

全國測繪科學技術經驗交流會議

資料選編

三角測量平差

測繪出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

材料力学

三角函数法

清华大学出版社

出 版 說 明

一九五九年二月在武汉召开的全国測繪科学技术經驗交流會議，广泛地交流了各方面的先进經驗和技术革新成就。为供全国測繪工作者学习先进經驗的参考，今由大会秘書处組成編輯委员会，按专业編选汇集，予以出版。

本册介紹了：（1）我国中部地区一等三角鎖整体平差的情况；（2）三角測量按条件觀測平差，改进三角网平差方法的一些論述，以及在平差計算中的某些簡化办法；（3）改进三角网按間接觀測平差的經驗；（4）应用阿涅尔平差法的經驗。

为加快出版時間，本資料选編由測繪、建筑工程、水利电力、煤炭工业等四个出版社協作出版。

目 录

第一节 一等三角网的整体平差

- 我国中部地区一等三角网整体平差初步介绍.....
..... 国家测绘总局西安分局大地计算室 (3)

第二节 三角网按条件观测平差

- 一、大规模三角网之平差(摘要)长江流域规划办公室 (17)
二、逐一分组平差法..... 建筑工程部中南综合勘察分院 (18)
三、测量平差计算方法的改进..... 建筑工程部第一工程局测量队 (31)
四、用真数列极条件和基线条件..... 建筑工程部第一工程局测量队 (53)
五、一、二等三角网平差计算中的两点改进.....
..... 总参谋部测绘局第一大地计算队 (57)
六、简化大地四边形第一次角度改正数计算.....
..... 国家测绘总局西安分局大地计算室 (58)

第三节 三角网按间接观测平差

- 一、间接观测角平差..... 总参谋部测绘局第一大地计算队 (60)
二、大三峡三斗坪坝区二等网平差经验..... 长江流域规划办公室 (78)
三、不同投影带坐标平差方程式的处理.....
..... 总参谋部测绘局第一大地计算队 (79)
四、插点计算的简捷方法..... 建筑工程部城市设计院测量室 (82)

第四节 阿涅尔平差法

- 阿涅尔平差方法的实用经验介绍.....
..... 建筑工程部城市设计院测量室 (86)

三角測量平差

第 一 节

一等三角鎖的整体平差

我國中部地區一等三角鎖整体平差初步介紹

国家測繪总局西安分局大地計算室

由于我国一等三角測量已大量完成，同时各經濟部門急需精確的大地控制，以供測繪較大比例尺地形图，而我国过去三角測量計算，除东部已平差的一等鎖外，主要仅为滿足中小比例尺測图推算實用坐标，因此迫切需要对我国其余已完成的一等三角測量进行严密的处理。1958年，国家測繪总局西安分局大地計算室担任了我国中部一等鎖整体平差的任务。由于缺乏經驗，人員水平較低，这一任务对大地計算室來說是比較艰鉅的，但在党的領導和苏联专家帮助下，以及各兄弟单位的协助和同志們的积极努力下，终于順利的完成了任务。

平差工作原計劃于59年2月底完成，現已于59年1月中旬提前完成，共用32192天。

由于工作还没有完全結束，有些資料还需整理，成果表和技术总结正在編写中，这里仅是作初步的介紹。

(一) 佈网情况

参加这次平差的一等鎖共有64个鎖段，它們由28个鎖环（閉合环）、1168个三角点（1044个鎖部点，124个基綫网点）所組成。鎖环編号自26至53，三角点編号自1692至2859，它們是續东

部已成三角鎖而編的。鎖系全長 15500 公里，分布在東經 99° — 116° 、北緯 22° — 41° 之間。

三角鎖系的分布見圖 1。圖中雙綫代表東部已整體平差的鎖系，單綫代表這次平差的鎖系。鎖段交叉點（即基綫網和起始邊

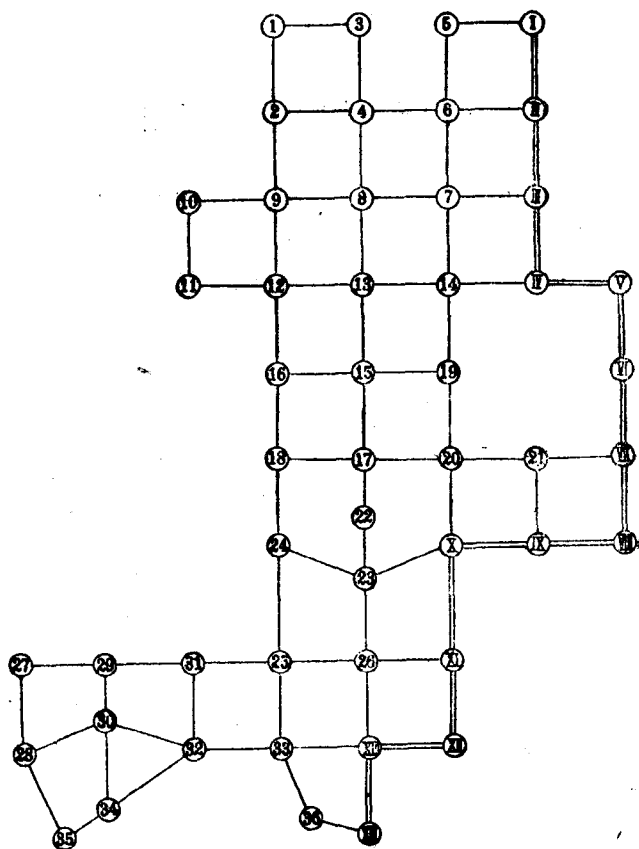


圖 1. 中部地區一等三角鎖系分布圖

的所在) 的編號在已平差部分用羅馬數字，本次平差部分用阿拉伯數字。

三角網基本上是按照 1953 年所制定的全國大地布網計劃布設

的，分別由总參謀部測繪局、国家測繪总局、原地質部測繪局、黄河水利委员会勘测設計院、长江流域规划办公室于1954年至1958年施測（大部分是1956年至1957年完成的）。

各鎖段长度的統計如下：

250公里以下的鎖段共 30条，占47%；

250公里以上的鎖段共 34条，占53%；

300公里以上的鎖段共 10条，占16%。

鎖段平均长度为240公里，最短140公里，最长340公里。

鎖环长度自630公里至1390公里。

三角形边长一般在20—40公里范围内，最短边13.8公里，最长边70.4公里，边长在50—60公里的也不少。

（二）观测情况

1. 基綫測量 基綫长度一般在6—10公里内，最短4.5公里，最长13.0公里。

基綫測量是按苏联1940年出版的“一、二等基綫測量細則”和1955年出版的“一、二、三、四等三角測量細則”进行的。量綫时采用了卡本特厂、苏联航空大地測量仪器厂、塞克来当厂和阿斯卡尼亚厂出品的24公尺或25公尺殷鋼基綫尺3—8根，按往返方向丈量的（陝县是以3条25公尺基綫尺丈量的）。其中卡本特厂和苏联的基綫尺都是經過长期作业的，比較稳定；塞克来当厂的尺子一般都是新出厂的，还不够稳定；阿斯卡尼亚厂基綫尺虽經過几年作业，但它們的尺长还是不稳定的。

量綫中所使用的基綫尺一般于測后（年末收測时）送莫斯科基綫尺檢定室进行檢定，作为本年測后和翌年測前的檢定值。仅部分基綫尺一年檢定二次，亦有个別基綫尺仅有測后或測前一次室内檢定值。各基綫尺分別于1952—1957年在莫斯科用电热法于 $+17^{\circ}$ 至 $+49^{\circ}$ 的范围内測定了膨胀系数。部分基綫尺在1957年又对負溫进行了特殊的測定。新从法国購来的基綫尺，曾在巴黎进行了尺长和膨胀系数的檢定，在巴黎所檢定的膨胀系数是就同一爐鋼所制出的基綫尺檢定一个膨胀系数。

由于各基綫尺檢定間隔時間較長（1—2年），同時有些基綫是用新尺丈量的，因此除部分基綫尺在一年內檢定二次，變化較少外，其餘各尺長變化都很大。一般二次室內檢定值差都在70—80 μ 左右，有的甚至到100—200 μ ，個別有差至1200 μ 的。亦有同一付尺子都同符號增長+121—+206 μ 。這樣，對如何正確的來確定尺長，就產生了很大困難。為此我們除依據各室內檢定值外，並利用各比尺資料、在同一時期內的量綫資料、依照各次檢定值算出基綫長度的不同數據和原基綫測量技術總結等，進行綜合的全面分析，然後進行較合理的處理。大部分基綫都採用了二次室內檢定值的中數作為量綫時的尺長，進行計算。雖然在兩次檢定之間尺長變化了70—80 μ ，但在1—2年這樣長的時間內，要具體確定什麼時間尺長發生了變化是很困難的。此外，有些基綫不得不用測前或測後的一次檢定值進行計算，如圖1中4，5，6各處的基綫。還有的基綫不得不用在北京野外檢定場所比較的結果進行計算，如圖1中33，36兩處的基綫測量中有4條尺的尺長就是採用野外比較值，21，25，26等處也有這種情況。其中有一次的情况是这样的。№424基綫尺第一次室內檢定是+2.430公厘，量第一條基綫時沒有什麼變動，量第二條基綫時變為+2.503公厘，第三條基綫時變為+2.513公厘，第四條基綫時則開始縮短，而第二次室內檢定為+2.344公厘。用各室內檢定值去計算第二、三、四條基綫，各段長的差數大多數都超過4公厘 $\sqrt{K}$ ，有的甚至在十段中七段超限，這樣就勢必要用野外比尺的結果來計算，而這顯然是不夠合理的。

各基綫丈量的精度，根據 E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 公式所算得之總誤差一般在1:1000 000至1:2000 000之間，最低為圖1中15號基綫（折綫形），為1:650 000，最高為圖1中的26號基綫，為1:2380 000。但是由於尺長的確定不一定完全正確，有些僅採用一次檢定的結果，有些採用野外比尺的結果， E_5 無法正確估算，因此基綫測量的實際精度，在這些基綫上可能遠遜於上述數值。

在各基綫中我們認為較差的有5，33，36（圖1）等基綫，

它們大部或全部是利用新基綫尺丈量的，而且仅采用一次檢定值，或北京比尺值。21号基綫也較遜。

基綫网由單菱形或雙菱形組成。由基綫网平差所求得的擴大邊相對誤差是令人滿意的，一般都在1:600 000至1:800 000之間，有的甚至小於1:1000 000。最小的為26号基綫网，達1:1380 000，最大的為13号基綫网，達1:460 000。

2. 水平角觀測 水平角觀測按蘇聯1939年一等三角測量細則，應用史賴伯全組合法進行。當使用蘇聯航空大地測量儀器廠出品之TT2''/6''大地經緯儀測角時，採用方向權數 $m \cdot n = 24(25)$ ；當使用威特T3經緯儀測角時，採用方向權數 $m \cdot n = 36(35)$ 。

雙菱形基綫网的角度觀測按最適當權分配確定各角觀測的權數。使用TT2''/6''時，最少測回数等於6；使用威特T3時，最少測回数等於8。單菱形基綫网按簡單綱要觀測，使用TT2''/6''時，1—3角測24測回，1—2和2—3角測6測回，使用T3時，二者分別為32和8測回。

原地質部測繪局所測的一等三角鎖中，1—2，1—3，3—4各鎖段（見圖1編號，下同）是按蘇聯1955年出版的一、二、三、四等三角測量細則觀測的。長江流域規劃辦公室所測的13—15，14—19兩個鎖段的南半部分也是按上述細則觀測的。

鎖段中三角形閉合差的分布情況及總的測角中誤差列於表1。

三角形閉合差統計表

表1

三角形 總个数	三角形閉合差之分布				閉合差為正		閉合差為負		最大 閉合差	平均 閉合差	測角中 誤差 $\sqrt{\frac{10W}{3n}}$
	0''—1''	1''—2''	2''—3''	3''以上	个数	和	个数	和			
1794	1269	433	91	1	819	624.76	975	767.67	-3.07 +2.92	0.78	± 0.58
%	70.7	24.1	5.1	0.1	45.7		54.3		+2.85 +2.81		

分別按各鎖段的三角形閉合差所計算的測角中誤差，按使用不同儀器情況分別統計，列於表 2。

中部一等三角鎖測角中誤差統計

表 2

測角中誤差		$\pm 0''.3$ $\pm 0''.6$	$\pm 0''.6$ $\pm 0''.7$	$0''.7$ 以上	最 大	最 小	平 均	合 計
TT 2''/6''	鎖段數	17	5	1	0''.71	0''.37	0''.54	23
	(百分比)	73.9%	21.7%	4.4%				
T3	鎖段數	15	8	1	0''.84	0''.35	0''.58	24
	(百分比)	62.5%	33.3%	4.2%				
TT 2''/6'', T3 AY 2''/10'', OT-02	鎖段數	12	4	1	0''.78	0''.30	0''.56	17
	(百分比)	70.6%	23.5%	5.9%				
合 計	鎖段數	44	17	3	0''.84	0''.30	0''.56	64
	(百分比)	68.7%	26.6%	4.7%				

* 平均是指算數平均值。

根據表 2 可以看出，約 69% 的鎖段的測角中誤差在 $\pm 0''.6$ 以下，而超過 $\pm 0''.7$ 的僅有 3 條鎖段，約占全鎖段數的 5%。測角中誤差最大的為 $\pm 0''.84$ ，最小的為 $\pm 0''.30$ 。這些數據說明，水平角觀測的質量一般是良好的。

用不同儀器觀測所得測角中誤差的平均數，在 TT 2''/6'' 為 $\pm 0''.54$ ，在 T3 為 $\pm 0''.58$ ，TT 2''/6'' 與 T3 混合使用時為 $\pm 0''.56$ 。由此可見，儘管用 T3 觀測時測回数較多，但所得結果的精度仍稍遜於 TT 2''/6''。

其次再看極條件、方位角和基綫條件自由項的情況。

極條件自由項僅二個超限的（鎖段是 4—6，31—32），且超限不多。

方位角條件自由項在中誤差以內者 55 條鎖，占 86%；超出中

誤差者 9 条鎖，占 14%；超限者一条鎖，占 1.5%。

基綫条件自由項在中誤差以內者 49 条鎖，占 77%；超出中誤差者 15 条鎖，占 23%；超限者 6 条鎖（其中 5 条鎖为 T3 觀測，1 条为 TT2''/6'' 觀測的），占 9%。基綫条件自由項最大的几条鎖段情况如下：

鎖段 4—6，自由項为 22.57，限差为 13.27，相对閉合差为 1:19 000。

鎖段 13—14，自由項为 17.62，限差为 ± 11.02 ，相对閉合差为 1:26 000。

鎖段 32—33，自由項为 23.89，限差为 ± 20.31 ，相对閉合差为 1:18 000。

由于基綫条件自由項超限，也使这些鎖段由平差所求的測角中誤差加大。例如鎖段 13—14，按三角形閉合差所求得的測角中誤差为 $\pm 0.''84$ ，而由平差求得的为 $\pm 1.''00$ ；又如鎖段 32—33，按三角形閉合差求得的为 $\pm 0.''67$ ，由平差求得的为 $\pm 0.''92$ 。

三角点高程除少数是用几何水准測定者外，其余主要利用三角高程測量資料以簡略方法求得。高程以黃海平均海水面起算。

3. 天文觀測 平差中利用了 109 个一等天文点和 45 个二等天文点，其中有 70 个一等拉伯拉斯点和 1 个二等拉伯拉斯点。所有拉伯拉斯方位角都用作平差中的起算数据，所有天文經緯度則仅用来确定垂綫偏差，以便根据它們推求大地水准面对橢圓体面的高程。

天文測定是分別由总參謀部測繪局、国家測繪总局、原地質部測繪局、原中国科学院地理研究所大地組、黃河水利委员会、长江流域规划办公室和武汉水力发电設計院于 1952—1957 年施測的。觀測的方法分別根据苏联 1942 年一、二、三、四天文測量細則、1955 年一、二、三、四等三角測量細則、馬扎耶夫等高法和一些本部門的規定。使用的仪器有威特 T4、苏联航空大地測量仪器厂 AY-2''/10' 和 AY-5''/10'、45° 稜鏡等高仪、威特 T3 或 T2 附加 60° 稜鏡等。各点經度按无綫电收时法測定，用稜鏡觀測时，按

等高法同时测定經緯度。方位角是由直接测定北极星与地面目标之夹角推算的。

天文观测員的人差一般每年测定两次，測前測后各一次，新担任观测的人員，每年测定三次。亦有些二等点，观测員沒有测定人差。各次人差变动不够稳定，且有超限的。如1957年二次人差变化，王耀馨为 $+0^{\circ}.132$ ，刘汉业为 $+0^{\circ}.121$ ，王朝喜为 $+0^{\circ}.196$ ，郭俊德在1955年为 $-0^{\circ}.129$ 。这些人差远远超过了細則規定。这主要是由于这些观测員在天文观测工作方面只不过作了两三年，因此人差改变还不稳定。亦有些同志認為是由于耳目法观测或冬季作业的结果，但还缺乏具体材料証实。另外在人差测定時間上，也是比較乱的，有的一下連續测定几次，有的間隔一年多才測，亦有些同志經常調动仪器，这都給决定人差改正带来了一定的困难。

天文計算，均采用FK₃系統，計算結果除归算至三角点标石中心外，并在緯度和方位角中加入了归算海水面和极移改正，在經度中加入了綜合时刻、人差和极移改正。某些二等点，由于观测員沒有测定人差，沒有加入人差改正。某些二等点因缺乏必要的數據，沒有加入綜合时刻和归算海水面改正。从現有数据来看，我国天文观测人員的人差一般还是較大的，有的达到 $0^{\circ}.3$ ，在等高观测甚至有 $0^{\circ}.5$ 的，因此認為这些成果在天文大地网平差前勢必需要重測。

天文測定的精度，在一等天文点方面，統計如下：

緯度測定中誤差一般在 $\pm 0.^{\circ}.10-0.^{\circ}.25$ 之間，最大为 $\pm 0.^{\circ}.35$ ；

經度測定中誤差一般在 $\pm 0.^{\circ}.40-0.^{\circ}.50$ 之間，最大为 $\pm 0.^{\circ}.58$ ，其中已包括人差測定的誤差在內。

方位角測定中誤差一般在 $\pm 0.^{\circ}.20-0.^{\circ}.35$ 之間，最大为 $\pm 0.^{\circ}.40$ 。

起始边两端推算拉伯拉斯方位角的不符值，一般在 $1''$ 以下，最大是 $2.^{\circ}.2$ ，在第7号基綫网（图1），另一处較大的是第21号

基綫网，达2."0。

用稜鏡等高仪測定的二等天文点，精度較低，补測数也較多。

(三) 起算数据

采用克拉索夫斯基橢圓体，1954年北京坐标系，在高斯投影六度带上計算。平差計算时将基綫网扩大边长、拉伯拉斯方位角（事先进行了正反方位角的平差）和东部已平差的一等鎖系作为固定值，这些一等鎖系是1955年和1956年分二次平差的。1955年平差的一等鎖系按三角形閉合差求得的測角中誤差为 $\pm 0."61$ ，平差后的測角中誤差为 $\pm 0."69$ ，最远点座标中誤差 $m_{x(800)} = \pm 1.14$ 公尺， $m_{y(800)} = \pm 1.06$ 公尺。参加1956年平差的一等鎖，三角形閉合差求得的測角中誤差为 $\pm 0."55$ ，平差后的測角中誤差为 $\pm 0."57$ ，最远点座标中誤差 $m_{x(1500)} = \pm 1.10$ 公尺， $m_{y(1500)} = \pm 1.05$ 公尺。由于采用了东部已平差的结果作为固定值，当然不免会給所需平差的鎖段带来一些变形，特别是由于东部各鎖也是分二次平差的。但为了測图的銜接，即使因此而产生某些变形，我們認為亦是可行的。

(四) 概算

三角鎖的概算和平差基本上是遵照1956年苏联 H.B. 阿瓦也夫等著“实用三角測量計算手册”第一卷进行的（稍有变动）。由于各三角鎖在平差前已分別进行了不同程度的概略計算和資用坐标計算，这次計算是在尽量利用已有資料的基础上进行补算的，并作了10—30%的重点检查。工作前还編制了一等鎖整体平差的技术設計書。

按照原計劃在概算之前，必須对資料进行詳細的分析，但由于組織工作沒做好，同时缺乏經驗，因此資料分析做得很不够，給工作带来了不少困难。

水平方向的归算加入了归心、垂綫偏差、照准目标高程、截面差和大地綫化算至高斯投影平面的曲率改正。分別求得化算至标石中心、橢圓体面和高斯投影平面的水平方向值，以便于今后的

应用。

在相邻鎖段的共同点上，計有53点是分成二組觀測的，有7点是分三組觀測的。平差前按下列三种方法进行測站平差：（1）与已知鎖相連接的分組測站平差，按計算細則 § 100 固定角平差法进行；（2）二組測站平差采用克拉索夫斯基法；（3）三組按条件觀測法平差。部分点是不等权觀測的，則按不等权法处理。由于采用了专家的建議，使工作效率提高了2—8倍，并完全能保証精度。我們曾就若干点按間接觀測法和上法进行了比較，最大仅差0."01。

由于缺乏必要的重力資料，垂綫偏差的分量仅就天文經緯度和大地經緯度按下列公式求得：

$$\xi = \varphi - B, \quad \eta = (\lambda - L) \cos \varphi$$

ξ, η 分别为子午面和卯酉面的垂綫偏差分量。

φ, λ 分别为天文緯度、經度。

B, L 分别为大地緯度、經度。

从所求得各垂綫偏差分量得知，在我国中部各相对垂綫偏差的变化是很大的，其中如韓城基綫网两扩大点仅距18公里，而相对垂綫偏差之差为16".4，峨嵋基綫网扩大点間距离为30公里，相对垂綫偏差之差为26".1，差不多每隔一公里其偏差即差将近1"。最大相对垂綫偏差为28".5(老虎头)，33".7(葛佛頂)。将所得各点的垂綫偏差分量展于图上，假定各点間是均匀变化的，繪出垂綫偏差分等值綫图。各三角点的垂綫偏差分量即由图上查得。

当然，由此所确定的各三角点垂綫偏差分量仅是近似的，尤其各天文点的密度非常稀，有的甚至相隔300余公里，其間垂綫偏差不可能是完全均匀变化的。我們曾用商区和佛区四个新測的天文点进行了比較，便可明显的看出。

大地水准面距离椭圆体面的高度是利用三角点上的天文觀測結果，按克拉索夫斯基大地測量学下卷551頁所列之公式求两点之

由計求得 由圖上查得 表 3

商 区	磨 沟 ξ	+ 0".01	+ 11".8	高一等天文点 90—110公里
	η	- 3.2	- 5.8	
	板 山 ξ	+ 7.5	+ 12.2	
	η	- 5.7	- 5.6	
佛 区	白 岭 ξ	+ 3.4	+ 2.6	高一等天文点 70—120公里
	η	- 7.3	- 1.3	
	陕 山 ξ	- 5.4	+ 2.4	
	η	- 4.9	- 0.5	

高差，然后推算。公式如下：

$$N_2 - N_1 = -\frac{S}{2\rho''} [(\eta_2 + \eta_1)'' \sin A_{ab} + (\xi_2 + \xi_1)'' \cos A_{ab}]$$

公式中之 S 、 A_{ab} 由图解得出，每一基线网用一点， ξ_i 取两点之中数值。然后根据东部已平差一等镇中之一些点作为已知值，进行平差，求得各点之高程，作出等值线图。中部地区最东面为+40余公尺，逐步向西减少，最低为+10公尺（云南），在甘肃东部为+20余公尺。从已有资料来看，我国最东部靠近沿海地区其高程最大为+60公尺左右，渐渐向西减少。等值线差不多和海岸平行，并向西等距离平行减小，仅在岷县附近出现了一个封闭曲线。是由于椭圆体定向不适合等所产生，还是其他原因，尚待进一步研究。目前西北部一等镇即将完成，将可提供更充足的材料。

基线网平差按条件观测法进行，单菱形按方向平差，双菱形按角度平差；测站条件、图形条件和极条件在一起解算。

（五）平差

我国中部一等三角镇整体平差是根据普兰尼斯—普兰涅维奇多组平差法、按条件观测就角度进行的。因为中部一等镇平差还不是最后的，所以采用按角度平差，并将东部已平差的镇作为固定值的简化方案。

全区共分21个分区，37个割口，計120个联系方程式。分区的划分考慮到了作业員的人数和工作期限，并按下列原則来确定的。大体上是在六度带的分界处并沿着基綫网的起算边划分的，但对某些图形构成比較复杂的分区，其分区綫則划分在任意一个地方。

各分区法方程式解算按克呂格兩組法，将所有图形条件、大地四边形重叠图形条件和中点多边形水平角条件列入第一組（图形复杂者例外），将极、方位角、基綫和坐标条件列入第二組。全区列入第一組的图形和水平条件1464个；列入第二組的条件共668个。計图形和水平条件8个，极条件356个，方位角和基綫条件各87，坐标条件130个。第一、二組共2132个条件。虽工作量有这么大，由于采用了普兰尼斯—普兰涅維奇多組平差法，实际用于平差的时间仅二个半月，包括坐标計算、列条件方程式、法方程式解算和求改正数等。由平差后的精度得知，結果是令人满意的。

三角点坐标是按余切公式（变形戎格公式）計算的，条件方程式系数、自由項和法方程式的組成按拉林公式进行检查。大地四边形第一次角度改正数是按我室新推証的簡易公式計算的。在組成工作方面，我們將編制条件方程式系数表放在坐标計算之前进行，这样就避免了二个人相互間的等待。法方程式組成和解算采用二人分別計算，并分日夜班。对每一分区写出技术指示書，編制每一分区每一项目的工作进度表。由于采取了这一系列措施，整个工作是进行得較順利的。

联系方程式的解算采用了莫斯科維的方法。这方法的实質是按一般高斯約化法进行解算，但将每10个方程式分为一組，每隔10个方程式按总和检查解算結果，并在50,100个法方程式处进行总检查。这样就可使若干計算員同时参加法方程式組的解算。由于采用了这一方法，我們仅用14天便完成了120法方程式的解算，最多有20人（分二班）同时参加作业。若用一般方法仅能参加4人，約需一个多月方能完成。当法方程式有40—50个以上时，我們意

見即可采用莫斯科維方法进行解算。

120个联系方程式用高斯約化法解算的結果是令人滿意的。將所求得的近似元素改正数代入各方程式，最大剩余閉合仅差尾数10，且主要是由于各系数位数悬殊所产生的。由于近似元素确定得不够好，这次近似元素改正数有达7.7公尺的。

(六) 根据平差結果得出的精度估計

1. 全区角度改正数的分布：

表 4

	0"—0" .50"	0" .5—1" .01"	0—1" .51"	1" .5—2" .02"	2" .0—2" .5	大于2" .5	最大角改正数
个数	3229	846	87	7	1	0	1.51 · 1.53 1.55 · 1.57
%	77.60	20.33	1.87	0.17	0.03		1.84 · 1.92 2.05

这些最大角改正数似乎全都分布在条件自由項較大的鎖段中，如鎖段13—14（图1）共64个角中就包括了1."5以上的改正数5个。全区最大角改正数2."05是在鎖段32—33中。

2. 鎖环閉合差一般在1—4公尺范围内，最大閉合差 $w_y = 9.66$ 公尺（37鎖环）， $w_y = 7.61$ 公尺（48鎖环）。

但鎖环閉合差并不是絕对的。由于鎖段推算路綫不同，鎖环閉合差也将有不同的数值。我們曾試驗过一些鎖环，由于使用起算边不同，閉合差相差达9.15和18公尺。

3. 平差后的測角中誤差：

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{[(v_1 + v_2)^2]}{Q}} = \pm 0.60$$

4. 最远点位置中誤差：

$$m_{x(2630)} = \pm 0.94 \text{ 公尺}, \quad m_{y(2630)} = \pm 1.06 \text{ 公尺},$$

$$m_{s(2630)} = \pm 1.42 \text{ 公尺}$$

$$m_{x(2111)} = \pm 0.53 \text{ 公尺}, \quad m_{y(2111)} = \pm 0.54 \text{ 公尺},$$

$$m_{s(2111)} = \pm 0.76 \text{ 公尺}$$