

中等專業學校教材試用本

測量學

(修訂本)

沈鏡祥編

地質出版社

中華人民共和國地質部教育司推薦

中等地質學校教材試用本說明

編寫適當教材是提高教學質量的基本環節之一。為此，我司在各有關方面大力協助之下編寫一批中等地質學校專業教材試用本，陸續由地質出版社出版。

本書係約請沈鏡祥同志根據地質部中等地質學校測量學教學大綱編寫的、可供為礦產地質和勘探、水文地質、地球物理探礦及鑽探等專業的試用教材。

我們希望：使用本書的教師和技術幹部們，對本書廣泛地認真地提出修正意見，以作再版修訂時的參考。

中華人民共和國地質部教育司

中等專業學校教材試用本

測 量 學

(修訂本)

沈 鏡 祥 編

地質出版社

1956·北京

本書係根據地質部和蘇聯最近修訂的各地質專業測量學教學大綱編寫的。內容除敘述測量學的一般知識和基本原理外，並着重敘述近代測量工作中最常用的各種測量方法、儀器的構造和校正，以及地形圖的應用等。

本書除可作中等專業學校各地質專業的教材外，並可供高等學校師生及有關地質、測量、工程技術人員的參考用書。

測 量 學

(修訂本)

320,000字

編 者	沈 鏡 祥
出版者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3號
	北京市書刊出版業營業許可證出字第零伍零號
發行者	新 華 書 店
印刷者	地 質 印 刷 廠
	北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)9001—24,010冊 一九五六年六月北京第二版

定價(8)1.98元

一九五六年六月第一次印刷

開本31"×43¹¹/₁₆"

印張14¹/₂ 插頁3

目 錄

第一章 緒 論	9
§ 1. 測量學的任務及其在國家建設中的作用	9
§ 2. 測量學發展簡史	10
§ 3. 地球形狀和大小的概念	12
§ 4. 水準面和水平面	13
§ 5. 比例尺	15
§ 6. 關於平面圖、地圖和斷面圖的概念	19
§ 7. 測量的概念	21
第二章 地形圖及其應用	22
§ 8. 地形圖	22
§ 9. 地形圖符號	23
§ 10. 等高線及其性質	27
§ 11. 地理座標和平面直角座標	30
§ 12. 地形圖內分幅和編號	33
§ 13. 地形圖讀法	39
§ 14. 用等高線圖解決某些問題	44
§ 15. 根據地形模型繪等高線及根據等高線作斷面圖	46
第三章 定線和量距	49
§ 16. 地面上點的標誌	49
§ 17. 直線定線	50
§ 18. 直接量距的儀器	53
§ 19. 量距尺的檢驗	55
§ 20. 平坦地量距法	55
§ 21. 用不正確鋼尺量距結果的改正	57
§ 22. 測斜器	58
§ 23. 傾斜地量距法	60
第四章 測量誤差的概念	66
§ 24. 測量誤差及其分類	66
§ 25. 算術平均值	68

§ 26. 均方誤差	70
§ 27. 用似真誤差表示均方誤差	72
§ 28. 觀測值函數的均方誤差	75
§ 29. 觀測值的權	79
§ 30. 測量的容許誤差和相對誤差	81
第五章 直線定向	83
§ 31. 直線定向的意義和方法	83
§ 32. 真方位角、磁方位角和座標方位角的關係	85
§ 33. 根據兩個方向的方位角或象限角求兩方向間的夾角	88
§ 34. 正方位角和反方位角、正象限角和反象限角	89
第六章 羅盤儀測量	91
§ 35. 羅盤儀	91
§ 36. 羅盤儀的檢查和改正	94
§ 37. 磁方位角和磁象限角的測定	97
§ 38. 羅盤儀測量	99
§ 39. 根據角度和邊長繪製平面圖	101
第七章 經緯儀測量的外業	106
§ 40. 角度測量的原理	106
§ 41. 經緯儀的構造	107
§ 42. 度盤和游標	111
§ 43. 望遠鏡	115
§ 44. 水準器	120
§ 45. 蘇聯 ГеоФизика 型經緯儀	122
§ 46. 威爾特 T ₁ 型經緯儀	124
§ 47. 經緯儀的檢查改正	126
§ 48. 水平角和垂直角的觀測	131
§ 49. 經緯儀導線測量的外業	137
§ 50. 經緯儀地物測量	139
第八章 經緯儀測量的內業	145
§ 51. 野外資料整理的程序	145
§ 52. 閉合導線角閉合差的計算和配賦	145
§ 53. 附合導線角閉合差的計算和配賦	148
§ 54. 導線點縱橫座標的計算	149

§ 55. 用直尺和特洛培雪夫尺繪製座標網	159
§ 56. 導線點和地物的展繪	162
第九章 面積和體積的計算	163
§ 57. 計算面積和體積的目的和方法	163
§ 58. 圖解法求面積	164
§ 59. 解析法求面積	165
§ 60. 求積儀及其應用	167
§ 61. 體積和儲量計算	172
第十章 水準測量	178
§ 62. 高程測量的概念	178
§ 63. 水準點	178
§ 64. 水準測量的原理	180
§ 65. 地球曲率和折光的影響	183
§ 66. 水準儀的構造及種類	184
§ 67. 水準標尺和標尺台	191
§ 68. 定鏡水準儀的檢查和改正	194
§ 69. 轉鏡水準儀的檢查和改正	196
§ 70. 水準測量	198
§ 71. 路線水準測量	205
§ 72. 縱斷面圖的繪製	209
§ 73. 坡面線的設計	210
§ 74. 橫斷面水準測量及橫斷面圖的繪製	212
§ 75. 曲線及其測設	215
§ 76. 河流水準測量	223
§ 77. 面積水準測量	228
第十一章 視距測量	233
§ 78. 視距測量的概念	233
§ 79. 視距法的原理及常數測定	234
§ 80. 在傾斜地用視距法測定平距和高差	237
§ 81. 視距經緯儀和視距尺	239
§ 82. 高差和平距的計算	246
§ 83. 視距測量的外業	251
§ 84. 視距測量成果的整理和地形圖的繪製	254

第十二章 全國性控制網的一般知識	256
§ 85. 建立全國性控制網的基本原則	256
§ 86. 三角測量及其等級	257
§ 87. 精密導線測量	260
§ 88. 全國性水準網	261
第十三章 真方位角的測定	293
§ 89. 從標準時換算恆星時	263
§ 90. 用太陽（或恆星）等高法測定真方位角	264
§ 91. 利用“各時角北極星平經”表求真方位角	268
第十四章 平板儀測量	270
§ 92. 平板儀的構造	270
§ 93. 平板儀的整平和對中	278
§ 94. 平板的檢查	279
§ 95. 照準儀的檢查和改正	279
§ 96. 測斜照準儀的檢查和改正	282
§ 97. 視板量距尺的原理及精度	284
§ 98. 平板儀的定向和角度的描繪	286
§ 99. 前方交會和側方交會	287
§100. 坡欽諾問題及其解法	288
§101. 圖解三角測量	292
§102. 平板儀導線測量	299
§103. 地形特徵點的測定法	305
§104. 地物測量的方法	307
§105. 地貌測量的方法	309
§106. 平板儀測量的整理工作和隨原圖呈交的文件	312
第十五章 氣壓高程測量	313
§107. 氣壓高程測量的原理及計算公式	313
§108. 氣壓計的構造和種類	315
§109. 氣壓高程測量的實施	317
第十六章 草測	324
§110. 草測的意義和用途	324
§111. 草測的器材	324
§112. 用步測和目測測定距離	327

§113. 草測的實施.....	329
第十七章 航空攝影測量	333
§114. 攝影測量的種類和特點.....	333
§115. 航空攝影測量.....	333
§116. 空中像片與地質工作的關係.....	339
第十八章 把圖上設計移置現場	341
§117. 把設計的平面位置移置現場.....	341
§118. 把設計點的高程、設計線和設計面移置現場.....	343
§119. 把鑽位設計移置現場.....	345
§120. 推算坑底的高程.....	347
附 錄	
(一) 度量衡統一命名表.....	348
(二) 希臘字及其發音.....	349
(三) 地球曲率和折光改正數表.....	350
(四) 膠糊(裱圖板用)配置方法.....	351
(五) 地圖晒製法.....	351
參考文獻	354

第一章 緒 論

§ 1. 測量學的任務及其在國家建設中的作用

測量學是量地的科學，它的任務一方面是測定某一地區的形狀和大小，繪製各種地圖，供給各項建設應用；另一方面是測定整個地球的形狀和大小、各海面間的高差及地殼在垂直和水平方向的移動等，作科學上的研究。

因此，在廣大地區進行測量時，必須考慮到地球的彎曲和重力等影響，這樣的測量，劃分在高等測量學裡研究。至於測繪狹小地區的地形圖時，可把狹小的地面當作平面，這樣的測量，在普通測量學裡研究。顯而易見，高等測量學與普通測量學有着密切的聯系，只是普通測量學的理論和實際技能比高等測量學要簡單一些。

測量學是隨着其他科學的發展而發展的，但由於測量學的發展，又促進了其他科學的發展。因此，研究測量學要用到初等數學，物理學，一部分高等數學，天文學等。由於測量工作要使用各種不同的精密儀器，尤其目前航空攝影測量和無線電測量的廣泛發展，所以也要用到光學，金屬工學，無線電學和化學等。

測量學是在很久以前“劃分土地”的實用基礎上發展起來的，由於實際應用對它的要求，以及其他科學的不斷發展，所以測量學也不斷的在發展着。及至近代，所有勘測，工程和國防建設中，都必須要有測量學來幫助。

現代的工程建築，都是按照預先擬定的計劃圖樣來進行的。這種計劃主要是根據建築地區的形狀、大小、高低及一般性質編製的，因此就必須要有這一地區的地形圖。

爲了修建鐵路、公路、疏濬江河、灌溉農田等，就必須要先作實地的測量工作，在這個基礎上才能獲得路線、橋樑、水閘、水庫、水

電站和其他建築物的適當位置，根據精確的地圖，才能決定工程的大小，施工的方法，以及人員經費的多少。在施工中又必須藉測量把設計轉移到現場，以及解決施工中發生的技術問題。建築後，測量又轉而為檢查建築物的穩定程度和施工質量。所以測量工作，不論在建設之前，進行中和之後都是十分必需的。

改建和新建城市時，街道的路線，建築物的位置，給水和排水工程等，也必須在建設之前和建設進行中，用測量來確定。

在社會主義建設中，必須找到足夠的地下資源，在尋找地下資源時，從普查、勘探、建井以及採掘有用礦物等全部過程中，都必須根據精密的地圖和測量工作，來正確填製地質圖，確定礦產儲量，以及解決採掘中的各種技術問題。因此測量學是瞭解地質構造、礦產資源和採掘工程最基本的綜合知識。

同樣，在水利、森林、土壤、植物、地理等調查和利用方面，特別在國防建設上，測量學也有着十分重要的意義。

§ 2. 測量學發展簡史

測量學是一門古老的科學，它在公元前四千多年，埃及人為了治理尼羅河每年的洪水氾濫，和重新劃分被洪水淹滅了的土地界限，就在應用着幾何學和測量學的理論和技術。

此後，由於喬芬德（〔Диофанта〕公元前四世紀）創始了代數學，歐幾利德（公元前約330—275）發展了幾何學，阿幾米德（公元前287—212年）發展了力學和數學，托拉梅（〔Птоломей〕公元87—150年）發展了三角學和天文學，因此把測量學引導到科學的道路上。

隨着人民經濟和政治生活的發展，人們不斷的在測量土地，設置邊界，修築道路，建立城市 and 要塞，因此，測量學也不斷的隨着實際需要和其他科學而發展着。

1492年哥倫布發現了美洲新大陸，證實了地球是球形的事實，因此引起了歐洲人對製圖學及測量地球形狀和大小的興趣。梅卡托地圖投影法，就是十六世紀著名的製圖方法。整個地球的形狀和大小，其

間雖然測定了很多次，但到 1744 年才由法國科學家卡西尼（Кассини де-Тюрпе）和戈登（Годен）等最後測定，這時才肯定了地球並不是真正的球形，而是兩極微扁的旋轉橢圓體。這種測量學上重大的成就，與 1616 年左右望遠鏡、鐘錶、三角測量、平板儀以及數學如解析幾何、球面三角、對數等的發明，有着密切的聯系。

由蘇聯的歷史證明：在九世紀時，古代俄國就曾研究過土地測量和土地描繪的問題，1739 年成立了地理局後，在俄國科學家羅蒙諾索夫（1757—1763）的領導下，進行了繪製地圖的工作。1839 年成立了普爾科沃天文台，第一任台長斯特魯佛在論證三角測量方面作了巨大的工作。偉大的十月社會主義革命後，列寧曾於 1919 年 3 月 15 日簽署了成立測繪總局及其地方機構的訓令，開辦了測繪學校，三十年來由於蘇聯政府的關懷和科學家克拉索夫斯基、伊卓托夫、莫洛金斯基、契巴塔廖夫、波波夫、特洛貝雪夫、西蒙諾夫等創造性的勞動，使蘇聯的測量科學，遠遠的超過了歐美各資本主義國家。

我國測量工作，也有悠久的歷史。根據周禮夏官篇「職方氏掌天下之圖以掌天下之地」和地官篇「大司徒之職掌建邦之土地之圖與其人民之數」等記載，證明我國在公元前四五世紀已有地圖的具體應用。韓非子有度篇（公元前約三世紀）中有「司南」（我國古代最早的指南針）的記載，司南是測量學中判定方位、聯系地圖和實地最常用的儀器。這種儀器不但對我國古代的測量工作，起着重要的作用。即在十二世紀前後，由阿拉伯人傳到歐洲後，對歐洲測量中產生的方向錯誤，也起了重要的糾正作用。

晉武帝時（公元 265—289 年）裴秀創立了製圖六體，即方率（比例尺）、準望（方位）、道里（道路）、高下（地勢高低）、方邪（坡度）和迂直（曲直），使我國的測量和製圖工作，進入新的領域，從此繪製地圖有了科學的根據。

唐開元十二年（公元 724 年），太史監南宮說曾在河南一帶主持子午線的弧長測量，以測定地球的形狀和大小，這是我國大地測量的開始。

北宋時，我國科學家沈括（公元 1032—1096 年）在他的夢溪筆談

中曾紀載磁針偏角的現象。這是地磁學上的重大發現，對校正地圖的方位，也有重要的意義。這種發現比哥倫布第一次橫渡大西洋（1492）時才發現磁針偏角，就早四百餘年。

元代郭守敬（公元1231—1316年）實測了全國的緯度27點，我國地圖開始應用經緯度。明代以後並進行了經緯度的測量工作。因此在1603年用科學方法測製了「兩儀玄覽圖」。

清康熙年間，曾進行三角和天文測量，並在1718年完成了「皇輿全圖」，其後補測了新疆和西藏等地圖，彙編了「大清一統輿圖」。

清光緒二十一年（1895）以後，雖先後成立了各種測繪機構、培養了測量人材，但由於帝國主義、封建主義和官僚資本主義的三重壓迫，到1949年全國解放止，測繪工作沒有獲得應有的發展，因此遺留下來的測繪成果，十分貧乏。

全國解放後，國家進行了有計劃的大規模的建設，在黨和政府的關懷下，在蘇聯無私的幫助下，測繪工作已隨着國家建設的需要，逐步地迅速地發展着。

§ 3. 地球形狀和大小的概念

測量工作是在地面上進行，所以必須具有地球形狀和大小的概念。地球表面雖有高山、平原、深谷和海洋等形狀，但與整個地球比較，仍極微小。假設把地球縮小成一米作半徑的地球儀，那末，地球

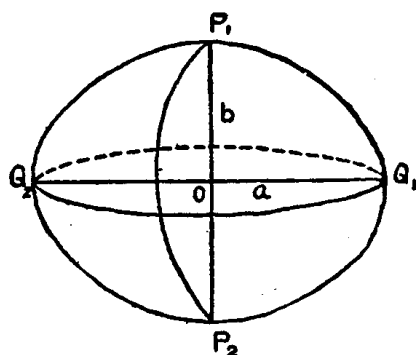


圖1. 地球橢圓體

上最高的珠穆朗瑪峯（高出海面8882米）和最深的恩登深淵（低於海面10793米），在地球儀上的起伏只像一棵小芝蔴。所以通常認為地球是一個球體，半徑為6371公里。

地面上海洋的水面約佔地球全面積的71%，所以用靜止的海洋表面來表示地球形狀最為恰當。此靜止的海洋表面與橢圓繞短軸旋轉而

成的橢圓體極近似(圖1)。所以我們進一步研究地球的形狀時,可認為地球是一個兩極微扁的旋轉橢圓體或扁球體。橢圓體的大小由長

(赤道的)半徑 a , 短(極的)半徑 b 和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 等元素決定。

地球元素,曾經測量科學家多次測定,其中主要的有下列幾種(表1):

地 球 元 素 表

表 1

測 算 者	測定日期	長 半 徑 a	短 半 徑 b	扁 率 α
白 塞 尔	1841	6,377,397 ^米	6,356,079 ^米	1:299.2
克 拉 克	1880	6,378,249	6,356,515	1:293.5
海 福 特	1909	6,378,388	6,356,912	1:297.0
克拉索夫斯基	1940	6,378,245	6,356,863	1:298.3

應當指出,精確的地球元素的測定,對測量科學是極大的貢獻。海福特地球元素在1925年雖曾公認為國際地球元素,我國自1932年起曾經採用。但蘇聯克拉索夫斯基教授在最新的科學基礎上測量了更精確的地球元素,蘇聯(1946年)和我國(1951年)都已採用。

§4. 水準面和水平面

靜止水面所表示的曲面,叫做水準面。水準面永遠與當地的重力方向即鉛垂線正交。鉛垂線(或叫垂直線)可用懸有垂球(圖2)的直線表示。因此任何與鉛垂線正交的光滑曲面,都可看作水準面。故在鉛垂線上可以有許多高低不同的水準面,其中用驗潮儀在海邊經過多年觀測而確定的平均海面,叫做大地水準面。大地水準面是高程計算的標準。

設 CD 是延伸在陸地下的大地水準面(圖3), AB 是陸地表面,則陸地表面上任一點沿鉛垂線方向到大地水準面的距離,叫做該點的絕對高程(圖3的 AC 和 BD)。設 MN 是任意一個水準面,則地

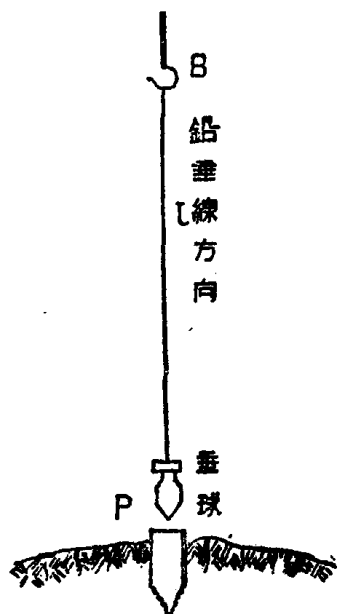


圖 2. 垂球

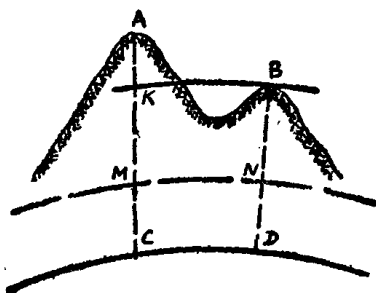
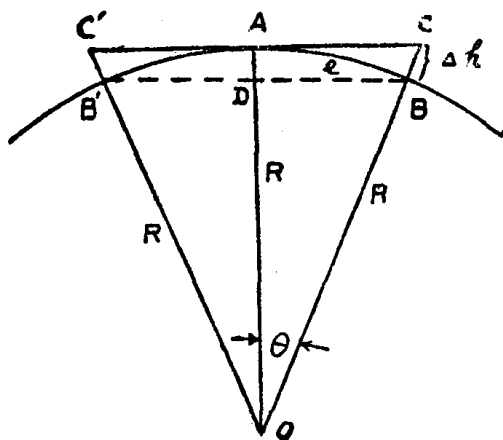


圖3. 點的高程

面一點離此水準面的距離，叫做相對高程或假定高程（圖 3 的 AM 和 BN ）。假使一點在水準面之下，高程是負。二點高程之差，叫做高差（圖 3 的 AK ），圖中 A 點對 B 點的高差為正， B 點對 A 點的高差為負。

與水準面相切的平面，叫做該切點的水平面，水平面與切點的鉛垂線正交。因為地球的半徑很大，所以小範圍內的水準面，可以看作平面。其原理如下：

設 $B'AB$ 是水準面 (圖 4), AC 是 A 點的水平面。水準面上的距離 AB , 與水平面上的距離 AC 是對同一個地心角 θ , 因此, 把 AB 當



作 AC 時的距離誤差 Δl 可用下式表示:

$$\Delta l = AC - AB = R \tan \left(\frac{\widehat{AB}}{R} \varrho'' \right) - \widehat{AB} \quad (1)$$

式中 R 是地球半徑, $\varrho'' = 206265''$ 。若令 Δh 是 B, C 兩點的高程誤差, 則:

$$\Delta h = R \left(\sec \frac{\widehat{AB}}{R} \varrho'' - 1 \right) \quad (2)$$

假使令 $R = 3671$ 公里, AB 給予各個不同之值, 則可計算距離誤差和高程誤差如表 2:

用平面代替水準面誤差表

表 2

距 離 (公里)	距 離 誤 差 Δl (厘 米)	高 程 誤 差 Δh (米)
1	0.0008	0.08
10	0.82	7.8
25	12.80	49.1
100	820.00	765.0

從上表可以看出, 把 1 公里半徑的水準面當作平面時, 距離誤差極為微小。但如半徑愈大, 產生的距離誤差也愈大。假使把半徑 25 公里的水準面當作平面時, 距離誤差為 12.80 厘米, 如果按照地圖的比例尺縮小 1000 倍繪到圖上, 此項誤差在圖上的影響僅為 0.13 毫米, 小於繪圖時的容許誤差 0.2 毫米。因此我們認為測繪 1/1000 地圖時, 在半徑等於 25 公里的水準面內可以當作平面。

但高程誤差是相當大的, 即使距離很短, 也必須加以改正。

§ 5. 比 例 尺

繪製地圖時, 不能按照原形大小畫在圖上, 必須把實地形狀按照