

普通測量學講義

上 册

儲 鐘 瑞 編
刘 呈 祥

清 华 大 学 出 版 科 印

1 9 5 7

上册目录

第一編 測量学的初步知識

第一章 緒論	1—1
1-1 測量學的任务	1—1
1-2 測量學在社會主義建設及國防上的意義	1—1
1-3 測量學課程在有關專業中的地位	1—2
1-4 測量學和其他科學的關係	1—2
1-5 測量學發展簡史	1—2
1-6 蘇聯測量學的發展	1—3
1-7 我們古代人民對測繪學術的貢獻	1—4
1-8 近代中國測量學的情況	1—4
1-9 測量用的度量單位	1—4
第二章 以地球总的形狀為根據的地面點的位置	2—1
2-1 地球的總形和大小	2—1
2-2 地面點投影在地球總形上的位置、地面點的高程	2—2
2-3 地理坐標	2—3
2-4 地球曲率對水平距離和高程的影响	2—4
第三章 平面圖、地圖、地形圖	3—1
3-1 地球表面在球面上和平面上的描繪	3—1
3-2 比例尺	3—1
3-3 平面圖	3—2
3-4 地圖	3—3
3-5 地形圖	3—3
3-6 地形圖的慣用符號	3—3
3-7 用等高綫表示地形的概念	3—6
3-8 地形的主要類型及等高表示法	3—7
3-9 等高綫的特性	3—8
3-10 地形圖的編號	3—9
3-11 高斯投影及高斯平面直角坐標	3—12
第四章 測量工作的概念	4—1
4-1 測量工作的外業和內業	4—1

4-2 平面测量和高程测量	4—1
4-3 使用儀器來劃分测量的種類	4—1
4-4 控制测量和碎部测量	4—3
4-5 测量控制網的概念	4—3

第五章 誤差的概念 5—1

5-1 前言	5—1
5-2 誤差的種類	5—1
5-3 偶然誤差的特性	5—2
5-4 算術平均值	5—2
5-5 平均誤差，均方誤差（中誤差）	5—3
5-6 算術平均值的均方誤差	5—4
5-7 用似真誤差表示均方誤差	5—6
5-8 直接觀測值函數的均方誤差	5—8
5-9 觀測結果的權，權平均值	5—11
5-10 權平均值的均方誤差	5—12
5-11 容許誤差	5—14
5-12 相對誤差	5—15

第二編 基本測量工作

第六章 直綫丈量 6—1

6-1 地面上點的標誌	6—1
6-2 直綫定綫	6—2
6-3 直綫丈量的工具	6—4
6-4 鋼尺的檢驗	6—6
6-5 直綫丈量	6—6
6-6 在傾斜地面上丈量	6—7
6-7 直綫丈量的誤差及改正	6—9
6-8 直綫丈量精度的判定，容許誤差	6—11
6-9 測斜器	6—12
6-10 視距法量距離	6—14

第七章 直綫定向 7—1

7-1 定向概念	7—1
7-2 真方位角與磁方位角的關係	7—2
7-3 方位角和象限角的關係	7—3
7-4 根據兩個方向的方位角或象限角求它們之間的夾角	7—4
7-5 正、反方位角和正、反象限角	7—4
7-6 坐標方位角（方向角）	7—6

7-7 根據夾角計算坐標方位角(方向角)	7-7
第八章 羅盤儀	8-1
8-1 羅盤儀的構造	8-1
8-2 用羅盤儀測定磁方位角或磁象限角	8-2
8-3 羅盤儀的檢驗	8-3
第九章 水平角測量	9-1
9-1 量水平角的原理	9-1
9-2 經緯儀的構造	9-1
9-3 度盤和游標盤	9-4
9-4 游標原理和使用	9-4
9-5 度盤及游標的檢查	9-6
9-6 光學的讀角設備	9-8
9-7 管水准器, 水准管軸	9-8
9-8 水准管的分劃值和靈敏度	9-9
9-9 圓水准器	9-11
9-10 望遠鏡的構造及成象	9-11
9-11 十字絲、望遠鏡的對光、視差	9-13
9-12 望遠鏡的光學性能	9-14
9-13 內對光望遠鏡	9-17
9-14 經緯儀的檢驗和校正	9-18
9-15 儀器誤差對水平角觀測的影響	9-21
9-16 經緯儀的保養	9-24
9-17 光學經緯儀	9-24
9-18 經緯儀的安置和望遠鏡的使用	9-26
9-19 量水平角的方法	9-28
9-20 量角的精度	9-31
9-21 設角器	9-34

第三編 經緯儀測量

第十章 經緯儀測量的外業	10-1
10-1 經緯儀測量的概念	10-1
10-2 導線的種類和經緯儀導線測量的外業	10-1
10-3 間接測定距離的方法	10-3
10-4 導線和高級控制點的連接	10-3
10-5 測定碎部的方法	10-4
10-6 羅盤儀的應用場合	10-6

10-7 經緯儀測量的手簿和草圖	10-6
10-8 修建地區經緯儀測量的特點	10-7
第十一章 經緯儀測量的內業	11-1
11-1 經緯儀測量內業概念	11-1
11-2 閉合導線角度閉合差的計算和調整	11-1
11-3 閉合導線各邊方向角和象限角的計算	11-2
11-4 附合導線的角閉合差和方向角的計算	11-4
11-5 點子的直角坐標和兩點間的坐標增量	11-6
11-6 坐標增量的計算	11-7
11-7 直角坐標的正算和反算問題	11-8
11-8 閉合導線坐標增量閉合差的計算和調整	11-9
11-9 坐標的計算	11-11
11-10 附合導線坐標增量閉合差的計算和調整	11-13
11-11 結點導線的計算	11-13
11-12 導線錯誤的發現	11-15
11-13 根據導線點的坐標畫導線	11-16
11-14 根據邊長和象限角繪出導線(圖解法)	11-18
11-15 綫閉合差及其調整(平行綫法)	11-19
11-16 將地物畫在平面圖上	11-21
11-17 平面圖的整飾	11-22
11-18 平面圖的保管,圖紙變形	11-22
11-19 平面圖的縮放和描繪	11-22
第十二章 面積計算	12-1
12-1 一般概念	12-1
12-2 圖解法求面積	12-1
12-3 解析法求面積	12-2
12-4 定極求積儀	12-3
12-5 定極求積儀的原理	12-5
12-6 定極求積儀的檢驗	12-7
12-7 定極求積儀的使用	12-7
12-8 使用定極求積儀時應注意事項	12-8
12-9 薩維奇法	12-8
12-10 不同方法量面積的精度	12-9

第三編 經緯儀測量

第十章 經緯儀測量的外業

10-1 經緯儀測量的概念

經緯儀測量是指在小範圍內（四平方公里以內），以經緯儀作為主要儀器，所進行的大比例尺圖的測量工作。這種測量的結果可以得到只表示地物的平面位置的圖。經緯儀測量常用在地區平坦而碎部複雜的情況下。

經緯儀測量，象任何一種測量一樣，要根據從整體到局部，從高級到低級的原則來進行。首先根據全國性的高級平面控制點（三角點和精密導線點）施測經緯儀導線作為平面控制，然後依據導線來測定碎部點。除了野外的測量工作以外，還要按照同樣的過程進行室內的計算和繪圖工作。但是在實際工作時，控制測量和碎部測量或外業和內業可以分開進行，也可以適當的配合進行。

10-2 導線的種類和經緯儀導線測量的外業

按照所起的控制作用，經緯儀導線可分為主導線和輔導線兩種。主導線是控制測區內各部份的主要關係，輔導線是主導線的加密，使測區內任何碎部都能根據導線以足夠的精度測出。

按照形式劃分，導線基本上可分為閉合導線，附合導線和支導線三種。從某一點開始，再回到這一點而形成一個閉合多邊形的導線，稱為閉合導線（圖 10-1 中的 1—2—3—4—5）。以一個精度較高的控制點作為起點，最後又附合在另一個精度較高的控制點上的導線，稱為附合導線（圖 10-2）。從主導線支出幾段的開口導線稱為支導線（圖 10-1 中的 5—6—7）。

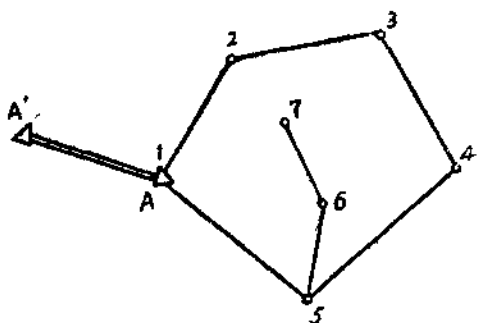


圖 10-1

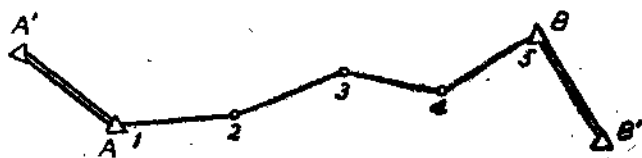


圖 10-2

主導線常具有閉合導線或附合導線的形式。輔導線常具有支導線的形式；但也可能根據測定局部地物的需要採用閉合或附合導線的形式，那時就給以另外的導線名稱。例如為了測定某一閉合輪廓線的地物（如樹林，池沼），需要由主導線支出一個環繞地物的閉合形導線，稱為環

繞導綫。例如爲了測定碎部的需要，把圖（10—1）中的支導綫 5—6—7 附合到 2 點上，這種導綫可稱爲對角導綫。如果把 5 點到 2 點的直綫量出，就能測定附近的碎部，這種特殊形式的導綫可稱爲站間連綫或方向綫。當幾條導綫組成網狀，就稱爲導綫網，這時必然有三條或三條以上的導綫相交在一點，這個交點稱爲導綫網的結點。

經緯儀導綫的外業分爲選點，埋樁，量距和量角。

1. 選點和埋樁

先在測區踏勘一次（踏勘前可在已有圖上計劃踏勘路綫），選定足夠而合適的控制點。對於大比例尺測量，控制點的密度有如下的規定：

1:500 比例尺，每公頃（100m×100m）有 4 點；

1:1000 比例尺，每公頃有 1 點；

1:2000 比例尺，每 4 公頃有 1 點；

1:5000 比例尺，每 7—8 公頃有 1 點。

在複雜的建成區，還可增加點數。

爲了避免誤差累積以致超過平面圖比例尺的容許誤差起見，對於各種比例尺測圖的導綫總長規定如下：

常用 1' 經緯儀工作時，結點和其他控制點間的導綫總長對於 1:5000 圖爲 2 公里，1:2000 圖爲 1 公里，1:1000 圖爲 0.5 公里，1:500 圖爲 0.4 公里。若用 30" 經緯儀時，導綫總長可增大 1 倍。

在實際選點時要注意下列各點：

（1）導綫點應均勻地分佈在測區內，對於 1/500 至 1/5000 測圖，邊長應在 50 至 350 公尺之間，對於 1/10000 測圖，邊長可以到 500 公尺。

（2）導綫點應選在較高地點，視界廣闊，便于測定碎部。

（3）導綫點應選在安置儀器方便的地方（但應避免在交通頻繁的地方），同時使量邊、量角方便而精確，就是導綫邊要沿着平坦，穩固，容易丈量的地面敷設。此外，在一個導綫點一定要能看到前後的導綫點子或所立標桿的尖端。

爲了標明選定的點子，以供測圖及今後工程修建時的應用，必須埋設木樁，圓鐵樁或石樁，並在樁頂上釘上小釘或 + 字記號。每點要編一號碼，例如 1, 2, 3, 4，並繪出導綫與點與附近固定地物的連系圖（圖 6—3）。

2. 量距工作

相鄰兩導綫點間的距離用檢定過的 20, 30 或 50m 鋼尺往返丈量，或用二個不同長度的尺子往返丈量各一次。當尺面傾斜角大于 1° 時，應進行傾斜改正。當溫度與標準溫度相差超過 $\pm 10^\circ\text{C}$ 時，應進行溫度改正。當尺長改正數大于該尺長度 1/10000 時，應加尺長改正。加了各種改正之後，往返二次丈量結果的差數與全長之比，在一般便利丈量地區，不得超過 1:3000，在較困難地區，不得超過 1:2000，在困難地區，大得超過 1:1000。兩次丈量結果的平均值取到公分。

3. 量角工作

量角時，常用望遠鏡放大率爲 20—30，游標最小讀數爲 30" 或 1' 的經緯儀。一般是觀

測導綫前進方向的右角。觀測一個測回，測完半個測回以後要倒轉望遠鏡，並把起始讀數改變 90° 。兩個半測回所測結果之差不得超過 $2t$ ， t 為游標最小讀數。

所用的經緯儀應當是校正好的。對點誤差不得超過 $3\sim 5$ 公厘。如果經緯儀上附有羅盤，還要唸出各邊的磁方位角或磁象限角，以便校核測得的角度。

輔導綫的量角，可只測半個測回，但應唸磁方位角來校核。量邊可用鋼尺量一次，但要用視距法校核。

10-3 間接測定距離的方法

當導綫一邊 AB (圖 10-3) 跨過河流時，這邊的邊長就不能直接量出，所必須用間接方法測定。此時在平坦地區選擇一條基綫 AC 。往返丈量基綫，並取其平均值，以 b 代表。以

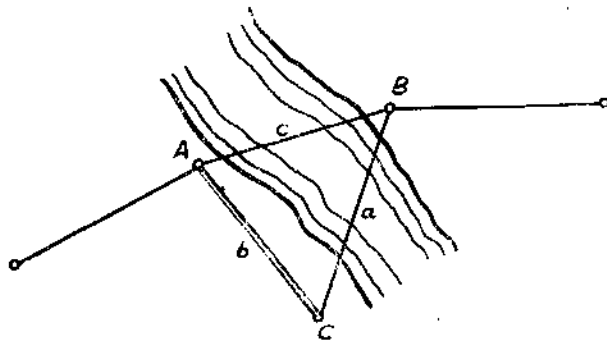


圖 10-3

望遠鏡盤左、盤右兩個位置觀測角 A ，角 B 和角 C 。如果三角之和不等于 180° ，每一個角應加相同的改正數，使它們滿足這個條件。用正弦定律，根據 b 和兩個角，解算 C 邊：

$$C = \frac{b}{\sin B} \sin C$$

要使求得的結果較為精確，角 B 不得小於 30° 。為了校核，並提高精度，可以選擇兩個三角形，要量的一邊應該是兩個三角形的公共邊。在兩個三角形中求出這條邊的邊長，並取其平均值。

10-4 導綫和高級控制點的連接

如果測區內有全國性的高級平面控制點，例如三角點和精密導綫點，那末，所敷設的經緯儀導綫應當連接到高級控制點上。這樣，就可以根據高級控制點的坐標和邊的方向來確定導綫點的坐標和邊的方向；還可以把本地區的測量和其他地區的測量聯系起來。

最簡單的情況是直接連接法。圖 10-2 是附和導綫的連接，圖 10-1 是閉合導綫的連接。照規定，在連接點應測出兩個連接角。圖 10-4 表示經過短程導綫把閉合導綫和高級控制點連接起來。圖 10-5 表示由綫導綫的結點 1 向三個三角點連接起來。

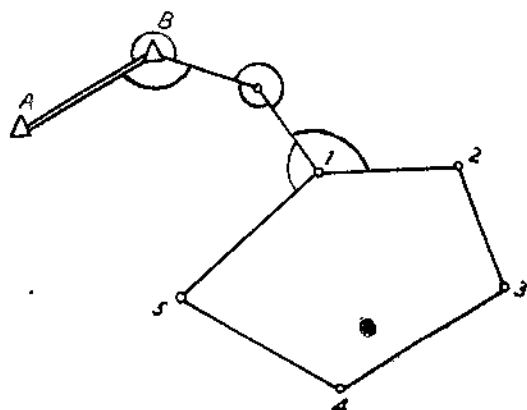


圖 10-4

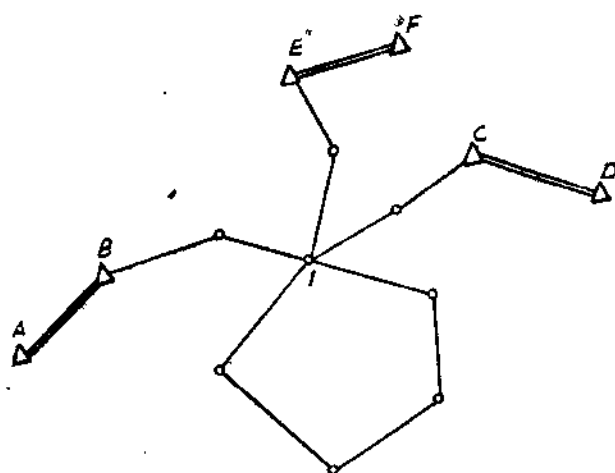


圖 10-5

10-5 測定碎部的方法

根據導線點和邊測定碎部點的位置的方法有直角坐標法，極坐標法和交會法。每一種方法適用於某一種情況，實際工作中常常要配合應用。

1. 直角坐標法，也叫垂綫法或支距法。通常應用在測定位於導線邊附近的碎部點位置，特別常用在大比例尺地物測圖。

用直角坐標法來確定一個碎部點位置時，首先要確定碎部點到導線邊的垂足，然後量出自導線一個端點到垂足的距離，以及垂足到碎部點的距離。標定垂綫可用特制的直角尺或設角器。橫距用鋼尺丈量（沿方向綫放置鋼尺，讀出從直綫端點的距離），縱距用皮尺量，讀至公分。在草圖中（圖 10-6），註出量測的數字。垂綫的最大長度規定如下：

1:500 比例尺圖，3 公尺；

1:1000 比例尺圖，4 公尺；

1:2000 比例尺圖，6 公尺。

對於外形不明顯的地物，容許長度可增到 2.5 倍。

2. 距離交會法或綫交會法是從導線邊上兩個已知點（導線端點或導線邊上已知距離的點子），量出到碎部點的距離，以確定點位的方法。它常與直角坐標法配合應用，當垂綫長度超過規定時就採用綫交會法。但交會綫長不應超過量具長度，一般是 20 或 30 公尺，並須注意交會綫底邊的距離應大畧與交會綫等長。距離量至公分（圖 10-6）。

3. 角度交會法是從導線二端點上量出某一碎部點的方向和導線邊間的夾角，以確定點位的方法（圖 10-7）。當碎部點較遠，且不便量距時，可以應用。一般，交角應在 60° 到 120° 之間，以 90° 為最好。交會長度不應大於：

1:500 比例尺圖，50 公尺；

1:1000 比例尺圖，100 公尺；

1:2000 比例尺圖，150 公尺；

1:5000 比例尺圖，200 公尺。

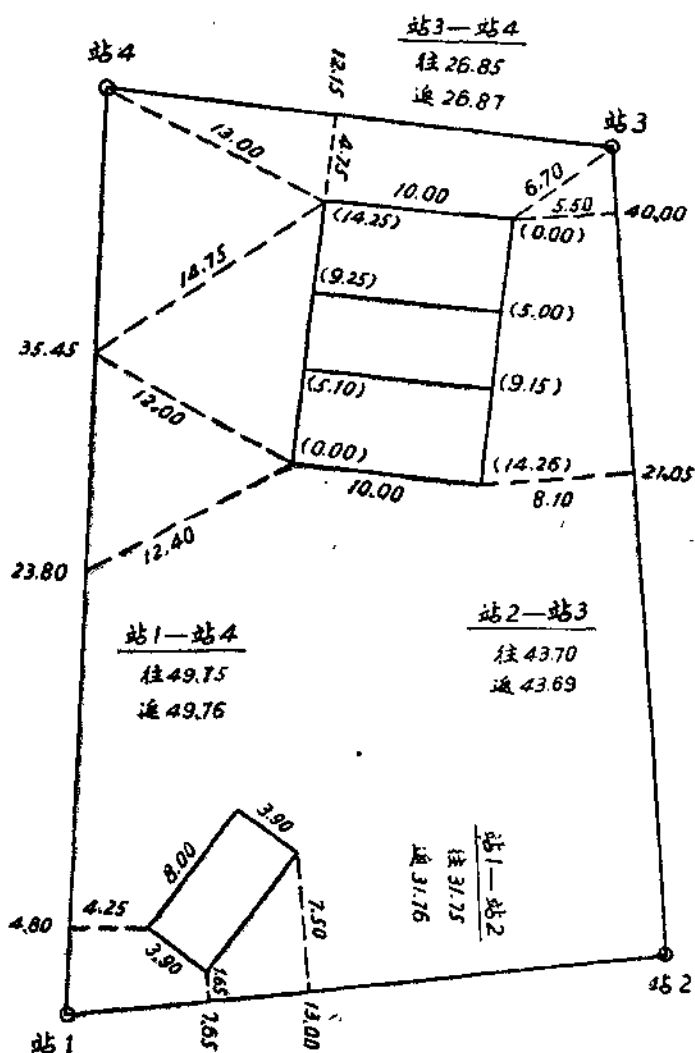


圖 10—6

4. 極坐標法是根據方向（或角度）和距離確定點位的方法。例如圖 10—8 中經緯儀在 A 點，以導綫邊為零方向（見 9 章 20 節游標指標綫對准度盤零分割綫測角法），順次測出碎部點 1, 2, ……的水平角和距離，以確定這些點子對於導綫點的關係。距離不得超過下面規定的數值：

- 1:500 比例尺圖，20 公尺；
- 1:1000 比例尺圖，40 公尺；
- 1:2000 比例尺圖，60 公尺；
- 1:5000 比例尺圖，100 公尺。

在工廠地區及城市建築地區有時要求用極坐標法測定重要地物點的坐標，作為設計的基础

資料。但對於一般地物點特別在非建築區，可用視距法（利用視距儀）測定距離，這時極坐標法將是廣泛採用的方法。

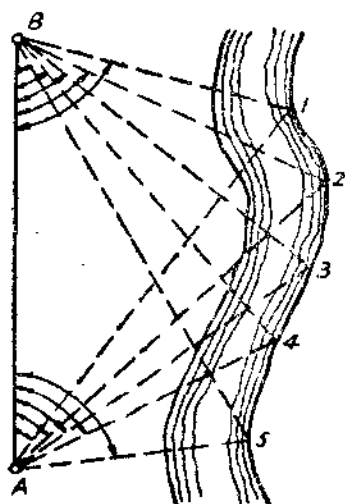


圖 10—7

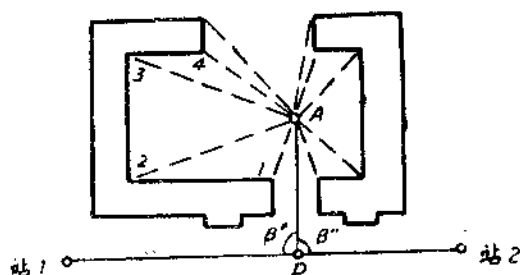


圖 10—8

10-6 羅盤儀的应用場合

利用羅盤儀可以直接測定一直線的方向（一般說來是測定一直線的磁方位角，但如果羅盤的度盤是可以調整的，也可以調整到直接讀出某直線的真方位角或方向角），因此可以用它來代替經緯儀進行量角工作。如果和捲尺量距配合起來，可以在較小測區內進行羅盤導綫和碎部測量。它特別適用於精度要求不高的，導綫邊過短的森林地區的測量；或者應用在迅速的勘測工作。

圖 10—9 是在獨立地區進行羅盤儀測量的例子。圖中 A, B, C, D, E, F 是羅盤導綫點，在每一點上安置羅盤儀，量前後兩邊的方位角，並用捲尺量邊長。爲了施測中間部分的地物，還加測一條對角導綫 C G H F。

小路是用直角坐標測定的，獨立點 L 是用交會法測出的，G 點附近的地物是用極坐標法測定的。

爲了提高測量導綫的速度，可以每隔一個導綫點安置一次羅盤儀。但在這種情況下，導綫邊的方位角就沒有校核的機會。

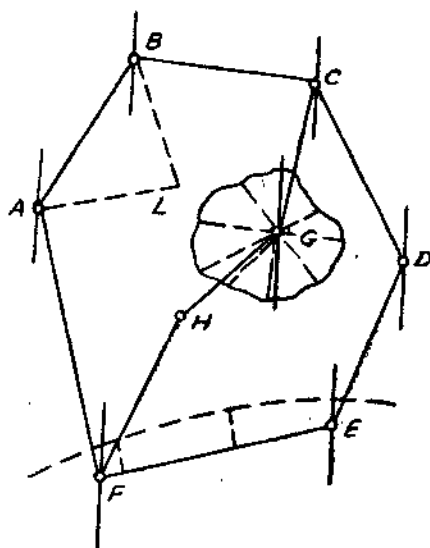


圖 10—9

10-7 經緯儀測量的手簿和草圖

經緯儀導綫測量手簿的例子如下表。在導綫手簿

右頁的空紙上，要畫出經緯儀導線點與固定地物的連系圖（圖 6—3）及測站標石的式樣。

經緯儀導線測量手簿記錄格式

（左頁）

195 年						地點		觀測者									
儀器測站	目標測站	水平度盤讀數						角 值		平均角值		磁 方 位 角 (或象 限角)	邊 長	傾 斜 角	附 註		
		I		II		平 均											
		°	'	°	'	°	'	°	'	°	'						
1	2	21	52	53	21	盤 右		152	24	152	232	59°,0	288.35	從 53 m 到 214m 是3°40'	早晨有微霜。 晴。		
	12	174	16	17	174	16.5						211°,5	344.14				
1	2	289	25	26	289	盤 左		152	22.5	152	232						
	12	81	48	48	81	25.5											
						48.0											

碎部測量的資料一般記在碎部草圖里，用極坐標法測定很多碎部點時，也可以記在手簿里，另外畫出草圖。草圖是測量的重要資料和繪圖時的必要參考資料。因此在草圖里必須表示出地物的相對位置，測量的數據和必要的說明。草圖應儘可能地清楚、整齊，使得任何技術人員都容易了解。當記在手簿或草圖中的數字，如有錯誤時，應劃去重新記錄。

10-8 修建地區經緯儀測量的特點

在修建地區，多半是測繪 1/500，1/1000，或 1/2000 比例尺圖。這種測量是由街道測量和街坊內部測量所組成。首先應進行街道外形測量，然後進入街坊內部進行內部地物測量。

導線必須沿着街道敷設。由於街道上的碎部點一般都採用直角坐標法測定，所以在敷設導線時應考慮到導線邊距街道房屋正面線不得超過一定的限度，例如 1/500 圖 3 公尺，1/1000 圖 4 公尺，1/2000 圖 6 公尺。街道較寬（例如 8—12 公尺）時，必須在街道兩邊敷設導線，並彼此相互連結起來。

導線點是用木樁，鐵釘或埋設在地下的永久性標樁來標誌。在導線邊的直線上可標定一些點子，從這些點子可引出輔導線或連成方向線，以便測定街坊內部的碎部。導線點要和鄰近地物連系起來，要畫出草圖，註明街道和連接地物的名稱和距離。

修建地區測圖導線的精度要求較高，所以在丈量邊長之前，要用經緯儀每隔 60m 到 100m 在方向線上標定一點。丈量的邊長應考慮各種改正數。量角時，在前後導線點上豎立特制的細長鐵針，作為標誌，鐵針用小鉛絲腳架直立在導線點上。觀測時瞄准鐵針的下端。

測定碎部是根據導綫和方向綫，主要採用直角坐標法和距離交會法。要丈量房屋正面的尺寸作為測量的檢查（圖 10—6）。對於街道中央的建築物，例如路燈，進入井等可用極坐標法測定。有時也用這種方法測定重要地物點的坐標。

在建築物不多的郊區和街坊內部地區，有時採用平板儀測圖或以平板儀為主的綜合測量方法。