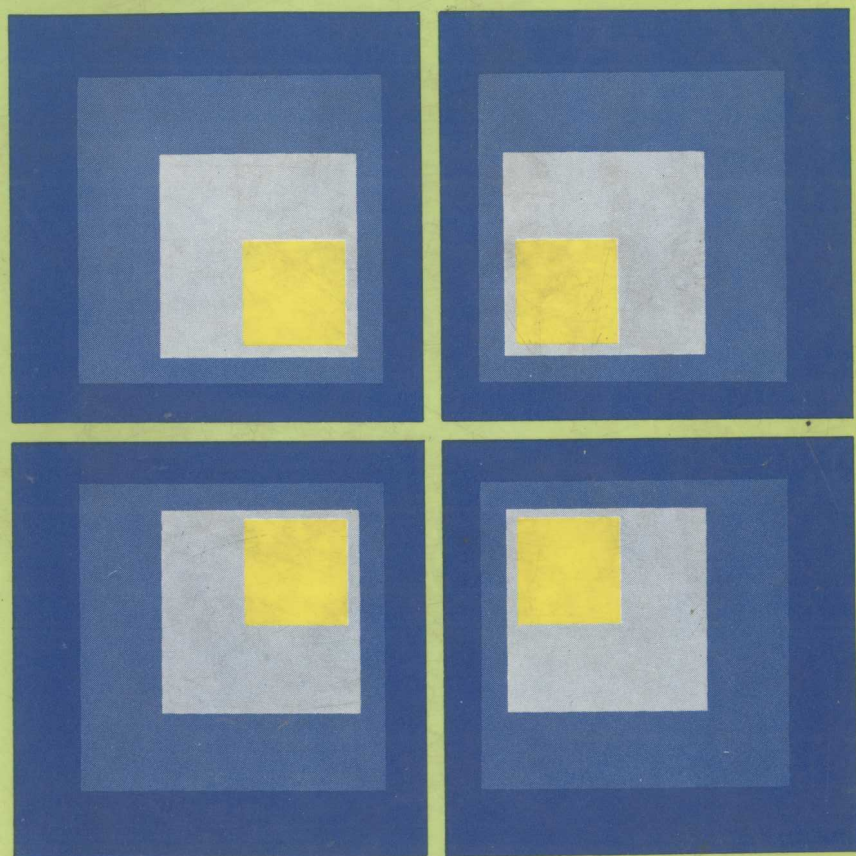


測量學

施永富 編著



測 量 學

施 永 富 編 著

學歷：成功大學土木研究所測量組畢業

現職：成功大學測量工程系講師

© 測 量 學

編著者 施永富

發行人 劉振強

出版者 三民書局股份有限公司

印刷所 三民書局股份有限公司

地址／臺北市重慶南路一段六十一號

郵撥／〇〇〇九九九八—五號

初版 中華民國七十七年七月

編號 S 44404

基本定價 拾元陸角柒分

行政院新聞局登記證局版臺業字第〇二〇〇號



序

- 一、本書撰寫的目的在確立測量學應用於解決實際問題之可行性，以引導學者瞭解測量對於土木、水利建設之實際應用為旨，理論與實際並重，適於土木、建築相關科系教學之用。
- 二、本書內容在闡述各種測量之基本原理及技術，並說明各種儀器之構造及使用方法。
- 三、作者從事測量工作並執教多年，實務經驗豐富。本書除作為教材外，另可供有志進修或擔任實務工作者參考之用。
- 四、本書匆促編成，雖悉心核校，疏漏之處在所難免，敬祈各方先進不吝指正，則幸甚矣！

測量學（上）目次

序

第一章 概 論

1-1	測量之定義	1
1-2	測量之分類	1
1-3	測量之基本原理	8
1-4	測量之作業程序	11
1-5	測量常用之名詞	17
1-6	測量常用之單位	20
1-7	測量製圖之比例尺	27
1-8	測量之誤差及精度	29
1-9	測量之應用	5
1-10	測量員應具備之基本條件	6

第二章 距離測量

2-1	概 說	39
2-2	直接量距儀器	40
2-3	點與線之標示	49
2-4	平坦地直接量距	50
2-5	斜坡地直接量距	58

2 測 量 學

2-6	遇障礙物之量距·····	63
2-7	簡易量距·····	70
2-8	垂直線、平行線及水平角測設·····	72
2-9	量距之誤差及其改正·····	94
2-10	量距之精度·····	105
2-11	電子測距儀測距·····	107

第三章 水準測量

3-1	概 說·····	125
3-2	水準儀之構造及其裝置原則·····	126
3-3	水準儀之種類·····	137
3-4	水準標尺·····	146
3-5	水準儀之檢點與校正·····	152
3-6	水準儀及水準尺使用法·····	158
3-7	水準測量之原理·····	161
3-8	水準測量之實施·····	165
3-9	水準測量之誤差及其防範·····	170
3-10	水準測量誤差界限及平差計算·····	172
3-11	水準測量之應用·····	177
3-12	氣壓計高程測量·····	187
3-13	三角高程測量·····	193

第四章 羅盤儀測量

4-1	概 說·····	199
4-2	羅盤儀之構造及種類·····	199

4-3	子午線·····	205
4-4	磁偏角與磁傾角·····	206
4-5	方向角與方位角·····	208
4-6	羅盤儀之觀測法·····	212
4-7	羅盤儀測量應注意之事項·····	214
4-8	羅盤儀之檢點與校正·····	215

第五章 經緯儀測量

5-1	概 說·····	221
5-2	經緯儀之構造及其裝置原則·····	221
5-3	經緯儀之種類及各類型簡介·····	243
5-4	經緯儀之使用·····	262
5-5	水平角觀測法·····	271
5-6	垂直角觀測法·····	283
5-7	經緯儀之測設·····	293
5-8	經緯儀之儀器誤差及其消除法·····	299
5-9	經緯儀之檢點與校正·····	307

第六章 視距測量

6-1	概 說·····	317
6-2	固定視距絲視距測量·····	318
6-3	視距標尺·····	322
6-4	平地上視距測量·····	323
6-5	傾斜地視距測量·····	324
6-6	貝門視距弧·····	332

4 測 量 學

6-7	視距計算尺.....	337
6-8	視距測量之誤差及精度.....	340
6-9	動絲視距測量.....	343
6-10	雙像視距測量.....	351
6-11	自化雙像視距測量.....	354
6-12	視角測距法.....	358
6-13	雙高測距法.....	362

附 表

1.	氣壓高程表.....	367
2.	氣壓高程溫度改正用表.....	369

第一章 概 論

1-1 測量之定義

爲確定地球表面上及其附近各點之相關位置，而使用各種儀器與方法，以量度或觀測點與點間之水平距離及垂直距離，或其連線之方向及線與線間所夾之角度等之技術，稱爲測量 (Survey)；反之，若將已知各點及各線之距離及方向或角度，以各種儀器正確地標定於地上者亦謂測量，但通常另用測設 (Setting out) 一詞表之，以示區別。而凡研究實施測量技術所必需之理論及應用方法之學問，則稱爲測量學 (Surveying)。

測量作業主要在量度各點或線之水平距離、垂直距離、方向或角度，以及測定物之面積、體積。其實施之位置，並非僅限於地面上之各點，實則包括地面上及地面下一切必須測量之各點。例如土地測量，所需施測之各點，常僅在地面上；隧道測量、礦山測量，所需施測之點，尚有地面下者；水道測量所需施測之點，亦含於水面下者；而天文測量，則施測之各點，常超出地球之外者。

1-2 測量之分類

測量之類別，視其分類之方法而異；有依測區範圍之大小而分者，有依測量所用主要儀器不同而分者，有依測量之性質而分者，有

依測量之目的及應用而分者，茲分別敘述如下：

1. 依測區範圍之大小而分

(1) 平面測量 (Plane surveying) 所測地區之大小與地球球體表面相較為甚小時，此種地面上之測量，不顧及地球表面曲率之因素而視作為平面處理，是謂平面測量。通常施測範圍以 200 平方公里或 75 平方哩為限。在平面測量中，水平距離與方向及水準線，均視為直線，所有水平角均為平面角。但若邊長在 500 公尺以上者，求測點之高程時，仍須顧及地球之曲率，不能視為平面處理之。本書各章節所述，概以平面測量為主。

(2) 大地測量 (Geodetic surveying) 所測地區廣大，須顧及地球表面曲率之測量，則謂大地測量。在大地測量作業中，所用之儀器、測算之方法均較細密，精度要求甚高。由於所需精度之不同與施測範圍大小不等，而視地球為一圓球體或為實際之橢圓球體；通常全國性之大地測量均假設地球為一橢圓球體，而面積較小之省區測量，亦有視為圓球體者。一般測量雖以平面測量為多，但由大地測量所獲得之成果、點位，卻常為平面測量之依據。

2. 依測量所用主要儀器不同而分：

(1) 簡略測量 (Approximate surveying) 係以最簡單之測量用器械，測量各測點間之距離、方向等之測量稱之。此種測量僅求簡單、迅速、便利，對於精度常不顧及。

(2) 捲尺測量 (Tape surveying) 為使用各種捲尺，如布捲尺、鋼捲尺、竹捲尺等量距儀器丈量距離、測繪平面圖或計算面積等之測量稱為捲尺測量。

(3) 水準儀測量 (Leveling) 應用水準儀直接測定地面上各測點在垂直面上之相互位置，亦即測出各測點之高程，或以水準儀將已知高程標定於地面上之測量，稱為水準儀測量。

(4) 羅盤儀測量 (Compass surveying) 應用羅盤儀以測定各測線之磁方向角或磁方位角，而以捲尺丈量距離，決定地面上各測點之平面相互位置之測量，稱之為羅盤儀測量。

(5) 經緯儀測量 (Transit surveying) 應用經緯儀測定測線之水平角或垂直角，而以捲尺丈量距離或利用經緯儀望遠鏡內之視距絲測量距離、高差，決定地面上各測點在平面上或垂直面上之相互位置之測量稱之。

(6) 平板儀測量 (Plane table surveying) 應用平板儀，輔以捲尺丈量距離或利用圖解方法及間接方法，測定測點間之方向、距離及高程，並直接標示於圖上之測量，稱為平板儀測量。通常適用於測繪平面圖及地形圖之細部測量。

(7) 六分儀測量 (Sextant surveying) 應用六分儀以測定各測點間之水平角及垂直角等之測量，稱為六分儀測量。適用於河川、海洋之測量或三角點之踏勘。

(8) 視距測量 (Stadia surveying) 經緯儀及其他相關儀器之望遠鏡內，設置有視距絲，以此裝置讀定置於遠處之標尺上所夾之讀數，間接求出兩點間之距離及高程差之測量，稱為視距測量。

(9) 氣壓計測量 (Barometric surveying) 利用氣壓計觀測各測站之氣壓變化，間接求得各測站間之高程差，此種測量方法稱為氣壓計測量。因其精度較差，通常用於初步踏勘測量作業。

(10) 電子測距儀測量 (Electronic distance measuring instrument surveying) 利用電磁波或光波於空間傳播之一定速

度，應用不同之電子處理以測定兩點間距離之測量稱之。爲近年來發展最速之一種距離測量方法。

(11) 攝影測量 (Photogrammetric surveying) 應用攝影技術，在地面上或高空之飛機上裝置特殊之攝影機，對地面拍攝照片，並依攝影所得之照片判讀照片上物體之種類及其性質、或利用立體製圖方法繪製各種地圖、或應用精密量測儀器確定地物之位置等之作業，稱爲攝影測量。凡將攝影機裝置於地面上拍攝者，稱爲地面攝影測量 (Terrestrial photogrammetry)，裝置於飛機上拍攝者，稱爲航空攝影測量 (Aerial photogrammetry)；前者應用於車禍之鑑定、建築物之變異偵測、醫療之檢定、古蹟之維護存證等，後者應用於地形圖之測繪、各種工程之選線設計、農林礦產資源之查勘等。

3. 依測量之性質而分

(1) 三角測量 (Triangulation) 應用三角學之原理，所作大地區之控制測量，係於實地上精密測定一基線之長，再由此基線擴展到一系列之三角形，並於三角形之每頂點上測定各邊所夾之水平角，由基線之長及水平角即可算得各頂點之平面座標，以爲測製地形圖及工程測量之根據。

(2) 導線測量 (Traverse surveying) 係於地面上布置若干點，測量各點間之距離及各點連線間所成之水平角，以定各點之平面位置之測量稱之。

(3) 三邊測量 (Trilateration) 三邊測量如同三角測量，於測區內布置一系列之三角形，但不測量各點之水平角而係直接測量各三角形之邊長，據以計算各點之平面座標。三邊測量之量距工作多應用電子測距儀。以上三項係屬控制測量，大區域之控制測量均採用之，

而小區域之控制測量則以採導線測量爲多。

(4) 高程測量 (Height measurement) 利用水準儀直接測定或以經緯儀、氣壓計等間接測算地球表面上各點與基準表面之垂直距離之測量。高程測量測定各點之高程，以供繪製地形圖及工程設計實施之依據。

4. 依測量之目的及應用而分

(1) 地形測量 (Topographic surveying) 以控制測量之成果爲依據，將地表面上之地貌、地物，運用各種測量方法，依比例相似測繪或以記號表示於圖上之作業，稱爲地形測量。地形測量需同時測定地物之平面位置及地面之高低，繪製地形圖，供一切工程、建築之規劃設計等之應用。

(2) 地籍測量 (Cadastral surveying) 包括地籍圖之測製、土地界址之測定、土地面積之清丈與計算，以及土地分割、地界鑑定與整理等之測量，爲地政機關地籍管理之資料依據。

(3) 都市測量 (Urban surveying) 包括市區及其鄰近地區之地形測量，都市土地使用現況界線之測定，市區街道及上下水道系統、電力、電信、油氣管線等工程之測量作業，以爲都市計畫 (Urban planning) 及都市建築管理之依據。

(4) 都市計畫定樁測量 (Stake surveying of urban planning) 將都市計畫圖上各計畫道路中心點、公共設施用地、土地使用分區及計畫範圍等界線交點之位置，準確測設於地面，並埋樁固定之作業，稱爲定樁測量。爲都市建設開發之基準依據。

(5) 路線測量 (Route surveying) 鐵路、公路、運河之交通路線之興築，上下水道、灌溉溝渠之開闢，油氣、水管路線之鋪

6 測 量 學

設，電信、輸電線路之架設等工程之新建或改善作業所需之各項測量，總稱為路線測量。

(6) 隧道測量 (Tunnel surveying) 為提供隧道設計應用資料之測量及工程設施之測定、監驗等之作業，稱之為隧道測量。

(7) 橋樑測量 (Bridge surveying) 係提供橋樑設計應用資料之測量及建築橋樑各部位位置、高低之測設等作業，稱為橋樑測量。

(8) 建築測量 (Architectural surveying) 乃各種營造建築工程之計畫、調查資料之測量及各種工程設施之測設等作業稱之為建築測量。包括房屋建築、廠房之場地整平測量及機械安裝測量、機場工程之定位測量。

(9) 礦山測量 (Mine surveying) 為礦山開採時所必需之測量，其作業包括礦坑外測量、坑道內測量、坑內外連結測量、土方測量等。

(10) 工程測量 (Engineering surveying) 為提供土木、水利、營建工程之研究、規劃、設計資料，施工時之實地測設及完工後工程顯示情況等之各種測量工作稱之。工程測量包含範圍甚廣，除上述(4)至(8)項均屬之外，尚有管涵測量、港灣測量、水庫測量、灌溉測量、微波定向測量等亦屬之。

(11) 水道測量 (Hydrographic surveying) 係指任何有水流地方，其測量之方法。如為海洋或湖泊，其測量之範圍，包括岸線之決定、潮汐之觀測、水底地質及地形之觀測及浮標位置之測定。如為河道，除上述外，尚須測定其水流之速度及其流量等，若為水庫或水壩等之蓄水工程，須測其壩址及集水、排水區域之面積等，皆為水道測量之範圍。

(12) 森林測量 (Forest surveying) 係以測定森林之境界、

地形、林班、林相等之目的，以繪製各種圖籍，供森林經營及開發之應用。

(13) 天文測量 (Astronomical surveying) 係使用各種儀器觀測天體 (Celestial body)，以定觀測地之經度、緯度及對於某一觀測點之真方位角等，作為地形測量或編製小比例尺地圖之控制點測量應用；在船隻航行或飛機飛行時依經緯度確定地點及航行方向均以斯是賴。

(14) 地質測量 (Geographical surveying) 乃屬於小比例尺之地形測繪，表示地面之高低、山嶺丘陵之走勢、河流湖泊之分布情形，地層結構、岩石成份之測定等作業均屬之，以明土地之天然性質也。

(15) 軍事測量 (Military surveying) 乃測量某地區之地物、地貌等之作業；惟偏重於軍事作戰計畫所需之資料，如山巒、原野、湖澤、水溝、斷垣等地物均需註記；河川寬度、深度、流量、流速、渡口、橋樑、道路編號、等級情況等均須明示或以符號說明，以供軍事國防建設之參考。

(16) 工程微變測量 (Surveying of engineering infinitesimal deformation) 係利用各種儀器測定地層或結構物於工程施工前、施工中及施工後之變形 (Deformation)、變位 (Displacement)、沉陷 (Settlement)、應變 (Strain)、應力 (Stress) 及載重 (Load) 等之測量。由於其量一般均甚小，測量精度要求宜高，且必須施行週期性之觀測，方可了解情況、分析資料以作為工程施工之控制，並提供往後工程規劃、工程設計之參考。

1-3 測量之基本原理

測量之意義，既為測定地球表面上及其附近各點間之相關位置；故測量之基本原理在於應用各種方法以求得「點」(Point)之關係位置。通常皆由地面上已設立且經確定相關位置之點，此些點稱為基點 (Base station)，以測定出新點之位置，此等新點復可作為定出其他新點之基點。如此不僅可求得欲測各點之相關位置，且可標示於圖上，由圖上各點連成線、面，繪成所須之圖籍。茲將各種定出新點之方法歸納為七種，分述如下：

(1) 三邊法 如圖 1-1，A、B 二點為基點，C 為新點，欲求 C 點與 A、B 二點於平面上之相關位置，可測量 $\overline{AC}$ 及 $\overline{BC}$ 兩段距離，利用作圖法於圖上求得 $\overline{AC}$ 與 $\overline{BC}$ 之交點，即為 C 點之位置。此法常用於測繪地物、地貌之細部測量 (Detail survey)；如以計算方法求得 C 點之位置，即用於三邊測量。

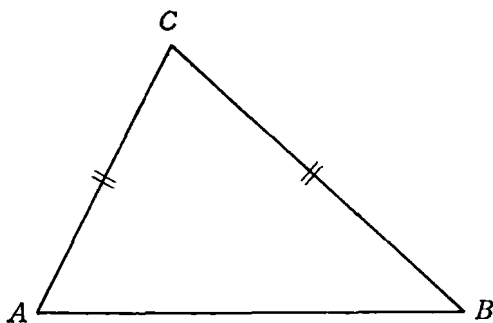


圖 1-1

(2) 支距法 如圖 1-2，A、B 二點為基點，欲求新點 C 之位置，可由 C 點作垂直於 AB 線之直線 CD，並量其距離，稱為支距

(Offset)，再量 $\overline{AD}$ 或 $\overline{BD}$ 之距離（如二段皆量更佳），即可定出C點之位置。此法常用於細部測量及小區域之工程測量。

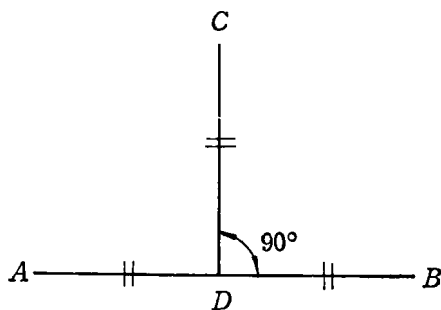


圖 1-2

(3) 交點法 如圖 1-3，若 A、B、C、D 四點為基點，欲求新點 E（即交點）之位置，可以 AB 及 CD 線連結之，定出 E 點之位置。此法常用於定樁測量及工程測量之直線交點測設。

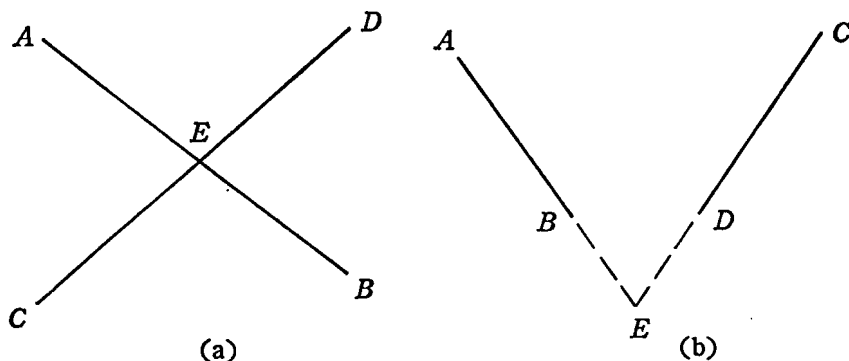


圖 1-3

(4) 導線法 如圖 1-4，若 A、B 二點為基點，求新點 C 之位置，可測量 $\angle CAB$ 之角度及量 $\overline{AC}$ 之距離，定出 C 點。此法即為導線測量中所用。