

學 量 測

著 編 雁 雲 孫
訂 校 漢 繼 黃

專 科 學 校 用 書

測 量 學

孫 雲 雁 編 著
黃 繼 漢 校 訂

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司
出 版

內 容 提 要

本書基本上為配合土木及水利專科學校的應用而編寫。全書內容的安排完全依據蘇聯的測量學教學大綱。編寫時除採取蘇聯的先進方法外，更大量結合了祖國測量工作者的累積經驗，故在培養祖國大建設中所需的測量人員時，如取本書為教材，頗為適用。

全書共分 13 章 192 節，經編著者在南京工學院土木工程及華東水利學院各系數度作爲講義，頗使學者獲得相當成就，並在實際工作中，能勝任愉快地完成各種測量業務。

測量學

編著者 孫 雲 雁

校訂者 黃 繼 漢

出版者 中國科學圖書儀器公司

上海延安中路 537 號 電話 64545
上海市書刊出版營業許可證出〇二七號

經售者 新華書店上海發行所

★ 有 版 權 ★

CHE. 10—0.12 216千字 開本:(762×1066) $\frac{1}{32}$ 印張:11.9375

定價 ¥ 12,800

1955年2月初版第4次印刷7,001—9,500

序

(一) 本書主要材料是配合土木, 水利各專修科和專業的要求而編寫的。它能使讀者掌握平面測量基本理論, 各種測量儀器的構造, 整理和操作的方法, 並且能使他們在實際工作中很輕鬆愉快的勝任各種測量的業務。

(二) 書中內容的安排係根據蘇聯測量學教學大綱而編寫的。內容除採用一部份蘇聯材料(如巴保夫導線網測量平差法及水準網測量平差法等)外, 其餘均係搜集祖國測量工作者之經驗。

(三) 書中例題的解釋儘量作到詳細清晰, 便於講授和自修。

(四) 編者曾將本書在南京工學院土木系及華東水利學院各系充作教本。每週授課兩小時, 在一學年內修完。

(五) 編者能力有限, 本書之缺點和錯誤之處一定很多, 希望讀者提出意見和批評。

(六) 本書承南京工學院土木系測量教研組主任黃繼漢教授熱心地仔細地校訂, 謹此誌謝。

孫雲雁識於南京工學院

一九五三年九月

1105569

目

錄

第一章 緒論.....1-16

1-1 測量學的定義.....1

1-2 測量學發展史的概述.....1

1-3 測量學的用途.....2

1-4 地球的形狀和大小的概念.....3

1-5 比例尺.....5

1-6 平面圖.....7

1-7 地圖的概念.....8

1-8 誤差的概念.....14

1-9 測量的分類.....15

第二章 距離測量.....17-41

2-1 距離測量的工具.....17

2-2 在平地上測量水平距離的
方法.....192-3 在斜坡上測量水平距離的
方法.....21

2-4 木桿尺的檢驗法.....23

2-5 鋼尺的檢驗法.....24

2-6 鋼尺的保護.....25

2-7 距離的精密量法.....26

2-8 距離的估計方法.....28

2-9 距離測量發生差誤的原因.....31

2-10 量度距離的精確度.....32

2-11 自線內一點作一垂線法.....33

2-12 用鋼尺在地面上測設角度法.....35

2-13 自線外一點安設垂線法.....37

2-14 測設平行線法.....37

2-15 過河湖等障礙的量距法.....38

2-16 因崗巒遮蔽不能相見二點
之量距法.....392-17 在平地上因受房屋阻礙不
能相見二點之量距法.....40

2-18 用距離測量法測定平面圖.....41

第三章 羅盤儀測量.....42-58

3-1 羅盤儀的種類.....42

3-2 羅盤儀的構造.....43

3-3 何謂磁偏角.....44

3-4 測定磁偏角法.....44

3-5 何謂方向角.....46

3-6 何謂方位角.....47

3-7 羅盤儀的用法.....49

3-8 羅盤儀的用途.....50

3-9 用方向角計算角度法.....51	3-12 羅盤儀測量發生差誤的原 因.....53
3-10 查驗地方磁性吸引力的方 法.....52	3-13 購置羅盤儀時檢查儀器之 方法.....54
3-11 校正圖形內各邊受局部地 方吸引力的影響所致差 誤的方向角.....52	3-14 羅盤儀之整理.....55
	3-15 羅盤儀之保護方法.....57
第四章 測量望遠鏡與水準器.....59-68	
4-1 透鏡的光學作用.....59	4-4 水準器的構造.....66
4-2 開普列式望遠鏡的構造.....61	4-5 測驗水準管精確度的方法.....67
4-3 望遠鏡之性質.....64	
第五章 經緯儀的使用法.....69-102	
5-1 經緯儀的用途.....69	5-13 使用經緯儀望遠鏡時應注 意的事項.....86
5-2 普通經緯儀之構造.....69	5-14 什麼叫做後視前視.....87
5-3 良好經緯儀必備的條件.....71	5-15 測定水平角的方法.....87
5-4 經緯儀上盤與下盤的關係.....71	5-16 用複測法測定水平角.....88
5-5 度盤刻度法.....71	5-17 敷設水平角的方法.....88
5-6 經緯儀上的游尺.....72	5-18 引長一直線的方法.....89
5-7 普通經緯儀的讀角法.....74	5-19 用經緯儀測定兩點間高度 差的方法.....89
5-8 蔡氏經緯儀的讀角法.....75	5-20 用經緯儀測量角度發生差 誤的原因.....90
5-9 維爾德經緯儀的讀角法.....80	5-21 消除測角差誤的方法.....92
5-10 可恩DKM ₂ 經緯儀的讀角 法.....81	5-22 經緯儀各軸線之關係.....93
5-11 塔維氏特克經緯儀的讀角 法.....82	5-23 經緯儀之主要校正.....93
5-12 經緯儀的安平法.....84	
第六章 經緯儀測量導線法.....103-120	
6-1 什麼叫做測站、測線和導線.....103	6-4 導線測量隊的組織和測量 時所需要的用具.....104
6-2 左角及右角的意義.....103	6-5 導線角度的測法.....104
6-3 偏角的定義.....103	

6-6 三種導線角度測法的比較	108	6-10 閉塞差的限度	114
6-7 各種導線測法記載表式	109	6-11 有障礙時,導線的測法	115
6-8 精密導線的測法	114	6-12 自己知導線測定物體位置的方法	117
6-9 閉塞導線和閉塞差的意義	114		

第七章 導線的計算和畫法121-149

7-1 導線的計算	121	7-4 用倍子午距法計算閉塞導線多邊形之面積	135
7-2 環狀閉塞導線	121	7-5 導線網的平差法	138
7-3 聯絡閉塞導線	128		

第八章 水準測量儀器150-157

8-1 水準測量的目的	150	8-7 蔡氏水準儀	152
8-2 水準儀的用途	150	8-8 可恩水準儀(NK ₈)	154
8-3 水準儀的種類	150	8-9 手持水準儀	154
8-4 水準儀的主要部份	150	8-10 水準尺	155
8-5 活鏡水準儀	151	8-11 尺墊	156
8-6 定鏡水準儀	151		

第九章 水準測量的原理和野外工作158-195

9-1 水準高度和水準基面的意義	158	9-11 選擇水準路線時應注意之事項	167
9-2 何謂水準標點	158	9-12 選擇水準標點位置時應注意之事項	167
9-3 水準測量的基本方法	162	9-13 測量水準標點高度的手續	168
9-4 何謂轉點中間點	163	9-14 轉點之重要性	171
9-5 水準測量隊的組織	163	9-15 前後視轉點時應注意之點	171
9-6 水準測量隊之用具	164	9-16 視線的長度	171
9-7 定鏡及活鏡水準儀的安平法	164	9-17 安置水準儀地點的選擇	171
9-8 使用水準儀的方法	165	9-18 縱断面測量之手續	172
9-9 水準尺的持法	165	9-19 交互水準測量法	174
9-10 水準尺的讀法	166	9-20 應用坡度尺數決定坡椿處	

填挖高度的方法	175	9-25 定鏡水準儀之校正	187
9-21 水準線過河的測法	179	9-26 水準儀及水準尺的保護	189
9-22 水準測量發生差誤的原因	179	9-27 水準閉合線的平差	190
9-23 水準測量差誤的限度	182	9-28 水準網的平差法	191
9-24 活鏡水準儀之校正	183		

第十章 視距測量 196-238

10-1 視距測量的意義	196	10-15 夾角視距法	226
10-2 何謂視距線	196	10-16 用視距法測距離	228
10-3 何謂視距尺	197	10-17 用視距法測高度	229
10-4 視距測量原理	197	10-18 用視距法測量聯絡閉塞導 線	230
10-5 傾斜視線的視距公式	201	10-19 用視距法測量環狀閉塞導 線	231
10-6 測定儀器的視距常數法	203	10-20 用視距法測量兩點間距離 之精確度	234
10-7 視距表之製法及用法	205	10-21 用視距法測量兩點間高度 差的精確度	234
10-8 視距圖之製法及用法	213	10-22 視距導線之距離及高度閉 塞差	235
10-9 視距弧	216	10-23 視距測量發生差誤的原因	236
10-10 視距計算尺	220	10-24 視距測量應注意之事項	237
10-11 視距計算盤	221		
10-12 以上各種視距計算法的比 較	221		
10-13 華滋視距儀	222		
10-14 海格曼視距法	224		

第十一章 平板儀測量 239-279

11-1 概述	239	11-7 平板儀測量的原理	247
11-2 平板儀的種類	239	11-8 平板儀的標定	248
11-3 平板儀之構造及其附用之 器械	239	11-9 平板儀測量的放射法	250
11-4 平板儀測量的優劣	244	11-10 平板儀測量的導線法	251
11-5 平板儀上的圖紙鋪貼法	244	11-11 平板儀測量的截線法	252
11-6 平板儀的安平法	246	11-12 平板儀測量的交線法	253
		11-13 導線閉塞差誤的改正法	257

11-14 三點法	261	11-19 小平板儀測定水平距離 ..	276
11-15 兩點法	267	11-20 平板儀測量發生差誤的原 因	277
11-16 各種測法的比較	268	11-21 平板儀的檢查	278
11-17 用平板儀測定高度法	269		
11-18 小平板儀測定高度差	275		

第十二章 地形測量280-336

12-1 地形概念和地形主要的種 類	280	12-7 繪等高線舉例	311
12-2 什麼叫做地形測量	281	12-8 等高線的整飾	313
12-3 表示地形的方方法	281	12-9 測地形圖的方法	314
12-4 地形測量的方法	292	12-10 三點題	326
12-5 插線法的意義	304	12-11 經緯儀法的利弊	327
12-6 決定插線點的方法	304	12-12 地形圖的應用	328

第十三章 河海測量337-370

13-1 概說	337	13-6 河身狹小交通較稀之橫斷 面測繪法	351
13-2 岸線測量	337	13-7 河流較大交通頻繁的河斷 面測量法	353
13-3 測量河海時所用的器械 ..	338	13-8 流速測量	357
13-4 水尺之設立及水位之觀測	349	13-9 流量計算法	365
13-5 流量測站的選定	350		

第一章

緒論

1-1 測量學的定義 測量學是一種技術，用各種儀器和方法，確定地面上各點的位置和各點間的高度差，再用適當的比例尺和符號把他畫成一幅地圖。 換句話說測量是一種製圖的技術。 所謂地面是包括我們所看到的地球表面，河海湖沼的底和礦山岩洞隧道的內部。

1-2 測量學發展史的概述 關於測量學的發展史，我就中西兩方面分別簡略說明，希望讀者得到一個概念。

(甲) 歐西測量學發展的概況 歐西測量學的應用，最初是在埃及開始的，因為尼羅河每年定期的氾濫一次，河流兩岸農田的界址常被淹沒，每年必須經過測量劃分，當時人民常藉河邊的高地作為標記，準備在泛濫之後利用那些標記測出各家農民原有的界址，當時的工作在現在看起來這不過僅僅是應用幾何學上的簡單的方法，也可以說那時的測量學就是幾何學。

到公曆紀元前 130 年（當我國漢武帝時），亞力山大開始著出測量學專書，當時羅馬政府用測量學的方法來測定地畝。 自此以後，測量學隨數學、物理、天文、機械等學科而猛進。 自從 1610

年望遠鏡發明以後，測量儀器就大大的改革，1615 年開始應用三角測量。測量方法也就更進步了。在十九世紀內，歐西各國都在努力測製本國的地圖，測量的法則訂得格外嚴格。同時攝影測量也開始應用了，直到最近二十年內，利用飛機攝影根據地面上的控制點製成詳細的地形圖和地籍、鐵道、水利、城市、海港、森林礦產等各種測圖，收效很大。

(乙) 祖國測量學發展的概況 我們祖國，很早就知道測量的學術了，如黃帝時代發明的指南針，夏禹的禹跡圖等等都是有關測量的事實，可惜測量的方法，已不可考。在清康熙、乾隆時代，曾在國內各大城市測定經緯度四百多處，作為編製全國地圖的根據。

清光緒末年，軍諮部曾舉辦全國測務，在 1911 年陸地測量總局實地測量全國地形圖和軍用地圖。自 1931 年起祖國開始舉辦軍用航空測量和兼辦地籍、鐵道、水利等航空測量。

祖國幅員遼闊，對於建國必須的軍用、地籍、工程水利等圖，為要求其迅速完成起見，自非採用航空測量不可。將來祖國必定會派大量飛機，做全國的航空攝影，在短期之內，完成各種比例尺的像片。像蘇聯先進國家，早已動員大批飛機施行攝影，結果非常良好，值得我們向他學習。

1-3 測量學的用途 測量學的用途非常廣大，而且很重要。大凡一切國防建設，經濟建設，都是首先依靠測量，畫出圖來，然

後才能擬訂各種計劃，譬如國防戰略的佈置必須依靠精密詳細的軍用圖；全國土地的清丈和整理也必須測製地籍圖；又如城市交通的規劃，水利的興修，礦山的開發和一切工程的設計與實施，莫不以測量為一種基本工作；又如國家行政的規劃，地理研究，旅行考查等，都要應用實測的詳圖。再說一個航海的大輪船，在海裏航行，假如船長不懂得測量，那就不能執行任務。因為一隻船在海洋裏航行，假如發生事變必須用無線電發出求救的呼號，但是要不曉得船隻所在海洋的位置，如經度若干，緯度若干，救生船也無法去救它。那些船隻在海洋裏的位置的測定，都是依靠測量學的方法來決定的。如此測量學的用途要舉例來說明，實在是舉不盡的。

1-4 地球的形狀和大小的概念 從前人總以為天是圓的地是方的。雖然也有人說過地是圓的，譬如希臘古代的畢達哥拉斯，亞里斯多德和我國的王蕃都發表過地圓的見解，但是大家都不相信。直到十六世紀麥哲倫和他的水手們由歐洲出發向西航行，經過大西洋、太平洋、印度洋結果從東方回來了，亞里斯多德根據這種現象，推定地球是圓的，這才使一般「天圓地方」說的信徒們恍然大悟。就事實講，用不着週行世界也可證明地球是圓的。

（一）月蝕的時候，遮着月面的陰影，大家都知道是地球的影子。這影子邊緣作弧形，可見地球是圓的。

(二) 我們站在地面上向四周望去,所看見的地面上的一個圓圈,叫做視圈。視圈的大小,與視點的高低有關係。視點越高,視圈越大。請看圖 1-1,只有在球面上才能有這種現象。

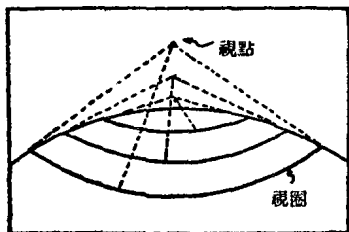


圖 1-1 地圓證明圖——視點和視圈

地球雖然大體上看來是球體,但是並不是規則的圓球體。牛頓曾根據力學的原理,認為地球既有自轉,赤道部份必然膨脹,兩極部份必定扁平。請看圖 1-2。地球的形狀,應當是和橘子相似的一個扁平的橢圓體。後來經過很多學者的測算,證明牛頓的想像是對的。因為地球如果是真正的圓球形,它的半徑應當一樣,根據測量計算的結果,赤道半徑比兩極半徑長(參攷下面附表),精確一點說,地球也不是真正的扁平橢圓體。因為它的表面並不是平滑一致的,有突起的大山,有低下的海洋,高低相差將近兩萬公尺。球面上最高的山峯如珠穆拉瑪峯高八千八百八十二公尺,最深的海洋為菲律賓東面的恩登深淵,在海平面下一萬七百九十三公尺,高低相差 19,675 公尺。面上最平坦的是水面,實際分析起來,水面也有高低的差別。像接近大陸的洋面,因受陸地的吸引,經常要比大洋

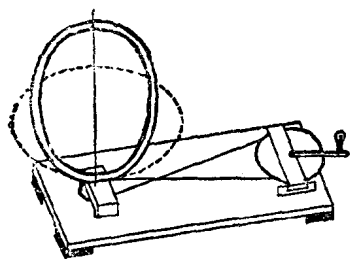


圖 1-2 離心環圖

表),精確一點說,地球也不是真正的扁平橢圓體。因為它的表面並不是平滑一致的,有突起的大山,有低下的海洋,高低相差將近兩萬公尺。球面上最高的山峯如珠穆拉瑪峯高八千八百八十二公尺,最深的海洋為菲律賓

東面的恩登深淵,在海平面下一萬七百九十三公尺,高低相差 19,675 公尺。面上最平坦的是水面,實際分析起來,水面也有高低的差別。像接近大陸的洋面,因受陸地的吸引,經常要比大洋

的中心部份高得多，所以地球的形狀，既不是圓球體，也不是扁平的橢圓體。在我們的觀念中，沒有任何一種東西像它，因此地理學家稱它為“地球體”。

以上所說的地球形狀只是概念。我們要科學的認識它，必定要測算它的大小。地球有多麼大是用三角測量的方法來決定的。現在國際間慣用的數字是赫福爾特氏計算的

赤道半徑—— 6,378 公里	} 相差 22 公里
兩極半徑—— 6,356 公里	
赤道圓周—— 40,076 公里	} 相差 68 公里
經線圓周—— 40,008 公里	

1-5 比例尺 在工程圖上或地圖上都必須畫一個比例尺。一方面可供看圖之用；另一方面是供應繪圖者的需要。可用它在圖上量距離；也可以從所繪的比例尺，看出製圖期間內圖紙收縮的程度。所以在製圖開始的時候，就應當先畫出比例尺。比例尺的長度為八公分至二十五公分看圖幅大小來決定的。

比例尺如 1:1,000，它的意義是紙上 1 公尺長度代表地上 1,000 公尺。也就是說紙上 1 公分長度代表地上 10 公尺。

比例尺的畫法有兩種形式：一種尋常所用的，叫做簡式比例

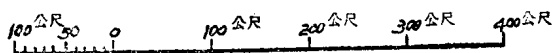


圖 1-3 比例尺

尺；另一種形式叫做複式比例尺。現在分別說明如下：

簡式比例尺，是普通圖上常用的，如圖 1-3 所示。

畫這種比例尺時，應當把尺的右邊畫成較大的分段代表大整數的距離（如 100 公尺，200 公尺，300 公尺，400 公尺）左邊畫成較細分段，代表小整數的距離（如 10 公尺，20 公尺，30 公尺…等）0 線在兩尺的中間，而為公用。假如在圖上要量 220 公尺的長，可將兩腳規的一只腳尖放在尺上 200 公尺處，將另一腳尖向左張開指到小分段第二個格子上，那個距離就是代表 220 公尺的長度。這種簡式比例尺是很容易畫的。但是不大準確。因為不到一細段的尺數，只有用估計的方法估算。

複式比例尺比簡式比例尺精確多了。因為它可以量到 $\frac{1}{10}$ 的細段。它的畫法也很簡單。先畫出一個簡式比例尺圖，次作十根間距相等的平行線平行於簡式比例尺。在尺的右邊，通過各大段的分劃線作垂直線。再把尺的左邊一大段上下兩線分為十等分，斜連各分點用上線的分點連它偏左的下分點，就得到我

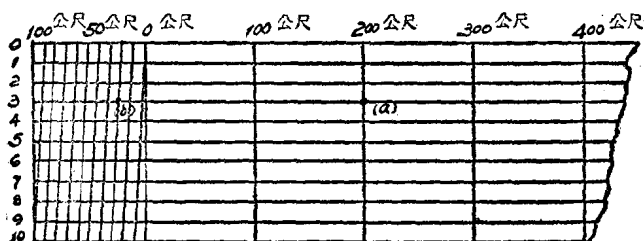


圖 1-4 複式比例尺

們所需要的複式比例尺圖。如圖 1-4 所示。

假如我們要量 223 公尺，在簡式比例尺圖上 220 公尺是直接可以量出來的。其餘 3 公尺僅能憑估計的方法估算，結果不大精確。如果我們用複式比例尺量 223 公尺可以直接量出來。量的方法是用兩腳規的一個腳尖放在尺的右邊 200 公尺一條垂線和第(3)條橫線的交點(*a*)上，再將另一腳尖向左方張開落在(0)垂線左邊第二個細格上(*b*)點，正好得到 223 公尺的距離。

1-6 平面圖 表示地面上物體平面位置的圖叫做平面圖。在平面圖上如果表示地面起伏高低者稱為地形圖；如果表示河流湖泊海港邊岸及水深者稱為水道圖。這許多資料是由測量而來的，用適當的比例尺畫成一幅圖。至於採用比例尺的大小，是根據圖的種類和用途來決定的。一般來說，用它做工程設計者可用精密詳細的圖也可以用較小的比例尺圖；用它來計算土方者，就應當採用較大的比例尺圖。因為圖裏等高線間距愈小，計算出來的土方愈精確。此地再談一談什麼叫做小比例尺？什麼叫做大比例尺？一般初用比例尺的同志們，常發生誤會。前次講過譬如比例尺 1:1,000，那就是圖上 1 公分等於地上 10 公尺，也可以寫作 $\frac{1}{1,000}$ 。如果圖上 1 公分等於地上 1 公尺，那它的比例尺就是 1:100，也可寫作 $\frac{1}{100}$ 。那麼 1:1,000 就比 1:100 的比例尺小了。如此分母愈大者，稱為小比例尺；分母愈小者，

稱為大比例尺。現在把我們常用的圖和比例尺的大小，列出一個表來供讀者參考。

圖的種類	路線平面圖	普通地形圖	詳細地形圖	市街平面圖	建築平面圖	上下水道平面圖
比例尺	二萬分之一	五萬分之一 二萬分之一	五百分之一	千分之一 二千分之一	五十分之一 一百分之	五百分之一 一千分之一
	二千分之一	一萬分之一 五千分之一	千分之一	五千分之一 一萬分之一	二百分之	二千分之一

1-7 地圖的概念 前節已經講過有關平面圖的認識。現在更進一步談談地圖的概念，平面圖所涉及的範圍比較小，可以用平面測量的方法來測定的。用的儀器也比較簡單。但是地圖所包括的範圍是很大的，小則一縣一省；大則包括一個國家的地域。因此就要用大地測量的方法和精密的儀器來測定。測定一塊大範圍的地圖，實地測量工作比較繁雜，所用的比例尺也很小。面積既大，規模又宏，必須採用一二等的平面及高程控制測量。至於細部測量可採用航空攝影測量，把地形測定出來。在一般地圖上除了地形之外，還須要把經濟調查的事實分別列入圖內。

平面控制測量是用若干個連續的三角網分佈在地面上。也就是說分佈若干個互相連繫的三角形在地面上控制各測點的位置。三角形的頂點叫做三角點。但是三角網須要知道一邊的長度和角度，然後才可以計算其他各邊。這個已知邊叫基線。並