

循环剔除粗差法^①

李国强 张后苏 黄明旺*

(中南工业大学资源环境与建筑工程学院, 长沙 410083)

(* 中山市规划局, 中山 528401)

摘要 循环剔除粗差法, 就是连续地利用单个粗差定位方法来定位并剔除多个粗差。通过实例验证了该法优于丹麦法, 同时也验证了控制网强权点上的粗差将对控制网产生极大的影响。

关键词 循环剔除粗差法 粗差定位 丹麦法

1 循环剔除粗差法的提出

当观测值中含有多个粗差时, 我们可以得到在已知和未知单位权方差时的多个粗差统计检验量^{[1][2]}

$$T = \frac{\Omega_2}{\sigma_0^2} x'^2(u, \delta^2) \quad (1)$$

和

$$\bar{T} = \frac{\Omega_2/u}{\Omega_1/(n-t-u)} F'(u, n-t-u, \delta^2) \quad (2)$$

其中

$$\Omega_2 = V^T P H (H^T P Q_v P H)^{-1} H^T P V \quad (3)$$

$$\Omega_1 = V^T P V - \Omega_2 \quad (4)$$

如果将欲检验的几个观测值排在一起, 则有如下形式的备选假设系数矩阵

$$H = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ I_{u \times u} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}_{n, u} \quad (5)$$

由此即可进行多个粗差的统计检验。

从理论上讲, 这种检验方法是成立的。但从实际应用来看, 此方法很难实行, 因为在平

差时, 我们并不知道观测值中含有多少粗差和哪几个观测值上可能含有粗差。原则上讲, 我们可对从含两个到含 $r = n - t$ 个粗差的各种可能组合进行上述多维检验, 但这在实用上是不太可能的。因此, 人们企图连续地使用单个粗差定位方法(Data Snooping)^[1]来定位多个粗差, 由此本文提出了循环剔除粗差法。

循环剔除粗差法不象向前选择法和向后选择法^[1]那样, 在每次平差时, 只剔除一个粗差。而是先在最小二乘平差的基础上, 对每个观测值进行粗差定位, 把含有粗差的观测值一次性的全部剔除, 再进行一次最小二乘平差, 检验粗差是否存在, 若存在再全部剔除, 一直循环到粗差剔除完为止。

循环剔除粗差法中每次循环的单位权方差估值用下式计算

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{n-t-u_1} \cdot (V^T P V - V_1^T P_1 V_1) \quad (6)$$

...

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{n-t-u_1 \dots - u_i} \cdot (V^T P^i V - V_i^T P_i V_i) \quad (7)$$

式中 u_i 为第 i 次循环剔除的粗差个数, V^i 为第 i 次循环平差时的改正数向量, P^i 为第 i 次循环平差时的观测值权阵, V_i 为 u_i 个已剔除

① 收稿日期: 1996-01-08; 修回日期: 1996-06-27 李国强, 男, 32岁, 讲师, 硕士

的观测值的残差向量, P_i 为 u_i 个已剔除的观测值的权阵。

循环剔除粗差法第 i 次循环使用的粗差检验统计量为

$$t_j^i = \frac{|V_j^i|}{\sigma_i \sqrt{q_{v_{jj}}^i}} t(n - t - u_1 - \dots - u_i)$$

$(j = 1, 2, \dots, n)$

(8)

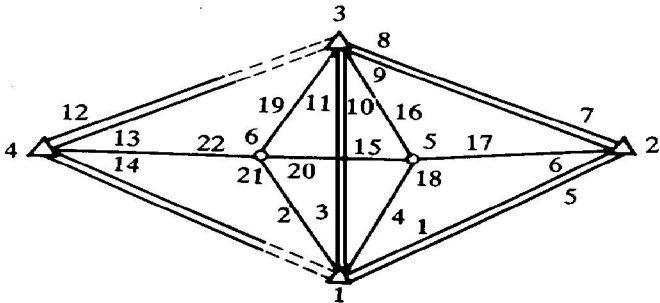
由此可知, 循环剔除粗差法缩短了剔除粗差的循环次数, 减少了粗差对单位权方差估值的影响。因此, 这种方法很实用于在含多个粗差的大型测量控制网中使用。

2 实例分析

本文以一典型图形为例, 对其观测数据进行了诊断分析^[2, 3], 并对图中常见的几种粗差分布情况用循环剔除粗差法和丹麦法进行了全面的比较分析, 并得出了一些有益的结论。

如附图, 有 4 个已知点, 2 个未知点, 22 个方向观测值。先对实测网进行了最小二乘平差, 诊断出了网中的强权点为 L_{17} 、 L_{18} 、 L_{19} 、 L_{22} , 进而对强权点及非强权点加粗差进行粗差检验分析。下面分四种情况加以讨论:

- I : 实测的观测数据(未含粗差);
- II: 边界点 L_1 、 L_7 、 L_{12} 、 L_{14} 上分别加 $10''$ 粗差;
- III 强权点 L_{17} 、 L_{18} 、 L_{19} 、 L_{22} 上分别加 $10''$ 粗差;
- IV: 边界点 L_1 、 L_{12} 和强权点 L_{18} 、 L_{19} 上分别加 $10''$ 粗差。



附图 典型图形实例

以 I 组的最小二乘解为准, 计算其它三组各点相对于 I 组同各点的坐标差值及其它量的最大值, 列于附表, 为了列表方便, 以 A、B 分别表示循环剔除粗差法和丹麦法。

表中 $e_{\max}$ 一最大的标准化残差; $V_{\max}$ 一最

附表 循环剔除粗差法和丹麦法对典型图形的数据对比

组号	平差法	$e_{\max}/(″)$	$V_{\max}/(″)$	$D_{\max}/(″)^2$	$(m/s)_{\max}$	$M_{T_{\max}}/(″)$	$M_{P_{\max}}/mm$	$\sigma/(″)$	$\Delta X/mm$	$\Delta Y/mm$
I	A	17*	17	17	5~6	5~6	6			
		1.738 8	1.190 2	0.460 2	1: 247 000	0.531 9	0.521 0	0.753 8		
II	A	9	5	9	5~6	5~6	6		5 6	5 6
		1.984 5	3.608 2	0.332 6	1: 654 00	1.883 8	1.948 8	2.654 0	1 3	1 7
	B	11	1	19	5~6	5~6	6		5 6	5 6
		2.455 3	5.471 8	0.494 5	1: 444 00	2.923 2	2.905 5	4.131 5	2 12	1 20
III	A	21	21	19	5~6	5~6	6		5 6	5 6
		1.762 1	2.738 1	1.093 6	1: 954 00	1.164 0	1.266 0	1.585 6	25 20	5 2
	B	19	19	18	5~6	5~6	6		5 6	5 6
		1.974 4	2.742 7	0.496 8	1: 826 00	1.516 9	1.533 5	2.125 9	22 34	24 12
IV	A	17	17	16	5~6	5~6	6		5 6	5 6
		1.996 7	3.818 5	1.081 3	1: 594 00	1.871 8	2.045 0	2.550 3	1 12	4 13
	B	4	4	18	5~6	5~6	6		5 6	5 6
		2.444 0	4.697 8	0.846 3	1: 409 00	2.593 9	2.550 2	3.640 4	4 10	20 32

* 此种数字为各平差量的观测值号、点号或边号。

大的残差; $D_{\max}$ — 最大的影响函数;
(m_s/s) $_{\max}$ — 最大的边长相对中误差; $M_{T_{\max}}$ —
最大方位误差; $M_{P_{\max}}$ — 最大点位误差; σ — 单
位权中误差。

由上表可以得出以下结论:

(1) 在有多个粗差存在时, 循环剔除粗差
法优于丹麦法。

(2) 当边界观测值上存在粗差时, 平差估
值受影响最小; 当边界观测值及部分中心的强
权点上存在粗差时, 平差估值受影响较大; 当
全部中心强权点上存在粗差时, 平差估值受影
响最大。

因此, 在控制网设计时, 有必要先利用模
拟数据进行数据诊断, 定出网中只和图形有关
的强权点的位置, 为以后控制网的施测提供信
息, 避免在强权点上存在粗差, 给控制网带来
很大的影响。

参考文献

- 1 李德仁. 误差处理和可靠性理论. 北京: 测绘出版社, 1988: 187– 210.
- 2 李国强. 硕士学位论文. 长沙: 中南工业大学, 1989.
- 3 陈希孺, 王松桂. 近代回归分析. 安徽: 安徽教育出版社, 1987: 95– 146.

METHOD OF CIRCULAR REJECTING BLUNDER

Li Guoqiang, Zhang Housu, Huang Mingwang

*College of Resource, Environment and Civil Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083*

ABSTRACT The method of circular rejecting blunder was advanced, in which single blunder positioning method is continually used to position and reject many blunders. The given practical example proved that this method has an advantage over Danish method, and that the control network will be affected greatly by the blunders of strong weight case of control network.

Key words method of circular rejecting blunder blunder positioning Danish method

(编辑 何学锋)