

# 測量實習

上海交通大學測量課程教員合編

(修訂本)

龍門聯合書局出版

# 測 量 實 習

編 者

上海交通大學測量課程教員

王之卓 余文鐸 李青岳

紀增爵 曹善華 楊培琚 龔雨雷

(以姓字筆劃爲序)

(第二次修訂本)

龍 門 聯 合 書 局 出 版

71.263

2033

## 測 量 實 習

上海交通大學測量課程教員合編

---

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經理

信大印刷所印刷

上海淮安路1弄14號

---

1951年9月初版 印數8001-10,000冊

1953年12月四版

新定價 ¥ 16,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

## 例 言

- (1) 本書之編著，係為大學或專科院校土木及水利系測量實習課程之用，採用時可視實習時間及學校設備情況，加以選擇。
- (2) 本書內容之編排，平面測量、河海測量及天文測量部份以一學年授畢為原則，路線測量以一學期授畢為原則。測量總實習則為綜合性之實習，一般利用暑假舉行。
- (3) 本書自第二次修訂本起，路線測量部份改用曲線半徑制，以符合我國實際情況。  
又路線測量實習時，倘場地不敷應用，可將各距離縮小比例測定之。
- (4) 學校實習場所，應儘可能埋設三角點及導線點，將其座標預先測算，以為學生實習成果檢核之用。

## 目 次

|                           | 頁數 |
|---------------------------|----|
| 第一部份 平面測量                 | 3  |
| 實習一 步尺之基本使用法及步長測定         | 3  |
| 實習二 用鋼尺測量多邊形              | 5  |
| 實習三 捲尺地物測量                | 9  |
| 實習四 羅盤儀測量                 | 11 |
| 實習五 望遠鏡及水準管之檢驗            | 12 |
| 實習六 水準儀之校正                | 15 |
| 實習七 水準測量                  | 19 |
| 實習八 水準測量——雙轉桌法            | 20 |
| 實習九 剖面水準測量                | 21 |
| 實習十 用複角法測量角度              | 22 |
| 實習十一 用方向法測量角度             | 24 |
| 實習十二 延長直線                 | 26 |
| 實習十三 測定兩不能到達桌間之距離         | 27 |
| 實習十四 經緯儀之校正               | 31 |
| 實習十五 測定不能到達桌之高程           | 35 |
| 實習十六 氣壓高程測量               | 39 |
| 實習十七 水準測量——測誤氣泡法          | 42 |
| 實習十八 精密水準測量——談三絲法         | 44 |
| 實習十九 精密水準測量——平板玻璃誤數法      | 47 |
| 實習二十 經緯儀測量導線角方法(偏角法及方位角法) | 49 |
| 實習二十一 經緯儀測量導線方法(折角法)      | 51 |
| 實習二十二 鋼尺長度之檢定             | 54 |
| 實習二十三 精密鋼尺測量              | 57 |
| 實習二十四 小三角測量               | 59 |
| 實習二十五 雙桌後交定桌法             | 60 |
| 實習二十六 視距係數之測定             | 61 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 實習二十七 | 導線附合於不能到達之三角點       | 63  |
| 實習二十八 | 經緯儀視距測量             | 65  |
| 實習二十九 | 平板儀定位法              | 67  |
| 實習三十  | 平板儀地形測量             | 69  |
| 實習三十一 | 經緯儀小平板合用法           | 70  |
| 實習三十二 | 断面法測繪地形             | 71  |
| 實習三十三 | 橫断面定坡橋              | 73  |
| 實習三十四 | 精密經緯儀之應用            | 76  |
| 實習三十五 | 双像測距法               | 77  |
| 實習三十六 | 垂距鏡之應用              | 78  |
| 實習三十七 | 縮放儀之應用              | 79  |
| 實習三十八 | 求積儀之應用              | 80  |
| 實習三十九 | 六分儀之校正及應用           | 82  |
| 第二部份  | 河海測量                | 83  |
| 實習一   | 河流橫断面               | 83  |
| 實習二   | 流速及流量——浮標測法         | 86  |
| 實習三   | 流速及流量——流速儀測法        | 91  |
| 第三部份  | 天文測量                | 94  |
| 實習一   | 觀測太陽正午高度求近似緯度及時錶改正數 | 95  |
| 實習二   | 中午附近觀測太陽求緯度         | 98  |
| 實習三   | 觀測太陽求時間及方位角         | 102 |
| 實習四   | 觀測北極星求緯度            | 106 |
| 實習五   | 恒星經過北極星垂直面求時間       | 108 |
| 實習六   | 任一時刻觀測北極星求方位角       | 111 |
| 第四部份  | 路線測量                | 115 |
| 實習一   | 測定單曲線——偏角法          | 117 |
| 實習二   | 遇障礙物時曲線之測定(偏角法)     | 121 |
| 實習三   | 測定單曲線——弦偏距法         | 125 |

|               |                               |     |
|---------------|-------------------------------|-----|
| 實 習 四         | 測定單曲線 —— 中垂法                  | 128 |
| 實 習 五         | 測定單曲線 —— 切距法                  | 131 |
| 實 習 六         | 測定複曲線 —— 偏角法                  | 135 |
| 實 習 七         | 用三心複曲線改善斷背曲線之測定法              | 139 |
| 實 習 八         | 測定反向複曲線(二切線平行) —— 偏角法         | 143 |
| 實 習 九         | 測定反向複曲線(二切線不平行交與甚近) ——<br>偏角法 | 146 |
| 實 習 十         | 測定附加對稱緩和曲線之單曲線 —— 偏角法         | 149 |
| 實 習 十一        | 測定附加對稱緩和曲線之單曲線 —— 切距法         | 153 |
| 實 習 十二        | 測定附加對稱緩和曲線之單曲線 —— 弦偏距法        | 158 |
| 實 習 十三        | 測定二端附加不對稱緩和曲線之單曲線             | 161 |
| 實 習 十四        | 在原有單曲線二端加設對稱緩和曲線之測法           | 166 |
| 實 習 十五        | 複曲線加設三緩和曲線之測法                 | 171 |
| 實 習 十六        | 在原有複曲線內加設緩和曲線之測法              | 178 |
| 第五部份 測量總實習:   |                               | 182 |
| (I) 大地測量及地形測量 |                               | 182 |
| (II) 河海測量     |                               | 190 |
| (III) 鐵路測量    |                               | 191 |

## 儀器使用須知

領用測量儀器用與務須加意愛護，如有損壞遺失須負責賠償。下列各處應特別注意：

1. 持握儀器時務須小心，輕放輕取，將儀器由箱中取出或收入箱中時，尤須仔細。
2. 裝儀器於腳架上時應注意裝置牢固。
3. 室內搬動儀器（已裝於三角架上者）時，勿負儀器於肩上，應夾於臂下，面對儀器，免致碰傷。
4. 搬動儀器時須微鬆制動螺旋，俾萬一儀器被撞時，可稍轉動。
5. 勿置儀器於通衢、施工場地，或堅硬光滑之地面而不予防護。
6. 不可倚儀器於窗櫺等物，應張開腳架，妥為安置。
7. 各處螺旋切勿旋轉過緊，對於校正螺旋尤應小心。
8. 若儀器某部呆滯難動，切勿強力扳動，應即請教師前來審視。
9. 各種儀器如鋼尺、標桿等均不可拋擲。
10. 勿使器具潮濕生銹，用畢即須拭乾。
11. 指拭鏡頭勿用手指或粗布，須用柔軟潔淨之毛刷、鹿皮或紙布。
12. 勿以手指觸度盤其游標。
13. 使用鋼尺時，不可足踏尺上，或任車輛越過。拉緊鋼尺時，須先審視有無紐結。
14. 儀器用畢應注意：(a) 制動螺旋調平否？(b) 微針升高否？(c) 物鏡縮至原位否？(d) 垂球繩捲束否？(e) 物鏡蓋是否蓋上？(f) 其他零件是否失落？
15. 實習完畢應清交各項器具，以免遺失，求用之水盂應攜回。

## 測量記錄須知

1. 記錄簿須用堅固耐久之紙。
2. 須用硬鉛筆如5H或4H者為適。
3. 第一頁書名班次組籍，組長及組員姓名學號。
4. 第一頁後留空數頁以便填寫目錄，各頁均標明頁數於上端。
5. 每次實習記錄應於左頁上方記明實習考數、標題、目的，右頁上方記明日期、天氣、主要儀器之名稱及號碼，勿加入姓名，必要時應記地點。

## 2

6. 草圖及說明載於右頁，數字記錄載於左頁，但如左頁不敷應用，可伸展至右頁。
7. 記錄須用正楷，不可潦草。
8. 各項記錄須於測量進行時立即錄於簿內，不可另以紙條記載再行臚列。
9. 記錄者應於記錄每一數值後，再向觀測者誦報以免錯誤。
10. 記錄數字若有錯誤，不可用橡皮擦去，應劃一斜線，而書改正數字於其旁。
11. 草圖須描繪清楚，必要時得以橡皮擦擦而修正之。
12. 記錄之數字應使表示觀測之精度，例如該尺準至公厘，則應記1.320公尺，勿僅記1.32公尺，反之若僅該至公分，應記1.32，不可記1.320。
13. 簡單之計數（如取平均值等），應於測量進行時寫出，其較繁複者（例如需查對數者），亦應於實習完畢後即行寫出其值，臚入簿中，不可拖延。
14. 如某次記錄錯誤太多，或此實習應重作時，該頁記錄不可撕去，應以大字斜書「作廢」字樣，而仍保留之。

## 第一部份 平面測量

### 實習一 鋼尺之基本使用法及步長測定

#### 〔目的〕

練習在平地上以鋼尺及竹尺丈量距離之手續，並測定各人每步之平均長度。

#### 〔儀器〕

鋼尺一，竹尺一，短尺一，測桿一，測針一乘（11根），木樁二，鉄錐一。

#### 〔作法〕

1. 於平地上釘A、B二樁，相距約200公尺，樁頂各以小釘或交叉綫，或鑽一小孔，標出一點，在B樁前插一測桿以定方向。
2. 一人甲（即後測手）立於A處，執鋼尺環（零處），並插針於A樁上或其前。一人乙（即前測手）執尺之彼端，携測針10根，自A向B前進，至約達一“尺長”處停止。
3. 此時乙執一針豎於鋼尺末端之附近，甲則測視以手勢使乙插針於A、B綫上。
4. 甲將尺之零處對準樁上之點，同時乙將尺靠緊測針放平拉緊，並將針垂直插於尺之終處即得第一“尺長”。
5. 乙再向B樁前進，甲拔針隨之，達乙前次插針處止步，如前法量得第二“尺長”，再繼續前進，每次量畢後，甲即將地面上測針拔出攜帶。
6. 量至B時，甲仍對零處，乙於B樁之點上讀得最後一段長度（讀至公厘）。此長度加甲手中測針數乘以“尺長”，即為A、B之全長。（最後留於地面上之測針一根不計在內）。如尺之詳細分劃只在尺之一端，可令乙對一整尺數於B樁，由甲讀取零數。
7. 如上，再由B量至A往返共四次，求其平均值，及其相對精度。
8. 用竹尺依上法量A、B之距離，往返共四次。
9. 各人以尋常步法，自A循直綫進行至B，記其步數，然後由B返至A，往返共作四次，以所得平均步數除A、B長度，即得各人平均步長。

## 〔記錄格式〕

## 1. 鋼尺丈量：

| 次數   | 方向 | 量得長度(公尺) | 改正數 <i>v</i> (公厘) | <i>v</i> <sup>2</sup> |
|------|----|----------|-------------------|-----------------------|
| 1    | AB | 198.433  | + 4               | 16                    |
| 2    | BA | 198.411  | +26               | 676                   |
| 3    | AB | 198.445  | - 8               | 64                    |
| 4    | BA | 198.458  | -21               | 441                   |
| 平均長度 |    | 198.437  | $\Sigma v = +1$   | $\Sigma v^2 = 1187$   |

每次量得長度之中誤差：

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{1187}{4-1}} = \pm 19.9 \text{ 公厘}$$

平均長度之中誤差：

$$m_0 = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \frac{19.9}{\sqrt{4}} = \pm 10 \text{ 公厘}$$

AB距離丈量結果為：198.437 ± 0.010 公尺

$$\text{相對精度} = \frac{0.01}{198.44} = \frac{1}{20,000}$$

## 2. 竹尺丈量 記錄及計算方法同上。

## 3. 步長測定：

| 次數       | 方向 | 各 人 步 數 |       |       |       |
|----------|----|---------|-------|-------|-------|
|          |    | 甲君      | 乙君    | 丙君    | 丁君    |
| 1        | AB | 236.5   | 251.5 | 251.5 | 246.5 |
| 2        | BA | 240.0   | 253.0 | 250.5 | 243.0 |
| 3        | AB | 242.0   | 250.0 | 253.5 | 244.0 |
| 4        | BA | 239.0   | 252.0 | 254.0 | 242.5 |
| 平均步數     |    | 239.9   | 251.6 | 252.4 | 244.0 |
| 平均步長(公分) |    | 82.7    | 78.8  | 78.6  | 81.3  |

## 實習二 用鋼尺測量多邊形

### 〔目的〕

利用鋼尺測定多邊形之形狀，並計算其面積。

### 〔儀器〕

鋼尺一，測桿二，測針一束，木樁六，鐵錘一。

### 〔作法〕

1. 釘樁五枚，使成一五邊形，每邊至少長40公尺，每邊以鋼尺往返各量一次，差數不得超過其長之  $\frac{1}{5000}$ ，否則重量。
2. 多邊形各角用鋼尺間接測之。以O為起點(如圖一)，在OA及OB邊上各量長度R(R可以為五公尺，但可能時，愈長愈佳)，得a、b二點，各插一針為記，然後量ab之長，即為弦長。依公式：

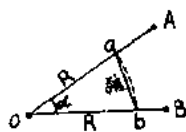
$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\text{弦長}}{2R} \quad \alpha = 2 \arcsin \frac{\text{弦長}}{2R}$$

計算兩邊所夾之角。

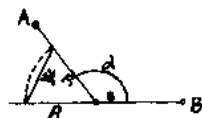
如弦上有障碍物，不能施測，則將邊向後伸引，測其對頂角(如圖二)

如角在 $90^\circ$ 至 $180^\circ$ 間，則可測其補角，再以 $180^\circ$ 減去之，而得角值(如圖三)。

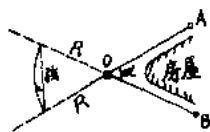
如角大於 $180^\circ$ 時，可將其 $180^\circ$ 除去，再以上述各法測求之(如圖四)。



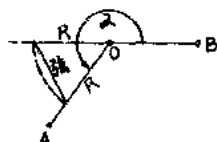
(圖一)



(圖三)



(圖二)

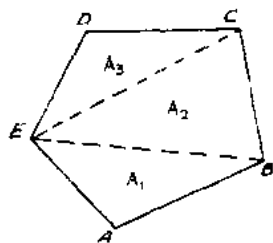


(圖四)

3. 計算多邊形之面積(分多邊形為數個三角形，用三角公式計算之)。
4. 應用所測結果，繪一平面圖，比例尺1:500，量其閉塞差，並求其相對精度。

## 〔記錄格式〕

| 邊  | 邊 長 (公尺) |        |        |
|----|----------|--------|--------|
|    | 1        | 2      | 平均     |
| AB | 53.111   | 53.113 | 53.112 |
| BC | 60.522   | 60.521 | 60.522 |
| CD | 46.921   | 46.919 | 46.920 |
| DE | 45.436   | 45.434 | 45.435 |
| EA | 53.118   | 53.119 | 53.119 |



## 〔計算〕

1. 角值 $\alpha$ 

| 點 | 方位角 | 邊長 (公尺) | $\sin \frac{\alpha}{2}$ | $\frac{\alpha}{2}$ | $\alpha$ | 附註 |
|---|-----|---------|-------------------------|--------------------|----------|----|
| A | 10  | 14.438  | 0.7219                  | 46.2               | 92.4     |    |
| B | 10  | 16.874  | 0.8437                  | 57.5               | 115.0    |    |
| C | 10  | 14.333  | 0.7167                  | 45.8               | 91.6     |    |
| D | 10  | 9.544   | 0.4772                  | 28.5               | 57.0     | 補角 |
| E | 10  | 17.503  | 0.8552                  | 58.8               | 117.6    |    |

$$\text{測得 } \Sigma \alpha = 92.4 + 115.0 + 91.6 + 123.0 + 117.6 = 539.6^\circ$$

$$\text{核對 } \Sigma \alpha = (n-2) \times 180^\circ = (5-2) \times 180^\circ = 540^\circ$$

## 2. 五边形面积

$$\text{由公式 } a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

在 $\triangle ABE$ 中

$$\log \overline{AB} = 1.72518$$

$$\log \overline{AB}^2 = 3.45036 \quad \overline{AB}^2 = 2821$$

$$\log \overline{AE} = 1.72526$$

$$\log \overline{AE}^2 = 3.45052 \quad \overline{AE}^2 = 2822$$

$$\log \overline{AB} = 1.72518$$

$$\log \overline{AE} = 1.72526$$

$$\log 2 = 0.30103$$

$$\log \cos A = 8.62196 (m)$$

$$\underline{2.37343}$$

$$\overline{BE}^2 = 5879$$

$$\overline{BE} = 76.67$$

在 $\triangle CDE$ 中

$$\log \overline{CD} = 1.67136$$

$$\log \overline{CD}^2 = 3.34272 \quad \overline{CD}^2 = 2202$$

$$\log \overline{DE} = 1.65744$$

$$\log \overline{DE}^2 = 3.31488 \quad \overline{DE}^2 = 2065$$

$$\log \overline{CD} = 1.67136$$

$$\log \overline{DE} = 1.65744$$

$$\log 2 = 0.30103$$

$$\log \cos D = 9.73611 (m)$$

$$\underline{3.36594}$$

$$\overline{CE}^2 = 6589$$

$$\overline{CE} = 81.17$$

$$\text{由公式 } A = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$

在 $\triangle ABE$ 中

$$a = 53.11 \quad b = 76.67 \quad c = 53.12$$

$$S = \frac{1}{2}(53.11 + 76.67 + 53.12) = 91.45$$

$$\log S = 1.96118$$

$$\log(S-a) = 1.58365$$

$$\log(S-b) = 1.16967$$

$$\log(S-c) = 1.58354$$

$$\underline{6.29804}$$

$$3.14902$$

$$A_1 = 1409 \text{ 平方公尺}$$

在 $\triangle BCE$ 中

$$a=60.52 \quad b=81.17 \quad c=76.67$$

$$S=\frac{1}{2}(60.52+81.17+76.67)=109.18$$

$$\log S=2.03822$$

$$\log(S-a)=1.68717$$

$$\log(S-b)=1.44731$$

$$\log(S-c)=1.51202$$

$$\underline{6.68472}$$

$$3.34236$$

$$A_2=2200 \text{ 平方公尺}$$

在 $\triangle CDE$ 中

$$a=46.92 \quad b=45.44 \quad c=81.17$$

$$S=\frac{1}{2}(46.92+45.44+81.17)=86.77$$

$$\log S=1.93837$$

$$\log(S-a)=1.60043$$

$$\log(S-b)=1.61627$$

$$\log(S-c)=0.74819$$

$$\underline{5.90526}$$

$$2.95163$$

$$A_3=895 \text{ 平方公尺}$$

$$\text{總面積} = A_1 + A_2 + A_3 = 4504 \text{ 平方公尺}$$

### 實習三 捲尺地物測量

#### 〔目的〕

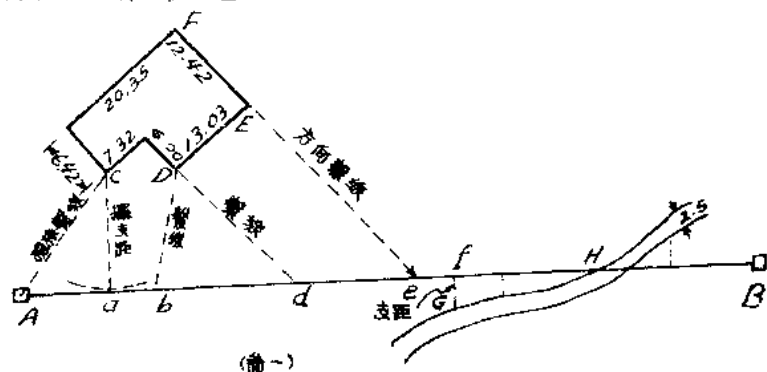
利用捲尺量出房屋道路河流等地物之尺寸，及其相對位置，繪成地圖。

#### 〔作法〕

鋼尺二(或鋼尺一，皮尺一)，測針一束，木橛二，鐵錘一。

#### 〔儀器〕

1. 在欲測地物附近，用木橛定A、B二點，以AB線作為測線，以鋼尺丈量其長度，並伸展鋼尺於地面上，用以測量地物矣。
2. 以另一鋼尺(或皮尺)量地物本身之尺寸，並逐次丈量地物上各點與測線AB或AB線上某點之距離，使地物與AB線之相對位置得以確定，其方法有下列數項可參酌選用。(參閱圖一)



(圖一)

- a. 垂直距法：執尺零點於地物某C處，另一人拉尺，在AB線上左右擺動，試得C點與AB線間最短距離為ca，記錄之，並在測線上讀Aa長度。
  - b. 繫綫相交法：在AB線上擇b及d點，量Db及Dd，並在測線AB讀Ab及Ad長度，以求得地物某D點位。
  - c. 方向綫法：在AB線上擇e點，使其在FE之引長線上，量Ee，並讀Ae長度，若E點為已知，則EF之方向即可求得。
  - d. 支距法：若遇不規則形狀之地物，如彎曲之道路等，則可由AB線豎一垂直綫(直角以目估定之)達其彎曲某(例如G)，量Gf，並讀Af長度，以測定該某位置。
3. 重要之地物某，應加量檢核繫綫，如AC。

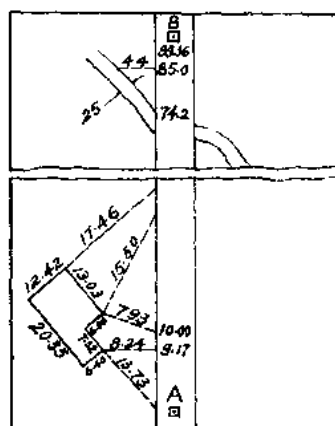
4. 測時繪草圖並記錄數字，然後在室內根據此項記錄作一準確之地圖。  
(比例尺 1:200)

### 〔記錄格式〕

在記錄簿中央繪兩豎線作為測綫，由頭底向頭頂繪記(如圖二)，兩豎線間數字，表示各該點至起始點 A 之距離。

### 〔注意事項〕

1. 草圖及註記應明確清楚。
2. 利用二綫相交以定一吳時，此二綫之交角宜近於  $90^\circ$ ，不可小於  $30^\circ$ 。
3. 界綫明顯之地物(如房屋)量至公分準，不明顯者(如河流)量至公分準。



(圖二)