

全國測繪科學技術經驗交流會議

資料選編

三角測量計算

測繪出版社

全國測繪科學技術經驗交流會資料選編

三角測量計算

編者 全國測繪科學技術經驗交流會
資料選編編輯委員會

出版者 測 繪 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第081號

發行者 新華書店科技發行所

經售者 各地新華書店

印刷者 地質出版社印刷廠

北京安定門外六鋪炕40號

印數(京) 1—4050冊

1959年8月北京第1版

開本 $33'' \times 46'' \frac{1}{32}$

1959年8月第1次印刷

字數76,000

印張 $2\frac{1}{8}$ 插頁6

定價(8) 0.46元

統一書號: 15039·341

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。

本册包括：三角測量概算工作的改进；图解計算；坐标系統的換算和改进；三角高程測量及其他等。

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协作出版。

目 录

第一节 三角测量概算工作的改进

- 一、三角测量外业图上计算 总参谋部测绘局第四大地测量队 (5)
- 二、三角点概略(资用)坐标图上算法 长江流域规划办公室 (7)
- 三、三角点成果卡片的改进 总参谋部测绘局第一大地计算队 (9)
- 四、三角测量资用坐标计算时双人对算改为单人主算 总参谋部测绘局第一大地计算队 (11)
- 五、三角测量归心改正计算用表 (23)
- 六、水平方向的高程与截面差改正合并计算 国家测绘总局西安分局大地计算室 (25)
- 七、应用双摆计算机计算曲率改正 国家测绘总局西安分局大地计算室 (26)
- 八、一等三角测量方向改化的简便计算方法 总参谋部测绘局第一大地计算队 (28)
- 九、地理坐标与直角坐标换算时简化内插工作 总参谋部测绘局第一大地计算队 (28)

第二节 图解计算

- 一、曲线图 黄河水利委员会勘测设计院 (30)
- 二、列线图(诺谟图) (36)

第三节 坐标系统的换算和改进

- 一、换带计算的改进 国家测绘总局西安分局大地计算室 (37)
- 二、利札夫法改化三角网坐标计算的改进 国家测绘总局西安分局大地计算室 (38)
- 三、连测三、四等三角点简易换算法 国家测绘总局第八大地测量队 (41)
- 四、坐标图解换算法及利札夫法的扩充 武汉测绘学院大地测量教研组 (56)

五、新旧坐标轉換的“几何写影法”	建筑工程部城市設計院 (68)
------------------------	-----------------

第四节 三角高程計算

一、外业三角高差图上計算	总參謀部測繪局第四大地队 (73)
二、在图上进行三角高程高差及平差計算	总參謀部測繪局第一大地計算队 (74)
三、三角高程閉合图形不符值限差計算工作的簡化	国家測繪总局西安分局大地計算室 (83)

第五节 其 他

一、中点內插法公式及其实用示例	国家測繪总局西安分局大地計算室 (85)
-----------------------	----------------------

三角測量計算

第一節

三角測量概算工作的改进

一、三角測量外業图上計算

总參謀部測繪局第四大地測量队

过去三角測量計算工作在表格上进行，現在直接在图上計算，工作效率大大提高。

(一) 內容

1. 計算用紙須采用較好的图紙，以免作反复計算时，遭到磨損，其大小以不超过 50×60 公分为好，过大計算不方便。

2. 根据布点的密度，决定以多大比例尺的图幅进行計算。如一个五万分一图幅布八个点以下时，可采用十万分一图幅。根据选点图将点繪到图上。点位的决定，以使計算时不拥挤为原则，点位用圓圈表示。各种等級的方向綫用不同顏色表示：一等用黑色，二等用蓝色，三等用紅色。

3. 在外业中小組將已測成果，随时測完随时送回区队（或采用成果抄送表），区队即可將其角度求出，填于图上。角度計算至整秒（根据需要决定取舍单位），同时查出对数及一秒表差，写在其相应的位置上。組成一个三角形即进行图形閉合差的概略检查。組成一个多边形，即可根据所查之对数进行概略的极校驗，自由項一般在25（以对数第六位为单位）左右，即証明对数

沒有查錯。此時可將概算的自由項用鉛筆記于点位圓圈中。

4. 从已知边开始，按多边形进行边长計算，边长对数記于边之中央处下边，同一边第二次由相邻三角形推得的边长，可仅将最后不相同的两位数字記于第一次計算值下边，用括号括起来，如西山——王家杖。每一多边形推算边长的閉合差若等于极校驗自由項，就証明边长沒有推算錯。二等边长推出来后，即可推三等边。推三等边时，起始边以用二等三角形編号最小者为宜，因这样誤差累积較小。边长真数查出之后，即記于边长对数的上边。

5. 归心計算在卡片上进行，最好同时在网图上将照准点归心改正数用鉛笔抄录于相应的方向綫上，以便在卡片上归算方向时抄录方便。归算方向得出后，減出各角度值，記于原概略角上方（只写秒值），用括号括起来。

6. 将已加了归心改正的角值与概略角值之差乘上正弦对数的秒差，加于（或減）原概略角度的对数中，得出的值記于原概略角对数之上（只記不同的部分，亦用括号括起），然后再按图形进行极校驗計算，自由項用蓝色記于圓圈中之上方，限差則用紅色記于下方（原来鉛筆記的概略自由項用橡皮擦掉）。

7. 将 $\log f$ 的值記于每一张图的上方，利用算盘計算球面角超的对数，再查取真数（利用对数表 2—5 頁較快），記于三角形的中央。

8. 計算三角形閉合差，記于球面角超的下面。

（二）效果

1. 外业中可随时进行計算，有問題可以及早发现，即时进行解决，而且区队小組各进行一次計算可以减少錯誤。

2. 比表格上計算要快，如一个点与五个图形有关，在計算边长时，点名可少写四次。計算极校驗时点名少写四次，角度与对数少写一次。利用秒差計算最后对数，少查一次对数表。

3. 将边长抄到卡片和高差图上都很方便，錯了也容易检查。

4. 除归心計算和边长由对数查真数的計算无校驗外，其他都可以在計算过程中得到校驗。

二、三角點概略(資用)坐标图上計算法

长江流域规划办公室

为了使大地測量計算工作适应生产大跃进的发展形势，同志們在总路綫的光輝照耀下，解放了思想，发揚了敢想、敢說、敢做的共产主义风格，提出了符合于多、快、好、省原則的三角点概略坐标图上計算法，其方法是将三角点概略(資用)坐标計算中的近似边长及近似方位角計算和近似坐标及曲率改正数計算等計算过程，改在图上进行。根据实际采用結果，确較原法优越。

图紙的大小，为了統一和便于装訂起見，規定为四开道林紙，縱寬39.5公分，橫长54.4公分，图廓大小为縱33.3公分，橫43.0公分。图廓外正上方盖“×××××計算”字样的戳記，图廓內右上角盖“測区名称、等級、計算者、計算日期、检查者、比例尺、及起算数据”等字样的戳記(如图紙上这些地方为計算图所占用时，可另选四角空白处盖印)。

图左上方注百万分之一国际分幅图的图幅号碼，其十万分之一分幅图的图幅号碼，則用紅色写在相应分幅的中央(只写1—144的数字，不写百万分之一图幅号)，如H—49—65，将H—49字样写在图廓外左上方，图內H—49—65的一幅仅写65字样。分幅图廓綫的經緯度注在图廓綫相应端的下面及左面。計算完毕后，全面注記并签名盖章。

根据选点图，繪制概略展点图，其比例尺的大小，可按图形复杂的程度灵活决定，但須使最短的边在图上不得小于4公分，一般二等点用20万分之一，三、四等用10万分之一，点与点間的相对位置，在不便于書写計算数字时，可以稍移，但該点的真实位置，必須用箭头标記，各点均須用圓規繪一直径为1.4公分的小圈，以便在圓圈內分別填写点名，觇标类型及縱橫坐标……等。凡屬已知点的数据和方向綫一律用紅鋼笔繪写，待决定点的

圓圈和方向綫則用變色鉛筆繪寫，以資醒目。邊長、方位角的注記方向，為統一起見，一律按小於 180° 的方向書寫。

四種計算項目，可以在兩張圖上進行，也可在一張圖上進行，茲將在兩張圖上進行的方法分述如次。

(一) 近似邊長及近似方位角計算

在圓圈內点名之下，分別繪注該點的覘標類型符號（如果四種項目併在一張圖上進行，則覘標類型可勿繪注）。抄錄已知邊、已知方位角的起算數據，分別用紅色墨水注在各相應邊上，方向綫的上面寫邊長，方向綫的下面寫方位角，從記簿（或卡片）上抄錄各待算邊三角形內角的角值（二等至秒，三、四等至10秒）。原則上分上下兩排注記。上面一排，左面寫角度數，稍空間隙，右面寫分數；下面一排，注秒數，如 $62^\circ 38'46''$ 寫為 $\begin{matrix} 62 & 38 \\ & 46 \end{matrix}$ 。而後，檢查各三角形內角之和，是否等於 180° ，圓周角是否等於 360° 。邊長的推算方向，在各三角形中點一個紅點，用紅綫連結，並用紅色繪一推進箭頭，其方位角的推進方向，在推進邊上，用紅色繪一箭頭表示之，求得的邊長注於相應邊的綫上面，解算時，三角函數無需寫出。近似方位角注於相應邊綫的下面，原則上均應寫在方向綫的中央。（見附圖）

(二) 近似坐標及曲率改正數計算

抄錄已知點的縱坐標 x 及橫坐標 y ，用紅色墨水注於圓圈內点名下，上面一行注 x 值，下面一行注 y 值，二等至公尺止，三、四等至10公尺止（橫坐標注記不加500公里的數值，並冠以正負號）。在計算近似坐標的推進綫上，用紅色繪一箭頭，矢形表示推進路綫和閉合情況，根據第一張圖上的近似邊長、近似方位角，計算兩點間的 Δx 、 Δy ，注於相應連結綫上，綫的上面寫 Δx 的數字，綫的下面寫 Δy 的數字，並冠以正負號，求得的近似坐標，寫在求點圓圈內点名下，同樣上一排寫縱坐標，下一排寫橫坐標，如有閉合差超出規定限度，則予以配賦，用紅色划去另注改正後數字，再根據此近似坐標計算曲率改正數，分別注於相應方向的一端。

（見附圖）

三、三角點成果卡片的改進

总參謀部測繪局第一大地計算队

在原有卡片的基础上，增加归算至标石中心的观测值、各层标石間的距离、觇标高度、至照准点高差和三角网間接平差时誤差方程式的自由項等。改进后的形式見下頁。

伏点：

1. 外业队在不計算資用坐标的情况下，卡片只需算到第9欄，以后由計算队接着算下去，結合較好。

2. 增加了归算至标石中心的观测值、各层标石間的距离、觇标高度和至照准点高差后，这个卡片就代替了技术总结中的水平方向和天頂距表，省去了編制技术总结时編表的繁重工作。而以上項目的加入并不增加外业和內业計算的工作量，因为在計算过程中，順便就可以把这些項目填到卡片中。

3. 卡片中增加了誤差方程式自由項 l 后， l 的計算可直接在卡片上进行，省去了在表格上計算时的重复轉抄。

四、三角測量實用坐標計算時雙人对算改為單人主算

— 總參謀部測繪局第一大地計算隊

大地測量計算中的“雙人对算”形式，過去一直被認為是一種確保質量的傳統形式。其實，這種計算形式對於保證質量來說，並不是十分可靠的，因為它不能發現兩人在計算過程中可能產生的相同錯誤。我局自一九五四年學習蘇聯先進經驗起，開始採用了第一人與第二人按不同方法計算的形式，但是，還有很多項目要進行相同的對算。兩人按不同方法計算，消除了上述用相同方法對算的缺點，但由於兩人計算速度不可能相同，常發生窩工現象。一九五四年下半年，有同志提出了單人計算的建議，由於初次學習蘇聯先進經驗，體會不深，這個建議沒有被重視。一九五五年肖增文、李行泉兩同志又正式提出了單人計算二等補充網實用坐標的建議，當時由於業務領導幹部思想保守和某些條件不夠成熟，這個建議仍沒有被採用。經過整風和共產主義教育，以及在一九五八年全國大躍進形勢的推動下，領導和群眾都破除了迷信，解放了思想，因此，當改雙人对算為單人主算的建議再次由群眾中提出來後，立即受到領導的重視，並組織人員進行試驗。經過十天左右的戰鬥，單人主算首先由陶文中同志在一等三角鎖的實用坐標計算中試驗成功，作業率提高了400%。以後就很快的推廣到各等三角測量的概略計算和實用坐標計算，以及其他計算工作中。

經過將近一年的經驗，我們体会到雙人对算改為單人主算的優點有：

1. 單人主算中每一項計算都有校驗公式進行檢查，避免了雙人对算時兩人在計算過程中可能產生的相同錯誤。
2. 消除了雙人对算時快慢不一而產生的窩工現象。
3. 單人計算可以根據一個人的工作情況，有節奏的安排工

作。而且单人主算由于消除了依賴校对检核的思想，因而增强了責任心和計算中的注意力。

4. 单人主算节省了一份不必重复的計算資料，与双人対算相比，作业率約提高一倍。一九五八年在資用坐标与三角高程計算当中，由于改变了方法，推广了单人計算，約节约了4320工天。

下面我們具体地介紹一下三角測量概略計算和資用坐标計算由双人対算改为单人主算的作业程序：

(一) 补充网資用坐标单人計算

計算項目：

- | | |
|---------------|----------|
| 1. 检查外业資料； | —— |
| 2. 繪制計算略图； | 一人 |
| 3. 調制起算数据表； | 一人（二人校对） |
| 4. 調制成果卡片； | 一人（二人校对） |
| 5. 近似边长計算； | 一人 |
| 6. 近似坐标計算； | 一人 |
| 7. 归心改正数計算； | 两人対算 |
| 8. 曲率改正数計算； | 一人 |
| 9. 平面方向值計算； | 一人 |
| 10. 測站平差； | 两人対算 |
| 11. 資用坐标計算； | 一人 |
| 12. 边长、方位角計算； | 一人 |
| 13. 填完成果卡片； | 一人 |
| 14. 最后整理。 | —— |

計算程序：

1. 检查外业資料（从略）
2. 繪制計算略图

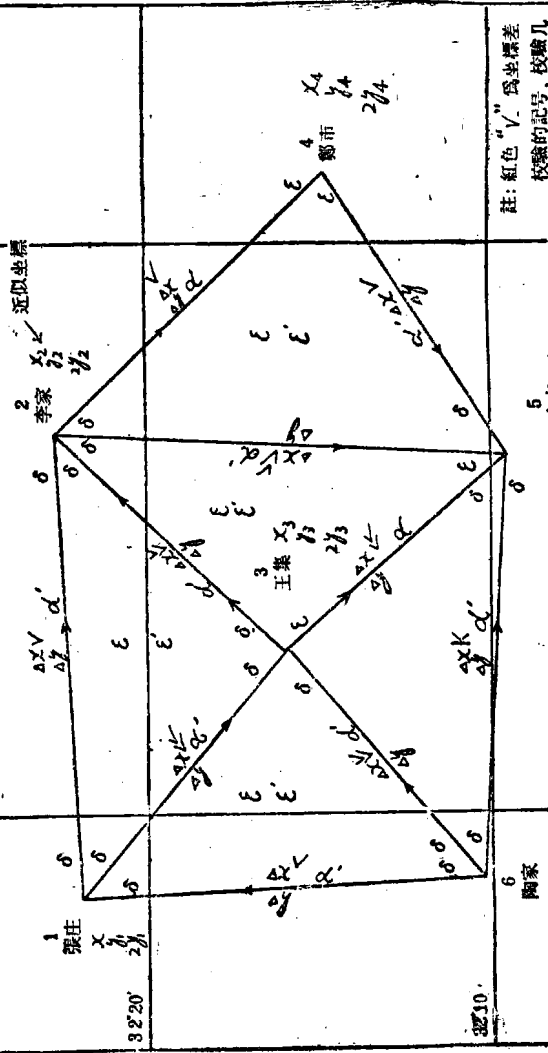
計算略图一般以二十万分之一的比例尺为宜。为了計算方便，点的相关位置力求正确。图上需記載点名、点号（以分区为單位編号）、經緯綫、方向綫。

在图上进行計算的項目包括：

111°45'

111°30'

計算略圖



註：紅色“V”為坐標差
校驗的記号，校驗几
次就划几个“V”

5 辛庄
 X_5
 Y_5
 Z_5

$$\frac{f}{3} = 0.0008447$$

平均緯度 φ_m 32°15' 1:200 000

計算者 陶文中
1958.4

6 陶家
 X_6
 Y_6
 Z_6

- (1) 曲率改正数 δ (計算前須抄入近似坐标和 $f/3$ 值);
- (2) 用球面角超 ϵ 校驗 δ ;
- (3) 坐标差 Δx 、 Δy 及其校驗;
- (4) 检查方位角 α 。

3. 調制起算数据表

补充网計算的起算数据由领导决定。起算数据表由各分区計算員調制，或者由领导按全区調制一份，而各分区計算員将这些数据抄入相应点的成果卡片上。

起算数据經两人校对并交领导批准后方可使用。起算数据表中应包括起始点的坐标、方位角和边长。这些数值按原精度記錄并指出起算数据抄自何处。位于重叠帶的起始点須将两帶的成果都抄入。

4. 調制成果卡片

在各三角点上，必須調制成果卡片。卡片調制一份，其上須抄入卡片标题所要求的一切資料。方向值二补記到 $0''.1$ ；三、四等記到 $1''$ ；方位点記到 $0'.1$ ，归心原素 e 記到 0.1 公尺， θ 記到分。图幅编号須填写 $1:50\ 000$ 和 $1:200\ 000$ 比例尺的。觇标类型按統一規定的名称填写。测量机关填写施测单位的名称。

若一点上分几个测站观测，則成果卡片須按测站調制。每一测站均須注明观测日期和手簿编号。

一张卡片記錄不完时，則繼續記于另一张卡片上，但应分別注明“下接卡片 $\sqrt{N} \times$ ”，“上接卡片 $\sqrt{N} \times$ ”，然后将两张卡片放在一起，在每张上都填，“本点共有卡片 $\times$ 张，本卡片屬第 $\times$ 张”。

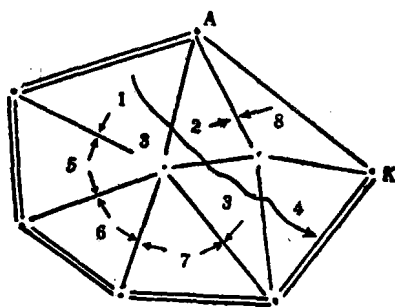
若一测站均观测二补方向（或其中有高等点方向），則为二等补充网方向，若一测站观测有二补及三、四等方向則为补充网方向，若一点仅观测了二或四等方向（包括联测的高等方向），則为三等或四等方向。根据略图，将点号用鉛筆記于相应卡片的下方，这样以后工作就較為方便。上述項目应尽可能一次完成，否則将来添补既浪費時間又容易錯。

5. 近似边长計算

为了計算归心改正数和检查曲率改正数，須解算近似边长和球面角超。此項計算由一人进行，其中三角形的角度以閉合差等于零来检查。

边长計算尽可能利用同一边二次計算和閉合到已知边来检查，个别不能得到检查的边須进行檢算。球面角超 ϵ 的計算可不检查。計算次序为：

(1) 在計算略图上用鉛笔輕輕标出推进路綫（計算完后，这些鉛笔路綫就可擦去）。推进路綫应使絕大多数的边得到检查，例如若采取左图的推进路綫，則仅 AK 边不能检查，其余边都有检查，AK 边可由另外一人檢算。



(2) 抄录三角形頂点名称。

(3) 利用卡片上的方向值減出角度，取至 $10''$ ，以三角之和为 180° 作为检查。然后将閉合差按 $-\frac{\omega}{3}$ 配賦于各角。

(4) 用紅墨水抄入起算边长度，并查出各角的六位正弦函数值。

(5) 按下式解算边长及球面角超：

a 为已知边，先算 $a/\sin A$ ，后求 $b = (a/\sin A) \cdot \sin B$ 和 $c = (a/\sin A) \cdot \sin C$ ， $\epsilon'' = f \cdot a \cdot b \cdot \sin C$ ， f 以平均緯度为引数，由測量計算用表中查得。

边长計算至 1 公尺，而 ϵ 則二等算至 $0''.01$ ，三、四等 $0''.1$ 。經二次推算的边需取中数。閉合至已知边后，与已知值之差一般应在 5 公尺以內。

6. 近似坐标計算

計算近似坐标以单导綫用增值公式由一已知点起閉合至另一