

文章编号: 1005-0574-(2004)01-0027-03

# 呼和浩特机场路立交桥施工测量方法精度比较

高占云

(内蒙古大学职业技术学院, 内蒙古 呼和浩特 010023)

【摘 要】 呼和浩特机场立交桥的施工中, 分别使用了坐标导线测量和小三角测量。经比较, 两种测量方法的精度均满足规范要求, 全站仪坐标导线测量大大减小内业计算和测量人员的工作量, 提高了测量速度。

【关键词】 坐标导线测量; 小三角测量; 精度; 比较

中图分类号: U 442

文献标识码: A

**Abstract** The coordinate traverse survey and trigonometric survey were carried out respectively during the construction of Hohhot Airport Interchange. Having compared with both methods, the accuracy of two survey results can meet the requirements of the specifications, and the office calculation and working capacity of survey crew can be greatly reduced with the above traverse survey by using the total station, and pick up speed of surveying

**Keywords** coordinate traverse survey; trigonometric survey; accuracy; comparison

呼和浩特机场互通式立交桥位于机场北侧, 连接市区、机场 110 线东出口, 该桥平面采用喇叭型, 设 B、C、D 三个匝道, 主桥上跨京呼铁路, 上部采用连续箱梁结构; 下部采用独柱、双柱、三柱式墩台; 基础均为钢筋混凝土灌注桩(共 205 个); 桥梁总面积 22 947.49 m<sup>2</sup>, 主线桥长 738.541 m, 副线桥长 414.978 m。该桥为“省门高速路”上的“第一桥”, 工程设计一流, 管理一流, 施工质量一流。

机场互通立交桥平面布置复杂(图 1 为机场互通式立交桥平面图), 匝道半径小, 渐变拼宽形式多; 现浇箱梁桥面多为复合空间曲面, 因而施工时放样定位困难。要求测量人员技术过硬, 采用全站仪坐标放样法进行墩、台、桩定位。笔者对机场互通式立交桥施工时使用的小三角控制测量和坐标导线测量两种方法的测量精度作一比较。

## 1 小三角测量及平差计算原理

### 1.1 小三角网的布设及测量

设计单位提供了四个 GPS 控制点, 只有两个控制点即 KJ8 及 KJ9 位于立交桥附近, 在控制测量时可以使用。施工单位进行控制点加密采用一级小三角网, 布设成双三角形的形式, 在立交桥的周围增设了三个控制点, 如表 1 附图所示。用拓普康 311 型全站仪进行测量, 基线 AB、BC 的距离分别测量 5 次, 相对闭合差不大于 1/40 000; 三角形各内角测量按测回法或全圆测回法观测 3 个测回, 测角中误差不大于 ±5'。

### 1.2 小三角网平差计算原理

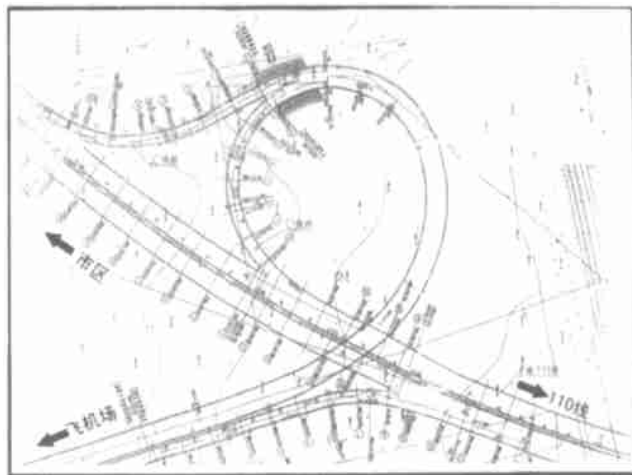


图 1 机场互通式立交桥平面图

角度闭合差的计算与调整(满足图形条件)。

角度闭合差  $f_i$  为:

$$f_i = a_i + b_i + c_i - 180^\circ$$

( $i = 1, 2, \dots, n$ , 为三角形的序号)

第一次改正后的角值  $a_i, b_i, c_i$  为

$$a_i = a_i - \frac{f_i}{3}$$

$$b_i = b_i - \frac{f_i}{3}$$

$$c_i = c_i - \frac{f_i}{3}$$

基线闭合差的计算与调整(满足基线条件)。

由起始基线  $D_0$  及第一次改正后的传距角  $a_i$  和  $b_i$

应用正弦定律推算基线 $D_n$ , 考虑 $a_i$ 和 $b_i$ 第二次改正数 $V_{ai}$ 、 $V_{bi}$ 得:

$$\frac{D_0 \sin(a_i + V_{ai})}{\sin b_i (b_i + V_{bi})} - D_n = 0 \quad (1)$$

$$V_{ai} = - V_{bi} \quad (2)$$

联解(1)、(2)式, 引入角度正弦秒差 $\delta$ , 得:

$$\delta_{ai} = 10^6 \times \frac{\cot a_i}{\rho} \quad (3)$$

$$\delta_{bi} = 10^6 \times \frac{\cot b_i}{\rho} \quad (4)$$

$$W_D = 10^6 \times \frac{D_n - D_n}{D_n} \quad (5)$$

$$V_{ai} = - V_{bi} = - \frac{W_D}{(\delta_{ai} + \delta_{bi})} \quad (6)$$

所以, 经第二次改正后的角值 $A_i$ 、 $B_i$ 、 $C_i$ 为

$$A_i = a_i + V_{ai} \quad (7)$$

$$B_i = b_i + V_{bi} \quad (8)$$

$$C_i = c_i + V_{ci} \quad (9)$$

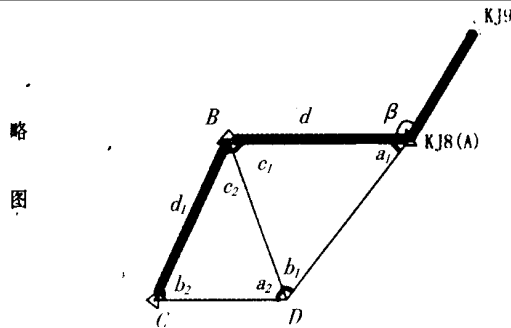
三角形边长计算。

根据基线长度及改正后的角值用正弦定律可以算出三角网中其他各边的长度。

对机场立交桥布设的小三角网两次平差以及各边长计算结果见表 1。

表 1 三角形平差计算表

角度编号	角度观测值 (°)	第一次改正	改正后角度 (°)	正弦值	正弦秒差 $\delta$	第二次改正	改正后角度 (°)	边长计算 /m	备 注
a <sub>1</sub>	58 47 48	0	58 47 48	0.855 334	2.94	0	58 47 48	456.902	
b <sub>1</sub>	55 56 00	0	55 56 00	0.828 386	3.28	0	55 56 00	442.507	边长已知
c <sub>1</sub>	65 16 12	0	65 16 12				65 16 12	485.189	
1	0	0	180				180		
a <sub>2</sub>	71 34 10	- 1	71 34 09	0.948 706	1.62	0	71 34 09	451.975	
b <sub>2</sub>	73 32 48	- 2	73 32 46	0.959 048	1.43	0	73 32 46		
c <sub>2</sub>	34 53 06	- 1	34 53 05				34 53 05	272.473	
2	+ 4	- 4	180				180		



辅助计算

基线  $d = 442.507 \text{ m}$      $d_1 = 451.976 \text{ m}$

$$W_d = - 2.21 \quad \delta = 9.27$$

$$V_i = \frac{2.21}{9.27} = 0.24 \quad 0$$

$$m_\beta = \sqrt{\frac{WW}{3n}} = 1.63 \quad \pm 5$$

$$\text{基线边相对闭合差 } K \quad K \text{充} = \frac{1}{40\,000}$$

按闭合导线计算控制点坐标。

a. 用改正后的三角形内角计算闭合导线的各内角。

b. 坐标方位角推算: 根据起始边坐标方位角 $\alpha_{AB}$ 及闭合导线各内角值 $\beta_i$ , 依次推算各边的坐标方位角。

c. 坐标增量的计算。

d. 坐标计算: 从导线起点的已知点坐标依次推算其他导线点坐标。坐标计算结果见表 2。

## 2 坐标导线测量及平差计算原理

### 2.1 全站仪坐标导线测量方法

监理单位使用拓普康 601 型全站仪按坐标导线测量。如表 3 附图, 其测量步骤为:

将全站仪安于 KJ8(A), 进入导线测量模式, 输入气象改正参数, 测站点坐标和后视点坐标, 瞄准后视点 KJ9, 确认方位角;

瞄准待测点 B, 测量 B 点坐标并将其储存;

将仪器搬至 B 点, 调用坐标并瞄准后视点 A 点, 确认方位角;

在导线测量模式下, 瞄准待测点 C, 测量 C 点坐标并将其储存; 重复上述步骤, 依次测出 D、A 点的坐标。

表 2 坐标计算表

点号	改正后左角 (°)	方位角 (°)	边长/m	坐标增量		坐    标	
				$\Delta X$	$\Delta Y$	X	Y
KJ9		206 23 32*					
KJ8	244 30 31	270 54 03	442.507	6.957 0	- 442.452 3	25 403.641*	32 965.837*
B	100 09 17	191 03 20	451.976	- 443.588 1	- 86.671 2	25 410.598	32 523.385
C	73 32 46	84 36 06	272.473	25.634 1	271.264 5	24 967.010	32 436.714
D	127 30 09	32 06 15	485.189	410.995 5	257.858 6	24 992.644	32 707.978
KJ8	174 17 17	26 23 32				25 403.640 1	32 965.837
KJ9							

2.2 坐标导线测量平差计算原理

坐标导线测量过程中, 由于存在测量误差, 平面位置产生的缺口即为导线全长闭合差 $f$ 。纵、横坐标闭和差 $f_x$ 、 $f_y$  为:

$$f_x = x_a - x_a \tag{10}$$

$$f_y = y_a - y_a \tag{11}$$

式中  $x_a$ 、 $y_a$ —A 点观测坐标;  $x_a$ 、 $y_a$ —A 点已知坐标。

导线全长闭合差:  $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \tag{12}$

导线全长相对闭合差:  $K = \frac{1}{\frac{D}{f}} \quad K_{容} \tag{13}$

各点坐标改正值为:

$$V_{xi} = - \frac{f_x}{D} (D_{AB} + D_{BC} + ..... + D_{(i-1)i}) \tag{14}$$

$$V_{yi} = - \frac{f_y}{D} (D_{AB} + D_{BC} + ..... + D_{(i-1)i}) \tag{15}$$

改正后各点坐标为:

$$x_i = x_i + V_{xi} \tag{16}$$

$$Y_i = Y_i + V_{yi} \tag{17}$$

坐标导线测量实例计算见表 3。

表 3 坐标导线测量计算表

点号	坐标观测值/m		边长/m	坐标改正值/mm		坐标平差值/m	
	x	y		$v_x$	$v_y$	x	y
KJ9						26 376.086	33 448.401
KJ8(A)	25 403.641*	32 965.837*				25 403.641	32 965.837
B	25 410.600	32 523.384	442.503	- 3	+ 3	25 410.597	32 523.387
C	24 967.021	32 436.705	451.978	- 7	+ 6	24 967.014	32 436.711
D	24 992.651	32 707.969	272.470	- 9	+ 8	24 992.642	32 707.977
KJ8(A)	25 403.654	32 965.826	485.181	- 13	+ 11	25 403.641	32 965.837
$D = 165\,2.132$							

$f_x = X_A - X_A = 25\,403.654 - 25\,403.641 = 13\text{ mm}$

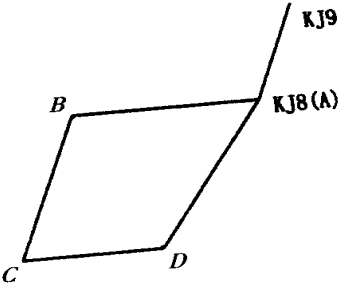
$f_y = Y_A - Y_A = 32\,965.826 - 32\,965.837 = 11\text{ mm}$

$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 17\text{ mm}$

$K = \frac{1}{\frac{165\,2.132}{0.017}} = \frac{1}{97\,000} < \frac{1}{40\,000}$

辅助  
计  
算

略  
图



3 两种测量方法比较

坐标导线测量与小三角网的控制点坐标偏差最大为 4 mm, 两种方法的测量精度均满足《规范》要求。

施工单位习惯使用传统的小三角测量方法, 布点经验丰富, 测量过程和平差计算娴熟, 精度比较容易控制; 缺点是测量工作量大, 平差计算过于繁琐。

全站仪坐标导线测量是目前采用的新方法, 测量人员较少使用, 它的优点在于: a. 外业测量数据少、速度快; b. 坐标平差计算过程简单, 易于掌握; c. 测距误差、测角误差均由全站仪自身计算程序代替, 测量精度容易满足《规范》要求。

4 结语

随着我国经济建设的飞速发展, 高等级公路建设方兴未艾, 互通立交桥的平纵方向发展将会更为复杂, 对测量技术的要求更高, 全站仪的测量功能会更多地开发使用, 人们将逐渐认识到坐标导线测量的简便、精确、迅速的优点。

5 参考文献

[1] 聂让. 全站仪与高等级公路测量[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.  
[2] 张坤宜. 交通土木工程测量[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.

(编辑 柴金义)

原稿收稿日期: 2004-02-02  
修改稿收稿日期: 2004-03-04