

大學用書

平面測量學

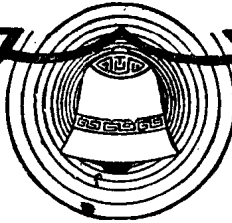
呂 謹 編 著

正中書局印行

大學用書
平面測量學
呂 謹 編著



正中書局印行



版權所有
翻印必究

中華民國三十六年十月初版

平面測量學

全一冊 定價國幣壹拾陸元

(精裝本定價另加五元)

(外埠酌加運費匯費)

編	著	者	呂	謹
發	行	人	吳秉	常
印	刷	所	正中書	局
發	行	所	正中書	局

(2038)

校整
：向

滬·本

4/1--0.10

目 次

第一篇 測量儀器之應用檢查及整理…	1
第一章 概論 …	1
第二章 鍊尺測量 …	11
第三章 羅盤儀測量…	31
第四章 經緯儀測量…	48
第五章 經緯儀之應用 …	67
第六章 角度測量中的誤差及經緯儀之調準…	86
第七章 水準儀測量…	101
第八章 水準測量的理論…	119
第九章 水準測量中的誤差及水準儀之調準…	129
第十章 平板儀測量…	145
第二篇 測量方法…	161
第十一章 設置導線法 …	161
第十二章 細部測定…	171
第十三章 經緯儀測量中的各種問題 …	186
第十四章 經緯儀測量——野外工作 …	204
第十五章 經緯儀測量——野簿記載 …	214
第十六章 水準儀測量——野外工作 …	233

第一 篇

測量儀器之應用檢查及整理

第一章 概 論

1. 學習測量應注意之點 平面測量(plane surveying)不過是一點很淺近的平面三角術而已，說起來是平淡無奇，但實際應用起來，卻不是這樣的簡單了。書本的推敲是有限的，實地的經驗是無窮的。我們要想得到成功，必須不斷地努力於實地的工作，有了很好的學識，佐以純熟的經驗和敏銳的判斷，則實施起來，自然遊刃有餘地了。我們在學校內讀書受業，固須注重知識的追求，尤須注意野地的實習，學校內的實習，乃是以後實用的基礎，有了優良的基礎，將來纔能有圓滿的結果。

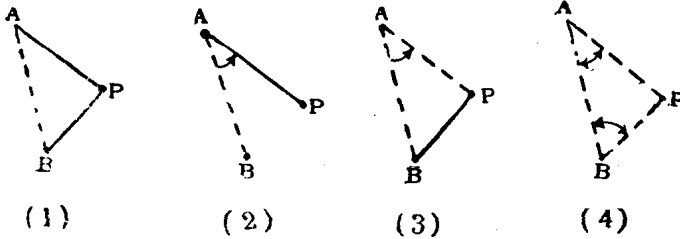
測量工作，對於經驗與習慣，須兼籌並顧，故我們在學校內實習時，對於經驗固須注意，對於習慣尤宜留心。當練習應用測量儀器和野地工作的方法時，切勿養成不良的習慣，以致貽誤終身。再者，測量儀器是測量家的第二生命，務須小心保管，加意愛惜，不能有絲毫輕忽之處。因為測量儀器的構造非常精細，若偶一不慎，碰動了任何部分，致發生不正確的弊病，則結果也就不能正確了。本書的目的不特要使讀者知道測量的學理，同時還要使讀者知道何者是野地工作

時最良的方法和習慣。故讀者不特要熟讀本書內所解說的種種學理，尤其要按着所指導的種種方法實地應用。

測量中最要的格言，是時間的經濟與誤差的免除，簡言之，就是「敏捷」與「正確」四字。欲求敏捷，則對於本書內所說關於某種工作的種種方法，須加以詳細的研究，瞭解每種方法的利弊，取其長，舍其短。欲求正確，則對於本書內所舉關於某種工作的種種誤差，須力求避免。還有一件尤須注意的事，就是於工作進行中，須時時檢驗以前的工作是否有錯誤，失之毫釐，差之千里，起初不注意，等到工作將近終了，而後方發覺以前的錯誤，則以前的工作將全功盡棄，這是測量家的大忌。

2. 測量的意義 平面測量的意義，是在求得地面上的山川、土地，或房屋、建築等等的相對位置，而其主要工作，是求點和角。幾何學上有兩條基本的公理，是兩點定一直線，三個不在同一直線上的點定一平面。故所謂測量(surveying)者，也就是求得某點對某點的相對位置而已。凡欲求一點，必須先知道兩個定點。已知兩個定點的位置，而後它的相對位置方能求定。例如已知 A, B 兩點，現在欲求某一點 P 對於 A, B 兩點之相對位置，便有以下四種方法可以採用(見第 1 圖)：

- (1) 測量 AP 及 BP 兩距離(凡測量之距離皆以實線表示之)。
- (2) 測量 AP 距離及 PA 與 BA 所作之角(或測量 BP 距離及 AB 與 PB 所作之角)。
- (3) 測量 BP 距離及 BA 與 PA 所作之角(或測量 AP 距離及 AB 與 PB 所作之角)。
- (4) 測量 BA 與 PA 所作之角，及 AB 與 PB 所作之角。



第 1 圖 求某點之位置法

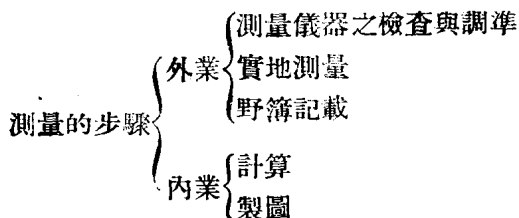
在(1)法中,只用測量距離,而不用測量角度,在(4)法中,只用測量角度,而不用測量距離。這樣繼續測得了若干點之後,於是界線、道路、房屋、水道,以及種種別的位置,皆可以求得了。

3. 測量之分類 人類生活的根據地是地球,所以我們的測量當然是以地面為對象。在地形學上所謂「地面」者,是指平均海平面(mean sea level)而言,但實際上地球表面的結構,並非這樣的簡單,有一大部分是高出海平面若干公尺的,不過在普通測量時,並無注意必要。凡假定地面為一大平面,地面的曲度(curvature of earth)不加計算的測量,稱為平面測量。若地面的曲度須加以計算的,這種測量便稱為大地測量(geodetic surveying)。(地面的曲度約每一公里相差 0.077 公尺。)

測量的目的,既在求得山川、土地,或房屋、建築等等的相對位置,故詳細分析起來,又有地形測量(topographic surveying)、土地測量(land surveying)、路線測量(route surveying,分鐵路與公路)、河海測量(hydrographic surveying)、鑛山測量(mine surveying)、城市測量(city surveying)等種種之不同,本書將擇其中最重要者,分說於後。

4. 鉛直線，水平線，水平面及鉛直面的解釋 在地面上任何一點，只可作一直線通過地球之中心，這一直線便稱為鉛直線(vertical line); 垂直於這條線的直線，皆稱為水平線(level-line)。含這鉛直線的平面，皆稱為鉛直面(vertical plane); 垂直於這條鉛直線的平面，皆稱為水平面(horizontal plane)。通過任何一點，只能作一鉛直線及一水平面，但可以作無數的水平線及無數的鉛直面。在平面測量裏面，所有長度的量算，皆是指水平位置而言，即使實際測量的並非水平線而為斜坡，但等到計算時，也要將它化為水平的距離。

5. 測量的步驟 測量工作，可分為兩大步驟：(1) 外業 (field work, 就是野外工作)，(2) 內業 (office work, 就是室內工作)。外業又分為三個步驟，即測量儀器之檢查 (test) 與調準 (adjustment)，實地測量，及野簿 (field notes) 記載。內業又分為兩個步驟，即計算 (computation) 及製圖 (drawing)。現在立一簡表於下：



測量儀器之檢查與調準 測量儀器是一種非常精細的器械，各部分不能有絲毫不正確的地方，苟某部分一不正確，則測量的結果一定也不能正確。所以在測量之先，對於所用儀器，須加以詳細的檢查。各種儀器各有其必須檢查之處，如發見某部分不正確時，須立即加以調準。調準的方法雖很簡單，但層次不可錯亂。一種很好的儀器，

經過一次檢查調準之後，固然可以繼續應用好多次，但勤懇的測量家仍願時常加以檢查調準。

實地測量 測量中最重要的是：

- (1) 測量距離——所用的儀器為鍊尺(chain and tape)；
- (2) 測量角度——所用的儀器為羅盤儀、經緯儀、或平板儀(compass, transit or plane table)；
- (3) 測量高度——所用的儀器為水準儀(level)。

野簿記載 測量所得的結果，應即記載於一種簿冊上，以備製圖之用。這種簿冊便是野簿，其中又有經緯儀簿、水準儀簿，以及其他種種之分)。

計算 如所得的結果有須加以計算者，則於歸來之後，須立即加以計算。計算的方式為：

- (1) 整理野簿上的記載；
- (2) 由所量得之角度或距離，計算其他的距離或角度；
- (3) 由各點之高度算出兩點間高低之差；
- (4) 計算方向角及經緯距；
- (5) 計算面積、土方等等。

製圖 製圖是將實測及計算所得的結果，以一定的比例尺，歸納之於紙面之上。它的步驟是：

- (1) 將所有主要點及線的位置畫定；
- (2) 根據這些主要點及線，再將其餘各細部畫出（例如界線、街道、鐵路、防籬、房屋、河道、橋梁，以及縱斷面與橫斷面等等）；
- (3) 題字與上墨。

6. 測量中的重要問題 在野外工作時，有幾種重要問題應當注意的是：

- (1) 測量的準確程度應怎樣；
- (2) 應用什麼方法；
- (3) 應用那種儀器；
- (4) 在測量的時候，有發生何種誤差(errors)的可能，它們的起因和避免法是怎樣（誤差的解釋，參閱本章第7節）；

- (5) 怎樣可以求其迅速；
- (6) 怎樣可以使測量費用得到經濟。

這種種的問題皆是互相有關係的，不可不加以深切的研究。

我們現在先舉一二例於下，以表示怎樣定測量的準確程度。

(一) 我們要測量一塊面積，將它繪成一公分等於二十公尺的縮圖。在這個縮圖裏面，一公分之百分之一上下的誤差是不易看出，不足計較的，故測量時，一二公尺上下的誤差也無關緊要。

(二) 某城市中有一塊地產，地價是每畝十萬元，這種土地真所謂尺地千金，我們丈量的時候，就要特別精細，寧願多花費一些測量費，以求得一個正確的數量，不可愛惜些許小費，而使測量者草率從事，急速完工。反之，若有某處地產，只值二十元一畝，則測量時多至一二公尺的誤差，也無關緊要，測量者正不必多耗時間，來精細地工作。總之，凡值得精細測量的，測量費多用些，仍是經濟，不值得精細測量的，測量費多用一點，就是浪費。

在測量之先，測量家對於誤差的限度，就應當仔細研究一下。例如角度應當要讀到多少分或多少秒的限度，距離應當要量到幾公尺

幾公分或幾公分的限度。有了成竹在胸，而後自然能得心應手。一個最優良的測量家，能知道在某種情形之下，怎樣的工作最稱完善。大凡一種工作，並不一定要所有的測量皆是十分正確，方稱圓滿，只要做到相當的程度，既不耗費時間，又不浪費金錢便可。例如作市街測量時，經緯儀導線(transit traverses)或簡稱經緯儀線(transit lines)為全部測量的根據，應當要特別仔細，求其正確，因為導線的角度或距離偶有誤差，則全部測量將受其影響。但是某處房屋的一角，即使它的角度或距離測量稍有差誤，也與全部測量的精確無關。

7. 測量中的誤差 在測量中，沒有一個數量可以認為是真正的確值，多少總有一點差訛，它的真正的確值是永遠不能知道的。一個數量的測定值與它的真正值之差，便叫做誤差。讀者於學習測量時，對於種種不同的誤差須分別清楚，並須知道種種防止和校正的方法。

誤差的起因共計有三種：(一)為自然的；(二)為儀器的；(三)為人為的。

(一) 由於自然的誤差，如溫度、氣流、光線屈折、重心作用，以及測量上的障礙等。

(二) 由於儀器的誤差，如儀器的製造有缺點，或是調準不完善，儀器發生脹縮，或別種的變化等。

(三) 由於人為的誤差，如肉眼的視覺有缺陷，或手腕的動作不靈敏，以及種種實際的錯誤等。

• 誤差按着性質，又有下列三種之分：

(一) 錯誤(mistakes)的起因是由測量者的心理所發生的。例如

由於測量者的不小心；沒有經驗；或心理的錯亂，以致將捲尺，游標或水準標尺讀錯；將捲尺倒讀；錯轉儀器上的微動螺旋，看錯測點等等。

(二) 定差(constant errors)是發生於我們所習知的原因，且可以設法免除的。例如由於溫度之變化；捲尺之垂曲；儀器的分度不正確；或調準未臻完善等等。

(三) 偶差(accidental errors)是在錯謬及定差皆被免除之後，而仍會發生的誤差。例如由於肉眼的視覺有缺陷，或手腕的動作不靈敏，以致不能得到正確的觀讀；不能知道望遠鏡中的十字線怎樣可以正確地等分一個標誌；儀器自身忽然於不知不覺中發生變化；溫度忽然起了不定的變化等等。

誤差裏面，又有所謂正差，負差，累差(cumulative errors)及抵差(compensating errors)者。凡測定值比真值較大的，這種誤差便稱為正差，我們以(+)號代表之；反之，比真值較小的，便稱為負差，以(-)號代表之。凡一個數值是由數次測量的結果相加而得，而在這數次測量中，每次皆有誤差，假若這些誤差皆是同一記號的，這個總差便稱為累差，若有時是正差，有時是負差，這個總差便稱為抵差。抵差常能互相抵消，而累差則是繼續累積起來。例如我們欲測量一條三千公尺長的直線，用三十公尺長的捲尺，須量一百次之多。假若這捲尺比定制要長出 0.001 公尺，又假若每次測量時會發生 0.002 公尺的偶差，這個偶差當然是也可以為正，也可以為負。於是因為捲尺有 0.001 公尺的定差，經過了一百次測量之後，這三千公尺的距離，實際將變成 $100 \times 30.001 = 3000.1$ 公尺，就是有 0.1 公尺的累

差。但是按着一種最小二乘式的方法，關於偶差的定律是正差與負差互相抵消之後所餘未能抵消的差誤，等於誤差機會的總數之平方根乘偶差，就是 $\sqrt{100} \times 0.002 = 0.02$ 公尺。所以小的累差結果還不如大的抵差，這是讀者於測量時所要特加注意的。

8. 野簿的記載法 外業所得的結果，皆須隨時隨地記載之於手簿之內，故手簿，普通稱為野簿，乃是測量中最重要的東西。野簿的記載有兩個最重要的條件，就是「詳細」與「精確」。假如記載不詳細，則歸來後對於某部分偶有遺忘，計算與製圖將感受困難。假如記載不精確，外業無論是如何精細，也無價值可言了。所以測量家多願自任記載野簿之勞，而不願交託於無經驗的助手。

野簿的記載方法，隨各項工作而各有不同，惟在當事者之善於採擇。但有幾條重要的通則必須注意：

- (1) 須用一種好的手簿，可以耐用；
- (2) 須用一種硬的鉛筆，如 H 或 2H，不可用軟鉛，以免日久有模糊不清之弊；
- (3) 所有的記載須自左向右讀過去；
- (4) 須常常自問何種記載是計算和製圖時所需要的；
- (5) 切不可依賴記憶力，而懶於將所有必要的部分詳細記載下來；
- (6) 在野簿每頁的頂上，須將所要記載的項目逐一註明，以醒眉目；
- (7) 如外業有必須就地計算的數值，務須立即算出，如就野簿上計算，應用另一紙頁，並須將數字寫清，以便將來參考。

野簿的記載也分爲下列三步：

(1) **記數** 所有測得的數值，無論是角度、距離或高度，皆當記載於簿上，字宜大而清楚，不可將一字寫在另一字的上面（例如某一格裏面業已寫入一個‘5’字，忽然又寫一個‘7’字在上面，則他人知道究竟那個字是對的呢）；不可將數目字任意塗改（例如將‘3’字改爲‘5’字，或是‘2’字改爲‘3’字）；如有錯誤應即畫去另寫，不可用橡皮擦去再寫。

(2) **描圖** 所有各種有關係的山川、土地、房屋、街道、界線等等的形勢，及其相對的位置，皆當描繪於簿上。圖形只須大而清晰，不必按着一定的比例尺；宜隨身攜帶小三角板，以爲描繪之用；測量中遇有數目字不易表示清楚的地方，尤須利用圖形來表示它。

(3) **說明** 所有記數及描圖，有時仍不易表示明白者，須加以說明。其餘如測量隊的人名、日期、氣候，以及種種特別的情形，也須於野簿上說明之。

第二章 鍊尺測量

9. 鍊尺測量的重要 測量的目的，就是在求得某點與另一點間的距離或角度，而距離的測量尤為基本的工作。假如距離的測量不能準確，則無論角度的測量是怎樣的準確也是無用，由此可見鍊尺測量(chaining)的重要。測量距離的儀器是鍊尺。鍊尺測量的難處是在拉鍊尺的拉力，不可太鬆，也不可過緊，每次能適當其度。求一會拉鍊尺的人是很易，但欲求一懂得拉鍊尺要如何方合適的人卻不易了。

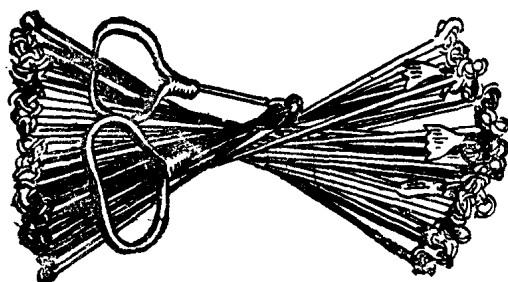
10. 鍊尺的種類 鍊尺共分下列三種：

(1) 測鍊(chain)是一根一根的鐵線或鋼線，兩頭用小圈聯成一條長鍊。一根線便稱為一節(link)，一百節稱為一鍊(chain)。測鍊的兩端各有一個銅把，以便測量者的握持，如第2圖。銅把的外口便算為一鍊的起點或終點。又自兩端起，每至第十節的頭上，使用小銅牌一個，上面有一、二、三或四個尖齒，以表示是第幾十節的數，例如第十節有一個尖齒，第二十節有二個尖齒。鍊的中間第五十節處，則用一個圓牌以為特別標記。

測鍊在英制中，通常有測量師鍊(surveyor's chain)與工程師鍊(engineer's chain)之分。測量師鍊又名根特鍊(Gunter's chain)，長六十六呎，每節等於0.66呎。這種測鍊只限於在英國專門測量地畝

之用，因為它與哩及噐發生很簡單的關係：

- 1 測量師鍊 = 66 呎，
 1 哩 = 5,280 呎 = 80 鍊，
 1 噐 = 43,560 方呎 = 10 方鍊。



第 2 圖 測 鍊

工程師鍊長一百呎，每節等於一呎，有時也只有五十呎長，但每節仍為一呎。

用測量師鍊測量時，距離是按幾鍊幾節計算，例如某一距離共測三鍊另五十二節，讀時便稱‘3 鍊 52 節’，記載時則寫 3.52 鍊。但用工程師鍊測量時，距離則按呎數計算，例如某一距離共測五鍊另二十八節，便稱 528 呎。在讀測鍊時有須特別注意者，就是不可將節數讀錯了頭，因為測鍊共分一百節，第十節和第九十節上所繫的銅牌，皆只有一個尖齒，第二十節和第八十節上的銅牌，皆有兩個尖齒，故第十節和第九十節，第二十節和第八十節等等的記號是相同的，偶不留心，容易將第三十節讀為第七十節，第四十四節讀為第六十四節。讀時須看測點是在測鍊中間圓牌的那一邊。