的中误差。

根据所有误差来源为同等作用这一原则进行, 于是

$$S m_\beta \frac{1}{\rho} = m_s \quad (5)$$

$$m_s = \pm \mu \sqrt{S} \quad (6)$$

此处 μ 为边长测量中偶然影响系数。

$$m_{ai} = S m_\beta \frac{1}{\rho} \sqrt{2} = \pm \mu \sqrt{2S} \quad (7)$$

将 $m_{\Delta i} = \pm \mu \sqrt{2S}$ 代入 (3) 式则得

$$P_{\Delta i} = \frac{C}{2\mu^2 S} \quad (8)$$

取 $S = 100$ 米时, 权 $P_{\Delta i}$ 等于 1,

$$C = 200\mu^2 \quad (9)$$

则 $P_{\Delta i}$ 的计算公式将为如下形式:

$$P_{\Delta i} = \frac{100}{S} \quad (10)$$

二 计算角度和距离测量的必要精度

按《工程测量规范》中的有关规定: 为保证 1:500 比例尺的测图, 基本控制点的平面位置精度定为 5 厘米。即导线网中任何一个点位的测定中误差应不超过《规范》中规定的容许值 M 。

$$\sqrt{\frac{C}{P_{min}}} \leq M \quad (11)$$

$$C \leq M^2 P_{min}$$

代入 (9) 式得:

$$200\mu^2 \leq M^2 P_{min}$$

$$\therefore \mu = 0.00007M \sqrt{P_{min}} \quad (12)$$

M —以毫米计。

在公式 (8) 中若用角度测量误差来表示网中点位的权, 同理, 可求得

$$m_{\beta''} \leq 1.4M \sqrt{P_{min}} \quad (13)$$

此处 M 仍以毫米表示。

根据预先规定的容许值 M 和所求出的 P_{min} 值, 便可应用公式 (12) 和 (13) 来计算导线网中边长与角度测量的容许中误差。知道了容许值 μ 和 $m_{\beta''}$ 便可配置相应的测角和量距仪器, 并根据仪器设备条件, 拟定施测纲要。即规定测量的方法、观测的测回数、观测的限差要求等。

三 实例计算

现以图中所示的实测经纬仪导线网为例子来说明公式 (1)、(2) 和 (10) 的应用。在初次趋近时, 首先按公式 (10) 直接算得自导线网原点引测座标的那些网点之权数, 如 $P_{10} = \frac{100}{133.0} =$

$$= 0.75, P_{14} = \frac{100}{84.0} = 1.19, \text{填写在表中的第 I 列。}$$

在第二次趋近时, 按公式 (2)、(10) 求算那些既按原点, 又按以前已确定座标的点计算其座标的那些网点之权数。例如, 在第二次趋近中, 我们根据在第一次趋近中权数等于 0.75 的点 №10 求得了点 №7 的权数等于 0.36, 填写在表中的第 II 列。

$$\frac{1}{P_7} = \frac{1}{P_{17}} + \frac{1}{P_{67}} = \frac{1}{0.75} + \frac{1}{0.71}$$

$$= 1.3333 + 1.4084 = 2.7417$$

$$\therefore P_7 = 0.36$$

在第三次趋近时,按公式(1)、(2)和(10)根据以前所求得的起算点之权数,求算所有测定点之权数。例如,在第三次趋近中,我们根据第二次趋近中权数等于0.28的点№8,权数等于0.99的点№10和第三次趋近中权数等于0.24的点№2,权数等于0.28的点№6求得了点№7的权数等于1.05,填写在表中的第Ⅲ列。

$$\frac{1}{P_{7'}} = \frac{1}{P_{12}} + \frac{1}{P_{62}} = \frac{1}{0.73} + \frac{1}{0.24}$$

$$= 1.3700 + 4.1666 = 5.5366$$

$$\therefore P_{7'} = 0.18$$

$$\frac{1}{P_{7''}} = \frac{1}{P_{88}} + \frac{1}{P_{68}} = \frac{1}{1.23} + \frac{1}{0.28}$$

$$= 0.8130 + 3.5714 = 4.5844$$

$$\therefore P_{7''} = 0.23$$

$$\frac{1}{P_{7'''}} = \frac{1}{P_{10}} + \frac{1}{P_{610}} = \frac{1}{0.71} + \frac{1}{0.99}$$

$$= 1.4084 + 1.0100 = 2.4184$$

$$\therefore P_{7'''} = 0.41$$

$$\frac{1}{P_{7''''}} = \frac{1}{P_{88}} + \frac{1}{P_{68}} = \frac{1}{1.19} + \frac{1}{0.28}$$

$$= 0.8403 + 3.5714 = 4.4117$$

$$\therefore P_{7''''} = 0.23$$

$$P_7 = P_{7'} + P_{7''} + P_{7'''} + P_{7''''}$$

$$= 0.18 + 0.23 + 0.41 + 0.23 = 1.05$$

在以后逐渐趋近中,按同样方法来求算座标的所有点之权数,如此循环,反复计算,直到求出新的趋近值与上一次趋近值之差不大于0.01~0.02为止。

在上列例中表明,点№3的位置测定精度为低,它的最小权为 $P_{min} = 1.06$,若取 $M = 5$ 厘米,并利用公式(12)和(13),得

$$\mu = 0.00007 \times 50 \sqrt{1.06} = 0.0036$$

$$m_B = 1.4 \times 50 \sqrt{1.06} = 1'12''$$

根据求得的 $\mu = 0.0036$, $m_B = 1'12''$,我们选择经纬仪导线作为图根平面控制网,导线边长用检定过的钢尺直接丈量,往返各量一次,其边长相对误差为 $1/2000 \sim 1/3000$;水平角观测用J₆级光学经纬仪测一个测回,两个半测回限差为 $\pm 40''$ 。上述主要技术指标,作业方法同1979年的《工程测量规范》中,对于图根导线的要求是一致的。通过实践,反过来,证明《规范》中有关规定是合理的。

导线网点权数的计算值表

测定点	起算点	S (米)	P _点	趋 近 计 算 值							
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	2	110.0	0.91				0.91	0.41	0.54	0.57	0.57
	5	117.0	0.85					0.36	0.51	0.54	0.54
							0.91	0.77	1.05	1.21	1.21
2	1	110.0	0.91				0.16	0.42	0.49	0.52	0.52
	3	110.0	0.91				0.16	0.38	0.47	0.49	0.49
	7	137.0	0.73			0.24	0.43	0.52	0.55	0.55	0.55
						0.24	0.75	1.32	1.51	1.56	1.56
3	2	110.0	0.91			0.19	0.41	0.54	0.57	0.57	0.57
	4	110.0	0.91				0.26	0.44	0.48	0.49	0.49
						0.19	0.67	0.98	1.05	1.06	1.06
4	3	110.0	0.91			0.16	0.38	0.47	0.49	0.49	
	8	115.0	0.87			0.21	0.47	0.56	0.59	0.59	
						0.37	0.85	1.03	1.08	1.08	
5	1	117.0	0.85				0.16	0.40	0.47	0.50	0.50
	6	105.0	0.95				0.22	0.47	0.54	0.56	0.56
	9	120.0	0.83				0.24	0.42	0.46	0.46	0.46
							0.62	1.29	1.47	1.52	0.52
6	5	105.0	0.95				0.38	0.55	0.58	0.58	
	7	84.0	1.19			0.28	0.56	0.73	0.78	0.78	
						0.28	0.94	1.28	1.36	1.36	
7	2	137.0	0.73			0.18	0.37	0.47	0.49	0.50	0.50
	8	81.0	1.23			0.23	0.55	0.69	0.73	0.74	0.74
	10	140.0	0.71		0.36	0.41	0.44	0.46	0.46	0.46	0.46
	6	84.0	1.19			0.23	0.52	0.62	0.63	0.63	0.62
					0.36	1.05	1.88	2.24	2.31	2.33	2.33
8	4	115.0	0.87			0.26	0.43	0.47	0.48	0.48	
	11	90.0	1.11			0.18	0.42	0.54	0.57	0.58	
	7	81.0	1.23		0.28	0.57	0.74	0.79	0.80	0.80	
					0.28	1.01	1.59	1.80	1.85	1.86	
9	5	120.0	0.83				0.35	0.50	0.53	0.54	
	13	128.0	0.78			0.34	0.49	0.52	0.53	0.53	
						0.34	0.84	1.02	1.06	1.07	
10	7	140.0	0.71		0.24	0.42	0.52	0.54	0.54		
	0	133.0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75		
				0.75	0.99	1.17	1.27	1.29	1.29		
11	8	90.0	1.11		0.22	0.53	0.65	0.69	0.69	0.69	
	12	107.0	0.93			0.15	0.41	0.49	0.51	0.51	
					0.22	0.68	1.06	1.18	1.20	1.20	

续表

12	11	107.0	0.93		0.18	0.39	0.50	0.52	0.52		
	16	106.0	0.94			0.35	0.53	0.60	0.60		
					0.18	0.74	1.03	1.12	1.12		
13	9	128.0	0.78			0.24	0.40	0.44	0.45		
	14	81.0	1.23		0.60	0.69	0.73	0.74	0.74		
	18	135.0	0.74			0.36	0.42	0.44	0.44		
					0.60	1.29	1.55	1.62	1.63		
14	13	81.0	1.23		0.40	0.63	0.68	0.70	0.70		
	0	84.0	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19		
				1.19	1.59	1.82	1.87	1.89	1.89		
15	16	125.0	0.80			0.33	0.49	0.54	0.54		
	20	143.0	0.70			0.40	0.48	0.49	0.49		
	0	117.0	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		
				0.85	0.85	1.58	1.82	1.88	1.88		
16	12	106.0	0.94		0.15	0.41	0.49	0.51	0.51		
	17	76.0	1.32			0.30	0.58	0.63	0.64		
	15	125.0	0.80		0.41	0.53	0.56	0.56	0.56		
					0.56	1.24	1.63	1.70	1.71		
17	16	76.0	1.32		0.39	0.64	0.73	0.74	0.74		
	21	118.0	0.85			0.39	0.48	0.49	0.49		
					0.39	1.03	1.21	1.23	1.23		
18	13	135.0	0.74		0.33	0.47	0.50	0.51	0.51		
	19	118.0	0.85		0.38	0.48	0.56	0.58	0.58		
					0.71	0.95	1.06	1.09	1.09		
19	0	142.0	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70		
	20	97.0	1.03			0.48	0.61	0.63	0.64		
	18	118.0	0.85		0.39	0.45	0.47	0.48	0.48		
				0.70	1.09	1.63	1.78	1.81	1.82		
20	15	143.0	0.70		0.38	0.49	0.50	0.51	0.51		
	21	110.0	0.91			0.40	0.50	0.51	0.51		
	19	97.0	1.03		0.53	0.63	0.65	0.66	0.66		
					0.91	1.52	1.65	1.68	1.68		
21	17	118.0	0.85		0.28	0.52	0.56	0.56			
	20	110.0	0.91		0.45	0.57	0.59	0.59			
					0.73	1.09	1.15	1.15			

四 结 语

1、导线网点权数之计算,不仅用以求 P_{min} ,而且还可用来评定测量工作过程中网点的精度,对网中各点位置的测定精度有一个明晰的概念(如图,分子表示点号,分母表示该点的权数)。这对测图和一般工程施工放样有着实际的参考价值。

•70•

2、当导线网中具有两个或者两个以上已知点时，则产生了附合条件。此时既要考虑已知点起始数据误差的影响，又要考虑测量误差的影响。本文所叙述的逐渐趋近法仍可用于估算该测量控制网的精度，但所求得网中各点位置的精度，就不再是对网中原点的权数，而是该网中各点的相对权数。顺便指出，在图上规划所布设的导线网时，既要使方案经济、合理，又要因地制宜，利用地形条件灵活采用各种布网形式。因为良好的设计可以节约人力和物力。

3、如果采用经纬仪导线，本方法适用于网形简单，测区面积比较小。其次，因此法计算步骤简单、迅速、规律性强，容易上手等优点，一般具有初中文化程度的作业人员，有一个计算器便可进行计算。对地区一级或县级的小型测量队，有实际的经济效益。

参 考 文 献

- 〔1〕〔苏联〕H·Г.维都耶夫等著，建筑场地上的测量工作，中国工业出版社，1964年。
- 〔2〕〔苏联〕Б·И.盖尔儒拉著，工业企业总平面图的测量与编制，北京：机械工业出版社，1955年。
- 〔3〕武汉测绘学院《测量学》编写组编著：测量学，测绘出版社，1980年。
- 〔4〕中华人民共和国冶金部主编，工程测量规范试行，中国建筑工业出版社，1979年。

The Evaluation of the Accuracy of Traverse Net

Lei Buyun

(Department of civil Engineering)

ABSTRACT

1. In the paper, based on the law of propagation of errors, the author presents the formula for the calculation of the weight of the points of traverse net, and the formula for the calculation of angles as well as the distance measurement.

2. The author explains, illustrated by the examples, the method and steps in the evaluation of the required accuracy of the points of traverse net. with the proper angular measurement and distance measurement instrument, you can draw up an outline of surveying, so as to insure the result of the final adjustments of traverse net to meet the requirement of accuracy.