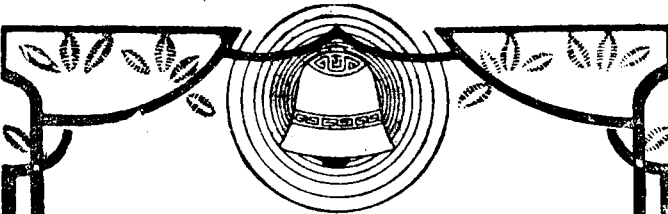


應用科學叢書

平面測量學

張澤熙著

正中書局印行



版權所有
翻印必究

中華民國二十六年二月初版
中華民國三十六年十月滬四版

平面測量學

全一冊 定價國幣七元八角

(外埠酌加運費匯費)

編	著	者	張	澤	熙	
發	行	人	吳	秉	常	
印	刷	所	正	中	書	局
發	行	所	正	中	書	局

(576)

總 序

‘我們集合了許多研究自然科學和實用科學的人，想把科學知識，送到民間去，使牠成爲一般人民的共同智慧。更希冀這種知識散播到民間之後，能夠發生強烈的力量，來延續我們已經到了生死關頭的民族壽命，復興我們日漸衰頹的中華文化。這樣，才大膽地向社會宣告開始我們科學化運動的工作。’

這是中國科學化運動協會，於民國二十一年發起旨趣書的開宗明義，同時復在本會章程內，揭示宗旨爲：

‘研究及介紹世界科學之應用，並根據科學原理，闡揚中國固有之文化，以致力於中國社會之科學化。’

爲要使本會的目標，簡單起來，所以又做十個大字的標語，卽：

‘科學社會化，
社會科學化’

自從本會的宗旨，漸漸爲本國科學界與整個社會，容納進去，已能喚起國人對於科學的興趣，暨轉移從事科學者對於科學本身的觀念。

爲要推廣本會的工作，所以又於二十四年確定本會第二期工作計劃大綱，分爲：

(1)‘以科學的方法，整理我國固有的文物；’

(2)‘以科學的知識，充實我們現在的社會；’

(3)‘以科學的精神，創造我國未來的生命。’

同時對於‘工作之對象’，‘工作之信仰’，‘工作之方針’，和‘工作之步驟’，分別做了很詳密的規定，使全體會員以及各地分會支會，得以個人或集團的力量，去實施‘科學化’的工作。

本會科學化‘工作之範疇’，除‘檢閱過去’，對於過去的知識資料，如何整理，使合於現代之用，又‘準備將來’，對於未來之科學進步，如何薰陶，使其有益於人羣外，更要‘把握現在’，即：

‘對於現代之科學知識及方法，應充分利用以解決目前之國防生產生活問題，同時用極淺近的譬喻與理解，灌輸於一般民衆，’

正中書局，很誠懇底接受‘科學化’的使命，要發行應用科學叢書，委託本會南京分會，主持編輯事宜，並以編輯大綱請示本會。本會以應用科學的範圍，包括甚廣，各種科學的內容，同牠的應用，也沒有一定的限制，要在編輯同審查的專家，都能切實認識同一的目標，就能夠領導閱讀的人，進到康莊的大道——科學化。爰把本會歷次決定的宗旨，趣向，和目標，以及工作計劃大綱，簡括起來，做個序言，刊於每部叢書的前面。希望同情於本會的人，隨時加入本會，共同迎頭趕上現代科學化的文明；有志於本叢書的人，隨時向該書局或該分會，貢獻其著述。更希望一般社會中的人們同讀者，對於本叢書有任何意見時盡量的不客氣的提出來！

中國科學化運動協會 廿五年五月五日於首都藍家莊園本會

自序

余習測量，始於民六，從事教授測量及野外工作者凡十餘年，每感中文測量書籍之缺乏，於講授時，常自備中文大綱選輯要義，藉便授課。去夏入京，值中國科學化運動協會南京分會，約余編樹“測量學”一書，此書為應用科學叢書中屬於工程方面之一種，其目標係以理工農等院學生及技術人員為對象，即高中畢業生而有志於理工農者亦可閱讀，文體務求生動，材料多取簡易且以平面測量為範圍。

全書共分十二編三十章，前五編述量距，測角之儀器，方法及誤差，第六七兩編述視距及平板儀測量，第八編述地形測量及面積土方之計算，第九十兩編述儀器之修正，繪圖與計算之方法，第十一編略述定真子午線之方法，第十二編專舉測量實習之實例并習題數則。書中每章中之每節號數，係以二數字標記，前者為章數，後者為該章節數。

本書係於去冬年假，選舊稿之簡易者，加以整理，匆促完成，雖曾自行校對一次，遺漏與錯誤之處在所不免，尙望讀者不吝教正為幸。

張澤熙 民國二十五年二月序於清華大學

參考書籍如後：

J. C. Tracy — Plane Surveying

Breed and Hosmer — Elementary Surveying

劉友惠編——平面測量學

張樹森編——平面測量學

目次

第一編 總論	1
第一章 定義、測量用途及程序	1
第二章 野外測量手簿	5
第二編 距離測量	6
第三章 鏈尺、鋼捲尺等及量距方法	6
第四章 鏈尺實用雜題	8
第五章 誤差總論	12
第三編 羅針儀	19
第六章 羅針儀之構造及測法	19
第七章 磁針方向角及子午線方位角	25
第四編 水準測量	30
第八章 水準測量之理論	30
第九章 水準儀與水平尺之構造及使用法	36
第十章 水準測量野外工作法	41
第十一章 水準測量之誤差	51
第五編 經緯儀測量	55
第十二章 經緯儀度盤分割及讀法	55

第十三章	經緯儀之構造	63
第十四章	經緯儀之使用法	65
第十五章	測定經緯儀導線法	79
第十六章	經緯儀測量工作程序及測地物法	88
第十七章	經緯儀測量手簿	106
第六編	視距測量	115
第十八章	視距測量法	115
第七編	平板測量	127
第十九章	平板儀測量法	127
第八編	地形測量	140
第二十章	同高線地形測量法	140
第二十一章	面積之計算	161
第二十二章	土方之計算	179
第九編	儀器修正	187
第二十三章	修正法總論、羅針儀之修正法	187
第二十四章	水準儀之修正法	190
第二十五章	經緯儀之修正法、平板儀之修正法	195
第十編	製圖及計算	204
第二十六章	繪製角度與導線點之方法	204
第二十七章	縱橫距(或稱南北距東西距)之計算誤差分配	212
第二十八章	繪圖器具、整飾、圖例	233
第十一編	定真子午線	239

第二十九章 觀測北極星定真子午線法	239
第十二編 實習指導	249
第三十章 測量實習指導	249

各表目錄

表一 磁針測角法
表二 羅針儀測量手簿格式
表三 水準手簿格式
表四 循序測角法
表五 測量手簿格式(I)式
表六 測量手簿格式(II)式
表七 測量手簿格式(III)式
表八 測量手簿格式(IV)式
表九 測量手簿格式(V)式
表一〇 測量手簿格式(VI)式
表一一 手簿例一
表一二 手簿例二
表一三 不計垂直角誤差表
表一四 視距誤差表
表一五 視距測量手簿格式(I)
表一六 視距測量手簿格式(II)
表一七 視距測量手簿格式(III)
表一八 儀器方法合併用法表
表一九(a) 面積合算表
表一九(b) 面積合算表
表一九(c) 英制變法制表
表二〇 面積計算表
表二一 面積計算表

-
- 表二二 正切法繪圖法表
表二三 角弦法繪圖法表
表二四 輪折角法表
表二五 正切法繪導線法表
表二六 角弦法繪導線法表
表二七 計算方向角表
表二八 計算縱距橫距表
表二九 縱橫距列表以便圖製
表三〇 視距表
表三一 曲度及蒙氣差改正表

第一編 總論

第一章 定義,測量用途及程序

§1—1 地面者,乃測地學中指海洋平均水面之地球圈而言,土地之表面,大多均在此地面之上,在尋常測量中,毋庸立此分界,不過論高低時,應計及之。地球面常以爲圓球狀,實際爲一扁圓體。

§1—2 海平面者,爲高低潮面之平均高,其決定須在任何海濱處,安置自記驗潮儀,用長時期觀測而得。

§1—3 地面上每點,只有一直立線,即自該點連地心之鉛直線,舍此線之面,即爲該點之鉛直面,一面如與此直立線成九十度,即爲該點之水平面,故在地面之任何點,只能有一水平面,而可有無數包含鉛直線之鉛直面。

§1—4 測量……求地面上各點間相互位置之觀測及丈量,即爲測量,此種測量,可以量角,可以量距離。

§1—5 平面測量者,即以所有丈量結果,化成水平面或平行於水平面,及鉛直面,在平面測量中,地球之彎曲,多不計及,而在測地學中,則非計及不可,凡在100平方英里(約合四十萬畝)以內,可行平面測量,地面弧長,與直線長之差大約如下:

0.05 (英尺)於 $11 \frac{1}{2}$ 英里

0.50 (英尺)於 23 英里

1.00 (英尺)於 $34 \frac{1}{2}$ 英里

§1-6 水平面及鉛直面中丈量共有四種，分誌如下：

水平面	鉛直面
水平面中距離	鉛直面中距離
水平面中角度	鉛直面中角度

有時在斜面上，亦量長短、角度，但隨後亦須化成水平面及鉛直面中。

§1-7 (a) 距離單位，在英美為英尺，角度多按度、分、秒計，角度常量至三十秒或十秒。(b) 在我國係採用萬國制中的米又稱公尺。一公尺等於 3.28 英尺。

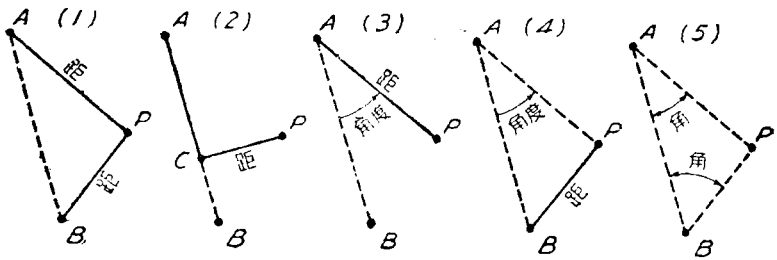
量地時，有用 Gunter 鏈者，鏈分一百節，一節等於 0.66 英尺，故全鏈長 66 英尺，此單位係以十平方鏈等於一英畝。

即 $10 \times 66^2 = 43560$ 平方英尺 = 一英畝。

§1-8 測定一點之七法，每點之位置，可以二已知點之位置而定，設 A, B 為已知點，P 為須定之點 茲舉七種普通方法如下：

- (1) 以 AP 及 BP 二距離定之(圖一(1))；
- (2) 以 AC, CP, 及 C 處之九十度角而定(或以 BC 代 AC 亦可；
(圖一(2))；
- (3) 以 AP 距及 A 處之角度而定(圖一(3))；
- (4) 以 BP 距及 B 處之角度而定(圖一(4))；

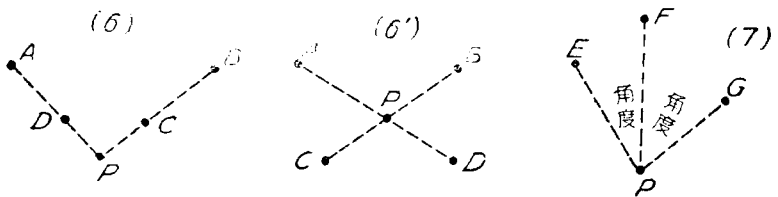
(5) 以 A 及 B 處之角度而定(圖一(5));



圖一

(6) 以連接四點之兩直線相交點而定(圖二(6)(6'));

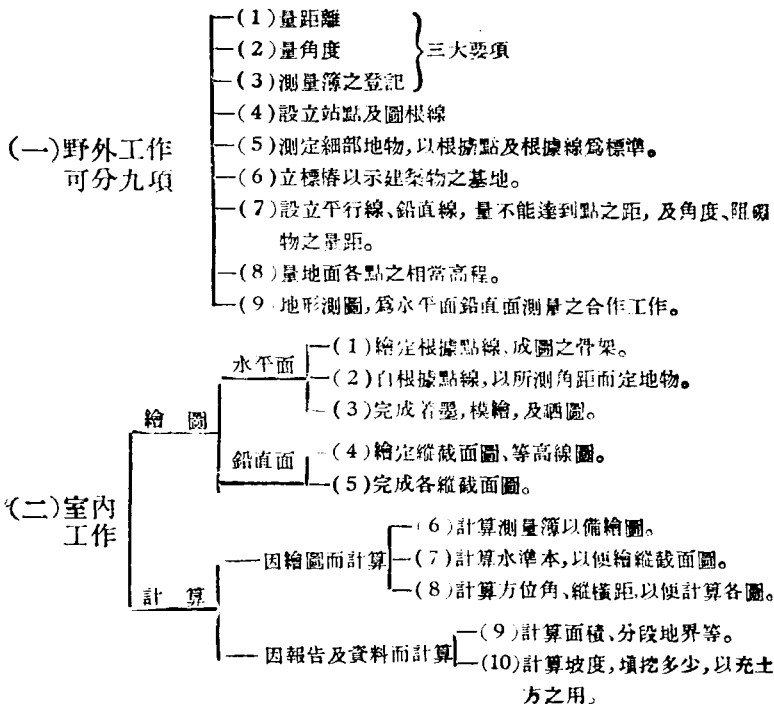
(7) 以在未知點所測之二角度(經已知三點所繪而成)而定(圖二(7))。



圖二

§1-9 測量之普通方法——測量工作人員之工作可分三部。

- 一、野外工作(外業);
- 二、繪算工作(內業或室內工作);
- 三、儀器之注意及修正。



(三) 儀器之注意及修正，須先明瞭儀器之構造及用法，此種知識，須從野外實習得來。

野外工作有數重要問題須先預定。

(1) 所要結果之準確程度。

(2) 所用測量方法。

(3) 所用測量儀器。

(4) 誤差之來源，比較重要以及預防方法。

- (5) 進行速度。
- (6) 工作之系統及次序。
- (7) 測量之合宜費用。

以上問題彼此互有關係，而其決定方法，皆視某項測量之目的而定。

第二章 野外測量手簿

§2—1 測量手簿者，即野外工作之記錄，必須愈完全、準確、清晰愈佳，故工作人員，多半喜自記測量手簿，應知此項工作，極為重要，須合小心、靈敏、準確、及聰慧四者，方為合格。

§2—2 關於測量簿之普通要件。

- 一、用能耐久之測量簿。
- 二、用堅硬尖銳之鉛筆，3H 或 4H 皆可。
- 三、測量手簿應自左往右讀，並自下往上，或由上往下。
- 四、當繪圖與計算時，宜常問何者須要用。
- 五、測量手簿宜冠一總目錄頁。
- 六、每測量手簿，皆須由記錄者簽名。

§2—3 測量手簿之三部分。

- 一、數值為所有測量角度及距離之記錄。
- 二、草圖為地位、地形之大約記載。
- 三、說明為了解數值及草圖之補充記錄，又如測者人名及天氣、儀器種類、日期皆與焉。

第二編 距離測量

第三章 鏈尺、鋼捲尺等及量距方法

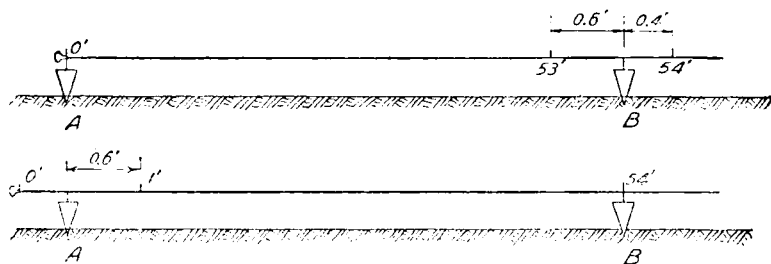
§3—1 量距向以鏈尺爲之，但現多用鋼捲尺。距離測量實爲測量之基礎，鋼尺易折，須防繞圈，遇溼地，用後即應拭乾而後收藏之。

§3—2 鋼尺之讀法，以全尺分記者較易；有時只有第一尺上方記分寸，餘皆不分，則手續較繁。其鏈尺之讀法，以節爲小數，一鏈共有百節，如第八鏈及三十九節須記 8.39 鏈，八鏈八節卽爲 8.08 而非 8.8 鏈也。

§3—3 量距之普通方法——二量者以鏈或尺量一距離，在前行者爲前鏈者，後隨者爲後鏈者。量距方法，視其距離較量尺之長爲大或小，而有分別。

(a) 距離小於尺長——如全尺爲細分，則甚易讀。前鏈者執尺而得距離，後鏈者執尺端零處以近起點；如全尺並未細分，只尺端之第一尺有細分者，則其量法設例如下：由 A 量至 B 不及一整尺之長，後鏈者執尺端零處於 A，前鏈者注意 B 點前之尺數，例如五十四尺，卽報告後鏈者五十四尺。而以五十四尺處近 B 點，後鏈者拉直此尺，則尺之零處卽離 A 點，後鏈者應從五十四尺

減一尺再加小數後數。留心此小數後數非自零至 A 點，而為自一尺處至 A 點之數，如為 0.6 尺，後鏈者即呼五十三尺又十分之六，前鏈者知後鏈者已減一尺，即呼‘正對’以答之，如圖三。



圖三

(b) 距離大於尺長——須留意三事。

- (一) 測量之方向，務使在一直線上。
- (二) 每全尺之終點，應當小心標記。
- (三) 每次全尺皆須拉直而緊伸之。

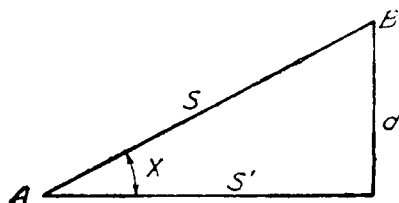
每次後鏈者，常使前鏈者在一直線上進行。標針 (Chaining pin) 者，乃用以作尺數之標記，精細工作，多先立木椿再以小釘作每尺端標記。

§3-4 尺端之起點，多自手柄 (Handle) 之端算起。有時手柄又不在全尺之內，故可自全尺之一尺處，至尺端比較定之。

§3-5 立標針宜斜向，而與全線成正角，量尺可以在針邊移動，而針之中線可以正對尺上之數目。

§3-6 坡度上之量距——有二法如下：

- (a) 直接量坡度上之長，而化成水平面內之長。
 (b) 使尺每次水平，而量其直接水平距離，此法須特別小心。
 (a) 法量長之校正，可以圖四明之。



圖四

令 S 為坡度上之長， S' 為水平距離， d 為 $A B$ 兩點高程差， C 為 $(S - S')$ 之差， $(S^2 - S'^2) = d^2 = (S - S')(S + S')$ ，設坡度甚小，可令 $(S + S') = 2S$ 則 $S - S' = C = \frac{d^2}{2S}$ (約式)。或 x 角為已知，

則 $S' = S \cos x$ 亦可求得。

(b) 法分往坡上量，及往坡下量兩種，往坡下量時，其高端可着地，其下端須抬高使尺水平，而其端用鉛直錘 (Plumb bob) 傳於地上；上山時亦然，不過較難耳。

第四章 鏈尺實用雜題

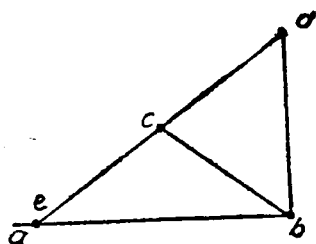
§4—1 以鋼尺作一正角 (九十度) 係按 3—4—5 方法為之，如三角形之三邊之長比為 3 : 4 : 5，則此三角形之一角必為九十度，故作一正角可用以下各數配合之：

[3—4—5], [6—8—10], [9—12—15]……[21—28—35]……

§4—2 平行線與垂直線——此種方法均係根據普通幾何法，在野外用捲尺工作。

(a) 自一線上之某點，立一垂直線，舉例以明之，在 ab 線上須自

b 點立一垂直線。用 100 尺捲尺，設 c 點距 b 點五十尺，以零點在 e 處旋轉零點使切 ab 線於 e 點，c 點五十尺處，仍不移動。伸張全尺使 ecd 三點成一直線，連接 bd，即為所求垂直線也。(圖五)

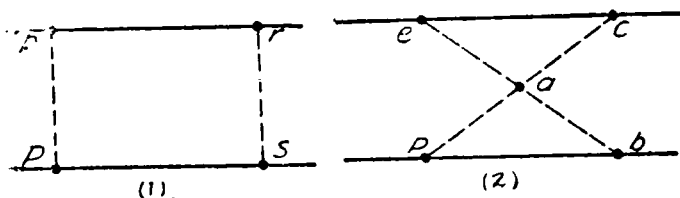


圖五

(b) 自一外點 d，作一直線之垂直線——在 ab 線上擇一任意點 e，等分 ed 線，以 c 為中心，以 ce 為半徑畫弧，切於 ab 線得 b 點，即為自 d 點之垂直線之下端。(圖五)

(c) 自一點作一線與一已定線平行——可自 P 點作一垂直線於 pr 線，又自 pr 線上任一 r 點，作一垂直線 rS，與 Pp 等長，連接 PS，即為所求平行線。(圖六 (1))

另法，選 ec 線上 c 點，連 cP 而平分之，得 a 點，又在 ec 上設 e 點，連 ea 而作 ab 等於 ea，連 Pb，即為所求平行線。(圖六 (2))



圖六

§4-3 測鎖(鏈尺)與捲尺之設角及測角法——角度可以鏈尺設出,其誤差不過五分,方法如下:

- (a) 正切法 此乃三角法中,底邊 \times 正切=垂直邊。底邊可以 50 尺或 100 尺,以便易乘各角之正切數,如欲設 $47^\circ 8'$ 角,可在 BC 已知邊上,量 50,或 100 尺,查得 $\tan 47^\circ 8' = 1.07738$,則

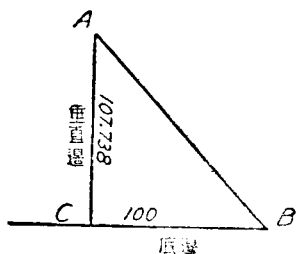
$$100 \times 1.07738 = 107.738 \text{ 尺} = \text{垂直邊}$$

如以 $BC = 50$,則 $50 \times 1.07738 = 53.869 \text{ 尺} = \text{垂直邊}$ 。(圖七)

- (b) 弦長法 如以 50' 或 100' 為半徑,則可以 50' 或 100' 乘以一尺為半徑之弦長。如設某角為 $47^\circ 8'$,則 $ce = 2R \sin A/2 = 2 \times 1 \times \sin 23^\circ 34'$
 $= 2 \times 0.39982 = 0.79964$,

如以 50 尺為半徑,則 50×0.79964

$= 39.982 \text{ 尺}$ 。如用鋼尺,可自 A 點量 50 尺,於 AB 線上,得 c 點,以尺上之零點於 c 處,以 50 尺處於 A 點,再以尺上百尺處與 39.98 尺處相合,可得 e 點,即為所求 Ae 線上之一點,連 ce,即得所求邊。(圖八)

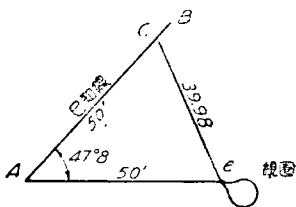


圖七

- (c) 正餘弦法 以所求角之正弦餘弦乘 50' 或 100' 即得底邊垂直邊之長,以此二長會合得 e 點,自 A 及 C 量之,

$$\sin 47^\circ 8' \times 50 = 36.645$$

$$\cos 47^\circ 8' \times 50 = 34.015$$



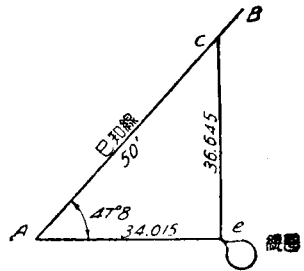
圖八

如用捲尺照圖九之尺寸，即可得一
正角於 e 點處。

§4—4 阻礙物量距，多用幾何方法，
間接量出 或計算得之，可分以下二種：

(一) 丈量之阻礙

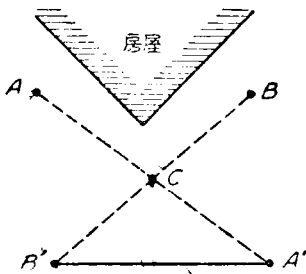
(二) 視線之阻礙 今設數例以明之。



圖九

此兩點，皆可達到者，任設 C 點，使 $CB' = CB$ ； $CA' = AC$ ，則 $A'B' = AB$ 。(圖一〇)

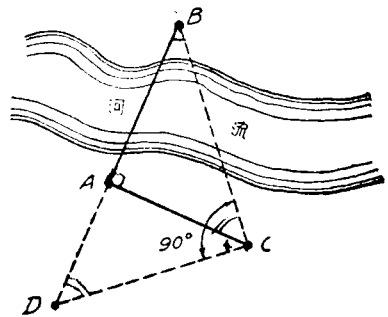
(b) 量兩點之距，中有阻礙物，而此兩點中之一點，為不可達到者。自 A 點作一與 AB 方向垂直線 AC，其長短可任意擇定。



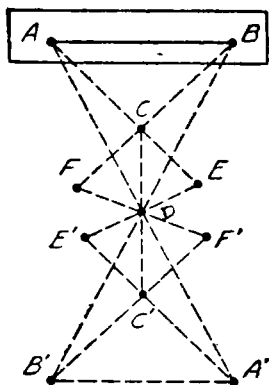
圖一〇

自 C 點作 DC，與 CB 垂直，使 DAB 成一直線，則 $AB = AC^2 \div AD$ 。(圖一一)

(c) 量兩點之距，而兩點皆為不可達到者。AB 為所求距，設 CC' 為任一線，平分於 D 點，在 AC 線上設 E 點，BC 線



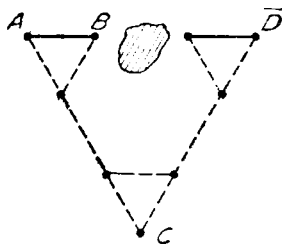
圖一一



圖一—二

上設 F 點，再使 $DE' = DE$, $DF' = DF$ ，
求 A' 點於 AD , $E'C'$ 兩線之交點處，同
時求 B' 點於 BD 及 $F'C'$ 之交點處，則
 $AB = A'B'$ (圖一—二)

(d) 延長一直線經過於阻礙物——設 AB
線須延長
之，作一等
邊三角形
 ACD ，先
在 ACD
三頂點作



圖一—三

較小之等邊三角形即可。(圖一—三)

第五章 誤差總論

§5—1 誤差——測量中之量得結果，未有能絕對準確者，某數量之真值，與所量得數之差為真誤差；但某數量之真值，如不得而知，則真誤差亦永不得知，故測量者如何判定其所量結果之精密，以及決定最近似值，皆為研究誤差中之問題焉。

§5—2 誤差之來源可分三種：

- (a) 天然的——如溫度、風力、折光、地心引力等。
- (b) 儀器的——儀器之構造，及修正之不完全。
- (c) 人爲的——視官、觸官之差誤，及實在錯誤。

§5—3 誤差可分三種：

- (一)錯誤——爲觀測者心思錯亂所致，可以設法預防。
- (二)有定誤差——其來源容易明瞭(如尺長出 $\frac{1}{4}$ 英寸)，可以設法除去。
- (三)偶然誤差——則爲(一)(二)兩種誤差除去後之剩餘誤差，且有時爲正，有時爲負(雖在同樣情形中)；但有定誤差在同樣狀態中，常爲同號同量。

如一量得數，大於某數量之真值，其誤差爲正；如比真值爲小，則誤差爲負。某數量之總誤差，非一種誤差之來源，乃各種誤差來源之代數和也。

如有尺因溫度高，長出 $\frac{1}{4}$ 英寸，此乃有定誤差，因在同溫度下，此尺皆長出 $\frac{1}{4}$ 英寸。如溫度低時，則尺可變較短，故誤差之符號亦變。有定誤差自同一來源(溫度)，可以爲正，可以爲負，但如同一情形(同高溫或低溫)則不能忽爲正，忽爲負矣。又設一觀測者，讀尺時有極小誤差，此種偶然誤差可以爲負，可以爲正；如重複量數次，可以爲同樣或正或負之誤差，如量一距離數次，在同情形之下，則有定誤差每次存在，且同號同量，不能以平均法消去之。但偶然誤差，每次或可爲負，或可爲正，例如數次之平均偶然誤差，必比較每次量之偶然誤差爲小也。故如量次愈多，則偶然誤差可以平均法消去，而有定誤差，則仍存在。誤差又可分相加及相消誤差兩種，如一數之值，須從小數值相加而得者，則任何有定誤差(常誤差)皆爲相加誤差，因在某種情形之下，有定誤差皆同號也。反是則任何偶然誤差即爲相

消誤差之來源。因每一次量之誤差，其號可以爲正爲負，故相消誤差可以互相平均，但相加誤差則不然也。

§5—4 差異者，乃兩次測量一數，結果之不符合數。差異如大，必有錯誤，但差異雖小，不能認誤差即小也。差異非誤差之謂，乃兩次結果之差，其每次結果中之誤差，可以極大。

§5—5 有定誤差(常誤差)之消除，極爲重要，茲設例以明之。一測量者量一線，其真長爲400尺，所用之尺實短 $\frac{1}{2}$ 尺，第一次量得此線長402尺，第二次量402.05尺，此二次之差異，雖只0.05尺，表示量時無大錯誤，但其真差第一次2尺，第二次2.05尺，故測者應先知此尺本短 $\frac{1}{2}$ 尺，將此有定誤差先行改正，然後以差異之大小，方可定工作之精密與否。錯誤與有定誤差二者消除之後，其偶然誤差即可用平均法減少之。

§5—6 誤差之防止及消除法

(a) 錯誤最好以系統的校對法發現之，校對工作爲測量學中之要事，在已知條件與量得結果比較之。例如

- (1) 兩次量一數之差異，應當極小。
- (2) 量二角度之和應等於第三角度(總角)。
- (3) 兩次或數次量得之和，應等於已定數量，如三角形內角之和，應等於 180° 。

(b) 有定誤差(常誤差)可以牢由野外工作系統的方法，半以計算及校正，共同消除或避免之。

如倒視正視一角度而平均之，讀經緯儀兩游尺(Verniers)之

平均數，可改正圓盤之離中心等誤差。

量距尺因溫度而得之誤差，可以計算改正之。

(c) 偶然誤差可以消除，但此種誤差係按數學定律——或然律——按此律，誤差可以用數次測量之結果，比較而減除之。

§5—7 各種誤差來源重要之比較——有定及相加誤差，當然比偶然及相消誤差較為重要，量次愈多，則其平均數，更不易受偶然誤差之影響。誤差大小之限，為比較非絕對的，如量距尺因溫度變遷之誤差，在用溫度計之情況下，即為重要，否則可不計。平面測量不計此誤差，在大地測量中，即為重要。

§5—8 或然值及測量結果分配法——或然值者，乃由觀測值而得，其互相關係較繁雜者，必須明瞭最小二乘法方可，茲舉簡例數則如下。

(一) 當觀測同一數量時

(a) 同數量觀測若干次——其最近似值(或然值)即為所有觀測之平均數，例如丈量一線三次，手續同等精確，得 160.01, 160.10, 160.03 三數，其或然值即為 $\frac{160.01+160.1+160.03}{3} = 160.047$ ；又如量一角度四次，得 $30^{\circ}29'$, $30^{\circ}31'$, $30^{\circ}31'$, $30^{\circ}30'$ 四數，其或然值當為 $\frac{30^{\circ}29'+30^{\circ}31'+30^{\circ}31'+30^{\circ}30'}{4} = 30^{\circ}30'15''$ 。

(二) 當觀測數相關數量時，如數量彼此為二種以上之條件所拘束，彼此關連，則其或然值必屬於“最小二乘法”中求之，如只一種條件為各數量關係者，則其或然值即易算出，測量中有

二類常見之。

- (1) 當數觀測結果之和，須等於一定數量時，二者之差誤為真誤差，可平均分配此真誤差於各觀測結果中，以求吻合一定數量。分配後之結果，可稱各觀測之或然值。

例如三角形中之三角，測得之和為 $179^{\circ}59'$ ，其一定數量為 180° 其真誤差為 $180^{\circ} - 179^{\circ}59' = 1'$ 或 $60''$ ，故所量得三角之結果，每數加 $20''$ ，則其和當為 180° 。

- (b) 當數觀測結果之和，須等於其他觀測一數量時，二者之差為差異，可平均分配此差異，等分於各觀測結果中（其他數量亦在內）。

此一數量非一定準值，故亦可有誤差，等於其他較小觀測數，故分配數，如加於各小觀測數，則必須自其一數量，減去此分配數，反之亦然。例如分測三角而為一第四角之三部分，與前例等於 180° 為三角形三角之和不同，如第四角之觀測數為 180° ，則 $180^{\circ} - 179^{\circ}59' = 1' = 60''$ 分配數為 $60''/4 = 15''$ ，而非 $20''$ ，且加此分配數（ $15''$ ）於該三個角觀測數，而此第四角（總角）減去（ $15''$ ）之故，其總角之或然值，即為 $180^{\circ} - 15'' = 179^{\circ}59'45''$ 。

(a) 與 (b) 之最大分別，即在 (a) 之有真值，充為校對值，不能變動，而 (b) 之校對值，自身亦為一測量數，故亦可含有誤差，與其他一測數相同。

§5—9 誤差之理論(原理)或最小二乘法——此法乃為求觀測中

之最好或最近似之結果而設，所持之假定原理，即謂偶然誤差，可以由多數觀測結果而除去之，如有定誤差，既經消除，則平均數，即為某數量之最近或然值也。

但自實際方面觀之，則因以下三事，而知或然值，實為一理想值也。

- (a) 無限次數之觀測，不能辦到。
- (b) 兩次觀測不能在完全同一的狀態下施行。
- (c) 有定誤差不能完全消除。

如觀測之次數愈多，且有定誤差消除愈多，則某數之或然值，愈近其數量之真值也。

剩餘（不符合數）者，乃一數量一次觀測之值，與或然值之差之謂，故觀測次數若干，即有若干剩餘值也。

或然誤差者，乃尋常一數值；某數量中所含真誤差，可以忽比其或然誤差為大，忽比為小，機會皆實相等耳。

例如一線之或然值為 528.91，其平均所得之或然誤差是 ± 0.034 尺，而 528.91 之真誤差不能過 ± 0.034 。

§5—10 或然值與或然誤差之用途

或然值者，在測量學中，用之充數次觀測之修正（如平均法）；或然誤差者，乃用之表示觀測之精細。

平均法得到之或然值，所生或然誤差之比較，可定兩個或然值之精粗，如得

	或然值	或然誤差
第一次	528.91	± 0.034
第二次	528.94	± 0.065

將第一次所有觀測平均數之或然誤差，約為第二次之半，故表示 528.91 可比 528.94 精細一倍。

§5—II 量距中誤差之來源有四：

1. 尺長之誤差與尺之刻劃差；
2. 溫度之誤差，及其他天然來源；
3. 施測手續之誤差，如尺之不水平，不直伸等；
4. 個人錯誤。

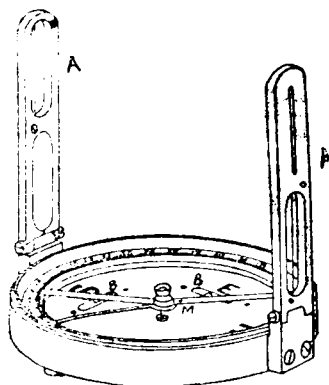
誤差之表示法，多以 $\frac{1}{500}$ ， $\frac{1}{1000}$ ， $\frac{1}{1250}$ ，記之。

例如 0.05 米之誤差，在一全長 714.85 米中，其誤差即可用 $\frac{0.05}{714.85}$
 $= \frac{1}{14297}$ 或 $\frac{1}{14300}$ 表示之。

第三編 羅針儀 (俗名羅盤)

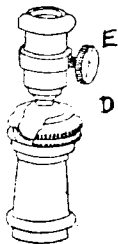
第六章 羅針儀之構造及測法

SG-1 羅羅爲我國最古之物，惟不事改良，故不適於測量之用。尋



常羅盤，名曰測量師羅盤，其重要部分爲羅盤分度圈 (Compass circle)、磁針 (Magnetic needle)、測望標 (Sight standard)、水平泡 (Level bubble) 及各種附屬物。羅盤分度圈者，用以指示線之方向者也，其構造之法，將全圓周分爲四象限，在十字線上書以 S(南)、N(北)、E(東)、W(西)四字，惟東西方向相反。(定方向簡法，爲前南後北，左東右西。由圖一四觀之，如人立於圓圈之中心點，以面向 S，則爲前南後北，左西右東，故東西之方向相反。)此正利用其相反之方向，以定線之方向也，以 N 及 S 爲零度，

圖一四



自 N 至 E 或 W 皆爲 90 度，自 S 至 E 或 W 亦爲 90 度，其所分之度數，分至半度爲止。在圈之正中之樞軸上，安置一磁針，針可運動自如，常指一定之方向，即南北是也。磁針所指之南北爲磁鐵之南北，與地球之南北不同，因磁鐵之南北極，與地球之南北極，並非吻合，故磁針之用，所以指地磁之南北，即磁子午線是也 (Magnetic meridian)。

羅盤分度圈，亦有全體爲磁性，常取一定位置，由外筒之指針移動，可讀得度數者。

羅盤之平板上有二豎桿，如圖一四中之 A A，此爲測望標桿，有細隙，與 N 及 S 正對，即測量方向時，用以窺望者也。此外有二水平泡 B B，其安置之法，互成直角，以爲定儀器水平之用。

磁針及分度圈，皆放於一圓扁盒之內，上蓋玻璃，如不用羅盤之時，可將螺釘旋緊，令磁針緊貼玻璃，免其旋動。羅盤之底有接頭如 D 接於三足架上，以接頭爲轉軸，羅盤之全部分，可以旋轉，故測望任何方向，可將羅盤旋轉，至與所測之方向正對時，將螺絲 E 旋緊，羅盤即不能轉矣。

§6—2 羅盤測量法

羅盤者，爲測量線之方向者也，其法可以羅盤下面之接頭，安置於三足架之樞軸，次將架放於所測量之直線任何點上，令羅盤之樞軸，正在直線之任何點上。此等置法，可以一懸錘，掛於三足架下面，俟懸錘定時，視錘尖與所測直線之定點正對否，如不正對，則將架移動至正對爲止。再將羅盤安平，然後將羅盤旋轉，以 S 近身，以 N 向

外，並用眼由測望標之細隙觀望，至正對直線之方向（即地面上之兩點）時，將螺絲 E（圖一四）旋緊，勿令羅盤再有旋動，然後視磁針所指之度數，即可知所測直線之方向。惟定度數之時，恆以磁針北極為準，而定得度數之前，恆寫一 N（北）字，或 S（南）字，度數之後，寫一 E（東）字或 W（西）字，此等書法，可立一通例如下：

(1) 定南北 (S 或 N)，磁針之北極，近 N，則書一 N 字，近 S，則書一 S 字。

(2) 定度數，以磁針之北極為主，視其所指之度數，離最近之零度為若干度，即書若干度之度數於前定得之 N 或 S 字之後。

(3) 定東西 (E 或 W)，磁針之北極近 E，則書一 E 字，於前定得之度數後，如

近 W，則書一 W 字，於前定得之度數後。

試再舉例

以明之，如

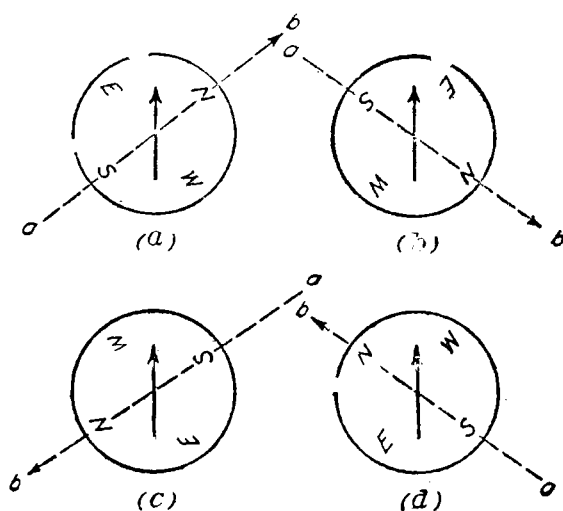
圖一五 (a)，

ab 線之方

向，為北

六十度東

(N 60° E)；



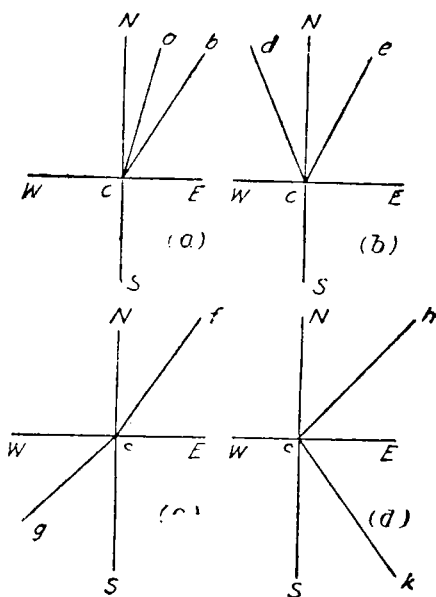
圖一五

(c)圖 ab 線之方向，爲南 60 度西(S 60° W)；(d)圖 ab 線之方向爲北四十五度西(N 45° W)等。如羅盤分度圈之度數，分至半度（即三十分）者，則定得之度數，可讀四分之一度（十五分）。

§6-3 羅盤測角法

以羅盤測角度，不能得到精密之數，惟以磁針所指之方向，常爲一定，故可利用羅盤定向之法，以量角度之大小。角度必由兩直線相交而成，如圖一六(a)中，a c b 爲地面上三點，欲求 a b 兩點與 c 點所成之角之大小，則可置羅盤於角點 c 上，安置羅盤之時，必以懸錘掛於三足架之下面，以錘尖正對 c 點爲止，次用 §6-2 測法，可測得 ca 及 cb 兩直線之方向，然後由兩直線之方向，推求其所夾角度，茲擬數例如下：

- (1) 如測得兩直線之方向，其頭字及尾字 (N, S 爲頭字，E, W 爲尾字) 均相同者，則兩度數之較，爲兩直線所成之角，例如



圖一六

圖一六 (a) ca 線之方向爲 $N 30^\circ E$, cb 爲 $N 45^\circ E$, 則 acb 角爲 $45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$ 也。

(2) 如測得兩直線之方向其頭尾字均各異者, 則於 180° 度內, 減去兩度數之較, 其差數即爲兩直線所成之角, 例如 (c), cf 線之方向爲 $N 30^\circ E$, cg 爲 $S 60^\circ W$, 則 fcg 角爲 150° , 因 $180^\circ - (60^\circ - 30^\circ) = 150^\circ$ 也。

(3) 如測得兩直線之方向, 其頭字相同而尾字各異者, 則兩度數之和, 爲兩直線所成之角, 例如圖一六 (b), cd 線之方向, 爲 $N 30^\circ W$, ce 爲 $N 45^\circ E$, 則 dce 角爲 75° , 因 $30^\circ + 45^\circ = 75^\circ$ 。

(4) 如測得兩直線之方向, 其頭字各異而尾字相同者, 則於 180° 內減去兩度數之和, 其餘數即爲兩直線所成之角, 例如 (d), ch 之方向爲 $N 45^\circ E$, ck 爲 $S 60^\circ E$, 則 hck 角爲 75° , 因 $180^\circ - (45^\circ + 60^\circ) = 75^\circ$ 也。準此四例, 則知兩直線之方向, 即可求此兩直線所成之角度也。

§6—4 局部偏倚之偵察及消除

(a) 偵察——如羅針儀已經修正, 且觀測時皆無錯誤, 而一線之兩端, 所讀之方向不相照合時, 則有“局部偏倚”在其一端或兩端, 如欲定何者爲真正方向角, 可將羅針儀立於此線之任何第三點上, 再看此第三方向角與前二者何者相合, 或再看一第四點, 直至有二方向角相同之時而後止。

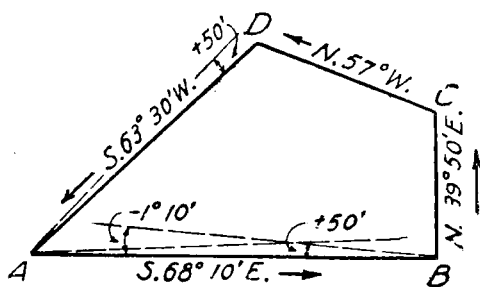
(b) 消除——兩線中之夾角, 可以自兩方向角計算得之, 但二方向角皆須自同一站點 (即二線之交點) 所讀者方可, 此種事

實，供給消除“局部偏倚”之方法，在許多相連各線之方向角中，茲特設例如下。

表一 磁針測角法

站 點 (Compass at)	線 (Line)	方 向 角 (Bearing)	改 正 法 (Correction)	改 正 後 方 向 角 (Corrected bearing)
A	AD	N 62° 40' E	+ 50'	N 63° 30' E
	AB	S 69° 0' E	- 50'	S 68° 10' E
B	BA	N 67° 0' W	+1° 10'	N 68° 10' W
	BC	N 41° 0' E	-1° 10'	N 39° 50' E
C	CB	S 39° 50' W	0	S 39° 50' W
	CD	N 57° 0' W	0	N 57° 0' W
D	DC	S 57° 0' E	0	S 57° 0' E
	DA	S 63° 30' W	0	S 63° 30' W

圖一七中，每一線之方向角，在一線之兩端均讀其數，記載於表一，表一第三行中，只有 CD 線兩端之方向角相合，故可知 C 與 D 兩站上無“局部偏倚”，則 DA 之方向角 = S 63° 30' W 必為真確，但在 A 站所讀 AD 之方向角為 N 62° 40' E，表示 A 站有 +50' 誤差，由“局部偏倚”而生（時針同向為



圖一七

(+)，時針反向爲(-)，再將此改正數 $-50'$ 加於 AB 之方向角， $S 69^{\circ} 0' E$ ，則改正方向角(AB)應爲 $S 68^{\circ} 10' E$ 也。但 B 站之讀數，BA 爲 $N 67^{\circ} 0' W$ ，故須加改正數 $(-1^{\circ} 10')$ ，於 B 站所讀數，則 BC 之方向角應由 $N 40^{\circ} 0' E$ 改爲 $N 39^{\circ} 50' E$ ，此數恰與 $CB = S 39^{\circ} 50' W$ (在 C 站所讀)相合，故可改正各線之方向角也。

如表中無一站兩方向角相合者，可以先假定第一站爲無改正數，照例進行，以後再查改正數中必有數站上皆相同者，故可任取此中之一站，爲無“局部偏倚”而重複進行，消除各線之誤差，羅針儀測量手簿格式，可如表二。

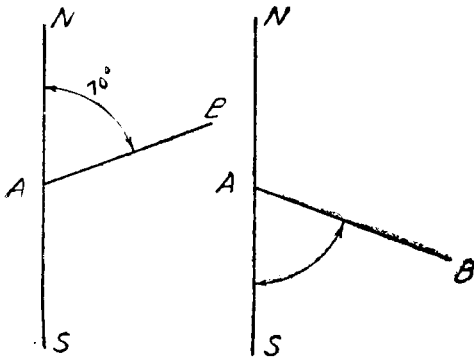
表二 羅針儀測量手簿格式

站 (Station)	線 (Line)	方向角 (Bearing)	長 度 (Length)	備 註	
D	DE	S $1^{\circ} 20' E$	229.7	皆 爲 磁 針 的	所 有 方 向 角
	DC	S $72^{\circ} 55' W$			
C	CD	N $72^{\circ} 55' E$	155.0		
	CB	N $8^{\circ} 45' E$			
B	BC	S $8^{\circ} 45' W$	87.3		
	BA	N $22^{\circ} 10' W$			
A	AB	S $22^{\circ} 10' E$	107.8		

第七章 磁針方向角及子午線方位角

§7-1 一線之磁針方向角

如一南北線經過一線之一端，兩補角於是成立，小者即為該線之



圖一八

磁針方向角，如圖一八，

(1) AB 之方向角為 N

$70^{\circ} 00' E$

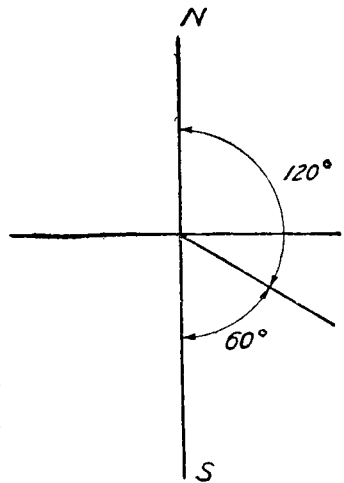
(2) AB 之方向角為

$70^{\circ} 00' E$

方向角常自北或南往東或西起算若干度，永不白東或西點起算，故方向角最大不能過九十度。

例如一線自北起算至 120° ，其方向角不能寫 N $120^{\circ} E$ ，而應寫 S $60^{\circ} E$ (圖一九)，真正方向角 (True bearing)，為一線之方向角以真正子午線為南北線者，磁針方向角 (Magnetic bearing) 為一線之方向角，以磁針子午線為南北線者，此為在羅針儀中用磁針讀定者。

真正南北線 與 磁針南北線 所成之角度，名為磁偏角 (Magnetic declination)，此磁偏角各地不同，某地每年亦不同也。

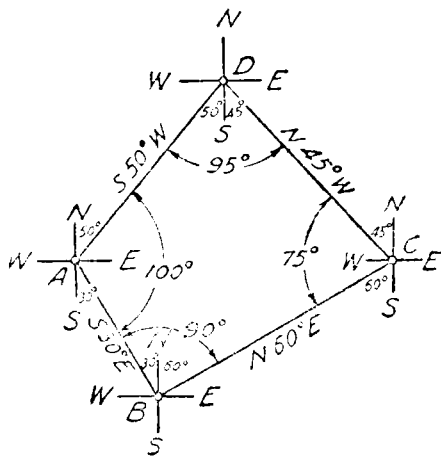


圖一九

§7-2 前方向角後方向角

每一定長之線，有二方向角，如某線自一端之方向角為 N. E.，則自另一端之方向角必為 S. W

例如：一線之方向角，只云 S 30° E，或只云 N 30° W，則不知 B 點究在 A 點之東南，抑在 A 點之西北；但如自 A 至 B (AB) 方向角為 S 30° E，並自 B 至 A (BA) 為 N 30° W 則與解釋盡釋，所謂前方向角者，為順全體測量方向之方向角也，而後方向角者，其方向



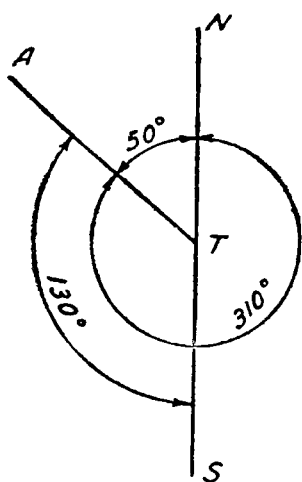
圖一〇

適相反，此二方向角度數相等，而字號相反，如 N 為 S，E 為 W 之類。

§7-3 子午線方位角為某線與一南北線所成之角，大都自北端為起點，向時針方向計算，方位角與方向角之區別在方位角之角度皆自 N 端順時針方向計算，由 0° 至 360° 止，亦可自 S 端順時針方向計算，由 0° 至 360° 止。

例如：AT 之方位角，如自 N 起，為 N 310°，如自 S 起，為 S 130° 也。(圖二一)

§7-4 方位角之普通定名

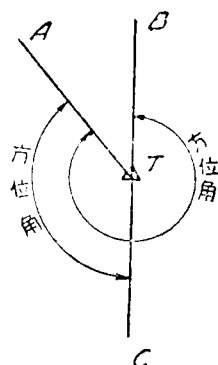


圖二一

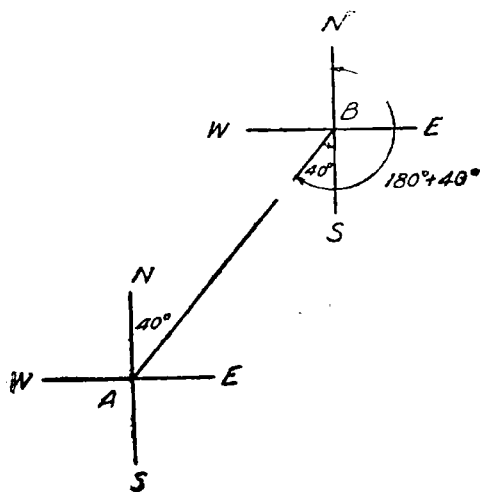
方位角者，實為一線與任何根據線所成之角（順時針方向計算），例如：設 BC 為任何根據線而非一定南北線，TA 之方位角，以 BC 為根據，即為 BTA（如自 B 點起算）或為 CTA（如 C 端為起點）。

在尋常測量中，第一測線，可充以次各線之根據線，但多以磁針南北線為根據，故各線之方位角，可以磁針校對之。

（圖二二）



圖二二



圖二三

§ 7-5 後方位角

每一定長線之兩端，有兩方位角，例如圖二三中，AB 之方位角，自 A 端起

算，即爲 $N 40^\circ$ ，但如自 B 端起算，即爲 $N 220^\circ$ ，如測量進行方向爲自 A 至 B，則 AB 之方位角爲 $N 40^\circ$ ，而 $N 220^\circ$ 爲後方位角也。因方位角皆順時針方向計算，故後方位角常等於前方位角加 180° ，如其和多於 360° ，則減去 360° 計算。

第四編 水準測量

第八章 水準測量之理論

§8—1 水準測量，其目的有二：

(一) 決定比較表面上土地諸點之高，求二點間之水平差。

(二) 設立多點於水平高，用一已知點之標高為準，如平一片土地及致平路線於坡度上。

§8—2 水準標基 (Datum)，為水準測量中零高度，其餘各點之高度，皆以此標基為起點。

§8—3 水準基線及水準基面 (Datum line and plane) 二名詞，不甚通用，常以 Datum 一字代之，全地球最好之標基，即以海平面。其餘各點高度，皆以高出海平面，或低下海平面若干記之。為方便起見，常可假定一標基，即可求得其餘各點之相互高度。

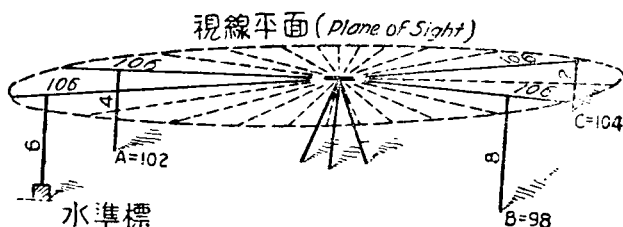
§8—4 水準標 (Bench mark) —— 水準標者 乃一定根據點，其高度與所假定之標基為已知數，可用之為水準測量之起點，或作終點之校對點。

§8—5 凡點之高度，須決定或設立者，皆稱 站點，站點乃水平尺所立之點。

§8—6 視線平面 (Plane of sight) 者，即為良好水平儀之視線所轉一週而成之面，無論任何方向，其視線皆在此視線平面中。

§8—7 水準測量之二要部——水平儀安定後，第一步須知視線平面之高度，可自已知高度點(如水準標)以水平尺往上量至此視線平面；

第二步為自此求得之視線平面之高度，往下量至所求之點，此二部工



圖二四

作，實為水準測量之第一要義，而可包括一切理論也。

例如圖二四中之水準標為 100 尺 (在某零點標基上)，欲求地上 ABC 三點之高度，亦以原零點標基為起點，水平儀安定後，第一步即為決定視線平面之高度。設立一水平尺於標基上，而自水平儀窺讀水平尺，得六尺，則自標基至視線平面必為 6 尺，而此面自零點起算之高度，必為

$$100 + 6 = 106;$$

$$B. M. (\text{水準標}) + B. S. (\text{後視數}) = H. I. (\text{水平儀高度})$$

如以視線轉至 A 處所立之水平尺，讀得 4 尺，則 A 處之高度，必比視線平面之高度低下 4 尺，故

$$106 - 4 = 102$$

$$H. I. - F. S. (\text{水平儀高} - \text{前視數}) = \text{Elev.} (\text{高度})$$

他如 B, C 兩點之前視數, 爲 2 與 8 尺, 則其高度可自

$$106 - \begin{cases} 2 \\ 8 \end{cases} = \begin{cases} 104' = C \\ 98' = B \end{cases} \quad \text{得之。}$$

§8-8 後視數 (Back sight, B. S.) 者, 爲水平尺立於已知高度點上, 被水平儀視線平面所切之數, 亦即用以加於已知高度, 而得視線平面高度之數也, 如前例 6 尺是。

§8-9 前視數 (Fore sight, F. S.) 爲水平尺立於未知高度點上, 被水平儀視線平面所切之數, 亦即用以自視線平面高度減去, 而得該點高度之數也, 如前例 4, 2, 8 尺是。

後視數、前視數亦有以加號減號 (+)(-) 表示者。

§8-10 簡式如下

B. S. = Back-sight = 後視數 = (+)

F. S. = Fore-sight = 前視數 = (-)

H. I. = Height of instrument = 水平儀高度

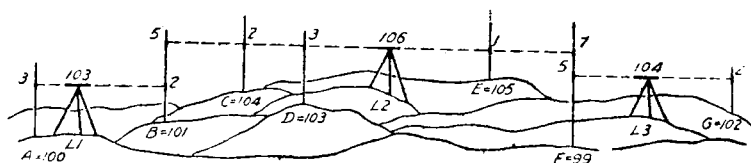
Elev. = Elevation of station = 所求某點之高度

T. P. = Turning point = 倒鏡點

B. M. = Bench mark = 水準標基

Int. = Intermediate station = 中間站點

§8-11 如所求各點之高度, 皆由一次安定水平儀可以讀得, 則甚易明瞭, 但如各點相距甚遠, 水平儀須移動數次, 則其方法, 亦爲重複第一第二兩步。每次移動水平儀, 則須另有一新水平儀視線高度, 可以自已知高度點之後視數得之。今設一例如圖二五以說明之。



圖二五

設圖中虛線為視線平面水平尺上所切之數，記於尺旁，則依以上公式，可移動水平儀三次， L_1 至 L_2 至 L_3 。則得

$$B. M. + B. S. = H. I. \quad \text{當水平儀在 } L_1,$$

$$100 + 3 = 103$$

$$H. I. - F. S. = \text{Elev.}$$

$$103 - 2 = 101 = B \text{ 點高度}$$

$$101 + 5 = 106 \quad \text{當水平儀在 } L_2, \quad 106 - 2 = 104 = C \text{ 點高度}$$

$$106 - 3 = 103 = D \text{ 點高度}$$

$$106 - 1 = 105 = E \text{ 點高度}$$

$$106 - 7 = 99 = F \text{ 點高度}$$

$$99 + 5 = 104 \quad \text{當水平儀在 } L_3, \quad 104 - 2 = 102 = G \text{ 點高度}$$

§8—12 中間站點者，其目的專為決定該點之高度，或設立該點於某一定高度也，如圖二五中之 C, D, E 三點是。

§8—13 倒鏡點者，為讀後視數之點，而得水平儀之高度也，如圖二五中之 A, B, F 三點是也。

§8—14 倒鏡點之重要，較中間站點為大，因倒鏡點如有差誤，其次之各點高度皆受影響，而中間站點如稍有差誤，則只有一點受影響故也。

例如圖二五中之後視數 B 處之 5 讀為 6 時，則視線平面高度，變為 $101 + 6 = 107$ 而非 106，故 C, D, E, F 各點之高度，皆變高一尺，如 $107 - 5 = 102$ 。但如 C 點有差誤時，以 2 為 3，則 C 之高度變為 $106 - 3 = 103$ ，比原高度低一尺，而其他各點，並不受影響。

§8—15 測量水準手簿之式樣，種類不同，但可舉數標準格式，以例其餘。下表中六行為野外水準簿之左頁，其右頁為記各站點及其他說明之用。

§8—16 校對水準手簿之規則

表三 水準手簿之格式

左 頁 右 頁

(a) 將所有後視數相加，再將所有倒鏡點之前視數相加，二和之差，應等於第一站及最終站高度之差。

如表三中後視數之和等於 13.0，倒鏡點上前視數之和為 11.0，故二者之差為 $13.0 - 11.0 = 2.0$ 應與 $102 - 100 = 2$ 相等也。在水準測量

站名	B. S. 後視數	H. I. 水 平 儀 高	F. S. 前 視 數		Elev. 高 度	此頁詳記各重要點之位置及說明
			T. P. 倒鏡點	Int. 中 點		
A	3.0	103.0			100	
B	5.0	106.0	2.0		101.0	
C				2.0	104.0	
D				3.0	103.0	
E				1.0	105.0	
F	5.0	14.0	7.0		99.0	
G			2.0		102.0	
	13.0 -11.0		11.0			
	2.0		Check	校 對		

繞一迴旋路線時，則第一站即為最終點，故二者之差，如工作精密時，應等於零。

- (b) 此乃對於室內工作之校對法，可發現計算儀器高度之差誤 (H. I.) 及倒鏡點之高度，而不能查出用水平儀讀水平尺等之差誤也。

§8—17 專求高差水準測量者，其目的只在求二點或數點高度之差，而不論各點之距離。

§8—18 縱截面之水準測量，其目的只在求一定距離各點之高度，而繪成一縱截面圖也。

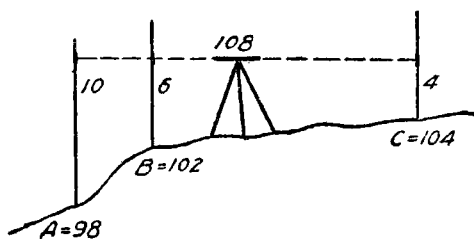
§8—19 橫截面水準測量，其目的在得與正線成正角線上，各點之高度，而繪成橫截面圖也。

§8—20 設立某點於一定高度，等於測某點高度之正反面。

- (a) 坡度者乃與水平線成角度之謂，其大小常以百分法計算，如每水平百尺，垂直量一尺或二尺，則稱之為 1% 或 2% 坡度。

- (b) 坡度尺數者，即由視線平面量至一定高度之距離，可自視線平面之高度，減去一定高度，即得坡度尺數 (Grade rod) 也。

例如圖二六中之 A, B, C 三木樁，須



圖二六

打入土中，而其頂端之高度，為 98, 102, 及 104 尺，視線平面

之高度爲 108 尺，則 A, B, C 三處之坡度尺數必爲

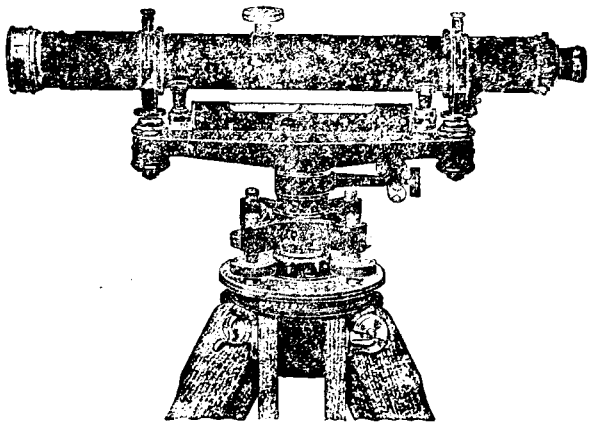
$$108 - \begin{cases} 98 \\ 102 \\ 104 \end{cases} = \begin{cases} 10 \\ 6 \\ 4 \end{cases}$$

第九章 水準儀與水平尺之構造及使用法

§9—1 水準儀者，用以設立一水平視線於地球面上任何點，除手持水平外，皆安置於三足架上。其種類有二，一名 Y 式水準儀，一名單笨 (Dumpy) 式水準儀，每種皆有鉛直軸 (Vertical spindle)，致平端 (Leveling head)，其上端兩面立柱，支一望遠鏡 帶一水平泡。望遠鏡之長，可自 12 至 33 英寸，其致平端，有四水平螺旋，有時亦有三個者，故較穩定。

Y 式水準儀名稱，因望遠鏡係置於二 Y 中，此式有三特點：

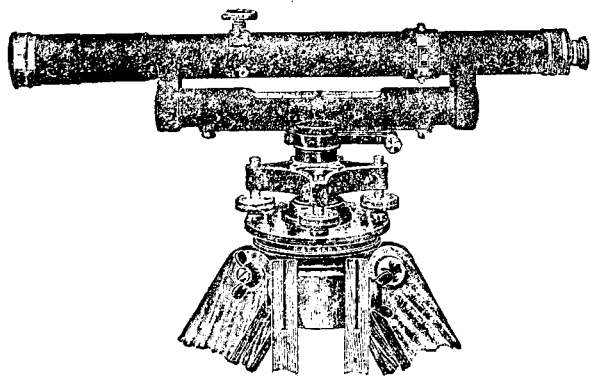
- (一) 望遠鏡能在二 Y 中，繞其自軸而旋轉。
- (二) 望遠鏡可以自二 Y 中取出，



圖二七 (a)

兩端轉向，而重置於 Y 中，其目的在易修正；但望遠鏡上之輪圈 (Rings) 直徑，非相等不可，否則二輪圈直徑不等，必致修正無效也。(圖二七 (a))

單笨式水準儀者，其望遠鏡為與橫軸相連接，而不能繞自軸旋轉，亦不能取出轉向，雖不易修正，但一次修正之後，則不



圖二七 (b)

易變更，此式較簡單堅固。(圖二七 (b))

水準儀各部分，可分誌如下：

(a)關於三足架者

- 三足架足
- 三足架頭
- 三足架螺釘
- 三足架螺釘頭鈕
- 三足架螺釘墊圈
- 三足架盤

(b)關於水準儀者

致平頭部
致平螺旋
中心軸
水平橫桿
水平橫桿釘住鈕
水平橫桿釘住鈕緩動螺旋
可修正之 Y 端
不動 Y 端
Y 之夾栓
Y 之^上部修正螺鈕
下
Y 之夾栓鎖
望遠鏡管
望遠鏡承座圈
望遠鏡水平管
望遠鏡水平管修正螺栓
望遠鏡水平修正螺旋
望遠鏡水平支桿
物鏡
目鏡
蛛絲網縱橫線圈
蛛絲網縱橫線圈修正螺旋

齒輪頭

齒輪頭螺旋

避日筒

望遠鏡筒端蓋

§9—2 當安置水準儀時，其重要目的，在使望遠鏡之軸水平，故視線永在同一水平面上旋轉。立三足架之腿於地上，使安定後，得一適宜高度，再將望遠鏡與兩對角螺旋在一鉛直面內，再動螺旋，使望遠鏡水平，然後再轉望遠鏡與另一對角螺旋在一鉛直面內，仍使水平，務使望遠鏡在任何方向而水平泡總在中央。

§9—3 水平尺之讀法有二：

一為舉尺者 (Rodman) 上下自動標記 (Target)，候看水準儀者，給以停止號誌，即知標記之中央，恰與水準儀中之水平線相合。

二為看水準儀者，自讀尺上之分格，可直接讀得其尺數，而不用標記。

§9—4 標記水平尺有尋常十分格者，亦有用游尺 (Vernier) 者，其讀法亦不同，標記之分格尺，為十分之一英尺，細分二十分，故可讀至百分之一及二百分之一尺 (0.01' 及 0.005')，標記分格上之零點，恰為標記之中心線。

讀法如下：

(a) 先注意在零點下之水平尺上尺數。

(b) 次注意在零點下之水平尺上十分之一尺數。

(c) 如無相合處，即可注意其大約之千分之五尺數，總加之，即得

其水平尺數。

§9—5 標記水平尺用游尺讀者，水平尺上可以讀至百分之一尺，
 將游尺上之九格分成十格，則可自游尺上讀千分之一尺矣。

讀法——自游尺零點下，讀尺上之尺數 $1/10$ 及 $1/100$ 尺數，再
 自游尺任何格與尺上格相合處，讀 $1/1000$ 尺數即得。

§9—6 游標水平尺——百分之一公尺，係由水平尺上讀之，而非
 自標記上讀出，標記上由游尺讀千分之一尺，而非估計。

讀法(1)由游尺之 0 點地位，讀出公尺數，十分之一公尺及百分之
 一公尺數。

(2)自游尺上之任何點與尺上相合處，讀千分之一公尺數。

§9—7 延長之讀法——如水平尺已逾七尺高，則將水平尺之前
 半部分延長，而自尺之後半部分讀之。

§9—8 手持水平 (Hand level) ——將水平持至眼處，將另端高
 下，使水平泡之反光恰與橫線相切，即為水平。此水平視線即為眼之
 高度視線，其用法有二。

(a)直立以手持之——水平視線高度，係以人所立處高度，加人眼
 距地之高即得，任何點與此視線相切，即與人眼等高，上下山
 量坡度時，即可先看准此等高點，再走至此點，繼續往上或下
 進行，而得全山之高度。

(b)立水平於一已知高之竿上，如五尺高，此法比前法較佳，因每
 次皆五尺高，而前一法則須看每人之眼高而定。

手持水平只為求大約結果，而測等高線時常用之，如後視某標點

基上，即可得某起點之高度也。

例如欲測五尺一竿之等高線，最近之標基高 93.684 尺，以手持水平置於五尺木桿上，下山移動，直至能看標基上之水平尺 1.316 之處，則行停止，如是視線平面必為 95 尺，而木桿之底處，即為 $95 - 5 = 90$ 尺高度。

第十章 水準測量野外工作法

§ 10-1 水準隊——隊中至少須有看水準儀者，及立水平尺者各一人，如在不平之地，有時尚須一用斧者，立水平尺人可增至五人。

看水平儀者

立水平尺者

用斧者

立水平尺者應帶之件如下：釘子、顏色筆、木槓子、斧子、皮尺、水平手簿、及水平尺。

看水平儀者應帶之件如下：經緯儀隊之手簿、標基高手簿、修正螺針、水準儀。

二人皆須同帶硬鉛筆(4H 或 3H)、草算本。

§ 10-2 在水準隊出發之先，須預知以下數字：

1. 如何安置水準儀；
2. 如何用望遠鏡而得明確結果；
3. 如何讀水平尺；
4. 水平尺上，何處為最易發生錯誤(即如 6 與 9 處)；

5. Datum, Bench-mark, Station, 與 Plane of sight 之意義如何;
6. H. I., B. S., F. S., 與 T. P. 之意義如何;
7. 因何 T. P. 點上之讀數, 須比中間點上者為重要
8. 如何記手簿法, 及校對法。

§10—3 讀水平尺數之二法

- (1) 許多中間點之讀數, 可由看水準儀人直接讀之, 無須用尺上標記。
- (2) 如在倒鏡點, 或在某點須讀至 1/100 尺者, 則須用標記, 由立水平尺人讀之。

§10—4 起首點或稱第一後視點。

如只須得各點互相之高度時, 可任意選擇一處為起點, 即為標基, 並假設其高度為 100, 1000, 或任何數, 只須無負高度即可, 故雖至低之點, 亦在零點高度之上也。

如各點高低, 須對於某定標基零點起算者, 出發之先, 即應先知最近標基之高度, 用之為起點。

如無最近標基可得, 亦可先假設起點標高, 先使水平進行, 隨後由某處標基再測水平至假設標高點, 故先假設之高度, 可以改正, 而使合於對某標基之高度也。

§10—5 不論各點距離之水準測量 (Differential) 與論各點距離之水準測量 (Profile leveling), 其野外工作程序, 皆甚相同, 前者之重要分別為各點皆為倒鏡點, 而後者則各站中有中間點也。

(a) 不論距離之水準測量，其手續如下：

看水準儀人將水準儀，先設置一處，可望見起首點上之水平尺，立水平尺人將標記上下移動，直至“正對”而止。再舉水平尺一次決定對否，然後讀數。當向前行經過水準儀，而往第一倒鏡點時，看水準儀人即與立尺人校對讀數，各人備一手簿而記載之。隨選一倒鏡點，其距離水準儀與距後視數大約相等，再看標記而默記之，看水準儀人即將水準抬起往前進行，當經過立水平尺人而往第二處設立時，即與水平尺人校對讀數，同時記入手簿中。此為第一次完全手續，以後即照此重複，毫無區別。

(b) 論距離之水平測量(縱截面圖)

此項工作與(a)相同，惟各站間之距離，須預為測定。一次安定水準儀後，可以看許多中間點上之前視數，每次看得倒鏡點上後視數後，即應先看次倒鏡點上前視數，以免儀器移動，然後再看各中間點之前視數。

§10—6 前視數與後視數間之距離

尋常工作中，欲得良好結果，視線之長不過 300 英尺，亦不小於 100 英尺。在平坦之地，選擇倒鏡點之趨向，多屬太遠，故視線距太長；斜坡之地，其趨向則相反，但視線距太短，可用繞曲法 (Zigzag) 而選倒鏡點焉。每次設立水準儀，總使在前倒鏡點之前視數距，與後倒鏡點上之後視數距，大約相等。

§10—7 水準儀應立於不易搖動之處，以三足架能得堅固地基

爲佳，立於兩倒鏡點中間。欲達此目的，可於上下山時，用繞曲法使山上與山下之視線距相等。在極斜坡處，初學者皆喜用長距離，在上山時常覺視線太高，不能與山上之尺相遇，故徒費時，而須重設。

當下山時，可將水準儀設立某處，務使視線高度，將交於水平尺之底端，最善方法，卽以兩手握三足架之兩足，而立一腿於地上，速將望遠鏡上下移動，直至相當高度，再看視線將切尺上何處。

§10—8 選擇倒鏡點位置

倒鏡點之位置，大半以視線長短及水準儀之位置而定，充此倒鏡點之目的物，須具以下性質：

1. 堅固穩定；
2. 易於形容及尋覓；
3. 確定及不易錯誤之物。

§10—9 立水平尺法

當有風之時，欲舉立水平尺垂直而穩定，實非易事。如人正立尺後，用兩手舉尺，固可使尺穩定，但最好立於尺旁，因可看出尺之前後俯仰，而看水平尺人，可以用垂直珠絲綑，查定該尺之左右傾斜也。房屋之直邊，或鉛錘線，皆可用之充一標準。

§10—10 設立標基 (B. M.)

- (a) 永久的——永久標基(如城市 B. M.)應當小心設立，並須於鄰近設立根據點，以便尋覓，詳細說明其位置及數次水準測量校對後之高度。此種標基，須立於地面下，各城市中，皆有全城標基之詳細記載簿。

(b) 暫時的——暫時標基，可用之於進行測量中，任何穩定堅固及比較永久的目的物，皆可用之，如樹根上之小釘，以顏色粉筆書標基及高底於樹幹上，即可充此暫時標基也。其餘如石階、門柱、大石塊高頂之類，皆可用之。

(c) 何處應立標基

- (1) 水準測量之起首及終點，皆應設立標基。
- (2) 中午工作暫時停頓之時，或將夜收工之時。
- (3) 每數百公尺距離，應有一處標基。
- (4) 支線水準測量開始之處。
- (5) 經過某山之底及峯處。
- (6) 在鐵道及道路叉道兩端。
- (7) 河流之兩岸。
- (8) 在城市中，街道轉角處。

§10—11 中間點之視線讀數，常可讀至十分之一尺，不用標記，故對某項工作，而定讀尺之精密度數，例如在極鬆軟土上，稍稍移動，即可升降十分之一尺，而讀尺數反至千分之一尺，即為無謂之舉，但如設街道邊石之坡度，其中間木樑，皆須非常精細。

§10—12 站點之記號法

工作開始，各站依次記號，在 Differential leveling 中，每站皆為倒鏡點，其數目不能間斷；在 Profile leveling 中，則倒鏡點並不另列記號，只在某點旁書 T. P. 二字，並在各頁繪圖，以明其地何在。在 Profile leveling 中，尤以鐵路測量中，每站之記號數，即為自某站

點計算之距離數也。如 0+50, 1+00, 1+50, 2+75, 與 140+67.8 站, 其意蓋指各點距第一站(0+00) 與每站之距離為 50', 100', 150', 275' 及 14067.8 尺或公尺也。

§10—13 校對水準測量

校對水準手簿, 為校對內業計算之錯誤; 校對野外工作, 即可重複測一次, 回歸於原起點。此種校對水準測量, 只在 B. M. 上或重要, T. P. 點上測定, 毋須校對每個中間點也。

§10—14 設立坡度木樑

此為設立木樑, 指示自地面應有挖掘 (Cut) 或填充 (Fill) 多少, 可以致平或致一定坡度之高低。坡度木樑於線邊石、馬路鋪砌、溝渠、基礎等, 先定視線高度 (H. I.), 各點應有之高度為已知, 坡度尺該可以計算, 此實與尋常水準測量手續相反。

設立木樑之方法, 有下列數種:

(1) 每木樑之頂端, 皆打至所需高度 (At grade)。

此為理想方法, 實際不易辦到, 因木樑頂端, 常須打入地面之下; 或高出地面之上。

(2) 每一木樑頂可打至距離原定高度, 一尺、二尺、或整數尺, 在地面上下, 此法常用。

(3) 每樑可打至差不多所需高度 (Approximate to grade), 隨後再將木樑旁劃一橫線, 或將木樑頂砍去少許, 使此橫線或木樑頂端, 適在所需高度。此法與木樑不能打下時相同。

(4) 每木樑可以隨便打至任何高度, 其頂端之高, 隨後決定, 再

在樑旁記其“挖掘”或“填充”之數（由樑頂算至所需高度）。

(5)任打一樑，記其“挖掘”或“填充”於其旁（係由地面算起至所需高度）。

§10—15 普通進行程序

每點所定高度，在每木樑處，應先決定，出發之前，應先計算，此項高度，登入手簿內。

當水準儀安置後，即知視線高度，坡度尺數，即可計算得知，每一木樑，皆有一坡度尺數也。

如用十四節中(1)法，即可將水平尺標記置於坡度尺數(Grade rod)處，然後將木樑打入地中，直至水平橫絲綑，適合標記而後止，則木樑之頂，即適在所需高度也。如用(2)法，可照前法進行，不過須用“野外坡度尺數”(Field grade rod)代“坡度尺數”，如是可將木樑頂端，打在地面，而為距應需高度之上，或下整尺數焉。

例如應需高度為 120 公尺，該地實際之高度為 128.4 公尺，H. I. 已算出為 133.6 公尺，則真正“坡度尺數”必為 $133.6 - 120 = 13.6$ 公尺，該地地面為 $128.4 - 120 = 8.4$ 公尺，高出所需高度，故該地木樑頂可打至距 120 尺，高度九公尺處，或即在距地面上 0.6 公尺處，故“野外坡度尺數”即為 $13.6 - 9.0 = 4.0$ 公尺也。木樑上即可記“挖掘” 9.0 公尺 (Cut 9.0)，而包工者，即可自木樑頂，往下量 9.0 公尺，以達所需高度。

§10—16 實地工作注意點

- (1)先打木樁至大約高度，須留心打入太多而樑頂太低，可立水平尺，令看水準儀人，指示應打入多少。
- (2)視工作之應否精粗，以定手續精密程度，如只為致平路基工程，則精至十分之一英尺即可，如為定緣邊石及修路面，則非精密不可。
- (3)有時不用標記，只由看水準儀者，直接自記“坡度尺數”，可省時間。
- (4)有二種普通錯誤處：
 - (a)以測距絲為望遠鏡之橫蛛絲。
 - (b)水平尺上之標記，未置於確對“坡度尺數”上。

§10—17 記載“坡度木樑”法。

20+50

←	填充 — Ft.
---	----------

	→ 挖掘 — Ft.
--	------------

如一木樑之頂，適為所需高度，則可在木樑旁記一“Grade”（恰平）或（適平）皆可。如由此木樑之頂，須往上填充或往下挖掘若干尺，即可在木樑旁記載“挖掘——尺”或“填充——尺”，(Cut——ft. or Fill——ft.)，此外每樑之號數站名，皆應於另一旁而記之，如“20+50”或“A-23”之類，如“挖掘”或“填充”，係自木樑上之一橫線起算，則可按圖二七(c)記之，此種記載，常以一種水彩粉筆為之，不被水沖洗者。

圖 二七 (c)

§10—18 用經緯儀定坡度樑頂法

此法爲先立一視線，與須定坡度平行，則各木樁之頂端，可用一公用“坡度尺數”定之，雖水準儀亦可用之，而以經緯儀爲便。第一步，先設立兩定端點，在所需高度，然後使視線與此二點連線平行。

§10—19 水準測量方法及意見之結論

(a) 看水準儀人應注意之點：

- (1) 選立水準儀站

{	須有堅固地基。
	來往車馬較遠之地。
	倒鏡點兩邊視線相等。
	視線長不小於100英尺，不超過300英尺。
- (2) 在斜坡之地，應避免前後視線之不等長，應估計距後視點上下山若干距離，可以安置儀器，而仍可令視線望見水平尺上。
- (3) 在看水平尺之前，須先決定水準業已穩定，如數視線點之間，而水平泡業經移動，下次看時，即應改正之再讀，特別留心水平泡，實爲看水準儀人重要之事。
- (4) 無庸將直立軸加以穩定。
- (5) 望遠鏡中之橫絲網，應使真正水平。
- (6) 不宜在水準儀旁走動，當看視水平尺時，手宜離開儀器及三足架。
- (7) 給準器號誌於水平尺人，如標記須移動時，應明示其多少。
- (8) 自讀水平尺時，應留意每尺，每十分之一尺之誤差。
- (9) 每日修正水準儀，使保持常態。

(10)應常保護水準儀，切不可離開儀器遠行。

(b)立水平尺人應注意之點：

- (1)選定合宜倒鏡點，避免易沉易動之物，在倒鏡點上作一標記，使其不致錯誤。
- (2)常選第二倒鏡點，使第一倒鏡點與水準儀之距，與水準儀及第二倒鏡點之距相等。
- (3)使水平尺鉛直，特別注意對水準儀之方向，因另一方向，看水準儀人可以看出，而改正之，立尺且須穩定。
- (4)留心移動標記號誌之多少，善立水平尺者，可將標記大約擺定。
- (5)標記地位扭定之後，宜再立尺一次，水準儀人重看一次，以校對之。
- (6)留心每整尺，或十分之一尺之錯誤，如 4.35 變為 4.035 等。
- (7)立水平尺人，不應將水平尺斜倚樹幹或他物，穩妥方法，應平置地上。
- (8)如無水平尺在手，可用標桿充之，而以橡皮線圈充標記，二點相差高度，即以橡皮圈兩次之位置而決定之。

(c)看水準儀人之責任：

- (1)運用水準儀。
- (2)保持其已修正部分。
- (3)保護及小心使用之。

- (4)留心全部工作之進行。
- (5)注意無遺漏之站點。
- (6)注意倒鏡點之選擇。
- (7)注意標基點之設立。
- (8)記錄水準手簿及與立水平尺人計算。

(d)立水平尺人之責任：

- (1)立尺鉛直且穩定，並不錯立位置。
- (2)小心移動標記，毋使過多或不及。
- (3)讀尺，記錄尺數於手簿。
- (4)選定倒鏡點，設立標基點，詳細形容描繪於手簿。
- (5)小心保護水平尺，與看水準儀人計算手簿。

第十一章 水準測量之誤差

§ II — I 水準測量誤差之來源

- (1)儀器的誤差。
 - a. 修正的誤差。
 - d. 不能修正部分，製造上之不完整。
- (2)運用水準儀及水平尺之錯誤。
- (3)讀水平尺之錯誤。
- (4)觀視之誤差。
- (5)水準儀或水平尺，位置變動之誤差。
- (6)天然來源之誤差。

(7)記錄及計算之錯誤。

(8)個人之誤差。

§ 11—2 誤差分論

(1)儀器之誤差可細別之如下：

(a)不完整之修正誤差——此誤差為相消的，可以完全消除，如前後視線之長距使之相等。

(b)水平泡之遲鈍——此誤差雖為相消的，但亦為進行遲慢之原因。

(c)物鏡圈移動之誤差——亦為相消的，可以消除，如令前後視線距相等。

(d)水平尺刻度之誤差——此為相積誤差，故應加以試驗。

(e)伸長尺結鎖處之誤差——應常試驗檢查，以免除相積誤差。

(2)運用上之錯誤

(a)關於水準儀者

安定水準儀之錯誤。

不能隨時檢查，水平泡居中央與否之誤差。

觀測時以手置三足架或望遠鏡上。

(b)看水準儀人應知水平泡管上一格所代表之角的秒數或分數，以及在某距離，水平尺上直立之誤差。

(c)水平尺之前俯後仰，皆使讀數較大(水平尺上)。

(3)讀水平尺之錯誤，曾經講過，危險之處，如忘卻零之地位，如

4.52 爲 4.052 等。以及 1/10 或 1/100 尺等處，立尺人應注意，各人尺上常易錯誤之處。

(4) 觀測之錯誤

不能決定何時蛛絲與標記之中央相合，實爲一難免之觀測誤差。但此爲相消誤差，觀視者可於觀視後，將眼暫時閉合，再看一次以定之，應注意橫蛛絲真正水平，不可以測距絲爲中央橫蛛絲。

(5) 水準儀及水平尺位置變動之誤差

(a) 在一倒鏡點上之後視數，與次一倒鏡點上前視數之間，水準儀下沉之誤差爲相積的，且使各點高度得數太高，故應選堅固地基而立儀器，且後視數讀畢，即應先看第二倒鏡點之前視數。

(b) 水準儀，被來往車馬及人衆之攪動震落，此誤差可用斜鏡觀看水平泡，以免震動全體。

(c) 倒鏡點之下沉，在前視及後視之間，此亦爲相積誤差，故應加意選擇固定之點充之。

(6) 天然來源之誤差

(a) 太陽與風對於儀器之影響

日曬水準儀上，可使一部分漲大，例如向日進行水平，前 Y 圈必漲，使前視數太高，各點之高度必低；當後視時，另一 Y 圈又漲，使後視數太小，故視線平面高度(H. I.)太低，誤差爲相積的，各點之高度必太低，故宜設法避日與風。

(b) 地形彎曲及折光之誤差。

1. 地形彎曲之誤差，爲每英里約八英寸，故視線與水平線成一角度，且與距離之平方相比，其影響爲增加尺數。
2. 折光之影響，視線爲往下彎曲，故能減少尺數。

(7) 記錄及計算之錯誤

(a) 記載之錯誤甚大，如記 3.54 爲 3.45 等。

將前視數與後視數記誤行數。

忘卻記入一後視數。

以上錯誤，可以令水準儀人及水平尺人，各記一手簿面校對之。

(b) 計算之錯誤，可以校對法發現之。

(8) 個人特性之誤差，不易免除，可以二人互相觀測校對，以冀免除相積誤差。

第五編 經緯儀測量

第十二章 經緯儀度盤分割及讀法

§12-1 兩水平盤

兩水平盤之一，爲分畫圈盤 (Limb)，其他則帶游尺 (Vernier)，支望遠鏡之直立柱 (Uprights or Standard) 有二，與帶游尺盤相連，游尺上之零點，即充指示器 (indicator) 之用，故當望遠鏡左右旋轉之時，指示器必隨之而動，且所轉之角度 (水平角) 即可以指示器在分度盤上，所經過之弧 (Arc) 而量得焉。

如指示器恰對分畫圈盤之零點，於望遠鏡照準後視點 (Back sight) 而轉至前視點後，指示器恰對分畫圈上任何一整分畫，則其所經之角度可以不用游尺讀得之，倘指示器停在兩分畫間，此奇數必須用游尺讀之。

§12-2 分割盤之刻劃

經緯儀之分畫盤，常分爲 360 度，每十度處刻有數目，但刻數有幾種系統及細分每度之方法。

(a) 刻分畫盤之普通系統

(1) 全圓， 0° 到 360° 。

(2)半圓, 0° 到 180° 再回到 0° 。

(3)四象限兩零點相距 180° , 再由此二零點向兩方刻畫至 90° 。

(b)細分每度之普通方法

(1)每度分爲二分畫, 或即爲 30 分。

(2)每度分爲三分畫, 或即爲 20 分。

(3)每度分爲四分畫, 或即爲 15 分。

(4)每度分爲六分畫, 或即爲 10 分。

§12—3 讀角之普通方法, 分爲三部:

(1)先讀分度盤圈,

(2)次讀游尺,

(3)將(1)與(2)相加。

§12—4 讀分度盤法

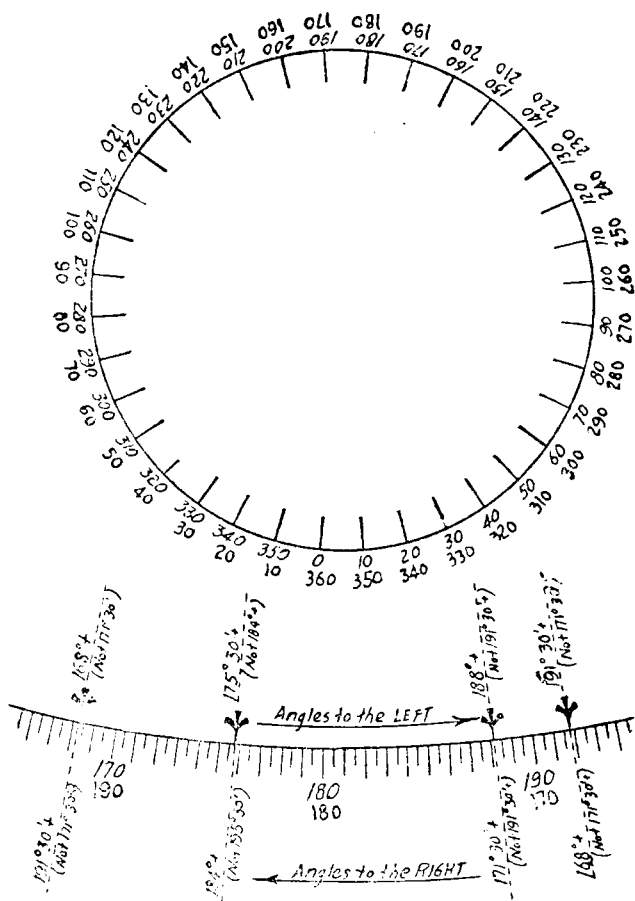
無論帶指示器盤向任何方向旋轉, 每一角有二讀數, 一爲自後視點按時針方向所量之值, 其他爲反時針方向者, 兩者相補, 而爲 360° 。

角度往右轉時, 指示器按時針方向旋轉, 先察看何行刻畫, 爲向時針方向增加, 留心指示器所經過最後之數目(度數), 再由此數目決定與指示器正相對或適在後之分畫值(圖二八(a))。

如往左量角度時, 程序皆同前, 惟所用刻畫之行, 須用其數目反時針方向增加之行, 方得無誤。

§12—5 讀分度盤普通之錯誤

(1)錯讀指示器前之數, 而代指示器後之數。



圖二八 (a)

(2) 在分度盤·有兩行分畫時，以內行當外行，或以外行當內行。

(3)只讀度數，而將 30' 或 20' 數忘記加入。

§12—6 讀分度盤法之設例

圖二八(a)所繪之分度盤爲由 0° 至 360° ，而爲兩行分畫者。

下面爲放大形，指示箭頭代表游尺之零點，佔有四個不同位置。

§12—7 游尺

(a)游尺之讀法頗易，只要先決定每一分度盤上，最小分畫 (l) 與每一游尺之最小分畫 (v) 之差，即 $x=l-v$ ， x 名爲游尺上一小分畫之值 (Least count)。普通言之，如(圖二八(b))之游尺分爲十分畫者，每一分畫實爲一分，如每一等分畫，再分爲二格，則每一小格實爲 30 秒(圖二八(c))，如分爲三格，則每一小格實爲 20 秒，如分爲六格，則每一小格實爲 10 秒(圖二八(d),(e))。

(b)讀游尺時，最好先認定較大格爲“分數”，其較小格爲 30 秒，20 秒，或 10 秒。

(c)尋常造游尺，多以 nl 之地位分爲 $(n+1)v$ 。故可書

$$nl = (n+1)v, \text{ 或 } nl - nv + l - v = l$$

則 $(l-v)(n+1) = l$

$$x = l - v = \frac{l}{n+1}$$

n 爲分度盤上最小分畫之數，等於游尺上 $n+1$ 分畫也。

尋常游尺之製造，有以下列規則定之。

將分度盤上每一最小分格之值(爲 30' 或 20') 以游尺上分格之數除之，即得 x 之值，例如圖二八(b)中， $l=30'$ ， $29l=30''$ 。

$$x = \frac{30'}{29+1} = \frac{30'}{30} = 1''$$

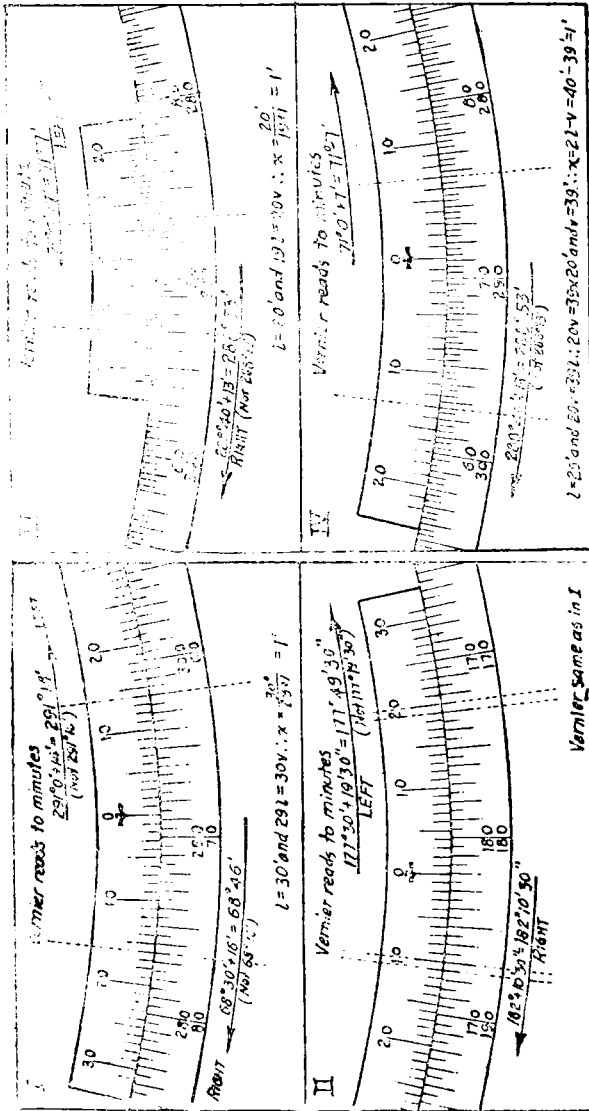


圖 二八 (b)

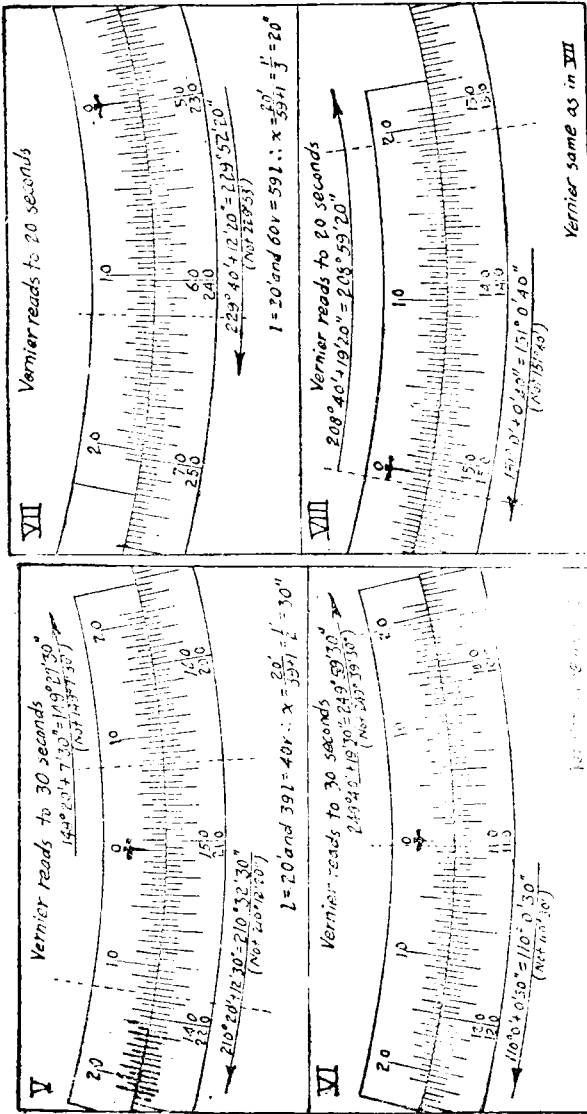
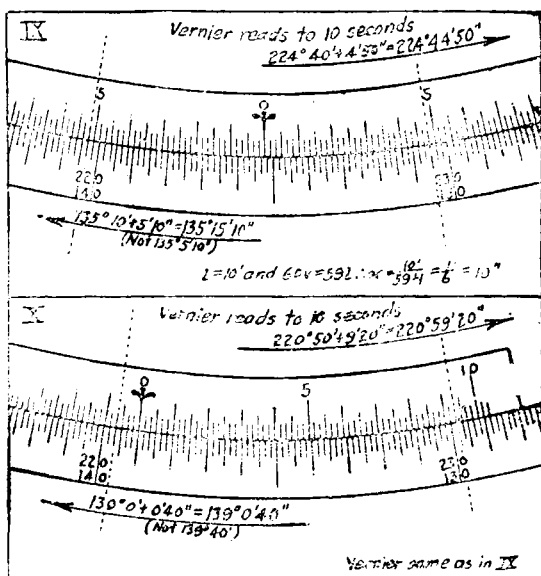


圖 二八 (d)

圖 二八 (c)



圖二八 (e)

§12-8 讀游尺之法

讀游尺最易之法，即速記該游尺上每一最小分格之值（ v ）等於一分，或等 $30''$ ， $20''$ ，或等 $10''$ 之類，如游尺上指示器或零點在分度盤每二小分格之間，則可查游尺上之何分格，恰對分度盤上之任何分格，只須計游尺之分格數，即可決定游尺讀數，而不必計分度盤上何格之數也。游尺決定後，加於前所得分度盤上之度數及分數（ $30'$ 或 $20'$ 整數）。

§12-9 讀游尺之建議

- (1) 圖二八(b)中之“雙游尺”可以不用,如所有角度皆順時針方向測量者,故如用雙游尺,而免錯誤,應常記讀雙游尺之一邊,在指示器(Zero)之前者(永不讀Zero後之游尺);其在前後之方向,按讀分度盤上之方向,而決定之。
- (2) 當讀分度盤時,應估計大約之游尺讀數,此事不但節省查游尺與分度盤分格相合之時間,且可免讀雙游尺兩邊之錯誤。
- (3) 認定相合分格之後,最好查看兩邊之一二分格,如有三行分格相合時,則取其中行數,如二行分格相合,則取其平均數,故游尺之讀數可比 $x = l - v$ 較精細,如圖二八(b)中之(II),可讀至30秒,而游尺管只讀一分也。
- (4) 如有兩個游尺,相距18",常用望遠鏡目鏡端者,應以其一游尺對零,而自其他游尺讀數之錯誤。
- (5) 宜用放大鏡讀游尺。

§12-10 讀游尺之普通錯誤

- (1) 讀錯雙游尺之邊。
- (2) 將游尺讀數,加於分度盤數之錯誤,有時將分度盤之30'或20',忘卻加入,如讀66°16',而實為66°46'。
- (3) 讀秒數為分數之錯誤,如讀151°49'而實為151°00'40',此最易錯,當游尺數比一分為小時。

第十三章 經緯儀之構造

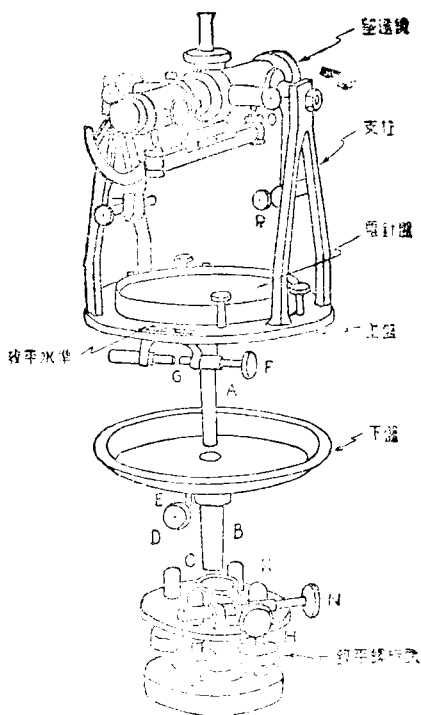
§13—1 經緯儀之各部

經緯儀之各部雖多，大約可分三大部：

- (1) 上盤。
- (2) 下盤或稱中部。
- (3) 致平螺旋頭部。

承望遠鏡軸之兩端安於兩支柱之上，而此支柱則與上盤為一體，故如望遠鏡左右旋轉，或水平移動時則上盤隨之而轉，故望遠鏡、支柱、上盤三者，可認為一體。內軸（鉛直軸）A（圖二八(D)）係置於外軸（Outer spindle）之凹處，而此外軸 B 置於致平螺旋頭之凹處 C，此兩鉛直軸之目的，即為使上盤或下盤，單獨旋轉無礙。當經緯儀安定之後，致平螺旋頭應當穩定，且兩盤應水平。如上盤已與下盤固定，

三等經緯儀草圖



圖二八 (D)

則兩盤同時可以繞 B 軸旋轉；如此時將下盤固定於 C，則兩盤與望

遠鏡皆不能旋轉矣。

但如將上盤與下盤之連接螺旋分開，則上盤與望遠鏡等，皆可繞鉛直軸 A 旋轉，雖下盤仍定於致平螺旋頭。上盤有時亦名游尺盤，因有游尺安置其上，而游尺之零點，即為指示器也。有時此上盤連望遠鏡在內，統名照準器 (Alidade)，其下盤有一刻度圈在其外邊，此類經緯儀又名之為重複經緯儀 (Repeating transit)。

經緯儀種類雖多，但皆有雙鉛直軸，以便使下盤得有單獨旋轉之機會。另有下盤不能移動者，名之為方向角經緯儀 (Cyclo-tomic 或 Direction instrument)。

§ 13—2 固定螺旋與微動螺旋

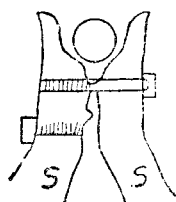
上盤與下盤可用固定螺旋(D)扭緊，但(D)並非與下盤一致，係由(E)臂連至一套，此套適在鉛直軸(B)之外，如(D)鈕已緊，則此套與軸成一體，否則(E)臂與此套皆可與上盤一同旋轉。當上下盤連合時，(E)臂恰在微動螺旋(F)及管式彈簧之間(G)處，故如(C)已經扭緊，上盤則與下盤連接，但如移動(F)，則上盤可使之微動，(D)仍非固定不可，否則如(D)未固定，則動(F)，(D)螺旋及套亦隨之而動，而上盤並無影響也。例如游尺之零點，可以大約置與分度盤之零點相合，此時將(D)固定，上盤可以用(F)微動，使兩零點恰恰相對，如看定前視點時，亦可用(D)先大約固定位置，然後用(F)，使之微動而與之恰合。(圖二八(f))

下盤係用固定螺旋(H)使與致平螺旋頭相穩定，此螺旋扭緊，即將一小尖端扭入鉛直軸(B)而成一體，故下盤即固定不能旋轉，

(C) 套並非固定，可以動 (N) 下微動螺旋而使套臂 (K) 微動，故當 (H) 螺旋固定之後，微動 (K) 臂，則下盤亦可隨之微動，否則 (H) 如未固定，則動 (N) 時，可將 (K) 臂及 (C) 套移動，而不能移動 (B) 軸與下盤。固定螺旋 (H) 只用在後視點，當上下盤已恰對零點時，而固定螺旋 (D) 則常用於前視點也。微動旋螺 (F) 係與 (D) 同時應用，而微動螺旋 (N) 則與 (H) 同用也。注意微動螺旋 (F) 或 (N) 非俟固定螺旋 (D) 與 (H) 固定後，不能顯其功用。

望遠鏡繞水平軸在鉛直面之動作，可以固定螺旋 (O) 固定之，此螺旋固定後，只有用微動軸子 (P) 可以將望遠鏡微動之。(圖二八 (f))

§13-3 水平軸及支架 —— 望遠鏡旋轉於水平軸周，其水平軸如圖二八 (g) 所示，橫掛於四字形之支架。水平軸之兩端，為圓柱狀，以兩線切於支架，支架由兩支柱 S 結合上盤。



圖二八 (g)

兩支架底宜常同高，然器械構造上，不能充足此性能，故其一支架，有可以修正之設備，尋常由擠壓兩種螺旋而成，如圖所示是也。

水準器者，用以致平經緯儀，分為跨乘水準器 (Striding levels) 及固定水準器 (Plate levels) 兩種。跨乘水準器，用以使水平軸水平，架於軸端，不用時可除去之；固定水準器固着於上盤，在其中央或側旁，對於鉛直角之觀測，則於鉛直盤上之指示器定之。

第十四章 經緯儀之使用法

§14—1 學習使用經緯儀之方法，最善莫過於在野外實習。但各種建議及指導書，非預習後，不能使野外實習靈敏有效，先研究工作之方法，再漸得工作上之習慣，則易事也。

用儀器之先，須知各部分螺旋，皆不能用強力移動。

望遠鏡之目鏡不宜用手巾揩拭，以免將鏡面刻有細紋，宜吹去或輕刷之。

三足架之腿，不宜置之太近以免傾倒，亦不宜張開太多，於平滑地，以免伸開。經緯儀之上部，應注意與三角架頭完全扭緊。

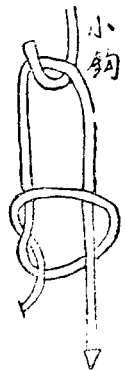
將經緯儀舉起，由一處往他處時，須先做下列三事：

- (1) 將下固定螺旋放鬆，使兩盤如爲物所擋，可以自由旋轉無傷。
- (2) 將望遠鏡直立，將定固螺旋鬆開，如稍有碰撞，可以繞水平軸自由旋轉，不致受傷。
- (3) 應使附帶之磁針擡起，以免有傷樞軸，平時宜將三足架置於肩上，但如遇門或低處時，應使兩臂托之而行。

§14—2 垂線球

此球雖小，有時因忘卻帶此，而停止一天工作者，故應留意攜帶。

懸球之線，繞經緯儀中心之小鉤，打一活結可以伸縮其長度，如圖二九(a)是。



圖二九 (a)

另法可以木片或骨片穿二孔，以線之一端穿過一孔結住，其他一

端亦穿一孔而連垂線球，則如圖二九(b)是。

§14-3 望遠鏡之使用法

- (1) 先將望遠鏡仰視天空，使目鏡 (Eye piece) 旋進旋出，直至交叉線清楚為止。目鏡一次對各人之眼，對完後，不須再移動。
- (2) 將視線看準一定點，先自望遠鏡上之描準窺望，後再自鏡內定之。
- (3) 對焦點時，應熟記目的物愈近，目鏡愈外出。
- (4) 不宜用鉛直線之上，或下部分，為視準處，應以縱橫線之交點充之，因縱線有不鉛直之時也。
- (5) 當描準一直立標桿時，須愈下愈佳 (如能看至尖底更好)，因桿常不鉛直。
- (6) 如望遠鏡有二測距絲，切勿以任一作橫絲。
- (7) 不可握住望遠鏡左右旋轉，應動上盤使之旋轉，宜熟記之。
- (8) 如夜間用望遠鏡時，縱橫絲宜以方法返光入鏡筒以顯明之。



圖二九 (b)

§14-4 望遠鏡倒鏡 (Transiting, Plunge, Reversing the telescope)

以上三英文名，皆為將望遠鏡繞水平軸旋轉一週之意，故有正位與反位置之分。當倒鏡之時，上下固定螺旋皆應固定，以免其左右移動也。

§14-5 經緯儀之整置——用經緯儀者，關於整置，有下列目的。

(1)必將經緯儀中心，恰對地上定點，謂之定中心。

(2)必將經緯儀致平，使上下盤水平，謂之定平。

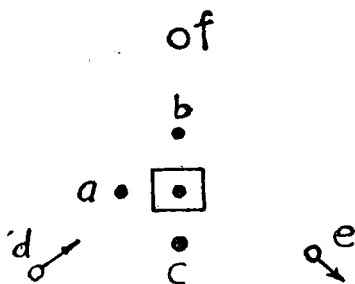
地下定點常爲一木樁，打入地內，上釘一釘以作標記。

三足架、垂線球、及移動頭，皆用爲定中心者。

致平螺旋及固定水準皆用爲定水平者，其法如下：

1. 三足架頂端之螺旋，須使稍鬆，以便易於微動。
2. 將三足架腿佈開適當遠近，能使望遠鏡於合宜高度爲佳。
3. 先使三足架頭大約水平，致平螺旋愈少用愈妙，在平地時將三足架腿尖，各與木樁大約等距，如在坡地，將一腿置山坡上，兩腿在坡下。
4. 如三足架頭太不平時，只用致平螺旋，必致太緊而不能旋動，此時不可加強力，須重新將三足架腿移動，使三足架頭水平。
5. 關於運用三足架，緊要建議有三：(如垂線球距木樁有數英寸時)
 - (a)如垂線球不對木樁，而兩盤大約水平，可以用三足架腿，繞自樞軸向木樁或離開移動，此爲變更垂線球之位置，而不波及水平。
 - (b)如垂線球本爲正對樁釘(Tack in stack)，但兩盤不水平時，可以將三足架腿左右搖動，而不繞自軸內外移動，可使兩盤水平，而不令垂線球變更位置。

- (c) 如垂線球離檣釘極近，先使垂線球與一腿及檣成一
直線，再出入動此
腿使垂線球恰對
檣釘；若垂線球在
a，先動 b 或 c 腿，
使 a 到 b 或 c 處，
再動腿 f 或 d, e 兩
腿，使之與檣釘相
對。(圖三〇)



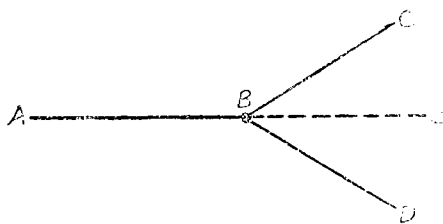
圖三〇

6. 三足架應使穩定，如在軟土，將腿尖插入較深，應順腿長方向加力，否則橫向加力，必致無效，而有折斷之虞。如在硬而平滑之地，應將腿尖插入裂縫或小孔處，以免滑倒。
7. 兩站之間，如須以鋼捲尺量距離，應當佈置三足架腿，使不礙及丈量。
8. 兩對角致平螺旋，一次同時運用，兩對互換，直至兩盤水平而後止，應記兩手大拇指常相對或相反進行，水泡常按左手大拇指之方向移動。
9. 如只一個固定水準器，可先與一對致平螺旋平行，後再置與其他一對平行。如有兩個固定水準器，則每個可置與每對致平螺旋平行。
10. 四個致平螺旋應使大致相等，如一對中之一個，旋轉太

多，則必致太緊，易生擡起之病，速行停止扭轉，單動其他螺旋，使之相等。

11. 如安定經緯儀，延長一線，最好使兩對角螺旋在此線中，餘二者與之成直角。

§14—6 後視、前視——立一經緯儀於B點，擬量ABC與ABE角，並將AB線延長至E，量角或延長，如A為第一窺點，則DA為後視線，其在C、E與D點之視線，皆稱前視線，故由BA（後視點）可以量無數前視線也。如角度為 180° ，則後視線即為零長，凡一字母或數目字（如ABC或123）用之代表一角時，其中間字代表角之頂點（即經緯儀所在地），第一字常代表後視，而第三字代表前視點也。（圖三一）



圖三一

§14—7 永久前視點與後視點——後視點常為一標桿或一鉛筆，但直立一

永久後視點，以免信用一人，最好將望遠鏡上下移動，直至視鏡對准任何固定目的物，可用之為永久後視點，如牆上裂縫，樹上之標記等類。

如有多數點須與一前視點在一線中，最好先立一永久前視點，便據之以稽其餘點之對否。

§14—8 上下固定螺旋之用法

下固定螺旋及附屬微動螺旋，係用於定後視點；定前視點時，永

計動。

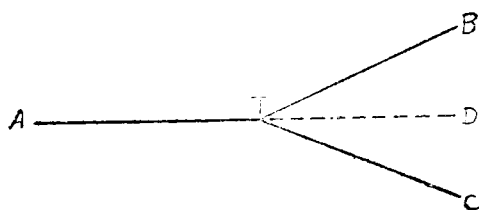
上固定螺旋及附屬微動螺旋，係用於將指示器對分度盤某處及定前視點時。

§14-9 設無數點於一直線內

先將視線對準前視點，各固定螺旋，皆須扭緊，先自鏡外之描準針，使執旗者大約移動至線內，再自鏡內窺望，使桿底適在線中，三百英寸以內，可用鉛筆代表木桿，如設木樑充站點(Transit station)時先將木樑使視線分其半處，再打一釘於樑上，以決定其準點，可以鉛筆為標準器。

§14-10 兩次反轉法

此為以下手續之名詞。



圖三二

經緯儀立於(T)處，先將上下盤扭定，在此手續未
完成之前，不移動
上固定螺旋(圖三
二)。

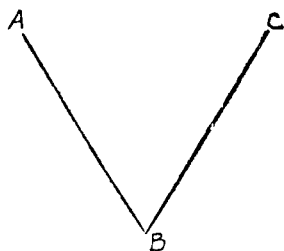
- (1)後視 A 處(用下固定螺旋及下微動螺旋)。
- (2)倒鏡，如儀器有差誤，必不能將視線在 AT 延長線上，而視線必達B點。
- (3)望遠鏡仍倒置，將下固定螺旋鬆開，上下盤同時旋轉，直至視線，又與 A 點相合(用下固定微動螺旋)。

- (4) 將鏡再倒一次，如儀器無誤差，則視線可達 D 點，否則必達 C 點，而 CD 之距與 BD 相等，尋常 B, C 兩點相距常在一英尺以內，故 D 點為 BC 之半，可以容易量得，TD 即為 TA 之延長方向也。

此手續常用之於延長一線，無論儀器有無修正，皆用此法延長之。另有一專名詞，關於用此法以定一點於延長線上，即為兩次定中點法。

§14—11 經緯儀測量水平角法

量角度時，應熟記以下盤為分度規 (Protractor)，上盤只為一針，以游尺之零處，為指示器。量 ABC 角 (圖三三) 之實際工作如下：

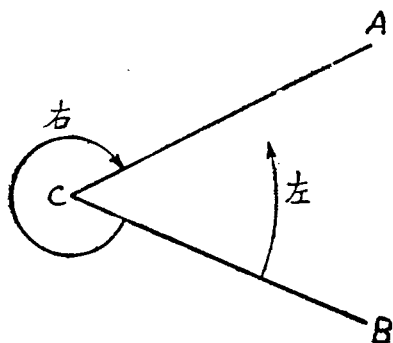


圖三三

- (1) 將經緯儀安定於 B 處。
- (2) 將上下固定螺旋放鬆，使兩盤同時旋轉，直至游尺上之零點與分度盤上之零點大約和合，將上固定螺旋扭緊，再用上微動螺旋，使兩零點恰合，此名之對準游尺。
- (3) 後視 A 處，當視線將近 A 處，扭緊下固定螺旋，再用下微動螺旋使與 A 恰合。
- (4) 將上固定螺旋鬆開，使上盤旋轉，直至視線將近 C 處，再將上固定螺旋扭緊，隨用上微動螺旋使線與 C 恰合。
- (5) 讀角度數。

§14—12 向右向左之角度

任何角度例如 BCA 皆有兩值，一為按時針方向，一為反時針方向量者，如前者稱之為右量角 (Taken to right)，後者稱之為左量角 (Taken to left)，此種差別只在讀角度之方向如何，而實際不在乎望遠鏡由後視轉至前視之方向如何也。(圖三四)



圖三四

§14—13 量水平角之建議

- (1) 應熟記如望遠鏡左右移動，上盤必隨之而動。
- (2) 如兩游尺 A 與 B 尋常讀一游尺即可，最應當心讀錯游尺。
- (3) 用目估計角度，在 90° 與 180° ，或 180° 與 270° 之間，使成習慣，如此可免卻 90° 或 180° 之大錯誤矣。
- (4) 後視點已看定後，須留心所有固定螺旋，業已扭緊，游尺之零業已恰合，可以稍動下盤試驗以決定之。如交叉系之縱絲稍離原點，而又回復原位置時，則固定螺旋必為緊固。
- (5) 不可以手置於三足架及儀器之各部分。
- (6) 自同一後視點，觀測多數角度時，看鏡人常可回對永久後視點以決定下盤有無移動，此部試驗，於離去某站之前必須工作。
- (7) 由同一後視點，觀測多數角度時，如所有角度只須讀至一

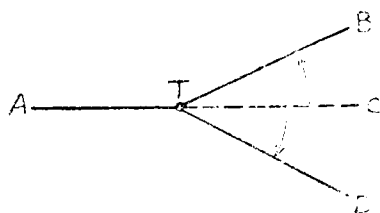
分或二分，則可不必用上固定螺旋與上微動螺旋。

(8)如多數角度中，其重要者宜於後視點既定之後，先行觀測以免遺誤。

(9)如向右量角，不必將望遠鏡定往右轉，只轉其較短之弧邊，以省時間。

§14—14 由後視線延長線量角法

在鐵道測量或按直線進行工作中，後視點既定之後，可將鏡倒置，再往左或往右量角，如圖三五中，倒鏡之後，可量CTD角(往右)或CTB角(往左)，此種量角，名爲反向量角，故永不能大於 180° 也。



圖三五

§14—15 鉛直角

(a)與水平面所成角

先修正分度圈，使當視線水平時，游尺零恰與分度圈零相對，先將視線大約定於該點，扭緊固定螺旋 O，並用微動螺旋，使視線上下微動恰於該點正合，再讀其鉛直角於鉛直分度盤。

(b)兩點間之鉛直角

先視一點，讀鉛直盤上之角度數，再視第二點，再讀一數，從鉛直盤上考查，即可明瞭所讀之數應相加或相減。如兩視點，皆在水平面之上或下方，則相減之；如一點在水平面之上，一點

在水平面之下，則相加之。

§14—16 設立水平角

此爲量角度法之反面，先用上固定螺旋，將游尺對零，後視再將下固定螺旋扭緊，鬆開上固定螺旋，將游尺置於應設立之角度處，自鏡使木桿、木槓、釘子等，皆納之視線內以定所需之點。

§14—17 精密量水平角法

此種量法分爲二種：

(I) 重複測量水平角法；

(II) 循序測量水平角法。

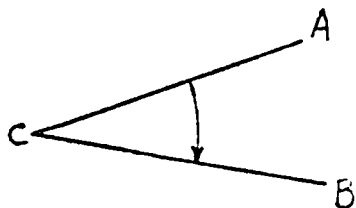
茲分論之如下：

(I) 此法卽爲量某角數次之意，如游尺之製造，只能讀至“分”數，可用此法以經緯儀繼續測望六次，而六次所得之全數，復以六除之，則所得之角度，可至秒位矣。

(a) 其測法可令游尺之零點與分度盤之零點正對，卽從望遠鏡內窺望，令鏡內縱絲，正對 A 點，用下固定螺旋，將圓盤穩定，再將上固定螺旋放鬆，只將上盤旋轉，勿令分度盤移動，俟縱絲正對 B 點時，卽將上盤固定，可將 ACB 角之一次讀數記出。再將上盤與下盤連同旋轉，用下固定微動螺旋，使縱絲復對 A 點，卽將下固定螺旋扭緊，而放鬆上固定螺旋，只令上盤旋轉，復至視線與 B 點相合爲止，此爲 ACB 之二次讀數。又將上下盤旋轉，令鏡旋回 A 處，繼續測之。測至第六次，然後將其度數讀出，以六除

之，即為 ACB 角之度數。設如 ACB 之真角度為 $28^{\circ} 32' 09''$ ，可見所得之數與真角度所差甚微，故以反覆之法測得之角，可改正其誤差，而得一較準之數，且為經緯儀測量水平角中最有用之法也。

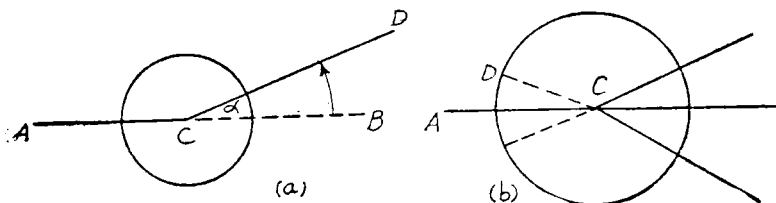
例如圖三六中，量 ACB 角，如游尺讀數為 $30^{\circ} 01'$ ，第二次讀數為 $60^{\circ} 03'$ ；則 ACB



圖三六

角可讀至 $30^{\circ} 01' 30''$ ，如第三次讀得 $90^{\circ} 04'$ ，則其值為 $30^{\circ} 01' 20''$ 。 360° 之倍數，為量較大角度時之應留意者，如一角為 200° ，第二次讀得之數為 40° ，故等於 $40 + 360 = 400^{\circ}$ ，又如 130° 之角六倍時，最後一數為 60° 或 $60^{\circ} + 360^{\circ} = 420^{\circ}$ ，指示器零標曾經旋轉兩圓週也。

(b) 反向量角之重複測角法(圖三七)。



圖三七

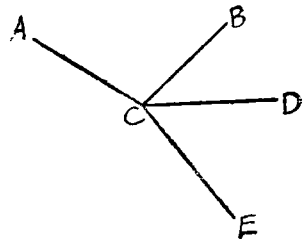
(1)按照十四節之辦法，先量反向量角（BCD角）。

(2)將兩盤穩定於原處，將下固定螺旋鬆開（望遠鏡仍倒置）。

(3)再行倒鏡重複量ACD角一次，此結果以二除之，即得BCD角之真值，此法並可改正視線之誤差。

(II)循序測量角法，可以用於同頂角之測量。多數角在水平面依次測量，最終與原後視點為歸宿，如游尺不正對零點，其誤差即等分諸角。

例如在圖三八中，置經緯儀於C處，任意將游尺正對 20° 處，後視A點，游尺讀數為 $20^{\circ}01'$ （表四）。



圖三八

$$\text{誤差} = 20^{\circ} 1' - 20^{\circ} = 1'$$

$$\text{或 } \frac{1'}{4} = \frac{60''}{4} = 15''$$

須由每角中減去之，

則為	$120^{\circ} 20' 45''$	(1) ACB 角
	$20^{\circ} 10' 45''$	(2) BCD 角
	$40^{\circ} 7' 45''$	(3) DCE 角
與	$179^{\circ} 20' 45''$	(4) ECA 角
相加等於		360°

表 四 循 序 測 角 法

前視	游尺讀數	角度	相 減	真 值
B	140° 21'	ACB	140° 21' - 20° 0'	120° 21'
D	160° 32'	BCD	160° 32' - 140° 21'	20° 11'
E	200° 42'	DCE	200° 40' - 160° 32'	40° 08'
A	20° 1'	ECA	380° 01' - 200° 40'	179° 21'
				360° 0' 1"

§14—18 量角之預防誤差法，分列如下：

- (1) 每次讀 A 與 B 兩游尺，消除離心之誤差 (Eccentricity)。
- (2) 向左與向右量角。
- (3) 將望遠鏡倒置與正置，看鉛直角等。
- (4) 將游尺之零點，在分度盤上移動位置，使分度刻畫不平均之誤差，可以免除。

§14—19 二法之比較

重複測角法，宜用於只量一單角及刻畫較粗之經緯儀，而循序測角法，多用於三角測量法中，且儀器精細而分畫微密者。

§14—20 用重複量角法設立一角，為量角之反面，C 為經緯儀，後視 A 處，游尺只可讀至分位，如設立一 $30^{\circ} 01' 30''$ 角，先將游尺對 $30^{\circ} 01'$ 處，視線達於 B 處，重複後視 A 處，

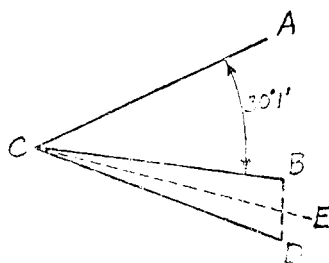


圖 三九

上下盤同時旋動，游尺仍指 $30^{\circ} 1'$ ，將游尺指 $60^{\circ} 03'$ 再前視 D 處，所測 E 點，適為 BD 兩點之半處，最後之 E 點既得，最好用重複測角法量二次以校對之。(圖三九)

第十五章 測定經緯儀導線法

§15—1 經緯儀站，為用經緯儀時，儀器所立處下面之一點，常用一釘於木概上記之。

§15—2 經緯儀線，為兩站間相連之直線。

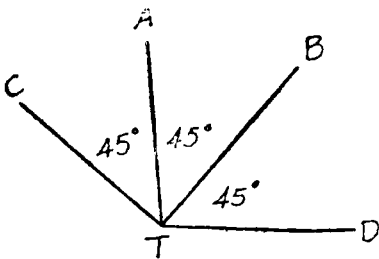
§15—3 經緯儀角，為用經緯儀所測之角，水平角或鉛直角。

§15—4 經緯儀線為測量之據根線——測量者，選定站點，以便聯接各站，而充根據線。從此根據線，一切邊界、房屋、街道等皆可測繪。此類根據線，不在細圖上繪出，只能視為繪圖目的之方法。

§15—5 測定經緯儀線，此名詞為設立各站點，其工作在量各站間之距離，並測量某一線與其他一線之角度，或一線與根據南北線所成角。

§15—6 經緯儀線角度，為兩經緯儀線相交於一經緯儀站，所成之水平角，此夾角可以較小者，或較大者，可以往左，亦可往右，故實際上，不僅專記某角之值，其後視點及量角之方向皆應記出也。

例如圖四(C)中使 A, T, 與 B 代表三經緯儀站點之位置，而 T 為儀器所立之處，設手簿只記 ATB 角為 45° ，由 A 為後視點，但未記明此角係往右或往左量。如繪圖者以角為往左量者，則繪 45° 時，必得 TC 線，而非 TB 線也。



圖四〇

再設手簿中只記 45° 角，係往右量，但未記明以 A 或以 B 為後視點，如繪圖者，以 B 為後視點，往右量 45° 角時，則必得 TD 線，而非 TA 線也。

故手簿中應詳記某角以何點為後視點

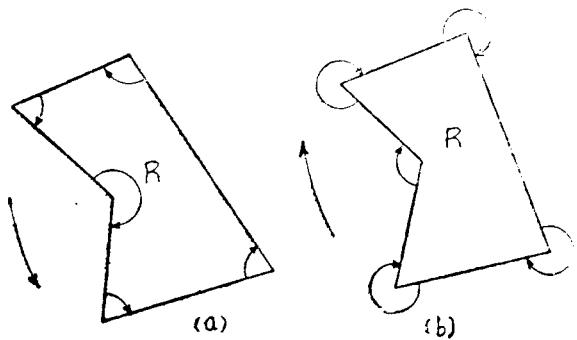
並量角之方向（往右或往左）。

§15—7 反向量角為自一延長線向右向左所量之角，故手簿中務須詳記左或右。

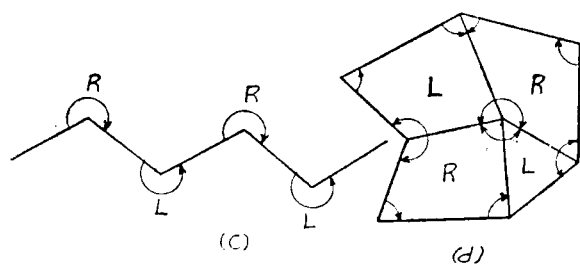
§15—8 導線，或稱經緯儀線系，此為二或二以上經緯儀相連，成為測量之根基，此種多數線，可成一迴歸多邊形，名之為 Close traverse

§15—9 左
右角、內外角

角度自一後視點，可以全往右量，如圖四一中之 (a) (b) 是也，或全往左量如 (d) 圖中 L 是，亦有往



圖四一



圖四一

左往右，同時量之者，如(c)圖是。

尋常多數皆量多邊形之內角，似覺便利，可以按反時針

方向進行測角，則各角皆得內角矣。農田及城市測量，皆為迴歸導線，但在鐵路道路測量，則為一方向進行導線，永不迴歸者。

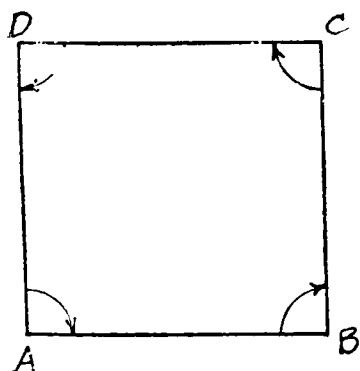
§15—10 測定導線之四種方法，其差別則在測量及記載各角方法之不同，距離測定之方法，則皆相同，用直接量距法，或用量距絲均可，其四法可分為兩大類：

- I {
 - 用直接角測定各線
 - 用反向量角測定各線
- II {
 - 用方位角測定各線
 - 用方向角測定各線

第一類中之角，為兩導線相加之角，而第二類之角，則為各線與其南北基線所成之角也。

§15—11 用直接角之方法，只由後視向前一站量得之角，此法可以用重複測角法，精細測定之，最好各角皆順時針方向量得之。無論導線迴歸與否，此法皆可用之，如圖四二之四邊形然。

§15—12 用反向量角之方法，宜用於不迴歸導線中，其量法非

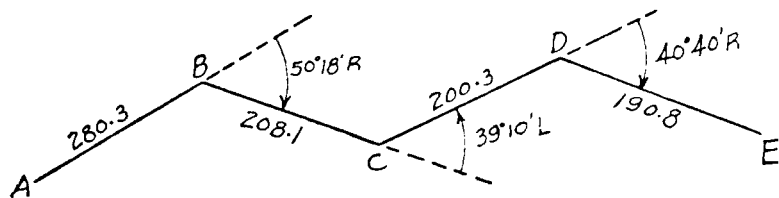


圖四二

直接自一後視點起，乃於倒鏡後向左，或向右量其折角 (Deflection angle)，如圖四三。

§15—13 用方位角之方法，設每線之方位角，皆自磁針南北線之北端計算，但亦可用任何線為根據線，開始工作。

(a) 在此法中，只應熟記以下事項：



圖四三

經緯儀立於任何站點，當望遠鏡北向時，游尺應對分度盤之零點，此非用磁針在每站定位，除第一站外，皆用以下兩法定位，而只以磁針校對而已。

第一法，當後視時望遠鏡為倒置，前視則正置之(圖四四)。

第二法，望遠鏡皆為正置(圖四五)。

其重要差別，在第一法中，只在第一站須對游尺，以後不必再對；第二法中，則每站皆須先將游尺對準反方位角 (Back azimuth = $180^\circ + \text{fore azimuth}$)，再行後視，以定位焉。

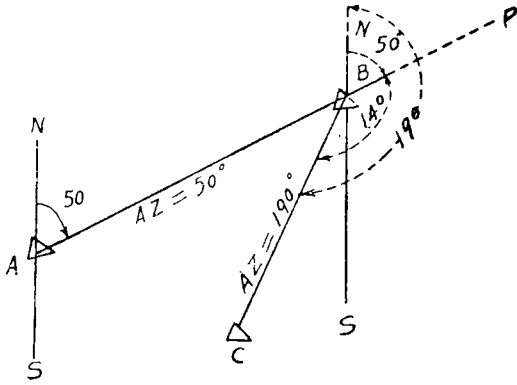


圖 四四

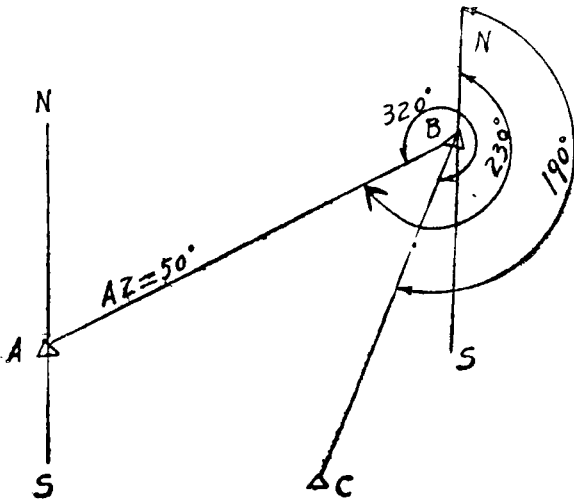


圖 四五

(b) 第一法，設 A 為第一站上下盤已對零點，將望遠鏡移對磁針之北向，只此一站須後視磁針北端，其餘各站，皆用之校對耳。

第一法之手續，為將下固定螺旋，扭緊於後視點處，鬆開上固定螺旋，將視線轉至 B 點，設游尺此時讀 50° ，則此角係自磁針之北端向時針方向轉過 50° ，必為 AB 線之方位角。使游尺仍扭緊於 50° 處，將經緯儀立於 B 處，倒鏡 (Inverted position)，後視 A 點，既定 A 後視點，再行倒鏡 (此次為 Normal position)，則望遠鏡即指 AB 之延長線 BP 方向，如 AB 之方位角為 50° ，則 BP 之方位角 (Azimuths) 必為 50° 。因游尺並未擾動，故雖由 A 移至 B，當仍讀 50° 也。再如望遠鏡此時轉至北向，游尺必仍讀零也。如望遠鏡轉至他站，如四四圖之 C 站，游尺讀數必為 BC 之方位角也，即 $50^\circ + 140^\circ = 190^\circ$ 也。在一站所讀方位角，不只一次，最後一次當為第二站方位角，故在離開該站之前，游尺已經自動正對所定方位角，不須另對也。

(c) 第二法，當後視時，望遠鏡不必倒置，但每站皆須將游尺從新正對該後視點之方位角數，此方位角即等於在前一站之後方位角 (Back azimuth)，或即等於 180° 加於原得之方位角。例如經緯儀立於 B 站，在後視之先，將游尺正對於 AB 之 Back azimuth $= 180^\circ + 50^\circ = 230^\circ$ ，故如即對 230° 處，再後視 A 處，以後如游尺迴歸零點處，則望遠鏡必指北向也。

再如前視 C 點時，則游尺所指讀之數，必為 BC 之方位角

也。例如圖四五中，A 爲經緯儀，先得 AB 線之 Azimuth 如第一法，再將經緯儀立於 B 站，先將游尺對 $180^\circ + 50^\circ = 230^\circ$ 處，後視 A 點，隨鬆上固定螺旋，再前視 C 點，游尺讀 190° ，卽爲 BC 之方位角也。如再將經緯儀移至 C 處，使游尺正對 $190^\circ + 180^\circ = 370^\circ$ 卽 10° 再後視 B 點，卽可任意前視次點，故此手續可以連續進行，望遠鏡永爲正置 (Normal)，無倒置之時。

§15—14 用方位角二法定位 (Orienting) 之提綱

第一法

- 定位 {
- (1) 游尺仍對原線 AB 之前方位角，不必另對游尺。
 - (2) 後視之前，望遠鏡必須倒置，方可後視。
 - (3) 後視之後，下盤既經定位，望遠鏡再倒置一次卽可前視他點。

第二法

- (1) 游尺須每站重對 $180^\circ +$ 前視線之前方位角，或卽等於前視之後方位角。
- (2) 望遠鏡後視時，仍爲正置。
- (3) 前視他點，亦毋須倒鏡。

§15—15 以上二法之比較

第一法之不利處，在倒鏡時所生之差誤，非儀器修正後不能用。其利處可免每站對游尺之煩，亦可免除誤差機會。

第二法用於倒鏡不便之時，或儀器不能倒鏡者。

其不利處，卽在游尺須每站重對，而生誤差之機會也。

§15—16 以磁針校對方位角，任何方位角皆易化成方向角，如磁針南北線用爲測量之根據線，則任何線之方位角，皆可看磁針讀數大約校對之，決定方位角有無誤差。

§15—17 用方向角 (Bearing) 定線法 (第四法)，此法與用方位

角法大致相同，只以方向角代方位角耳。分度盤之刻畫，最好用 0° 至 90° 分四象限者為佳。

如游尺既對原線之前方向角 (Forward bearing) 而不移動，由 A 至 B 站後，可以倒鏡即行後視 A 站，再行倒鏡，既可前視他站，如第三法中第一法，否則先將游尺在 B 站對準 AB 之後方向角 (Back bearing)，再行後視 A 點，以定下盤位置。

例如圖四五中，如經緯儀在 B 站定位之後，再看 C 站時，讀數為 10° ，故方向角必為 S 10° W 也。

§15—18 定經緯儀線四種方法之比較

(I) 第一法，直接角法 (Direct angle)，可用於各項工作，但最宜於小範圍測量，而線數最少且能迴歸於原點者。

利益：

- (1) 角度可用重複或循序測量法，為精細工作之最善法。
- (2) 各站可不必按一定次序占用。
- (3) 一站上所讀之角度，與其他站上所讀之角度無關。

不利：

- (1) 所測角須化成計算方向角後，才可以磁針校對之。
- (2) 手簿中必須分別向左或向右量角。
- (3) 手簿中必須註明每角以何者為後視點。

(4)游尺在每站皆須從新對正。

(II)反向量角 (Deflection angles) 方法,多用於鐵道道路測量中,第二線與第一線之延長線所成之角,大半小於 90° 。“利益”與“不利”與前法大致相同,不過用此法,須儀器修正完整,其不利處尚有,“手簿中必須記左右 Deflection angles”為差誤之源。

(III)用方位角定線法,多用於 Stadia (量距絲法) 工作及地形工作 (Topographic work) 中,此法用處極大。

利益:

- (1)磁針為各方位角之校對物。
- (2)將二法中“不利”處完全消滅。
- (3)方位角可直接算得方向角。
- (4)手簿常屬簡單,一定,並易繪畫。

不利:

- (1)此法不能用重複及循序量角法,量得各角。
- (2)每站皆須按一定次序佔用,不能越過。
- (3)一線之方位角有錯誤,其次各線之方位角皆受影響。
- (4)如多數站有“局部偏倚”,則以磁針校對之利益亦歸無效。
- (5)用方位角第一法時,倒鏡之誤差,仍然與 Deflection angle 之不利處相同。

(IV)方向角測法，即為羅針儀測量之變態，此法用時甚少。

“利益”，與前者比較並無多益處，並有不利之處如下。

“不利”，特別分度盤由 0° 至 90° 必須另備一且方向角之前後兩字，為錯誤之源。

第十六章 經緯儀測量工作程序及測地物法

§16—1 經緯儀測量普通方法——經緯儀為此測量中之重要儀器，故量角度為必要之事，一部分工作即為第十五章所講之定線法，其餘工作即為根據所定之線，將細部地物如邊界、房屋等測定之，故定線時之佈置，各站點應當留意地物所在地也。

在野外所用各種幾何方法，以定地物之一點，完全如在繪圖紙上定點相同，有只以距離定一點者，有以兩角度相交而定者，更有以角度與距離二者並用而定者。

§16—2 實際工作次序之二法

如前章定線之四法，業已選定一法，則其進行有二法焉：

- (1)一法先將各經緯儀線之長及角量定，全體根據線點，完全測定之後，再行細部測量，此即繞其地兩次，一次為定根據線，一次為細部測量也。
- (2)更有一法，即在某站，將各站應定之線，及細部測量一次測完，故同時進行二事。每站之第二站，可以安定鏡後，即行先立。第一法用於面積廣大之地，經緯儀綱圖，必須精細測定時用之；第二法宜於不迴歸原點之測量中，且亦用於面

積較小之地也。在測定之前應先大約將各站點之位置佔定之，以免佈置失當之弊。

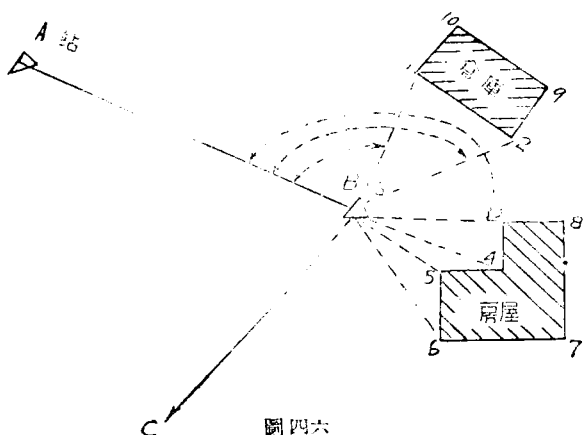
§16—3 由經緯儀線以定地物——在第一章已將定一點之七法說明，細部測圖者，則在用七法之一法，以測定地物之兩點，或多數點，經緯儀線，則為細部測圖之骨架(Skeleton)。凡地物常由最近便之經緯儀線測定之，欲將地物完全測定，必須決定適足點數以便表現出之，有時多測一二點，以作校對之用。例如欲測定一長方形之房屋，由一線決定其兩屋角之位置，即可足用，其餘兩角，可以間接量房屋自身而得，但精細工作時，最好仍測一第三點以校對之。

有時地物之各部分，須自不同站點及不同經緯儀線上測得者，例如一大屋之某部，在一端可由一近站測定之，而其他部，則須由近他端之站點測得。籬笆及街道，大約須由至少兩站測定。又如測量一長方形田地，其四角皆須由近角之一站測之，故每一界線，可由不同站點所測定之二點定之。

地物各點之測定，測量者應決定用七法中之何法為最合宜，有時無選擇餘地，非用某法不可。例如測定一不可達到之點，必須採用三角法，前七法之中一法，為以兩直線之交點而定，二法為只用距離而定，其餘四法，皆須用量角度而定，故此四法，為經緯儀測量中之最特用者，以下將先講長距及量角合用之方法，次講專用長距之方法焉。

§16—4 以角度及長距測定地物

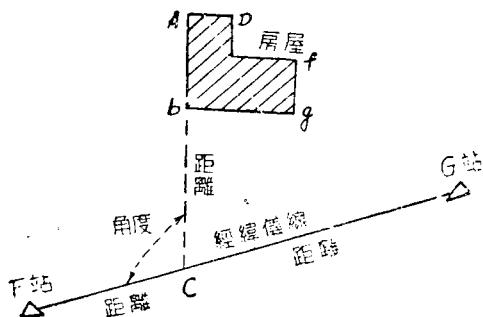
(a) 茲設例如圖四六，自站點 B，可以自 AB 量角度至每點，並



圖四六

量由 B 站至每點之距離，即可測定無數點之位置。直接量齊法 (Measuring-up) 者，即量房屋之邊長，將房屋之位置，四圍完全測定也。有時所有角度不必自前一線為後視線，即可以南北線為後視線，而所有角度皆用方位角（由北端起按時針方向量）代之。

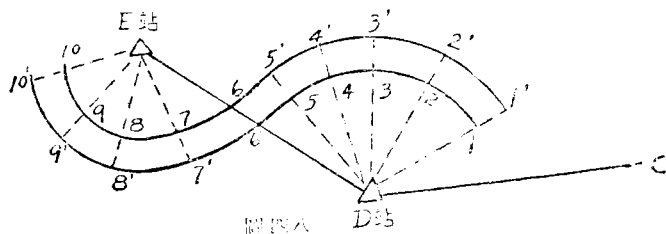
- (b) 又例如圖四七中，用一角度及距離只至一點、測定地物法多用於測長方地物時，在 FG 線上，看定一點 C 與 Ab 屋邊方向中，



圖四七

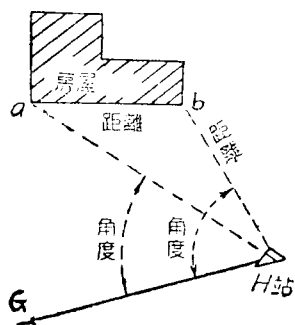
再立經緯儀於 C 站，量 $\angle FCb$ 角，及 FC, Cb 兩距離，房屋之一點 b 既定之後，其餘各角點 A, D, e, f, g, 皆可直接量齊得之。

(c) 用角度及距離定曲線法，如測定圓弧形曲線，設半徑甚小，簡單之法，先試得每弧之半徑長及中心點，再從最近經緯儀站，將中心點之位置測定，並可將每曲線之中點或變曲線方向之點測定之。如曲線半徑甚長，或曲線非正圓弧而不規則者，如公園路等（圖四八），經緯儀在 E 點，後視 D 點，量一角 $\angle DE7$



至 7 處，再量得 $7'$ 及 $7''$ 之距離於 $E7$ 線上，可省繪圖工作。

曲線變動愈快，點數愈密，變動愈慢，則點數愈少。

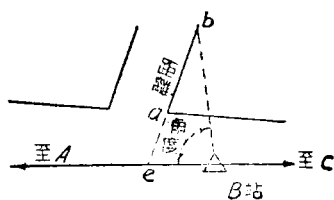


圖四九

(d) 例如圖四九中，用一角及距離以定一點，但此距離非自量角度之站，量至該點，而為自另一定點量者，b 點按常法以 $\angle GHb$ 角及 Hb 距定者，但 a 點則以 $\angle GHa$ 角及 ba 距定之，非以 Ha 距測定者。

(e) 又如圖五〇中，此法可用於一街

道分叉處，欲定其方向，則須決定一點“b”，“a”點既經照常測定之後，可量 $\angle A b b$ 角，而量 ab 距離以測定之，蓋因免除量 Bb 距之困難也。有時延長 b_1 線至 e ，量得 Be 即可連 ea 而得 ab 之方向也。



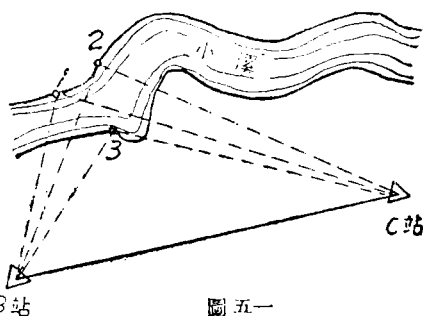
圖五C

§16-5 以兩相交線所成角決定一點，例如圖五一中，經緯儀立於 B 站，後視 C 站，量 $\angle CB2$ 角，

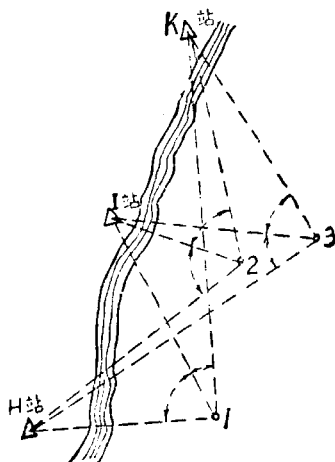
同時另有一經緯儀立於 C 站，後視 B 點，量 $\angle BC2$ 角， BC 之距離為已知，故 2 點即可決定矣。兩河岸各點皆可以同法定之，而需用兩具經緯儀也。

此法不甚準確，除非基線與角度皆極小心量得，方可與前數法並用，此法多用於決定不能達到之各點，多用於平面桌測量工作。

§16-6 以三點法決定一點，



圖五一

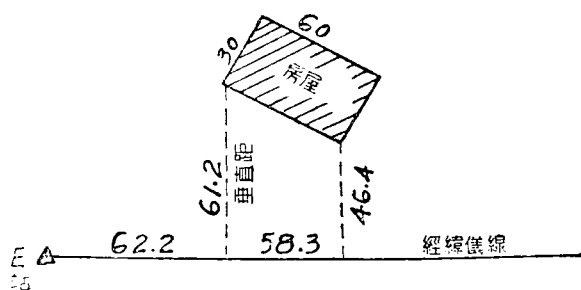


圖五二

設 H, I, 與 K (圖五二) 爲岸上三已知點之位置, 1, 2, 與 3 爲水中立浮標處, 或須量深淺之位置, 在 1, 2, 3 每點上, 以三線通過 H, I, K 站, 而量此三線所夾之兩角, 此角常用六分儀 (Sextant) 量之, 此法之特別處, 爲各角皆在所求點處觀測, 但亦可用前法, 以兩經緯儀在 H, I 與 I, K 測得之。

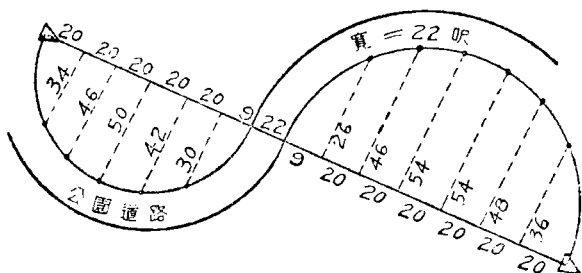
§ 6-7 只用距離定點之法甚多, 而以垂直距 (Offsets) 法爲常用。

(a) 目的物之各點, 與經緯儀之垂直距離名之爲垂直距。欲完全決定地物, 必須量是垂直距數。垂直距間之距離, 即在經緯儀線上量之。在圖五三(a)中, 只有兩垂直距須量出, 即可決定一屋之四隅。



圖五三 (a)

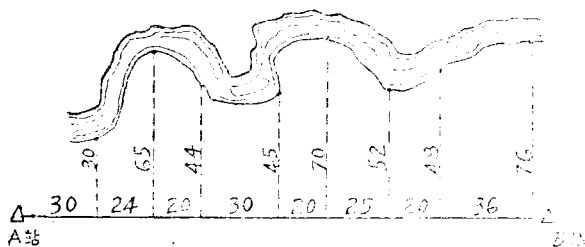
b) 如遇極規則之邊界地物時, 可在經緯儀線上等距離處, 量垂直距以定地物。例如圖五三(b)中, 每 20 英尺處量一次垂直距。留心圖中曲線與經緯儀線相交處, 其距離爲 9 與 22 英尺, 手



圖五三 (b)

簿中有時記錄經緯儀線之一邊，垂直距為正 (+)，其他一邊為負 (-)。

- (c) 不規則邊界之地物，最好在不相等距離處，量垂直距，因視角最大之處，若測量垂直距，而其他處，可以較稀，如河岸然，不定經緯儀線一位與河岸相近，再如同五三 (b) 量得若干垂直距，即可決定河岸邊界也。



圖五三 (c)

- (d) 用垂直距決定地物，須謹記三事：

(1) 垂直距中之一至經緯儀站，或其他已知點之距離，必須量出。如圖五三 (c) 中，由 A 站至第一垂直距 30 英尺，未

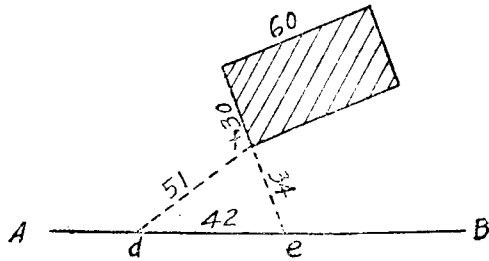
曾量出，則其餘工作，皆成無用。

(2) 如道地物邊界變動極大之處，必須每處量一垂直距。

(3) 最近與最遠各點處，皆須量一垂直距，以便決定地物之形狀。

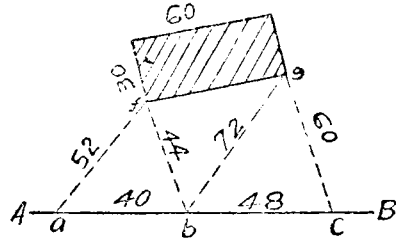
有時經緯儀線上之距離，非分記點與點間之距，乃皆由經緯儀站起算者，如“+30”，“+54”，“+74”，“1+04”……“2+05”等是。

§16-8 用與經緯儀線之斜距 決定地物法，例如圖五四中(a)與(b)，有二法可以決定一屋。



圖五四 (a)

(a) 圖中 d 與 e 為經緯儀線上之兩點，任何一點至經緯儀站之距離必須量出，e 點在房屋之一邊直線中，循經緯儀線決定之，de 之距亦須量得，隅角(f)由 df 與 de 之距而決定之。



圖五四 (b)

在(b)圖中，房屋之兩隅 f 與 g 皆用由 a 與 b，或 b 與 c 所量之兩距離 af, bf, 與 bg, cg 而決定之。

又在(a)圖，如 f 隅，距 AB 線極遠，而非僅 51 英尺，則可如圖五四(c)中之法，在 f'e 線上，定一 fd 線，名曰結合線 (Tie-line)，故

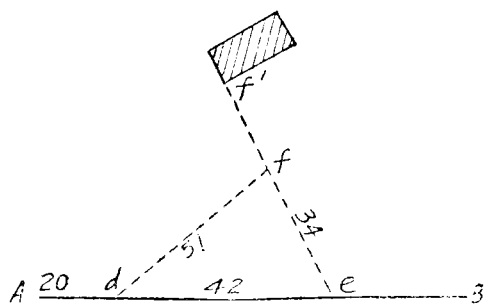
可決定 $f'e$ 之方向也。

圖五四 (d) 亦為結合線之用法, cef 街邊為自經緯儀線用距離角度法決定者, d 點決定旁街 (Side street) 之方向, 由 c 先量至 d , 又由 c 量至 cf 線上任何點 e , 結合線 de 之長 59, 即可決定 dec 角。

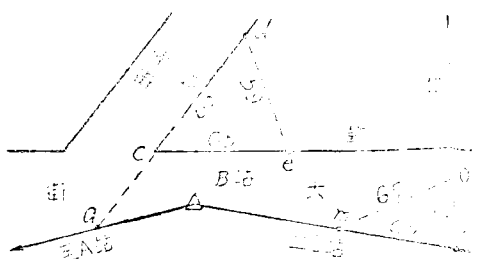
另法將 de 線延長至 a , 亦可連 ac 而得 ca 之方向。

再如 n 點先定在一離直線上, 任意由 m 點, 量一結合線 " mo " 即可決定離之方向, 可免於 n 處立鏡測 Cno 角也。

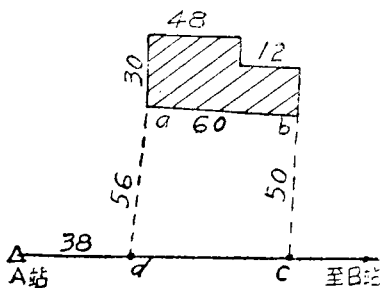
又與經緯儀之斜距測定地物法, 例如圖五四 (e) 中, 經緯儀線上 d 與 c 兩點, 用眼測之, 使與房屋之兩邊成一直線, dc 與



圖五四 (c)



圖五四 (d)



圖五四 (e)

bc 量出, d 點由 A 站測定, 全屋自身量出, 注意 dc 之距並不必量, 此法適用於 ab 邊, 與經緯儀線大約平行之時, 否則 dc 與 ab 不能假設相等也。

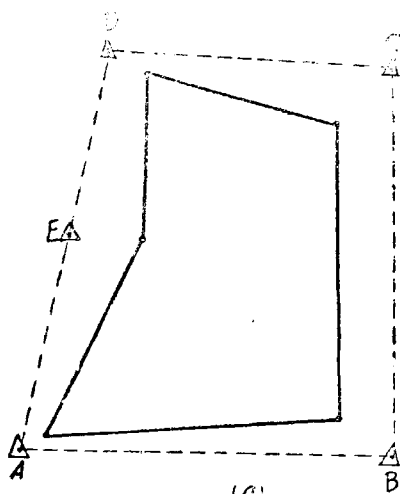
§ 16—9 測定邊界法

當測量邊界線時, 常不能使經緯儀線與邊界線或籬界相合, 故必須視其便利於其內或其外, 設立根據線, 且實際上不須使此線與邊界平行, 邊界線之夾角, 可以計算得之也。

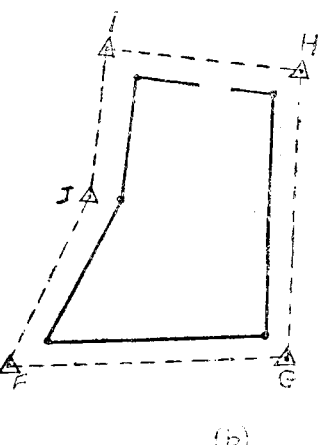
圖五五中(a)(b)(c), 表示測定同樣邊界地之三種方法。

(a) A B C D E 經緯儀線為任意測置者, 地之每隅, 係由最近之站用尋常方法測定之, 大半以角距法最多。

(b) F G H I J 經緯儀線, 與邊界線平行, 地之各隅亦如 (a) 法測



圖五五 (a)



圖五五 (b)

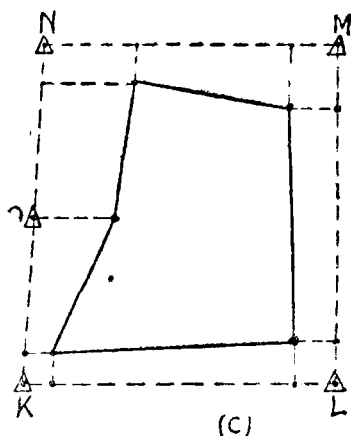
定，此法立平行線費工多，但能速知邊界線之夾角。

(c)任何便利長方形 $KLMNO$ 經緯儀線，先行測定，地之各隅，係由最近站點，以垂直距測定者，此法難於由各隅向經緯線設立垂直線，但省室內工作。

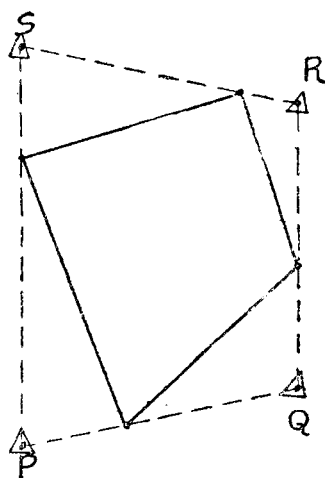
(d) $PQRS$ 線表示第四種方法，雖不普通，但有時情形便利，亦可用之，此法只須設立經緯儀線，經過地之各隅，再由各站量至各隅，以求其距離，即易決定之。

§16—10 經緯儀隊者，即看鏡人、前鏈與後鏈人、執旗人、執斧人同隊工作之謂也。隊部人員之多少，視工作之繁簡而定，有時二三人亦可成一經緯儀隊也。如量距離或多數角度須測定者，則四五人為善，同一測量，可分無數經緯儀隊分工執行。

§16—11 每隊之儀器及設備全視何項工作而定，尋常測量，一經緯儀隊之各員，應如下設備：



圖五五 (c)



圖五五 (d)

- (1) 看經緯儀人——經緯儀、垂線球、看盤鏡。
- (2) 記手簿人——手簿、鉛筆、橡皮、直邊板。
- (3) 執鏈人——鏈或鋼捲尺、鐵針、垂線球。
- (4) 執斧人、執旗人——斧、木槓、標桿、色筆、釘子。

§16—12 野外工作包括：

- (1) 測定經緯儀線。
- (2) 測定應測量之各站，以(1)所測定之經緯儀線為根據。
- (3) 記手簿，亦為重要工作。

§16—13 經緯儀站，可以任何木槓上之一小釘充之，或在馬路面上畫一×形，如只用一木槓，則此木槓須打入與地平，另立旁示樁 (Guard-stake) 以便尋覓，此種站點木槓，名之為正站槓 (Hub)，此項站點大都先行：

- (1) 預選各站點，隨後再觀測之，或
- (2) 設立一站於兩站之連線中，則此站點須後測定。

§16—14 旁示槓 (Guard-stake) 者，打入地中一部分，距正站槓一二尺處，以便尋覓正站槓也。站點號數或名目，皆須由槓頂往槓底寫出，且應打在經緯儀之左邊，以便易於閱讀，且可少往外傾斜，則字更易認識也。有時亦可打在較遠之處，而在木槓上記 (Sta. 15 ft. north) 字樣。旁示槓可用扁形，正站槓可用正方形。

§16—15 記數或記字於站點木槓上——站點如多，則以數記，在鐵路測量中，第一站常記 0+00 站，其餘各站皆循經緯儀上量得之距離以名之，如 Sta.15=1500 英尺或公尺，15+50=1550 英尺

或公尺，故每一數字，實為 100 英尺或 10 公尺也。

§16—16 經緯儀站之選擇

下列各處皆不宜選充站點：

- (1) 經緯儀易被震動之處。
- (2) 近電車軌道處。
- (3) 光滑路面上及三足架腿易於移動之處。
- (4) 鬆木地處。
- (5) 軟溼土處。
- (6) 視線易被來往車馬阻礙之處。

§16—17 標記站點法

如某站點須用數次，則應設法標記之，以便尋覓，倘站點時常毀滅，則仍可按標記迴復其位置，此法常用四木樅為標記樁，各打入地中而以一釘為記，連兩點之線相交於站樅，必須明顯確定，此項標記樅，亦須以旁示樅指示其位置焉。

§16—18 凡某種測量之目的，實為管束野外工作之第一問題。所用之方法，前題之需要，誤差之限制，以及野外工作之普通計劃，大致皆以此目的決定之。

故如擬繪一圖，先可自問此圖應作何用，及應用何比例尺等。

§16—19 野外及室內工作之關係甚密，當可以室內工作之繁簡，決定野外同繁簡工作之時，但決無因省室內工作而增加野外工作者，且野外工作有時間及天氣之限制，而室內工作，則可少開，且與天氣無關。

§16—20 經緯儀線之設立，全視測量區域之大致狀況，普通皆計劃迴歸導線以充骨架，如在鐵道道路測量中，尤以預測路線設立站點為最要。

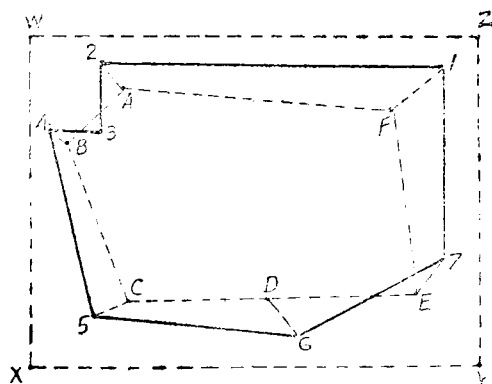
選擇站點，最好能將測線定地物及繪圖，各項工作減至最少。在測量之前，先親至其地，留意應測定之各種地物。如為測量界址則經緯儀線應近邊界設立，如欲測定屋宇，則站點必近屋宇設立之。先宜繪一草圖，將經緯儀線大約繪出，再行決定有無多餘或缺少之點，兩點間之距離，是否太長，及有無阻礙量距之妨礙物等。費半小時於選站點，可省野外數小時也。例如圖五六中之邊界測量，站點選擇之影響於野外工作，及室內工作，1—2—3—4—5—6—7—1為邊界線，測邊界之問題，即在如何設置站點及經緯儀線是，有四法焉：

(1) 與邊界完全吻合。

(2) 成一正方形，WXYZ (圖五六)。

(3) 成一七邊形，每邊與原邊界平行。

(4) 成一任何多邊形，如 ABCDEFA。



圖五六

此四法之比較如下：

1. 第一法為理想的，實際不能應用，因四週雜物及他種障礙物不克消除。
2. 第二法於室內工作可以減少，但實際在野外，因阻礙而不能實用。
3. 第三法增加野外工作甚多，使經緯儀線與邊界平行。
4. 第四法為常用法，其不利處，為邊界所夾角，皆非直接量得而可由計算得之。

選點及與室內工作之關係，可由 ABCDEFA 多邊形查明之，B 站之選定，係因兩隅角 3 與 4 可以由 B 測定，且當經緯儀在 C 站時，可以將 D 與 E 站設立一線上，故一五邊形 ABCDEF 可以用之代七邊形矣，而其結果，即為同時減省野外與室內工作也。

§16—21 測定經緯儀導線之方法，已於前章比較優劣，如四種用法之不利與利益完全明瞭，則易決定採用何種方法於何項工作也。

普通城市中工作，極須精確，而磁針完全不能應用時，直接角與折角兩法，可用其一。角度可以重複量得，以校正之。如在野外，“局部偏倚”不能存在之處，而不須極精確時，第三法（方位角）常用之，因磁針可以校對也。此方位角法特別合用於量距絲測距法，及地形測量也。若廣大範圍測量中，常合用兩法進行者，例如地形測量中，一等站用三角法測定，次等經緯儀線，即為地形測量之根據線也。

§16—22 測定經緯儀線之建議

無論採用何種方法，看鏡人倘能稍事留意，可以免除大錯。看鏡人

尤宜立定程序，以便發現錯誤，此項程序，即包括多加校對工作，雖費時間，但是利益極大，故工作者，亦可放心自信進行，較速而準確也。

事前預防其故有二：

- (1) 保證精確。
- (2) 免除實際錯誤。

用經緯儀之預防法，已於前章詳載，讀角法，亦已詳列其易犯處，其重要預防之點，關於運轉經緯儀者有二：

- 1) 前視之後，應輕輕旋動上下盤，鬆手後，查其是否迴歸原位，以證明下固定螺旋是否扭定，施行此項預防後，再行前視，可保無錯誤之虞。
- (2) 後視之後，即即行前視第二站點，其他地物，隨後觀看，以免下盤移動。

有系統之校對法供給相當證明，使預防法不致無用。校對法亦有二種：常用

- (1) 以儀器校對所測各角之方向角。
- (2) 可以隨時將游尺正對某角度，再以視線製測，以校對視線經過某站點與否。

當在某站地物各點均已測完，而離站之前，應當將游尺仍對原第二站，前視角度，以校對視線仍可經過第二站點與否，此為兩次校對法：

- (1) 當前視地物各點時，而下盤倘有移動，則經此校對，即可查

出。

(2) 讀原角有無錯誤，經此校對，亦可查出。

§10-23 用直接角法，看鏡人應進行之應用程序如下：

建議有二：

(1) 宜用 0° 至 360° 之分畫盤，且按時針方向進行者，並按時針方向測量各角度。

(2) 永讀 A 游尺，不能變更，B 游尺只供校對，可免 180° 之讀角錯誤。

(a) 如角度不施重複測角法，則進行程序可以下列各條施行：

(1) 將 A 游尺之零標，正對著 360° 或零度（須與 360° 相合之零）。

(2) 後視（後視點），*速行查看 A 游尺仍否對零，且查看後方向角是否與前方向角相合。

(3) 旋轉上下盤使稍稍移動，查看下固定螺旋，是否穩定，立卽前視第二站點，以免儀器移動，*設立永久前視點。

(4) 讀角度及記手簿。

(5) *讀記前方向角（由磁針讀得）。

(6) 計算及記錄原線，前方向角（計算方向角），以校對與磁針方向角吻合與否。

(7) 隨看各地物前視點。

(8) 將 A 游尺正對原讀第二站角度，再查看視線，能否通過所設立之永久前視點（兩次校對法）。

(b)如角度須施行重複測角法，則進行程序如下：

- (1) (2) (3) (4) 四步皆如 (a) 法，唯不用磁針校對法，且在 (2) 設立永久後視點，而在 (3) 不必設立永久前視點。
- (5) 重複測角一次，記錄其雙倍讀數，查看其是否與單次讀數相合。
- (6) 將游尺 A 再正對 360° 一次，如前後視，再前視各地物點。
- (7) *前視點完畢，再正對 A 游尺於 360° ，以校對視線經過永久後視點與否。

以上注 * 及字下有曲線各條，係專為校對及預防而增加之工作，餘為絕對需要之工作，下同。

§ 16—24 用折角法，看鏡人應施行之運用程序如下：

建議：——宜用由 0° 至 180° ，或 0° 至 90° 之分畫盤，且視線已經修正者，進行如下：

- (1) 將 A 游尺正對 0° ，*查看 B 游尺是否正對 180° 。
- (2) 後視——後視點，*查看 A 游尺是否仍對 0° ，且後方向角與前方向角相合否。
- (3) *試查下固定螺旋是否穩定，倒鏡 (Plunge) 立即前視第二站點，記明向左或向右，*速設立一永久前視點。
- (4) 自 B 游尺讀角度 (因倒鏡之後)，記錄所讀角度，*注意誤寫入左右欄。
- (5) *請記磁針方向角。
- (6) 計算及記錄該線之前方向角，並查其與磁針方向角是否

相合，如無附帶羅針盤之經緯儀，則此法免用。

(7) 隨看各地物前視點。

(8) *重將游尺 B 正對原讀之折角度數，並查看視線仍通過永久前視點否。

§16—25 用方位角法，看鏡人應施行之運用程序。

建議：——宜用由 0° 至 360° 分畫盤，並常讀 A 游尺。

(1) *先查看游尺是否仍對前方位角，倒鏡，後視前站點。

(2) *試查下固定螺旋是否扭緊，倒鏡前視二站點，*檢查永久前視點(望遠鏡為正位置)。

注意：施行此二步時，應決定倒鏡時後視，而正位置為前視。

(3) 讀記方位角，*用磁針方向角校對所讀方位角，並讀磁針方向角。

(4) 隨看各地物前視點，*並常常以磁針方向角校對所讀方位角。

(5) 將游尺重對前方位角一次，*查看視線仍經過永久前視點否，倘視線稍離原前視點時，用上微動螺旋 (Upper tangent screw) 使視線正對，則游尺之指數，可供第二站之用，但游尺讀數，仍應與原記前方位角數相吻合。

第十七章 經緯儀測量手簿

§17—1 關於經緯儀線骨架之手簿，應設法分別記載，因骨架

常先行繪製，而地物隨後加入也，手簿可分兩部分，如次。

(1) 關於經緯儀站之位置。

(2) 關於其他地物之位置。

倘地物各點係與正站點同時測定者，則手簿係合併記錄，但可用下列方法分別之，以便檢查。

將經緯儀站，記以字母，而其他地物點記以號數，或加△或○在經緯儀站點上。

§17—2 記載手簿三種普通樣式，茲列於下。

(1) 所有量角，量距之結果，皆以繪圖記明之。

(2) 不用繪圖，只用表格式記載結果。

(3) 第三法為前二法併用者，即結果之一部分記之於圖，其他部分記之表格中，此法常用。

§17—3 以繪圖記載法者，最忌雜亂，除非地物簡單，而範圍較小者，多用第三合併法也。草圖，不必按比例尺繪製。第二法之表格式，最宜用於記載經緯儀線，及少數地物點時。地物點繁多，則宜用草圖法記載，較為明瞭。

第三法為最常用法，手簿之右頁供繪圖用，其左頁則將經緯儀線或重要點、角度、距離記錄表格內。圖上各點號數與字母，皆應與表格中所列者符合，以便查核。

§17—4 合併法手簿不同樣式如下：

表 五 (I) 式

Angle	Value	Line	Length		
角	角值	線	長度		
BCD	89° 29'	CD	280.1		
BC2	112° 14'	C2	83.8		

解釋：後視 B 點，經緯儀站在 C 點，前視 D 點得 $89^{\circ} 29'$ ，C 至 D 之距為 280.1 英尺，同一後視點 B 前視“2”點，得角度 $112^{\circ} 14'$ ，距離 83.8 英尺。注意字母用之於經緯儀站，而數目則用之於地物點也。

利益：此為合併法之最簡單自然之方法，易於使用，不易於繪圖時生錯誤，如骨架先行測量，最宜用此式。(表五)

不利：前視點與後視點，應當先行註明，以免錯誤，如以(2+14)充站點之記號，則(21+14)，(24+30)，(30+25)，之記載，決不可能。

表 六 (II) 式

	Transit at C.		Back sight on B		
	緯經儀站 C.		後視點 B		
F. S.	Angle	Line	Length		
前視點	角	線	長		
D	$89^{\circ} 29'$	CD	280.1		
2	$112^{\circ} 14'$	C2	83.1		

解釋：此式與前式主要分別，在將經緯儀站及後視點一次記明，且此式第三行，尚可免卻，後兩行可用之記磁針方向角及計算方向角，

如所量角有左量右量之分，則 Angle 一行應分兩行，以便記右 (R) 或左 (L) (注意：此非折角之 R 或 L)。

利益：如多數點須自一站量者，宜用此式，且無前視後視點之錯誤危險。此式宜於地形測量隊之地形組，如第三行不用，則有三行空白可以記載垂直角，及改正高度、平面距也。(表六)

不利：不能用於經緯儀線骨架測量，因太繁雜，宜用第一式也。

表 七 (III) 式

Angle 角	Value 角值	Line 線	Length 長	Bearing 方向角	
				Mag 磁針	Cal.
CDE	$2) \frac{198^{\circ}44'}{99^{\circ}22'}$	DE	410.8	N 26° 30' E	計 算 方 向 角
DEF	$2) \frac{1:8^{\circ}53'}{74^{\circ}26'30''}$	EF	323.5	N 79° 15' W	

解釋：此式為第一式變相，末二行多磁針方向角，計算方向角，外角度均用重複量角法測定者，其不利與利益，大致與第一式相同。(表七)

表 八 (IV) 式 (折角)

Sta. 站	Deflection angle 折角		Line to 前 視	Length 長
	左 (L)	右 (R)		
E	56° 24'	41° 18'	F	379.4
E			I	33.3
D	23° 10'		E	220.6

解釋：此式係由下往上記載，例如 E 為站點，後視 D 點，由右(R)折角 $41^{\circ}18'$ ，前視 I 點，EI 長距為 38.3 英尺，故可決定 I 點也。

利益：左右折角，皆記之於分行，故甚明瞭。

不利：前視點後視點不甚明瞭，除非記明站點次序，係由下依次往上不可，以免誤會。(表八)

表 九 (V) 式 (折角)

Sta. occupied	Point. sighted at	Deflection angle	Distance	Bearing
站	點 前 視	折 角	長	方 向 角
+20.6	a	$41^{\circ}18' L$	38.3	Magn. <small>磁針</small> <small>方位角</small>
+20.6	36	$55^{\circ}42' R$		N $36^{\circ}59' L$ <small>正北</small>
32	32+20.6	$28^{\circ}10' L$		N $2^{\circ}34' W$ <small>正北</small>
30	32	$12^{\circ}11' R$		N $8^{\circ}17' E$ <small>正北</small>

解釋：此式與前式相同，但折角 R 與 L 並未分行，手續亦須由上往下讀，此式宜於測量鐵路道路用之。利益可省一行，但錯誤亦易發生於此種處，故亦可認為不利也。(表九)

表 一〇 (VI) 式 (方位角)

Line	Azimuth	Length	Magn. bearing
線	方位角	長	磁針方位角
CD	$191^{\circ}10'$	281.6	S $19^{\circ}45' W$
DE	$28^{\circ}48'$	310.3	N $79^{\circ}15' W$
D2	$291^{\circ}18'$	28.9	

解釋：此為第一式之變相，方位角則記於(角度)一行中，如多數點

之方位角須記載者，則可用第(II)式改正之。

利益：此式極簡單並甚明瞭，故普通用於方位角測量也。(表一〇)

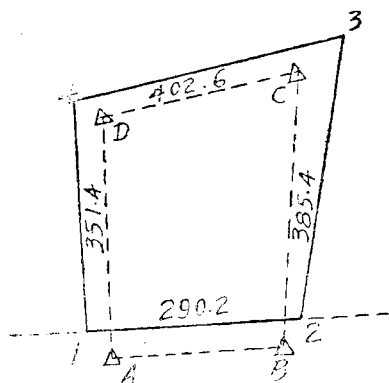
§17-5 手簿之設例，以次數頁，設手簿之例，學者應具兩目的研究之。

(1) 詳查其如何應用測經緯儀線法，及測地物法於實際工作。

(2) 對於手簿之記載得一較明瞭意義。

表一一 手簿例一

Angle 角	Value 角值	Line 線	Length 長	Mag. bearing 磁針方向角及內角和
ABC	191° 05'	BC	376.9	N 9 15' E 內角和
AB2	152° 51'	B2	11.4	
BCD	73° 47'	CD	318.3	101° 05'
BC3	235° 42'	C3	27.1	73° 47'
CDA	96° 47'	DA	339.8	96° 47'
CD4	217° 29'	D4	43.3	<u>88° 21'</u>
DAB	88 21'	AB	274.2	Check 350° 00'
DA1	3 2° 21'	A1	8.1	
所有角度均自後視站點向右量得				



圖五七

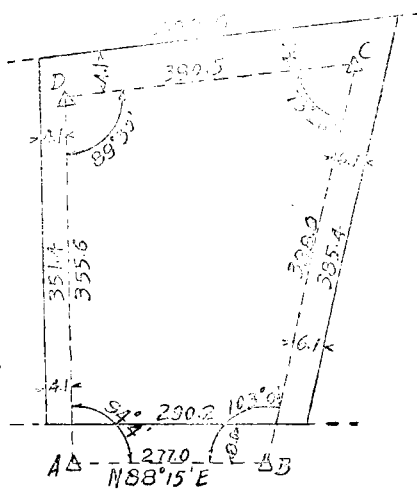
關於手簿者，評語如下：

經緯儀線自身及隅角之位置，皆用記錄式載於左頁，實際距離，如邊界長度，即在右頁草圖中載之，圖上應加磁針方向線以便校對。

例二，此例與前例相同，唯無合併法記載，只用草圖式記載結果，經緯儀線係與邊界平行，故邊界線夾角易於得知也(圖五八)。此式宜於記載數稀少時，草圖不致擁擠。

例一，關於測量者，評語如下：

此為決定邊界測量之設例，經緯儀線，係隨意測定，而與邊界離筭相近，但不與之平行者，共設站點四 A, B, C, D, 邊界四隅，皆自最近站觀測者，注意邊界自身長度，亦盡量得記載於圖，以資校對，最好以計算方向角校對磁針方向角。



圖五八

表一二 手簿例二

角	角值	線	長	磁針方向角	計算方向角
DAB	2) 73° 19' 137° 05'	AB	214.8	N 37° 39' E	N 57° 35' E
1	7° 09'	A 1	74.5		
2	75° 27'	2	75.1		
3	28° 12'	3	69.5		
4	4° 51'	4	65.3		
5	162° 42'	5	87.5		
6	175° 24'	6	142.4		
7	221° 12'	7	151.6		
	2) 19° 12' 51° 36'				
A18	51° 36'	B18	339.1	N 87° 45' W	N 87° 49' W
A18	78° 27'	18	18.5		
BCD	2) 163° 16' 81° 38'	CD	24.7	S 3° 15' E	S 3° 11' E
BC9	234° 02'	C9	25.3		
CDA	2) 167° 22' 33° 41'	DA	198.4	N 80° 30' E	N 80° 30' E
CD10	73° 02'	D10	91.7		
CD11	262° 02'	D11	78.2		
所有各角均由前站向右量得					

例三，記載：西面地主何名，北面何溪，東面地主何名，測量時年月日，

角度至分位止，距離至十分之一呎止，看鏡人簽名及邊界之位置。第一步，先設立站點 A, B, C, 與 D, A 站之選擇，係就 1, 2, 3, 4, 5, 6, 與 7 各隅皆可自此站測定。B, C 兩站之擇定，爲使 B, C 連線足供量垂直距 (Offsets) 之用。D 站選擇，近隅角 (II) 處，且可同時通視 A 與 C 站。磁針與計算方向角皆分行列入，房屋皆量得記入草圖中，邊界自身之長，前已量出記入。

此手簿之格式與 (III) 式相同，角值與長距皆記於左頁表格中，邊界長度，房屋自身長度，垂直距等皆載之於草圖中，D A 線爲多數點 (1, 2, 3 …… 7) 之後視線，故免重複，只繪直線以代 DA 也。

此例爲合併法，記手簿之最詳明者。

例四，此例即爲例三所測之邊界，但全用草

圖法記載者，圖中不免擁擠，故房屋等皆特別放大，以便記數於其相當之地，故此式當較例三明顯，且易於使繪圖者檢查也。(圖五九)

距離應屬於何處，常須以箭頭標明之。

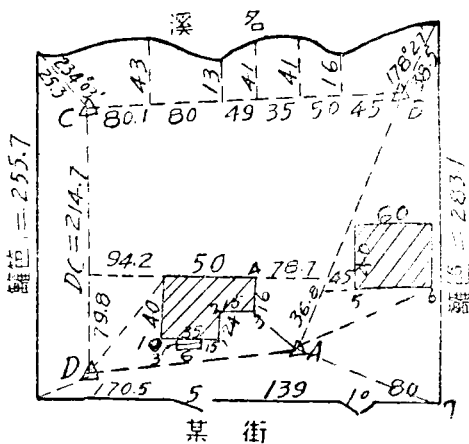
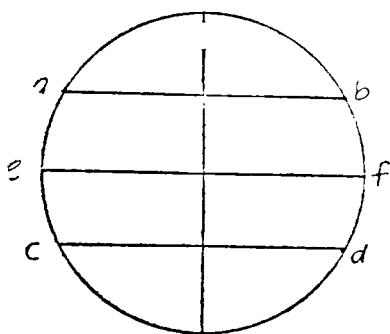


圖 五 九

第六編 視距測量 (量距絲測量)

第十八章 視距測量法 (Stadia Surveying)

§18—1 經緯儀之望遠鏡，多有量距絲之設備，可用之直接測得距離之遠近，除鏡內交叉線外，尚有兩橫線如圖六〇中， ab 及 cd 是也。兩絲之距離為一定，各距中線 ef 相等，如用呎、吋或公尺、公分之標尺，置於離儀器一百呎 (或一百公尺) 之處，從望遠鏡窺望，即見 ab 與 cd 為橫絲截標尺之一段 (只計 ab 與 cd 二絲所截者，不計正中之十字絲)，其一段之數，可從標尺之尺寸數讀得之，如標尺離儀器為一百呎，其截得標尺之一段，必為大約一呎之數，如將標尺立於五十呎之距離，則兩絲所截得之一段，必為約半呎之數，實言之，必依 $100 \text{ 倍} + C$ 之比例也。



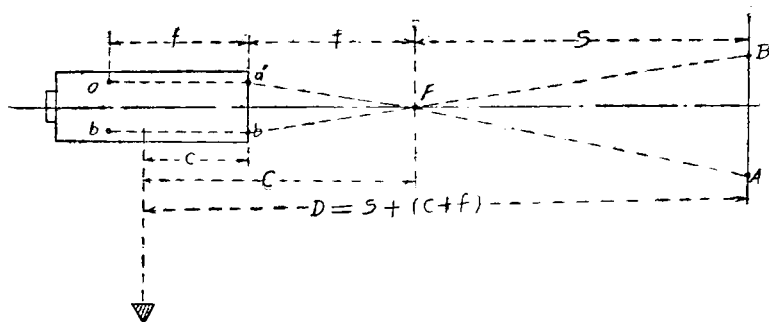
圖六〇

此種測量距離之法，不能用於極遠之距離，因所用之標尺，其長

只爲十餘呎，如太遠，則 ab 與 cd 兩絲，不但不能截標尺之一段，且遠在標尺之外，而不能讀得其所截之數矣。如有時兩絲中有一絲落在標尺之外，則可用餘一絲與中線 ef 截得標尺之數倍之，即爲 ab 與 cd 兩絲所截之數，此種測距法，多用於地形測量法。

§18—2 視距測量法之學理全基於幾何定理中之相似三角形，邊與高皆互成比例也。

設 a 與 b 在圖六一中代表上下兩量距絲之位置，再設 AB 爲標尺上被量距絲所截之一部分，任何光線由 A 經焦點 F 至透鏡後，即與望遠鏡之軸平行，故可認 $Afa'a$ 與 $Bfb'b$ 皆爲一線。



圖六一

設 $a'b'$ 爲斜光線變成 $a'a$ 與 $b'b$ 平行光線之處， c 爲儀器中心至透鏡中心之距離，由相似三角形 $a'Fb'$ 與 AFB ， $ab:f :: AB:S$ ，或 $S = \frac{f}{ab'} \times AB$ 。因 $a'b' = ab$ 爲量距絲相隔之距，以“ i ”代之， AB 以 R 代之，爲標尺讀數，則 $S = \frac{f}{i} R$ ，此 $\frac{f}{i}$ 爲某種望遠鏡之常數，故距離“ S ”常等於標尺讀數 R 與此 $\frac{f}{i}$ 之乘積，但所求之距離，爲由標尺所

立處至儀器中心點，此距離 $D = S + (c+f) = S + C$ ，實際工作中， C 常為常數， $(c+f)$ 可以下法求得之。

- (1) 將物鏡對準 100 呎處之一點。
- (2) 由物鏡之中心處，量至儀器之中心（用捲尺直接量得之）得“ c ”。
- (3) 由物鏡之中心處量至量距絲圈，得 f 。
- (4) 將此二者相加，即得 $f + c = C$ 也。

注意 C 一次求得之後，即為各距離讀數應加之常數，並非於 200 呎時，則兩倍之，300 呎時則三倍之也。

此 C 之值限，為 0.9 呎（短望遠鏡中）至 2.5 呎（18"Y-Level），但尋常經緯儀中，只加一呎於每一讀數，即可無誤。

§18-13 試驗量距絲間隔法

大多數儀器中，量距絲之 $\frac{f}{i} = 100$ 者居多，故如標尺上所截數為一呎時，此尺距儀器之中心為 $(100 + C)$ 呎，如為二呎時，則距離為 $(200 + C)$ 也。 $\frac{f}{i}$ 與 C 可試驗之如下：

將儀器置於地平面上，立標尺於相當距離，恰使量距絲截標尺一呎，如此距離以鋼尺量之得 101.2 呎，則 C 為 1.2 呎；再立標尺於某處，恰使量距絲所截為二呎，此距離應量得 201.2 非 202.4 呎。重要量距離工作開始以前，此項觀測應依次為之，以資校正。

§18-4 量距絲之修正

如量距絲為可修正者，可以進行如下：

- (1) 定兩標記一呎間隔於標尺上，再立此標尺於距儀器中心（100

+C) 呎處。

- (2) 視線對標尺上，使十字線中心橫絲恰在兩標記中央。
- (3) 移動管束量距絲之螺旋，修正一量距絲，使與一標記相合，再修正其他一量距絲，使與其他一標記相合。
- (4) 將標尺立於 $(200 + C)$ 呎處(距儀器中心)，再試驗是否一絲正對一標記時，其中心橫絲正對其他一標記。
- (5) 定兩標記二呎間隔於標尺上，同時試驗兩絲。
- (6) 重複試驗之於 $(400 + C)$ 距離處。

§18—5 固定量距絲——大多精確工作，量距絲皆為不可修正者，此種固定量距絲之儀器，常用標準呎數標尺，以充量距之用，此儀器製造者已定 $\frac{f}{s} = 100$ ，但為欲得精確結果，可以

- (1) 特製一種標尺，刻尺數以合儀器之量距絲；或
- (2) 用一“間隔因數”(Interval factor)校正讀數。

a. 特製標尺

- (1) 先立一 F 點在儀器中心前 C 距離。
- (2) 精確由 F 點量出 100', 200', 300', 與 400'。
- (3) 立一標尺於 100' 處，再以標記精細測定標尺上之間隔。
- (4) 將此間隔繪於標尺上，再試驗於 100', 200', 300', 或 400' 處。
- (5) 如所繪之間隔為正對，則可油漆之，以免損壞。

b. 用間隔因數如願用尋常尺充標尺時，而量距絲又為固定，至少差誤，則須以常數因數乘每次讀數。

例如數次觀測之平均間隔，在標尺上為 1.0042 呎，則每 100 呎距離皆讀為 100.42 呎，故所有讀數皆太長，應以 1.0042 除之，可以減少，使之無誤，如平均間隔為 0.9981，則所有讀數皆太短，亦應以 0.9981 除之，以增加之。

§18—6 讀標尺之方法——最要目的，在決定標尺上之何部分為量距絲所截，及所截尺數，最好應將視線正對標尺之一點，使此點距地面之距，大約與望遠鏡距地高低相等。使望遠鏡上下稍動，待上量距絲或下量距絲，正對標尺之一整數呎時，則看其他量距絲整數與數為多少。標尺上之刻畫，應當讀成距離（已百倍後），例為標尺上一呎，代表 100 呎之距， $\frac{1}{5}$ 呎代表 20 呎距， $\frac{1}{50}$ 呎代表 2 呎距也。

注意：不要以十字橫絲當作量距絲，宜禁用之，有一種儀器中此項危險，係用二者不能同時明顯方法避免之。

普通錯誤：

- (1) 以十字線充量距絲，可讀三數以校正之。
- (2) 遺漏 100 正數或十呎數，例如讀 189 代表 289 或 129 代表 139 也。

§18—7 視線傾斜時之水平距離及高度

在前數節皆設視線為近水平者，如在坡地，則須傾斜望遠鏡，且結果須有兩改正數焉。

- (1) 如視線傾斜，則量距絲所讀之距離，適等於斜坡之距離，故加改正，以得水平距離。
- (2) 如標尺照常直立，則與視線不成直角，故量距絲所截之一部，

必較成直角者為多，故此項讀數，亦應改正之。

此二改正數，皆與鉛直角有關，故觀測時，只須記載其鉛直角，及量距絲讀數（實在標尺上讀數），隨後再用視距改正表或改正尺（Stadia slide rule）計算之。

§18-8 斜視量距之公式

在圖六二中，設視線斜度 a 角，如標尺與視線成正角，則量距絲

讀數 $b'c'$ 可得 Fm 之斜

距，如加於 C ，則得 Bm

斜距矣，此距如以 $\cos a$

乘之，則得所求距 BE 。

但實際工作之時，決不

能將標尺立與視線成正

角，故常將標尺直立，多

一誤差，即 bc 讀數，較 $b'c'$ 為大也。

設 $bb'm$ 角為一正角（90 度）， $bmb' = a$ ，故 $bc \cos a = b'c'$ （大約言

之），因 bb' ， cc' 相距極近也，換言之，即所讀之距離，必須乘以 $\cos a$

方可得 Fm 也，故圖六二中，

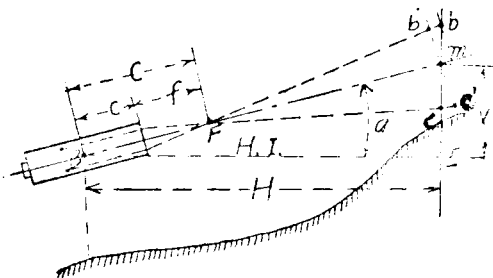
$$Bm = C + Fm = C + \frac{f}{i} (bc \cos a) \dots \dots \dots (1)$$

但 $BE = Bm \cos a$

則 $BE = [C + \frac{f}{i} (bc \cos a)] \cos a$

$$= C \cos a + \frac{f}{i} (bc \cos^2 a) \dots \dots \dots (2)$$

設 R 代真讀數 ($\frac{f}{i} bc$)，則(2)式可書為



圖六二

水平距離：

$$BE = H = R - R \sin^2 a + C \cos a \dots\dots\dots(3)$$

如求高度，則鉛直距 $Em = Bm \sin a$ 必須求得。

$$Em = V = \frac{f}{i} bc (\cos a \sin a) + C \sin a$$

但 $\cos a \sin a = \frac{1}{2} \sin 2a$

∴ 鉛直距：

$$V = \frac{R}{2} \times \sin 2a + C \sin a \dots\dots\dots(4)$$

應用此(3)與(4)兩式時，須記 $C \cos a$ 可以認爲等於 C ，因鉛直角常甚小也，而 $C \sin a$ 則可認爲不必記入，故水平距離，只須查 $R \sin^2 a$ ，而鉛直距，則須查 $\frac{R}{2} \sin 2a$ ，視距改正表或計算尺即用之查出此二數者也。

§18--9 用量距絲法測定水平距離

(a) 在平坦地

須使望遠鏡水平，將量距絲之一絲，與標尺上之整尺數刻畫相合，再讀其他一絲而得 R 之距離。

(b) 在斜坡上

1. 將視線正對標尺上之一點，此點距地面之高，恰與望遠鏡距地面之高相等。
2. 將量距絲之一絲恰對最近整數尺畫，而讀其他一絲，並記其距離。
3. 讀記視線與水平面所成之鉛直角。
4. 真距可在室內或野外改正之。

欲得最良結果，視線長度不得過 300 或 400 呎 (100—150 公尺)，但比例尺甚大，而誤差表可以加大者，則較長視線距，亦可用之，如 600 公尺或 2000 呎，但望遠鏡之放大倍數亦必加大。

下列一表，可大約知誤差之值，如視線長在 100 呎至 500 呎間而不計 1° 至 5° 鉛直角時。

表一三 不計鉛直角誤差表

視 鏡 數	距 離	100'	200'	300'	400'	500'
1°		0.03'	0.05	0.07	0.12	0.15
2°		0.10	0.20	0.40	0.50	0.60
3°		0.30	0.50	0.80	1.10	1.40
4°		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
5°		0.80	1.50	2.30	3.00	3.80

§ 18—10 求鉛直距或高程法

其法有二，一為求某點與儀器本點上相差之高程，他法為求某點對一較遠水準點之相差高程而用，此實為間接水準測量法，或名之為三角水準法(Trigonometric leveling)。

(a) 第一法，根據點近儀器時。

1. 立標尺於經緯儀旁邊，且使標尺底，約與根據點相平，然後將標記移至與望遠鏡軸等高。
2. 將標尺立於欲求高度之站點上，領導望遠鏡中十字橫絲，約與標記相合，而用讀距離法，用量距絲間隔讀其距離。
3. 再使十字橫絲恰與標記相合，即使立標尺人移動，至其他站

點，讀記其鉛直角。

4. 各點之高程，即可在野外或室內計算得之。

(b) 第二法，根據點不近儀器時。

1. 立定儀器後，將望遠鏡扭定水平位置，用微動螺旋使水平泡恰在中央。
2. 後視標準基點或根據點上之標尺，使立尺人將標記移動，令其恰與望遠鏡之中線相合。
3. 標記經此一次扭定後，即不移動，仍按第一法進行。

故用此二法，務須註明於手簿中，以何點為根據點也，此法之精確程度，全在乎(1) 鉛直角讀記至何精度，(2) 鉛直角之大小，(3) 斜距量得至何精度，及其遠近。下列一表，係指 100 呎斜距，因鉛直角 $2'$ ， $6'$ ，及 $16'$ 之角誤差，而求得之高程誤差，又因各角度，因每一呎距離之誤差，而生之高程誤差，鉛直角由 1° 至 26° 為兩極限，絕少大於 26° 者，而 14° 為中數焉。

表一四 視距誤差表

	因 $2'$ ， $6'$ ， $16'$ 之角誤差而生 每 100 呎之高程誤差			因距離一呎之誤差而 生之高程誤差		
	1°	14°	26°	1°	14°	26°
$2'$	0.06 呎	0.05 呎	0.04 呎	0.017	0.35	0.394
$6'$	0.18 呎	0.16 呎	0.11 呎			
$16'$	0.47 呎	0.41 呎	0.9 呎			

故可知鉛直角愈大，因角誤差 (Angular error) 而生之高程誤差愈小，而因距離誤差所生之高程誤差愈大，例如 1° 鉛直角時， $16'$ 之

角誤差，影響於高程者為 0.47 呎，但如 26° 鉛直角時， $16'$ 之角誤差，影響於高程者，只有 0.29 呎耳；反是一呎之距離誤差於鉛直角 1° 時，高程誤差為 0.017 呎，而於鉛直角 26° 時，高程誤差反為 0.394' 也。因鉛直角可易讀至一分，而距離能讀至 0.5 呎，故如視距 100 呎時，其二者之和最大誤差不得過 0.2 呎至 0.3 呎，例如鉛直角 1° 時，因 $2'$ 及 $\frac{1}{2}$ 呎之誤差其和為 $0.06 + 0.009 = 0.069$ 呎，而於鉛直角 26° 時，其和為 $0.04 + 0.197 = 0.237$ 也。

§18—II 量距絲測量 (Stadia survey) 者，即以量距絲測距離以代鏈尺或捲尺之謂也，此乃唯一之差別，餘如定經緯儀線及測定細部地物等法，皆全相同，茲將應增加關於量距絲測量之建議列後。

- (1) 自一線之一端讀一距離，再自他端又回讀一距離，得二數以資校對。
- (2) 重要點之距離讀數，常可以十字中橫絲 (Middle hair) 與任一量距絲之讀數，以校對是否為兩量距絲間讀數之一半。
- (3) 方位角測角法，最宜用於量距絲測量，以多在曠野，缺少如城市中之“局部偏倚”，而可利用磁針方向角以校對各方位角也。
- (4) 先讀量距絲間隔，再將中心對準標記中心，則可使立尺人前進他站，後讀鉛直角度。

§18—12 手簿之格式

此項手簿，即為以前所用方位角手簿之改變，鉛直角之讀數，應當列一行，改正距離應分列水平與鉛直二行，有時尚加高度一行，茲特舉數例並說明之。

表一五 視距測量手簿格式(一)

Line 線	Azimuth 方位角	Stadia distance 量距絲讀數	Vertical angle 鉛直角	Corrected distance 改正距離		Elevation 高度
				Horizontal 水 平	Vertical 鉛 直	
AB	S 50° 30' E 129° 28'	286.0	+8° 30'	279.8	+41.31	A = 582.95 624.76
A2	184° 54'	121.5	-7° 30'	119.4	-15.7	567.35

此式，最後三行可在室內計算，方向角 S 50° 30' E 可校對方位角 129° 28'。標尺上之標記，係在 A 站配定，等於儀器之高，而 A 之高度為 582.95，故 B 點，2 點與 A 點相差之高，即可加減之，以得其高度也。(表一五)

表一六 視距測量手簿格式(二)

Angle 角 度	Value 角 值	Line 線	Stadia distance 量距絲讀數	Vertical angle 鉛 直 角	Corrected distance 改正距離
DAB		A B	286.0	+8° 30'	279.8
DA2		A2	121.5	-7° 30'	119.4

此式係用於直接角測角法，第三行可以免除，而加入鉛直改正距離一行，則完全矣。

尚有一式，宜於測細部地物各點，經緯儀立定一站後，須看多數邊點時用之甚便

表一七 視距測量手簿格式(三)

Point sight	Azimuth	Vertical angle	Distance	Vertical distance	Elevation
視 點	方位角	鉛 直 角	距 離	鉛 直 距 離	高 度
Transit at sta. A, target set for rod held on B. M. No. 24. Elevation = 582.95					
經緯儀在 A 站, 標尺標記安定於標準點號 24, 高度 = 582.95					
S 50° 30' E					
B	129° 28'	+8° 30'	27.98 28.60	+41.8	(24.7)
2	181° 54'	-7° 30'	11.74 121.5	-15.7	57.25

右頁尚須繪草圖，將各點之號數記入，令與左頁所記之號數相合，以便繪圖者易於明瞭。此外隊員名字，說明記載，與有利益之記事，皆可記諸右頁。

第七編 平板測量

第十九章 平板測量法(Plane-table Surveying)

§19—1 平面桌分爲二部分(或名平板儀)

1. 三足架所支之平板

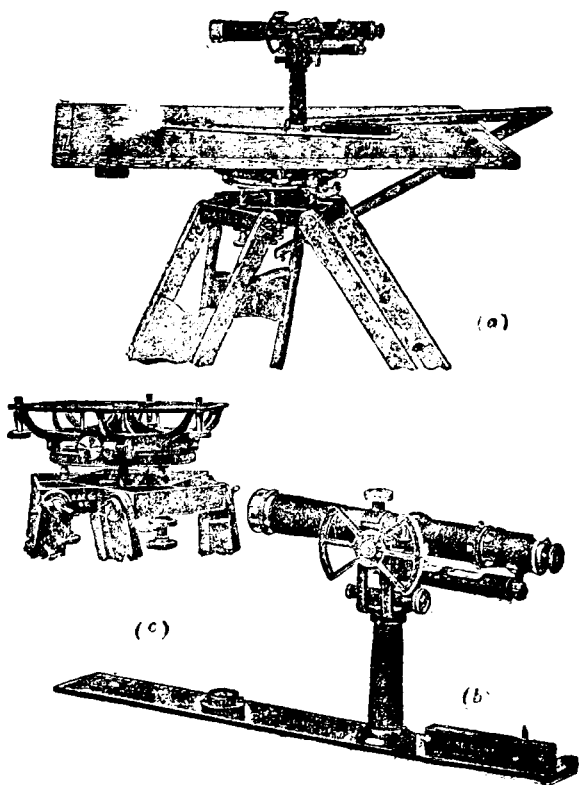
2. 附望遠鏡之照準儀 (Alidade with telescope)

照準器底尺之兩邊與望遠鏡軸平行。

尋常測斜照準器 (Traverse-board) 爲平板儀之粗草之一種，所用之 Alidade 只有兩覘絲，而無望遠鏡也。

§19—2 平面桌者，爲測繪地形最有用之儀器也。三足架之上，安置一光滑平整之繪圖板，板可依三足架之豎軸四面旋轉，旋至合適之方向，可旋緊板下之螺旋，令其不再旋動。架之上端，有三或平螺旋，以爲安平繪圖板之用。板之邊有數鐵夾，用以夾緊圖紙於板上，板上置一望遠鏡，鏡連於豎杆之頂，可依水平軸向上向下旋轉。鏡旁有鉛直分度盤或弧，用以測量俯仰角，豎杆下端堅連一銅板，如 bb 長約二十吋，寬約二吋餘，以作界尺之用。望遠鏡只依水平軸向上下旋轉，不能依豎軸左右旋轉，故轉動望遠鏡之方向時，必須連 bb 板移動。板之邊與望遠鏡之視軸平行，故視軸所對之方向，可緣銅板

繪一線以表之。鏡與 bb 板，皆非固定於板上，可在板上隨處移動。鏡內之交合系與量距絲皆與望遠鏡中所有者相同，故距離之遠近，可由測望得之，以省量丈之繁。板面置有一羅盤針，以定南北方向。羅盤之旁有成正角之二水準，以定圓板之平否。平面桌之全部，與經緯儀比較，其繪圖板，即經緯儀之圓板盤 (Lower plate) 而測視之方向，則直接繪於紙上，以代水平分度盤所指之度數，無事於測地平角也。



圖六三

平板儀之利益有數則如下：

- (1)一切手簿可以廢除，因隨測隨繪之故，則記載測量結果之誤差可免。
- (2)即在野外繪圖，則應繪之地物，皆呈眼前，容易察知何者應加，何者可省。
- (3)用校對線 (Check lines) 當時即可發現測量或繪圖之誤差，以便隨時更正。
- (4)不可達之點，易於測定，不必用三角計算法。
- (5)可以用三已知點法，速定一未知點之位置。
- (6)測繪較任何方法為快，且亦可得相當精確。

不利：

- (1)平面桌甚重，不易攜帶，且多繪圖附屬各件。
- (2)在天氣不良好時，繪圖工作在外不便施行。
- (3)角度值非用記載法記載度數，故於計算面積，毫無用處。

§19—3 平面桌之整置

整置平面桌其目的有二：

- (1)使桌面水平。
- (2)使桌面上某點與地上相關點，恰在一鉛直線中，同時須使桌面大約定位。

使桌面水平——先將三足架令其大約水平，如在山坡，二腳在山下，一腳在山坡上，如有致平螺旋，則其使用如經緯儀然，桌面置一水平氣泡，先置之與桌面之一邊平行，再令其他一邊平行，直至兩邊皆水平而後止。

桌面上一點使與地上點適合，同時桌之位置又須安定，固屬甚難，但可照下法施行之：

- a. 先將桌面大約水平，以羅針草行定位，然後全體搬動使安於站點上。
- b. 桌面之高度，應使不太高，以免繪圖不便，且不可太低，以致不便觀測。
- c. 圖之比例尺與此條大有關係，例如比例尺太大，則全圖板亦不過一點而已。

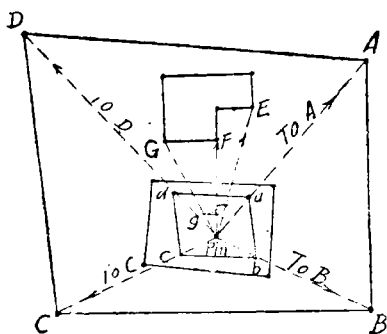
§19—4 工作之五種方法

設 B 為地上站點，b 為同鉛直線中圖上點，當照準儀 (Alidade) 之邊置與 b 相合，同時先將望遠鏡照準遠處 A 點，次再照準遠處 C 點，如桌面為水平，則此二線繪於紙上之夾角，即為 $\angle ABC$ 之水平角也，故 $\angle ABC$ 角乃由繪圖方法而得，非如經緯儀測角之記載度數，然後再繪圖也。距離之測定，可以鏈尺捲尺量之，或用量距絲亦可，五種方法中有二法可以不用距離者。

1. 輻射法，即為角度與距離方法之變形。
2. 前進或導線法，即與方位角法同。
3. 輻射前進法，為(1)與(2)合併用者。
4. 交線法，與三角測量相同。
5. 截線法。

§19—5 (I) 輻射法——將平板安定於某處，可以望見各擬擇點，將平板扭定使不能旋轉，插一針於桌之中央或任何位置，令其代

表地上之點，使照準儀之鐵邊靠近插針，繪輻射線向各應測之點，再定各線之距離用比例尺定其線長。茲設例以明之，在六四圖中，輻射線由針處繪至地界之四隅 A, B, C, D, 而在圖上以 a, b, c, d. 代之，又繪至房屋之三隅 E, F, G 而在圖上以 e, f, g 代之，應注意之點如下：



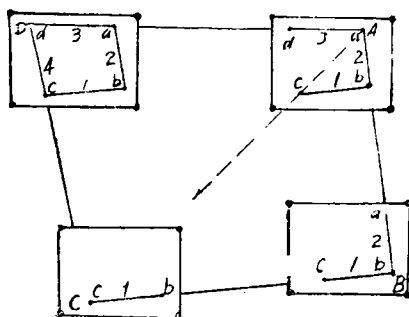
圖六四

- (1) 應選定一點插針，使各線之長不致落於紙外。
- (2) 在此例，最好先量邊界之長，以便校對繪得之長。
- (3) 房屋其餘之尺寸，皆須自身量得，以便測定其他三頂角，此法多與他法併用，否則只限用於小面積之地基。

(II) 前進或導線法——用此法時，平面桌可以由一站移至他站，在某一站安定後，第一須先定平桌之位置 (Orienting)，可先將照準儀之邊，對準圖上已繪定之兩點方向 (此兩點中必有一點為平面桌所立之點)，然後將平桌旋轉，直至望遠鏡之視線導至其他一站為止 (可用附帶固定與微動螺旋定之)，此實與經緯儀測量中以後視點定下盤位置相同，故此法實同於方位角也。

例如測定界址 ABCD (圖六五)，先安定平板於任何隅角 C 處，選圖紙一點 c，將望遠鏡邊對準 B 點繪 cb 線，量 CB 之長而以比例尺繪 cb，決定 b 點。再將平板安定於 B 站，使望遠鏡直邊經過 bc 線，

旋轉平板，直至視線描準 C 點，即將平桌扭定，即為定位，然後前視 A 點，繪 ba 線，量 BA 距離，在 ba 線上以比例尺定 a 點。將平板安定於 A 處，如前定位（後視 B 點）繪 ad 前視線，量 AD 距，再定 d 點於圖上。故無數站點可以依次繪出，圖六五



圖六五

中，各線皆給以號數，以繪圖之次序而定，茲將數建議列下：

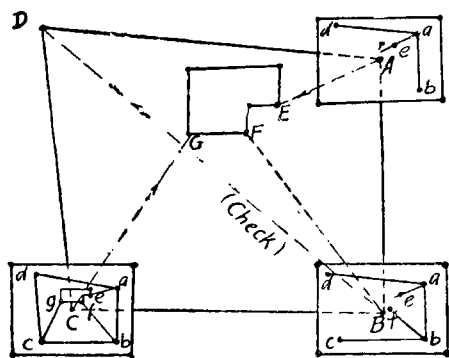
- (1) 如面積太小而比例尺甚小，則須使平桌上之點恰在地上站點之上。
- (2) 第一線 cb 之選擇，須注意圖紙上限度。
- (3) 在 A 站定位後，如望遠鏡邊對準 ac 方向，則視線應當通過 C 點，此項校對應時常施行之。
- (4) 毋庸安定於最後 D 站，除非當校對之用。
- (5) 房屋及其他細部地物可由最方便之站，用輻射法或用交線法 (Intersection) 測定之。
- (6) 如不能將平板安定界址四隅上，則設該點與根據線在界線內外均可。

此法須各站點皆可達到，宜用之測定骨架線，而以他法測定地物。

(III) 輻射前進法——此法為(I)與(II)合併而用者，其特性為：

- (1) 平板之中心點，常安在地上站點之上。
- (2) 視線通過各站時，照準儀之邊皆經過紙上同一中心點，亦即平板繞之旋轉直軸也。
- (3) 任何視線之方向，繪平行線與望遠鏡(照準儀)邊平行，經過代表地上之站點。

例如圖六六，所有視線皆以虛線代之，而以實線真繪於圖上。安定於 A 處，以平桌中心恰在 A 站上，將一釘插在平桌中心，以照準儀之邊對準針旁，前視 D 點，紙上先設一 a 點，繪 ad 線與 AD 視線平行(即照準儀之邊)。同樣前視 B 與 E 點，即繪 ab 與 ae 平行線，量 AD, AE, AB 之距離，再以比例尺將 ad, ae 與 ab 繪定之。移平桌至 B 處，視線對 A 站安定位置，再前視 D 站，以校對平行於照準儀邊之線，能否經過 b 與 d 也，然後定 e 與 f 點。自 b 點各繪平行於 BC, BF 之線，至此 B 站之工作可以竣事，此外唯校對工作而已，但仍可移至 C 站，除測定 G 點外尚前視 D 點，以校對 ed 線也。



圖六六

用此法有建議如下：

- (1) 可用三足板之一邊與照準儀邊相接，再用另一三角板，以使依

之而繪平行線。

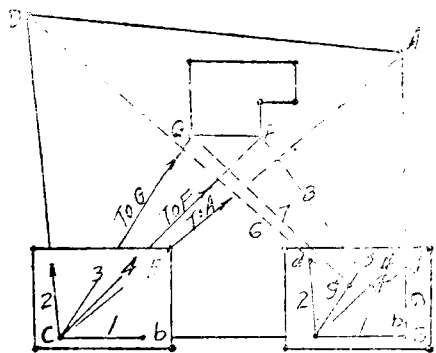
(2)前例中之房屋，實際可由 A 站繪出，先定三點，餘角點可由量自身而得。

(3)如在 B 站定位時，須使照準儀邊與 ba 線平行，而 ba 或太短，故不方便，最好在離 A 站之先，由平桌中心點繪一線與 AB 方向平行，只繪線之兩端不繪中部，以免擁擠，故可以此線之兩端為 B 站定位之根據線也。

此法最宜於測繪小面積而比例尺甚小者，且圖上每點必須與地上點相合，但繪平行線費時太多，不如使圖上各點直在地上點之上，而用前二法測繪也。

(IV)交線法——此法與三角測量法相似，只須精量一基線 AB，其他距離，毋須量出。在 A 站定位之後，即在紙上繪方向線於各點，其距離則須俟移至 B 站後，以相交線決定之。

例如圖六七中，先安平桌於 C 站，量得 CB 之長，而以比例尺繪之於圖，使 cb 為 1 號，再前視 D, G, F, 與 A 各點，繪 2, 3, 4, 5, 各方向線，

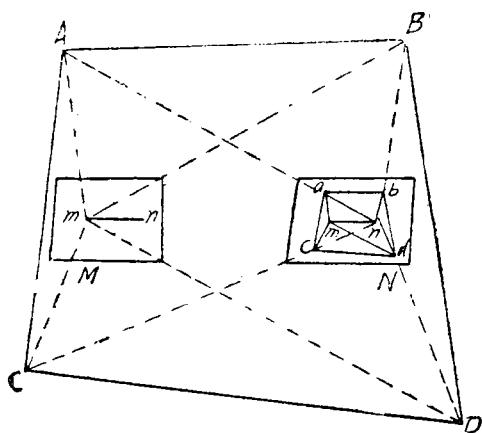


圖六七

以便決定相交點 d, g, f, 與 a 也。如有某點能在 c 點望見，即可以 ab 線用作基線，而由 A, B 兩站以相交法測定之也。

又例如圖六八中之 A B, C, D 爲四邊形田之各角點，今欲將田之大小形狀繪出，則先在田之界內測定兩點，如 M 與 N (M 與 N 爲地上點，m 及 n 爲圖紙上所定點)。當平面桌在左邊時，圖紙上之 m 點，適在 M 點之上，平面桌在右邊時，圖紙上之 n 點，適在 N 點之上，故在

地上 M 及 N 兩點，實爲桌上所遮蔽（學者知其意可也），即量得 MN 之距離，以比例尺繪 mn 於圖上，是爲基線，乃置平面桌於 M 點上，如左圖，令紙上之 m 點與 M 相對，並將桌安平，然後以照準儀邊切近 mn 直線，乃將圖板旋轉，同時從鏡



圖六八

內窺望，俟鏡內直絲正對 N 點時，即將圖板下之螺旋旋緊，勿令旋動，再以照準儀邊緊貼 m 點，以鏡向 A 點從鏡內窺望，俟直絲正對 A 點時，即沿照準儀邊繪一直線，依次測望 B, C, D, 各點，皆依其方向繪以直線，每直線記一小字母，如 a 則爲指 A 之方向，b 爲指 B 之方向。由此遞推，既將所測之各點方向線繪畢，即移平面桌於 N 站，令紙上之 n 點與地上之 N 點相對，如右圖，乃將平面桌安平，以照準儀邊緊切 mn 線，然後旋轉圖板，俟鏡內直絲正對 M 點時，即將圖板固定，勿令旋轉，然後以照準儀邊緊貼 n 點，依上法，測望 A, B, C, 與

D 各點，各繪一方向線。如測望 A 點時，則沿照準儀邊繪一直線，與前在 M 點時所繪之 ma 線相交而得 a 點，又測望 B 點，繪一直線，與前在 M 點所繪之 mb 線相交而得 b 點；由此遞推，則每當兩線相交，而得相當之各點，得四邊形 abcd，即與原形相同。由此可見此法與輻射法無異，不過各點之位置，乃以相當之兩線相交而得，非以鏡內之量距絲定之，故鏡內無量距絲者，則以此法為最有用。唯用此法時，在 mn 兩點射出各線，必須以字記之，方知某線應與某線相交而得某點，以免混亂也。

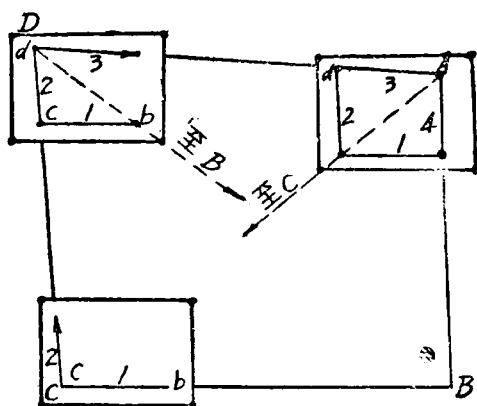
用此法選站點時，須注意相交角以明顯不可太斜，此法多用於面積大而比例尺亦大者，故紙上點必須在地上站點之上，有時可以三定點相交而定一點，以資校對，此外可以永久固定建築物，充校對點，於定位時以該點校對之。

此法宜用於測定不可達到各點，如繪河岸與其他地形狀態。

(V) 截線法——此法為交線法之變相，其主要特性為“兩交線所定之點為平桌所立之站點”，故凡圖上有三定點繪出之後，則任何地上點可以平桌置其上，以截線法定之，例如圖六九中，先立平桌於 C，設 c 點於圖上，引導照準儀向 B 點，量 BC 距，以比例尺繪 cb 定 b 點。再繪 2 線使鏡向 D 點，安定平桌於 D 站，以照準儀邊緊切 2 線，照準 C 點而定位焉，再移照準儀邊緊貼 b 點，導視線至 B 點，照準儀之邊與 2 線相截之處，即為 d 點也。再繪一方向線 3 正對 A 點，安定於 A 處，先定位再將照準儀緊貼 c 點，導視線對 C，求與 3 線相交之點 a，再因校對，使照準儀邊緊近 a 點，導視線至 B 點，以

校對照準儀邊能否通過
圖上之 b 點。

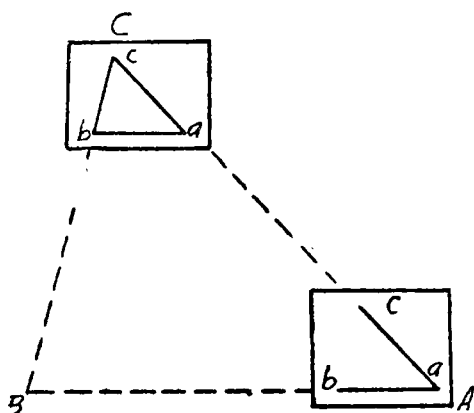
又如圖七〇中, A, B, C 爲地上三點, 先量得 AB 之距離, 以比例尺繪 ab 於圖上, 定爲基線, 置平桌於 A 站, 依前法, 令 ab 之方向與 AB 之方向合一, 乃以照準儀邊緊貼 a 點, 測望 C 點, 繪



圖六九

一直線。次移平桌於 C 點, 令所繪之直線與 CA 之方向合一, 乃以照

準儀邊緊貼 b 點, 將鏡移動, 俟鏡內直絲正對 B 點時, 則繪 bc 直線, 截 ac 直線於 c 點, 則 ac 直線即代表 AC 之距, bo 即代表 BC 之距, 而 ab 爲原定之基線, 由是 C 點之位置, 可繪之圖上。如更有多數點時, 亦可仿此求之。



圖七〇

§19—6 五種方法之比較

1. 輻射法——此法較精確，但專限於一次安定，故多與他法併用。
2. 前進法——此法須各站點皆能達到，專用於測骨架。
3. 輻射前進合併法——宜用於面積小而比例尺小者，因平桌之中心，常須恰在地上點之上。
4. 交線法——最宜於測繪不可達到點，只量一基線，常與他法併用，且用作校對法。
5. 截線法——專用為測定平桌立定之一點。

§19—7 平板工作之實際建議

- (a) 圖紙應有兩層相疊者，可以切成與圖板同大小，以帆布箱盛之。紙與圖板相連之法有用“簧夾”(Spring clamps)、圖釘，或將圖紙黏於板背而成一體者，并須附帶防雨帆布套，由一紙更換第二紙時，至少須有兩點公用，由一紙以針將二點位置轉至第二紙。
- (b) 圖紙上之線，以硬鉛筆繪之愈細愈佳，且以愈少愈短為佳，以免擁擠。照準儀邊須緊貼紙上後，再繪細線。繪圖時用顏色眼鏡以省目力。圖上宜求清潔，紙上用具務須常加揩拭。旋動照準儀時，不可滑動，宜全體舉起後，再行安置。

在第一站安定位置後，宜用羅針儀繪一南北線，至第二站時以資校對。

在平板測量中，於安定平板位置後，宜先以已繪之點，規視該點校對之。每站工作既定之後，亦應仍視該點以校驗平板曾否移動，故常以校對法為平板測量中最重要之預防工作也。照

準儀上之鉛直度盤，亦如經緯儀之鉛直度盤，其用法亦與量距絲測量同。

第八編 地形測量

第二十章 同高線地形測量法

§20—1 同高線者，爲地面上之理想線，含有等高度之各點在海平面之上或下。

§20—2 同高線距——高程之數無限，故同高線之數亦無窮，尋常，測量中之同高線，多以每整尺計之，故兩同高線之高差，可以一呎、二呎、五呎、一公尺、或五公尺，每一種測量，不能用不同之同高線距。

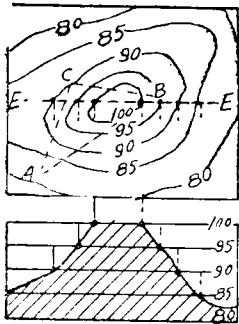
例如地球面上半爲水淹沒，設水面每次下落五呎，則水面所切之跡，等於五呎之同高線，如每次下落一呎，則其跡爲一呎同高線也。

初學者宜選一高低不平之地，用一水準儀求等高之無數點於每三十或五十呎間隔，將各點以木橛或鐵針標記之，同時理想一同高線經過之，可注意同高各點之在地面繞曲不同，漸漸經歷，以目測定地面同高線之狀態，雖無預測之各點在焉，以上水面之設例，可以爲助不少也。

§20—3 同高線之用途

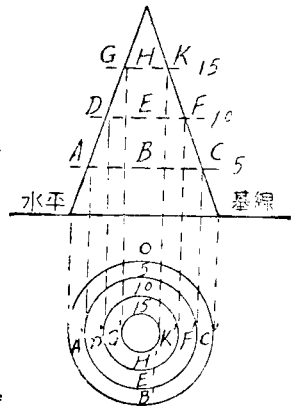
有同高線之圖，圖上各點之大約高度，立可得知，名爲地形圖，以

其能代表地球面之形狀也。



圖七一

又如圖七二中，有圓錐立於水平基線上，以 A, B, C, D, E, F, G, H, K 各水平面橫截錐體相交所成之交線，其平面圖為 A' B' C' D' E' F' G' H' K'。此交線即為同高線，如 ABC 水平面高出水平基線 5 呎，則亦得之 A' B' C' 同高線為五呎之同高線，而 D' E' F' 為十呎之同高線。尋常測量所繪得同高線圖，皆為平面圖，如圖七一(1)與圖七一之(2)。按圖思之，當可知同高線之所由來，並可見地勢高下之形，可由同高線圖定之也。



圖七二

例如圖七一中之上部分，A, B, C 三點之大約高度，可以同高線表明之，故知 A 之高度約為 80 與 85 呎間，B 之高度在 95 與 100 呎間，C 之高度適為 90 呎。

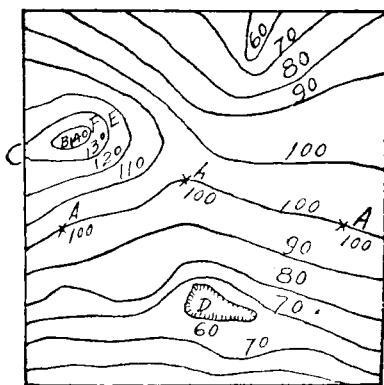
下圖為 EE 鉛直切面，只從此切面觀之，其地形似一高脊，而在同高線圖內，方知較詳細之地形狀態也。

尋常所用之同高線，其各線之高度相差皆相等，以其便於計算，如圖七一各同高線之高度皆相差五呎是也。

§20—4 同高線之性質

同高線既為表示地勢高下之形狀，則視同高線之形狀，即可定其地凹凸之勢，並可繪出任一路線之截面圖，惟必先知其性質數條，茲略舉之如下：

- (1) 任一同高線內之各點，其各高度必須相等，如圖七三 100 呎之同高線內，A 點之高度，皆為 100 是也。



圖七三

- (2) 凡不同之同高線，不能彼此相交。
 (3) 兩等高之同高線不能連合而成一線。
 (4) 凡斜度平均之地，其同高線之距離必等，如 E 與 F (圖七三)。

同高線之距離愈小，則地面愈傾斜，距離愈大，則地面愈平坦，故各同高線間之距離，表示斜坡之坡度率也。

- (5) 同高線在圖之界限內接口者，即表示山嶺或窪下之地，如 B 線之高度 (圖七三) 為 140，其高度皆高於其鄰近各線即 B 為山嶺。又 D 之高度為 60，皆低於其鄰近各線，即 D 為窪下之地。凡窪下之地，多為池湖之類。如其地雖低下，而其中無水者，可表明如 D。

- (6) 每一同高線皆能接口，或在圖之界限內，或在界限外，如 B 及

C是也。

(7)高脊之頂與深谷之底，其同高線或為接口，或係平行兩線。

(8)凡同高線，不能徑然橫過山峯及溪澗，必須沿其邊岸向上行，至山谷之底或溪澗之底，與此同高線等高時，然後橫過之，橫過之後，再復下行。

§20—5 山谷線與溪澗線大半顯示地面之普通形狀。

山峯線又名分水線，山脊之頂處為山水流域之分界線。

溪澗線為深谷之底，兩岸相合之處，常有大河或溪流順之而下。

同高線最曲處，常於山峯線、溪澗線遇之，其曲線凸邊在山峯線常向低地，在溪澗線常向高地。

§20—6 地形測圖法 (Topographic surveying)

野外工作，可分以下數部：

(1)設立站點及根據線。

(2)測定同高線。

(3)測定道路、房屋界址、河流、及他項地物等。

(4)記錄手簿及草繪地勢。

此項工作更可分為二大部分：

1. 關於水平面內之測量。

2. 關於鉛直面內之測量(測高學, Hypsometry or leveling)。

在小區域之測量，所有工作可由一隊同時進行，但面積遼遠時，則工作分以下數隊合作之。

(a)一導線隊，設立站點，及作重要水平面根據之點。

(b) 一水準隊，測定各站點、水準標點、及各鉛直面根據點之高度。

(c) 一地形隊，專描繪地勢及測定同高線。水平面根據點之測定，係用導線法 (Traverse)、三角法 (Triangulation)；測定地物地貌，則以第十六章之法測定之。

鉛直面中各根據點之測定，係用水準儀法、三角測高法測定之。

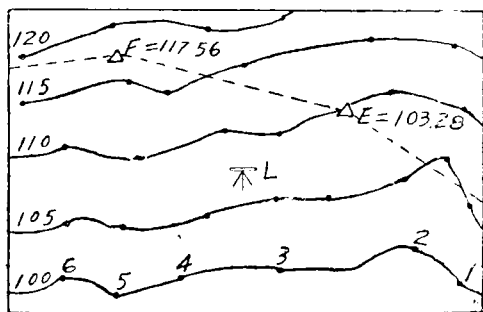
以上工作，皆與前數章所講者無異，唯測定同高線之方法，尙付缺如，故特爲詳述之。

§20-7 測定同高線共有二法。

- (1) 測定各點確在同高線相近，直接連定而成同高線。
- (2) 任意測定各點，不必定在同高線上，但選擇各點既經確定之後，其同高線可易比例得之。

以上二法，皆須根據導線點 (Horizontal control) 以定各點之位置，其各點之高度，則須根據同一之預定基點爲零點 (Vertical control)。

(a) 例 (第一法) 在圖七四中，每一黑點代表野外測定之點，各點先在某一同高線上測定，次再及於第二同

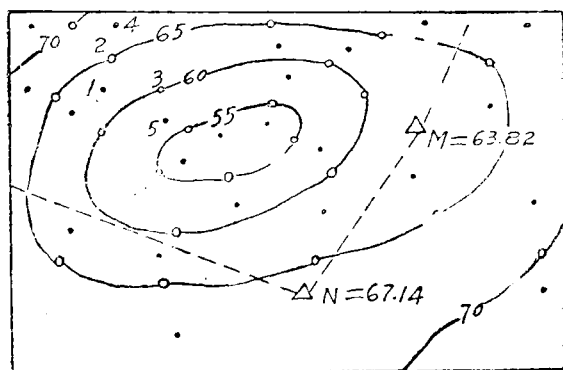


圖七四

高線上，如不規則間隔之 1, 2, 3, 4……6 各點，每點之高度，皆按 100.0 呎，或公尺測定，而與站點 E, F 各以水平角關連之，然後以線連接各點，即成 100.0 呎或公尺之同高線也。

- (b) 例 (第二法) 圖七五中之黑點，代表野外任意測繪之點 (不必定在同高線上)，各點皆根據 M, N 兩站點以水平角測定，且高度亦根據標基點而測定之。各黑點既經繪出，則以各黑點之高度，用比例圖解法，或計算法 (Interpolate) 求同高線上之點，圖七五中以圓圈代表此類點。如一點同其他兩點，可以用之繪出二圓圈焉。例如小圓圈 (2) 係以黑點 1 與 4 比例得之，而小圓圈 (3) 乃由 1 與 5 比例得之。由手簿中查得 1 之高度為 63.5' 4 為 67.3'，5 為 57.5'，故 (2) 之高度為 65 必在 63.5 與 67.3 之間，即 1 與 4 之間也。其比例法另詳述之。

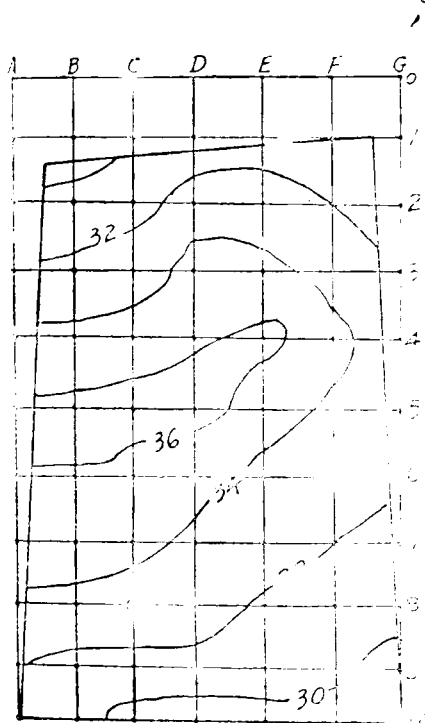
- (c) 例 (第二法變更辦法) 面積狹小之區，各點可按方格式之系統



圖七五

測定之，再求各點的高度。在圖七六中，表示一建築地基，約為 160 呎 \times 190 呎。一長方形 160' \times 200' 之面積，以 20' 正方形分立標概，再將各概之高度測定，以

黑點表之，由此各黑點之高度，以比例繪圖法，將各同高點求出，即 32, 34, 36, 30 各高度之點，而以曲線連絡之，即為同高線（亦名水平曲線）。各樞點為 20' 正方形之角，每點可以一字母及一數字名之，如圖中圓圈 33 處，即可為 CS 點也。地面如坦平，則正方形可以愈大愈省工作，如地形崎嶇，則只好定小面積正方形，總以在一形內，不致有太不平之地形可也。

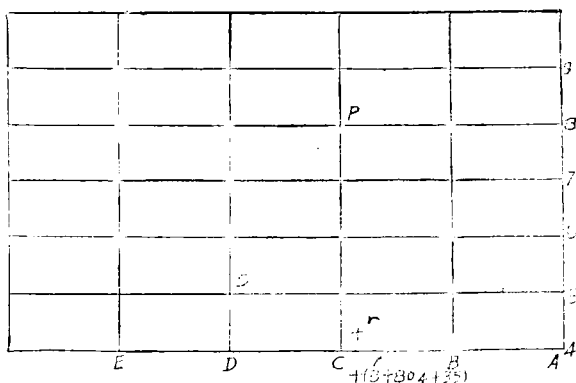


圖七六

§20—8 以水準儀測量同高線法(另例)

如所測面積不甚大，欲知此地凹凸高下之形勢，並繪其同高線之屈曲形狀，可將其地分作小正方形，每邊長 10 呎至 100 呎，乃以水準儀測各角點之高度，其記載法如圖七七。測量時必須擇定一條路線，以為測量之起首，並各方形，皆由此線分之。其記載各點高度

可以縱橫線法記之如圖，於一縱線上記以數目字，又於一橫線上記以 A, B, C, D ... 等字，則如 P 點，可名爲 (C 8), S 點可

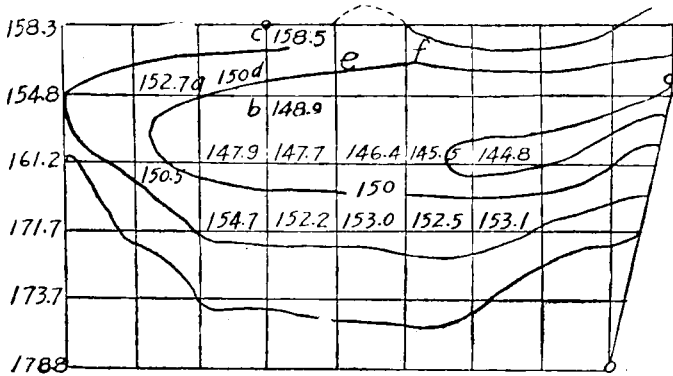


圖七七

名爲 (D 5), r 點名爲 (B+80, 4+35), 此其特異也。既求得各點高度，然後求其高度相同之各點，以曲線連之即同高線也。

點	B. S. (+) 後 視	H. I. 儀 器 高	F. S. (-) 前 視	El. v. 高 度
標 基 點	3.02	124.92		121.90
A 4			1.2	123.70
A 5			1.7	123.2
A 6			2.4	122.5
B 6			2.9	122.0
B 5+40			2.8	122.1
B 5			2.0	122.9
B 4			1.8	123.1
B+80, 4+35			0.8	124.1

§20—9 繪畫同高線法——依上節之法，如既將各點之高度測得，即可將各同高線繪出。如圖七八所測得各點之高度，皆在 145 呎至 180 呎之間，則可繪畫數條同高線表示 150, 155, 160, 165, 170, 175 呎之各高度。凡繪出之同高線，恆取一整數，而不用零數，如上列之 145, 150……等數是也，又尋常所繪之同高線，其高度恆相差五呎或十呎，五公尺等，可因地形不同而變更之。如圖七八所繪者，則為相差五呎之同高線，如用十呎同高線，則各點相隔太遠，未足以表示地形也。繪畫之法可任取一線解釋之，以例其餘，如繪 150' 之同高線，則因角點 a 之高度為 150，繪得之 150 呎同高線，必經此 a 點。又 b 點至 c 點，其斜度漸升，而 c 點之高度為 158.5 可見 150 高之同高線，必經過 b 及 c 兩點之間，究竟在何處經過可以計算得之，因 b 及 c 兩點之高度差 = $158.5 - 148.9 = 9.6$ 呎。又 150 呎之高度與 b 點之高度差 = $150.0 - 148.9 = 1.1$ 。如每方邊之長為 100 呎，



圖七八

試命 $x = 150$ 呎之高度距 b 點之距，則可得比例爲

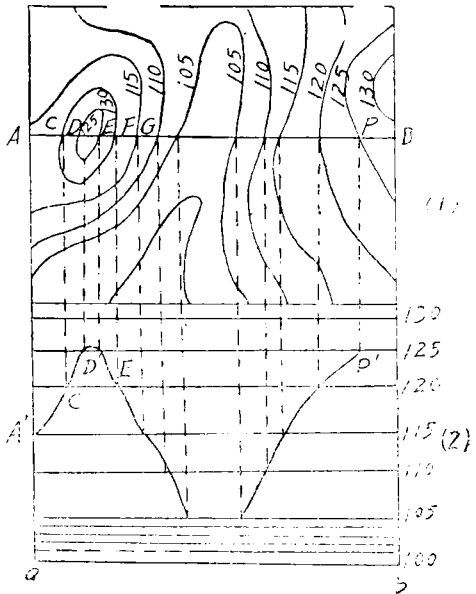
$$9.6 : 100 :: 1.1 : x \quad x = \frac{100 \times 1.1}{9.6} = 11.5 \text{ 呎}$$

可見 150 呎之高度之點，應在 bc 方向，距離 b 點 11.5 呎之處，故可以原圖所用之縮尺，自 b 向 c 量 11.5 呎，即得 d 點，是爲 150 呎之同高線經過 bc 間之點。又 e, f 各點，皆可以用同法得之，但此法費時甚多，故範圍廣大之地，實用上極少用之。於測量時，以眼光及閱歷，按地勢之高下及圖內各點之高度，定其屈曲之形及所經之路，隨圖隨繪，以省時日。此雖不能極其準確，然施於縮尺之圖內已可足用，無事於逐點推求。其餘各線，皆依此繪之，繪得之各同高線，其高度每至 50 呎（如 50, 150, 200, 250, 300 等），恆以粗大之線表之，以期易於識別也。

§20—10 同高線與截面之關係

既繪得一地之同高線圖，任於同高線圖內設一路線，則此路線凹凸高下之外形，可由同高線圖繪得之，因此路線與各同高線相交，其交點之高度爲已知之數，而其地平距離，又可以原用縮尺在同高線圖內量得之也。如圖七九(1)，已繪得一地之同高線圖，今在該圖設定一路線如 AB ，欲繪出 AB 路線高下之外形，可先繪一基線如(2)圖 ab ，次以(1)圖之左右邊線向下直引，得 a 及 b 兩點，乃在 a 與 b 之豎線上，以原用縮尺分之，設基線之高度爲 100，依次而上，如 105, 110, 115……等，因由(1)圖知 AB 線所經過之高度，最高爲 125，最低爲 105，故基線從 100 起至 130，必能容 AB 線所經過之各高度。乃從所分得之各點各作橫線，則每一橫格，作爲一呎。次由 AB 線與

同高線相交各點如 C, D, E, F, G, ……P 等, 各向下作垂直線, 與相當之高度之橫線相交, 如 C 點高度為 120, 則 C 點向下之垂線與 120 之橫線相交得 C' 點, 又 D 點之高為 125, 則 D 點向下之垂線與 125 之橫線相交得 D' 點, 由此類推, 以至於 P, 則所得之 C', D', E', F', G' ……P' 各點, 即 C, D, E, F, G ……P 各點凹凸高下之形。作曲線聯此各點, 即得 AB 路



圖七九

線之截面圖。由此可見, 凡已繪得一地之同高線圖, 則在圖內之任一路線, 皆可由其同高線而繪得路線高下之外形也。

§20—II 水平根據點之設立法

- (a) 根據點之測定, 大範圍之測量中, 第一步先設立重要站點, 多以三角法測定三角點, 由此三角點, 設立導線次要點, 每一導線回歸於三角點。導線可用前所講之四種方法測定之, 而以方位角法為最佳, 有時亦有用平板桌者。
- (b) 在廣大地形測圖中, 須設立一真南北線與測量之骨架相連, 最

直接之法，即由一真南北線量至任何根據線，即得其真方向角，而其他各線之真方向角亦可知也。

- (c)地物之測定，亦如前述，而同高線之測定對於角度，亦以方位角為佳，因可以磁針校對之。距離之測定，則以量距絲法為佳，因其較快，且各點所須之精確程度亦不大也。

§20—12 高度根據點之測法

- (a)重要標點——第一步先須決定重要站點之高度，或設立水準標點，相近於重要站點，以便開始測定同高線。如重要站點係以三角法測定位置者，則重要各點之高度，可由三角測高法（間接水準法）量鉛直角而測定之。其他方法則為直接水準測量法，如精度不大，亦可以氣壓計定高度。
- (b)導線次要點之高度，常以直接水準法測定之，水準隊緊接導線隊之後。如導線點係用羅針定者，則高度即以氣壓計定之，以求精度之適合。
- (c)各同高線點之高度——如同高線係用第一法測定者，則其高度皆以水準直接測法決定之；但各點如任意測定（第二法），則水準法於峻坡之上，不能多看上下之點，故宜用量距絲鉛直角法（間接水準法），可以由一次安鏡觀測上下坡多數任意點，而為繪同高線之基礎也。

§20—13 因水平根據點選點方法。

如水平根據點，係以三角法測定者，則工作之精確，大部視三角形之比例良否為定，則如前章所論，普通言之，同高線最易由高脊處及

深谷處選站測得，且以距地形顯著者為佳，如深澗、高崖、塘、湖、及河流之類。

§20—14 如用測同高線之第一法，各同高線點，應當選之甚近，以免繪同高線經過各點時，有點數不足之虞，此則大部分視

- (1) 地形狀態之整齊或不規則，與
- (2) 製圖所用之比例尺為定。同高線上重要各點，如極大澗與方向忽變之處，距離皆應鄰近，同高線直向之處，則各點距離可遠，且在一致坡道上，最高，最低點業經測定，其他各點常可由此二點以平均法加入中間點，毋須野外工作，或只將每第五根同高線測定，其他則平均加入亦可(5, 10, 15, 20 等是)。

如係用第二法任意測定各點者，前條所論仍可適用，不平及斜坡地選點較近，平坦及緩坡地選點較遠，最高脊與深谷，坡度之崖底，皆應設點也。

比例尺甚小各圖，則各點無須費時選得太近，如比例尺甚大，則選點太遠，圖必不精確也。

§20—15 選擇同高線之間隔

同高線之間隔，全視測量之目的而定，例如測量城市，有時須用一二呎之間隔，在鐵路定線草測時，五呎間隔亦常用之。如為地質或大地形測量，20 呎，50 呎，或 200 呎之間隔亦有用之者。

§20—16 方法儀器之選擇

地形測量中，方法儀器之選擇，視乎地形之情狀及測量之目的，尤以相關之問題，快慢與精度為重要，即在同一測量區域中，各項工作

有不同方法及不同儀器者，例如第一類站點係用最精確儀器與方法測定，而次要導線點，則以次類精確方法與儀器測定之，至於同高線及地形之測定，則可用較次精確方法與儀器也。

方法與儀器用之於水平方面根據點之測定，應與鉛直方面根據點之測定，同一精度，及符合一致，方可免費時費錢，及不相稱之弊。精度符合為最要義，且長度與角度之測定亦互相關連。其方法與儀器之適合用法，詳表八一。

§20—17 手簿

地形測圖之記錄手簿，共有二法：

- (1)先繪無比例尺之草圖，隨後再細繪地形圖。
- (2)在野外即按比例尺繪圖，並繪同高線。

第一法用於小面積，而第二法係用於大面積者也。

(第一法)：表格及繪圖合併法，常用於此，右頁草圖之點，應列號一致，且有系統，例如100呎同高線上之各點，皆以100號名之，各點之位置，則可自左頁之表格中查出與各頁草圖核對。如同高線各點，係任意選定，而同高線隨後平均得之者，則最好給每點各一號數，並分行另記其高度。

(第二法)：大概面積較大，在野外繪地形圖，其結果比較滿意，所用儀器為：

- (1)平板桌，或
- (2)尋常繪圖方法，在野外製圖。

由已設定之各站點，繪製地物，最宜用平板桌。如用(2)法，則可用

角距法，隨量隨繪，再繪同高線，如此則錯誤與遺漏易於發覺，且可消滅疑義之處，繪地形者，有實地在眼前，當較他法易繪。分度規、特製方格紙、繪草圖板，皆須利用之，以期便利。

草圖，在野外求得滿意之草繪地形圖，繪圖者必須能先測繪已知高度點，再繪入各同高線，以已知點為助，或以水面漲落之例而設想之，將同高各點測定，或擬定後隨即以線連絡，可以約代真同高線之位置。每一同高線應於線上一二處記以高度。

§20—18 實際建議

- (1) 雖用合併法記錄手簿，最好在手簿右頁，仍準確繪入同高線，最好手簿，專用繪同高線者，其右頁為多數輻射線及同圓心圈所分，故每一點可用方位角及距離，迅速繪定，不必再用儀器繪製。
- (2) 普通錯誤，為記方位角於某點，而以其距離記入他點，則繪圖時必不能符合。
- (3) 如手簿係在野外專人繪圖，則可架圖板於三足架上，置於經緯儀旁。因免用分度規之煩，可特用一種圖紙，紙上繪全圓，分度至十五分，此紙印成活頁，用時甚便。
- (4) 每點既繪之後，必須隨將其數寫上，如各點係任意測定，則此節尤為重要，否則必致紛亂。
- (5) 在野外繪圖唯一之不利處，即為圖紙因潮溼而生變化，故宜用雙層布底紙；或先以水潤溼圖紙，再展開於圖板上；有時用另一種防水紙。

(6) 平板桌一章內所講之選擇比例尺方法，在地形測圖中亦可採用。

§20—19 野外工作之程序

下表所列各種儀器方法之合併，可於地形測圖時選用之，此節中，每類合併之野外工作程序，大致列於表一八內。

其重要之點，每例中欲顯出者為：

- (1) 水平面根據點，重要點如何測定。
- (2) 各點之高度如何測定。
- (3) 每點如何開始工作。
- (4) 水準儀、經緯儀看鏡人及其他組員如何合作以省時間，每例先敘測量範圍，所求速度及精度，及所用儀器與方法，並應知水平面及鉛直面內之工作，大都同時進行。

(a) 第一例

情形：面積比較狹小，精度稍差，平均速度，五呎同高線距。

儀器：經緯儀、水準儀、水平尺、量距絲尺（或以水平尺代之）。

方法：方位角法，量距絲法，以定各點水平面位置；水準儀測高法，以定高度，測定各同高線點，再直接連接之。

組員：1、看經緯儀人，2、記手簿或繪圖人，3、看水準儀人，4、立水平尺人。

(I) 看經緯儀人之進行方法

- (1) 安定儀器於第一站點，先定位置，測定南北方向線，其他各站之方位角，皆須以此為根據。

(2)同高線點既經水準儀組測定後，隨即測定該點方位角，讀記量距絲距及鉛直角。(注意讀鉛直角可毋須讀附帶游尺，估計方位數，且鉛直角 3° 至 5° 可以不計。)

(3)遵照前章方位角測線法之進行方法，並於站點(應自一線兩端)讀量距絲兩次，以資校對，如有磁針，至少每五點地物地形點，應以方向角校對方位角。

(II)記手簿人應進行之方法(如手簿係在野外繪圖者)

(1)將製圖紙板安定於經緯儀旁，如為第一站，先繪一直線經過中心以代南北線。各方位角可由此線用分度規分度紙繪定之。

(2)方位角既定，以量距絲化成改正水平距(用所讀鉛直角)，隨將各點高度計算，並書於各點旁，並即以曲線連接各同高度點，按照地面實在狀況描繪之。如發現點數太少，則可通知水準儀組，須加入何處數點，以便描繪。

如手簿係在室內繪圖，則可用量距絲測量法之手簿格式，但須於右頁草繪實際該處地貌及同高線略圖，以便供給室內繪圖者之參考。

(III)看水準儀人進行方法

(1)安定水準儀於近 B. M. (標高點) 處，並須注意經緯儀可以看到之點，水準儀亦可看到。

(2)後視標高點上水平尺，計算儀器高，並求出任一同高線(如 100 或 105) 應得之坡度尺數，並應從該水準儀之位置，能看到最高或最低同高線點起始工作。

- (3)當由經緯儀站能測定某同高線站(100 或 105), 完畢之後, 移動水平尺之標記五呎(上或下), 再測定次高或次低同高線各點, 過此時必須換水準儀位置, 設立倒鏡點, 計算新儀器高, 及新坡度尺數(對於次高或次低同高線), 再如前進行。
- (4)繼續工作, 移動水準儀, 直至所有同高線點能由某經緯儀站測定者, 完全測定, 而後另至他站照前進行。

(IV)立水平尺人進行方法

- (1)校對水準儀組員計算之坡度尺數(第一同高線) 安定標記, 上下山坡移動水平尺, 直至看鏡人給以(正對)號法, 再以尺立向經緯儀以便測定方位角之距離也。
- (2)照例進行, 選擇每一同高線上重要變化或彎曲之點。
- (3)校對次高或次低之坡度尺數, 仍選重要各點。
- (4)設立倒鏡點以便水準儀更換位置。

(b)第二例

情形: 全如前例, 只有同高線點係任意測定, 同高線係按平均法繪定者。

方法: 進行程序之不同, 只在水準儀及繪圖方面, 立尺人選定坡度變更重大各點, 點之高度計算完畢, 即交繪圖者, 各點如前法繪定, 即書其高度於旁, 然後用平均計算法, 或圖解法, 描繪各同高線點而連絡之。

(c)第三例

情形: 面積範圍甚大, 平均精度, 速度須快。

儀器：經緯儀及量距絲尺或水平尺，圖板三足架及繪圖儀器。

方法：方位角及量距絲法。

鉛直角及量距絲法任意選擇各點，以後描繪同高線。

組員：經緯儀人、立水平尺人、計算者、繪圖者。

表一八 儀器方法合併用法表

測 定 點 (Points located)	水平方向根據 (Horizontal control)		鉛直方向根據 (Vertical control)	
	儀 器	方 法	儀 器	方 法
三角點 (Triangulation station)	經緯儀 (Transit)	三角法 (Triangulation)	經緯儀或水準儀 (Transit or level)	三角測高法或水準法 (Trigonometric or Spirit-leveling)
一等導線點 (Primary traverse)	經緯儀與鋼尺 (Transit and tape)	導線測點 (Traversing)	水準儀 (Level)	水準測高法 (Spirit-leveling)
二等導線點 (Secondary traverse)	經緯儀、鋼尺或量距絲法 (Stadia)	導線法或方位角法 (Azimuth)	水準儀 (Level)	水準測高法 (Spirit-leveling)
二等導線點 (Secondary traverse)	羅針儀及測鎖 (Compass & chain)	方 向 角 (Bearing)	水準儀或氣壓計 (Level or barometer)	水準測高法或氣壓測高法
二等導線點 (Secondary traverse)	平板，鋼尺或量距絲法	導 線 法	水準儀或氣壓計 (Level or barometer)	水準測高法或氣壓測高法
同高線點 (Contours)	經緯儀，鋼尺或量距絲	方位角法或四方形法	經緯儀或水準儀	鉛直角法及水準測高法
同高線點 (Contours)	羅針儀，鋼尺或步計	方位角法或四方形法	水準儀或氣壓計	水準測高法或氣壓測高法
同高線點 (Contours)	平板，鋼尺或量距絲	輻射法或交會法	水準儀或鉛直角，手持水平	水準測高法或鉛直角計算法

(I) 看經緯儀人之進行方法

- (1) 安定及定位如第一法。
- (2) 與立水平尺人合作，將標記設在望遠鏡視線水平處，以便計算高程，記讀方位角、量距絲距、及鉛直角於每水平尺所立點處。
- (3) 站點如未預先設立，則各站距離、高低，當由鉛直角及量距絲距計算得之；但第一站之高度，宜由最近標基點，用水準儀測量傳至第一站點。

(II) 立水平尺人之進行方法

- (1) 安定標記於水平尺，以最近標基點為準。
- (2) 立水平尺於山峯線、澗谷線、及坡度變處與重要點，與繪圖者合作，以決定何點為需要。

(III) 計算者之進行方法

計算水平改正距，由站點至任何水平尺點，以看鏡人所讀之量距絲距及鉛直角為根據。當繪圖者正繪某點時，計算相差鉛直改正距，再加減於站點之高度，而得該點之高度 書之於所繪點旁，用量距絲表，或計算尺計算之。

(I) 繪圖者之進行方法

每點之方位角既經讀定，即由繪圖者繪出方向線，以計算水平距離將點繪定，點之高度計算出後，即繪於點旁。方位角、水平距、及高度，每點皆有此三種記數，切不可使之紊亂，或互相更換缺少一項。各點高度既定，即行平均描繪同高線，常以

眼前所見地貌為描繪之根據，在有懷疑之處，當時通知增加點數，以便描繪準確。

(d) 第四例

情形：面積狹小，精度須大，速度可慢。

儀器：經緯儀、鋼尺、水平尺、與水準儀。

方法：水平面根據以正方形或長方形，分其面積為方形之四隅高度，以為鉛直面根據。

同高線以平均法繪定。

野外工作進程序：

先決定如何佈置方形及其大小，再以經緯儀及鋼尺埋定樁子

後視標基點，求儀器高，再前視各點樁求出各樁之高度。水平手簿右頁應有草圖，經心表明各點之號數。此法如不求精確，亦可以經緯儀定線，手持水準 (Hand level) 為決定高度之法。如同高線間隔甚大，則雖氣壓計亦可用之。

(e) 第五例

情形：測量為一方向進行者如鐵道測量，本線已用經緯儀測定，一定等長 (如 100) 間隔各點，以水平測定繪成縱截面圖 (Profile)。

儀器：手持水準兩件、同高線水平尺 (Contour rods) 兩根、繪草圖板一件、及繪圖紙。

方法：繪同高線上各點，以本線之鉛直距 (Offset) 為水平根據，手持水準為鉛直面根據。

組員共兩人，其職務相同，唯一人繪同高線。

野外工作進程序：

第一持水準儀者 (NO. I) 先將手持水準，安裝在同高線桿 (Contour rod) 上，後視已知高度之站點，求視線在一五呎或五公尺整數同高線上，後令第二持水準儀者 (NO. II) 由本線上 100 呎或公尺站上，按鉛直距移動直至視線與 (NO. I) 之腳底所立處相截為止。此點即在同高線上，其距離可以鋼尺或步量而得 (NO. II. Leveler)；又以手持水準置諸桿上，再令 NO. I Leveler 上山 (或下山) 移動，直至與 NO. II 之腳底相截為止。故如此繼續更換，至所須各點皆求得為止，每一正數站上鉛直距上各點已經測定，再移往次站測繪。同高線即可將本線左右兩旁之等高各點連成之。鉛直線距常在地形不平之處量得較多，平坦之區則少。

如各站高度未經預先測定，則須選倒鏡點由一站至第二站。

(f) 第六例

只用一平板桌儀為水平面根據，如附帶鉛直度盤時，則此種儀器亦可用之充鉛直面根據，故第三例中所有工作，皆可以平板桌儀充之。

在第一例與第二例中水平面根據，可以此平板儀代表經緯儀及繪圖板。同高線各點既經測定，即同時描繪，以免紊亂。第五例之手持水準亦可以平板桌儀代之，如水平改正距，皆須以量距絲距及鉛直角計算者，則可多加一計算者，其職務與第二例同。

第二十一章 面積之計算

§21—1 平面測量中土地之面積，係指投影於水平面後之面積，即地圖面積。

面積之單位，在英美為英畝 (Acre)

$$1 \text{ acre} = 43,560 \text{ 平方呎} = 10 \times 66^2 \text{ 平方呎} = 10 \text{ 平方鍊}$$

茲列表如下：

表一九 (a) 面積合算表

平 方 哩	英 畝	平 方 碼	平 方 呎
1	640	3,097,600	27,878,400
	1	4840	43560
		1	9

表一九 (b)

面積名	中 畝	法 畝	英 畝	日 畝
中 畝	1	6.144	0.1529	6.1592
法 畝	0.1627	1	0.0247	1.033
英 畝	6.5866	40.48	1	40.8057
日 畝	0.1614	0.9917	0.0245	1

表一九 (c) 英制變法制表

1 sq. ft. = 0.0929 sq. meters	1 sq. m. = 10,7639 sq. ft.
1 sq. yard = 0.8361 sq. meters	1 sq. m. = 1.196 sq. yards
1 acre = 40.47 ares = 0.407 hectares	1 hectare = 2.47 acres
1 sq. mile = 2,5899 sq. kilometers	1 sq. Km. = 0.3861 sq. miles.

§21—2 求面積之普通方法

(1)由地圖上或原圖上量計，或用計積器 (Planimeter)。

(2)直接由野外手簿計算，不用地圖。

第一法較快，而第二法則較精確。

§21—3 由原圖求得之面積

(a)全面積細分成幾何圖形，如三角形、長方形等。計算面積應用之底邊及高等長度，即由原圖上量得之。

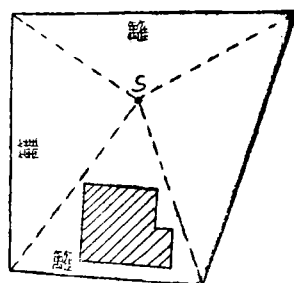
(b)如原圖甚大，則可在圖中，以縱橫線將圖按比例尺，分成 100 平方呎之正方形若干區，故多數 100 平方呎之正方形，總計可得一部分面積，餘剩邊界不規則面積，即可用(a)法，分成幾何形量得而加入焉。

§21—4 直接由野外手簿計算面積法

(a)最簡單之例，為原面積可分成簡單幾何形狀者。

例如圖八〇，如四邊界之長及虛線長皆已量得，則每三角形之三邊為已知，故其面積可以計算得之。

又如經緯儀立於 S 處，測得四角之度數，而虛線長亦為已知，則每一三角形中，兩邊一夾角為已知，亦可計算其面積。



圖八〇

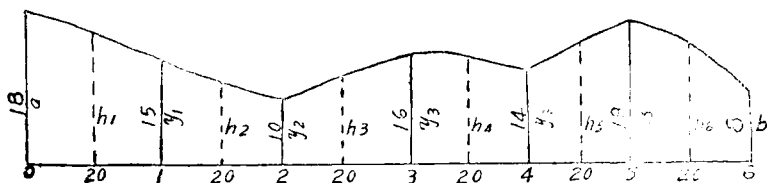
§21—5 鉛直距計算面積法

(1)其鉛直距按有定距離測得者。

(2)其鉛直距按無定距離測得者。

第一法須計算每梯形四邊形之面積，故計算工作愈少愈佳。在第八一圖中，第一鉛直距給以 0 數，其餘鉛直距給以 1, 2, 3……6 數，設 a 與 b 為 0 與 6 站之鉛直距， $y_1, y_2, y_3, \dots, y_6$ 為中間鉛直距， d 為普通同一距離(20 呎或公尺)， h_1, h_2, h_3, \dots 為各中間鉛直距間的中距， S 為中間鉛直距 $y_1, y_2, y_3, \dots, y_6$ 之和。

梯形法則：



圖八一

$$\text{面積} = \frac{d}{2} (a + 2S + b) \dots\dots\dots (I)$$

$$1740 \text{ 平方呎} = \frac{20}{2} (18 + 148 + 8)$$

又 $\text{面積} = d \Sigma h \dots\dots\dots (II)$

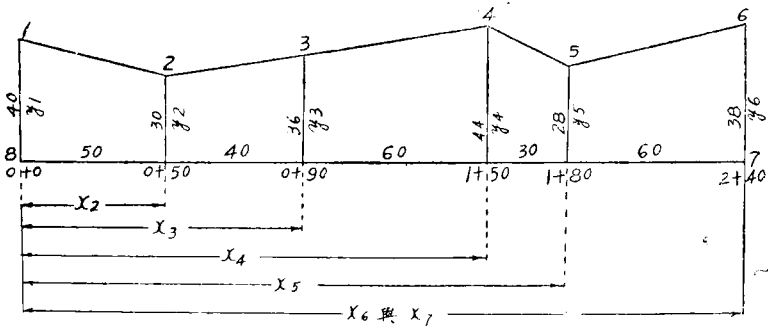
式中 Σh 為各中距 $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ 之和

$$1740 \text{ 平方呎} = 20 \times (16.5 + 12.5 + 13 + 15 + 16.5 + 13.5)$$

(I) (II) 不只用於野外手簿而得面積，亦可由圖上得之，其鉛直距與中間距 (Middle ordinates) 皆由等距離自圖上量得之。

第二法，為各鉛直距間隔為無定者，最明瞭方法為求每梯形之面積以底邊乘中間距 (base \times middle ordinate)，例如八二圖中，其全面積為

$$8530 \text{ 平方呎} = 50 \times \frac{1}{2}(40+30) + 40 \times \frac{1}{2}(30+36) \\ + 60 \times \frac{1}{2}(36+44) + 30 \times \frac{1}{2}(44+28) + 60 \times \frac{1}{2}(28+38)$$



圖八二

另法可以將 x 與 y 之數排列如下：

$$x_1, x_8 \text{ 與 } y_7=0, x_7=x_6$$

$$A = \frac{1}{2} \left(\begin{array}{cccccccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_7 & x_8 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 & y_6 & y_7 & y_8 \end{array} \right) \\ = \frac{1}{2} \left(\begin{array}{cccccccc} 0 & 50 & 90 & 150 & 180 & 240 & 240 & 0 \\ 40 & 30 & 36 & 44 & 28 & 38 & 0 & \end{array} \right) \\ = \frac{1}{2} (2600 + 2700 + 5400 + 7920 + 6720 + 9120 - 1800 - 3960 \\ - 4200 - 6840) \\ = \frac{1}{2} (17060) = 8530 \text{ 平方呎或平方公尺}$$

此法名坐標法，面積等於實線相連數相乘之積，減去虛線相連數相乘之積。

另一方法，即為將各站點之 x, y ，排列成行列式，兩數對角線相乘：向下者為正(+)向上者為負(-)，將各積之代數和以 2 除之即得。

例如圖八三，使 D 爲起點，各站點之坐標及計算如下表：

表二〇 面積計算表

站 點	y	x	向下 (Downward) (+)	向上 (Upward) (-)
D	0	0		
E	+10	+14	$0 \times 14 = 0$	$10 \times 0 = 0$
A	-14	+24	$11 \times 24 = +240$	$-(-14 \times 14) = +196$
B	+16	+36	$-14 \times 36 = -504$	$-(+16 \times 24) = -384$
G	+22	+16	$16 \times 16 = +256$	$-(+22 \times 36) = -792$
D	0	0	$22 \times 0 = 0$	$0 \times 16 = 0$
			- 8	- 980

$$[-8 + (-980)] \div 2 = -494 \text{ 平方尺}$$

§ 21-6 以縱距
(Latitudes) 與二倍中
間距 (或稱倍子午距)
(Double longitudes) 計
算面積法

此法常用於計算迴歸
導線中之面積，縱橫距
之總數，既經算出，以便
繪圖，則求其骨架之面
積，稍加工作即可求得。
此法甚簡，先將數字定

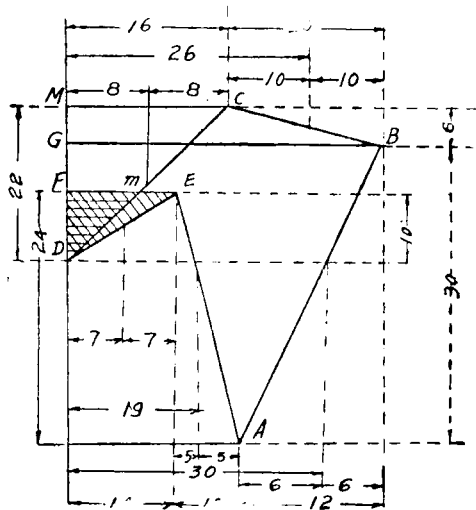


圖 八三

名列後。

- (a) 根據南北線 (Reference meridian)，為經過全測量區域最西站之南北線。
- (b) 任何多邊形中之第一及最末線為在最西站點相交(閉合時)之兩線，第一線之方向角為東南或東北，而最末線之方向角，則為西南或西北，但方向角皆為前方向角。決定最西站點，可以圖八四說明，設 H 為最西站點，則 HK 為第一線，GH 為最末線，但須圖上所記之 S. E. 與 S. W. 為計算縱橫距時所用之方向角方可；如用後方向角，則 $KH = N. W.$ ， $HG = N. E.$ ，HG 為第一線，而 KH 為最末線矣。又須注意在最西站點相交之二線決不能同為西向或同為東向，果爾則不能相交於一點矣。

- (c) 中心距 (Longitude of a course) 者，為每線之中心點至根據南北線之垂直距也。

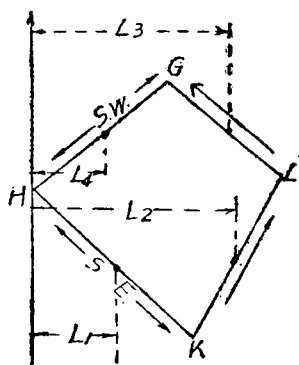
例如圖八四中，

L_1 為 HK 之中心距

L_2 為 KL 之中心距

L_3 為 LG 之中心距

L_4 為 GH 之中心距



圖八四

中心距之求得，可按下列規則分三項求得之。

每線之中心距，等於前一線之中心距，加前一線橫距之半數，加本線橫距之半數。

在第一線，則無前線，故第一第二兩項皆等於零，而第一線之中心距，即等於本線橫距之半也，用此規則，東橫距必須給以正號(+)，而西橫距必須給以負號(-)也。

例如八五圖中，學者細察，當易明瞭。

每線之中心距 = 前線之中心距 + 前線橫距之半數 + 本線橫距之半數

$$L_1 \text{ of } AB = 0 + 0 + a \text{ of } AB$$

$$L_2 \text{ of } BC = L_1 \text{ of } AB + a \text{ of } AB + b \text{ of } BC$$

$$L_3 \text{ of } CD = L_2 \text{ of } BC + b \text{ of } BC + (-c \text{ of } CD)$$

$$L_4 \text{ of } DE = L_3 \text{ of } CD + (-c \text{ of } CD) + (-d \text{ of } DE)$$

注意：c 與 d 皆應記以負號，代表往西行也。

(d) 凡縱距與中心距(或子午距)計算面積之普通方法。

如在某測量中，由每站點繪一東西線，至根據南北線，三角形或梯形，即以成立。測量之每線，即為三角形或梯形之一邊，該線之縱距，即為三角形或梯形之底邊，三角形或梯形之平均長或高，即為該線之中心距也。故每三角形或梯形之面積，應等於某線之縱距，與該線之中心距相乘之積也。如 FBCG 之面積 = $l_2 \times L_2$ 也，所有梯形及三角形之面積，並非直接相加而得總面積，因梯形 FBCG 之面積，包括界限外之土地，而三角形之面積，即全在界限 ABCD 之外者也。如以所有北縱距 (North latitude) 相乘之積，名為北積 (North products)：

以其所得面積相加；再以所有南縱距 (South latitude) 相乘之積，名為南積 (South product)，亦以其面積相加；所求面積 (ABCD) 即等於此二面積和之差數也。

例如同八五中，

北積 (North product):

面積 = 縱距 × 中心距

$$GFBC = l_2 \text{ of } BC \times L_2 \text{ of } BC$$

$$GCDE = l_3 \text{ of } CD \times L_3 \text{ of } CD$$

南積 (South product):

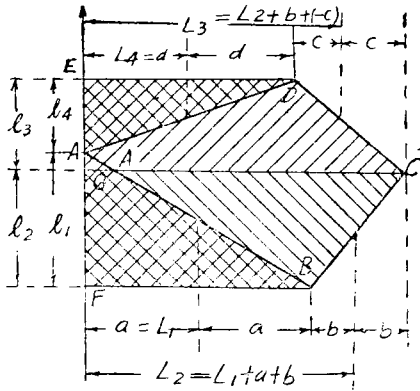
面積 = 縱距 × 中心距

$$FAB = l_1 \text{ of } AB \times L_1 \text{ of } AB$$

$$EDA = l_4 \text{ of } DA \times L_4 \text{ of } DA$$

故 ABCD 之面積 = (GFBC + GCDE) - (FAB + EDA)，即等於南積和與北積和之差數也。

(e) 二倍中心距 (倍子午距)，前法每線之中心距加每線之橫距之半數，但表中皆係記橫距之整數，故可以二乘中心距而以縱距乘之，其結果以二再除之即得面積，比較方便也。



圖八五

故某線之倍子午距 = 前線之倍子午距加前線之橫距加本線之橫距。

在第一線無前線，則前兩數均等於零，而第一線之倍子午距即等於該線之橫距，且最末線之倍子午距，亦等於該線之橫距而不同號也。

(f) 用縱距與倍子午距計算面積之法則

- (1) 按尋常方法，計算各線之縱距橫距並列表。
- (2) 表後另加三行，即倍子午距、北積、與南積也。
- (3) 決定何站為極西之站，並何線為第一線，何線為最末線。
- (4) 計算並完成每線之倍子午距，即將前線之倍子午距，加前線之橫距加本線之橫距，西橫距為負號。
- (5) 校對最末線之倍子午距，應等於最末線之橫距，而不同號。
- (6) 以每線之縱距，乘其倍子午距，如縱距為北，則列其結果於北積之一行，如縱距為南，則列其結果於南積之一行。
- (7) 將南積相加，及北積相加，由較大之和減去較小之和，以二除之即得。

如縱橫距為呎，則其結果為平方呎，以 43560 除之，或以 0.0000229568 乘之，其面積即為英畝矣。

- (8) 如已用此法，所計得之面積，須以計積器 (Planimeter)，或圖解法校對其結果。

今設一例，以明各步手續，設第八三圖中之多邊形 A-B-C-D-E-A 之面積為所求數，縱距橫亦已按常法列表，另加

倍子午距一行，D 爲最西之站，故 DE 爲第一線。前線之倍子午距 + 前線之橫距 + 本線之橫距 = 所求線之倍子午距

$$0 + 0 + 14 \text{ of DE} = 14 \text{ of DE}$$

$$14 \text{ of DE} + 14 \text{ of DE} + 10 \text{ of EA} = 38 \text{ of EA}$$

$$38 \text{ of EA} + 10 \text{ of EA} + 12 \text{ of AB} = 60 \text{ of AB}$$

$$60 \text{ of AB} + 12 \text{ of AB} + (-20 \text{ of BC}) = 52 \text{ of BC}$$

$$52 \text{ of BC} + (-20 \text{ of BC}) + (-16 \text{ of CD}) = 16 \text{ of CD}$$

注意：CD 之倍子午距，計算結果，等於其橫距數，可資校對，以求得之倍子午距列入表內，再以相當之縱距，乘各倍子午距，其表格式如下：

表二一 面積計算表

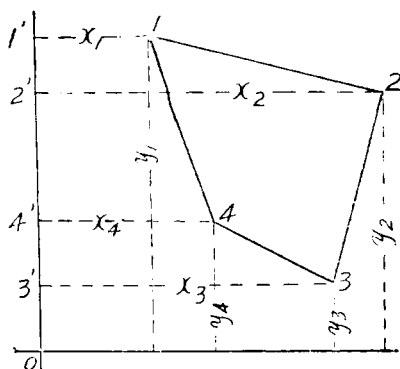
線	方向角	長	縱 距		橫 距		倍子午距	相 乘 積	
			N.	S.	E.	W.		北 積	南 積
AB	N.—E.		30		12		60	1800	
BC	N.—W.		6			20	52	312	
CD	S.—W.			22		16	16		352
							—		
DE	N.—E.		10		14		14	140	
EA	S.—E.			24	10		38		912
			46	46	36	36		2252	1264

$$\text{面積} = (2252 - 1264) \div 2 = 494 \text{ (平方呎或平方公尺)}$$

§21—7 以坐標法計算面積

此為前法之普通方法，在圖八六中，1—2—3—4 為任一不規則之多邊形，各角點之坐標距

x, y 皆為已知數，並以 x_1, x_2, x_3, x_4 與 y_1, y_2, y_3, y_4 代表之。多邊形之面積，等於兩梯形面積之和，減去另二梯形之面積之和即



圖八六

(1'—1—2—2' 之面積) + (2'—2—3—3' 之面積)

— (3'—3—4—4' 之面積) —

(4'—4—1—1' 之面積); 即

$$\{1-2-3-4\text{之面積}\} = \frac{1}{2} [(y_1 - y_2)(x_1 + x_2) + (y_2 - y_3)(x_2 + x_3) - (y_4 - y_3)(x_4 + x_3) - (y_1 - y_4)(x_1 + x_4)]$$

$$= \frac{1}{2} [y_1(x_2 - x_4) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) + y_4(x_1 - x_3)] \dots\dots\dots (I)$$

$$= \frac{1}{2} [y_1x_2 + y_2x_3 + y_3x_4 + y_4x_1 - (y_1x_4 + y_2x_1 + y_3x_2 + y_4x_3)] \dots\dots\dots (II)$$

此二式可以述之如下:

- (I) 每頂角 (Corner) 之縱坐標 (Ordinate) 以其兩鄰頂角之橫坐標差 (Abscissas) 乘之，常由在其前者減去在其後者。其面積等於相乘積之和之半。

(II) 每頂角之縱坐標，以其前頂角之橫坐標乘之，各積相加而得其和，又將每頂角之縱坐標，以其後頂角之橫坐標乘之，亦將各積相加而得其和。兩和之差以二除之，即得所求面積。

§21—8 計算不規則面積各法之結論

普通最見者為：

邊界線 (Boundary-lines) 是不規則之例，測定導線 (Traverse lines) 不與邊界線相合，由導線以鉛直距在邊界變動最大處各點量之，總使兩鉛直距間之邊界線可認為直線。

邊界線自成一多邊形，其全界線不只直線，不規則之彎曲線亦包括在內，故可名為邊界多邊形。

(a) 第一法

- (1) 計算邊界多邊形中各線之長度及方向角。
- (2) 計算邊界多邊形中，各線之縱橫距，並列表記之，如閉塞差甚小，則一次之工作即為正對。
- (3) 求邊界多邊形之面積，可用縱距與倍子午距法計算之。

(b) 第二法

- (1) 計算導線內之面積，用縱距與倍子午距法。
- (2) 計算在導線與邊界線間之三角形梯形之面積。
- (3) 將(2)所求得之面積，加(1)所得者，即為總面積。

(c) 二法之比較

第一法之最重要利益，為第二項之最良校對法，而第二法中，則無此校對法。

第一法似多工作，但第二項之計算工作，求邊界線之長度與方向角，總不能免，故亦不見工作之多。無論用何方法計算，最好在圖上以比例尺量得之尺寸，計算得數比較之，或以量積器求得之亦可。

§21—9 土地面積之分割法

普通問題為已知邊 L ，被兩線相交成 M° 與 N° 之角，如欲由 L 至一線 C 與 L 線平行，且距 L 為 x ，此 x 即為所求距離， C 線與 L 線及其他兩相交線，成一梯形，其面積為已知數“ A ”， C 線與其他兩線之長度，亦為所求之數，由圖八七中，

$$C = L - x(\cot M + \cot N),$$

$$\begin{aligned} A &= (L + C) \frac{x}{2} \\ &= Lx - \frac{x^2}{2}(\cot M + \cot N) \end{aligned}$$

$$-2A = x^2(\cot M + \cot N) - 2Lx$$

$$x^2 - \frac{1}{\cot M + \cot N} \times 2Lx = -\frac{1}{\cot M + \cot N} \times 2A$$

設 $t = \frac{1}{\cot M + \cot N}$ ，則

$$x^2 - 2Ltx = -2tA$$

$$x = Lt \pm \sqrt{L^2 t^2 - 2tA} \dots \dots \dots (I)$$

由 x 之值，與 M, N 兩角值，可以三角法，計算 C 與其他兩邊之長度，因 x 為兩正三角形中之垂直邊， M 與 N 為兩三角形中之一角，故可計算其底邊 y_1 與 s_1 之長（圖八七），將此兩底邊長之和，由

L 減去之即等於 C 線之長度，其他兩相交線之長度，即等於兩三角形之斜邊 (Hypotenuse)。

§21—10 由已知不規則多邊形分割一定面積土地法

常於實際發現之問題，為以

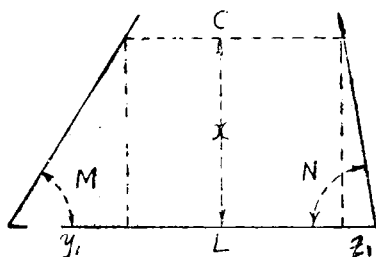
下兩種：

(1) 分割線之方向為已知，求此線相交多邊形，外邊之兩點。

(2) 多邊形外邊上之起始點為已知，求分割線之方向，計算法之各步，大致分列如下，再設實例以明之。

(a) 第一種以一已知方向之分割線，分割一不規則多邊形，成為兩部分，其一部分之面積為已定數。

1. 將已知多邊形各邊之縱距橫距，計算視其能相合否，再用倍子午距法計算其面積。
2. 將此多邊形，用大比例尺精繪全面積，以其他簡速法計算面積以資校對。
3. 試求分割線之約略位置，以定多邊形何頂角為最近分割線者。
4. 由(3)所求得最近頂角 (Vertex) 假設一補助線 (Auxiliary line) 與分割線之方向相同，如此則成一梯形，以補助線與分割線為二平行邊，如能求出此梯形之高，則

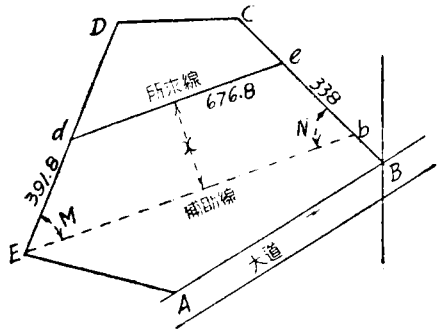


圖八七

可用其已知之面積，而求分割線之位置。

5. 以縱距與倍子午距法計算補助線一邊之面積，但須先將此補助線與原邊界所包之多邊形中遺漏之件計算之，其中之一件，即為此補助線之長度也。
6. 由應分割開之全面積（已知），減去（5）求得之面積，其差即為（4）所述梯形之面積。
7. 以此面積，代入（I）式之 A ，求 X 之距，即梯形之高，再以三角法計算梯形中二不平行之邊長，則可求得分割線，相交多邊形外邊之二點，分割線即為梯形之底邊。其長度即易算出。

8. 充最後之校對，計算分割兩邊之面積，皆以縱距與倍子午距法計算之，以校對所欲分割之面積，是否正



圖八八

對，兩邊之面積和，是否等於原多邊形之面積。

例題：在圖八八中，設欲以一線 de ($N 55^\circ 10' E$) 分割 $ABCDEA$ 使 $dEABed$ 之面積為 8 英畝，其計算及步驟分誌於下：

1. 以縱距與倍子午距法，計算全面積，為 478.810 平方呎

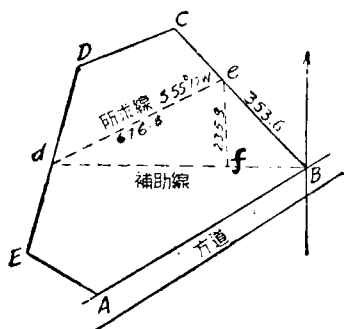
=10.992 英畝，先須計算各邊之縱橫距，以視其閉塞與否。

2. 將原圖放大，以圖解法計算面積，以資校對(1)所得之面積。
3. 大約求 de 之位置，其目的為解決何頂角，為最近 de 者，此頂角為 E。
4. 設一線經過 E 與 de 平行 ($N 55^{\circ}10' E$)，相交多邊形之對邊於 b，在多邊形 ABbEA 中，遺漏之件有二，即 bE 與 Bb 之長也。用前章法，求得 $bE = 1087.7$ ， $Bb = 15.6$ 呎。
5. 用縱距與倍子午距法求得 ABbEA 之面積為 84,690 平方呎。
6. 由 348,840 平方呎(8 英畝)減去 84,690 平方呎，而得梯形 dEbe 之面積，代入(I)式，求得 $X = 299$ 呎。
再以三角法，求得 $eb = 338.0$ 呎，與 $Ed = 391.8$ 呎。
- 校對所得梯形之面積，同時校對 ABbedEA 之面積(用倍子午距法)其結果相差在 60 平方呎之內，但亦可移動 de 線 = $\frac{60 \text{ 平方呎}}{676.8 \text{ 呎}} < 0.1$ 呎，為數甚小，故可作罷。最後 Dde CD 之面積，亦用倍子午距法計算，得 2.993 英畝，將分割線兩邊之面積相加， $7.999 + 2.993 = 10.992 =$ 全土地之面積(ABCDE)。

(b)第二種，將一不規則多邊形，分為兩部分，其一部分之面

積爲已定數，自多邊形外邊上之一點爲起點，(1)，(2)步皆與前法同。

3. 用試驗法求分割線之大約方向，決定多邊形何頂角，最近分割線未知端。
4. 由(3)所求得之頂角，繪一補助線，至分割線已知端，再求此補助線之長度及方向角。
5. 此補助線，爲一三角形之底邊，有未知邊二，一爲所求之分割線，一爲多邊形一邊之一部分，如 eB (圖八九)。
6. 用縱距與倍子午距法，計算補助線一面之面積。
7. 由須分割之面積數，減去(6)所計算之面積數，其差卽爲三角形 dBe 之面積(圖八九)。



圖八九

8. 三角形之底邊既由(4)求得，面積又由(7)求得，故其高度卽易求得，以三角法可計算其餘兩未知邊之長(卽 eB 與 ed)。
9. 最後之校對，計算分割線兩方向之面積，相加而較其結果和。

例題：

設由 d 爲起點，以一線分割土地 $ABCDE$ 成兩部分，
令 $dEABed = 7.999$ 英畝，求分割線之方向。

(1)與(2)照前例求得，已知多邊形 $ABCDE$ 之面積爲
478,810 平方呎，(3)試得 B 頂角爲最近未知點 e 者。

4. 繪補助線 Bd ，求得遺漏之件 dB 之長與方向角爲 898.0
呎及 $S 75^\circ 33' W$ 。
5. 求得 $dEABd$ 之面積爲 242,565 平方呎。
6. 由 348,436 平方呎 (或 7.999 英畝) 減去 242,565 平方呎
而得三角形 deB 應有之面積 = 105,871 平方呎。
7. 求三角形 deB 之高 ef 爲 235.8 呎，其未知邊 $Be = 353.6$
呎， $ed = 676.8$ 呎，角 $edB = 20^\circ 23'$ ，由此求得 ed 之方向
角 = $S 55^\circ 10' W$ 。
8. 最後之校對如第一種之(8)。

第二十二章 土方之計算

§22—1 致平高度 (Grade elevation)

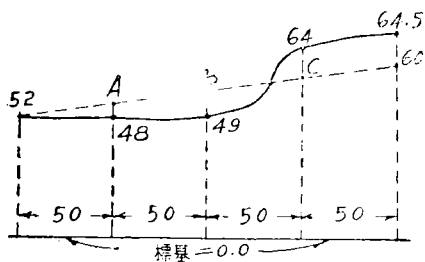
兩點間既知高度之差，以兩點間之水平距離除之，即得坡度數。此
坡度常爲百分數如 3%，5% 之類。百分數既知之後，中間站之高度
即易求得，常法皆以兩點間距離乘百分數，加於前點 (低點) 之高度，
而得每點之高度。如各中間點距離皆爲相等，則每次所加之數亦爲
相等。

(a) 例如圖九〇中，設兩點 200 呎間，分爲四段 50 呎距離，地面形

狀以實線代之，擬致平之坡度為一直線 ABC，其端點之高度，為 52 與 60 呎，由零呎基線 (Datum) 算起，該直線之坡度為 $\frac{60-52}{200} = \frac{8}{200} = 0.04$ 或 4%，每 50 呎站，其變更常數為 $0.04 \times 50 = 2$ 呎，A 之高度為 $52 + 2 = 54$ 呎，B 之高度為 $54 + 2 = 56$ 呎；C 為 $56 + 2 = 58$ 呎，最後 $58 + 2 = 60$ 呎，與原 60 呎校對無誤。如由 B 至 C 間 24 呎之高度，即等於 $56 + (24 \times 0.04) = 56.96$ 呎。

(b) 填充與挖掘

此二名詞，即為每點坡度高度與原地面高度之差。如常以地面之高度減去坡度高度，得數為負，表示填充，得數為正，表示挖掘，故圖九〇中，A 點為 $48 - 54 = -6$ 呎，B 點為 $49 - 56 = -7$ 呎，皆為填充，C 點為 $64 - 58 = +6$ 呎，皆為挖掘也。



§22—2 幾何定義及定理

1. 多面體者，為一幾何立體以面為界。
2. 角柱體者，即一多面體，有二面平行為底面，且為相似多邊形，其餘各面為平行四邊形各面經過相似多邊形之各邊而成。
3. 斜角柱體為一角柱體，其二底面為不平行者。

4. 正角柱體爲一角柱體，其一底面與各直邊爲正交(成 90 度)。
5. 每一斜三角柱體之容積(容量)等於其正切面積乘以 $\frac{1}{3}$ (各直邊長之和)。
6. 任何多邊斜角柱體可以分爲相同斜三角柱體，故其容積即等於正切面積乘以各直邊之平均長。

§22—3 以單位面積計算土方

(a) 圖九一中設 $abcd$ 爲一長方形，以木樁在地上標明之，四角頂之高度，皆不等高，但在一斜面內，設欲將此斜面致成平面，各角頂之高度較低，則所應挖掘之土積爲一正角柱體矣，各直邊在 a, b, c, d 各點。又如欲致成另一斜面，則所應挖掘之土積，爲一斜角柱體，長方形 $abcd$ 卽爲其正切面也。二種之容積，皆爲 $abcd$ 之面積，乘以各直邊(經過 a, b, c, d) 和之四分之一。

$$\text{即 } V(\text{立方呎或立方公尺}) = A \frac{a+b+c+d}{4}$$

$$\text{或 } V(\text{立方碼}) = \frac{A(a+b+c+d)}{4 \times 27} \dots\dots\dots(1)$$

此式於挖掘及填充可公用之。

(b) 任何地面，分成多數不等長方形，每形中皆爲一面時，則有若干長方形，卽有若干角柱體，故其地總容積(挖掘或填充)卽等於各角柱體之容積之和也。設法使各長方形相等，則計算工作可以簡省，圖九一中，每角頂之高，須用若干次，視有若干長方形相連該角頂，其次數以 1, 2, 3, 與 4 表明之，故全容積

$$V(\text{立方碼}) = \frac{A(\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)}{4 \times 27}$$

A 爲一長方形之面積(立方呎),
 h = 各頂角之高, h 之足數, 表
 明 h 角頂公用若干次之數。

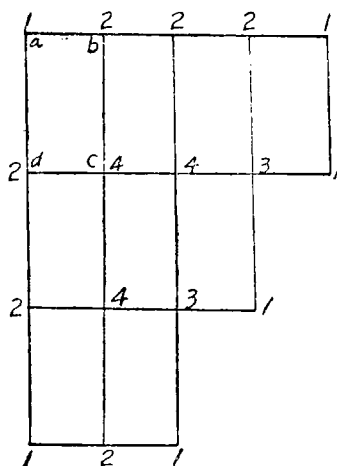
(c) 工作程序:

1. 先繪一草圖, 將野外所定之長方形繪入。
2. 每一角頂處, 記明原地面之高度(由手簿中得來)。
3. 計算每角頂之坡度高度, 書於原高度之下。
4. 由原高度減去坡度高度, 即得角頂高。
5. 將用一次之各角頂高相加, 用二次者, 用三次者, 皆分加之, 而以 1, 2, 3, 分乘之, 更將極內之用四次者, 乘以 4。
6. 將 (5) 所得之結果相加, 而以 $\frac{A}{108}$ 乘之, 其結果即爲總容積立方碼數。

(d) 如不平起伏較大之地面, 則記四角頂在一面中爲不精確, 可以三點在一面成多數三角形計算之, 故可以長方形分爲兩三角形, 每一角頂高須用若干次, 視若干三角形相交於該角頂而定。

$$V(\text{立方碼}) = \frac{A(\sum h_1 + 2\sum h_2 + \dots + 8\sum h_n)}{2 \times 3 \times 27}$$

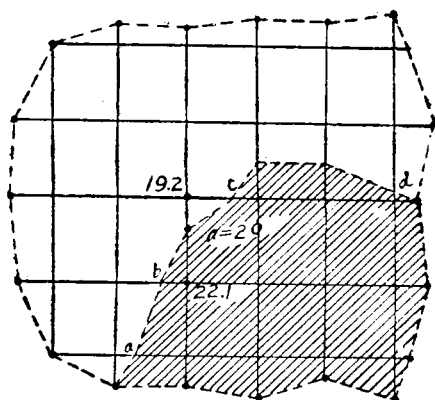
式中 A 仍爲單位長方形之面積也。



圖九一

§22—4 挖掘與填充之估計

以前二例，皆設修正後之地面，在原地面之上或下，即全挖掘，或全填充，但實際問題，常常二者兼用之。例如圖九二中各角頂之原高，既經決定，再須致平各點適在 20 呎， a, b, c, d 爲其不必更動高度各點，以虛線連絡各點，一面在 20 呎下，一面在 20 呎上，其挖掘與填充之面積、容積，可用前法決定之。

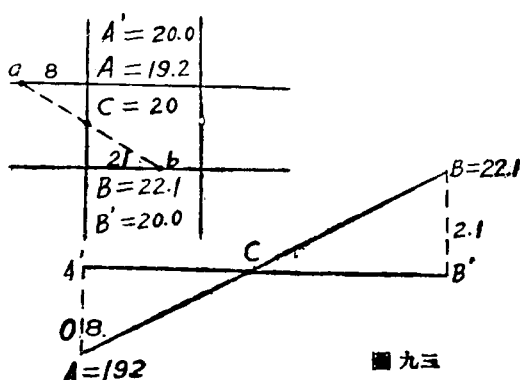


圖九二

其容積之差，即爲應借或棄去之土方也。

§22—5 補插法(或名補記法)

(a) 設地面之高度，
在 A 與 B 兩頂
角 (圖九三)
爲 19.2 與 22.1
呎，並設致平後
之地面高度均
爲 20.0 呎，現
欲在 AB 線中，



圖九三

求致平面與現地面相切之一點 C，等於 20.0 高度，方法甚多，以圖解法為最簡單。

A 點 $19.2 - 20 = -0.8$ (填充)

B 點 $22.1 - 20 = +2.1$ (挖掘)

故用任何比例尺以八單位量至 A 之一方向，又以 21 單位由 B 量至對方向，以一直邊尺，將 A'B' 兩點連接，A'B' 線與 BA 相交之點 C，即為所求點之位置。

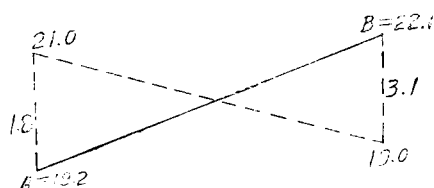
此法等於經過 A B 線繪一縱截面圖。

A'B'，即為 20.0 呎高度之水平線也。

(b) 如致平面為不平時，

(1) 先求各頂角之致平後高度。

(2) 次求各頂角之填充與挖掘。



圖九四

(3) 照前法進行亦可得相交點 C。

§22—6 角柱體之定名

一角柱體，即為一立體，有兩平行不相似，同邊數之兩端，餘邊亦皆為平面形狀組成。

任何角柱體，可以分成三角柱體 (Prisms)，角錐體 (Pyramid) 與楔形體 (Wedges)，其公用之高即為兩端平行之垂直距離也。

多數之挖掘與填充皆為角柱體最普通公式用以計算角柱體之容積者，如下列二式：

兩端面積公式：

$$V(\text{立方碼}) = \frac{1}{2}(A_1 + A_2) \times \frac{l}{27} \dots\dots\dots(\text{I})$$

角柱體公式：

$$V(\text{立方碼}) = \frac{1}{6}(A_1 + 4M + A_2) \times \frac{l}{27} \dots\dots\dots(\text{II})$$

l 即等於兩平行面間之垂直距離， A_1 與 A_2 代表兩端平行面之面積。

M 代表兩端平行面中央之平行面積，但應注意 M 非 A_1 與 A_2 之直接平均數，而為用 A_1 與 A_2 中之各邊相對平均數，而求得之新 M 之面積也。

(I) 式用之充粗略估算，可得合用之結果，(II) 式較精確，常用之於鐵道土方計算中， M 有時直接量出，再計算者，但如鐵道測量中，每一等距離 l ，有一縱截面 (A_1 或 A_2 ……等)，故每間一截面之面積 (A_2, A_4, A_6) 可用之充 M ，而本角柱體之垂直距離即為 $2l$ 也。

(II) 式可化為：

$$\begin{aligned} V &= \frac{2l}{6 \times 27} (A_1 + 4A_2 + A_2 + A_2 + 4A_4 + A_4 + A_4 + 4A_6 + A_6 + A_6 + \dots A_n) \\ &= \frac{l}{3 \times 27} (A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + 2A_5 + 4A_6 + \dots A_n) \dots\dots\dots(\text{III}) \end{aligned}$$

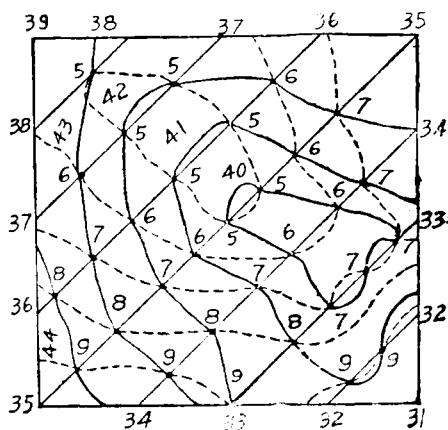
§22-7 由同高線圖估計挖掘與填充

在圖九五中，以直線代表原地面之同高線，周圍外之數目，代表應致平之高度數，故直線代表致平後之同高線距。在一直線相交，於同高線時，其填充與挖掘，可以直接由同高線之高度，減去直線上之高度，將相等填充與挖掘數相連，以虛線代表之，即為致平面相切地面之水平投影。此種面皆為鉛直方向一呎間隔，兩平行面間之土

方，即為一立體，其兩平行底面，即為虛線所連之不規則面積，其高度即為一呎同高線距也。

此立體之容積，可用兩端面積公式，或角柱體公式求得之，其不規則形式之面積，可用量面積器求之。

各層所求得之容積之和，即為總土方數也。



圖九五

第九編 儀器修正

第二十三章 修正法總論，羅針儀修正法

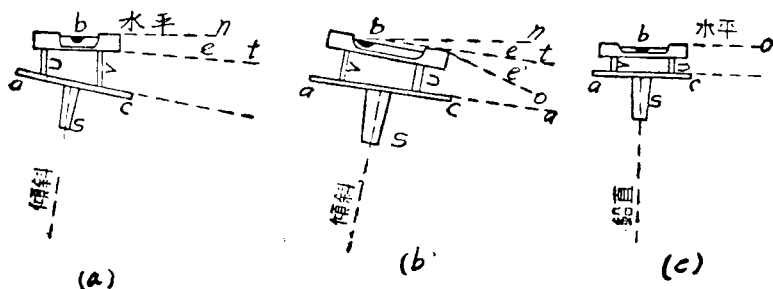
§23--1 (a)任何儀器，皆有數項修正，每修正有二步：

第一步 試驗以定其有否誤差，及此誤差之多少。

第二步 此誤差之改正，用修正螺旋及扭拴或針類行之。

(b)每種修正法，皆用反轉法驗之 (Method of reversion)，因有一次反轉，故如有誤差，必易明晰，且二倍其真誤差，因一次反轉法，只將其所有誤差，由一邊轉至相對邊，舉例以明此理：

例如將水平泡兩邊反轉而試驗之，即易明瞭。



圖九六

在圖九六中 (a) 使水平泡適居中央, bn 必為水平, 但設兩支柱 u 及 v 為不等高, 故 ac 面必不能水平, 但 a 端必比 c 端為高, 因 u 比 v 為短也。

假使欲令 bn 軸與 ac 面平行, 而使 uv 兩支柱等長, 此誤差 e 即在 bt 線之上, 先使 ac 面不動, 將水平泡取出轉向置之, 如 (b) u 及 v 與水平管相連, 此時其長短, 並未變更, 水平泡之新軸 b_0 仍與 ac 或 bt 成一 e 角, 但此次在 bt 之下, 而不在其上, 質言之, 反轉一次, 只置此誤差於另一邊, 故其總誤差 $e + e' = 2e$, 為真誤差之二倍, 欲改正之, 先動支柱 u 及 v , 使其等長, 即水平泡動回一半, 而 b_0 即與 bt 相合, 現設如 (c) 使 ac 水平, 則水平泡即全回中央, 而 b_0 軸亦即水平矣。

§23—2 羅針儀之修正法

羅針儀之修正有四, 分為下列部分:

(I) 水準泡、(II) 視標及視絲、(III) 磁針、(IV) 樞軸。

(I) 水準泡之修正

目的: 水準軸與鉛直軸, 宜成正交。

檢點改正法: 退捻球狀關節之螺旋, 上下輪廓之一側, 整理其所屬之水準器, 次回轉輪廓於鉛直軸周 180 度, 以檢其氣泡移動與否, 若氣泡移動, 即為鉛直軸不成鉛直之證, 可進退水準器附屬之改正螺旋, 消除其偏差之一半, 其餘一半, 由球狀關節之螺旋改正之。

(II) 視標之修正

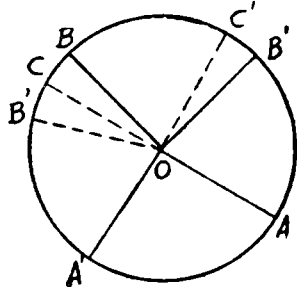
目的：視標應同在一鉛直面，且與水平面垂直。

檢點法：先精密整置器械水平，於其前面若干距離，懸吊一垂線球，先自一視標，隨自另一視標，照準垂線球絲，如有一視標不與垂線球絲一致，則須加以改正。

(III) 磁針之修正

目的：使磁針務須真直，故其兩端與中心，同在一直立面中。

檢點法：於器械整理水平後，使磁針安於樞軸上，回轉水平輪廓，檢其諸部磁針指示兩分畫之差，常等於 180° 與否。若不相等，則磁針非真直。亦可因為樞軸之不在分畫圈之中央，或因二者俱有。如兩端讀數之差恆相等，無論磁針立於何處，則磁針必不直而樞軸則在分畫圈之中央。如圖九七中，AOB代表不直磁針，AOC代表直磁針， $BC = B'C'$ 。



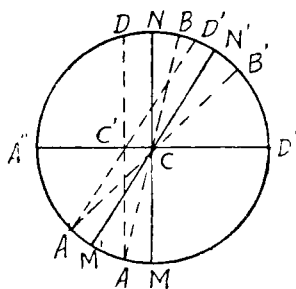
圖九七

改正法：將玻璃蓋取出，先以磁針之 S 端正對分畫圈之 A 點，注意磁針之北端 N 正對之處 B，再以磁針之 N 端對 A，而注意其 S 端所指處 B'，BB' 之一半，即為磁針彎曲之度。小心將磁針取出，再將 B' 改正至 C 處，則可矣。最好以黃銅絲或木條轉動磁針，因手易使磁性變弱。磁針之中部柔軟，故易於修正時彎曲之。

(IV) 樞軸(Pivot-point)之修正

目的：使樞軸適在分畫圈之中央。

檢點法：器械整置水平之後，回轉水平輪廓於鉛直軸，導磁針於其各部，檢輪廓上兩尖端，所指示分畫數差，其絕對值常同一與否，若不相同，則為樞軸與其中心不一致之證。如圖九八，當磁針定於AD位置，與CC'成正交(C為真正中心，而C'為樞軸現在之位置)，則誤差為最大，如B點為自A 180°，則兩讀數之差為BD。如磁針在A'D'之位置，則誤差較小，而等於B'D'。更如磁針在CC'位置，則A''D''線為磁針之位置，其二端所讀之數相同，而誤差等於零。故應注意磁針之各位置，決定其讀數相差最大者之方向。



圖九八

改正法：將磁針取出，將樞軸移動，照垂直於最大差位置之方向進行，而矯正差數之半，可以返復數次改正之。樞軸座底之金類，常為軟性，故易於彎曲，而便修正。

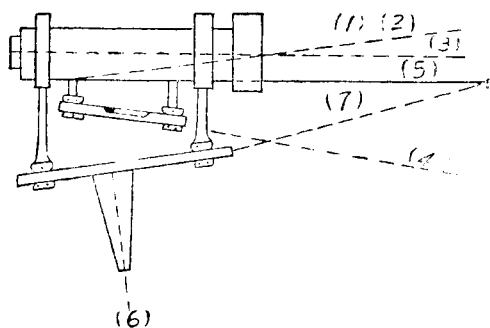
第二十四章 水準儀之修正法

§24—1 Y式水準儀修正法

修正水準有數重要線須先知之：

- (a) 視準線，由蛛絲縱橫圈之中心點，與物鏡之中心連線 (Line of sight)。
- (b) 視準中線，視準線應與之相合者 (Line of collimation)。
- (c) Y 輪圈之中心連線 (Axis of ring or collars)。
- (d) 水平泡之橫軸 (Axis of bubble)。
- (e) Y 底承座圈之最低點連線 (The axis of the bottom of the wyes)。
- (f) 鉛直線經過鉛直軸 (Vertical axis)。
- (g) 水平橫桿之橫軸線 (Level bar horizontal axis)。

重要修正之目的，在使(1)(2)及(3)線相合，再使前五橫線與第(7)線平行，故即與(6)成直角也，其重要修正有三，可約言之如下：



圖九九

(I) 蛛絲縱橫圈之修正，係使(1)(2)兩線與(3)相合，而成一線，其修正須動蛛絲縱橫圈。

(II) 水平泡管之修正，使水平泡之軸(4)與兩Y最低處線(5)相平行。此修正係動水平泡之可修正端用修正針使螺旋移轉，即可使水平泡兩端移動。承座圈應為完整圓，兩圈大小相同並與兩Y之內面完全接觸。故經(I)(II)兩修正之後，結果即為

(5)(3)(1)(4)各線必皆平行。

(III)兩 Y 之修正，而使水平泡橫軸(4)與水平橫桿軸(7)平行，此乃移動不定 Y 端，而使兩 Y 支柱等長。

經此三重要修正之後，所有橫線皆應與鉛直軸垂直，此乃三修正法真正之目的也，茲再詳細分言之。

(I) 蛛絲縱橫圈之修正

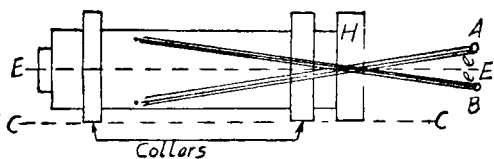
目的：使視準線(1)與承座圈之軸(3)相合，

試驗：(1)將視準線對定某定點，再扭緊望遠鏡之地位，使其不能左右移動。

(2)將 Y 上扭釘放鬆，使望遠鏡在 Y 內轉半圓(180°)，直至水平泡轉至望遠鏡之上(原在其下)。

如此時視準線(1)不在原定點上，則縱橫線必須修正，最後試驗，須得縱橫兩線之交點，當望遠鏡管在兩 Y 內，自轉一週時，仍在原點之上，而不致離開。

修正：如兩蛛絲網(鉛直與水平)皆離原定點時，則各線皆須往回改正一半(此乃單反轉法)，如視準線轉至 A 處(圖一〇〇)再將望遠鏡在 Y 中旋轉 180°，其視準線即指 B 處，角 AHB 為其誤差 e 之二倍。



圖一〇〇

(II) 水平泡之修正——此項修正分為兩步，完全彼此獨立。

第一步

目的——使水平泡之軸(4)與承座圈(3)在一面內。

試驗(甲)

(1)先行致平，將望遠鏡扭定，於二對角水平螺旋之上。

(2)鬆開 Y 之夾栓 (Clips)，將望遠鏡在 Y 內轉動數度之距(並非取出轉向)，直至水平泡管不在望遠鏡之下為止。如水平泡不在中央，水平泡管即應修正。最後試驗，當水平泡管往兩旁移轉角度數度時，水平泡皆應居中央不動。

修正(甲)——如水平泡不在中央，可移轉水平泡兩旁之螺旋，使水平泡管左右移動，直至水平泡回歸中央而後止。

此次試驗因無一次反轉，故其誤差即為真誤差而非其二倍。此修正即在使水平泡軸轉一圓柱體之面，而非轉一雙曲線體之面也。

第二步

目的——使水平泡軸(4)與兩 Y 最低處線(5)平行。

試驗(乙)

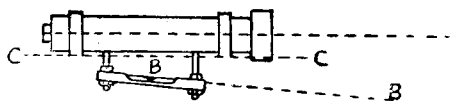
(1)致平水準再將望遠鏡固定於兩對角螺旋之上。

(2)鬆開扭栓，將望遠鏡取出，轉向置之於 Y 中，如水平泡不在中央，則水平泡管即應修正。

修正(乙)

水平泡升至何端，即移下該端，退回一半，其餘一半以水平螺旋致平之。重複試驗修正，直至望遠鏡在 Y 中轉向，而水平泡居中央不受變動為止。此亦為反轉一次之例，故與前總論中所舉之例相同，

在未反轉之先，水平泡軸 BB 爲水平，但不與 CC 平行，CC 爲兩承座之底線（圖一〇一），故亦不與 Y 之底端(5)平行，亦即 CC 也。當試驗之時，CC 爲不動線，故與 ac 相同，故將水平管轉向，其誤差當二倍也。



圖一〇一

(III) Y 之修正

目的——使水平泡軸(4)與水平橫桿軸(7)平行，然後水準儀所有重要橫線與鉛直軸(6)成直角矣。故此修正之目的，實際即爲使二 Y 支柱等高也。

試驗——(1)將望遠鏡置於兩對角螺旋之上而致平之，使水平泡恰在中央。

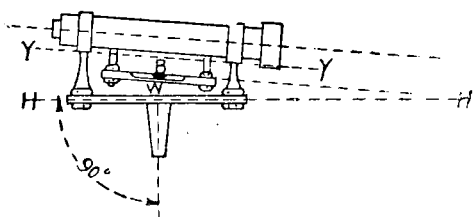
(2)將望遠鏡及 Y 全體繞直軸轉 180° ，直至望遠鏡兩端轉向而止。如水平泡不居中央，則 Y 必須改正。最後試驗，望遠鏡轉一圈皆應水平。

修正——用大螺旋（水平橫桿端處）將水平泡動回一半，而使兩 Y 之高相等，再動兩對角螺旋使令水平，而令水平泡回歸中央。重複試驗及修正，直至當望遠鏡全體繞直軸旋轉之時，水平泡不受變動。

此亦爲一次轉向之理，水平泡因在 Y 上連於水平橫桿，在未轉向之前水平泡軸爲水平，但當旋轉之時，HH 軸之傾斜角並未更動，故一次轉向實二倍其真誤差。（圖一〇二）

§24—2 培格 (Peg)
修正法 (或名直接修正
法)

在一任何平坦地上，
可作此修正。



圖一〇二

(1) 在二木橛，相距

三百或四百英尺之間將水準儀安定當中，使二木橛釘入地內
等高。

(2) 再將水準儀移至任何一木橛上，將水平尺標記置於兩蛛絲相
交處。

(3) 再將水平尺移至其他一木橛上，標記仍在原處，將望遠鏡視
線定至標記處，然後看水平泡是否水平，如不水平即可移動
水平管直至水平而後止，因視線業已與木橛之頂平行，故為
水平線也。

第二十五章 經緯儀之修正法，平板儀之修正法

§25—1 經緯儀之各部分稍有差誤，則不能測得準確之結果，故
必須檢查其各部分有無差誤，其修理之重要線有五：

- (1) 視線；
- (2) 固定水準之水平軸；
- (3) 望遠鏡之水平支軸；
- (4) 鉛直軸；

(5)望遠鏡下之水平軸。

§25—2 前三者應常加整理，後二者於量鉛直角及高程測量時，均應整理之，茲列舉各整理法，再分別詳論之。

(I)圓度盤上水準器之整理，須使兩盤真正水平，當兩水準器之氣泡皆適在中央。

(II)蛛絲圈(交合系)之整理，當望遠鏡繞水平軸旋轉時應使視線旋轉一面。

(III)支柱之整理，應使視線能旋轉一鉛直面，當前面二種整理手續已經完畢之後，而全體致平之時。

(IV)望遠鏡下水準器之整理，須使此水平軸與視線平行。

(V)鉛直分度盤之整理，在當視線恰為水平之時，使游尺對準零點。

§25—3 以上五整理之互相重要關係，可分列如下：

(I)第一整理法，在所有經緯儀測量法中，皆為重要而必需者。

(II)第二整理法，只於將望遠鏡倒鏡時方為重要。

(III)第三整理法之重要，在量高度相差甚多之兩點間水平角時。

(IV)第四整理法之重要，在用經緯儀為水準儀時。

(V)第五整理法，並不重要，但可省卻讀鉛直角時，計算之煩。

以上五項茲分論之。

(I)圓度盤水準器之整理

目的：上盤兩水準器之水平面，須與鉛直軸成直角。

試驗：先將經緯儀安定，將致平螺旋頭之四螺旋旋動，而令

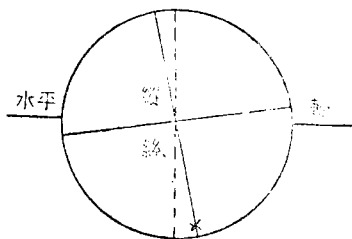
水準器之氣泡走至中央，然後再將水平盤旋轉 180 度，視兩水準器氣泡，仍在中央否，如仍在中央，則兩水準器之平面，與儀器鉛直軸成直角，如氣泡不在中央，則為水準器有差誤。

整理(修正)：

- (1) 先將水準器兩端之螺旋轉上或旋下，改正一半。
 - (2) 用兩對角致平螺旋改正其餘之一半。
 - (3) 重複轉 180° 再行試驗，直至水平泡永在中央而後止。
 - (4) 一個水準器按此法修正之後，再用同法修正其他水準器。
- (II) 望遠鏡蛛絲圈之整理，約分三種：

- (1) 望遠鏡內交合系之縱絲，必須與望遠鏡之水平軸成直角。

試驗：將儀器安平，並將兩盤之水平穩定致平，在望遠鏡中窺望，見縱絲之下端正一定點之上，此點可任擇一桿頂之尖即可，以不能搖動者為宜。次將望遠鏡徐徐向下旋



圖一〇三

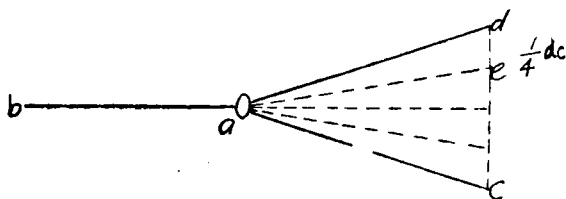
轉，視中絲之上端，果能正在原定點之上否，如不在定點之上如圖一〇三，則經過縱絲之鉛直面，必不能與水平軸成直角。

整理：可先鬆開蛛絲網圈之修正螺旋再旋轉該圈至合度為止。

(2) 視線必須與水平軸成直角，亦為縱絲之重要修正。

目的：視線既與水平軸成直角，則當望遠鏡繞水平軸一周時，視線可轉一面，否則轉一圓錐形矣。實際修正之後，欲延長一線，只須將望遠鏡倒鏡一次。

試驗：將經緯儀安放於空曠地之任何點 a 上（如圖一〇四），安平後，將上下盤穩定致平，勿令旋轉，從望遠鏡窺望任一定點 b ，正在鏡內交合系之交點上，隨將望遠鏡繞水平軸旋轉，以相反之方向，定得 c 點（第一點）。如儀器無誤， b, a, c 三點，應同在一直線之內。望遠鏡仍為倒鏡，將經緯儀繞鉛直軸旋轉，再在望遠鏡窺望，俟鏡內十字線之交點，適在第一次所定得之 b 點上時，即將圓度盤（上下盤或上盤）穩定，勿令旋轉，再將望遠鏡繞水平軸倒鏡，再窺望第二次所定得之 c 點，如十字線交點在 c 上，則為儀器之縱線無誤，假如此次交點，另在一 d 點之上，不與 c 點相合，則望遠鏡內之鉛直絲偏歪，必須改正之。

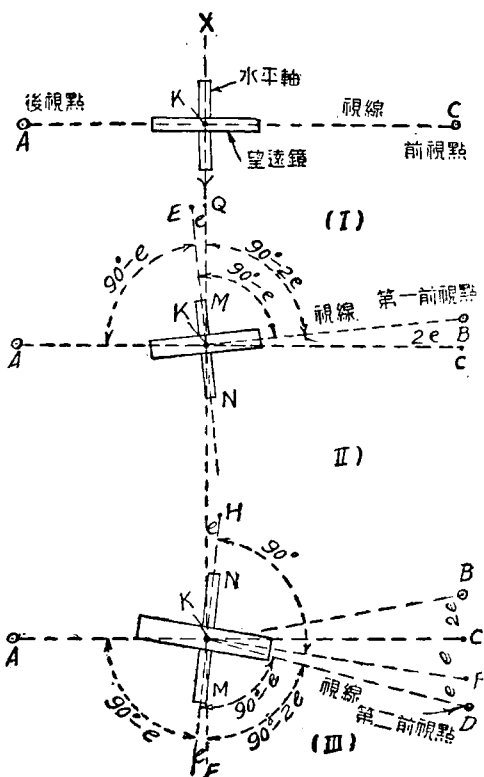


圖一〇四

整理法：先量 cd 之距離，從 d 點依 dc 之方向，取其四分之一而得 e 點，然後將望遠鏡之縱橫線圈移動，使縱絲正

在 e 點之上為止，重複試驗數次。此為修正法中，單反轉法之兩次，故其誤差恰為四倍真誤差矣。設下圖及例以申明之：

設圖一〇五中，XY 為望遠鏡之水平軸，(如第 I 圖) 角 AKX 恰為九十度，則視線毋庸修正。如視線有誤差 e ，則角 AKE (II) 不為九十度而為 $(90^\circ - e)$ 。當倒鏡時，視線轉一圓錐體，得第一前視點 B，而非 C，角 QKB 實為 $(90^\circ - 2e)$ ，故角 BKC 為 $2e$ 。



圖一〇五

此為一次反轉法，而將誤差兩倍之。望遠鏡仍倒置，將全體轉正視線再望 A 為止。再倒鏡第二次，視線將在 D，故此

次 $\angle DKC$ 角為 $2e$ ，而 $\angle BKD = 4e$ 也；故由 D 往 DB 方向量 P 點等於 $\frac{1}{4} DB$ ，再將蛛絲縱線動至 P 處，則 $\angle HKP$ 即為 90° 矣。

(3) 橫絲之整理——此修正之需要，只在精確量鉛直角及用經緯儀充水準儀時。

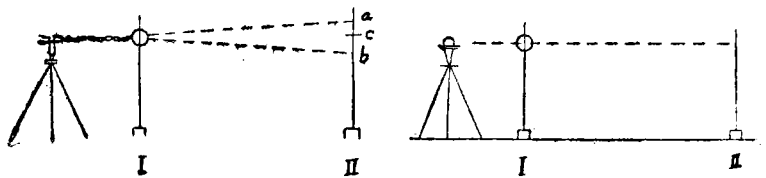
目的：使縱蛛絲在物鏡之鏡心 (Optical center) 運動面中，否則當物鏡對焦點出入時，其視線必常變動。

試驗：(1) 先將水平尺置於近經緯儀之木樑上，將望遠鏡扭定，約於地面外 300 呎處，大致平行，將標記恰置於視線中，而記所讀水平尺數。

(2) 不動望遠鏡，再讀 300 呎遠第二木樑上之水平尺數。

(3) 鬆望遠鏡螺旋，倒鏡，將上下盤旋轉，使蛛絲交點，對準第一木樑上水平尺之標記處，再窺望第二木樑上之水平尺讀數，如與前次讀數不相同，即為橫絲應修正之證。

整理：將第二樑上水平尺之標記改置於 a, b 兩讀數之間，將橫蛛絲動至視線與 c 點相合，重複試驗，至此目的



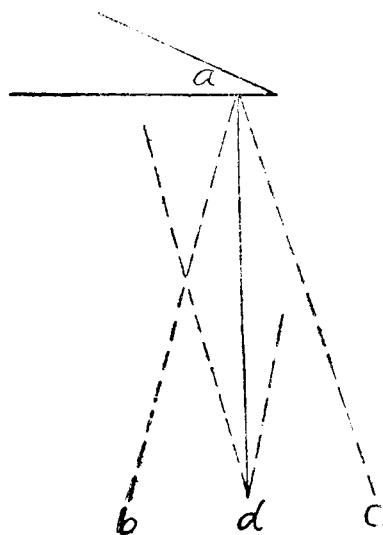
圖一〇六

達到而止。

(III) 支柱之整理——以前(II)項修正之(2)條，係使視線旋轉成一面，不為圓錐形，但此次修正，即為使此旋轉面成鉛直面，亦即使望遠鏡之水平軸與上下盤平行而與鉛直軸成正交，其法在使兩支柱等高耳。

試驗：先將儀器安妥，次從望遠鏡窺望一高點，再一看一低點，第一點 b (圖一〇七)。如窺望高而垂直之牆角，先令蛛絲交點正對牆角高處，如 a 點，即將上下盤穩定，勿令旋轉，並將鏡徐徐向下，俟交點至近牆角而止，定一 b 點，以記號之。次將儀器繞鉛直軸轉 180° ，將望遠鏡繞水平軸旋轉，在鏡處望，俟蛛絲交點，再恰對牆角高處 a 點時，即將上下盤穩定，再將鏡徐徐向下旋轉，視蛛絲交點果能與 b 點重相合否。如相合則為無誤，如不相合，另立一第三點 c，此即為水平軸與上下盤不平行之證。

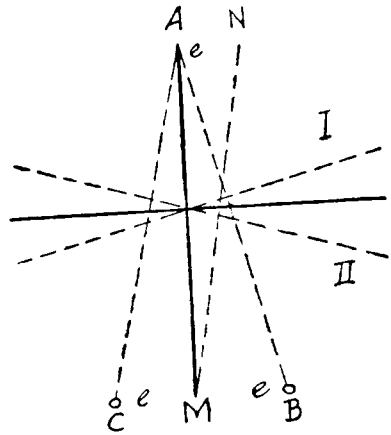
整理法：(1)先量 bc 之距離，同在一水平面上，



圖一〇七 (a)

取其半數之處。

- (2) 將視線移至 d 處，再將望遠鏡向上窺望，視線將不能與 a 相合。
- (3) 將水平軸之一端提高或降低，使與 a 點合，重複試驗，直至反轉後，兩點適合為度。



圖一〇七 (f)

(IV) 望遠鏡下水準器之整理

——此修正之重要，亦只在用經緯儀充水準儀，或量鉛直角時。

目的：使水平泡軸與視線平行。

試驗與修正：完全與水準儀之培格修正法相同。

(V) 鉛直分度圈與游尺之整理——此修正只與自一水平面起，量鉛直角有關係。

目的：當視線水平時鉛直圈與游尺應與零點相對。

試驗：先行(IV)整理，當水平時，觀察游尺之指標，果真正指直立分度圈之零否，如不相合，須改正之。

修正：將游尺之螺旋釘鬆開，移動游尺盤，至正指分度圈之零為止。

經緯儀之整理法，大致如上述，凡初用儀器之時，未知其各部分有無差誤，可按上述各法，依次逐一試驗之，則測得之結果庶不致有

差誤焉。

§25—4 平板儀之修正與經緯儀之修正相同，大約可分五項：

(1) 水準泡之修正

目的：使水準泡橫軸水平。

試驗：安平圖板，將水準泡置於板之中央，旋轉致平螺旋，使水準泡居中央。再反轉安置水準泡，使兩端反向，檢視氣泡是否仍居中央，如稍差即須修正。

修正：旋轉水準泡上之螺旋，使氣泡移動半數，其餘半數，再用致平螺旋安平。以後再行試驗及修正，俟完全無差誤為止。

(2) 圖板之修正

目的：使圖板面與縱軸成直角。

試驗：置水準泡於平板中央，旋轉致平螺旋，使氣泡居中央，乃依縱軸旋轉圖板 180 度，檢試氣泡是否仍居中央，如有偏差，即須修正。

修正：設法使圖板下之接頭擡高一端，使氣泡移動半數，其餘半數，用致平螺旋安平。重行試驗與修正，至無差誤為止。

(3) 望遠鏡之修正

(4) 望遠鏡水準泡之修正

(5) 鉛直度盤游尺之修正

以上 (3), (4), (5) 三項修正，皆與經緯儀之修正相同。故不重敘。

第十編 計算及製圖

第二十六章 繪製角度與導線點之方法

§26—1 繪製角度共有五種方法：

- (1) 用分度規；
- (2) 用正切法；
- (3) 用正餘弦法；
- (4) 用角弦法；
- (5) 用縱橫距或坐標法。

§26—2 分度規與縱橫距法，此章中不講，先述正切法如下：

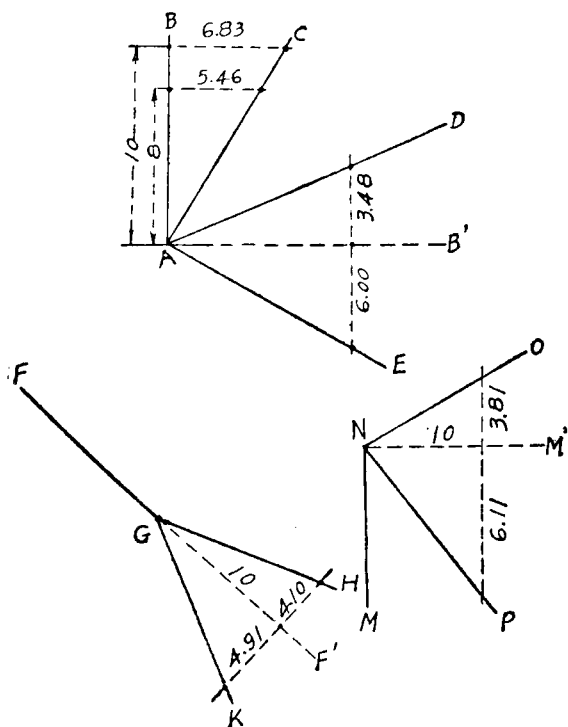
底邊 × 正切 = 垂直邊 (在直角三角形中)，其手續分三層：

- (1) 在已知邊之角頂處，量一底邊為 8 吋或 10 吋或 12 吋，並在此 8 吋，10 吋底邊之一端，立一垂線向所求邊繪之。
- (2) 在正切表中，查所繪角度之正切數，而以 8 吋或 10 吋，12 吋乘之。(常以 10 吋為底邊，以不必計算，只移小數位置。)
- (3) 將計算所得之吋數，在垂線上定之，由原角頂連接此點，則得所求之角度。

如角度已過 45° 太多，則其正切數必太長，故可另由一底邊

上(成直角者) 8 吋, 10 吋處, 量 $(90^\circ - \alpha)$ 度角之正切數, 亦可求得該線之方向。

如角度比 90° 稍大, 則可先繪一 90° , 再以此垂線為底邊繪 $(\alpha - 90^\circ)$ 度角之正切數, 以得所求邊之方向, 故如逾 180° , 則可將線延長而繪 $(\alpha - 180^\circ)$ 之剩餘角, 皆較 45° 為小也。



圖一〇八

所求角	所繪角	正切數
$BAC = 34^{\circ} 20'$	$BAC = 34^{\circ} 20'$	0.683
$BAD = 70^{\circ} 49'$	$B'AD = 90^{\circ} - 70^{\circ} 49' = 19^{\circ} 11'$	0.348
$BAE = 120^{\circ} 58'$	$B'AE = 120^{\circ} 58' - 90^{\circ} = 30^{\circ} 58'$	0.600
$FGH = 157^{\circ} 42'$	$F'GH = 180^{\circ} - 157^{\circ} 42' = 22^{\circ} 18'$	0.410
$FGK = 206^{\circ} 09'$	$F'GK = 206^{\circ} 09' - 180^{\circ} = 26^{\circ} 09'$	0.491
$MNO = 249^{\circ} 08'$	$M'NO = 270^{\circ} - 249^{\circ} 08' = 20^{\circ} 52'$	0.381
$MNP = 301^{\circ} 26'$	$M'NP = 301^{\circ} 26' - 270^{\circ} = 31^{\circ} 26'$	0.611

§26-3 正餘弦法即為正切法之變更，餘弦數為底邊，正弦數為垂直邊，其斜邊應為一。

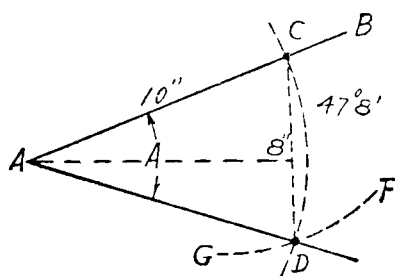
故如繪 $34^{\circ} 20'$ ， $\cosine = 0.826$

$$\text{sine} = 0.564$$

先繪 8.26 吋為底邊，再繪 5.64 吋為垂直邊，可以斜邊應長 10 吋校對之。

§26-4 用角弦法

在此法中，其角度係以兩相交弧製成。其第一弧為合宜半徑如 8 吋 10 吋之類，以角頂為中心。第二弧之半徑，即等於已知角之弦而合於第一弧之半徑者。

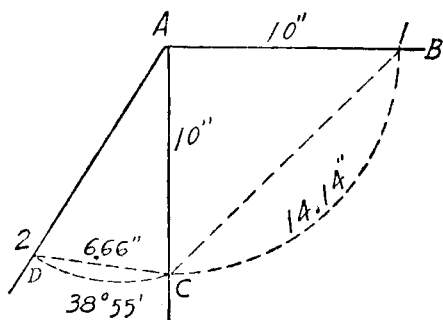


圖一〇九

例如圖一〇九，由 AB 線向

右繪一 $47^{\circ} 8'$ 之角，以 A 點為角頂，以 A 為中心，10 吋為半徑，繪 CD 弧 $47^{\circ} 8'$ 之單位半徑弦長，等於 0.7996，故 10 吋半徑即為 7.996 吋，故以 8 吋為半徑，以 C 為中心繪 FG 弧相交 CD 弧於 D，連 AD 即為所求線與 AB 線成 $47^{\circ} 8'$ 之線也。

$$\text{弦長} = \text{半徑} \times (2 \sin \frac{A}{2})$$



圖一一〇

例如圖一一〇中，須繪 $128^{\circ} 55'$ 之角，由 AB 線向右繪出。

以 A 為中心，繪 10 吋半徑之弧，繪 AC 垂直於 AB。

$$128^{\circ} 55' - 90^{\circ} = 38^{\circ} 55'$$

今得

$$\sin \frac{38^{\circ} 55'}{2} = 0.33312$$

$$\text{弦長} = 2 \times 10 \times 0.33312 = \frac{666}{100} = \frac{333}{50} = 6.66 \text{ 吋}$$

如直角三角形兩邊長皆為 10 吋，則其斜邊長為 14.14 吋。

§26—5 繪導線點之各種方法，與實測時有連帶關係，凡直接角、反折角、方位角，皆可以正切、角弦、正餘弦法繪製之。

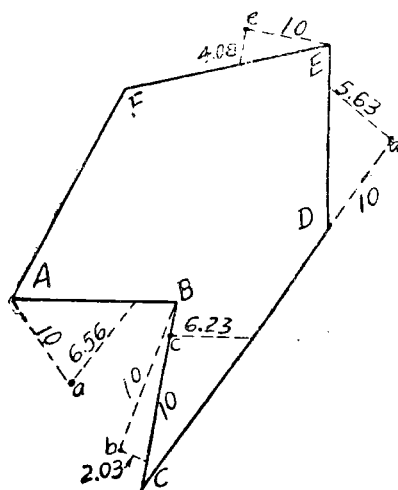
今舉數例，以述明之。

(a) 正切法:

表二二 正切法繪圖法表

Angle 角 度	Value 角 值	Line 線	Length 長	Angle plotted 所 繪 角	Tangent 正 切
FAB	$56^{\circ} 44'$	AB	404	$90^{\circ} - 56^{\circ} 44' = 33^{\circ} 16'$	0.6560
ABC	$258^{\circ} 30'$	BC	312	$270^{\circ} - 258^{\circ} 30' = 11^{\circ} 30'$	0.2034
BCD	$31^{\circ} 56'$	CD	550	$31^{\circ} 56'$	0.6232
CDE	$150^{\circ} 36'$	DE	386	$180^{\circ} - 150^{\circ} 36' = 29^{\circ} 24'$	0.535
DEF	$67^{\circ} 48'$	EF	497.8	$90^{\circ} - 67^{\circ} 48' = 22^{\circ} 12'$	0.4181
EFA	$154^{\circ} 26'$	FA	454.2		

在圖——中，A 與 E 處，皆繪 $(90^{\circ} - a)$ 角，在 D 處繪 $(180^{\circ} - a)$ 角，在 B 處繪 $(270^{\circ} - a)$ 角，但在 C 處只繪原角 $31^{\circ} 56'$ 。先繪 AF 於



圖——

任何方向，並以比例尺繪其長度而定 A 與 F 點，在 A 處立一垂直線，以 10 吋為底邊而以 $(90^{\circ} - 56^{\circ} 44') = 33^{\circ} 16'$ 之正切 = 6.56 吋為其垂直邊，與 A 相連，即得 AB 之方向。將 AB 長度量定即得 B 點，再立與 AB 垂直之線，量一 10 吋處得 b，由 b 量一垂直距 2.03 吋以定 BC 之方向。餘可自圖中看出，迨至 E 點得 EF 之方向時，即可校對其迴歸於原點 F 與否。

(b) 角弦法:

表二三 角弦法繪圖法表

Angle 角	Value 值	Line 線	Length 長	Angle plotted 所繪角	Angle $\div 2$	Sine	Chord $2 \times \sin \frac{A}{2}$
FAB	56° 44'	AB	404	56° 44'	28° 22'	.4751	9.50
ABC	258° 30'	BC	312	11° 30'	5° 45'	.1001	2.00
BCD	31° 56'	CD	55	31° 56'	15° 58'	.2750	5.50
CDE	150° 35'	DE	386	29° 24'	14° 42'	.2538	5.08
DEF	67° 48'	EF	407.8	67° 48'	33° 54'	.5578	11.16
EFA	154° 26'	FA	454.2	25° 24'	12° 47'	.2213	4.43

在 D 點, 係用 $(180^\circ - \alpha)$ 角, 在 B 點係用 $(270^\circ - \alpha)$ 角繪出, 在 A, C, E 各點, 皆係用原角也。

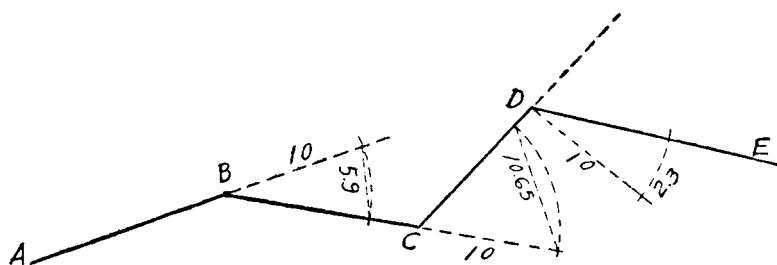
§26-6 用反折角繪圖法:

最好用正切法或角弦法。

(a) 角弦法之例(Chord method)。

表二四 繪反折角法表

Back sight 後視	Station 站	Deflection angle		Line 線	Length 長	Angle plotted 所繪角	Angle $\div 2$	Sine	Chord 弦
		R	L						
A	B	34° 18'		AB BC	210.1 255.6	34° 18'	17° 09'	.2948	5.90
B	C		64° 20'	CD	321.1	64° 20'	32° 10'	.5324	10.65
C	D	76° 48'		DE	342.8	13° 12'	6° 36'	.1149	2.30

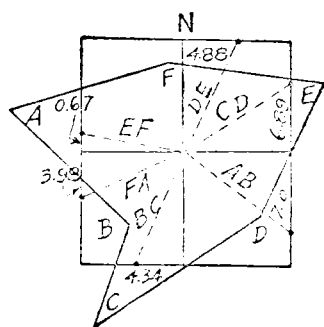


圖一一二

§26-7 以方向角用正切或角弦法繪圖法

(a) 正切法

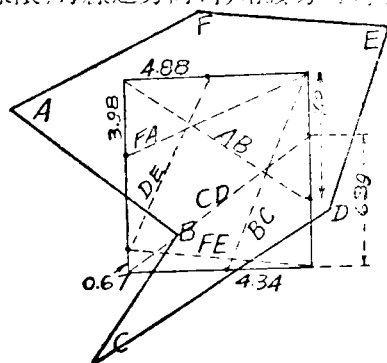
先在圖紙中央，繪一 20 吋正方形，更分四 10 吋正方形，須極精確製之，兩對角線相等方可。設中央線為南北線，故每 10 吋正方形等於四象限，每線之方向角，用該方向角正



圖一一三(a)

正切以十倍之，繪之於該象限內。其方向既定，則可繪平行線至相當位置連接之。

下表第四行中之 E 與 S 字母乃指示其角度與正切由何線至何方向繪出。故如 E 35° S,



圖一一三(b)

乃指正切 $7.0''$ 係由 E 向 S 量,而非由 S 向 E 量也。

表二五 正切法繪導線法表

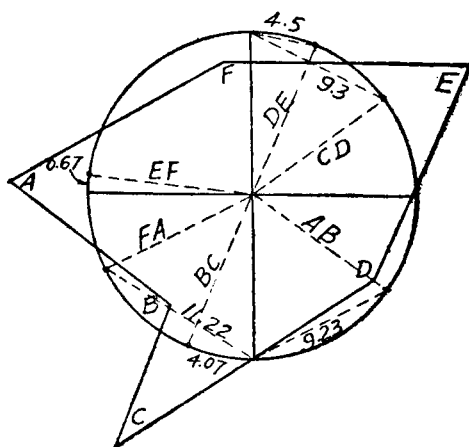
線	方向角	長	所繪角	正切
AB	S $55^{\circ} 0'$ E	404	E $35^{\circ} 0'$ S	.7002
BC CD	S $23^{\circ} 30'$ W N $55^{\circ} 26'$ E	312 550	S $23^{\circ} 30'$ W E $34^{\circ} 34'$ N	.4318 .6890
DE EF	N $26^{\circ} 02'$ E N $86^{\circ} 10'$ W	386 407.8	N $26^{\circ} 02'$ E W $3^{\circ} 50'$ N	.4884 .0670
FA	S $68^{\circ} 16'$ W	454.2	W $21^{\circ} 44'$ S	.3986

另法則在紙之中央繪一 10 吋正方形,如方向角為 N. W. 或 S. W. 則以正方形之右邊為南北線;如方向角為 N. E 或 S. E., 則以其左邊為南北線, 故一正方形可用之為四象限也。

(b) 角弦法

在圖紙中央以 10 吋為半徑,繪一全圓,例如圖一一四。

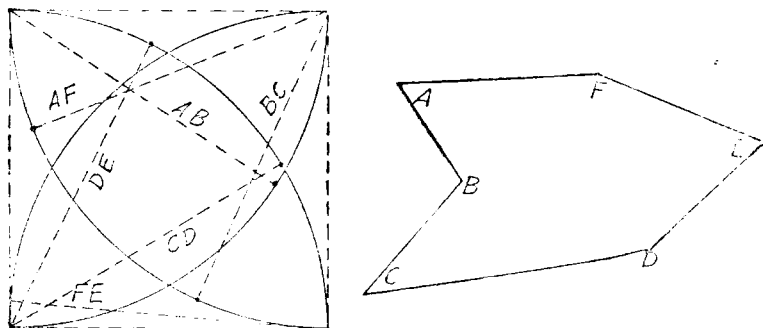
另法可按圖一一五,將一 10 吋正方形充四象限,此法多用於 20 吋正方形太大時,可以此法代之。



圖一一四

表二六 角弦法繪導線法表

線	方向角	長	所繪角	角÷2	正弦	弦
AB	S 55° 0' E	404	S 55° 0' E	27° 30'	.4617	9.23
BC	S 23° 30' W	312	S 23° 30' W	11° 45'	.2036	4.07
CD	N 55° 26' E	550	N 55° 26' E	27° 48'	.4651	9.30
DE	N 26° 02' E	386	N 26° 02' E	13° 01'	.2252	4.50
EF	N 86° 10' W	407.8	W 3° 50' N	1° 55'	.0334	0.67
FA	S 68° 16' W	454.2	S 68° 16' W	34° 08'	.5611	11.22



圖一一五

第二十七章 縱橫距(或稱南北距,東西距) 之計算誤差分配

§27-1 此章所論縱橫距,為繪圖定點,計算遺漏邊長或角度及面積而用,法甚簡單,但極重要。

縱橫距者,乃二坐標距名,其一與南北線平行者為縱距,其他與東

西線平行者，爲橫距。

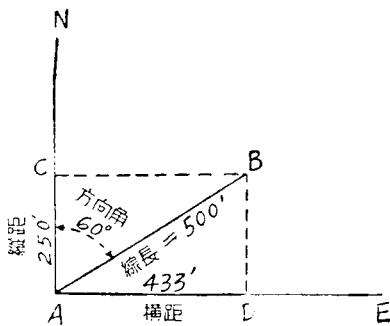
例如在圖一一六中，AB 線在東北象限中，AC = DB 即爲縱距。
AD = CB，即爲橫距，CAB 角即爲 AB 線之方向角也。

§27—2 縱距橫距皆由方向角求得，由圖一一六中，可得

$$\text{線長} \times \cos \text{方向角} = \text{線之縱距} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{線長} \times \sin \text{方向角} = \text{線之橫距} \dots\dots\dots(2)$$

例如圖一一六中之 AB 長爲 500'，其方向角爲 N 60° E， $\cos 60^\circ = 0.500$ ； $\sin 60^\circ = 0.866$ 時，按
(1)(2) 式，可得 $500' \times 0.5 = 250'$ ； $500' \times 0.866 = 433'$ 。



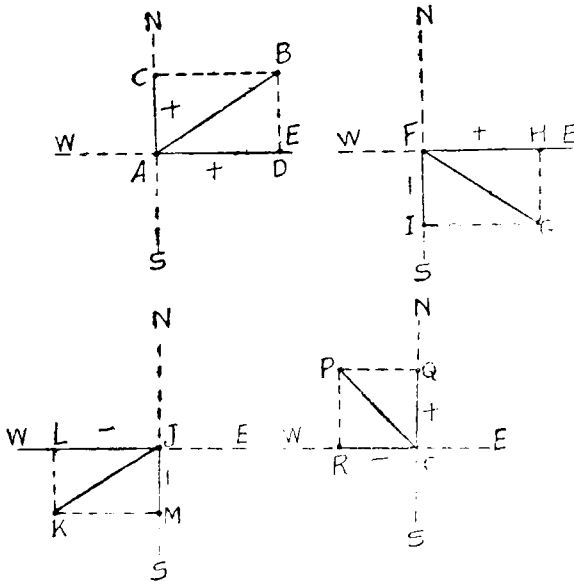
圖一一六

§27—3 縱橫距之正負號，須以方向角之象限爲定。縱距爲正，如方向角爲北；橫距爲正，如方向角爲東；縱距爲負，如方向角爲南；橫距爲負，如

方向角爲西；故方向角之第一字母北或南 (N. or S.)，可決定縱距之正負，其第二字母可決定橫距之正負。例如圖一一七中，每方向角象限中，假設一線其各線縱橫距之正負，可於下表及圖中查得之。

線	方向角	縱距	橫距
		N(+)	S(-)
		E(+)	W(-)
AB	N. E.	AC	AD
FG	S. E.	FI	FH

JK	S. W.	JM	JL
OP	N. W.	OQ	OR



圖一一七

計算縱距橫距，按照前式表明如下：

線長 × cos 方向角 = 縱距；線長 × sin 方向角 = 橫距

N(+) S(-) E(+) W(-)

AB × cos BAN = AC AB × sin BAN = AD

FG × cos GFS = FI FG × sin GFS = FH

JK × cos KJS = JM JK × sin KJS = JL

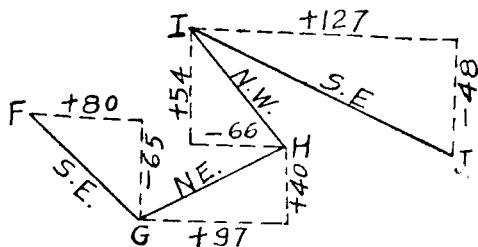
OP × cos PON = OQ OP × sin PON = OR

某南北線之橫距必為零，而東西線之縱距亦必為零也。

§27—4 多數經緯線之縱橫距，可用之決定其站之地位，及其他站之關係位置。

兩站之間多數線縱距之代數和，表示一站在他站之南（-）或北（+）若干距離，其橫距之代數和，表示一站在他站之西（-）或東（+）若干距離也。

例如圖一一八中，擬求 J 對於 F 之位置，設各線之縱距已經計算，並表示於圖中，及列表如下：



圖一一八

線	方向角	縱距		橫距	
		+(N)	-(S)	+(E)	-(W)
FG	S. E.		65	80	
GH	N. E.	40		97	
HI	N. W.	54			66
IJ	S. E.		48	127	
		+94	-113	+304	-66
			+94	-66	
			-19	238	

由表中結果，可知 J 點在 F 點南 19 呎，東 238 呎，故其他 G, H, I 各點之相互位置，皆可用同法求得。

I 點爲 G 點東 $+97-66=31$ 呎,而在 G 點北 $+40+54=94$ 呎也。

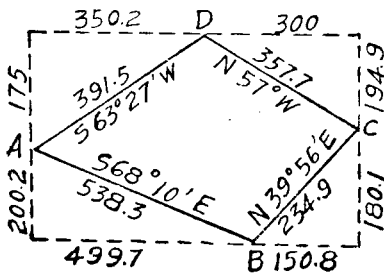
在一迴歸經緯儀線網中,其縱距橫距之代數和應等於零。

§27-5 某測量之迴歸誤差可以北縱距與南縱距之差及東橫距與西橫距之差決定之。

例如圖一一九,將四邊形 ABCD,各線之縱距橫距及線長,方向角列表如下:

線	長	方向角	N. Lat (+)	S. Lat (-)	E. Dep (+)	W. Dep (-)
AB	538.3	S. - E.		-200.2	499.7	
BC	234.9	N. - E.	180.1		150.8	
CD	357.7	N. - W.	194.9			-300.0
DA	391.5	S. - W.		-175.0		-350.2
	1522.4		+375.0	-375.2 +375.0 -0.2 S	+650.5	-650.2 +650.5 0.3 E

$$\text{迴歸誤差} = \sqrt{(0.2)^2 + (0.3)^2} = \sqrt{0.13} = 0.36 \text{ S. E.}$$



圖一一九

四邊形之全長等於 1522.4 呎,而其迴歸誤差爲 $\frac{0.36}{1522.4}$, 或 $\frac{1}{4230}$, 此爲野外工作顯似誤差。野外工作之真誤差,或較此爲大,因顯似誤差包括相消誤差也,例如一北縱距較大,可被一南縱距亦較大者相消之類。

誤差之方向，可由代數和之符號（正負）表示之，例如縱距誤差（ -0.2 ）及橫距誤差（ 0.3 ）表示誤差之方向為東南也（即 0.36 東南也）。

§27—6 每線有前後方向角，宜用何者為是。

當計算縱距橫距時，可以循多邊形之方向兩方面進行。但所用方向角，必須為所選之方向之前方向角，在圖一一九中，所選方向為由 A 至 B 至 C 至 D 迴歸於 A，其所用方向角即記於圖上，故須預防錯用某線之後方向角，以當前方向角也。例如圖一一九中，設 CD 之方向角應為 $N 57^\circ W$ ，如誤以 $S 57^\circ E$ 代之，而其餘方向角則仍舊，則上表中 CD 之縱距必列入南(S)列內，而橫距則列入東(E)列內，故測量結果必不能恰合也。

§27—7 用方位角計算縱橫距

毋須將方位角化成方向角，即可計算縱橫距。方位角應由北向時針方向量者方可，尋常三角法之符號，可以撥用之，例如 N. E. 象限，合於三角法中第一象限，S. E. 合於第二象限，S. W. 合於第三象限，N. W. 合於第四象限，故方位角常自北算起，而少自南算起者。

例如圖一一九，DA 之方位角為 $243^\circ 27'$ ，其 Sine 與 Cosine 皆為負號，或即西與南，餘可類推。

§27—8 求縱距與橫距之各種方法

(a) 計算法

以線長乘方向角之 Sine 及 Cosine，固可求得縱橫距，但以用對數表計算為快。有系統之計算表格，可以便利工作，且減少

誤差機會。

(b) 特製表

此表實為由 0° 至 90° 之 Sine 與 Cosine 以 1, 2, 3, 4, …… 10 或 100 相乘之數, 每四分之一度(或十五分)及每分弧之表, 最為有用, 任何線長之數字, 可以每位數字表中查得相當之縱橫距(注意小數點), 各數再相加即得。下列一例, 可知表之形狀及用法。

30°	1		2		3		4		5	
	Lat	Dep	Lat	Dep	Lat	Dep	Lat	Dep	Lat	Dep
	0.866	0.500	1.732	1.000	2.598	1.500	3.464	2.000	4.330	2.500

如一線之方向角為 N 30° E, 長為 4 呎, 則其縱距為 3.464 呎, 橫距為 2.000 呎。如一線為 40 呎, 則此二數為 34.64 及 20.0 也。如為 400 呎, 則此二數, 應為 346.4 及 200.0 呎也。又如求下列 AB 與 CD 二線之縱橫距:

AB		CD	
長為 542.3 呎	方向角 = N 30° W	長為 503.1 呎	方向角 = S 30° W
縱 距	橫 距	縱 距	橫 距
433.0	250.0	433.0	250.0
34.64	20.0	00.0	00.0
1.732	1.0	2.598	1.5
0.26	0.15	0.086	0.05
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
469.632	271.15 W.	435.684 S.	251.55 W.

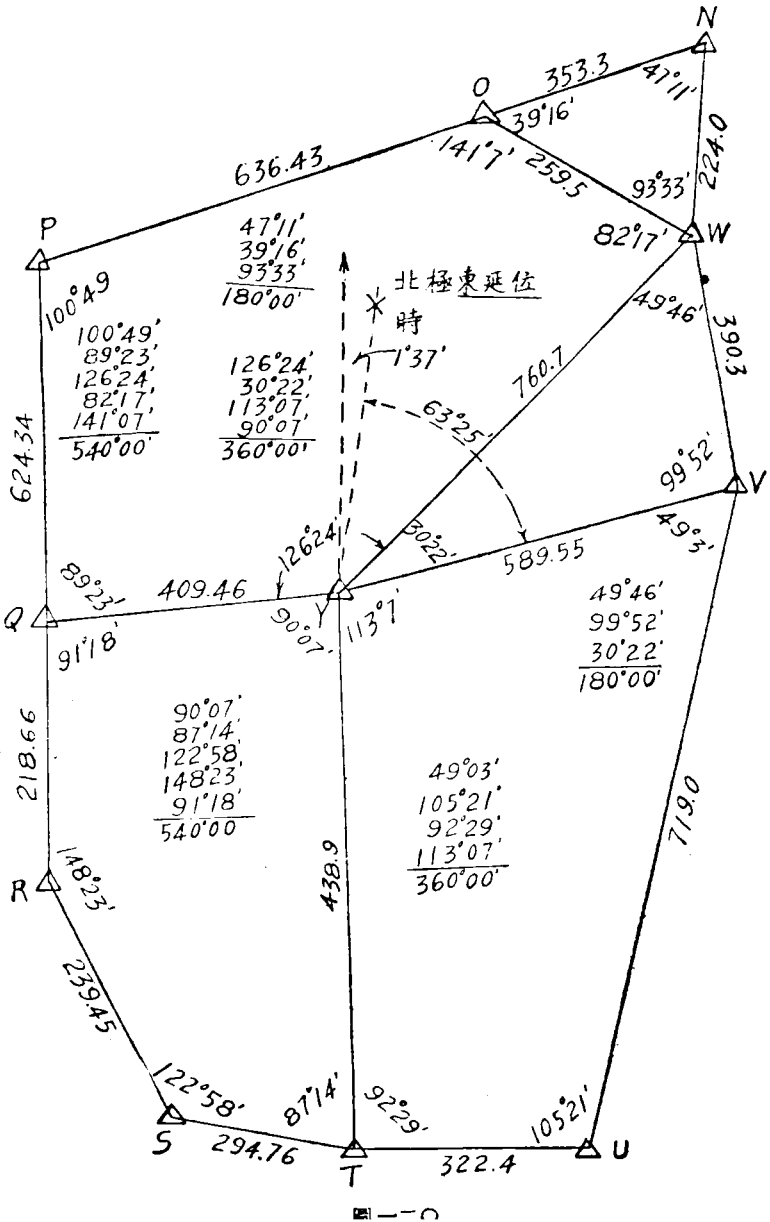
(c) 三角器

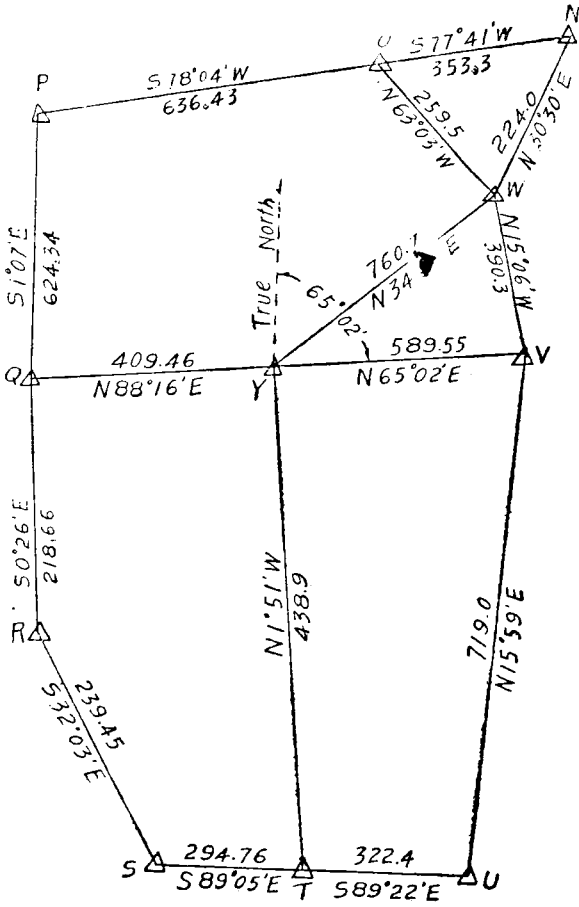
此器爲求一線之縱橫距，用圖解法以圖便利。以尋常或特製方格紙，設紙之左下方爲起點，其距離卽緣水平與鉛直邊，以數字記之。另一旋轉臂 (Revolving arm) 以原點 (Origin) 爲中心，此臂桿所刻分畫與方格紙上之比例尺相同。方格紙之右上邊，以度數及分數記明，均以原點爲中心，故可將臂桿指在某線之方向角，其長度卽於臂桿上以比例尺定之，其縱橫距兩數，卽可直接從方格紙上讀得。此器所得結果，較計算法所得者較爲草略，有時亦已足用。

§27—9 計算縱橫距之實例

- (1) 先行繪出經緯儀線之草圖，手簿中之角距亦註入草圖，再加校對 (圖一二〇)。
- (2) 修正角度，使每一多邊形之內角和，爲正對數，卽 $(n-2) \times 90^\circ$ 也，修正後，將原數以直線畫出，而書修正角度數於下。
- (3) 手簿中記明，當北極星 (Polaris) 在東延位 (East elongation) 時，與 YV 線所成角爲 $63^\circ 25'$ ，故 YV 線之真方向角爲

$$63^\circ 25' + 1^\circ 37' = N 65^\circ 02' E.$$
- (4) 由 $YV = N 65^\circ 02' E$ 起，將其餘各線之方向角，以修正角度計算之 (見下表二七中)。
- (5) 另一草圖 (圖一二一)，繪各經緯儀線，註明長度及方向角於每線之上。
- (6) 縱橫距係以對數法計算之，將長度、方向角等合於第一行內，再查 $\log \sin$ 及 $\log \cos$ ，與長度對數，相加之後，再求得縱橫





表二七 計算方向角表(Calculation of Bearings)

外圍線 (Outside lines)	
北極東延位角	
	1°37'
	63°25'
YV = N 65°02' E + (S.W.)	
YVW = $\frac{99\ 52'}{164\ 54'} +$	
	180° 0' -
VW = N 15°06' W - (S.E.)	
VWN = $\frac{225\ 36'}{210\ 30'} +$	
	180° 0' -
WN = N 39°30' E + (S.W.)	
WNO = $\frac{47\ 11'}{180\ 0'} +$	
NO = S 77°41' W + (N.E.)	
NOP = $\frac{180\ 23'}{258\ 04'} +$	
	180° 0' -
OP = S 78°04' W + (N.E.)	
OPQ = $\frac{100\ 49'}{178\ 53'} +$	
	180° 0' -
PQ = S 1°07' E - (N.W.)	
PQR = $\frac{180\ 41'}{179\ 34'} +$	
	180° 0' -
QR = S 0°26' E - (N.W.)	
QRS = $\frac{148\ 23'}{174\ 57'} +$	
	180° 0' -
	180° 0' -
RS = S 32°03' E -	
SR = N 32°03' W -	
RST = $\frac{122\ 58'}{90\ 55'} +$	
	180° 0' -
ST = S 89°05' E - (N.W.)	
STU = $\frac{179\ 43'}{90\ 38'} +$	
	180° 0' -
TU = S 89°22' E - (N.W.)	
TUV = $\frac{105\ 21'}{180\ 0'} +$	
UV = N 15°59' E + (S.W.)	
UVW = $\frac{148\ 55'}{164\ 54'} +$	
	180° 0' -
VW = N 15°06' W - (Check)	
內圍線 (Inside lines)	
TS = N 89°05' W -	
STY = $\frac{87\ 14'}{180\ 0'} +$	
TY = N 1°51' W - (S.E.)	
TYV = $\frac{113\ 07'}{180\ 0'} +$	
	180° 0' -
YV = N 65°02' E +	
YVW = $\frac{30\ 22'}{180\ 0'} -$	
YW = N 34°40' E +	
WYQ = $\frac{126\ 24'}{91\ 44'} -$	
	180° 0' -
YQ = S 88°16' W +	

表二八 計算縱距橫距表

數 量	橫 距	log sin	Log cos	縱 距
S 1°07' E 624.34 PQ =	12.17	$\frac{8.28977}{2.79342}$ 1.08519	$\frac{9.99992}{2.79542}$ 2.79543	624.23
S 0°26' E 218.66 QR =	1.65			218.65
S 32°03' E 239.45 RS =	127.07			202.95
S 89°05' E 294.76 ST =	294.72			4.72
S 89°22' E 322.4 TU =	322.38			3.56
N 15°59' E 719.00 UV =	197.98			691.22
N 15°06' W 390.3 VW =	101.68			376.82
N 30°30' E 224.0 WN =	113.69			193.00
S 77°41' W 353.3 NO =	345.17			75.36
S 78°04' W 636.43 OP =	622.67			131.59

距之實數(見另表二八中)。

(7)以表二八中之結果列入表二九中之前七行，其縱橫距之誤差為 0.02 及 0.14。

(8)最後即為計算並列最後三行，以便繪製圖根。

表二九 縱橫距列表以便製圖 (Tabulation of latitudes and departures for plotting)

線	方向角	長	縱 距		橫 距		站	由 P 點距	
			北	南	東	西		縱距	橫距
PQ	S 1°07'E	624.34		624.23	12.17		Q	- 624.2	12.2
QR	S 0°26'E	218.66		218.65	1.65		R	- 842.9	13.8
RS	S 32°03'E	239.45		202.95	127.07		S	-1045.8	140.0
ST	S 89°05'E	294.76		4.72	294.72		T	-1050.5	435.6
TU	S 89°22'E	322.40		3.56	322.38		U	-1054.1	758.0
UV	N 15°59'E	719.0	691.22		197.98		V	- 362.9	956.0
VW	N 15°06'E	390.3	376.82			101.68	W	+ 13.9	854.3
WN	N 30°30'E	224.0	193.00		133.69		N	+ 206.9	968.0
NO	S 77°41'W	353.3		75.36		345.17	O	+ 131.6	622.8
OP	S 78°04'W	636.43		131.59		622.67	P	+ 0.0	0.1
			1261.04	1261.06	1069.66	1069.52			
			Error	=0.02	Error	=0.14			
PQ							Q	- 624.2	12.2
QY	N 88°16'E	409.46	12.39		409.3		Y	- 611.8	421.5

P 點為最西之站，用之為繪圖之起始點。

§27—10 配賦測量結果 (Balancing a survey)，為將結果加以改正，使北縱距之和等於南縱距之和，及東橫距之和等於西橫距之和。

此種規則，只限於迴歸圖根網，但實際常有迴歸誤差。例如上表之縱距誤差(0.02 呎)及橫距誤差(0.14)，極其微小，完全可以不計(專指繪圖而言)，如不專為繪圖，但須精確分地及計算面積，則須配賦誤差使成一完整圖形。

§27—11 配賦測量結果之方法

(1) 如各處測量精度皆同，則誤差可以按線之長度比例，分配於各邊。

(2) 如測量精度各處不同，則愈不精測之測區，宜給以較多之改正數。

(1) 第一法，下列比例可用之分配誤差：

$$\frac{E_1}{P} = \frac{\text{縱距之總誤差}}{\text{多邊形總邊長}} = \frac{\text{每一邊縱距之誤差}}{\text{該邊之長度}} = \frac{e_1}{S}$$

$$\frac{E_d}{P} = \frac{\text{橫距之總誤差}}{\text{多邊形總邊長}} = \frac{\text{每一邊橫距之誤差}}{\text{該邊之長度}} = \frac{e_d}{S}$$

$$e_1 = \frac{E_1}{P} \times S \quad \text{與} \quad e_d = \frac{E_d}{P} \times S$$

此改正數不必求之太精，大約數 $\frac{E_1}{P}$ 及 $\frac{E_d}{P}$ 可以一次求得，即以各邊之長依次乘之，此改正數應由總數多出之一行減去之，

而應增加於總數較小之一行，使之相合，例如欲分配 -0.2 及

$$+0.3 \text{ 之縱橫距誤差，} \frac{E_1}{P} = \frac{0.2}{1522.4} = \frac{1}{7500} ; \frac{E_d}{P} = \frac{0.3}{1522.4} = \frac{1}{5000}$$

$$AB = 538 \times \frac{1}{7500} = 0.07 \quad 538 \times \frac{1}{5000} = 0.11$$

$$BC = 234 \times \frac{1}{7500} = 0.03 \quad 234 \times \frac{1}{5000} = 0.04$$

$$CD = 357 \times \frac{1}{7500} = 0.05 \quad 357 \times \frac{1}{5000} = 0.07$$

$$DA = 391 \times \frac{1}{7500} = \frac{0.05}{0.20} \quad 391 \times \frac{1}{5000} = \frac{0.08}{0.30}$$

故改正數之總和為 0.2 與 0.3, 在此例中, 南縱距之總和, 多於北縱距之總和, 故由 200.2 與 175 南縱距減去 0.07 與 0.05, 而加 0.03 與 0.05 於 180.1 及 194.9 也。東橫距和多於西橫距和, 故應由 499.7 與 150.8 減去 0.11 及 0.04, 但加 0.07 與 0.08 於 300.0 及 350.2 也。改正縱橫距, 可用紅色, 直接畫於原數之上。

(2) 第二法

此法為分配誤差, 按野外工作時, 誤差最大者多分配之, 其小者少分配之, 以下數點務須注意:

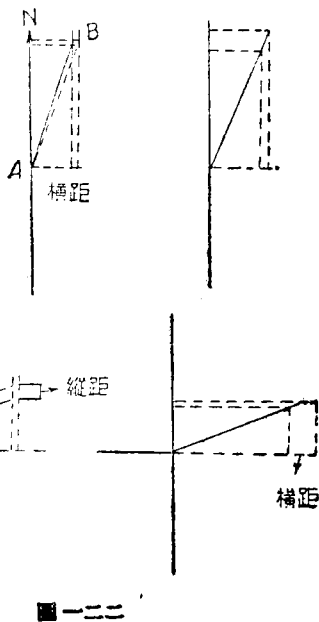
1. 測量時情形最

不相宜者, 應給大改正數, 例如坡度上量距, 必易使結果太長。

2. 長度測量多趨

太長, 故改正數多為正號, 應減去之, 即宜自縱橫距多者減去之, 不宜加於縱橫距較小者。

3. 某長線方向角之極小變動, 其



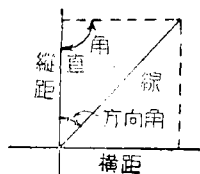
影響於縱橫距者，比短線為大。

4. 如一線將近南北線之位置，稍變方向角，橫距必變，影響較大，而縱距則否；但長度稍變，縱距受變動，而橫距則否。同樣如一線將近東西方向，方向角之變動，影響於縱距，長度之變動，則影響於橫距也。（如圖一二二）

§27—12 方向角、長度、縱距、橫距之三角關係

每線之縱距與橫距，為一直角三角形之兩邊，該線自身為其斜邊。三角形之一角為該線之方向角，即為斜邊與縱距所成之角也。任何二件（至少一邊）為已知，其餘二者，可以三角法計算得之。

已 知	求	公 式
(a) 方向角與長度	縱 距	= 長度 \times \cos 方向角
(b) 方向角與長度	橫 距	= 長度 \times \sin 方向角
(c) 縱距與橫距	\tan 方向角	= 橫距 \div 縱距
(d) 縱距與方向角	長 度	= 縱距 \div \cos 方向角
(e) 橫距與方向角	長 度	= 橫距 \div \sin 方向角
(f) 縱距與長度	\cos 方向角	= 縱距 \div 長度
(g) 橫距與長度	\sin 方向角	= 橫距 \div 長度
(h) 縱距與橫距	長 度	= $\sqrt{(\text{縱距})^2 + (\text{橫距})^2}$



圖一二三

§27—13 遺漏之測量結果

在多邊形中，如每邊之方向角（或各內外角），與長度為已知數，則無遺漏之長度與角度，如只二方向角，或二長度，或一方向角與一長度為未知數，則可計算之，此法當然只限迴歸多邊形，可分四類，茲列如下：

- (I) (a) 如只遺漏一邊之方向角；
 (b) 如只遺漏一邊之長度；
 (c) 如只遺漏一邊之長度及其方向角。
- (II) 如只遺漏一邊之方向角，及另一邊之長度。
- (III) 如遺漏兩邊之長度。
- (IV) 如遺漏兩邊之方向角。

注意：在(I)類中，只一邊受影響，此為最簡單之一類，餘三類之解法，包括第一類所用之普通方法，此法只在計算與列表縱距橫距，其結果當然不能迴歸於零，其誤差甚大，即等於所求邊，故北縱距和與南縱距和之相差數，即等於所求邊之縱距，東橫距和與西橫距和之相差數，即等於所求之橫距。一直角三角形中，其一邊為已知，則其斜邊(所求邊)易求得也。

§27—14 四類之計算法，約列如後：

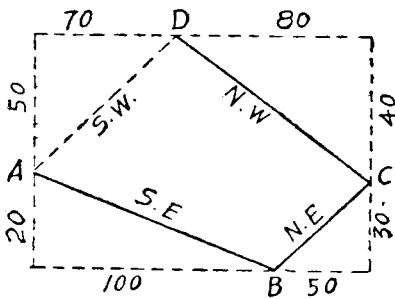
(a) 第(I)類

- (1) 將已知各邊之縱距橫距計算列表。
- (2) 求南縱距和與北縱距和之差數，與東橫距和及西橫距和之差數，此二差數即為所求邊之縱橫距。
- (3) 由此求得之縱橫距，計算遺漏之方向角或長度，或方向角與長度。

例如圖一二四中，AD 之方向角長度，在手簿中已經遺漏，其餘三邊之縱橫距，已經計算並列表如下：

線	北縱距	南縱距	東橫距	西橫距
A B		-20	+100	
B C	+30		+50	
C D	+40			-80
	+70	-20	+150	-80
	-20		-80	
	+50		+70	

$\tan(\text{AD 方向角}) = \frac{\text{Dep.}}{\text{Lat.}} = \frac{70}{50} = 1.4 = \tan 54^\circ 30'$, 故 DA
 $= S 54^\circ 30'$ 也, AD 之長度 $= \frac{\text{縱距}}{\cos \text{方向角}} = \frac{50}{0.5807} = 86.0$ 呎或公尺,
 $= \sqrt{50^2 + 70^2} = 86.0$ 呎或公尺。



圖一二四

第(II) (III) (IV)類之普通方法

如有兩邊受遺漏之影響，可將此兩邊除外，則多邊形可以 AC 邊完連之。AC 之方向角與長度可以用第一類法計算得之，AC 既得，則三

角形 ABC 亦易求得，AB 與 BC 相連接與否，無甚關係，皆可通用。

例如圖一二五中，L 為 A-B-D 三線之完連線 (Closing line)，D 線平行移動，與 B 線末端相連，故 L 與 C-E 二邊成一三角形，以待解決。

(b) 第(II)類

如遺漏一邊之方向角及
另一邊之長度。

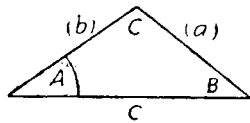
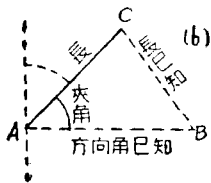
(1) 求完連線之長度及方
向角。

(2) 求完連線與已知方向
角之邊所夾角度，用
(1)所求得之方向角與
一邊已知之方向角。

(3) 已知三角形之兩邊，
及其一邊之對角，求其一邊
及兩角之任一角，可用下式求之， A, a, b 為已知：

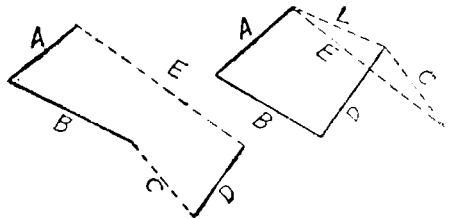
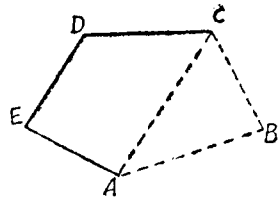
$$\text{求 } B, C, c \begin{cases} \sin B = \frac{\sin A}{a} \times b \\ C = 180^\circ - (A + B) \\ c = \frac{a}{\sin A} \times \sin C. \end{cases}$$

(4) 由(3)所求得之 B, C 角度，計算 BC 之方向角。



圖一二六

各夾角，用(1)所求得之方向角，及兩邊已知之方向角。



圖一二五

(c) 第(III)類

如遺漏兩邊之長度

(1) 求完連線之長度與
方向角。

(2) 求完連線與兩邊之

(3) 已知三角形一邊與兩鄰角，求其餘兩邊之長，及其他一角。

已知 A, C, b 求 B, a, c :

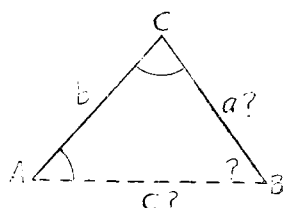
$$B = 180^\circ - (A + C)$$

$$a = \frac{b}{\sin B} \times \sin A.$$

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

(d) 第(IV)類

如遺漏兩邊之方向角



圖一二七

(1) 求完連線之長度與方向角。

(2) 已知三角形之三邊長，求其三角之值：

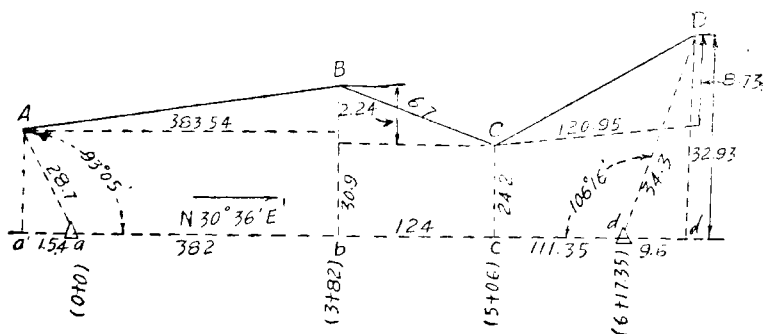
$$S = \frac{1}{2} (a + b + c)$$

$$\sin \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(S-b)(S-c)}{bc}}$$

$$\text{或 } \cos \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{S(S-a)}{bc}}$$

(3) 由(2)所求得之各角與完連線之方向角，求得遺漏之兩方向角。

§27-15 計算遺漏方向角及長度，亦有用簡單三角方法者，茲舉



圖一二八

一例：圖一二八中，求 AB, BC, 與 CD 之方向角及長度。

$$\begin{array}{r} 180^\circ \\ - 93^\circ 05' \\ \hline 86^\circ 55' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28.7 = 1.457882 \\ \cos 86^\circ 55' = 8.730688 \\ \hline + 1.54 = 0.188570 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.457882 \\ \sin 9.999371 \\ \hline 28.6 = 1.457253 = \text{Offset at A} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 382.00 \\ \hline AB = 383.54 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 30.90 \\ \hline 2.24 = 0.350248 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 0^\circ 20' \leftarrow \\ N 30^\circ 36' E \\ \hline AB = N 30^\circ 16' E \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \rightarrow 383.54 = 2.583810 \\ \hline - 0^\circ 20' = 9.766438 (\tan) \end{array}$$

(AB = Lat 331.26; Dep = 193.30)

$$\begin{array}{r} 6.7 = 0.826075 \longrightarrow = 0.826075 \\ 124.0 = 2.093422 \\ + 3^\circ 05' 34'' = 8.732653 (\tan) \longrightarrow \\ N 30^\circ 36' 00'' E \longrightarrow 8.732028 (\sin) \\ \hline N 33^\circ 41' 34'' E = BC = 124.18 \longleftarrow 2.094047 \end{array}$$

(BC = Lat 103.31; Dep = 68.88)

$$\begin{array}{r} 34.3 = 1.535294 \\ \cos 73^\circ 44' = 9.447326 (180^\circ - 106^\circ 16') \\ \hline + 9.60 = 0.982620 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} = 1.535249 \\ \sin = 9.982257 \\ \hline 32.93 = 1.517551 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 111.35 \\ \hline 120.95 = 2.082606 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 24.20 \\ \hline 8.73 = 0.941014 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8.73 = 0.941014 \longrightarrow = 0.941014 \\ - 4^\circ 08' = 8.858408 (\tan) \longrightarrow 8.857280 (\sin) \end{array}$$

$$\begin{array}{r} N 30^\circ 36' E \\ \hline N 26^\circ 28' E = CD = 121.27 \longleftarrow 2.083734 \end{array}$$

(CD = Lat 108.54; Dep = 54.04)

以上草圖所列尺寸，求 AB, BC, CD, 方向角與長度。

$$Aa \times \cos Aaa' = aa'; \quad Aa \times \sin Aaa' = Aa'$$

$$28.7 \times \cos 86^\circ 55' = 1.54; \quad 28.7 \times \sin 86^\circ 55' = 28.66.$$

$$N 30^\circ 36' E - 0^\circ 20' = N 30^\circ 16' E = AB \text{ 方向角,}$$

AB 之長幾等於 a'b.

$$BC = (Bb - Cc) \div \sin(\text{Bc 與 } a'd' \text{ 所夾角})$$

$$124.18 = 6.7 \div \sin 3^\circ 05' 34''.$$

	N.	S.	E.	W
AB	331.26		193.30	
BC	103.31		68.88	
CD	108.54		54.04	
Dd		25.03	23.45	
da		531.38		314.26
aA	13.26			25.45
	556.32	556.41 556.37 -0.04	339.67	339.71 0.67 -0.04

第二十八章 繪圖器具、整飾、圖例

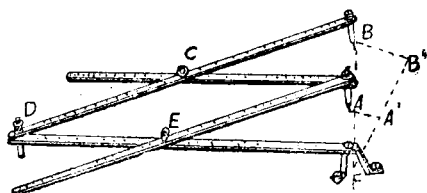
§28—1 繪圖器具

測量者，除在野外實習外，室內工作尚須繪圖，故關於繪圖器具，應當詳知並了解其用法。尋常繪圖器具如丁字尺 (T-square)、三角板 (Triangles)、兩腳規 (Divider)、分度規 (Compasses)、及比例尺 (Scales)，大約皆能知其用法，茲將關於工程師及測量師所用者，

分述於下：

- (a) 直邊尺 (Straight-edge), 測量師所製各圖, 須較精確, 圖板之直邊, 常不可靠, 故用丁字尺者少, 而宜以鋼製或木製之直邊尺代之, 長度大約一公尺。工程圖畫多用鋼製者, 其邊較直, 不如木製者易彎曲也。木製尺加賽璐珞 (Celluloid) 直邊, 以其透明, 故多便利。
- (b) 工程師比例尺 (Engineer's scale), 測量多用公尺制, 皆為十進, 用公尺 (米) 分至公寸 (分米)、公分 (厘米)、公厘 (毫米) 等。英制則將每呎縮成十, 二十分之一等, 長度常為 3, 6, 12, 18, 及 24 英吋。木製有平條板式, 在兩邊斜面上, 各有比例尺之分割, 故一枝尺可有四面也。尙有三稜尺式者, 故可有六面, 有 10, 20, 30, 40, 50, 及 60 之一等比例也。
- (c) 三臂分度規 (Three-armed protractor) 者, 專用以擺定兩個觀測角於分規上, 而在圖上定一觀測者之位置。此分度規有三臂, 其中臂定於圓規上為不動者, 其斜邊定與 0° 相合, 餘二臂可以移動, 由 0° 向兩方面擺定任何角度, 等於觀測角。可置分度規於圖上, 移動全體, 直至分度規之三臂邊, 經過圖上已定之三點, 此位置既定, 則分度規之中心, 即為所求點, 可用針在圖上定之。
- (d) 縮放器 (Pantograph) 者, 用以放大或縮小圖形之器, 種類雖多, 原理則一。其製法可以四木條或金屬條板, 連接成一平行四邊形, 且 A, B, F 三點中, 一點為定點, 餘二點為可移動點, 而

三點必須在一直線上，並各點必在平行四邊形各邊之不同邊上，任四邊形內角如何變更，此三點仍在一直線上。



圖一二九

AC 與 AE 二條板相交

在 A 點，而 B 及 F 端與 A 點同在一直線上，於是

$$FA:FB=FA':FB'; \text{ 故 } AA':BB'=FA:FB \text{ (圖一二九)}$$

如欲放大圖形於原形之二倍，須變更 C, E 二點位置，使 $FB = 2FA$ ，ACDE 應仍為平行四邊形。置原圖於 A 處，插鉛筆於 B 處，描成之圖可二倍於原圖也。如欲縮小圖形，則置原圖於 B 處，插鉛筆於 A 處，則描成之圖為原圖縮小二倍也。

- (e) 平行尺 (Parallel ruler) 為金屬製之斜邊尺，中嵌圓輪二個，直徑須完全相等。在圖上移動時，可供繪平行線之用，用時須避免圓輪滑動，致不準確。
- (f) 圓規及長直徑圓規 (Compass and Beam compass)，圓規者，用以繪圓弧之用，繪時須屈折筆尖與紙面垂直。若半徑太大，可用木製或金製之橫條，上刻比例尺，將圓規裝橫條上，按一定尺寸，可以用之繪圓弧也。圓規之二夾子上，一為針端，一為鉛筆或墨水筆。
- (g) 曲線筆 (Contour pen)，此筆與尋常直線筆之形式相同，其筆頭為彎曲形，連於筆管內之金屬條，此條能在筆管內任意旋

轉，故可用以繪曲線及地形圖之等高線與河海邊岸線。

(h) 比例兩腳規 (Proportional dividers) 者，用以量等長或放大縮小倍數之長度於他圖也，其兩腳可伸長經過支點，故同時可有兩對距離長度也。依其兩腳上畫分之數，可使兩腳間之距離，為一定比例也。

(i) 曲線規 (Curves) 可分：

1. 鐵路曲線規 (Railroad curves)，專為繪製長半徑之圓弧，常為木製，硬橡皮、賽璐珞、及金屬製者亦有之，一套共有百餘塊，半徑各不相同，由二吋至三百吋。
2. 不規則曲線規 (French curves)，係用以繪不規則之曲線於圖上，常為木、硬橡皮、及賽璐珞所製。選曲線形狀合於曲線規何段，逐段接繪，而避銜接痕跡。
3. 柔軟曲線規 (Flexible curve) 者，為一長條可隨意屈曲之木製規，亦有用賽璐珞及硬橡皮製者，用時可以按圖上曲線之形狀，將此規照之屈曲，以繪曲線也。

§28—2 繪圖紙可分下列四種：

- (a) 繪底圖紙，底圖紙可由輕料之底圖紙至極重之裱布紙。暫時製圖，可用輕料紙，如為永久之用，則以呂宋紙 (Manila paper) 及裱布紙為佳。紙質不可太鬆，因易滲散墨汁；如能經刀刮或橡皮擦拭後，仍不滲散墨汁者，尤為佳選。
- (b) 描摹紙 (Tracing paper) 及描摹布 (Tracing cloth)，普通描摹底圖，皆用透明紙或透明布，紙難持久，故只用充暫時或不重

要之需，如須經久耐用，則以透明布爲宜。於布上加一層光滑透明物，使之透明，有正反面之分，正面光滑，不易上鉛而宜於墨，但亦須擦白粉後方可合用，反面無光，鉛墨均宜，且能經橡皮長久之擦拭，故用反面者多。如在正面上墨，可在反面着色。用透明紙或布描摹已經描摹之圖，則宜置白紙於描摹圖下，較易明顯。如欲描摹藍圖(Blue print)，則可置藍圖於厚玻璃上，下用電燈照耀，再用透明紙描摹，可使藍圖上之白線，易顯明而易描摹也。

- (c) 橫截面紙(Cross-section paper)及縱截面紙(Profile paper)，橫截面紙爲方格紙，每一方格爲一平方公分，再分一百平方公厘，亦有每大方格爲一方吋，復分爲 $\frac{1}{8}$ 吋至 $\frac{1}{20}$ 吋，此紙專供繪製鐵路、道路測量中之橫截面圖之用，多裁成張式。縱截面紙，爲繪製鐵路道路測量中之縱截面圖之用，橫線多密，而縱線較疏，可使繪出高低易於明確，常成捲式，長約十碼或十公尺。

兩種截面紙上，皆着紅、綠、橙色之線，故可繪黑色於其上，使易鮮明，亦有將此兩種截面格紙，改印在透明布上，以便加印藍圖也。

- (d) 印圖紙(Process paper)，普通皆用藍印紙(Blue print)，製法甚易，將尋常白色圖紙上加一層赤血鹽及檸檬酸銨亞鐵之混合溶液，在暗室中配合，用毛刷將溶液塗於紙上，俟其乾後即可應用。其塗藥一面常現綠黃色，見光後即生變化，加水洗之即現藍色；而未曬着部分之藥品，經水洗去，即現白色也。

§28—3 整飾與圖例

每圖既成，應將標題 (Title) 敘明，在圖中簡單書出，如爲一平面圖、截面圖之類。此外圖之用處、地名、比例尺、子午線、測繪者之姓名、日期、簡單說明等皆應註明。全圖加以圖廓，並用整齊之字體以圖美觀，常用字體可分爲(1)漢字、(2)英文字、及(3)數字，學者當已預知，故不詳述。

比例尺常用幾千分之一，或幾萬分之一表之，其大小因應用之圖而異，常繪於圖之下端，或在標題之下。

子午線者，用以示圖之方向，常於圖之上部，以北端向上，如磁偏角爲已知，則應繪真子午線，並記磁偏角數，長約四五吋即可。

圖例，在圖上用以代表地面上之物件，常用方便式樣代表各物，並定標準，以求各圖劃一，如圖一三〇，爲各種田地及地物、地貌之圖例也。

第十一編 定真子午線

第二十九章 觀測北極星定南北線法

§29—1 選定北極星爲觀測點之原因

延長地球軸通過天球之兩點，卽爲天球上南北極，其在北面者，簡稱爲北極或極 (Pole)。所有天體各星，好似每日繞地球旋轉一週，在天球上繪圓形然。如某星距北極星之距離 (極距) 較北極與水平面的高度爲少，則此星無升降於水平面之時，但只繞北極爲中心旋轉。又如適有一星正在北極，則此星之位置終日不變，故以此星，測定南北線實爲最易，但實際天體中不幸無此星也。北極星並非適在北極，其軌道之半徑甚小，爲其他星中極距最小者，故選之測定南北線，實爲最便。距極相近其他各星亦可選用，只須關於該星應知之記載條款爲預知者。

§29—2 關於北極星之事實

在詳述觀測方法之先，茲將關於北極星之事實數條列後：

- (1) 尋覓北極星之簡易法，爲先尋大熊星 (Great dipper) (卽 *Ursa major*) 之所在；次循七星中之兩劍光 (Pointers) (卽五星合成柄形之前兩星) 以直線通至北極星，如圖一三一中所示。

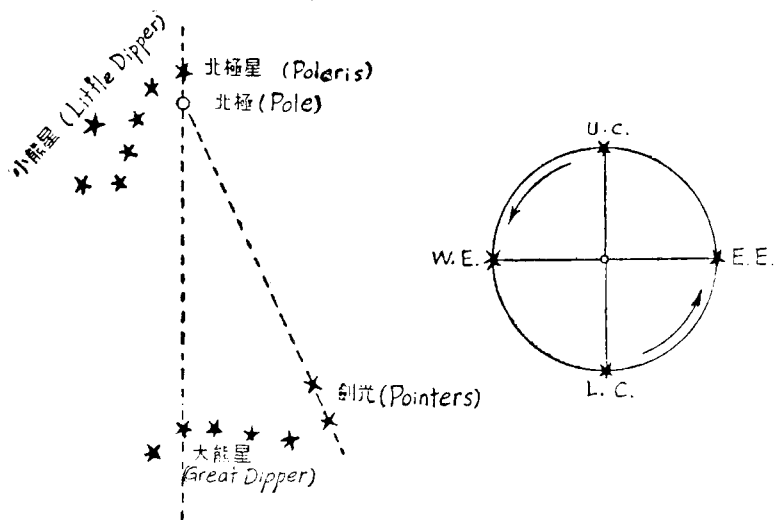


圖 一三一

- (2) 北極星 (Polaris) 爲小熊星 (共七星) (Little dipper = *Ursa minor*) 柄端之一明星。北極旁 15° 之位置, 另有一明星, 此二星中, 有三暗星成曲形分佈其間, 成小熊星之柄。
- (3) 當北極星繞北極反時針方向 (自東往西, 因地球旋轉方向, 爲自西往東) 旋轉至高點 (U. C.), 名爲星之北子午點 (North culmination), 旋轉至最低點時 (L. C.), 名爲星之南子午點 (South culmination), 此二點, 北極星皆正過本地子午線上。
- (4) 當北極星旋轉至最東點時, 名爲星之東隔離, 或東延位 (East elongation), 至最西點時, 名爲星之西隔離或西延位 (West elongation)。

- (5) 地球繞自軸每 23 點鐘加 56.1 分旋轉一週 (稱恆星日, Sideral day), 故北極星繞其軌道經過各點之時間, 每天應早大約四分鐘。
- (6) 北極星繞北極旋轉之圓, 其半徑年年變更, 此距名爲極距 (Polar distance)。當初記載爲 12° , 至 1907 年減至 $1^\circ 11.37'$, 每年約遞減 0.31 分, 直至距北極約 30 分時, 再行每年遞增。例如 1910 年, 其距約爲 $1^\circ 10.44'$, 在 1915 年, 約爲 $1^\circ 08.89'$, 在 1920 年, 約爲 $1^\circ 07.35'$ 也, 其每年之平均極距或等於 90° 減該星之每年平均赤緯度 (Mean declination)。赤緯度可查天文曆書表得之。
- (7) 如觀測者, 在赤道上用經緯儀, 瞭望北極星於東隔離時, 其視線即在真南北線之東若干度, 此度數即等於北極星之極距; 如在西隔離時觀測, 則其視線, 即在真南北線西, 亦等於極距; 但如觀測者在赤道之北緯某度觀測, 北極星於東西隔離時, 則其視線與南北線所成之角較大於極距, 愈北愈大。例如 1907 年, 在赤道觀測, 極距爲 $1^\circ 11.37'$, 但在北緯 40° 時, 此角爲 $1^\circ 33.2'$ 較極距大 $22'$ 也。此水平角 (即真南北線與北極東西隔離時之視線所成角) 名爲東西隔離時方位角 (Azimuth at elongation), 不可與星之極距同一意義。方位角與測量者之位置時有變更, 而極距則否, 且爲一定數也。某日某赤緯度北極星之方位角, 可由星表查得之。
- (8) 對北極星之視線, 與水平面所成之鉛直角, 大約即爲該地之緯

度，因北極星不正在北極。

(9) 如北極星在北極高點或南極低點 (U. C. or L. C.) 時，觀測者視線，即為該地之真南北線，每二十四小時有兩次。

(10) 任何時觀測北極星之方向角，可以弧三角法算式求之，當東西隔離時，其式為

$$\text{在} \begin{cases} \text{E. E.} \\ \text{W. E.} \end{cases} \text{時, } \sin \text{方位角} = \frac{\sin \text{極距}}{\cos \text{緯度}}$$

§29—3 觀測北極星之三法

1. 在東西隔離時。
2. 在南北過子午線時。
3. 在任何時間。

(I) 在東西隔離時，其施行手續如下：

- (1) 觀測夜之前，由表中查出北極星東西延位之時間。(表中如係在北緯 40° 東經 90° 者，則應加以改正數。)
- (2) 將經緯儀於東延位時前十五分鐘整置，並用縱絲正對北極星直至東延位時方停。
- (3) 將望遠鏡下降，在三四百尺之處，打一木樑，與經緯儀站聯成一線，此線與真南北線所成之角，即為北極星在東西延位之方向角，至此夜間工作完畢。
- (4) 次日繼續工作之前，先查出北極星於該年該地緯度之東西延位方位角，並由計算而加改正數。
- (5) 將經緯儀重置於原站，後視前晚觀測北極星所定之點，再

將(4)條所算之方位角，向時針方向轉動（如在北極星西延位觀測），或反時針方向轉動（如在北極星東延位觀測），如是設立之線，即為本地之真南北線也。

(a) 上法加以改正

上法固可應用，但有不利處凡二。

(1) 無校對工作；

(2) 如經緯儀失修整時，視線不在鉛直面旋轉，其誤差可以極大，因由北極星視線低下之鉛直角甚大故也。

此二不利處，可以重覆觀測法消除之，因北極星東西延位 (E. E. 或 W. E.) 時間前後共十分鐘，其東西方向之差，至多不過五秒角度，故在十分鐘，大可觀測正反兩次（望遠鏡位置），如兩次所得之點相合，儀器即為正對，否則可以兩點間之半，定其平均位置。

(b) 實際建議

(1) 表中所查東西延位之時間，應當以年，月，日，加以改正，緯度與經度之改正數雖小，亦不妨計入。此改正後之 E. E. 或 W. E. 時間數，即為東西延位之本地時，但在美國觀測者之錶，常計標準時且除非在標準子午線上 (75° , 90° , 105° , 或 120° 西經)。錶計之時與本地時差必須計入，其法可先查本地經度與最近標準子午線經度，相差度數分數，以四乘之，其結果即為相差之分數秒數。例如觀測者在西經 $70^{\circ} 20'$ 則 $75^{\circ} - 70^{\circ} 20' = 4^{\circ} 40'$ 之差， $(4^{\circ} 40') \times 4 = 16' 160'' = 18' 40''$ ，故如觀測者之錶，係

- 75° 標準子午線時，東西延位之時間應早 18' 40" 也（四分鐘轉一度，四秒鐘一分）。故觀測東延位時差在四分鐘以內，其方位角之差誤，比一秒尚小，故應先消除儀器誤差，比較重要也。
- (2) 觀測之前，應將經緯儀試驗，務使視線繞水平軸旋轉一鉛直面，故致平度盤亦屬重要。
- (3) 觀測時經緯儀所立之站，須北向有 50 至 100 公尺空地，可以打樁，最好在測量三角點或導線點上觀測，則各線之方向角易於算得。
- (4) 最快方法使北極星易於查得，即先將望遠鏡定在一鉛直角等於該地之大約緯度，只繞鉛直軸於水平面旋轉，直至能望見北極星，即行扯定，再用下微動螺旋隨北極星移動。
- (5) 望遠鏡之物鏡，應預先將焦點對遠距離之日的物，以免夜間不易審定。
- (6) 夜間使手電燈照耀望遠鏡交叉線（縱橫線）可以明瞭，以尋常煤油燈，亦可代用。
- (7) 因無須量角度，故不須對游尺上讀數，上固定螺旋或下固定螺旋皆可用之。
- (8) 到東西延位十五分鐘前，以上（或下）微動螺旋，移動縱絲（Vertical hair）隨北極星移動，到東延位時，北極星似乎停止東行，只往北行，約四五分鐘後，即見西行，指示東延位時已經過去。西延位時之情形亦同，先直南行，隨往東行。故可行二測回以便校對，且免儀器誤差。

(9)望遠鏡低下之先，應注意各固定螺旋業已扭定，定點時，先將一燈在視線內，另以一燈為號誌，表示左右移動之方向多少。在燈前立一木槓於視線內，打入地內，立一鉛筆於木槓上，以白手帕置鉛筆之後而在燈之前。手帕不但能使鉛筆易於明瞭，且可使縱橫絲因返光易於看出，故鉛筆易納視線之內，即打一釘於木槓上。

(II)過子午線南或北位置時

(1)過子午線時間，可以由表查出 (N. C. 或 S. C.) 東西延位時間距 N. C. 之時間，約為五小時五十五分鐘 (5 hr. 55 m.)，而距 S. C. 之時間約為六小時三分鐘 (6 hr. 3 m.)。

(2)既於 N. C. 或 S. C. 時間觀測北極星後，將望遠鏡低下，立槓及釘均照(1)法，此定點與經緯儀站聯成之線，即為真南北線也。

(III)在任何時間

(1)立定經緯儀並照準北極星，確記觀測之本地時，時間愈近東西延位，北極星移動愈慢，結果愈佳。

(2)照前二法數百呎外，立一木槓及釘子。

(3)隨後可以計算此線之方位角，按觀測之年，月，日，時間及緯度，次日將計算方位角旋轉之，以求真南北線。

如觀測之時間，在東西延位時，前後一小時內，其方位角之計算，可以東西延位時間之方位角，加以改正數 $C = K^2 t$ ； $C =$ 為改正數之秒數，由東西延位時間之方位角減去即

得； t = 在東西延位前或後之分數時間； K = 一常數，與緯度有關。

在 30° 緯度， $K = 0.052$

在 40° 緯度， $K = 0.058$

在 50° 緯度， $K = 0.069$

§29—4 方法之比較

(a) 東西延位時

觀測北極星之正當時爲已知者，星無東西移動時，可以有充足時間，作二回視測，且無繁瑣計算；其不利處，只在東西延位時間，常不便於觀測。如在日間，如儀器誤差業經改正，視測可用二測回法，則其度角誤差，不逾一分，常較小於 30 秒。

(b) 南北經子午線時

此時星之移動（東西方向）似甚迅速，兩分鐘之誤差幾等於一分之角度，故觀察時間，必準且速，此法不能用二測回法，其誤差限尋常不至多過一分之角度。

(c) 任何時間觀測

此法具二法之不利點，且包含多數計算，故如前二法，俱不能實用時，則只得用此法。

§29—5 真南北線之草定法

如無經緯儀可用，則按(a)(b)二法可以草測如下：

懸一長垂線，在一平板上立一照準板，中有一絲可以觀望，前立一鉛直線（約五十公尺遠），再將照準板與垂線球之視線左右移動，使

與星之位置在一直線上，待至東西延位或南北經子午線時，即行停止移動。如是所得之視線，即用木槓標記之，但較短而欠精確耳。若為羅針測量之用，此法所立之子午線亦堪應用也。

例如垂線球之線距照準板為五十尺，倘視差及打槓有 0.2 呎之誤差，則角度誤差等於 14 分。茲將普通視線誤差影響於角度差，及角度差之影響於橫向差及與距離之關係列表於下：

視線長 (呎)	因一時 (0.08 呎 之視差而生之角度差	因角度一分誤差而生之橫向差
100	3 min.	0.03 呎或 $\frac{3}{8}$ 吋
300	1 min.	0.09 呎或 1 吋
500	$\frac{1}{2}$ min. 或 30 sec.	0.15 呎或 $1\frac{7}{8}$ 吋
1000	$\frac{1}{4}$ min. 或 15 sec.	0.30 呎或 $3\frac{5}{8}$ 吋
1500	$\frac{1}{6}$ min. 或 10 sec.	0.45 呎或 $5\frac{3}{8}$ 吋
5000	$\frac{1}{20}$ min. 或 3 sec.	1.50 呎或 18 吋

§29—6 測定磁偏角法

(1) 用前二法測定一南北線。

(2) 將游尺對零，後視南北線上，再鬆上盤。量此線與磁針方向線

所成之角度，游尺所指數，即為磁偏角。

另法：如北極星之方位角既經測定，不必重定一南北線，再量磁偏角，可直接由觀測北極星時之線量起，直至磁針與磁盤上之零點相合為止。例如在東延位時，曾立一線，觀測時日之方位角為 $1^{\circ} 34'$ ，將游尺對零後視此線，再移動上盤，直至磁針正對磁針盤之零為止，讀游尺數為 $12^{\circ} 10'$ 。如偏倚角為西，則其角度必為 $12^{\circ} 10' - 1^{\circ} 34' = 10^{\circ} 36'$ 西（磁偏角）；如偏倚角為東，則必為 $12^{\circ} 10' + 1^{\circ} 34' = 13^{\circ} 44'$ 東也。

第十二編 實習指導

第三十章 測量實習指導

測量實習須知

測量儀器之發給學生實習，學生須負保護之責，如有損壞遺失，須賠償及修理，下列各款希特注意。

- (一)不可置儀器於任何處所，而不看護。
- (二)不可倚儀器於牆樹等物，須固定其足架。
- (三)不可使器具潮溼生銹，用畢後應拭乾。
- (四)不可將鋼尺與測鏈等任意拋擲。
- (五)不可毀壞垂線球之尖端。
- (六)不可負儀器於肩上，在未出門前，須置於臂下。
- (七)不可將螺旋旋轉太緊。
- (八)不可用切線螺旋於極端。
- (九)用完儀器時須審視下列各項：
 1. 儀器平正否
 2. 磁針升高否
 3. 物鏡返於原位否

4. 垂線球之線已捲起否

5. 遮蓋及零件失落否

- (一〇)不可任意拋置各種器具。
- (一一)不可用任何布、紙拭鏡，須用毛刷。
- (一二)不可置儀器於光滑地面，而不看護。
- (一三)不可隨便拉緊鋼尺，須審視有無結圈。
- (一四)不可使車輛越過鋼尺。

記錄測量手簿須知

- (一)測量手簿須用堅固耐久之封面及紙張。
- (二)須用硬鉛筆，如3H記錄之，須用楷書，不可潦草。
- (三)手簿表面，須書明組名、姓名。
- (四)每次實習之記錄，須載明習題、地點、日期、天氣、人名、器具數目，并註明頁數於右上角。
- (五)測量進行時，即須記錄於手簿上，不可另用紙條記載，再行贖寫。
- (六)記錄者，須於錄完數目後，再行誦報於測量者，如有錯誤，立即改正。
- (七)草圖尤宜描繪清楚。
- (八)手簿於每次實習完後，由記錄者簽名，即行交進，不得遲延。
- (九)於手簿前面數頁，留作索引，載明習題及頁數等，以便稽查。

—測量實習—

實習(一) 平面上量距離器具: 100 呎鋼尺一卷或二十、三十公尺鋼尺

標桿 三根

測針 十一支一套(附鐵環)

垂線球 二個

斧 一把

木椿 二個

說明:立二木椿於地上,其距離須在五百呎以上一千呎以內,由此木椿至彼椿往返量度,至少須四次,而求其平均值,每次須拉緊鋼尺。再於二椿間步行十次,記其步數,而求每步之平均長度。

記錄式:1. 用鋼尺

次 數	測 線 方 向	距 離	平 均 長
1	A B	510.88 呎	5 0.83 呎
2	B A	510.79 呎	
3	B A	510.78 呎	
4	B A	510.87 呎	

2. 步行

次數	步 數	平均步數	全 長	每步平均長
1	205.65	206.00	510.83 呎	2.48 呎
2	206.55			
3	206.00			
4	204.50			
5	206.80			
⋮	⋮			
⋮	⋮			
⋮	⋮			
⋮	⋮			
⋮	⋮			
⋮	⋮			
10	⋮			

實習(二) 坡度上量水平距離

器具: 如實習(一)

說明: 量法如前。只要將鋼尺、手持水平, 以垂線球傳到地上點, 如坡度太大時, 可以用短距離不滿一全尺者, 分段量之。

記錄式：

次數	測線方向	分 段	距 離	總 長	平均總長
1	A—B	Aa	37.00 呎		190.90'
		ab	38.00 呎		
2	B—A	Bz	20.00 呎		190.53'
		zy	21.00 呎		
3	A—B	Aa'	41.00 呎		190.77'
		a'b'	42.00 呎		
4	B—A	Bz'	26.00 呎		190.81'
		z'y'	35.00 呎		

$$\text{最大差數(Maximum deviation)} = \frac{0.22}{190.75} = \frac{1}{867} = 0.115\%$$

實習(三) 用鋼尺測角度

器具：一鋼尺、一副測針、三根標竿。

說明：在一個任何三角形中，如用鋼尺先在其兩邊各量 50' 及 100'，次量其弦長為若干呎，用公式 $C = 2 \sin \frac{A}{2} \times R$ ，計算其角度至分位。

記錄式：

角 Angle	d	a	$\frac{a}{2d}$	角度半數	角 度	三角之和
A	50' 100'	44.09' 88.34'	0.4409 0.4417	26°10' 26 13'	52°23'	
B	50' 100'	74.61 149.34	0.7461 0.7467	48 15' 48 18'	96 33'	
C	50' 100'	26.90 53.58	0.2690 0.279	15 33' 15 32'	31°05'	180°01'

實習(四) 量有障礙物之距離

器具：一 20 m. 或 30 m. 鋼尺、一副測針、三標竿、一把斧、二垂綫球。

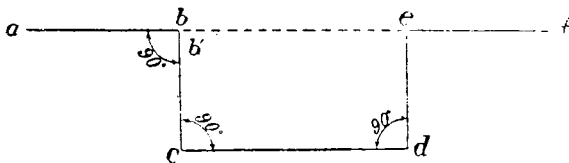


圖 132.

說明：於地上立二木椿，a 及 f，於 b, c, d, 立 90° 之角，bc 須等於 de，乃由 fe 線向後延長，量 e—b' 線，其長等於 c—d，於是觀 b' 點與 b 點是否適合，並求其差誤，可繪一圖如上。

記錄式：

邊	有障礙物量距	無障礙物量距
A B	128.69 呎	129.55 呎
B C	196.79 呎	193.07 呎
C A	248.21 呎	243.44 呎

實習(五) 羅針儀測多邊形

器具：羅針儀一具(附三足架)、一副測針、一鋼尺、四根標竿、一口袋、四木槓及小釘、斧一把。

站 點	測 線	磁針方向角	內 角	計算方向角	距 離
A	A D	N 10° 15' W	120° 30'	N 10° 15' W	120.93'
	A B	S 49° 15' W		S 49° 15' W	
B	B A	N 48° 30' E	67° 45'	N 49° 15' E	142.11'
	B C	N 19° 15' W		N 18° 30' W	
C	C B	S 8° 30' E	91° 15'	S 8° 30' E	124.98'
	C D	N 70° 15' E		N 70° 15' E	
D	D C	S 70° 15' W	81° 30'	S 70° 15' W	99.29'
	DA	S 10° 15' E		S 10° 15' E	
總和 = 360° 00'					

實習(六)

(甲)水準儀及水平尺之用法

器具: 水準儀一具(附三足架)、視標水平尺二枝、木樁二個、小斧一把。

說明: 於山坡立二木樁, 高程相差約二三公尺, 司水準儀者安平水準儀, 約距二木樁各五六十公尺之處, 并須能看見二樁上之尺爲宜。司水平尺者, 先立尺於高處木樁上, 依司水準儀者之號誌, 安置視標, 讀記其尺數於記錄簿之首行, 次立水平尺於低處之木樁上, 依前法而載其尺數於次行。首次二行相斲之數, 卽此二木樁之高程差, 記載於第三行。於是司儀器者, 移動三足架, 重行安平, 依前法再求其高程差 繼續至四次而求其平均值, 更以平均值與各觀測值之差數, 依其正負號載入末二行。

記錄式:

A 點之讀數	B 點之讀數	高 程 差	差 數 (+)	差 數 (-)
2.34	11.678	9.544	0.2)	
2.078	11.660	9.582		0.018
		4 平均=9.564	總 共 =	總 共 =

實習(六)

(乙)測定二點之高程差

器具:水準儀一具(附三足架)、觚標水平尺二枝、木樁五六個、小斧一把。

說明:安置水準儀於適當之處,先測視第一定點上水平尺,記其讀數,須用觚標之游尺讀至千分數,乃由司尺者,選倒鏡點(T. P.),使其距水準儀之距離約相等,並須選堅實之處,立尺其上,由司儀器者測視此尺之尺數,為前視數,如是前進以達第二定點。所當注意者:水準儀上水準氣泡必居中央,然後讀數;且水平尺須鉛直,每於固定觚標後,再立尺於該點,以資校對,並再審視氣泡,乃錄其數。

記錄式:

測 點	後 視 數	儀 器 高 度	前 視 數	測 點 高 程	附 註
(標點) B.M. 1	6.629	106.629		100.00 公尺	在某石階上
T.P. 1	4.833	108.026	3.436	103.193	
T.P. 2	0.669	102.183	6.512	101.514	
T.P. 3	1.170	92.574	10.779	91.404	
T.P. 4	1.636	84.346	9.864	82.710	
(標點) B.M. 2			11.417	72.929	在石階上
	14.937		42.008 12.937 <hr/> 27.071	100.900 72.929 <hr/> 27.071	

實習(七) 測縱截面

器具: 水準儀一具(附三足架)、水平尺(自讀)二具、100呎或 20公尺鋼尺一具、木椿、斧等。

說明: 於曠野選擇長距離之道路中線, 每距 20 公尺或 100 呎立一木椿, 測法與實習六同, 惟記錄式中前視數行內分中站及轉鏡點二行, 以便校對, 且水準儀一次安平後, 可前視數個中站。

縱截面測完之後, 再用實習六(乙)法校對其首末二點之高程差, 每次測完時, 須設立標點(B. M.)

記錄式:

測 點	後 視	儀器高度	前 中站	視 轉鏡點	測點高程	附 註
B.M. 1	3.00	103.00			100.00	在石壁上
0+00			2.00		101.00	
1+00			2.50		100.50	
2+00			3.50		99.00	
3+00			4.00		99.00	
T.P. 1	2.40	100.70		4.70	98.30	
4+00			9.00		91.70	
5+00			10.20		90.50	
B.M. 2				11.30	89.40	
	5.40			16.00	100.00	
				-5.40	89.40	
				10.60	100.00	

實習(八)(甲)經緯儀測地平角

器具:經緯儀一具(附三足架)、標竿二、斧一、木樁五個、釘五六個、100呎鋼尺一個。

說明:任意於曠地立四木樁 A, B, C, D 成不規則之四邊形,每邊長約二百呎,於中央立一木樁 O,安置經緯儀於 O 上,依次測 AOB, BOC, COD, 及 DOA 各角度,均須自左至右量角。

記錄式:

地 平 角	度 數	測 線	距 離	磁針方向角
AOB	95° 21'	OA	—	
BOC	71° 46'	OB	—	
COD	89° 37'	OC	—	
DOA	103° 0'	OD	—	
總 共	360° 01'			
差 誤	0° 01'			

實習(八)(乙)用重測法測量多邊形之各內角

器具：經緯儀一具、標桿二枝、100 呎或 20 公尺鋼尺一盤、測針一副。

說明：於曠地立 A, B, C, D 四樁成四邊形，每邊長不得少於三百呎。安置經緯儀於 A 上，置游尺於零上，用下盤後視 D 點，用上盤前視 B 點，得 DAB 角度。勿移動游尺，將望遠鏡倒鏡，再用下盤後視 D 點，用上盤前視 B 點，以二除游尺示標所指之數，即得 DAB 角度。依同法測 AEC, BCD, 及 CDA 角，用鋼尺量各邊之距離。

記錄式：

站名	望遠鏡位置	游尺所示數			角 度	距 離	磁針方位
		A	B	平均			
A	D	0° 00'	80° 00'	60'		177.58	
	B	N → 1	77° 05'	257° 05'	05'		
		R → 2	154° 10'	334° 10'	10'	77° 05'	
B	A					163.59	
	C	N → 1					
		N → 2					
					總數 = 360° 0'		

實習(九) 用方位角第一法測導線器具: 如實習(八)

說明: 立木樁成一多邊形, 包含所欲測之地面, 安平經緯儀於第一點上, 置游尺於零度上, 望遠鏡正對磁針南方, 固定下盤, 放鬆上盤, 前視第二點, 記其游尺所指之方位角, 並讀磁針方向角以校對之。次安置經緯儀於第二點, 勿動其前方方位角讀數, 倒置望遠鏡, 後視第一點, 固定下盤, 放鬆上盤, 正置望遠鏡, 前視第三點, 記錄(2→3)之方位角, 計算其方向角, 並證以磁針方向角。依法測其他線, 並用鋼尺量其距離。

記錄式:

站 點		方 位 角	距 離	磁 針 方 向 角	計 算 方 向 角	內 角
不 在	視 點					
A	South	0° 0' 0"				
	B	101° 19'	175.5)	N 78° 40' W	N 78° 41' W	
B	A	101° 19'				
	C	188° 28'	246.38	N 8° 28' E	N 8° 28' E	92° 51'

實習(一〇) 用方位角第二法測導線器具: 同實習(九)

說明: 測量程序同實習(九), 惟所有方位角測角時, 不用倒鏡後視, 到第二點後, 須將游尺之示標正對前線之方位角, 加

180° 後視第一點，藉以定位，但望遠鏡仍為正置。後視完畢，用上盤轉視第三點，所讀角度，即為 2—3 線之方位角也。

記錄式：同實習(九)

實習(一一) 測量導線用轉偏角法或折角法

器具：一經緯儀、一 100 呎之鋼尺、二垂線球 一副測針、二標桿、一把斧及木椿釘等。

說明：立木椿成多邊形，包含所欲測之地面，成為道路之中線，安平經緯儀於測點上，置游尺於 0 度，用下盤後視後視點，乃倒置望遠鏡，用上盤前視前測點，游尺示標所指之數，即轉偏角之度數，並須記其方向之左右。

記錄式：

不在	視點	轉 偏 角 (Deflection angle)	距 離	磁針方向角	計算方向角	內 角
A	B	12° 15' 右	561.31'	N. 5 E		
B	C					
					總 數 (Sum)	=

實習(一二) 定物體之位置

器具：一架經緯儀、二鋼尺、二垂線球、一副測針、椿、釘、斧等。

說明：於前實習所測之導線，用角度及距離法，定其鄰近之房屋等物，須詳盡無遺，時或設副導線以助之，其角度須後視於前測點，並須繪具草圖於右頁上，載其角度及距離。

記錄式：

測 角	度 數	測 線	距 離	附 註
AB 1	60° 20'	B - 1	31.5'	
AB 2	82° 30'	B—2	45.6'	

實習(一三) 用鋼尺定物體之位置

器具：2—鋼尺、3—標桿、11—測針、2—垂線球。

說明：於前實習設立之測點，依各法將附近各物體次第測定，應於右頁上，繪具詳細草圖，備載各線之距離。

實習(一四) 改正導線及計算面積

器具：對數表。

說明：將前實習測得之測線、方位角、及距離列入如下表之首三行，計算經緯距時，先書 \log . 距離，次書 $\log \sin$ 方向角於下， $\log \cos$ 方向角於上，上二對數相加，則得 \log . 緯距，下二對數相加，則得 \log . 經距。於是檢得經緯距之數，依正負號載入四五及六七行，求經緯距之差誤及閉塞差，其差誤數依經緯儀法分配之，用改正後之經緯距依倍子午距去計算其面積。

測 線	方 位 角	距 離	緯 距		經 距		改正數		倍 子 午 距	倍 面 積	
			N (+)	S (-)	E (+)	W (-)	緯 距	經 距		正	負
A—B	12° 35'	868.36'	847.50		189.18		+847.60	+189.21	189.21	160374.3	
B—C											
			緯距差誤 = ? 周界共差 = ? 閉環差 = ?		經距差誤 = ?						

實習(一五): 測不可近點之高度

器具: 經緯儀、水平尺、100' 鋼尺、斧各 1, 垂線 2、測針 4、及
樁、釘等。

說明: 立一基線 AB 於空曠地上, AB 兩點須能望及遠處高塔頂。先置經緯儀於 A 點, 安平望遠鏡, 後視標點, 而得在 A 點儀器高度, 前視 B 點, 得 AB 兩點之高度差。次測地平角 S'AB 及仰視角 SAS', 望遠鏡須正倒測之, 以求其平均數。依同法置經緯儀於 B 點, 以定儀器高度及測地平角 S'BA 及俯視角 SBS'。

記錄式:

不 在	觀 點	測 尺	距 離	點 直 角			高 度
				正	倒	平均	
A	標 點			3.753			
儀器高 = 4.21	B	0' 00'	20)	5.553			
	高塔頂	48' 24'	?	21' 52'	21' 53'	21' 52.5'	?
B	A	0' 00'	20)	3.06)			
儀器高 = 4.50	高塔頂	59' 40'	?	16' 18'	16' 20'	16' 19'	?

計算: 於三角形 AS'B, 已知 A 及 B 角計算 AS' 及 BS' 之長, 於直角三角形 SAS' 內, 計算 $SS' = AS' \tan V_1$, 再加水平尺在標點之數, 即塔頂高出標點之數, 並於 BS' 直角三角形內, 計算 $SS' = BS' \tan V_2$ 以校對之。

實習(一六) 求經緯儀視距常數

器具: 1—經緯儀, 1—水平尺, 1—100' 鋼尺, 及斧、椿、釘等。

說明: 於曠地量 500 公尺直線, 每百尺立一椿, 復於起點量 $(F+C)$ 之距離立一木椿, 安平經緯儀於上。 $(F+C)$ 數之求法, 將望遠鏡向極遠之物測視, 使十字線及物影均明瞭清晰。用尺量自物鏡至十字線長, 是為 F , 再用望遠鏡向 200 至 1000 尺距離之物測視, 自物鏡至中軸之長是為 C 。司尺者立尺於每百尺之木椿上, 司經緯儀者, 測視二視距線所含之尺數及其上下線與中線之半數。在一椿上須測視數次, 並須行之數日, 計其常數 $(\frac{F}{i})$ 而求其平均值。

記錄式:

距 離	視 距 數			$\frac{F}{i} = \frac{\text{距離}}{\text{尺數}}$			附 註
	全 數	上 半 數	下 半 數	全 數	上 半 數	下 半 數	
100	1.00	0.5	0.499	100	200	200	$F = ?$ $C = ?$ $F + C = ?$

實習(一七) 視距測導線

器具: 經緯儀、視距尺、斧各一、及椿、釘等。

說明: 立木椿成多邊形, 包含欲測之地, 其角度之測法與前方位角第一法同, 惟距離不用尺量, 而用視距。其前後視距數須互相校對, 求其平均值, 須記載鉛直角, 以改正視距離。其鉛直角之測法, 須先量望遠鏡軸高之尺數, 立尺於

測點上，當望遠鏡中橫線正壓在該數上時，記其鉛直角度數，以平均視距數及鉛直角，以計算地平距離及高度差。

記錄式：

不在	視點	方位角	視距尺數			視距數	鉛直角	地平距離	高度差	測點高度	磁針方向
			下線	中線	上線						
A	標點	= 70.00			後視 = 3.0	儀器高	4.0			69.0	
B	B	95° 15'	1.75	4.0	6.25	4.50	+12° 15'	?	?	?	S 85° E
B	A										
	C										

實習(一八) 測等高線法

器具：經緯儀、視距尺、斧各一、及椿、釘等。

說明：安經緯儀於前設立之測點，安平望遠鏡，後視隣近標點得儀器高度，乃結紅繩於尺上，應使水平視線壓紅繩時，尺之下端為等高線上之點，並用方位角及視距數以定其位置。

記錄式：

不在	視點	方位角	地平距離	高度	磁針方向	附註
A	P	123° 15'	156.15	105	S 57° E	儀器高度 = 109.4
	1	142° 30'	176.4	100		
	2					

實習(一九) 測等高線用鉛直角法

器具: 經緯儀、視距尺、鋼尺、斧、椿等。

說明: 安經緯儀於前設立之測點, 用方位角以定各點方向, 以視距距離及鉛直角計算高度差及地平距離, 司尺者須選擇各點在斜坡改變處。

記錄式:

不在	視點	方位角	斜距離	鉛直角	地平距離	高度差	附註
A	B	5° 15'					0.4
	1	26° 15'	121.5	-1° 30'	119.4	-15.7	33.3
	2						

實習(二〇) 視距水平測量

器具: 經緯儀、視距尺、100' 鋼尺各一、及椿、釘等。

說明: 於斜坡處立 A, B, C, D, E 椿在一直線上, 每椿相距一百呎, 安經緯儀於 A 點上, 測各椿之高度。

記錄式:

不在	視點	距離	鉛直角	高度差	測點高度	附註
A	B	100	?	?		儀器高 = 4.5 A點高度 = ?

實習(二一) 平板儀測地形

器具: 平板儀、視距尺、鋼尺、斧、木椿、圖紙、三角板、比例尺等。

說明:於曠野立木樁成多邊形,包含欲測之地面,其導線之測法,完全與前實習相同,惟須直接繪就,並以交線法覆驗之,至於地面所有物體及等高線,須同時測繪之,用輻射線或交線法測定之。

實習:(二二) 三點題

器具:平板儀、標桿、斧、樁等。

說明:於曠地立三木樁, A, B, C, 將三點先繪於圖上,安平儀於一點 P, 須能望見三樁爲要, 乃用李門氏 (Lehmann) 法求 P 點在圖上(P)之位置, 並用白塞爾 (Bessel) 法覆驗之。

測量學習題

- 第一題 如用一百呎之鋼尺量得甲乙間兩點距離爲 796.4 呎, 但此鋼尺比較標準尺長 0.27 呎, 問甲乙距離實長若干呎?
- 第二題 二人用一百呎長鋼尺由上山往山下量水平距離, 前鏈者每執尺端太低三呎, 求每全尺之真水平距離。
- 第三題 有一鋼尺, 當在華氏表 68° , 全體支柱受十二磅拉力時, 其長恰爲一百呎, 如此尺之線脹係數每華氏一度爲 0.0000064, 又當溫度爲華氏零度下 8° 時, 曾用此尺量一距離得 142.67 呎, 問此距離之真長爲若干呎?
- 第四題 舉例以明有定誤差與偶然誤差之區別, 並述明差異與

剩餘之定義。

第五題 如 AB 線之方向為 N 60° E, ABC 角度為 80° (+), 試求 BC 線之方向, 並繪圖以明之。

第六題 計算以下各角, 當各線之磁針方向角讀如下表時:

$\angle AOB$, $\angle COD$, $\angle EOF$, $\angle GOH$.

- (a) OA = N 39 $\frac{1}{4}$ ° E (c) OE = N 15° E
 OB = N 76 $\frac{3}{4}$ ° E OF = S 36° E
 (b) OC = N 35° 15' E (d) OG = N 40° 15' E
 OD = S 88° 00' W OH = N 66° 45' W

第七題 有一不論距離水準測量手簿, 其結果如下表, 求 AB 兩點間之高程差, 並問何點為高?

點	後 視 數	前 視 數
A	8.160'	
倒 鏡 點	7.901	2.404
„	9.446	3.070
„	8.005	6.906
B		2.107

第八題 何謂倒鏡點、縱截面圖? 何以校對水準手簿? 舉例以明之。

第九題 設如整理一定鏡水準儀, 其測望所得之數如下:

儀器在 A 旁 桿在 B 點所得數 = $b = 5.439$

桿在 A 點所得數 = $a = 4.184$.

儀器在 B 旁 桿在 B 點所得數 $=c=5.298$.

桿在 A 點所得數 $=d=4.297$.

問此儀器視線斜向上抑斜向下? 所斜之數若干? 並問視線成水平時, 應讀得 A 點桿上之讀數若干? 且應改正水準氣泡, 抑改正十字線?

- 第一〇題 問三哩之距離, 曲面(地球)之差誤數爲若干? 折光之差誤數若干? 兩者合計, 其差誤數又若干?
- 第一一題 設如置水準儀於平地上測望 A 點, 得後視爲 8.266, 知 A 點距儀器 100 呎, 又測望 B 點, 得前視爲 6.405, B 點距儀器 600 呎, 問曲面及折光之改正數若干?
- 第一二題 設如經緯儀之分度圈分至 30 分, 今欲造一游尺能讀三十秒之數者, 問游尺分度之法若何?
- 第一三題 設如有一經緯儀, 其分度圈分至十分, 以分度圈上五十九份之弧長, 作爲游尺上六十分之弧長, 問此游尺可讀至何位數?
- 第一四題 設如有一輪船, 向南駕駛, 在船上測得一燈塔之方位角爲 $S 214^\circ$, 俟船行過三哩時, 再測得燈塔之方位角爲 $S 203^\circ$, 問輪船兩次測量角度時, 各與燈塔距離若干?
- 第一五題 設如測量一地, 其各邊界之方向角, 及長度如下表, 惟缺一邊, 試求其方向、距離、及面積, 並繪圖以

明之。

點	方 向 角	距 離	經 距	緯 距
1	S 40° W	1750 N		
2	N 45° W	2250		
3	N 36° 15' E	3125		
4	N (正北)	1350		
5	()	()		
6	S 8° 30' W	3125		
7	Due W(正西)	3259		

第一六題 下列手簿中，為觀測折角之結果：

站 名	折 角		方 向 角	方位角由(S)	內 角
	L	R			
B	87° 30'		BC =		
C	91° 09'		CD =		
D		91° 30'	DE =		
E	92° 00'		EF =		
F	95° 17'		FA =		
A	85° 34'		AB 正北		

繪圖並計算各線之方向角、方位角、及各頂內角。

第一七題 下列手簿格式，詳載一迴歸導線 ABCDA 之方向角及距離，及經距緯距：

線	方向角	距 離	緯 距		經 距	
			北	南	東	西
A B	S 68° 10' E	538.3 呎		200.2	499.7	
B C	N 39° 56' E	234.9 呎	180.1		150.8	
C D	N 57° 11' W	357.7 呎	194.9			300.0
D A	S 63° 27' W	391.5 呎		175.0		350.2

試求其迴歸誤差並校正之。

第一八題 用一水準儀測看距離三百呎遠之水平標尺，第一讀數為 6.323，第二次將水準氣泡移動五分格，隨後再讀標尺，讀數為 6.589。(a) 試求此水準氣泡之精度(即一分格等於角度移動之秒數)；(b) 如一分格之長為 $\frac{1}{10}$ 吋，試求此水準氣泡之球面半徑。

第一九題 (a) 將下列表格內之空格填算之：

已知方向角	角 度	角 距	所求方向角
AB = N 30° W	ABC = 50° R		BC =
BC = S 50° E	BCD = 30° R		CD =
CD = N 30° E	DCB = 200° R		CB =
AB = N 30° W	ABC = 50° R		∠CB =

(b) 如一線 AB 之方向角，為 N 60° W，求其四個角距之值及符號。

表 三 〇 視 距 表

分 數	0°		1°		2°		3°	
	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差
0'	100.00	.00	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23
2		.06	,,	1.80	99.87	3.55	99.72	5.28
4		.12	,,	1.86	,,	3.60	99.71	5.34
6		.17	99.96	1.92	,,	3.66	,,	5.40
8	,,	.23	,,	1.98	99.86	3.72	99.70	5.46
10	,,	.29	,,	2.04	,,	3.78	99.69	5.52
12	,,	.35	,,	2.09	99.85	3.84	,,	5.57
14	,,	.41	99.95	2.15	,,	3.90	99.68	5.63
16	,,	.47	,,	2.21	99.84	3.95	,,	5.69
18	,,	.52	,,	2.27	,,	4.01	99.67	5.75
20	,,	.58	,,	2.33	99.83	4.07	99.66	5.80
22	,,	.64	99.94	2.38	,,	4.13	,,	5.86
24	,,	.70	,,	2.44	99.82	4.18	99.65	5.92
26	99.99	.76	,,	2.50	,,	4.24	99.64	5.98
28	,,	.81	99.93	2.56	99.81	4.30	99.63	6.04
30	,,	.87	,,	2.62	,,	4.36	,,	6.09
32	,,	.93	,,	2.67	99.80	4.42	99.62	6.15
34	,,	.99	,,	2.73	,,	4.48	,,	6.21
36	,,	1.05	99.92	2.79	99.79	4.53	99.61	6.27
38	,,	1.11	,,	2.85	,,	4.59	99.60	6.33
40	,,	1.16	,,	2.91	99.78	4.65	99.59	6.38
42		1.22	99.91	2.97	,,	4.71	,,	6.44
44	99.98	1.28	,,	3.02	99.77	4.76	99.58	6.50
46	,,	1.34	99.90	3.08	,,	4.82	99.57	6.56
48	,,	1.40	,,	3.14	99.76	4.88	99.56	6.61
50	,,	1.45	,,	3.20	,,	4.94	,,	6.67
52	,,	1.51	99.89	3.26	99.75	4.99	99.55	6.73
54	,,	1.57	,,	3.31	99.74	5.05	99.54	6.78
56	99.97	1.63	,,	3.37	,,	5.11	99.53	6.84
58	,,	1.69	99.88	3.43	99.73	5.17	99.52	6.90
60	,,	1.74	,,	3.49	,,	5.23	99.51	6.96
F+C= .75	.75	.01	.75	.02	.75	.03	.75	.05
F+C= 1.00	1.00	.01	1.00	.03	1.00	.04	1.00	.05
F+C= 1.25	1.25	.02	1.25	.03	1.25	.05	1.25	.08

表三〇 視 距 表

分 數	4°		5°		6°		7°	
	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差
0'	99.51	6.96	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10
2	.	7.01	99.23	8.74	98.90	10.45	98.50	12.15
4	99.50	7.07	99.22	8.80	98.88	10.51	98.48	12.21
6	99.49	7.13	99.21	8.85	98.87	10.57	98.47	12.26
8	99.48	7.19	99.20	8.91	98.86	10.62	98.46	12.32
10	99.47	7.25	99.19	8.97	98.85	10.68	98.44	12.38
12	99.46	7.30	99.18	9.03	98.83	10.74	98.43	12.43
14	.	7.36	99.17	9.08	98.82	10.79	98.41	12.49
16	99.45	7.42	99.16	9.14	98.81	10.85	98.40	12.55
18	99.44	7.48	99.15	9.20	98.80	10.91	98.39	12.60
20	99.43	7.53	99.14	9.25	98.78	10.96	98.37	12.66
22	99.42	7.59	99.13	9.31	98.77	11.02	98.36	12.72
24	99.41	7.65	99.11	9.37	98.76	11.08	98.34	12.77
26	99.40	7.71	99.10	9.43	98.74	11.13	98.33	12.83
28	99.39	7.76	99.09	9.48	98.73	11.19	98.31	12.88
30	99.38	7.82	99.08	9.54	98.72	11.25	98.29	12.94
32	99.38	7.88	99.07	9.60	98.71	11.30	98.28	13.00
34	99.37	7.94	99.06	9.65	98.69	11.36	98.27	13.05
36	99.36	7.99	99.05	9.71	98.68	11.42	98.25	13.11
38	99.35	8.05	99.04	9.77	98.67	11.47	98.24	13.17
40	99.34	8.11	99.03	9.83	98.65	11.53	98.22	13.22
42	99.33	8.17	99.01	9.88	98.64	11.59	98.20	13.28
44	99.32	8.22	99.00	9.94	98.63	11.64	98.19	13.33
46	99.31	8.28	98.99	10.00	98.61	11.70	98.17	13.39
48	99.30	8.34	98.98	10.05	98.60	11.76	98.14	13.45
50	99.29	8.40	98.97	10.11	98.58	11.81	98.16	13.50
52	99.28	8.45	98.96	10.17	98.57	11.87	98.13	13.56
54	99.27	8.51	98.94	10.22	98.56	11.93	98.11	13.61
56	99.26	8.57	98.93	10.28	98.54	11.98	98.10	13.67
58	99.25	8.63	98.92	10.34	98.53	12.04	98.08	13.73
60	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10	98.06	13.78
F+C= .75	.75	.06	.75	.07	.75	.08	.74	.10
F+C= 1.00	1.00	.08	.99	.09	.99	.11	.99	.13
F+C= 1.25	1.25	.10	1.24	.11	1.24	.14	1.24	.16

表 三 〇 視 距 表

分 數	8°		9°		10°		11°	
	地平距離	高度差	地平距離	高度差	地平距離	高度差	地平距離	高度差
0'	98.06	13.78	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73
2	98.05	13.84	97.53	15.51	96.96	17.16	96.34	18.78
4	98.03	13.89	97.52	15.56	96.94	17.2	96.32	18.84
6	98.01	13.95	97.50	15.62	96.92	17.26	96.29	18.89
8	98.00	14.01	97.48	15.67	96.90	17.32	96.27	18.95
10	97.98	14.06	97.46	15.73	96.88	17.37	96.25	19.00
12	97.97	14.12	97.44	15.78	96.86	17.43	96.23	19.05
14	97.95	14.17	97.43	15.84	96.84	17.48	96.21	19.11
16	97.93	14.23	97.41	15.89	96.82	17.54	96.18	19.16
18	97.92	14.28	97.39	15.95	96.80	17.59	96.16	19.21
20	97.90	14.34	97.37	16.00	96.78	17.65	96.14	19.27
22	97.88	14.40	97.35	16.06	96.76	17.70	96.12	19.32
24	97.87	14.45	97.33	16.11	96.74	17.76	96.09	19.38
26	97.85	14.51	97.31	16.17	96.72	17.81	96.07	19.43
28	97.83	14.56	97.29	16.22	96.70	17.86	96.05	19.48
30	97.82	14.62	97.28	16.28	96.68	17.92	96.03	19.54
32	97.81	14.67	97.26	16.33	96.66	17.97	96.00	19.59
34	97.78	14.73	97.24	16.39	96.64	18.03	95.98	19.64
36	97.76	14.79	97.22	16.4	96.62	18.08	95.96	19.70
38	97.75	14.84	97.21	16.50	96.60	18.14	95.93	19.75
40	97.73	14.90	97.18	16.55	96.57	18.19	95.91	19.80
42	97.71	14.95	97.16	16.61	96.55	18.24	95.89	19.85
44	97.69	15.01	97.14	16.66	96.53	18.30	95.85	19.91
46	97.68	15.06	97.12	16.72	96.51	18.35	95.84	19.95
48	97.66	15.12	97.10	16.77	96.49	18.41	95.82	20.02
50	97.64	15.17	97.08	16.83	96.47	18.46	95.79	20.07
52	97.62	15.23	97.06	16.88	96.45	18.51	95.77	20.2
54	97.61	15.28	97.04	16.94	96.42	18.57	95.75	20.18
56	97.59	15.34	97.02	16.99	96.40	18.62	95.72	20.23
58	97.57	15.40	97.00	17.05	96.38	18.68	95.70	20.28
60	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73	95.68	20.34
$F+C=.75$	.74	.11	.74	.12	.74	.14	.73	.15
$F+C=1.00$	.99	.15	.99	.16	.98	.18	.98	.20
$F+C=1.25$	1.23	.18	1.23	.21	1.23	.23	1.22	.25

表三〇 視 距 表

分 數	12°		13°		14°		15°	
	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差
0'	95.68	20.34	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00
2	95.65	20.39	94.91	21.97	94.12	23.52	93.27	25.05
4	95.63	20.44	94.89	22.02	94.09	23.58	93.24	25.10
6	95.61	20.50	94.86	22.08	94.07	23.63	93.21	25.15
8	95.58	20.55	94.84	22.13	94.04	23.68	93.18	25.20
10	95.56	20.60	94.81	22.18	94.01	23.73	93.16	25.25
12	95.53	20.66	94.79	22.23	93.98	23.78	93.13	25.30
14	95.51	20.71	94.76	22.28	93.95	23.83	93.10	25.35
16	95.49	20.76	94.73	22.34	93.93	23.88	93.07	25.40
18	95.46	20.81	94.71	22.39	93.90	23.93	93.04	25.45
20	95.44	20.87	94.68	22.44	93.87	23.99	93.01	25.50
22	95.41	20.92	94.66	22.49	93.84	24.04	92.98	25.55
24	95.39	20.97	94.63	22.54	93.81	24.09	92.95	25.60
26	95.36	21.03	94.60	22.60	93.79	24.14	92.92	25.65
28	95.34	21.08	94.58	22.65	93.76	24.19	92.89	25.70
30	95.32	21.13	94.55	22.70	93.73	24.24	92.86	25.75
32	95.29	21.18	94.52	22.75	93.70	24.29	92.83	25.80
34	95.27	21.24	94.50	22.80	93.67	24.34	92.80	25.85
36	95.24	21.29	94.47	22.85	93.65	24.39	92.77	25.90
38	95.22	21.34	94.44	22.91	93.62	24.44	92.74	25.95
40	95.19	21.39	94.42	22.96	93.59	24.49	92.71	26.00
42	95.17	21.45	94.39	23.01	93.56	24.55	92.68	26.05
44	95.14	21.50	94.36	23.06	93.53	24.60	92.65	26.10
46	95.12	21.55	94.34	23.11	93.50	24.65	92.62	26.15
48	95.09	21.60	94.31	23.16	93.47	24.70	92.59	26.20
50	95.07	21.66	94.28	23.22	93.45	24.75	92.56	26.25
52	95.04	21.71	94.26	23.27	93.42	24.80	92.53	26.30
54	95.02	21.76	94.23	23.32	93.39	24.85	92.49	26.35
56	94.99	21.81	94.20	23.37	93.36	24.90	92.46	26.40
58	94.97	21.87	94.17	23.42	93.33	24.95	92.43	26.45
60	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00	92.40	26.50
F+C= .75	.73	.16	.73	.17	.73	.19	.72	.20
F+C= 1.00	.98	.22	.97	.23	.97	.25	.96	.27
F+C= 1.25	1.22	.27	1.21	.29	1.21	.31	1.20	.34

表 三 〇 視 距 表

分 數	16°		17°		18°		19°	
	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差
0'	92.40	26.50	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78
2	92.37	26.55	91.42	28.01	90.42	29.41	89.36	30.83
4	92.34	26.59	91.39	28.05	90.38	29.48	89.33	30.87
6	92.31	26.64	91.35	28.10	90.35	29.53	89.29	30.92
8	92.28	26.69	91.32	28.15	90.31	29.58	89.26	30.97
10	92.25	26.74	91.29	28.20	90.28	29.62	89.22	31.01
12	92.22	26.79	91.26	28.25	90.24	29.67	89.18	31.06
14	92.19	26.84	91.22	28.30	90.21	29.72	89.15	31.10
16	92.15	26.89	91.19	28.34	90.18	29.76	89.11	31.15
18	92.12	26.94	91.16	28.39	90.14	29.81	89.08	31.19
20	92.09	26.99	91.12	28.44	90.11	29.86	89.04	31.24
22	92.06	27.04	91.09	28.49	90.07	29.90	89.00	31.28
24	92.03	27.09	91.06	28.54	90.04	29.95	88.96	31.33
26	92.00	27.13	91.02	28.58	90.00	30.00	88.93	31.38
28	91.97	27.18	90.99	28.63	89.97	30.04	88.89	31.42
30	91.93	27.23	90.96	28.68	89.93	30.09	88.86	31.47
32	91.90	27.28	90.92	28.73	89.90	30.14	88.82	31.51
34	91.87	27.33	90.89	28.77	89.86	30.19	88.78	31.56
36	91.84	27.38	90.86	28.82	89.83	30.23	88.75	31.60
38	91.81	27.43	90.82	28.87	89.79	30.28	88.71	31.65
40	91.77	27.48	90.79	28.92	89.76	30.32	88.67	31.69
42	91.74	27.52	90.76	28.96	89.72	30.37	88.64	31.74
44	91.71	27.57	90.72	29.01	89.69	30.41	88.60	31.78
46	91.68	27.62	90.69	29.06	89.65	30.46	88.56	31.83
48	91.65	27.67	90.66	29.11	89.61	30.51	88.53	31.87
50	91.61	27.72	90.62	29.15	89.58	30.55	88.49	31.92
52	91.58	27.77	90.59	29.20	89.54	30.60	88.45	31.96
54	91.55	27.81	90.55	29.25	89.51	30.65	88.41	32.01
56	91.52	27.86	90.52	29.30	89.47	30.69	88.38	32.05
58	91.48	27.91	90.48	29.34	89.44	30.74	88.34	32.09
60	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78	88.30	32.14
$F+C= .75$	.72	.21	.72	.23	.71	.24	.71	.25
$F+C= 1.00$	.96	.28	.95	.30	.95	.32	.94	.33
$F+C= 1.25$	1.20	.36	1.19	.38	1.19	.40	1.18	.42

表三〇 視 距 表

分 數	20°		21°		22°		23°	
	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差
0'	88.30	32.14	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97
2	88.26	32.18	87.12	33.50	85.93	34.77	84.69	36.01
4	88.23	32.23	87.08	33.54	85.89	34.82	84.65	36.05
6	88.19	32.27	87.04	33.59	85.85	34.86	84.61	36.09
8	88.15	32.32	87.01	33.63	85.80	34.90	84.57	36.13
10	88.11	32.36	86.96	33.67	85.76	34.94	84.52	36.17
12	88.08	32.41	86.92	33.72	85.72	34.98	84.48	36.21
14	88.04	32.45	86.88	33.76	85.68	35.02	84.44	36.25
16	88.00	32.49	86.84	33.80	85.64	35.07	84.40	36.29
18	87.96	32.54	86.80	33.84	85.60	35.11	84.35	36.33
20	87.93	32.58	86.77	33.89	85.56	35.15	84.31	36.37
22	87.89	32.63	86.73	33.93	85.52	35.19	84.27	36.41
24	87.85	32.67	86.69	33.97	85.48	35.23	84.23	36.45
26	87.81	32.72	86.65	34.01	85.44	35.27	84.18	36.49
28	87.77	32.76	86.61	34.06	85.40	35.31	84.14	36.53
30	87.74	32.80	86.57	34.10	85.36	35.36	84.10	36.57
32	87.70	32.85	86.53	34.14	85.31	35.40	84.06	36.61
34	87.66	32.89	86.49	34.18	85.27	35.44	84.01	36.65
36	87.62	32.93	86.45	34.23	85.23	35.48	83.97	36.69
38	87.58	32.98	86.41	34.27	85.19	35.52	83.93	36.73
40	87.54	33.02	86.37	34.31	85.15	35.56	83.89	36.77
42	87.51	33.07	86.33	34.35	85.11	35.60	83.84	36.80
44	87.47	33.11	86.29	34.40	85.07	35.64	83.80	36.84
46	87.43	33.15	86.25	34.44	85.03	35.68	83.76	36.88
48	87.39	33.20	86.21	34.48	84.98	35.72	83.72	36.92
50	87.35	33.24	86.17	34.52	84.94	35.76	83.67	36.96
52	87.31	33.28	86.13	34.57	84.90	35.80	83.63	37.00
54	87.27	33.33	86.09	34.61	84.86	35.85	83.59	37.04
56	87.24	33.37	86.05	34.65	84.82	35.89	83.54	37.08
58	87.20	33.41	86.01	34.69	84.77	35.93	83.50	37.12
60	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97	83.46	37.16
$F+C=.75$	.70	.26	.70	.27	.69	.29	.69	.30
$F+C=1.00$	.94	.35	.93	.37	.92	.33	.92	.40
$F+C=1.25$	1.17	.44	1.16	.46	1.15	.48	1.15	.50

表 三 〇 視 距 表

分 數	24°		25°		26°		27°	
	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差	地 平 距 離	高 度 差
0'	83.46	37.16	82.14	38.31	80.78	39.40	79.39	40.45
2	83.41	37.21	82.09	38.34	80.74	39.44	79.34	40.49
4	83.38	37.23	82.05	38.38	80.69	39.47	79.31	40.52
6	83.33	37.27	82.01	38.41	80.65	39.51	79.27	40.55
8	83.28	37.31	81.96	38.45	80.60	39.54	79.24	40.59
10	83.24	37.35	81.92	38.49	80.55	39.58	79.19	40.62
12	83.20	37.39	81.87	38.53	80.51	39.61	79.15	40.66
14	83.15	37.43	81.83	38.56	80.46	39.66	79.11	40.69
16	83.11	37.47	81.78	38.60	80.41	39.69	79.07	40.72
18	83.07	37.51	81.74	38.64	80.37	39.72	79.03	40.76
20	83.02	37.54	81.69	38.67	80.32	39.76	78.99	40.79
22	82.98	37.58	81.65	38.71	80.28	39.79	78.95	40.82
24	82.93	37.62	81.60	38.75	80.23	39.83	78.91	40.86
26	82.89	37.66	81.55	38.78	80.18	39.86	78.87	40.89
28	82.85	37.71	81.51	38.82	80.14	39.90	78.83	40.92
30	82.80	37.74	81.47	38.86	80.09	39.93	78.79	40.96
32	82.76	37.77	81.42	38.89	80.04	39.97	78.75	40.99
34	82.72	37.81	81.38	38.93	80.00	40.00	78.71	41.02
36	82.67	37.85	81.33	38.97	79.95	40.04	78.67	41.06
38	82.63	37.89	81.28	39.01	79.91	40.07	78.63	41.09
40	82.58	37.93	81.24	39.04	79.86	40.11	78.59	41.12
42	82.54	37.96	81.19	39.08	79.81	40.14	78.55	41.16
44	82.49	38.00	81.15	39.11	79.76	40.18	78.51	41.19
46	82.45	38.04	81.10	39.15	79.72	40.21	78.47	41.22
48	82.41	38.08	81.06	39.18	79.67	40.24	78.43	41.26
50	82.36	38.11	81.01	39.22	79.62	40.28	78.39	41.29
52	82.32	38.15	80.97	39.26	79.58	40.31	78.35	41.32
54	82.27	38.19	80.92	39.29	79.53	40.35	78.31	41.35
56	82.23	38.23	80.87	39.33	79.48	40.38	78.27	41.39
58	82.18	38.26	80.83	39.36	79.44	40.42	78.23	41.42
60	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45	78.19	41.45
$F+C= .75$	.68	.31	.68	.32	.67	.33	.66	.34
$F+C= 1.00$	.91	.41	.91	.43	.89	.45	.89	.46
$F+C= 1.25$	1.14	.52	1.13	.54	1.12	.56	1.11	.58

表三一 曲度及蒙氣差改正表

距 離	改 正 數	距 離	改 正 數	距 離	改 正 數	距 離	改 正 數
呎	呎	呎	呎	哩	呎	哩	呎
100	.000	1000	.02	1	0.6	11	69.4
200	.001	2000	.08	2	2.3	12	82.7
300	.002	3000	.18	3	5.2	13	97.0
400	.003	4000	.33	4	9.2	14	112.5
500	.005	5000	.51	5	14.4	15	129.1
600	.007	6000	.74	6	20.6	16	146.9
700	.010	7000	1.01	7	28.1	17	165.8
800	.013	8000	1.32	8	36.7	18	185.9
900	.017	9000	1.67	9	46.4	19	207.2
1000	.020	10000	2.06	10	57.4	20	229.5
哩	呎	哩	呎	哩	呎	哩	呎
21	253.1	31	551.4	41	964.7	51	1492.5
22	277.7	32	587.6	42	1012.2	52	1551.6
23	303.6	33	624.5	43	1061.0	53	1611.9
24	330.5	34	663.3	44	1111.0	54	1673.3
25	358.6	35	703.0	45	1162.0	55	1735.8
26	388.0	36	743.7	46	1214.2	56	1799.6
27	418.3	37	785.6	47	1261.7	57	1864.4
28	449.9	38	828.6	48	1322.1	58	1930.4
29	482.6	39	872.8	49	1377.7	59	1997.5
30	516.4	40	918.1	50	1434.6	60	2065.8

