

地形測量學基礎

Я. А. 舒瓦洛夫 著

測繪出版社

地形測量学基础

Я. А. 舒瓦洛夫著

苏联高等教育部審定
作为师范学院地理系教科書

測繪出版社

1957·北京

Я. А. ШУВАЛОВ

ОСНОВЫ

ТОПОГРАФИИ

УЧПЕДГИЗ

МОСКВА 1955

本書是师范学院地理系学生的教科書。書的編纂符合于由地形測量学和制圖学兩部分所組成的“地形測量学基礎及制圖学”課程的教學大綱。本書的內容就是這門課程的第一部分。

本書由沈友銘、周先揚、呂惟安、馬大駿、張紹麟諸同志翻譯。
由王學業、周先揚、呂惟安同志負責校訂。

地形測量学基础

著者	Я. А. 舒瓦洛夫
譯者	沈友銘等
出版者	測繪出版社 北京宣武門外永光寺西街3号 北京市書刊出版業營業許可証出字第1181号
發行者	新華書店
印刷者	地質印刷厂 北京廣安門內教子胡同甲32号

編輯：夏文豹 技術編輯：李璧如 校對：白叔鈞
印數(京)1—2,800冊 1957年8月北京第1版
開本 $31'' \times 43'' \frac{1}{25}$ 1957年8月第1次印刷
字數300,000字 印張 $14\frac{1}{2} \frac{1}{25}$ 插頁3
定價(10)2.10元

目 錄

序言

第一章 地形測量概論	12
§ 1. 地球的形狀和大小.....	12
§ 2. 地球上的基本點、綫和面.....	14
§ 3. 地形測量學的对象.....	15
§ 4. 水平投影及平面圖.....	16
§ 5. 當作平面的部分地面的大小.....	18
§ 6. 測量的概念和在地形測量中所應用的量度單位.....	20
第二章 測量誤差理論要素	23
§ 7. 測量及其誤差.....	23
§ 8. 偶然誤差的特性.....	24
§ 9. 平均誤差.....	25
§ 10. 簡單函数的中誤差.....	26
§ 11. 算術平均值的中誤差.....	29
§ 12. 用偶然誤差確定中誤差.....	29
§ 13. 相對誤差.....	32
§ 14. 最大誤差.....	33
第三章 室內測繪儀器	35
§ 15. 一般知識.....	35
§ 16. 直尺.....	35
§ 17. 按直尺分划讀數的精度.....	37
§ 18. 用直尺量度直綫的長度.....	38
§ 19. 游標.....	39
§ 20. 三角板.....	41
§ 21. 圓規.....	43
§ 22. Ф. Б. 德羅貝雪夫尺.....	46
§ 23. 量角器.....	48
§ 24. 用量角器量角和圓角.....	50
第四章 比例尺	52

§ 25. 数字比例尺	52
§ 26. 数字比例尺与直綫比例尺的相互换算	53
§ 27. 簡單直綫比例尺及斜分比例尺	54
§ 28. 折綫及曲綫的量測; 曲率計	58
第五章 地形圖	61
§ 29. 普通地圖及其元素	61
§ 30. 地理坐标	62
§ 31. 經緯綫網	64
§ 32. 地圖投影的實質	66
§ 33. 多幅地圖	67
§ 34. 國際分幅	70
§ 35. 比例尺为 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 及 1:10 000 的地圖分幅	71
§ 36. 地形圖的圖廓	79
§ 37. 眞方位角与眞象限角	79
§ 38. 子午綫收斂角	82
§ 39. 投影帶及高斯投影的概念	84
§ 40. 直角坐标	86
§ 41. 坐标網	87
§ 42. 方向角	89
§ 43. 在圖上定出綫段的方向角及点子的坐标	91
§ 44. 慣用符号	96
§ 45. 地形及其主要形狀	97
§ 46. 繪圖地形的方	102
§ 47. 註記法	103
§ 48. 等高綫法	104
§ 49. 按等高綫測定山坡的傾斜率 and 形狀	108
§ 50. 各种地形等高綫的性質	111
§ 51. 利用等高綫解決問題	117
§ 52. 俄丈制的地圖及其化为公制比例尺的換算	121
第六章 面積的計算	123
§ 53. 一般知識	123
§ 54. 透明方格片及其用法	124

§ 55.	定極求積儀及其構造	125
§ 56.	定極求積儀的原理	127
§ 57.	定極求積儀的檢驗及其分划值的確定	130
§ 58.	定極求積儀的用法	132
第七章	地圖及平面圖的复制	135
§ 59.	复制的种类和方法	135
§ 60.	复制的几何方法	137
§ 61.	縮放儀及其構造	139
§ 62.	縮放儀的用法	140
第八章	定向; 罗盤及罗盤儀	142
§ 63.	定向的實質	142
§ 64.	罗盤及罗盤儀的構造	143
§ 65.	磁方位角和磁象限角及它們與真方位角和真象限角的关系	146
§ 66.	用罗盤定向	147
§ 67.	磁方位角及磁象限角的測定	148
§ 68.	罗盤和罗盤儀的檢驗和校正	150
§ 69.	磁偏角的測定	152
第九章	控制網和測圖的概念	154
§ 70.	控制網的一般知識	154
§ 71.	三角測量的實質	155
§ 72.	精密多边形測量的實質	156
§ 73.	高程控制点	157
§ 74.	測圖的一般知識	159
第十章	測量儀器的共同部分	161
§ 75.	一般知識	161
§ 76.	望遠鏡及其構造	161
§ 77.	望遠鏡的光學性能	164
§ 78.	望遠鏡的調整	167
§ 79.	三脚架	169
§ 80.	支架	170
§ 81.	垂球	172
§ 82.	水准器	174
§ 83.	度盤、游標盤及游標	178

§ 84. 軸及螺旋	180
第十一章 直綫的标志和丈量	184
§ 85. 地面点的固定和标志	184
§ 86. 定綫	185
§ 87. 丈量直綫的工具	186
§ 88. 用捲尺丈量直綫	189
§ 89. 直綫傾斜角測量; 測斜儀	190
§ 90. 直綫傾斜改正数的确定	193
§ 91. 視距儀的一般知識	195
§ 92. 定角視距儀的原理	196
§ 93. 視距常数的确定	198
§ 94. 視距标尺	200
§ 95. 用視距儀測定傾斜綫的水平距离	202
§ 96. 用視距儀測定直綫	204
第十二章 經緯儀測量	206
§ 97. 一般知識	206
§ 98. 經緯儀及其構造	207
§ 99. 对經緯儀提出的条件	210
§ 100. 經緯儀的豎直度盤及其檢驗	212
§ 101. 測角時經緯儀及視准标志的設置	217
§ 102. 角度測量	218
§ 103. 測角的精度	220
§ 104. 用經緯儀的羅盤儀測量磁方位角及磁象限角	221
§ 105. 導綫与大地控制点的連接	223
§ 106. 導綫各边方向角及其轉折角的关系	224
§ 107. 導綫角度的閉合差及角度的調整	225
§ 108. 導綫边的方向角及水平距离的計算	227
§ 109. 正算問題	228
§ 110. 導綫坐标增量的計算	229
§ 111. 導綫坐标增量的調整及導綫坐标值的計算	233
§ 112. 根据閉合導綫頂点的坐标計算其面積	235
§ 113. 反算問題	236
§ 114. 將标点的坐标傳遞到地面上	236

§ 115.	用波欽諾法進行導綫的連接·····	237
第十三章	經緯儀導綫的加密及基于這些導綫的測量 ·····	239
§ 116.	一般知識·····	239
§ 117.	羅盤儀導綫及其整理·····	240
§ 118.	支距法測量·····	241
§ 119.	直角器及其使用·····	243
§ 120.	極坐標法測量·····	245
§ 121.	交会法·····	245
§ 122.	展繪平面圖控制網及描繪碎部·····	247
第十四章	幾何水準測量 ·····	250
§ 123.	水準測量的實質及種類·····	250
§ 124.	幾何水準測量的方法·····	251
§ 125.	地球曲率及折光差的改正數·····	252
§ 126.	點子高度的公式·····	254
§ 127.	水準標尺·····	256
§ 128.	水準儀的實質及其種類·····	258
§ 129.	定鏡水準儀的檢驗·····	260
§ 130.	活鏡水準儀的檢驗·····	263
§ 131.	水準測量錢絡的准备工作·····	266
§ 132.	水準測量的進行·····	268
§ 133.	河湖水準測量·····	271
§ 134.	地區面積水準測量·····	273
§ 135.	水準測量的精度及其成果的应用·····	275
第十五章	視距測量 ·····	279
§ 136.	一般知識·····	279
§ 137.	視距儀測定点的高差·····	280
§ 138.	視距導綫·····	283
§ 139.	視距測圖·····	284
§ 140.	視距測量成果的整理·····	286
§ 141.	繪制視距測量平面圖·····	288
第十六章	地形測量 ·····	291
§ 142.	地形測量的種類·····	291
§ 143.	地形測量的基礎·····	293

§ 144.	平板仪测量的实质	295
§ 145.	平板仪的構造	297
§ 146.	平板仪的附件及其用途	298
§ 147.	平板仪的檢驗	300
§ 148.	远望照准仪及其檢驗	300
§ 149.	平板仪的安置和角度的測繪	304
§ 150.	平板仪定向的定理	307
§ 151.	平板仪交会法	309
§ 152.	波欽諾問題及其实际解算法	311
§ 153.	測圖波圖廓的構成和控制点的展繪	314
§ 154.	几何網	316
§ 155.	平板仪導綫	319
§ 156.	用远望照准仪测定点的高程	321
§ 157.	地物及地貌測量	323
§ 158.	航空摄影测量的实质及种类	327
§ 159.	航攝像片的特性及其比例尺	328
§ 160.	像片略圖和像片平面圖的取得	330
§ 161.	航攝像片的判讀	331
§ 162.	航空摄影測量在苏联國民經濟中的意义	333
第十七章	气压高程測量	335
§ 163.	气压高程測量的公式	335
§ 164.	气压高程測量用的仪器	337
§ 165.	空盒气压計的校正	340
§ 166.	气压測量的观测	341
§ 167.	对应观测法	342
§ 168.	絕對观测法	344
§ 169.	沸点气压計	346
第十八章	草測	348
§ 170.	一般知識	348
§ 171.	用步測求距离。步測比例尺	350
§ 172.	用其他方法确定距离	352
§ 173.	草測的進行。船測	353
主要参考文献		355

附錄

1. 綫段傾斜改正數表.....	356
2. 由大氣壓力求得的近似高度表.....	358
3. 在氣壓高程測量中的空氣溫度改正數表.....	360
4. 空盒氣壓計檢驗証及其改正數的求算.....	361
5. 比例尺為1:25 000的地形圖為式樣（原書的圖號為 Y-34-37-B-B （CHOB），為了便于印刷起見，改用現圖）.....	（插頁）

初 版 序 言

本書系师范学院地理系学生學習地形測量学的教科書。地形測量学是“制圖学与地形測量学基礎”課程的第一部分。这門課程的教学大綱已于1947年7月17日由苏联高等教育部批准。

本書除詳論了上述教学大綱所規定的全部問題外，还包含了一些补充材料。这些补充材料列入本書的目的，是为了更完整地闡明苏維埃測量科学的主要成就，并使之具有更多的地理学的参考資料。

書內材料是按照教学大綱的要求并考慮了其對地理学家的作用而編排的。头四章叙述了一般性的問題。以后的材料系按地形圖的各个元素表明地形圖的特征，并說明了在室內和实地使用地形圖的方法。这部分材料列在后四章內，其分量占全書的四分之一。其余各章所研究的是仪器和控制網以及由其結果而得出地形圖的地形測量。

在一般性的章数中加入了大綱中所缺少的“測量誤差理論要素”一章。因为考慮到地形測量学即是一門关于測量的科学，其中也必須提供出关于測量誤差的一般知識，尽管是簡略的。否則，本書中所引用的各种測量的限差，在理論上就沒有根据了。

在地形測量中所用的測量仪器有許多共同之点。因此，为了更有效地研究这些仪器，將其共同部分預先在第十章中加以說明，而其各部另件則留在以后各章中討論。这对于分配較少的时间來學習这門課程來說，尤其是必要的。

經緯仪是基本的測量仪器，所以对第十二章“經緯仪測量”給予了特別注意。經緯仪測量不僅当作一种測量形式來叙述，而且应作为建立控制点的一种方法加以說明。在这一章中附合導綫所占篇幅最多，因为在地理工作中借附合導綫可以使調查目标与全國控制網点联系起來。

在“水准測量”一章中，首先研究了全國性的水准測量。

在闡述視距測量工作时，开始就研究了視距導綫，因为它是測量的基礎，并且对地理学家來說，它比視距測量具有更大的意义。

在“地形測量”一章中，討論了在苏联取得地形圖的一切方法，其中包括航空攝影測量法，它是現代地形測量中的主要方法。在这章中不僅闡明了航空攝影測量在地形学中的作用，而且說明了在苏联國民經濟中的一般作用。

書中用小号字印的材料系作参考之用，而不是在學習課程时非学不可的。

我認为必須对技術科学候补博士П.В.鄧靖副教授表示特別感謝，在編寫本書时他曾給我以極大而非常寶貴的幫助，并在評閱原稿时提供了許多批評的意見。这些意見，我在最后校訂本書时，都曾經加以考慮过。

編輯本書时，同样地考慮了И.И.斯大罗斯金副教授對本書的批評意見。我对他为評論本書初稿所付出的劳动，表示感謝。

作 者

再 版 序 言

“地形測量学基礎”一書，再版时为了縮減篇幅和整編內容，曾按照現行教学大綱作了修訂。同时考慮了苏联測量科学的最新的主要成就。

修訂本書时，П.В.鄧靖副教授的建議給了我極大的幫助，謹向他致以謝意。同时对于А.И.彼得連科教授和Б.И.格尔茹拉副教授也表示謝意，感謝他們為本書提出了一系列的批評意見，而这些意見是我在修訂本書时，都曾經加以考慮过。

作 者

第一章 地形測量概論

§ 1. 地球的形狀和大小

地球的形狀，近似于圓球。按其形狀來說，地球更接近于旋轉橢圓體。兩極稍許收縮，為最普通的橢球。繞着短軸旋轉橢圓，形成橢圓體的表面。圖 1 示出橢圓，它有一短軸 PP_1 及一長軸 CC_1 。如將這個橢圓繞其短軸 PP_1 旋轉，便得出橢圓體的表面。

处于均衡狀態海洋水面的，并假想延續到分布物質的大陸內部的

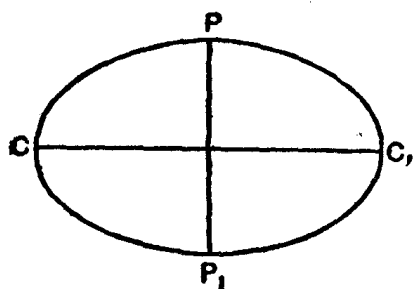


圖 1. 橢 圓

自由面，可以認為是理想的地球表面。它与所有地面点的鉛垂綫成正交（垂直），也就是到处都是水平的，并代表理想的水准面。由这个表面所規定的球体，叫做大地球体 ①。大地球体的表面也叫做水准基面，它与其他的水准面（如湖泊的、池塘的）不同，因为那种水准面常

常是高于或低于这个大地球体表面的。

大地球体表面不能从数学上來確定，而且和旋轉橢圓體表面差別較小。因此，即使是進行精密的計算時，也把地球看作是橢圓體。橢圓體的大小，由橢圓的長、短半軸的大小來決定。橢圓的長軸 CC_1 通常用 $2a$ 表示，短軸 PP_1 用 $2b$ 表示。橢圓的長半軸 a 是地球橢圓體的赤道半徑，而短半軸 b 是地球橢圓體的極半徑。分 数 值

$$\mu = \frac{a-b}{a} \quad (1.)$$

①大地球体的表面在海洋上高于橢圓體的表面，而在大陸上則低于橢圓體表面，但是各处都成为凸起形。大地球体表面高于和低于橢圓體表面，不超过 150 公尺。

叫做橢圓體扁率，它表示橢圓體的形狀。

可是，無論地球橢圓體的形狀或大小，都是由它的半軸大小來決定的，這種半軸叫做地球橢圓體的元素。地球橢圓體的元素是根據弧度測量的數據算出的^①。

地球橢圓體的半徑，最初由法國學者德蘭布爾在1800年求出。

後來，隨著新式弧度測量的實施，及其精度的提高，地球橢圓體半徑的大小又由許多學者重新算過。由德蘭布爾和其他推算者計算出 a 和 b 的結果列於下表：

推算者	計算年度	半徑大小（公尺）		扁率
		a	b	
德 蘭 布 爾	1800	6 375 653	6 356 564	1/334
白 塞 爾	1841	6 377 397	6 356 079	1/299.2
海 福 特	1909	6 378 388	6 356 912	1/297

在蘇聯曾採用過白塞爾的地球橢圓體，其元素成為測量和制圖工作的基礎。

通過研究主要的弧度測量和重力測定的結果證明，過去蘇聯所採用的白塞爾橢圓體的大小，和最適合於蘇聯地區的橢圓體的大小有顯著不同。因此，中央測繪科學研究所，遂確定出能滿足現代科學上和實際工作上需要的地球橢圓體的大小。這個工作是在 Φ .H. 克拉索夫斯基教授領導和 A. A. 伊佐托夫副教授參加之下進行的。工作的結果，確定出下列地球橢圓體的大小：

$$a = 6\,378\,245 \text{ 公尺}; b = 6\,356\,863 \text{ 公尺}; \mu = 1:298.3.$$

中央測繪科學研究所所導出的地球橢圓體元素，在蘇聯已被採用於所有測量和制圖工作^②，同時將這個橢圓體命名為“ Φ .H. 克拉索

①1946年4月7日蘇聯部長會議的決議。

②1946年4月7日蘇聯部長會議的決議。

夫斯基教授橢圓體”。

微小的地球扁率，使之在許多情況下可以把它當作其面積與地球橢圓體的面積大小相等的球體，或把它當作其體積與地球橢圓體體積相等的球體。這些球體半徑的數值根據 $\Phi. H.$ 克拉索夫斯基教授的地球橢圓體元素，分別等於 6 371 116 公尺與 6 371 110 公尺，而將這兩數湊整時，則為 6371.1 公里。

為了與地球的實際表面或自然表面有所區別，用想象的球面或橢圓體面去代替它，那末這種想象的表面即叫做數學面。

有關地球形狀和大小方面的研究，是所謂高等測量學這門科學的主要任務。

§ 2. 地球上的基本點、綫和面

大家知道，地球繞自軸旋轉，一晝夜旋轉一周。地軸的兩端叫做地極。當地球晝夜旋轉時，其兩極保持不動。極點 P 為北極， P_1 為南極（圖 2）。

重力沿其方向作用的那條綫，叫做鉛垂綫或豎直綫。它的方向用垂球確定。圖 2 中的 BA 綫是地球上 A 點的鉛垂綫。

通過地面上一點，且切於地球表面的平面，叫做水平面，或者叫做這一點的水平面。水平面垂直於切點的鉛垂綫。

通過鉛垂綫的平面，叫做鉛垂面或豎直面。它垂直於水平

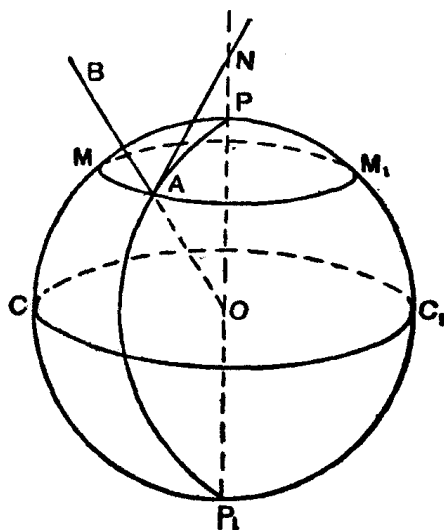


圖 2. 地球表面上的基本點、綫和面。

通過地面上一點並通過地軸的平面與地球表面相交的綫，叫做這

一点的地理子午綫或真子午綫。大圆弧 PAP_1 就是 A 点的地理子午綫或真子午綫。

某一点的地理子午面与这一点的水平面相交的綫，叫做日中綫。日中綫是相切于某一点地理子午綫上的一条直綫。直綫 AN 就是 A 点的日中綫。

垂直于地軸并通过地球中心的平面与地球表面相交的綫，叫做赤道。大圓圓周 CC_1 代表地球赤道。赤道平分地球为两个半球，其中一个半球是北半球，另一个半球是南半球。

平行于赤道平面并经过地球上某一点的平面与地球表面相交的綫，叫做这一点的緯圈。小圓圓周 MAM_1 就是 A 点的緯圈。地面每一点的緯圈，就是当地球繞自軸旋轉时这一点的晝夜运动的路綫。

§ 3. 地形測量学的对象

地形測量学是就几何方面从事地球自然表面的研究。研究这种表面可用比較小的分区測量方法进行，每个分区不应超过一定的大小。地面上分区測量的結果适当地加以整理，然后，一般用縮小其形像的方法制成地形圖。

因为要进行地形測量工作，須使用各种不同的仪器，所以在地形測量学中，有关这些仪器的構造及其使用方法均应加以研究。

地形測量学主要是一門数学的实用科学。但是，它不僅依靠一門数学，而且还要依靠一系列的其他科学課程。对于研究地形測量学來說，更为需要物理学的知識，特別是光学、自然地理(主要是地貌学)概要和天文学等。同时地形測量学也創造出許多科学所需要的材料。列为这些科学的有：地理学、地質学、土壤学和地植物学等。所有工程科学，沒有地形測量学是行不通的。它在軍事方面也起着巨大的作用。地形測量学又保證了制圖学原始材料的供应。

地形測量学一詞从希腊語譯成俄語，它的意思是“地形描繪”(τοπος—地方、地形，γραφω—描繪)。常常把地形測量叫做測量。

学。测量学这个词，也是由希腊语翻译来的，意义是土地划分。这个词的起源可以这样来说明。地面测量发生于远古时代。远在公元以前，埃及就已经知道了最简单的测量方法，这种方法曾为了把尼罗河沿岸的肥沃地带划分为若干地区，以及为了把这些地区内由于河水泛滥所发生的变化情形记载出来而使用过。由此便产生了测量学这一名称。一般把地形测量学也叫做实用几何学。由希腊语翻译过来的几何学这个词，也就是测地学的意思^①，以后在叙述这门课程时，我们仍将保持在已批准的教学大纲内所采用的地形测量学这个名称。

由上述可知，高等测量学研究整个地球表面，而地形测量学或测量学则研究部分或局部地球表面，因为，缺乏整个地球表面知识，就不可能对局部地球表面有正确的观念；反之亦然，所以这两种科学的目的，最终的结果是一致的。

§ 4. 水平投影及平面图

地面的研究，通常按已缩小的地面图形进行。一目了然，而形式又相类似的整个地面，可以描绘在模型上，这种模型叫做地球仪。但是，地球仪的大小不能用来详细描绘地面。因为具有直径 1.3 公尺并较为笨重的地球仪，是已缩小到千万分之一的地球大小。因此，详细描绘整个地面，以及描绘部分地面，均在平面上进行，主要在纸上进行。

因为地球自然表面具有完全不规则的曲线形状，所以在平面上绘出的不是这个地面的实际形状，而是它在水准面上的投影。

要将地球自然表面上的点子投影到水准面上，可利用铅垂线进行。我们知道，在数学上不能确定的这个水准面，可取椭圆体面或圆球面来代替。椭圆体面和球面若要展开成平面，没有皱纹和裂口是不可能的。如将纸制的球壳展开成平面，便容易证明这个事实。这种皱纹和裂口说明了椭圆体面或球面的平面形像总是伴随着变形的。这种表

①这种名称虽然完全符合这门课程的内容，但在苏联是不采用的。