

# 普通測量學

葉雪安編

商務印書館

# 普通測量學

葉雪安編

商務印書館

# 普 通 測 量 學

葉 雪 安 編

---

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

新華書店華東總分店 總經售

上海南京西路一號

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷

⊕(58333)

---

1951年4月初版 1954年3月3版

印數3,001—4,000 定價¥24,200

---

上海市書刊出版業營業許可證出○二五號

## 序

測量學示吾人如何測量地球面上各部分，並間接決定地球之形狀與大小。普通測量學示如何測量地球面上一小部分，大地測量學示如何規劃俾得施測一大部分之地面，例如一省與全國。測地球學示如何決定地球之形狀與大小。若測量之地域甚小，則地面之彎曲可不計；地球之一小部分可當作平面。實施測量工作之地為真正之地面，測量最後之成果為製成地形圖。測量之目的為求地面上各點投影於平均海水面後之位置，並求出各地面點離平均海水面之高度。

普通測量學所用之根據面為一水平面，所及之範圍約為半徑約 40 公里之圓形地域。蓋地球不能擴展而成平面，而吾人所製之地形圖則為一平面，故須利用地圖投影方法，使在彎曲面上之地形描寫於平面上。今以不能展開而成平面之地球表面強欲繪於平面上，則必有種種變形發生，即長度與方向等均起變化，與實際情形不符。今在測量區域之中心點上設想一水平面切於地球面上，用適當之投影方法使地面上各點描寫於該水平面上。若測量之區域僅限於半徑約 40 公里之地區，則長度與方向之變化甚微，小於測量之精度，故在實用可視該區域為一水平面。假定所測之地域為狹而且長之帶，通過平分帶闊之方向作一大圈。設地球納于一圓柱形內，令圓柱與地球相接觸之處即在

該大圈上，將地面上各點描寫於圓柱形面上，並限制地面上之點與該大圈之垂直距離不得超過 40 公里，則在此範圍內長度與方向之變化亦甚微。今將此圓柱展開則成平面圖。此處闊約 80 公里長約數百公里之地區仍可視為平面。因長度與方向變化可略去不計，於是全部之計算均為平面上之計算，故普通測量應用之範圍因此擴大。

若測量更大之地區，則可分成數個投影帶。先從一等三角網着手，全時佈置精密水準網，使高度得有所依據。視地球為旋轉橢圓體，根據投影公式精密計算一二等三角點之平面直角坐標。用交會定點法使三角愈加愈密，每幅地圖有相當數之固定點。若投影選得確當，則投影所引起之誤差極小，圖紙上所繪各點相互間之位置與實地情形相差極微。在小範圍內方向與距離之改正可略去。每幅地圖所佔之實際地域仍可視為平面，仍可應用普通測量學所示之方法實施測量，而各幅地圖在同一之投影帶內可互相拼接。譬如建屋一等三角點及一等水準點猶如房屋之基礎，二三四等三角點猶如房屋之樑柱支架，而普通測量學猶如築牆砌壁，鋪設房面，裝設門窗，以及種種粉飾佈置，使成完美之房屋。吾人所盼望者全國能完成基本地形圖作為一切建設之根據，由此知普通測量之重要矣。

本書之材料大半取於德國工科大學之教材，理論與實用並重，內容務求扼要，適合於教科書之用；注意土木工程，地籍測量及地形測量上之應用。本書首章內對於應用直角坐標法實測平面圖敘述尤詳；此種方法最為精確，適用於城市測量及地價昂貴之區。如欲精密導出地產之面積則此為最佳之法，故對於地籍測量尤為重要。使讀者對於其所觀測之結果得能明判其精度及明瞭誤差之傳播與中誤差計算起見，故插入「略述誤差」章。使測量儀器儘量發揮其效能與精度，故對於望遠鏡及水準管作特別之敘述，而於儀器之檢驗及校正亦求其

詳。至於論測量方法則注意於各方面上之應用。他如三角插點法、平板上圖解插點法，視距導線，隧道測量，紙之伸縮及面積計算之精度等在普通教本內所無，或敘述無如此之詳。

此書爲同濟大學測量系及土木系之教本已有多年，爲不使本書之範圍過大，故對於精密水準，導線測量誤差之理論，經緯儀上各項補充之處以及其他種種另詳普通測量學第二部。

附參考書籍

Näbauer: *Vermessungskunde*

Eggert: *Einführung in die Geodäsie*

Volquards: *Feldmessen*

Jordan-Eggert: *Handbuch der Vermessungskunde*  
*BdII<sub>1</sub>, BdII<sub>2</sub>.*

一九五〇年一月六日葉雪安識於同濟大學

## 目 錄

|    |               |   |
|----|---------------|---|
| §1 | 導言.....       | 1 |
| §2 | 測量用之度量單位..... | 2 |

### 第一章 應用最簡單之方法施行水平測量

|    |                        |    |
|----|------------------------|----|
| §3 | 標識地面上各點所用之器具與定直線法..... | 4  |
| §4 | 直接量長所用之器具及直接量長法.....   | 7  |
| §5 | 定直角所用之儀器及其使用法 .....    | 21 |
| §6 | 應用直角坐標法實測某地 .....      | 30 |
| §7 | 平面直角坐標之計算 .....        | 38 |

### 第二章 略述誤差

|     |                        |    |
|-----|------------------------|----|
| §8  | 誤差之種類 .....            | 46 |
| §9  | 由真誤差求中誤差 .....         | 48 |
| §10 | 誤差傳播定律 .....           | 49 |
| §11 | 簡單算學平均數 .....          | 51 |
| §12 | 權，一般算學平均數或稱廣義平均值 ..... | 55 |
| §13 | 由真誤差求單位權之中誤差 .....     | 61 |

|      |                |    |
|------|----------------|----|
| § 14 | 雙觀測值之中誤差 ..... | 62 |
|------|----------------|----|

### 第三章 測量望遠鏡與氣泡水準

|      |                   |    |
|------|-------------------|----|
| § 15 | 透鏡 .....          | 65 |
| § 16 | 刻卜爾氏簡單天文望遠鏡 ..... | 68 |
| § 17 | 其他望遠鏡類 .....      | 74 |
| § 18 | 望遠鏡軸 .....        | 76 |
| § 19 | 氣泡水準管 .....       | 78 |
| § 20 | 求水準管之靈敏度 .....    | 80 |
| § 21 | 水準管之外形 .....      | 82 |
| § 22 | 水準管之校正及使用法 .....  | 83 |
| § 23 | 圓形水準器 .....       | 86 |

### 第四章 水準儀與水準尺

|      |           |    |
|------|-----------|----|
| § 24 | 水準儀 ..... | 88 |
| § 25 | 水準尺 ..... | 99 |

### 第五章 水準測量

|      |                       |     |
|------|-----------------------|-----|
| § 26 | 水準固定點 .....           | 101 |
| § 27 | 普通水準測量之實施方法與其計算 ..... | 102 |
| § 28 | 用成十補數施行水準測量法 .....    | 104 |
| § 29 | 水準測量同時校正讀數法 .....     | 106 |
| § 30 | 水準測量之誤差傳播 .....       | 108 |
| § 31 | 縱橫斷面 .....            | 109 |
| § 32 | 面積水準 .....            | 115 |

|            |     |
|------------|-----|
| §33 水面降比測量 | 121 |
|------------|-----|

## 第六章 經緯儀

|               |     |
|---------------|-----|
| §34 經緯儀之構造    | 122 |
| §35 讀數設備      | 125 |
| §36 經緯儀之校正    | 129 |
| §37 上盤軸之偏心    | 136 |
| §38 瞄準軸之偏心    | 136 |
| §39 經緯儀之處理    | 137 |
| §40 測水平角      | 138 |
| §41 水平角之觀測與計算 | 139 |

## 第七章 導線定點法

|             |     |
|-------------|-----|
| §42 經緯儀導線測量 | 142 |
| §43 坐標計算    | 143 |
| §44 附和導線    | 148 |
| §45 結點      | 151 |
| §46 羅盤儀     | 151 |
| §47 羅盤儀導線   | 156 |

## 第八章 三角測量

|               |     |
|---------------|-----|
| §48 選擇三角點     | 160 |
| §49 基線測量      | 162 |
| §50 測角度法      | 163 |
| §51 偏心觀測及歸心計算 | 165 |

|      |                  |     |
|------|------------------|-----|
| § 52 | 間接求歸心元素·····     | 168 |
| § 53 | 瞄準點歸心計算·····     | 170 |
| § 54 | 解出各三角形之邊長·····   | 171 |
| § 55 | 方向角計算表與坐標計算····· | 174 |
| § 56 | 三角插點法·····       | 176 |
| § 57 | 導線附合於三角點·····    | 189 |
| § 58 | 坐標變換·····        | 190 |

## 第九章 用平板儀施行位置測量法

|      |                 |     |
|------|-----------------|-----|
| § 59 | 平板及遠鏡照準儀·····   | 192 |
| § 60 | 測繪簡單之平面圖形·····  | 196 |
| § 61 | 決定站點·····       | 198 |
| § 62 | 大區域內實施平板測量····· | 200 |
| § 63 | 圖解插點法·····      | 201 |

## 第十章 三角高程測量

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| § 64 | 測高角·····                | 205 |
| § 65 | 三角高程測量，距離小於 250 公尺····· | 211 |
| § 66 | 三角高程測量，視線甚長·····        | 213 |

## 第十一章 同時測水平位置與高度

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| § 67 | 視距絲·····             | 222 |
| § 68 | 決定常數 $c$ 及 $k$ ····· | 224 |
| § 69 | 視線傾斜·····            | 226 |
| § 70 | 視距測量之計算·····         | 229 |

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| §71 | 用視距絲測大比例尺之地形圖           | 232 |
| §72 | <i>Jordan</i> 氏羅盤儀鋼尺測點線 | 240 |
| §73 | 繪製地形圖                   | 242 |
| §74 | 平板儀視距測量                 | 243 |
| §75 | 視距地形測量 (小比例尺圖)          | 245 |
| §76 | 繪成後之地形圖                 | 247 |
| §77 | 旅行時草測地形                 | 248 |

## 第十二章 定線測量

|     |              |     |
|-----|--------------|-----|
| §78 | 建築鐵路之測量工作    | 249 |
| §79 | 按設計之路線在實地上定線 | 250 |
| §80 | 用經緯儀定直線      | 251 |
| §81 | 在視線不暢通之地定直線法 | 253 |
| §82 | 定圓弧曲線法       | 255 |
| §83 | 介曲線          | 270 |
| §84 | 建築物外形之決定     | 278 |

## 第十三章 隧道測量，定複曲線

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| §85 | 決定直線形隧道之軸               | 281 |
| §86 | 方向轉移至另一水平線上             | 287 |
| §87 | 決定三重複曲線之定向元素            | 291 |
| §88 | 定三重複曲線並插入介曲線於二外圓弧及主切線之間 | 294 |

## 第十四章 製圖

|     |    |     |
|-----|----|-----|
| §89 | 總論 | 296 |
|-----|----|-----|

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| §90 | 平面圖     | 297 |
| §91 | 論紙之伸縮   | 299 |
| §92 | 等高線圖    | 304 |
| §93 | 摹繪及縮放地圖 | 305 |

## 第十五章 面積計算

|     |            |     |
|-----|------------|-----|
| §94 | 根據實測之尺寸求面積 | 308 |
| §95 | 根據圖形計算面積   | 311 |
| §96 | 半圖解求面積法    | 321 |
| §97 | 面積計算之精度    | 321 |

## 第十六章 氣壓計測高

|      |               |     |
|------|---------------|-----|
| §98  | 測大氣壓力         | 329 |
| §99  | 水銀氣壓計         | 329 |
| §100 | 空盒氣壓計         | 336 |
| §101 | 空盒氣壓計之校正      | 338 |
| §102 | 用沸點溫度計求氣壓     | 341 |
| §103 | 氣壓計測高公式       | 342 |
| §104 | 決定空氣之溫度及水汽之壓力 | 346 |
| §105 | 氣壓計測高簡單公式     | 347 |
| §106 | 舉例            | 350 |
| §107 | 氣壓計測高之缺點及精度   | 351 |
| §108 | 實施氣壓計測高法      | 353 |
| §109 | 氣壓計測高僅用一個氣壓計  | 354 |

# 普通測量學

## §1 導 言

普通測量學乃指示吾人如何求出各塊地產或地球面上極小部分之形狀及大小，用規定之比例尺 (*Maßstab*) 縮繪於圖紙上。因限於極小之區域內故地球之曲率可不計。第一步手續爲實地測量 (*Aufnahmen*) 第二步爲描寫於圖紙上 (*Auftragen*)。

因圖紙爲一平面而地面上任何部分大抵高低不平不在一平面上，故地面上一切角度及邊長應投影於平面上。此投影面可擇爲水平面 (*Waagrechte Ebene*)。測量區域內一切重要點用垂直於投影面之垂線 (*Lotrechte*) 投影於該面上；將所有一切垂線與投影面相交之點用直線連接之則成某地某處之平面圖 (*Grundriß* 或稱 *Lageplan*)。用以求平面圖之測量方法稱曰水平測量 (*Horizontalmessung*)。

欲求地面上各點相關之位置僅有一幅平面圖尙不足顯示精確，尙須測出各點離平均海面之高度 (*Höhen*)。求高度最精密之方法稱曰水準測量 (*Nivellieren*)，次精密之方法稱曰三角高度測量 (*trigonometrische Höhenmessung*)，若同時施行水平測量與高度測量則曰地形測量 (*topographische Aufnahmen*)。

## §2 測量用之度量單位

(geodätische Maßeinheiten)

## a) 長度 (Längenmaße)

長度之單位爲公尺 (Meter), 常用之名稱如下:

$1 \text{ hm} = 100\text{m}$  (公引, Hektometer),  $1 \text{ km} = 1000\text{m}$  (公里, Kilometer),  
 $1 \text{ dm} = 0.1\text{m}$  (公寸, Dezimeter),  $1 \text{ cm} = 0.01\text{m}$  (公分 Zentimeter),  
 $1 \text{ mm} = 0.001\text{m}$  (公厘 Millimeter),  $1 \text{ dmm} = 0.1\text{mm}$  (Dezimillimeter),  
 $1 \text{ cmm} = 0.01\text{mm}$  (Zentimillimeter),  $1 \mu = 0.001\text{mm}$  (Mikron),

## b) 面積 (Flächenmaße),

面積之單位爲平方公尺 (Quadratmeter), 常用之名稱如下:

$1 \text{ qdm} (1 \text{ dm}^2) = 0.01 \text{ qm}$ ,  $1 \text{ qcm} (1 \text{ cm}^2) = 0.01 \text{ qdm}$ ,  $1 \text{ qmm} (1 \text{ mm}^2) = 0.01 \text{ qcm}$ 。

大面積所用之單位:

$1 \text{ a} = 100 \text{ qm} (\text{Ar})$ ,  $1 \text{ ha} = 100 \text{ a} (\text{Hektar})$ ,  $1 \text{ qkm} = 100 \text{ ha} (\text{Quadratkilometer})$ 。

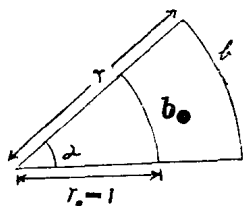
## c) 角度 (Winkelmaße)

角度以度 (Grad) 爲單位, 亦可用弧度 (Bogenmaß) 表示之。六十等分制 (舊度) 以一直角分爲  $90^\circ$  (九十度),  $1^\circ$  分爲  $60'$  (六十分),  $1'$  分爲  $60''$  (六十秒)。一百等分制 (新度) 以一直角分爲  $100^\circ$  (一百新度),  $1^\circ$  分爲  $100^\circ$  (100 新分),  $1^\circ$  分爲  $100^\circ$  (100 新秒)。

換算公式:

$$1^\circ = \left(\frac{10}{9}\right)^\circ, \quad 1' = \left(\frac{100}{64}\right)^\circ, \quad 1'' = \left(\frac{1000}{324}\right)^\circ \quad (1)$$

## 弧度



圖一

$$\hat{\alpha} = \frac{b}{r} = \frac{b_0}{1} \quad (2)$$

$$\alpha^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \hat{\alpha} = \rho^\circ \cdot \hat{\alpha}; \quad \alpha' = 60 \cdot \rho^\circ \cdot \hat{\alpha} = \rho' \cdot \hat{\alpha};$$

$$\alpha'' = 60 \cdot \rho' \cdot \hat{\alpha} = \rho'' \cdot \hat{\alpha} \quad (3)$$

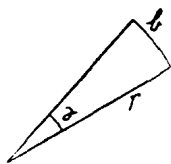
$$\hat{\alpha} = \frac{\alpha^\circ}{\rho^\circ} = \frac{\alpha'}{\rho'} = \frac{\alpha''}{\rho''} \quad (4)$$

$$\rho^\circ = 57.29578^\circ, \quad \rho' = 3437.747', \quad \rho'' = 206264.8'' \quad (5)$$

若用新度則有下之關係：

$$\rho^\circ = \frac{200}{\pi} = 63.66198^\circ \quad (6)$$

如圖二，設  $r = 100m$  或  $1km$ ，相當於圖心角  $1^\circ, 1', 1''$  之弧長  $b$  見下表：



圖二

| $\alpha$  | $r = 100m$ | $r = 1km$ | $\alpha$  | $r = 100m$ | $r = 1km$ |
|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|
|           | $b$        | $b$       |           | $b$        | $b$       |
| $1^\circ$ | 1.75m      |           | $1^\circ$ | 1.57m      |           |
| $1'$      | 2.91cm     |           | $1'$      | 1.57cm     |           |
| $1''$     |            | 4.85mm    | $1''$     |            | 1.57mm    |

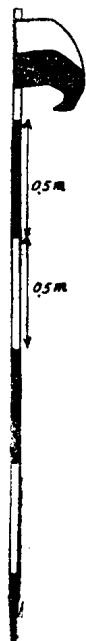
# 第一章 應用最簡單之方法施行水平測量

(Die Horizontalmessungen unter Verwendung einfacher Hilfsmitteln)

## §3 標識地面上各點所用之器具與定直線法

(Geräte zur Bezeichnung von Punkten auf dem Felde und das Abstecken gerader Linien)

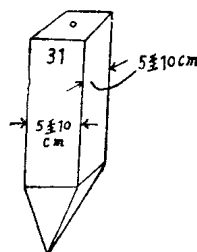
實施測量時應先將根據點，特別重要點與測量用之直線在地面上顯著表示之。暫時設置之點用直立標桿標識之。標桿 (Fluchtstab, 見圖三) 以木製成，長約二公尺至三公公尺，斷面為圓形，其直徑約為



圖三

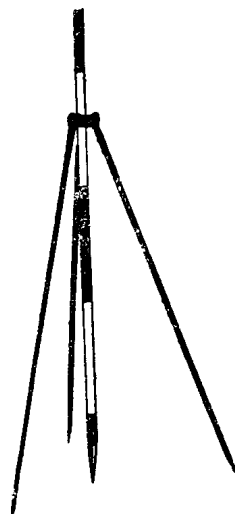


圖六



圖五

3cm，用黑白色(或紅白色)漆成如圖三，黑白色之間隔為0.5公尺；標桿上可掛一紅白旗，俾在遠處易見。標桿之下方包以鐵皮成尖銳形，用以插入土中。若遇堅硬之地可用三足鐵架以支持之(見圖四)。

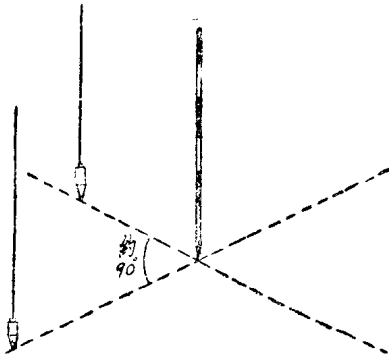


圖四

倘點須長期保存，可用木樁(圖五)以標誌之，木樁之長約為30至50cm厚約5-10cm。圖

內“31”表示木樁之號數。木樁之頂有一垂直細孔表示點之正確位置。木樁打入地中僅露出標號數之數字。

在野外所設之直線以二直立標桿表示之。標桿是否直立可用錘球 (Lot oder Senkel) (見圖六) 在二個互相垂直方向檢驗之，見圖七。



圖七

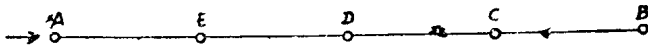
若一直線用多過於二根直立標桿標識之則一切直立標桿應在一個直立平面上。在一直線上插入間點 (Zwischen-Punkte) 或延長已設之直線，此種工作稱曰定直線法 (Abstecken der Geraden)。

定直線時常有下列數種情形發

現：

a) 直線  $AB$  兩端插有二直立標桿，由  $A$  可望見  $B$ ，試插入間點俾在  $AB$  直線上見圖八。

解：甲走至  $A$  標桿旁，退後約三步，瞄準  $A, B$  二標桿使其互相疊合。乙走至  $C$  處 (圖八) 手臂伸出向外，用二指執一直立標桿不附着地，手臂約垂直於  $AB$  方向，目向甲，甲做手勢指示乙，令乙所



圖八

執之標桿向左或向右移動，至  $A C B$  三標桿互相疊合為止。此時甲用雙手向下做手勢，即表示  $C$  標桿已置於欲置之位置。乙將二指所執之標桿自由落下，並用力插於地上。用同法插入其他間點  $D, E$ 。此處應注意者離最遠之點先行開始。