



地形測量學

(中等科用)

2144 中国人民解放军測繪學院編印

10

地 形 測 量 学

(中等科用)

中国人民解放军測繪学院編印

一九五六年十二月

前 言

一、本書系根据我院各系中等地形測量学課程教学大綱編写而成。供我院各系中等科第一学年教学用。

二、本書主要内容有經緯仪导綫測量，四等水准測量及平板仪測量。

三、本書系由楊永元、陈联通二同志編写。主要參考資料有：

1. B. B. 維特柯夫斯基：地形測量学 1940出版
2. П. М. 奥尔洛夫：測量学教程 1953出版
3. И. И. 士洛夫 測量学 1953出版
4. А. И. 布拉諾夫等：地形測量学 1954出版
5. 平板仪測量規範。
6. 航測綜合法。
7. 三四等水准測量規範。
8. 測量控制網扩展法。

四、因時間倉促，未能广泛征求意见及詳細校閱，加以編者水平限制，缺点錯誤在所难免。對本書的任何意見請送地形教研室，以便下次修正。

地形教研室

一九五六年八月二十日

地形測量學

目 录

第一章 概 述

§ 1. 地形測量学的对象	7
§ 2. 測量学發展簡史	7
§ 3. 地形測量在社会主义建設和保衛国防事業中的意义	9
§ 4. 地球形态和大小	11
§ 5. 地面点的地理座标和高程	12
§ 6. 平面圖和平面圖的比例尺	14
§ 7. 地圖的概念平面圖与地圖的区别	20
§ 8. 地球曲率对水平距离和高程的影响	21
§ 9. 測量的概念: 平面測量高程測和地形測量	22

第二章 长度丈量

§10. 地面上点和直綫的标志	24
§11. 直綫定綫	25
§12. 丈量的工具	28
§13. 标准尺鋼尺的檢驗	30
§14. 用鋼尺丈量直綫	30
§15. 尺長改正	32
§16. 求直綫的水平長度	33
§17. 鋼尺丈量距离的精度及容許誤差	37

第三章 水平角測量

§18. 水平角測量的原理	39
§19. 經緯仪及其主要部份	39

§20. 度盤和照准部	42
§21. 游 标	43
§22. 上盤偏心差	46
§23. 放大鏡	48
§24. 測量望遠鏡	51
§25. 十字絲網	54
§26. 觀測時望遠鏡的調節, 十字絲視差	55
§27. 望遠鏡放大倍率及其他	57
§28. 水准器	59
§29. 經緯儀的檢驗及校正	62
§30. 經緯儀上的羅盤及其檢驗	70
§31. 磁方位角的觀測及計算	77
§32. 用經緯儀測量水平角	78
§33. 水平角測量的精度	83

第四章 經緯儀導線測量

§34. 經緯儀導線測量的概述	85
§35. 經緯儀導線測量的外業工作	87
§36. 經緯儀導線的計算	90
§37. 經緯儀導線中外業錯誤之發現	96

第五章 經緯儀交会法

§38. 經緯儀交会法的概念	101
§39. 坐標方位角及邊長之反算	101
§40. 前方交会	102
§41. 側方交会	105
§42. 后方交会	105

第六章 幾何水准測量

§43. 概 述	109
§44. 水准点	113
§45. 水准标尺	115
§46. 水准儀	117

§47. 水准仪的檢驗及校正	121
§48. 四等水准測量	123

第七章 圖幅編号高斯六度分帶投影直綫定向

§49. 地形圖圖幅編号	130
§50. 高斯六度分帶投影	135
§51. 高斯——克呂格座标	138
§52. 直綫定向	141

第八章 平板仪

§53. 平板及其附件	146
§54. 照准仪的構造	148
§55. 平板及其附件的檢驗校正	149
§56. 照准仪的檢驗及校正	149
§57. 核對測板整置平板仪描繪方向綫的誤差	152
§58. 前方交会和側方交会	156
§59. 后方交会	159
§60. 垂直度盤、垂直角、零位的計算及校正	167
§61. 垂直角測量	171
§62. 高差之計算公式	173
§63. 高差精度及容許誤差	176
§64. 視距測量平坦地視距公式	178
§65. 視距常数的測定	181
§66. 傾斜地視距公式	182
§67. 計算尺及計算盤	186

第九章 平板仪測量

§68. 概 述	199
§69. 展 点	200
§70. 扩展圖解網	206
§71. 圖解点高程的測定	211
§72. 平板仪導綫	219

§73. 碎部測量	221
§74. 地 貌	225
§75. 等高綫的測定及等高距的規定	234
§76. 用其它方法表示地貌的概念	239

地形測量學

第一章 概 述

§ 1 地形測量學的对象

地形測量學主要的对象是在較小範圍內詳細地研究地球表面上的大小物体和高低起伏的形狀，并研究將这些物体形狀如何測繪于平面圖紙上的方法。为了測繪得准确細致，需具体研究：

(一) 关于地形測量工作实施的內業与外業方法。

(二) 关于測量工作中儀器的構造，并懂得它的性能与檢驗校正其缺点。

(三) 如何消除和减少工作中發生的誤差，从而获得可靠的成果。

測量是一門自然科學随着自然科學的發展而發展，是劳动人民从生产斗争中逐渐丰富起来的，苏联在社会主义建設的过程中有着嶄新的成就。当我们建設社会主义的今日詳細的研究我們国家的領土，無論是对社会主义的經濟建設和国防建設，都有着極其偉大而现实的意义。

§ 2 測量學發展簡史

測量學的發展是与人民的經濟和生活地理环境以及自然科學的發展都有着密切的联系，現在概括地來敘述一下各国及我們自己的測量历史發展过程：

埃及 远在公元前世紀，由于尼罗河洪水泛濫的治理，推动了工程技术，为了恢复每年被洪水消失了的土地界限，必須进行簡單的測量工作，这样土地測量与几何学，在当时已成为技术和

理論上重要的課題。

希臘 繼埃及之後，希臘在發展測量方面的貢獻有：約公元前六世紀，創立了大地當作球形的假定，和編制第一幅地圖及天球儀。

公元前二世紀，對地球大小作開始的決定，編著了提供作為測量規範的第一本測地學，并用圓周測量角度，天文方法測量緯度，和用細孔描准的工具。

羅馬 繼希臘人之後，羅馬人為了把土地劃分給居民，他們的測量多為設置邊界、道路、城市和要塞的測定工作，約公元四世紀就已制定過羊皮紙行軍路線圖，但圖上沒有比例尺。

五世紀以後的歐洲約于十二世紀左右航海羅盤儀經阿拉伯人傳到歐洲，至15世紀哥倫布發現了美洲，公認地球為圓球形，以及17世紀自然科學的發展，望遠鏡鐘表的出現，對測量的工具有著劃時代的改善。由於解析幾何、球面三角、對數的發明，始為測量工作奠定了一個穩固的理論基礎，在這幾個世紀里測量所作的成績比前人所做要大得多，如法國在1730—1780年第一次進行了全國地形測量，進入20世紀歐洲各國都有了較精確的地圖，用來作為國家管理。但對整個複雜地球的認識來講，則又是一個新紀元的開端。在這個新的紀元里，蘇聯在很短期內有著卓越的成就。

蘇聯 遠在16世紀已開始編繪了俄國第一張地圖，偉大的十月社會主義革命勝利以後測繪事業獲得了很大的發展，蘇維埃政府頒布了列寧親自簽署的指令，統一所有基本測量工作，設立總領導，執行編圖工作，擴展制圖事業，出版測量書刊，設立中央航空測量和制圖科學研究院，兩次公布了地球橢圓體元素。到現在為止大部地區已完成了各種測量工作，並已有了精確而詳細的地圖。

中國 自殷周即已設置專門官吏來管理圖籍，更溯源于前有夏禹（約公元前23世紀）治水用「准、繩、規矩」，實即測繪工

具至后汉（約公元二世紀初）張衡造渾天仪为天文观测史上留下光輝的痕迹。至晋代（公元三世紀）裴秀拟編『制圖六体』为小比例尺地圖工作規範，是世界史上早期制圖綱領，及刘徽著重差术，总结了立杆測影的九个典型，用来測量山高水深以及河澗城垣的長寬，同为世界早期地形測量范例。

至唐代（公元八世紀）在河南一帶用『水准繩墨』丈量距离，并測定开封等处緯度，得緯离每度弧長为 351 里80步，为世界上第一次子午綫測量，降至11世紀总结了前人指南工具的發明有四种指南針的裝置方法，至今尤为測量定向工具。至元代（公元13世紀）郭守敬發起測量全国緯度的計劃，迄清康熙（18世紀）測全国各省重要城市經度，到清末成皇輿全圖。随着清朝的統治被推翻，全国各省成立測量局，举办了測量学校，測量業務也随着有些發展，在各地不同情况下編纂或实测过部份地圖，由于旧中国反动統治封建分裂大部份質量低劣，远不能滿足国民經济与国防建設需要。

偉大的中华人民共和国成立以后，由于社会主义建設的展开，測繪事業获得了很快的發展，在短短的几年內培养了大批的測繪專業人員，在苏联政府及專家積極的帮助和指导下，大量的測繪科学書籍，作業細則及規範已陸續翻印出版，全国性大規模的測量工作正在开展，并初步获得了成績。偉大而艰巨的祖国測繪事業需要我們坚定的信心及辛勤的劳动来完成。

§ 3 地形測量在社会主义建設和保衛国防事業中的意义

（一）經濟建設方面 在向社会主义迈进的各种經濟建設的計劃中要获得严格的科学基础，必須有各种資源的勘测，作为設計研究的資料。

地形測量在任何一种工程的勘测中占有極其重要的地位，例如鐵路公路运河的开鑿，須先行勘测并作有关桥梁碼頭隧道适宜

位置的選擇。在社会主义農業规划中播种面积收割計劃及托拉机站的布置，以及解决城市建筑的施工，衛生工程的給水排水，交通運輸等等；这些問題都需要根据某种勘测来决定，在一定範圍內測量在一切技术設計、經營、檢查上，提供了严格的科学基础。

(二) 国防軍事方面 精确完整的地形圖在国防事業中是很重要的，在戰場上最重要的是要知道該地区可以通行和不可以通行的程度，就是一些微小山坡起伏障碍也能隱避敌人的視綫及避免敌人的射击。

因此指揮員要根据地形圖作战略战术上的布置，充分利用道路網森林河谷分布情形，避免敌人射击，決定部队行动。參謀人員要根据地圖作有关宿营陣地各兵种配备的設定。炮兵要根据地圖選擇观察所、制高点及射击火網的組成。

航空部队坦克手要根据地形圖作自己路綫的計劃，以及降落場攻击点的選擇。

軍事工程师要根据地形圖草拟坚固的或临时的防 御 工 事 計劃，医务人員要根据地形圖作野战医院綑帶所救护站的選擇。

此外如海防要塞，灘头陣地桥头堡壘空軍基地等的選擇，以及有关各兵种的整體組織与活动都是很必需的，总而言之，如果对地形沒有研究，那怕是最英明的指揮員也可能徒勞無益，甚至引向遭受灭亡的后果，尤其現代的战争是用新式远距离控制的仪器和武器（如導彈等）若沒有精确測量工作就不能發揮作用，由此很清楚地看到，在战略战术上地形圖为取得必然胜利的地形保証。

現在我們国家虽然大力从事和平建設，但帝国主义者仍时刻不忘侵犯我国領土，百倍警惕巩固国防尤其必要，这样，測制我国精密完整的地形圖便成为我們艰巨、光荣而偉大的任务。

§ 4 地球的形态和大小

地球表面有山、河、平原，起伏不平，因而地球表面形状极为复杂，如果就整个地球来看，由于地球的体积很大，则地球局部变化就显得很小了。例如世界最高的喜马拉雅山的珠穆朗玛峰，高出海面约8800多公尺，而世界最低的涅洛海沟（在菲律宾群岛以东，关岛以南）低下海面约108000公尺，如果将地球制成以300公厘为半径的地球仪，则上述两地在地球仪上高低之差约为1公厘。这样起伏不平的程度，尚不如一个桔子的果皮。

从上面我们可以得出地表面的起伏与整个地球大小的对比关系，但对于整个地球形状，很多事实证明地球表面是圆球形的。先进的科学家，在地球上各个地区多次进行精密测量的结果，已经确定地球形状极近似于旋转椭圆体（图1），也就是说，极近似于一有规则的几何体，这一几何体是以椭圆面绕其短轴旋转而形成的。

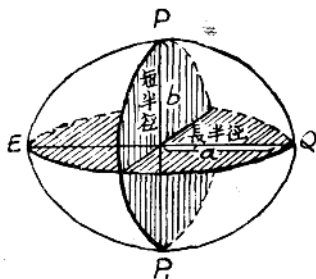


图 1

椭圆体的长半径以 a 表示
短半径以 b 表示。

长短半径 a 、 b 均称为地球原素，历史上很多科学家曾经测定不同精确程度的地球原素，目前，在最新的科学的测量基础上，获得斯大林奖金荣誉的苏联学者克拉索夫斯基教授求得了最精确的地球椭圆体元素，即

$$a = 6378245 \text{ 公尺} \quad b = 6356863 \text{ 公尺}$$

应当指出，最精确的地球元素的测定，对于全世界测量科学是极大的贡献。

在地形测量里为了应用简便起见常把地球看作球形，这个球

的半徑采用下面的数字，設球体半徑为 R

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{3} (a + a + b) \\ &= \frac{1}{3} (6378245 + 6378245 + 6356863) \end{aligned}$$

即 $R = 6371118$ 公尺 (1)

因此在地形測量学內，采用地球半徑 $R = 6370$ 公里的球体，作为以后計算的数据。

§ 5 地面点的地理座标和高程

我們已經知道地球的形狀为球形更接近于橢圆体，要在这个表面測繪圖形，首先要选定測量的基准面，再进一步研究如何在这基准面上定出点的位置，为了易于了解依下列次序来叙述：

(一) 名詞解釋

地軸 为地球自轉的軸（即短軸）它的兩端叫兩極，在南端为南極在北端为北極。

地球赤道 垂直于地軸并过地球中心的平面为赤道面，赤道面与地球表面的交綫叫作地球赤道簡称为赤道。

緯圈 地球表面上每一点当地球自轉时划出的圓周。其中赤道是最大緯圈，且离兩極距离相等。

真子午綫 过地面任意点与兩極所作的平面叫真子午面，真子午面与地球表面的交綫为真子午綫，又称地理子午綫。世界公認經過倫敦格林尼治天文台的子午綫称为首子午綫或标准子午綫。

水准面 設想將平靜的湖泊海洋水面延長，穿过大陆作無限的扩展形成一个閉合的曲面，这个曲面叫做水准面，通过驗潮站測定的平均海面的水准面叫做大地水准面。与大地水准正交的直綫为鉛垂綫。

(二) 地面点的位置 系用点的高程和地理座标来决定的；

(1) 高程 是由地面各点到大地水准面的垂直距离如圖 2

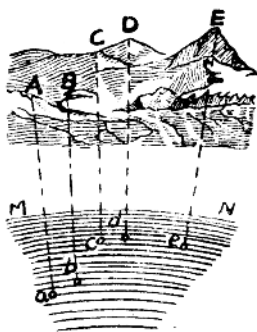


圖 2

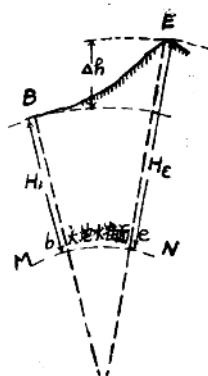


圖 3

$M\ N$ 为大地水准面。
 $A \cdot B \cdot C \dots$ 为地面点。
 $a \cdot b \cdot c \dots$ 为 A, B, C 投影。
 $A-a, B-b, C-c \dots$ 为垂直距离，即各
 地面点相应高程。

高程起算以大地水准面为零点，在铅垂线上度量，又称『绝对高程』或真高或海拔。如果假定从任意一个水准面起算叫做『相对高程』，由大地水准面起算的真高，几乎都是正的，通常不加『+』号，只有在新疆吐鲁番深极特殊地区为负值，才用『-』号来表示。

(2) 地理座标

地球上每一点的位置，可采用经度和纬度来决定，这个经度纬度又称为点的地理座标。

经度是某点的子午面与首子午面所夹的角度用 λ 表示（如图 4），依首子午线向东或向西计算，由 $0^\circ-180^\circ$ ，向东量为东经取正号，向西量为西经取负号。

緯度 是某点的鉛垂綫与赤道面的夾角，用 φ 表示（如圖 4）。通常由赤道起算，由 0° 到 90° ，向北的称为北緯，向南的称为南緯。

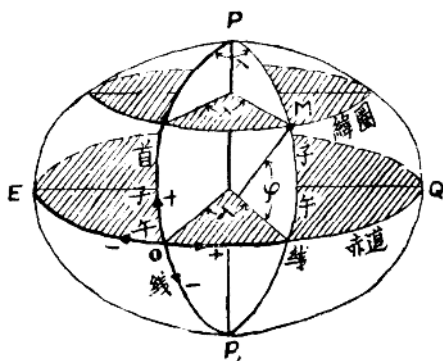


圖 4

这样点的地理坐标是用天文方法来决定的，假設作为起始点的地理坐标已知，也可采用大地测量的方法来确定（詳大地測量学）。为了有更完善的坐标系統，地理坐标与高程常一并用来决定地面地的位置。

§ 6 平面圖和平面圖的比例尺

（一）平面圖 描繪小地区时可以小区域水准面視為水平面（即某区域中心部分的切平面），依鉛垂綫方向把地面物体投影到水平面上，如圖 4，点 $A, B, C, D \dots$ 在水平面上的垂直射影 $a, b, c, d \dots$ 組成其相应点綫圖形的投影，因此將地物的水平投影按比例縮小的圖形称为平面圖。

（二）平面圖的比例尺 在地面上地物的水平投影不能依其真实大小表示于平面圖上，須將其縮小若干倍。平面圖上綫段長

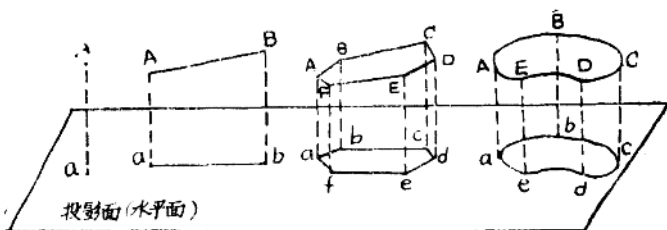


圖 5

与实地相应綫段的水平投影長的比称为比例尺。設 l 为平面圖上綫段長， L 为相应綫段之实地長。則平面圖比例尺为

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{M} \dots\dots\dots (1)$$

式內 M 为比例尺分母表示縮小的倍数。而比例尺依其構成形式分下列各种：

(1) 数字比例尺 即比例尺用分数表示，如 $1:10000$ 、 $1:25000$ 、 $1:50000$ 、 $1:100000$ 、 $1:63360$ 。

应用例1. 設 $M=25000$ $L=1000^m$ 求圖上長度 $l=?$

$$l = \frac{L}{M} = \frac{1000^m}{25000} = 4^c m$$

2. 設 $M=25000$ $l=1.6^c m$ 求实地長度 $L=?$

$$L = M \cdot l = 25000 \times 1.6^c m = 400^m$$

3. 設 $L=1000^m$ $l=1^c m$ 求比例尺 $\frac{1}{M}=?$

$$\frac{1}{M} = 1:100000$$

由上可知以分子为1的分数表示，可使縮小倍数的概念很明确，运算也較方便，比例尺的分母愈大，比值愈小，称为小比例尺；反之，分母小則比值大称为大比例尺。而数字比例尺是一个無名

數，不因長度單位而變。

(2) 直綫比例尺 即比例尺用綫段來表示如圖

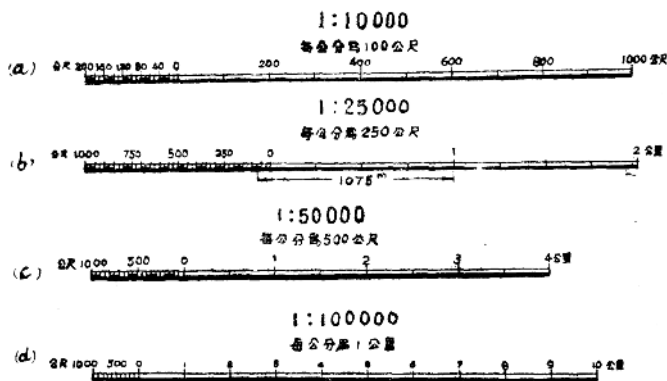


圖 6

制法

- ① 決定比例尺 1 公分實地的長度。
- ② 決定比例尺全長（依規定長度），并取一直綫沿直綫上作等分爲 1 公分的垂直短綫。
- ③ 決定尺頭并將其等分。

依圖式：

比例式	1/10000	1/25000	1/50000	1/100000
比例尺全長	12 ^{cm}	12 ^{cm}	10 ^{cm}	10 ^{cm}
尺頭等分	20 格	40 格	20 格	10 格
尺頭長度	2 ^{cm}	4 ^{cm}	2 ^{cm}	1 ^{cm}

- ④ 注記尺頭及其它各部數字。（如圖 6）

用法

- ① 由圖上求實地長（如圖用比規在圖上量出長度再在尺上讀數）