

86.614
CZL

初等測繪用書



小三角鎖測量

陈征琳 編著

測繪出版社

526-074

初等測繪用書
小三角鎖測量

編著者	陈	征	琳
出版者	測	繪	出
		版	社

北京西四羊市大街地質部內

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	

北京安定門外六部坑 40 號

印數(京) 1—4000 冊	1960 年 3 月北京第 1 版
開本 787 × 1092 毫米	1960 年 3 月第 1 次印刷
字數 116.000	印張 5 1/2 插頁 1
定價 0.69 元	統一書號: 15039·391

前 言

本書是根据上海地区城市测量中采用各类三角網和交会定点的方法来代替圖根測量、三級以下三角点的加密控制測量以及小测区内自由網控制測量的实际工作情况編写而成的。它从准备工作开始，分別把每一种圖形的計算原理，計算实例，精度估算，手簿整理和工作中注意事項作了較系統的介绍。

本書主要是本队从工人提拔的青年技术員陈征琳同志所写的，他参加測量工作不过六、七年，却能破除迷信，解放思想，大胆地写成了这本书；当然由于文化与理論水平的限制，以及科学技术不断革新，这本书的内容如有不妥当的地方，希望各兄弟測量單位的同志們多多指正。

上海市城市建設局測量总队

目 录

I. 小三角測量外業工作	5
一、选点	6
1. 資料准备	6
2. 工具材料的准备	7
3. 实地选点	8
4. 坐标傳遞至地面的圖形布設	12
二、水平角的观测	12
1. 准备工作	12
2. 观测	13
3. 测站及照准归心之投影	17
II. 小三角測量內業工作	18
一、輔助計算	20
1. 归心計算	20
2. 定向計算	27
3. 三角点坐标傳遞計算	28
二、近似坐标計算	31
1. 边到点的單三角鎖計算	31
2. 点到点之單三角鎖計算	41
3. 前方側方交会点近似坐标計算	46
4. 后方交会点近似坐标計算	56
5. 双点交会定点近似坐标計算	86

三、近似平差計算	99
1. 單三角鎖分組平差計算	99
2. 中心網多边形分組平差計算	109
3. 單獨四边形成組平差計算	124
4. 綫形三角鎖分組平差計算	127
5. 精度估算	134
III. 小三角之高程測量	140
一、几何水准法	141
二、三角高程法	146
1. 三角高程測量原理	146
2. 垂直度盤的構造及垂直角觀測方法	149
3. 高差及高程計算	157
IV. 資料整理	165

1. 小三角測量外業工作

測量較大地區的地形圖，必須要建立統一的平面及高程控制點，根據這些控制點進行地形測圖，才能有統一的精度，並使圖幅併接良好。大面積的高精度控制，是用大三角測量方法完成的。在城市測量方面三角測量可分成三級（上海的三角測量分為四級），邊長在12公里至3公里左右。三角測量的觀測方法及計算方法都比較精密，能達到大比例尺1:500測圖的要求。顯然只靠這些三角測量控制點來測地形圖是不夠的。必需要在已有的三角測量控制點中間繼續加密，使它達到能施測各種地形圖的密度。加密控制點的方法有二種：一種是導綫測量，它要全部實量邊長，在城市工區及公路上都能使用。如果在郊區農田及地勢起伏地區，則導綫測量就不能勝任，一般採用另一種方法——用小三角測量方法來解決控制點的加密問題，也就是本文所介紹的方法。

小三角測量可分為二大類：1. 小三角鎖（亦稱導綫鎖）；2. 交會點。在郊區施測1:1000—1:2500地形圖時，小三角鎖可作圖根點，施測1:500—1:1000地形圖可當作主控制之用。

小三角鎖的圖形佈置，通常有下列幾種：

各種圖形因地制宜選擇使用。由於圖形比較固定，計算公式也有規律，因此全部可用固定的表格進行計算，工作起來也很方便。現將選點、水平角觀測分別介紹如下。

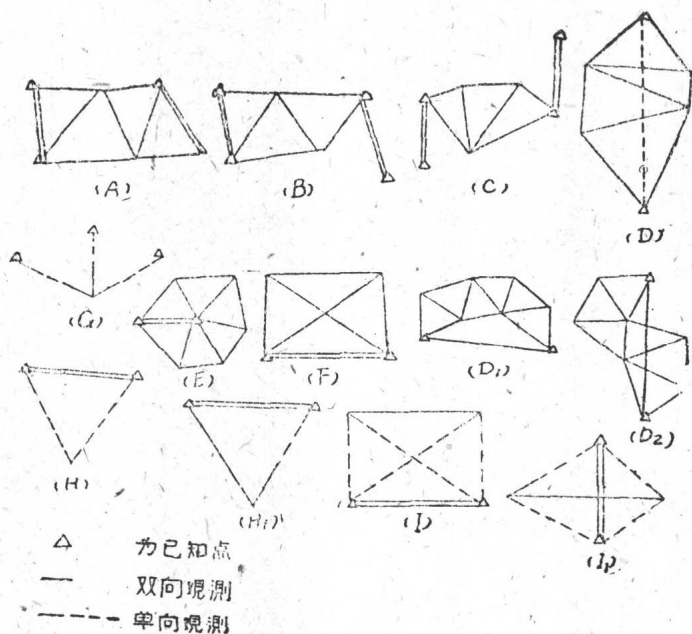


圖 1

一、选 点

1. 資料准备

利用 1:25000 或 1:10000 的旧地形圖，將已知三角点展繪圖上（旧圖与三角控制成果的坐标系統，通常是不一致的）。展繪三角点的方法，首先根据圖上明显之地形求得三角点之大概位置，事实上不可能每个三角点在圖上都能找到明显的位置，但是只要在圖幅的四周能均匀地找到几个，然后根据已知点的直綫依方向再推出 x 及 y 軸綫。依規定圖幅之大小，在圖上作出分幅圖框，將其余已知点一一展繪圖

上，然后根据地形在圖上初步选点。圖上設計应注意以下几点：

A. 根据各种比例尺地形圖对圖根控制所要求之边長选定点位。各种比例尺对小三角鎖的要求可參閱表 34 所列数值。

B. 鎖形尽量布成直綫，三角形內角在 $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之間。各鎖及交会点的同級符合，不超过一次。

C. 注意圖上河流桥梁分布情况。一条鎖中各点應該都可以順序通达，避免工作时繞河兜滨，浪費時間。

D. 視綫不要靠近村庄房屋，往往村庄外圍有树木竹林，会影响选点时視綫不通視。

E. 注意靠圖框边緣上应布一定点子，使相鄰圖幅都能展繪使用。

圖形布置时应用小三角鎖縱橫連結后，如有空隙地方，可用交会点补填。已知点之点位圖也在出發前准备好。

2. 工具材料的准备

A. 木樁一般用 30—40 厘米長、4 厘米見方，頂端塗以紅漆，以便于寻找。如作主导綫控制之用，应考虑埋設半永久性的水泥樁，以便長期保存。

B. 选 600 米以下边長的小三角鎖，可用 40×32 厘米之紅白旗。600 米边長以上，可用 70×56 厘米之紅白旗。將旗子札在長約 3 米之竹竿上。

C. 配备大鉄鏈、洋釘、点位圖紙、鉛筆、三角板和講义夾等。

人員配备視携帶工具材料及工作情况而定，一般配备二人为宜。

3. 实地选点

先根据圖上設計鎖形由一已知点出發，工作比較熟練者，可以二人分工沿鎖形二边同时向前选点，如圖 2 所示。二人分开选点最好有二張地形圖，如無条件，可以用透明紙蒙繪部分地形。如果地形開闊，村庄树木較少，則选点較方便，

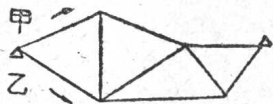


圖 2

往往照圖上設計位置在实地很容易找到点位。如果村庄树木較密，或农作物長得高，就需依实地情况將点位作适当移动，甚至整条鎖內大部分点位要重新考

慮。選擇决定一个点位时要考虑到以下几个方面：

A. 与后視各点通視，所謂通視，不仅能看見后視的小紅旗，而且要求在后視各点观测时与各点也要通視，換句話說，要双向通視。因为紅旗高在 3 米左右，人的視綫高一般在 1.5 米左右，如果在后視点附近有 2 米多的障碍物遮住竹竿大部分，頂端的小紅旗仍是可以看見。但到相对方向来通視，因为人的視綫只有 1.5 米高，就会被 2 米多的障碍物完全阻隔，即發生所謂單向通視，如圖 3 所示。在开始做选点工作时，常常会發生这个問題，一般选点是依前进方向进行的，不再从甲点跑到乙点，这样在發生單向通視时，只能在观测时才發現，往往要使三个或四个測站全部返工，对工作影响很大。要避免單向通視，应在和每一点通視时必须要看看到标旗下面 1.5 米处，即达到視綫高度，才不致产生上述情况。

B. 前进方向各点間的角度估計：圖上設計的鎖形，到实地上会被地势起伏、树木农作物等所影响而要改变鎖形，

这时应注意角度的大小是否在规定的 $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 范围之内。所以在野外选点时常发生角度估测问题，为此，介绍二种估测角度的方法如下：

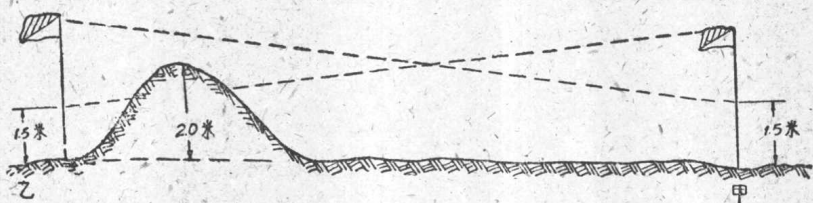


圖 3

①手测法：在木樁上立正，將右臂向瞄准方向平举，大小二手指伸直，其余三指弯曲作握棒形状，用肉眼依大小手指尖所引之宽度约为3:1左右，也就是大小手指所引的夹角在 18° 左右。此法虽然只能粗略估测，但运用便利，熟练者准确性可在 5° 之内。最好根据自己臂长，在已知角上求算一下，比较可靠。

②度量法：用长约 30 厘米之竹竿二根，用绳子或铅丝将一头缚住，使另一头能张开，并在这一端系结 16 厘米长之绳子，将竹竿张成一等腰三角形，根据竹竿长与绳子长之比例关系，即可知竹竿所张之角为 30° 强。用时将竹竿张开拿在手中，眼睛通过竹竿瞄准一边目标，如另一目标落在另一竹竿之外侧，则此角必大于 30° 。



圖 4

这种工具制做容易，并可与木桩放在一起，携带便利，使用价值颇大。

以上二种方法可以結合运用，在接近 30° 时用第一法，不易估測时，可用第二法来作較精确的估測。

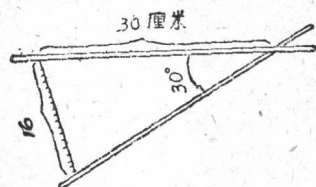


圖 5

当然，其他方法很多，但以上述二种方法較便利。

在選擇前进方向視綫时，除角度符合要求之外，視綫二边的視場也要寬敞些，以便在决定前視点时有伸縮余地和觀測时少受旁折光影响。

C. 最后决定点位可先找到点的大概位置，然后參照下列几点决定点的准确位置：

① 考虑到測圖和連結支导綫的方便，要求四周視野空曠些，不宜靠近树叢、房屋太近，最好离村庄 150—200 米左右。連結支导綫，还应考虑到量距的方便，不宜选在高坎頂或泥堆上面。

② 注意土質是否坚实，是否能安放經緯仪及小平板仪，切忌將点子选在田里，木樁敲在田里不但易于在耕田时翻掉，有时还要损坏农具。在水稻田地区，不要选在田埂中央，在土質松軟的河边、大路中央、尖頂坎和尖頂上等地，都不宜选点。理想的点位是乡村大路的一側、較寬的十字或丁字田埂、坦頂的坎山等处。

找到点位后插上一面小紅旗。插小紅旗方法，可先用木樁在地上敲个約 20 厘米的洞，將竹竿插入洞內，用鋤头將土敲緊。如果不穩固，再用碎磚塊在竹竿根部塞緊。

在选三角鎖点时，往往到符合已知点时因受地物条件限制而选不通，因此已知点附近地形較复杂时，最好由此做出發点，不作符合点。

在选交会点时，構成三角形的圖形，如前方交会双点交会等。

角度的大小应掌握在 $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之間。双点交会最小角可达 25° ，如果选后方交会圖形，要求各夾角不小于 25° ，新点到各已知点之边長不超过 $1:3$ 。各已知点不要偏于一隅，要求新点上二外側方向綫的最大夾角不小于 90° 。

选各种交会点作圖根之用时，除选定計算坐标之必要方向之外，为了校驗其精度，还需多选 $1-2$ 方向，作为校驗方向。如选二个校驗方向，最好約成 90° 。如选一个校驗方向，最好与計算坐标之中央方



圖 6

向成直交。在选好一个点位之后，随即繪画点位圖。点位圖是供以后寻找点位之用，因此要画得清晰，使別人一目了然。比例尺及符号都力求正确，必要时加以文字注記。画点位圖要注意下例几点：

A. 面向北繪圖在野外辨别方向时，如果未帶地形圖及罗針，可看太陽，也可根据乡村房屋及庙宇的特征来辨别方向。

B. 用約 $1:2000$ 的比例繪制点位圖，其面积縱橫不超过 $150 \sim 250$ 米为宜。

C. 除繪出点位附近之一般地形外，对突出醒目的地物，如独立大树、电杆、礮堡、牌坊等可以註明，供以后便于寻找。

D. 点位附近在 30 米內有固定地物者，一般要註出交綫距离，至少二根約成直交，如果在 200 米范圍內，沒有一个醒目之地物，可將最近的醒目地物用文字註出，例如距王、

家宅东南約 300 米，丁家桥西 250 米等。

4. 坐标傳遞至地面的圖形佈設

有时选点符合到不能安置測站之已知点时，如天主堂頂尖、塔尖、旗杆等，就必須选設傳遞坐标之基綫，將坐标傳遞至地面上。圖形佈置如圖 7 所示。

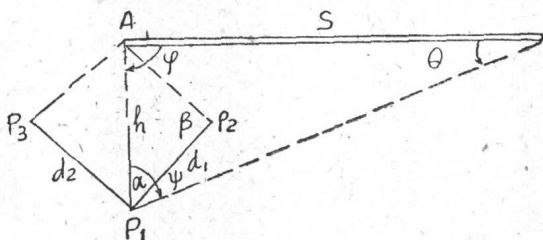


圖 7

設 A 为不能設測站之已知点， B 为另一已知点， P_1 为坐标傳遞点，再选 P_2 ， d_1 为实量基綫，各点間通視如圖 7 所示。为了校驗 h 起見最好再选 P_3 ，实量 d_2 基綫。

二、水平角的觀測

1. 准备工作

A. 人員配备：觀測班一般由 3—4 人組成，分工是一人觀測，一人記錄，一人（或二人）插立标杆。并且最好由选点者来担任插标杆工作，以便于工作。

B. 資料准备：1. 选点圖。2. 已知点及新点的点位参考圖（如有选点者参加觀測可不帶）。3. 已知点方向角数据。4. 已知点通視的高級点之标架式样及特征的了解。

C. 仪器工具准备：1. 經緯仪一架，做圖根控制时用

20"~30" 讀数的仪器，作于导綫控制时用估讀 1" 或 2" 仪器。在使用仪器前要將仪器的性能及附件向仪器保管人員了解及檢查清楚，同时对仪器的裝箱及裝置方法也要了解，免得到实地工作时，浪費時間。2. 記錄板。3. 記錄紙（并可事先画好鎖形圖，將觀測值随測随填，作为計算三角形閉合差之用）。4. 鉛筆、小鋤頭、木樁、鉛絲、繩子等。5. 3 米長的标杆 6 根（有可能最好多帶至 10 根）。在邊長較短农作物也低的情况下，可以用大鉄釘代替标杆。

2. 觀測

A. 插立标杆：觀測前先要插好标杆三四根，插立标杆方法，是在标杆約中間系以三根鉛絲，鉛絲另一端連好三个木樁，树立时將标杆尖端对准点位，三根鉛絲約以 120° 角分开，將木樁敲入土中，使标杆直立。初步直立后，标杆还不能垂直，需要校正，校正方法是：在离标杆 6—7 米外，一般用目測就可看出标杆傾斜方向，如需較精密校正，可用垂球或在鋤头上系一根繩子，繩子拿在手中，重心下垂，繩子成垂直，用視綫通过繩子与标杆相切，即可看出标杆傾斜方向，然后校正拉繩。再在 90° 方向上校正，这样校正一二次，即可使标杆成垂直。也可以利用房角、电杆等垂直綫的条件来校正；人立在通过标杆与房角或电杆的直綫上，看标杆是否与垂直物相切。有时标杆中段会略成弯曲，不易校正垂直。遇到这种情况，可將标杆頂端与底端校正一致，使觀測者照准頂端。标杆紧立是否垂直于点位中心对觀測精度有很大关系，往往三角形閉合差过大，大多数是因标杆不垂直的原因發生，因此，工作时不能馬虎从事。

在公路旁豎立标杆，用三根鉛絲拉，容易被行人碰倒。

可以改用二根鉛絲拉在道路邊側，約成 200° 角，另用一根竹竿插在公路外側土中，用繩子將竹竿紮在標杆上，也能使標杆直立。為了穩固起見，最好在樁位旁釘一木樁，將標杆用繩子紮在木樁上，即被行人略為碰撞亦不致傾斜。插好標杆，將小紅白旗插在一邊，以供尋找目標之用。必須注意，不能遮住觀測方向，以略為傾斜插立為宜。

B. 水平角觀測方法：小三角鎖一般只測 2—3 測回。度盤位置依 $\frac{180^\circ}{n}$ 排列， n 為測回数。用全圓方向觀測法或方向觀測法施測。施測前，必須做好對點和安平工作。在郊外觀測，往往風力較大，最好備一只大的垂球，對點時用草帽、記錄板等幫助遮風，對中偏差最大不超過 3 毫米。觀測之前將照準方向環顧一周，尤其注意照準方向之背景及左右的明顯目標物，如大樹、房屋、風車等，以便憑借這些顯明目標物很快找到標杆。照準標杆要盡量看到下端。觀測者在測站附近走動，步子要輕，在一般土質不硬之泥地，至少離腳架 30 厘米外走動，以免震動儀器。

小三角鎖之邊長一般不超過 1 公里，觀測時受氣候影響還較小，除在夏天近午陽光較強時，標杆成象略有晃動，其餘時間一般還能全天觀測。如標杆的照準條件都良好，視測的第一方向最好取圖形中最左的一個，順時針方向依次照準。如第一方向照準條件不好，也可用其餘方向做第一方向。在一測站中，如發現有一個方向的測回差超過限度，可以單獨補測這一個方向。有二個超限時，整個測回應重測。補測一個方向時，最好取同一個起始方向，如果沒有條件，取其他方向也可以。

如發現三角形閉合差超過規定限度時，應該予以復測。若是兩相鄰三角形之閉合差絕對數略約相近，而符號相反的

情況下，必須先復測兩三角形相鄰邊上的二個測站。如果只是一三角形的閉合差特別大，相鄰的三角形都正常的情況下，觀測者應考慮在哪一站觀測時，標杆不夠垂直，或是通視不好，以及儀器安置在松軟土地上而產生走動等情況。有時一個測站測了許多測回，測回差都不正常，結果勉強測成，精度也很差，這就要進行復測工作。一般小三角鎖的觀測測回差，極少會超出限度的，如果發生多測了幾個測回，仍不能達到要求時，觀測者切忌急躁，要仔細檢查一下腳架插在土中是否穩固，腳架伸縮螺絲是否旋緊等，找出原因後，才能獲得滿意結果。

一個測站測好後，將三個基座水平螺絲高低位置調整得略約相等，如下一測站距離不遠，可不必裝箱，隨身搬移，但必須注意儀器的安全。

全圓方向觀測法及方向觀測法之操作程序如下所述：

設有 A 、 B 、 C 、三個照準目標。

①全圓方向觀測法：

1. 將遠鏡照準起始目標 A 點，將度盤位置轉動至所需之度盤位置附近（方向經緯儀），進行讀數（如果是復測經緯儀，可先將游標對準所需之度盤位置，緊上盤止動螺絲，使上下盤固定，利用下盤止動及微動螺絲，對準 A 點，然後讀數）。

2. 鬆動上盤螺絲，順時針方向照準 B 點，讀數。依次照準 C 點，讀數。

3. 儀器轉一圓周後回到 A 點讀數。

4. 縱轉遠鏡，水平度盤移動 180° ，仍照準 A 點讀數。

5. 仍依順時針方向依次照準 B 、 C 等點讀數。

6. 儀器轉一圓周，回到 A 點，讀數。