

三角測量及水准測量

計算細則

第一部

一、二、三、四等三角測量之計算

A. M. 威羅維茨 主編
Л. B. 沙應科

測繪出版社

三角測量及水准測量計算細則

第一 部

一、二、三、四等三角測量之計算

主編 A. M. 威羅維茨
Д. B. 沙應科

測繪出版社

1957 北京

本細則系根据苏联 1943 年出版之“Инструкция по вычислениям триангуляции и нивелировки Часть I вычисления триангуляции I, II, III и IV классов”一書譯出，編著者是 A. M. 威羅維茨和 Д. В. 沙应科。書中敘述了三角系的概略計算，观测值的測站平差和三角系的平差計算，并且还列有計算实例。此書原由閻喜存同志譯，由胡明城同志校对，这次再版时又由吳天柱、刘振英、余方三同志对照原文校对了一遍。

三角測量及水准測量計算細則

第一 部

一、二、三、四等三角測量之計算

著 者	A. M. 威羅維茨, Д. В. 沙应科
譯 者	閻 喜 存
出版者	測 繪 出 版 社 北京宣武門外永光寺西街3号 北京市書刊出版業營業許可証出字第零壹壹号
发 行 者	新 华 書 店
印 刷 者	北 京 新 申 印 刷 厂
印数(京)	1—13,700册
开本	33 ¹ / ₂ × 46 ¹ / ₂
字数	130,000字
定价(10)	1.10元
	1957年2月北京第1版
	1957年2月第1次印刷
	印張·6 ² / ₂₅ 插頁15

目 錄

總 則	7
-----	---

三角系之概略計算

概 則	13
外業手簿中的計算之檢查	15
三角形之近似解算及球面角超之計算	20
歸心原素之檢查及測站點歸心與照准點歸心改正數之計算	25
觀測角或觀測方向記簿之編制	34
被觀測點高出海水面高程的改正數及 截口曲綫化為大地綫的改正數之計算	35

觀測值的測站平差

按史賴伯法觀測的角度之測站平差	36
用全組合法觀測的角度之測站平差。三個方向的情況	38
用不同組合法觀測的角度之測站平差。四個與四個以上 方向的情形	39
用全周方向觀測法觀測的方向之測站平差(完全測回組)	52
非完全全周方向觀測法所觀測的方向之測站平差	53
測站平差之特殊情況	63
二、三、四等補充網點觀測值之測站平差	69
觀測方向表之編制	76
條件方程式自由項之計算及其限差之規定	76
三角化至高斯——克呂格投影平面之化算	77
三角系略圖之編制	83

三角系之平差計算

一等三角系之平差	86
二等基本鎖之平差	87
二、三、四等補充網之平差	89
三角高程測量結果之計算	94

附 錄

1. 按維特拉姆教授的方法計算歸心原素	99
2. 由基綫計算歸心原素	103
3. 水平方向觀測手簿之計算(按全周方向觀測法, 使用附有偏扭觀察鏡的5''經緯儀)	106
4. 水平方向觀測手簿之計算(按全周方向觀測法, 用10''經緯儀)	108
5. 水平角觀測手簿之計算(按復測法,用30''經緯儀)	110
6. 望遠鏡偏心改正數表	112
7. 天頂距觀測手簿之計算	114
8. 觇標高度計算格式	117
9. 引算至地面的地面目標中心標石之座標計算	119
10. 測站點歸心與照准點歸心改正數計算用表	122
11. 計算測站點及照准點歸心改正數的 馬克修金諾謨圖之說明	126
12. 計算大地綫在高斯——克呂格投影面上的 曲率改正數之拉林諾謨圖的說明	128
13. 三角系計算結束後,計算組須呈交資料的一覽表	130
14. 史賴伯法水平角觀測結果記簿(有四個方向 之三角點的格式)	132
15. 史賴伯法水平角觀測結果記簿(一等基綫網點)	138

16. 全周方向觀測法水平方向觀測	
結果記簿 (二等補充網點)	143
17. 全周方向觀測法水平方向觀測結果記簿	
(三等補充網點)	148
17a. 復測法水平角觀測結果記簿 (三等補充網點)	150
18. 空白計算格式紙	153
1. 測站點歸心及照準點歸心改正數之計算	
(格式 T-17)	154
2. 角度與邊長化至平面上的近似化算,	
角度化算之檢查 (格式 T-18)	155
3. 高斯——克呂格近似座標及邊長和方向化	
算至平面上之計算 (格式 T-23)	157
4. 水平方向表 (格式 T-19)	158
5. 球面及平面三角形一覽表 (格式 T-21)	159
6. 球面三角形之解算 (格式 T-20)	160
7. 由兩已知點求第三點的直角座標之計算 (按三角	
形角度之余切公式) (格式 T-25)	161
8. 按大地座標求高斯——克呂格座標之計算	
(格式 T-34)	162
9. 按史賴伯公式經度、緯度及方位角之計算	
(格式 T-29)	164
10. 按高斯公式經度、緯度及方位角之計算	
(格式 T-35)	166
11. 誤差方程式之係數及自由項; 方向改正數之	
計算 (格式 T-28)	168
12. 誤差方程式係數之計算; 座標方位角之概略及	
最後計算 (格式 T-26)	169
13. 多邊形條件係數之計算 (格式 T-30)	172
14. 三角高程測量高差之計算 (格式 T-37)	174

15. 三角高程測量高差之計算 (非对数法)	
(格式 T—38)	175
19. 系数 α_1 及 α_2 表	176
20. 边長对数、座标方位角及座标之权数表	177

总 則

§ 1. 本細則規定了一、二、三、四等三角測量計算的基本規則以及計算資料之整理及分类的規則。

本細則未列入苏联天文大地網的平差規定；該規定在專門規範中敘述之。

§ 2. 对各等三角測量計算的成果，有以下的主要要求：

1) 三角点的座标及高程，应用統一的系統計算，但本細則§ 8 所指的情况例外；

2) 基綫網、一等三角鎖和二等基本鎖，須嚴密地按最小二乘法平差；三角补充網各点座标之精度，应滿足 1:10000 以內的各种比例尺地形測圖之要求；

3) 計算的成果須按本細則第三部份的規定（見“大地点成果表之編纂”）編制为成果表；

4) 全部計算資料，应便於在以后用來進行三角系的新平差和編制新的成果表以及作为參考。

§ 3. 現今苏联天文大地網全盤平差所採用的克拉索夫斯基橢圓体，其大小如下：

$$\text{長半徑 } a = 6378245 \text{ M,}$$

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{1}{298.3}.$$

§ 4. 經過計算以后，三角系分为概略平差和最后平差兩種。

按統一坐标系平差且其座标精度能滿足 1:10000 以內的各种比例尺測圖之三角系，称为最后平差的三角系。

以下各三角系則为概略平差三角系：

- 1) 根据僅有概略座标值之起算数据而平差的三角系;
- 2) 按本細則 § 8 中所指出的局部座标系統之一平差的三角系;
- 3) 其座标精度不能滿足 1:10000 比例尺地形測圖要求之所有其余三角系。

§ 5. 三角系的計算分为以下三个基本步驟:

- 1) 概略計算;
- 2) 平差計算;
- 3) 編制成果表。

編制归心及化算至高斯——克呂格平面后的觀測方向与測站平差方向的數值表所必須的全部計算，都屬於三角系的概略計算。

为了消除三角系中的几何矛盾和求得最后結果的最或然值之全部計算，均屬於平差計算。計算出大地点的座标及高程后，平差計算即告結束。

編制成果表为三角系計算的最后一部份。

§ 6. 概略計算通常直接由觀測該三角系的作業人員或外業隊的計算組進行之。

平差計算和成果表編制，可由外業隊的計算組或企業(机关)的計算車間(隊)進行之。

§ 7. 概略計算須在外業工作結束后三个月以內完成，而平差計算則应在外業工作結束后的翌年之十月一日以前完成。

§ 8. 大地点座标按統一大地座标系計算，而高程則由喀朗斯塔特驗潮站之波罗的海海平面起算，但苏联的下列各地区例外:

- 1) 远东区和西伯利亞东部地区(子午綫 96° 以东)，其坐标採用斯沃堡得坐标系，而高程則从太平洋海平面計算;
- 2) 位於印基吉尔柯河以东的地区，包括楚科次基半島在內，其高程从鄂霍次克海海平面計算;
- 3) 極北地区，例如列納和叶尼色河的河口，以及与苏联全

國性大地控制網無联系的其他边远地区，其座标允許採用当地的系統，但每次都須經過苏联人民委员会測繪总局的允許。在此种情况下，高程的計算須力求从海平面开始。

§ 9. 一等三角鎖和二等三角鎖之計算（平差），可按大地座标系進行，亦可按高斯——克呂格座标系進行。

對於所有的一、二等三角点，須計算其大地座标及与之相应的高斯——克呂格座标。

二、三、四等补充網在高斯——克呂格投影平面上進行計算；對於这些網的諸点，僅須計算其高斯——克呂格座标。

§ 10. 高斯——克呂格座标在六度帶系統中計算，每一投影帶与百万分一圖幅的相应縱行相重合。投影帶的帶号等於縱行編号減30。

每一投影帶的座标原点，为該帶中央子午綫与地球赤道之交点在平面上的投影。縱座标(x)軸採用中央子午綫在平面上的投影，橫座标(y)軸則採用赤道的投影。

縱座标(x)由座标原点起向北为正。橫座标(y)由 x 軸起向东为正，向西为負。为避免橫座标有負值，採用以下的變換法則：將橫座标值加上500000公尺（求其代数和），此外，为了指明所在之投影帶，在求得的数字前面註明投影帶的帶号。

附註：上述座标變換法則，一般適用於最后計算的座标，而在進行三角系的計算时，則以利用未變換的橫座标值較為方便。

§11. 在相鄰兩帶之接合处，須規定其沿經度方向的重疊，同时西帶恒应向东帶重疊 $30'$ ，而东帶向西帶則重疊 $7'.5$ 。

对位於兩相鄰帶重疊範圍內的各三角点，应就兩重疊帶計算其高斯——克呂格座标值。

§12. 为控制大比例尺測圖（城市測量与工程測量等等）而佈設的三角網，經過決定執行該項工作的單位之批准後，可按“局部”座标系進行直角座标的計算。

將这些座标換算至統一座标系的規定，見本細則之第三部

份。

§13. 三角系的計算，除用細則中所述的方法以外，亦可用其他方法進行，但此方法須事先呈請蘇聯人民委員會測繪總局技術處審查批准。

§14. 由三角網平差中所得的觀測角改正數，一般應與按非列羅公式算得的中誤差相近。這些誤差值可能超限少許，這主要是由於起算數據有誤差所致，但大體上觀測角改正數不得超過：

二等三角測量 4".0

三等三角測量 7.5

四等三角測量 15.0

更大的改正數值，達到上列數值之兩倍者，通常在嚴密平差時，不得超過該三角網觀測角改正數總數的 20%，而在簡略平差時則不得超過 40%。

§15. 須合理地組織作業，檢查其執行情況，以保證計算成果正確無誤。

計算工作應在富有經驗的專家領導之下進行。計算過程必須避免分散和由不同的計算員來完成，而應分配每個計算員進行一定項目的計算，由開始直到全部結束——直到編制成果表。

計算檢查之實施：由兩計算員同時單獨地進行計算（“兩人計算”），或者使採用的計算方法和格式，能由兩種不同的方法（如按不同公式）求得其結果。

§16. 在進行計算以前，必須充分收集必要的資料並細心地分析其質量。分析資料時，應着重分析整個工作的執行是否正確，是否遵守外業期間所用的外業細則之要求。

§17. 全部需要計算的資料，應由工作領導者和技術檢查股進行分類、檢查和驗收。

§18. 應特別注意如何正確地選擇起算數據（起算點的座標和高程，起算邊的邊長和座標方位角）。負責人必須在計算資料上簽字，以証實起算數據的正確性。

§19. 進行計算時，須記下所有被發現的與“外業規則”不符的情況，並且在將來對該三角系的質量作總評定時計及之。

§20. 計算應在質量良好的結實紙上進行，通常是用特制的計算用紙或者用特制的空白計算格式紙。

所有記錄須用清晰的字體書寫清楚整齊，並且要使用的質量好和不退色的黑色或紫色墨水。

書寫數值時須每三個數字空一間隔，最後計算結果應以紅墨水標記。

修改計算時，可削去或用紙條黏貼計算錯誤的地方，但應保持整潔。

修改起算數據時，僅容許划掉（但不得使原有數字模糊），並將新的結果記於原數的上面。同時，對每次修改起算數據的情況應作相應的註記，並由負責人簽名證明之。

每一張計算用紙填好后，計算者應簽名並寫明計算日期。

§21. 計算中所發現的錯誤，不論其數值和性質如何，均必須改正。

§22. 計算應根據表 1（1 頁后之插表）中對各項主要工作所規定的小數位數進行之。

§23. 各種計算中，數值的取舍應按一般法則進行，亦即如果所舍去的數字（或一系列數字）大於 5 時，則余下的最後一位數字應增一；如果所舍去的數字（或一系列數字）小於 5 時，則最後的數字不變。當舍去的數字為 5 時，若其前面的數字是偶數，則保持該數不變，如為奇數時，則須增一。

§24. 計算結束時，應將全部資料仔細地分類，並要加整飾。一等三角系和二等基本鎖的外業和計算資料，按鎖段或鎖分類。而補充網的外業和計算資料，則按工作項目（按三角網）分類；各項目內的資料，則按 1:100000 比例尺地形圖的圖幅分類。

§25. 計算資料須附有按下列示范綱要而編寫的說明書：

1) 外業工作是由何機關在何時何地進行，其目的何在；

2) 計算時所用的起算數據；起算數據質量之簡要鑑定；新作業與過去在該地區所進行的大地測量作業之聯系；

3) 外業工作質量之簡要鑑定，成果的精度與規定限差之比較；

4) 計算由何人於何時進行；計算的方法如何；按平差結果而作出的作業質量鑑定。

說明書應簡短明了，但要有內容，其中須指出已進行的工作之基本特點。尤其是對於起算數據的確定和工作質量的評定，更須予以特別注意。

三角系之概略計算

概 則

§26. 概略計算包括：

- 1) 外業手簿中各項計算的檢查；
- 2) 編制水平角或水平方向觀測結果記簿，進行觀測值之測站平差，估計各三角點上觀測結果之精度；
- 3) 近似解算三角形，計算球面角超及三角形閉合差；
- 4) 檢查（當用圖解測定時）及計算（當用解析法決定時）歸心原素；計算測站點歸心及照准點歸心改正數；
- 5) 計算由於被觀測點高出海水面之高程以及法截面上之截面曲綫換算至大地綫之方向改正數（僅對於一等三角測量）；
- 6) 按高斯——克呂格投影面計算方向中之大地綫曲率改正數；
- 7) 編制歸算至標石中心及化算至高斯——克呂格投影平面上的方向表；
- 8) 繪制三角系圖，一、二等三角鎖用 1:500000 比例尺，二、三、四等補充網用 1:200000 比例尺。

§27. 全部概略計算由兩名計算員獨立地進行或由一名計算員按不同的格式和公式進行兩次。在完成了一定階段的作業時，兩名計算員以報讀的方法仔細地校對概略計算。每一階段的作業在經過校對之後，由計算員簽名，並註明日期。凡最後結果可以用獨立方法進行檢查的各種計算（例如將三角系化算至平面的改正數），可由一人進行之。

§28. 概略計算的資料須按每個項目（按三角鎖或三角網）進行整理（收集、裝訂）。

同时包括在相鄰兩項目中的各点之計算，載於其中一个項目的簿本中；而在相鄰項目的資料中，則僅記入化算方向表，但在表中須註明計算資料的所在处。

§29. 当一三角鎖或一三角網的全部概略計算結束时，須將每人的計算單单独裝訂成本並加厚紙封面；按三角点分組的归心原素圖解測定用紙亦需訂成專册。

§30. 概略計算資料应按下述标准順序裝訂成簿：

- 1) 用解析法測定的归心原素計算簿；
- 2) 觀測結果記簿；
- 3) 三角形近似解算与球面角超計算簿；
- 4) 近似座标与曲率改正数計算簿；
- 5) 觀測方向表簿。

對於小三角網，容許將上列資料合訂成数量較少的簿本。

§31. 在每一簿本中，应將計算資料按張(或頁)的順序編號，並編寫目錄，貼在簿本封面的內頁。在每一簿本的資料目錄上，工作領導者和完成該項工作的計算者均應簽名。

在簿本的正面上应貼標題小紙条，其上須註明：作業單位和作業項目(三角鎖或三角網)名称，作業等級与作業年度，以及夾中所置資料之名称与計算者的編號。

例如：

苏联人民委员会測繪总局
莫斯科測量企業
1939年一等三角測量
鎖部：安南鎮——保古寨
概略計算
第一本(該本編號至50頁)
“第一計算員”

外業手簿中的計算之檢查

§32. 外業手簿中的計算，由觀測員的助手在觀測時間中進行，而由觀測員檢查。雖然如此，計算車間或計算組，仍須對手簿中的計算重新進行檢查。

檢查時，所有外業手簿中的記錄都要用墨水清楚而整潔地記錄。錯誤用紅墨水修改，同時應先將不正確的數字整齊地划掉，並要使原有的數字不致模糊，而后再將正確的結果寫在上面。

被淘汰的測回用紅墨水以斜綫整齊地划掉，再在其上註記：“計算中未採用”，並說明原因及引証外業細則中相應的條款。

§33. 在三角系水平角觀測手簿中，須檢查：

- 1) 觇標高度及儀器高度的記錄；
- 2) 方向圓及觀測方向近似值表；
- 3) 度盤換置表；
- 4) 與該點上觀測值有關的歸心原素（經概略檢查者）之摘錄；

錄：

5) 各測回觀測結果之計算（計算須全面檢查）；

6) 手簿所載測站上各觀測結果之記錄。

在垂直角觀測手簿中須檢查：

- 1) 天頂距與水準器改正數的計算公式；
- 2) 觇標及儀器高度解析確定之計算；
- 3) 觇標高度與儀器高度的記錄；
- 4) 各測回天頂距觀測結果之計算（所有的計算須全面檢查）。

§34. 如果水平度盤上兩顯微鏡測微器行差值之和在 $2''$ （或 $1''$ ）大型經緯儀超過 $0''.5$ ，在度盤直徑為 18 cm 的 $2''$ 經緯儀超過 $1''$ ，以及在 $5''$ 經緯儀超過 $2''.5$ 時，則一、二等三角測量之觀測值，須加測微器行差改正數。

每一測回中的角度、方向及天頂距的最后值，須按度、分、

表 2

史賴伯法水平角观测手簿格式

仪器：格里布朗得经纬仪 № 66555
 测微器分划值：主望远镜 0".78
 偏扭观察镜 1".22

日期：1939 年 6 月 16 日 天气：晴朗，微風
 时间：开始 18 时 5 分 通視：良好
 结束 18 时 10 分 成像：稳定

方向编号	测微器读数		顯微鏡讀數 L, R		主望远镜与偏扭观察镜之测微器行差改正数及其和	方向	角值
	主望远镜	偏扭观察镜	由度盤	$\left. \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} \right\} \begin{matrix} A \\ B \end{matrix}$			
1 回照器	4.0 [1]	3.5 [4]	50 [7]	24.5 [8]	$\left. \begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \right\} \begin{matrix} 中 \\ 数 \end{matrix}$	"	"
	4.2 [2]	3.8 [5]	24.6 [9]	24.6			
	4.9 [3]	3.8 [6]	32.0 [10]	32.7			
	4.4	3.7	33.4 [11]	28.6			
角度 1—4 湖回 II 角值 = 172°00'37".6							
							36.5