

极大验后估计在大型贯通工程中的应用

覃 辉

(五邑大学 广东江门 529020)

【摘要】 本文将极大验后估计引入大型贯通工程近井网的设计与平差中, 由于它可以求出联系参数的整体平差解, 统一了全网的精度基准, 所以比虚拟权平差更适合于近井网的数据处理。文中用一实例验证了大型贯通工程两近井网联合极大验后平差成果与分别极大验后平差成果基本相等。

【关键词】 极大验后估计 贯通 应用

【Abstract】 This paper introduces the maximum posterior estimation into adjustment and design of closest mine networks for a large scale of holing through survey. This adjustment method is used to the data processing of this networks more properly than the quasi-weight adjustment because the overall adjusement solution of the connected parameters and the united accuracy datum may be obtained. The results of united and partial maximum posterior adjustment are approximately equal is tested by a practical example.

【Keywords】 The maximum posterior estimation, Breakthrough survey, Application

0 引言

众所周知, 大型贯通工程需要在地面两端开口处附近各布设一个符合规范要求的具有较高精度的控制点, 该点常称为近井点。由于近井点位置的通视条件都不是太好, 所以布设首级网时, 为提高其图形强度, 一般较难将近井点纳入网内; 或者在矿山通常是先布设首级网, 而后根据生产的需要再布设近井点。近井点一般是在主网下加密而得。大型贯通的两近井点相距甚远, 过去通常采用经典平差法平差, 即将近井网内的首级网点的平面坐标视为无误差的起算数据进行处理, 这种平差方法的缺陷是: (1) 两近井网点的点位精度基准不统一, 给贯通设计带来困难; (2) 无论近井网的施测精度有多高, 都要低于首级网, 相对于主网而言, 近井网只能是次级网; (3) 当近井网以首网级相同的精度进行观测时, 经典平差法易对近井网产生扭曲。以往解决该问题的方案有两个: 一是首级网与

近井网作整体平差, 但因工作量太大而很少采用; 二是近井网作虚拟权平差^[1], 其优点是不仅可以求得近井点坐标的整体平差解, 而且工作量比两网整体平差小得多。规范对近井点的精度要求有两项, 即两近井点的相对点位精度及各近井点的后视边坐标方位角误差。一般大型贯通工程的两近井点间是不通视的, 而虚拟权平差又求不出近井网联系参数的整体平差解, 为保证后视边两端点坐标的精度基准相同, 往往将每个近井网内布置两个加密点, 这无疑增加了选点的难度和布设近井网的工作量。由于近井网内只有一条同精度基准的后视边, 所以一旦另一点遭到破坏, 将对工作造成影响。为此本文将极大验后估计^[2]引入近井网的平差及设计中, 因极大验后估计可以同时求得近井点坐标和联系参数的整体平差成果, 近井点至任一联系点的后视边方位角的精度均同基准, 所以它不失为大型贯通近井网平差的一种好方法。

作者简介: 覃辉, 男, 副教授。1987年毕业于中南工业大学测量专业, 获硕士学位。主要从事EDM检测、测量控制网联接及优化的研究。

1 近井网极大验后平差的精度估计公式

设近井网极大验后平差模型为：

$$V_2'' = A_{22} \hat{x}_2'' + A_{23} \hat{x}_3'' - \bar{f}_2 \quad (1a)$$

$$\begin{matrix} n_2 \cdot 1 & n_2 \cdot u_2 & u_2 \cdot 1 & n_2 \cdot u_3 & u_3 \cdot 1 & n_2 \cdot 1 \end{matrix}$$

$$D_{L_2} = \sigma_0^2 P_2^{-1} \quad (1b)$$

$$\begin{matrix} n_2 \cdot n_2 & n_2 \cdot n_2 \end{matrix}$$

$$D_{\hat{x}_2} = \sigma_0^2 P_2^{-1} \quad (1c)$$

$$\begin{matrix} u_2 \cdot u_2 & u_2 \cdot u_2 \end{matrix}$$

式中 $\bar{f}_2 = L_2 - F_2(\hat{x}_2', x_3^0) = f_2$

$$- A_{22} \hat{x}_2' \quad (2a)$$

$$f_2 = L_2 - F_2(x_2^0, x_3^0) \quad (2b)$$

$$A_{22} = \left. \frac{\partial F_2}{\partial x_2} \right|_{x_2^0, x_3^0}$$

$$A_{23} = \left. \frac{\partial F_2}{\partial x_3} \right|_{x_2^0, x_3^0} \quad (2c)$$

x_2 为联系参数, $\hat{x}_2' = x_2^0 + \hat{x}_2'$ 为首级网单独平差后联系参数的第一次平差值, P_2 为其权阵, x_3 为近井点的平面坐标, L_2 代表近井网观测量, P_2 为其权阵, V_2 为其残差。

文献 [2] 证明了在估计准则

$$V_2''^T P_2 V_2'' + \hat{x}_2''^T P_{\hat{x}_2} \hat{x}_2'' \rightarrow \min \quad (3)$$

下, 式 (1) 的解满足

$$\hat{x}_2 = \hat{x}_2' + \hat{x}_2'' \quad (4a)$$

$$\hat{x}_3 = \hat{x}_3^0 \quad (4b)$$

$$V_2 = V_2'' \quad (4c)$$

式中 \hat{x}_2 , \hat{x}_3 , V_2 代表首级网与近井网整体平差时参数改正数与残差的解。注意到式

(4), 式 (1) 的法方程为

$$\begin{pmatrix} \bar{N}_{22} & N_{23} \\ N_{32} & N_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{x}_2'' \\ \hat{x}_3'' \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} A_{22}^T P_2 \bar{f}_2 \\ A_{33}^T P_2 \bar{f}_2 \end{pmatrix} = 0 \quad (5)$$

式中 $\bar{N}_{22} = N_{22}'' + P_{\hat{x}_2}$ (6a)

$$N_{22}'' = A_{22}^T P_2 A_{22}, N_{23} = A_{22}^T P_2 A_{23} = N_{32}''$$

$$N_{33} = A_{33}^T P_2 A_{33} \quad (6b)$$

令

$$\bar{N}_2 = \begin{pmatrix} \bar{N}_{22} & N_{23} \\ N_{32} & N_{33} \end{pmatrix}$$

$$N_2 = \begin{pmatrix} N_{22}'' & N_{23} \\ N_{32} & N_{33} \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\bar{N}_2^{-1} = \begin{pmatrix} H_{22} & H_{23} \\ H_{32} & H_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_2 \\ H_3 \end{pmatrix} \quad (8)$$

式中 $H_2 = (H_{22} \ H_{23})$, $H_3 = (H_{32} \ H_{33})$, 则有 $\bar{N}_2 \bar{N}_2^{-1} = I$ 。将式 (7), 式 (8) 代入展开可得

$$\bar{N}_{22} H_{22} + N_{23} H_{32} = I_{u_2} \quad (9a)$$

$$N_{32} H_{23} + N_{33} H_{33} = I_{u_3} \quad (9b)$$

$$\bar{N}_{22} H_{23} + N_{23} H_{33} = 0 \quad (9c)$$

$$N_{32} H_{22} + N_{33} H_{32} = 0 \quad (9d)$$

式中 I_{u_2} , I_{u_3} 分别为 u_2, u_3 阶单位矩阵。

为后面公式推导方便, 下面先证明三个等式。

$$H_2 N_2 H_2^T = (H_{22} H_{23})$$

$$\begin{aligned} & \left[\begin{pmatrix} \bar{N}_{22} & N_{23} \\ N_{32} & N_{33} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} P_{\hat{x}_2} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} H_{22} \\ H_{32} \end{pmatrix} \\ &= [(I_{u_2} \ 0) - (H_{22} P_{\hat{x}_2} \ 0)] \begin{pmatrix} H_{22} \\ H_{32} \end{pmatrix} \\ &= H_{22} - H_{22} P_{\hat{x}_2} H_{22} \quad (10a) \end{aligned}$$

$$H_3 N_2 H_3^T = (H_{32} \ H_{33})$$

$$\begin{aligned} & \left[\begin{pmatrix} \bar{N}_{22} & N_{23} \\ N_{32} & N_{33} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} P_{\hat{x}_2} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} H_{23} \\ H_{33} \end{pmatrix} \\ &= [(0 \ I_{u_3}) - (H_{32} P_{\hat{x}_2} \ 0)] \begin{pmatrix} H_{23} \\ H_{33} \end{pmatrix} \\ &= H_{33} - H_{32} P_{\hat{x}_2} H_{23} \quad (10b) \end{aligned}$$

同理可证

$$H_2 N_2 H_3^T = H_{23} - H_{22} P_{\hat{x}_2} H_{23} \quad (10c)$$

下面推导近井网参数 \hat{x}_2 , \hat{x}_3 的协因数矩阵。

将式 (8) 代入式 (5) 得

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_2'' \\ \hat{x}_3'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{22} & H_{23} \\ H_{32} & H_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_{22}^T P_2 \bar{f}_2 \\ A_{33}^T P_2 \bar{f}_2 \end{pmatrix} \quad (11)$$

由式 (11) 并顾及式 (2a)、式 (6), 式 (8) 得

$$\begin{aligned} \hat{x}_2'' &= (H_{22} A_{22}^T P_2 + H_{23} A_{33}^T P_2) \bar{f}_2 \\ &= (H_{22} \ H_{23}) \begin{pmatrix} A_{22}^T \\ A_{33}^T \end{pmatrix} P_2 \bar{f}_2 - (H_{22} N_{22}'' + \\ & \quad H_{23} N_{32}) \hat{x}_2' \\ &= H_2 A_1^T P_2 \bar{f}_2 - (I_{u_2} - H_{22} P_{\hat{x}_2}) \hat{x}_2' \quad (12) \end{aligned}$$

式中 $A_1 = (A_{22}, A_{23})$, 易证明 $A_1^T P_2 A_1 = N_2$ 。则:

$$\hat{x}_2 = \hat{x}'_2 + \hat{x}''_2$$

$$= H_2 A_2^T P_2 f_2 + H_{22} P_{\hat{x}'_2} \hat{x}'_2 \quad (13)$$

$$\hat{x}_3 = (H_{32} A_{23}^T P_2 + H_{33} A_{33}^T P_3) \bar{f}_2$$

$$= (H_{32} H_{33}) \begin{pmatrix} A_{22}^T \\ A_{23}^T \end{pmatrix} P_2 f_2 - (H_{32} N_{22}'' + H_{33} N_{32}) \hat{x}'_2$$

$$= H_3 A_3^T P_2 f_2 + H_{32} P_{\hat{x}'_2} \hat{x}'_2 \quad (14)$$

令 $\hat{x}_n^T = (\hat{x}_2^T, \hat{x}_3^T)$, 则

$$Q_{\hat{x}_n} = \begin{pmatrix} Q_{\hat{x}_2} & Q_{\hat{x}_2 \hat{x}_3} \\ Q_{\hat{x}_3 \hat{x}_2} & Q_{\hat{x}_3} \end{pmatrix} \quad (15)$$

应用协因数传播律并顾及式(9), 式(10)

和 f_2 与 \hat{x}'_2 误差独立得

$$Q_{\hat{x}_2} = H_2 N_2 H_2^T + H_{22} P_{\hat{x}'_2} H_{22}$$

$$= H_{22} - H_{22} P_{\hat{x}'_2} H_{22} + H_{22} P_{\hat{x}'_2} H_{22}$$

$$= H_{22} \quad (16a)$$

$$Q_{\hat{x}_3} = H_3 N_3 H_3^T + H_{32} P_{\hat{x}'_2} H_{23}$$

$$= H_{33} - H_{32} P_{\hat{x}'_2} H_{23} + H_{32} P_{\hat{x}'_2} H_{23} \cdot H_{33}$$

$$H_{33} \quad (16b)$$

$$Q_{\hat{x}_2 \hat{x}_3} = H_2 N_2 H_3^T + H_{22} P_{\hat{x}'_2} H_{23}$$

$$= H_{23} - H_{22} P_{\hat{x}'_2} H_{23} + H_{22} P_{\hat{x}'_2} H_{23} \cdot H_{23}$$

$$= H_{23} = Q_{\hat{x}_3 \hat{x}_2}^T \quad (16c)$$

故 $Q_{\hat{x}_n} = \bar{N}_2^{-1} \quad (17)$

2 近井网极大验后平差时的目标精度函数

本节以一矿山大型贯通近井网的设计为例, 讨论了极大验后平差的应用。图1实线所示为某矿山IV等平面控制网图, 网中1号点为国家III等点, 联测了一条已知方位角边 ($T_{1 \sim 2}$), 丈量了两条基线边 ($S_{1 \sim 2}$, $S_{9 \sim 10}$)。全网共11个点, 平均边长3.2km, 控制面积约100km²。按测角网施测, 平差后的单位权中误差为 $\hat{\sigma}_0 = \pm 0.83''$ 。图中虚线所示为两个近井网图, 其中12号点为风井近井点, 它是在6, 7, 8号点下插点布设; 13号点为主井近井点, 它是在9, 10, 11号点下插点布设。主、风井间的直线距离为5.6km, 设计井下巷道全长为7.5km (巷道路

线如图1的点划线所示)。

考虑到主、风井近井网无共同的联系参数, 故可以近似认为主、风井近井网各自单独作极大验后平差的成果与其联合作极大验后平差的成果近似相等。由式(17)可得主、风井近井网点坐标参数的协因数阵分别为

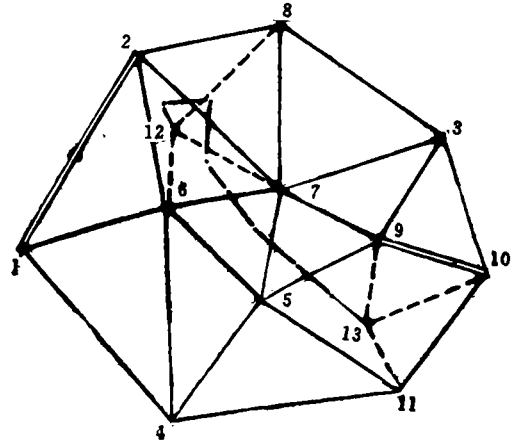


图1 某矿山近井网设计图

比例尺1:150000

$$Q_{\hat{x}_{6,7,8}} = \begin{pmatrix} H_{a_{22}} & H_{a_{23}} \\ H_{a_{32}} & H_{a_{33}} \end{pmatrix}$$

$$Q_{\hat{x}_{9,10,11}} = \begin{pmatrix} H_{b_{22}} & H_{b_{23}} \\ H_{b_{32}} & H_{b_{33}} \end{pmatrix} \quad (18)$$

其中 $H_{a_{23}}$ 为风井近井网联系参数 (6, 7, 8点的 X, Y 坐标) 的协因数阵, $H_{a_{33}}$ 为 12号点 X, Y 坐标的协因数阵; $H_{b_{22}}$ 为主井近井网联系参数 (9, 10, 11点的 X, Y 坐标) 的协因数阵, $H_{b_{33}}$ 为 13号点的 X, Y 坐标的协因数阵。下面推导两近井点的相对点位误差及各自后视边方位角误差的计算公式。

2.1 两近井点的相对点位误差

令

$$\Delta X_m = \begin{pmatrix} \hat{X}_{13} - \hat{X}_{12} \\ \hat{Y}_{13} - \hat{Y}_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \hat{X}_{12} \\ \hat{Y}_{12} \\ \hat{X}_{13} \\ \hat{Y}_{13} \end{pmatrix} = B \hat{X}_D \quad (19)$$

式中 $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$, $(\hat{X}_D^T = \hat{X}_{12}, \hat{Y}_{12}, \hat{X}_{13}, \hat{Y}_{13})$, 则 \hat{X}_D 的协因数阵为

$$Q_{\hat{X}_D} = \begin{pmatrix} H_{a_{22}} & 0 \\ 0 & H_{b_{22}} \end{pmatrix} \quad (20)$$

由协因数传播律得

$$Q_{\Delta x_{\#}} = B Q_{\hat{X}_D} B^T = \begin{pmatrix} Q_{\Delta x} & Q_{\Delta x \Delta y} \\ Q_{\Delta y \Delta x} & Q_{\Delta y} \end{pmatrix} \quad (21)$$

则两近井点的相对点位误差公式为

$$\sigma_{\#} = \sigma_0 \sqrt{Q_{\Delta x} + Q_{\Delta y}} \quad (22)$$

2.2 近井点后视边方位角误差

令风井近井网的坐标参数为

$$\hat{X}_b^T = (\hat{X}_6, \hat{Y}_6, \hat{X}_7, \hat{Y}_7, \hat{X}_8, \hat{Y}_8, \hat{X}_{12}, \hat{Y}_{12})^T \quad (23)$$

协因数阵为 $Q_{\hat{X}_b}$, 则12号点至6, 7, 8点后

视边方位角中误差的计算公式推导如下。首先推导12号点至6号点的方位角中误差公式。令

$$\begin{aligned} \Delta X_6 &= \begin{pmatrix} \hat{X}_6 - \hat{X}_{12} \\ \hat{Y}_6 - \hat{Y}_{12} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \hat{X}_b \\ &= B_6 \hat{X}_b \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \text{则 } Q_{\Delta x_6} &= B_6 Q_{\hat{X}_b} B_6^T \\ &= \begin{pmatrix} Q_{\Delta x} & Q_{\Delta x \Delta y} \\ Q_{\Delta y \Delta x} & Q_{\Delta y} \end{pmatrix}_6 \end{aligned} \quad (25)$$

令12至6号点的坐标方位角为 T_6 , 边长为 S_6 (以m为单位), 则垂直于12至6号点方向的坐标方位角为 $T'_6 = T_6 \pm 90^\circ$ 。根据任意方向位差计算公式可得 T_6 的方差为

$$\begin{aligned} \sigma_{T_6}^2 &= \left(\frac{\rho'' \sigma_{T'_6}}{100 \times S_6} \right)^2 \\ &= \left(\frac{\rho'' \sigma_0}{100 \times S_6} \right)^2 (Q_{\Delta \hat{x}_6} \cos^2 T'_6 + Q_{\Delta \hat{y}_6} \sin^2 T'_6 + Q_{\Delta \hat{x}_6 \Delta \hat{y}_6} \sin 2T'_6) \\ &= e_6^2 (\cos T'_6, \sin T'_6) \begin{pmatrix} Q_{\Delta x} & Q_{\Delta x \Delta y} \\ Q_{\Delta y \Delta x} & Q_{\Delta y} \end{pmatrix}_6 \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} \cos T'_6 \\ \sin T'_6 \end{pmatrix} = e_6^2 G_6 Q_{\Delta x_6} G_6^T \quad (26)$$

式中 $e_6 = \frac{\rho'' \sigma_0}{100 \times S_6}$, $G_6 = (\cos T'_6, \sin T'_6)$ 。

将式 (25) 带入式 (26) 得

$$\begin{aligned} \sigma_{T_6}^2 &= e_6^2 G_6 B_6 Q_{\hat{X}_b} B_6^T G_6^T \\ &= e_6^2 F_6 Q_{\hat{X}_b} F_6^T \\ \sigma_{T_6} &= e_6 \sqrt{F_6 Q_{\hat{X}_b} F_6^T} \end{aligned} \quad (27)$$

式中 $F_6 = G_6 B_6$

$$\begin{aligned} &= (\cos T'_6 \sin T'_6 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -\cos T'_6 \\ &\quad -\sin T'_6) \end{aligned} \quad (28)$$

由此可以写出12号至 i 点 ($i = 6, 7, 8$) 的方位角中误差公式为

$$\sigma_{T_i} = e_i \sqrt{F_i Q_{\hat{X}_b} F_i^T} \quad (29)$$

F_i 可仿式 (28) 写出。

在主井近井网中, 令

$$\hat{X}_b^T = (\hat{X}_9, \hat{Y}_9, \hat{X}_{10}, \hat{Y}_{10}, \hat{X}_{11}, \hat{Y}_{11}, \hat{X}_{13}, \hat{Y}_{13})^T \quad (30)$$

协因数为 $Q_{\hat{X}_b}$, 仿式 (29) 可以写出13号点至 j 点 ($j = 9, 10, 11$) 的方位角中误差公式为

$$\sigma_{T_j} = e_j \sqrt{F_j Q_{\hat{X}_b} F_j^T} \quad (31)$$

F_j 也可以仿式 (28) 写出, e_j 可仿 e_i 写出。

3 设计示例

图1所示的主、风井近井网按IV等测角网设计, 两网中全部12个角度都观测, 测角中误差取 $\pm 2.5''$ 。如取首级网先期平差的测角中误差为单位权中误差 ($\sigma_0 = \pm 0.83''$), 则近井网角度观测的权为 $P = 0.1102$ 。首级网先期平差后求得6~11点 X, Y 坐标的权阵为(见64页)。

两近井网与首级网的6~11号点联合作极大验后平差求得两近井点的点位误差椭圆元素及6, 7, 8, 12号点和9, 10, 11, 13号点分别作极大验后平差求得两近井点的点位误差椭圆元素列于表1, 表中 E, F, a_E, m_p 分别代表误差椭圆的长半轴, 短半轴, 长半轴方位角和点位误差。两种平差方法求得的近井网目标精度指标列于表2。

4.2604	-0.3820	-2.3836	-0.2404	-0.1994	-0.2489	-0.2133	0.0866	-0.0219	0.1032	-0.0139	0.3708
2.7899	0.2504	0.9892	-0.1826	-0.2283	-0.2729	-0.1882	-0.1549	0.0945	0.0945	-0.1549	0.0314
5.6490	0.2272	5.6490	-0.5511	-0.1073	-2.9028	-0.5122	0.2978	0.2978	-0.1566	-0.1318	0.1789
3.9696	-0.4021	3.9696	-0.4021	-0.7159	0.0380	1.3806	0.2671	0.2451	-0.0603	-0.2671	-0.3039
1.1622	0.0846	1.1622	0.0846	-0.0727	0.1534	-0.0436	-0.0001	0.1534	-0.0436	-0.0001	-0.0001
0.7980	0.3866	0.7980	0.3866	-0.2674	0.1010	0.2688	-0.0001	0.1010	0.2688	-0.0001	-0.0001
6.4421	0.3954	6.4421	0.3954	-2.3232	-0.7378	-0.9445	0.2848	-2.3232	-0.7378	-0.9445	0.2848
3.9916	0.2582	3.9916	0.2582	-1.6052	-0.1455	-0.7011	0.7011	0.2582	-1.6052	-0.1455	-0.7011
2.0178	0.3391	2.0178	0.3391	-0.1457	-0.9561	-0.9561	0.9561	2.0178	0.3391	-0.1457	-0.9561
2.0616	0.5978	2.0616	0.5978	-0.6038	-0.6038	-0.6038	0.6038	2.0616	0.5978	-0.6038	-0.6038
1.0349	0.0667	1.0349	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667	1.0349	0.0667	0.0667	0.0667
1.4793		1.4793						1.4793			

$F_{\hat{x}_2} = 12.12$

对称

表 1 两近井网联合及分别作极大验后平差近井点的误差椭圆元素

平差法	点号	E/cm	F/cm	α_E	m_p/cm
联合	12	2.25	1.51	19°56'	2.71
平差	13	3.05	2.48	30°28'	3.93
分别	12	2.25	1.51	20°01'	2.71
平差	13	3.06	2.48	30°47'	3.94

表 2 两近井网联合及分别作极大验后平差的目标精度指标

平差法	$\sigma_{\text{相}}/cm$	σ_{T_6}	σ_{T_7}	σ_{T_8}	σ_{T_9}	$\sigma_{T_{10}}$	$\sigma_{T_{11}}$
联合平差	4.03	1.801"	1.605"	1.311"	1.617"	1.790"	1.854"
分别平差	4.02	1.801"	1.605"	1.311"	1.619"	1.792"	1.856"

表 1，表 2 的结果都表明，大型贯通近井网分别单独作极大验后平差的成果与联合作极大验后平差的成果基本无差异。

该贯通网按原误差预计分配给近井网的误差指标为 $\sigma_{\text{相}} = \pm 5cm$ ， $\sigma_T = \pm 5.8''$ ，表 2 的结果表明该近井网达到了精度要求。需特别说明的是，精度估计公式 (22)，(29)，(31) 均没有考虑首级网起算数据如 1 点的坐标和 $T^1 \sim 2$ ， $S_{1 \sim 2}$ ， $S_{9 \sim 10}$ 的误差影响，也即表 1 表 2 的精度基准为首级网的起算数据无误差。

通过本例的讨论不难形成如下共识，对大型贯通工程中的近井网，统一精度基准是保证正确贯通的首要条件，本文介绍的极大验后估计非常适合于该类对点位精度有特殊要求的控制网的平差及精度估计。

参 考 文 献

- 覃辉. 同级加密网经典平差与虚拟权平差成果分析. 军工勘察, 1994(2)
- 覃辉. 极大验后估计及其在扩建网平差中的应用. 测绘学报, 1995(2)

收稿日期: 1997-08-22