

地形測量学

武汉測繪学院測量学教研組 編著

測繪出版社

地形測量学

武汉測繪学院測量学教研組 編著

測繪出版社

1959 • 北京

內 容 簡 介

本教材系根据武汉測繪学院最新拟訂的“地形測量学教学大綱”編写而成。

本書以 1:1000, 1:2000 和 1:5000 大比例尺地形測量与 1:10000, 1:25000 和 1:50000 中比例尺地形測量为中心内容,結合生产实践 并注意必要的理論闡述。書中吸取了全国測繪科学技术經驗交流会中的有效經驗,反映出了目前測量科学的發展水平和我国測量事業的成就。在章节的安排上注意配合教学进程,由淺入深,便于學習。

本書可作为測繪院校天文大地測量和航空攝影測量兩專業的教材及非測量專業的教學参考書,并可供測量作業人員进修學習之参考。

地 形 測 量 学

編 著 者	武汉測繪学院測量学教研組
出 版 者	測 繪 出 版 社 北京宣武門外永光寺西街3号 北京市書刊出版業登記證出字第081号
發 行 者	新华書店科技發行所
經 售 处	各 地 新 华 書 店
印 刷 者	北 京 市 印 刷 一 厂 北京西便門南大街乙1号

印数(京)1—4,800冊	1959年8月北京第1版
开本31''×43'' 1/4	1959年8月第1次印刷
字数430,000	印張19 1/4 插頁1
定价(10)2.45元	

前 言

我国測繪事業在中国共产党的领导下已取得了輝煌的成績，測繪教育工作也得到飛躍的發展。1958年教学改革以来，在貫徹党的教育方針——教育为無产階級政治服务，教育与生产劳动相結合——方面更取得了重大胜利，使測繪教育事業面貌一新。本書系在教改胜利的基础上，在武汉測繪学院党委具体领导下，采取党、教师、同学三結合的形式編成的。在內容上力求比較完整并能結合祖国生产实践。在編写过程中由院系的党領導，測量学教研組全体教师和天文大地系 1956 班 1957 班同学参加，对旧教材的內容与思想性进行了研究与批判。通过大鳴大放、大爭大辯后拟訂了适合我国目前情况的地形測量学新教学大綱，依拟訂的新教学大綱先由教师及同学分头編写再彙总比較，展开討論；取長补短，重新拟訂了編写計劃及章节安排。至此再由測量学教研組教师依照修改后的要求分章負責重写。对修改后編写的教材，逐章逐节进行了細致的討論，再由專人負責修改，稿凡三易乃成。

在編写与修改过程中，總結了过去教学上的經驗教訓，广泛搜集資料，并向各業務机关普遍征求意见。內容取捨上力求理論与实践并重，尽量搜集測量科学最新成就和祖国几年来測量工作上的先进經驗編入教材以符合發展情况而結合生产实践。在章节安排上特別注意教学法并結合生产过程，由淺入深，文字力求淺显易懂以利学者学习。对手簿格式及施測方法，基本上遵照国家測繪总局頒布的有关规范与細則办理，有变更处均經慎重討論。本年二月在武汉举行的全国測繪科学技术經驗交流會議及全国測繪技术革新展覽会的有关資料亦已尽量采入。为此特向提供資料与意見的單位表示感謝，同时向为本書原稿帮助抄写与繪圖的武汉測繪学院同学表示謝意。

本書中有部分內容因实验資料不够，尚欠充实，希望以后能陸續增补。由于業務水平的限制加以時間較短促，書中錯訛之处尚或难免，希望各方面提供寶貴的意見，以便以后再版时修改。來函請寄武汉市珞珈山武汉測繪学院測量学教研組。

武汉測繪学院測量学教研組

1959 年 5 月

目 录

前言	3
第一章 緒論	9
§ 1.1 測量學及其在社會主義建設中的作用	9
§ 1.2 測量學的發展簡史	10
§ 1.3 測量上常用的度量單位	12
§ 1.4 地球形狀和大小的概念	13
§ 1.5 地面點位置的確定——地理坐標和高程	15
§ 1.6 用水平面代替水準面的限度	16
§ 1.7 平面圖、地圖、地形圖和地物圖	18
§ 1.8 比例尺	18
第二章 直綫丈量	21
§ 2.1 地面上點的標定和直綫定綫	21
§ 2.2 直綫丈量的工具	23
§ 2.3 直綫丈量	25
§ 2.4 鋼尺的檢驗和鋼尺長度不正確的改正	30
§ 2.5 鋼尺丈量的誤差及其精度	31
§ 2.6 直綫丈量時應注意之事項	33
第三章 定向、羅盤儀	34
§ 3.1 直綫定向	34
§ 3.2 方位角和象限角	34
§ 3.3 子午綫收斂角	36
§ 3.4 坐標方位角(方向角)	37
§ 3.5 羅盤儀	37
§ 3.6 羅盤儀的檢驗與校正	39
§ 3.7 用羅盤儀測定磁方位角或磁象限角	40
第四章 經緯儀及水平角觀測	41
§ 4.1 水平角觀測原理	41
§ 4.2 游標經緯儀	41
§ 4.3 望遠鏡	42
§ 4.4 水準器	48
§ 4.5 度盤和游標	50
§ 4.6 光學經緯儀	53
§ 4.7 經緯儀的對中、整平與瞄準	53
§ 4.8 水平角觀測的方法	56
§ 4.9 經緯儀應當滿足的條件	59
§ 4.10 經緯儀的檢驗和校正	60
§ 4.11 儀器誤差對水平角觀測的影響	64

§ 4.12 水平角观测的精度	65
§ 4.13 經緯儀的养护	67
第五章 經緯儀導綫測量	68
§ 5.1 測量控制的概念	68
§ 5.2 經緯儀導綫的概述	70
§ 5.3 經緯儀導綫點的選擇和标定	71
§ 5.4 經緯儀導綫的施測	71
§ 5.5 經緯儀導綫的連接	72
§ 5.6 經緯儀導綫的內業計算概述	74
§ 5.7 角度閉合差及其分配	74
§ 5.8 導綫邊的坐標方位角之計算	77
§ 5.9 點的直角坐標與坐標增量	78
§ 5.10 坐標增量之計算方法	80
§ 5.11 坐標的正算和反算問題	81
§ 5.12 導綫坐標增量閉合差及其分配，導綫點坐標的計算	83
§ 5.13 導綫計算舉例	86
§ 5.14 閉合差不容許時的錯誤尋找	89
§ 5.15 經緯儀定綫，不能直接丈量的邊長之測定	91
第六章 經緯儀交会	92
§ 6.1 概述	92
§ 6.2 前方交会	92
§ 6.3 后方交会	96
§ 6.4 側方交会	106
第七章 地物圖的測繪	109
§ 7.1 概述	109
§ 7.2 地物測量的幾種方法	109
§ 7.3 獨立地區的測圖	112
§ 7.4 設角器	113
§ 7.5 建成地區的測圖	116
§ 7.6 手簿與草圖	117
§ 7.7 直角坐標格網的繪制	117
§ 7.8 導綫點的展繪	119
§ 7.9 地物點的轉繪	120
第八章 誤差理論的一般知識	122
§ 8.1 誤差的來源和分類	122
§ 8.2 偶然誤差的性質	123
§ 8.3 算術平均值原理	124
§ 8.4 獨立觀測值的中誤差，極限誤差	124
§ 8.5 觀測值函數的中誤差	125
§ 8.6 算術平均值的中誤差	126
§ 8.7 根據改正數確定中誤差	129
第九章 水准測量的基本知識	131

§ 9.1	高程测量的概念	131
§ 9.2	几何水准测量原理	131
§ 9.3	水准测量实施方法	133
§ 9.4	地球曲率和大气折光的影响	135
第十章	水准仪和水准尺	137
§ 10.1	水准仪的类型	137
§ 10.2	水准仪应满足的条件	138
§ 10.3	水准仪的检查	138
§ 10.4	定镜水准仪之检验与校正	141
§ 10.5	具有符合水准管和倾斜螺旋的水准仪	142
§ 10.6	具有倾斜螺旋的水准仪之检验与校正	144
§ 10.7	自动水准仪	145
§ 10.8	水准尺及尺垫	146
§ 10.9	水准尺之检验	147
第十一章	三、四等水准测量	153
§ 11.1	国家高程控制	153
§ 11.2	三、四等水准路线的布设规定	153
§ 11.3	三、四等水准路线的设计、选点和埋石	153
§ 11.4	水准点	154
§ 11.5	三、四等水准的观测	156
§ 11.6	观测记录及检查	159
§ 11.7	水准测量的误差	160
§ 11.8	过河过谷水准测量	162
§ 11.9	水准测量内业计算概述	163
§ 11.10	单独水准路线的平差	164
§ 11.11	具有一个结点的水准网平差	166
§ 11.12	多边形平差法	167
第十二章	三角高程测量	170
§ 12.1	三角高程测量概述	170
§ 12.2	竖盘与始读数	170
§ 12.3	竖角的测定	174
§ 12.4	竖盘的检验与校正	175
§ 12.5	地球曲率与大气折光的影响	175
第十三章	视距测量基本知识及装丝视距仪	177
§ 13.1	视距测量概述	177
§ 13.2	视距测量的原理	178
§ 13.3	视距尺	180
§ 13.4	视距常数的测定	181
§ 13.5	用装丝视距仪测定高差的公式	184
§ 13.6	计算水平距离和高差的辅助工具	185
§ 13.7	装丝视距仪的精度	189
§ 13.8	装丝视距仪的缺点	190

第十四章 地形及等高綫	192
§ 14.1 地形要素	192
§ 14.2 表示地形的方 法	192
§ 14.3 用等高綫表示地面起伏的形狀	195
§ 14.4 等高綫的特性	197
§ 14.5 等高距	199
§ 14.6 地形的閱讀	199
§ 14.7 地形圖的应用	200
第十五章 裝絲視距儀在測圖工作中的应用	205
§ 15.1 概述	205
§ 15.2 視距導綫	205
§ 15.3 碎部測量	207
§ 15.4 視距測量的成果整理	210
§ 15.5 地形圖的繪制	211
§ 15.6 根据点的高程在平面圖上勾繪等高綫	212
第十六章 其他几种視距儀	214
§ 16.1 概述	214
§ 16.2 哈默視距儀	214
§ 16.3 光学楔鏡視距儀	217
§ 16.4 自动改正的光学楔鏡視距儀	221
§ 16.5 对数光学楔鏡視距儀	222
§ 16.6 視差法測距	226
第十七章 高程導綫	228
§ 17.1 概述	228
§ 17.2 高程路綫的選擇与标定	228
§ 17.3 高程導綫測量所用的仪器及其檢驗	229
§ 17.4 高程導綫的施測与計算	230
第十八章 圖的分幅編号、高斯投影的概念、高斯-克呂格坐标	233
§ 18.1 圖的分幅編号	233
§ 18.2 高斯投影的概念	237
§ 18.3 高斯-克呂格坐标	238
§ 18.4 坐标格網及圖框的整飾	242
第十九章 平板儀及平板儀交会	243
§ 19.1 概述	243
§ 19.2 平板儀和平板儀的附件	244
§ 19.3 平板儀及其附件的檢驗和校正	246
§ 19.4 小平板儀	248
§ 19.5 平板儀的安置	248
§ 19.6 前方交会和側方交会	351
§ 19.7 后方交会(三点題)	252
§ 19.8 白塞尔法	253
§ 19.9 李曼法	257

§ 19.10	透明紙法	261
第二十章	1:5000、1:2000 和 1:1000 比例尺地形測量	262
§ 20.1	概述	262
§ 20.2	圖根控制	262
§ 20.3	測角圖根網	263
§ 20.4	經緯儀導線	268
§ 20.5	旁點交會法	272
§ 20.6	圖根點高程之測定	273
§ 20.7	測圖前的準備	274
§ 20.8	測站點	276
§ 20.9	地形測圖	276
§ 20.10	經緯儀配合小平板儀的測圖	279
第二十一章	1:10000、1:25000 和 1:50000 比例尺地形測量	280
§ 21.1	概述	280
§ 21.2	圖解網之擴展	281
§ 21.3	圖解網點高程之確定	284
§ 21.4	平板儀導線	286
§ 21.5	經緯儀導線	289
§ 21.6	圖根網的結束工作和檢查	290
§ 21.7	測站點	290
§ 21.8	地形測圖	291
第二十二章	气压高程測量	294
§ 22.1	概說	294
§ 22.2	水銀气压計	294
§ 22.3	空盒气压計	296
§ 22.4	沸点气压計和微差气压計	297
§ 22.5	气压測高原理	298
§ 22.6	簡略气压計公式	299
§ 22.7	完整的气压計公式	300
§ 22.8	气压測高的計算用表	301
§ 22.9	气压高程測量作業的一般介紹	303
§ 22.10	簡便气压測高法	304
§ 22.11	临时固定站法	305
§ 22.12	气压高程測量之应用	307
§ 22.13	空盒气压計的簡便应用	307

第一章 緒 論

§ 1.1 測量學及其在社會主義建設中的作用

測量學是一門研究地球形狀和大小的科學。測量學和其他科學一樣是由於人類生產需要而產生的，它又隨著人類歷史的演進而逐步發展和充實起來。最初人類生產上只要了解地表面個別部分的形狀和大小，繼而因生產技術改進需要灌溉等，要求了解地面起伏情況，測量學就開始研究地面高低的問題，逐漸形成了**地形測量學**。隨著生產範圍日漸擴大，要求測量的地區也日益增大，使得以前只適用於小範圍的測量方法已不能滿足生產需要。為了研究大面積的形狀和大小，本可將這個區域分成幾個較小的部分進行測量；但當要求整個地區全貌和連接各個單獨地區成為一個嚴整的地區時，以前的測量方法是無法解決了。**大地測量**是為了滿足生產上這種需要而產生的，它的基本任務是研究整個地球形狀和大小。隨著人類生產力的日益發展，對測量的要求也日漸繁重，若用以前的方法來研究地面形狀大小和高低起伏，就顯得費時曠日又不能滿足生產需要。在二十世紀初，航空事業與攝影技術已得到發展，就促使測量學能利用飛機上的攝影機對地面攝影來了解地面的情況，這就是**航空攝影測量學**，它的目的和地形測量學一樣。測量學以後為了滿足城市建設，各種工礦企業及農業生產上的需要，逐漸發展成專為某種專業服務的測量學，這就是各種**工程測量學**。利用測繪所得的成果，研究如何編制和印刷出版各種不同比例尺的普通地理圖和特種圖，這一門專門的科學就是**制圖學**。

從上面的簡單介紹，我們知道測量學是在人類生產鬥爭實踐的基礎上產生的，而又在服務於社會生產中不斷地得到充實和發展的。在我國社會主義計劃經濟的條件下有遼闊廣大的地區需要建設，無窮無盡的天然財富需要開發，測量學在解決這些任務中是十分重要的。為了國民經濟建設需要，必須合理地配置國家的生產力，如居民地的佈置，交通路線的選擇，大面積的灌溉，各種大型建築工程的施工，地下資源的開采，農業中的土壤植物考查，土地整理，森林的調查及經營等等，無不需用地圖和需要測量學這一門科學的幫助。這充分說明了測量在社會主義建設中的作用。

解放幾年來，在黨的英明領導下，我國的各項建設事業都取得了高速度的發展和輝煌的成就，測量在祖國的各項建設中起到了先鋒作用。人們稱測量工作者是祖國各項建設事業的尖兵，這決不是偶然的。例如武漢長江大橋的建設，從橋址的選擇到精確地測定橋址，在千余公尺古稱天塹的長江上測定其寬度和兩岸的高差，橋墩位置和橋梁軸綫的放樣與安裝等，都需要高的精確度。又如在秦嶺的寶成鐵路，要通過無數的隧道，為了工程的提前完成，對較長的隧道，採用了分段同時開鑿的方法進行施工。最後在各接合處上下左右相互貫通，要達到指定的精度。再者，其他如荊江分洪工程，淮河的綜合利用，三門峽水利樞紐和長江三峽水利樞紐等偉大工程的設計施工中，測量工作都起着極

其重要的作用。測量工作不僅為各類工程在設計工作中提供了可靠的原始資料，以及在施工過程中保證正確的放樣；而且在工程竣工後還進行精確的觀察，確定工程建築物的變形，以保證工程的安全，並提供科學研究的重要數據。在地質勘探中，當勘探石油、煤、貴重金屬以及有色金屬等各類礦藏時，地圖是地質人員不可缺少的伴侶。因為當地質人員填繪勘探礦產的資料，擬訂實施開采計劃以及興建各種采礦企業和礦井時都必須有精確的地圖，並要進行專門的測量的工作。解放幾年來我國的城市建設有了長足的邁進，測量工作在城市建設中也起了很重要的作用。當進行城市規劃和整理，建設城市交通路線，敷設各種溝管和清丈土地時都要用地圖及進行專門的測量工作。在林業建設方面，清查森林資源、綜合調查設計、采伐運輸線路勘察和綠化、造林、大地園林化等工作中，測量工作成為不可缺少的先行，它按照各種不同的需要提供測量成果，保證了林業建設的順利開展。在工業基本建設中，如工廠與大型廠房的建築，高爐和大型自動化機器的安裝及高壓電線的架設等等亦需要測量資料和進行專門的測量工作。在農業方面進行土地的規劃與整理、農田水利的建設、荒地的開墾和經營等工作中都要用到地圖及需要進行專門的測量工作。例如要完成我國開墾北大荒的計劃，首先就需要測量工作者進行艱苦複雜的勞動。目前人民公社已普遍建立，社會主義建設正飛躍的發展而繼續向共產主義過渡的情況下，地圖和各種測量工作將日益發揮它更大的作用。

測量工作對祖國的國防建設亦具有頭等重要的意義，指揮員在考慮總的戰略和指揮全軍作戰時就必須依據詳細而準確的地形圖。各級指揮員也必須清楚地了解作戰地區的地形，因為作戰時地形是戰略與戰術部署的重要因素之一。正確地利用地形不但可以掩護自己的部隊免受敵人砲火的殺傷，而且還可以使敵人失敗。在作戰時各兵種的運用在很大程度上決定於地形的特徵，要根據地形圖來確定行軍路線，駐紮地點及指揮所和野戰醫院設置地點等等。

測量科學對國民經濟和國防建設具有重大的意義，在黨的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社會主義的總路線光輝照耀下，我國的各項建設事業正以史無前例的速度全面躍進，在建設社會主義和共產主義的鬥爭中將要求測量科學和測量工作者完成十分艱巨而複雜的任務。

§ 1.2 測量學的發展簡史

在人類歷史發展過程中，由於人們在經濟上、政治上、文化上的需要，測量學很早就建立起來，並隨著人類歷史的發展而不斷發展着。古代埃及的尼羅河常常洪水氾濫，在洪水退後泥沙掩沒了土地邊界，需要進行測量來重新測定。古代希臘人繼承和發揚了埃及的文化，在發展科學上取得了很大的成就。如希臘人接受並改進了幾何學促進了測量學的發展。在公元前六世紀提出了大地當作球形的假定，編制了第一幅地理圖和創制了天球儀。首先利用圓周測角。公元前二世紀初步確定了地球的形狀和大小。編制了作為測地規範的測地學。開始用天文方法測定緯度。公元七世紀中國的指南針傳至歐洲，為測定方向作出了卓越的貢獻，直到現在，用磁針定向在測量上仍起着一定的作用。

1616年左右望遠鏡的發明，為測量工作提供了極有用的工具。此後測量儀器和測量方法得到不斷的改進，使測量學的內容逐漸提高和充實起來，但仍沒有擺脫手工業生產的範疇。第一次世界大戰期間，由於戰爭的需要，航空測量初次得到了應用，戰後這種方法逐步地應用於一般的測量工作，從而開始了測量工作的機械化時代。由於近代光學和電子科學的發展，測量科學在應用這些新技術方面已取得了很大的成就（如採用光速測距，雷達航空測量和電子計算技術等），因此可以說，測量學這門科學在目前正處在技術大革命新的時代中。

蘇聯在十月革命勝利後，由於蘇聯黨和政府的重視與社會主義建設的需要，測繪事業得到了蓬勃的發展。偉大的革命導師列寧在1919年3月15日親手簽署了成立蘇聯測繪總局的命令。1928年蘇聯建立了中央測繪科學研究所。近四十多年來，蘇聯的大地測量工作滿足了科學研究和測圖工作的要求。在傑出的蘇聯大地測量學家弗·恩·克拉索夫斯基領導下，用蘇聯和其他國家的大地測量成果求出了到目前為止最精確的地球形狀和大小的原素。1930年起蘇聯就大力採用航空測量方法，不論在測量方法，儀器製造方面都有很多卓越的發明和貢獻。蘇聯有許多培養測繪幹部的高等和中等學校，尤其是巨型電子計算機的製成人造行星的上天為測量科學提出了嶄新的研究課題。總之不論從測繪工作的成就，測繪科學的發展，測繪幹部的數量和質量等任何方面看來，蘇聯都毫無遜色的站在世界的最前列，是任何資本主義國家所望塵莫及的！從蘇聯測繪事業的發展，雄辯的證明了社會主義制度的偉大生命力和無比的優越性。

我國是世界上的文化古國，祖國人民對世界文化的發展作出了卓越的貢獻。測繪學在我國發展得也很早，早在公元前23世紀（4200多年前）夏禹治水所用的“准、繩、規、矩”即為實測的工具。自殷商起即設置專門官吏來管理圖籍。公元前四世紀即戰國時代，我國已利用磁石製成了世界最早的指南工具稱為“司南”。後漢（約公元二世紀初）張衡造渾天儀為天文觀測史上留下了光輝的一頁。西晉（公元三世紀）裴秀綜合前人的經驗，所編“制圖六體”是世界上最早的制圖規範。劉徽著重差術，是世界上最早的地形測量規範。唐代（公元八世紀）在今河南一帶，用“水準繩墨”丈量距離，在開封一帶進行了世界上第一次子午綫測量。至十一世紀，我國已有四種指南針的裝置方法，至今猶為測量定向的工具。元代（十三世紀）郭守敬發起測量全國緯度的計劃測定了緯度27點。清康熙（十八世紀）測全國各省重要城市的緯度，清末製成皇輿全圖（這時歐洲各國尚無統一完整的全國地圖。隨著清朝封建統治被推翻，全國各省為了軍閥割據統治的利益也成立測量局，有幾個省辦了測量學校，測量事業也有了少許發展。由於舊王朝及封建軍閥的罪惡統治，必然使科學得不到應有的發展。即在國民黨統治時期依然是封建割據，人民在“帝、官、封三座大山”的壓迫下，生活在水深火熱之中，國民黨反動派只顧賣國殃民，根本談不上進行建設，測量事業當然也不會發展。就是當時僅有的一點測量工作所遺留下來的成果也是絕大部分質量低劣，根本不能滿足今日我國社會主義經濟建設和國防建設的需要。與此同時，偉大的中國共產黨所領導的革命軍隊——工農紅軍，八路軍，新四軍，在不斷粉碎反革命進攻的慘酷鬥爭中，在當時物質條件極端困難的情況下，為了保證革命戰爭的需要，千方百計地發展測繪事業，這些工作為解放後我

大集集集集

國測繪事業的空前大發展奠定了良好的开端。

中華人民共和國的成立使我國測繪事業進入了新的發展階段。由於黨和人民政府對測繪事業的高度重視，蘇聯無私的幫助及我國廣大測繪工作者艱苦的努力，促使我國測繪事業得到了史無前例的高速發展，取得了偉大的成就。九年來我國培養的測繪專業人才相當於解放前43年培養人才的數十倍。九年來我國所做的測量工作大大地超過了解放前130年的總和。在解放前就是最簡單的測繪儀器和工具都要從外國進口，現在我們不但能大量生產各種普通的測量儀器和工具，而且能製造高精度的測量儀器。我國自製的水準儀，平板儀，自計視距儀及地形1號光學經緯儀等，其質量已達到和超過了國外同類型的儀器。我國試制成功的多倍投影儀，高精度經緯儀，光速測距儀等，其質量都已達到了世界先進水平。我國已開始掌握測量工作方面的尖端技術如光速測距、微波測距等。這些都說明我國測繪事業在黨的領導下正以雄偉的姿態飛速地攀登著測繪科學的頂峯。

1955年12月21日國務院提請全國人民代表大會成立測繪總局，1956年1月23日批准成立。1955年12月29日國務院頒佈關於長期保護測量標志的命令，為今後測量事業的發展奠定了基礎。在國家測繪總局成立之前已成立了中國人民解放軍總參謀部測繪局和中國人民解放軍測繪學院，它們為祖國測繪事業的蓬勃發展作出了巨大的貢獻。國家測繪總局成立後，不但組織和領導了全國的測繪工作，逐步統一了全國各種主要的測量規範、細則和圖式；而且還成立了前所未有的雷達航測隊，重力測量隊等。隨著祖國測繪事業發展的需要1956年成立了武漢測繪學院，大力培養測繪人才。成立了中國科學院測量制圖研究所為專門研究測繪科學的機構。1959年後各省紛紛成立了測繪管理機構。這些都是我國測繪事業飛速發展的標志，今後必然會進一步地促使我國測繪事業的更大發展。

幾年來我國測繪事業方面取得了巨大成就，1959年二月在武漢舉行的全國測繪科學技術經驗交流會和全國測繪技術革新展覽會充分說明了各方面的成就。但為了祖國社會主義和共產主義的建設事業需要，我們必須作更大的努力，更加鼓足干劲，力爭上游，大鬧技術革命，在最短的時間內掌握光速測距，微波測距，雷達航空測量，電子計算技術等測量新技術，多、快、好、省地發展我國的測繪事業。我們知道，各門科學之間是存在相互促進和相互制約的關係，如發射人造地球衛星和人造太陽系行星的成功，在測繪科學廣闊的領域中又提出了新的任務。

§ 1.3 測量上常用的度量單位

測量工作中常用的度量單位可分為長度、面積及角度三種

(一) 長度單位

國際通用的長度單位為米。我國除了用米外，一般羣眾還習慣以市尺為長度單位。

$$1 \text{ 米(m)} = 10 \text{ 分米(dm)} = 100 \text{ 厘米(cm)} = 1000 \text{ 毫米(mm)}$$

$$1 \text{ 公里} = 1000 \text{ 米}$$

$$1 \text{ 米} = 3 \text{ 市尺}$$

1 公里 = 2 市里

1 市里 = 500 米 = 1500 市尺

(二) 面积单位

面积的單位是平方米。大面积用公頃、公亩或平方公里。在农业上也用市亩为面积單位。

1 公頃 = 100 公亩 = 10000 平方米

1 公亩 = 0.15 市亩 = 100 平方米 = 900 平方市尺

1 市亩 = $6 \frac{2}{3}$ 公亩 = 6000 平方市尺 = $666 \frac{2}{3}$ 平方米

1 平方公里 = 100 公頃 = 1500 市亩

(三) 角度单位

测量上常用的角度單位为六十等分制的度。一圓周分为 360° , $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$ 。有的国家用十进制的新度, 每圓周为 400^g , 每一直角为 100^g , 每 g 为 100° , 每 c 为 100^{cc} 。

在测量学中推导公式时常常用弧度表示角度的大小。角度以弧度計等于弧長与半径之比。与半径相等的一段弧長所对的圓心角作为度量角度的單位, 即一个弧度。角的度数与弧度的关系如下:

$$\alpha^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \hat{\alpha} = \rho^\circ \times \hat{\alpha}$$

$$\alpha' = 60 \times \rho^\circ \times \hat{\alpha} = \rho' \times \hat{\alpha}$$

$$\alpha'' = 60 \times \rho' \times \hat{\alpha} = \rho'' \times \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\alpha^\circ}{\rho^\circ} = \frac{\alpha'}{\rho'} = \frac{\alpha''}{\rho''}$$

$$\rho^\circ = 57^\circ \cdot 2957795 = 57^\circ 17' 44'' \cdot 806$$

$$\rho' = 3437' \cdot 747 = 3438'$$

$$\rho'' = 206264'' \cdot 8 = 206265''$$

§ 1.4 地球形状和大小的概念

为了对地球形状的概念作初步了解, 可以将地球的形狀看作是一个圓球。地球表面有高山、深谷、平原等, 在地表面較低窪的地方充滿了水面成为河流、湖泊和海洋。由于地球各个不同地区进行子午綫和緯度弧長的測量, 結果証明地球的形狀不是一个真正的圓球, 而是一个沿着赤道稍稍膨大和在兩極之間略为扁平的橢圓体。

在地球表面上, 海洋的面积約佔 71%, 大陆的面积約佔 29%。就整个地球的大小來說陆地高出海洋面并不十分显著, 如地球上最高的山是我国西藏地区的珠穆朗瑪峯, 她高出海水面也不到十公里, 而地球的概略半径为 6370 公里, 所以这种隆起可以略而不計。在这种情况下, 以靜止的海水面, 即沒有潮汐沒有波浪的海水面, 假想其延伸而通过大陆和島嶼后所圍成的形体作为整个地球的形狀。这个靜止的海水面称为水准面。

水准面有无数个，以其中通过平均海水面的一个称为**大地水准面**。水准面的特性为：通过水准面上任一点的铅垂线都在这点与水准面相垂直。由物理学中知道，铅垂线的方向取决于地球内部质量的吸引力。又因地球内部质量分布不均匀而引起铅垂线方向的变化，以致大地水准面是一个十分复杂而不规则的图形。关于大地水准面究竟接近一个什么样的数学图形的問題，在测量历史上曾佔有很重要的地位。现在在很多实际场合中为了计算方便，就最近似地将大地水准面当作一个圆球看待。较为精密的研究说明了大地水准面接近于一个绕其自转轴（短轴）旋转的**旋轉橢圓体**（又称**地球橢圓体**）（圖 1.1）。

大地水准面和地球橢圓体面是互相交錯的，有的地方大地水准面在地球橢圓体面的上面，有的地方又在它的下面，但差数一般不超过 50 m（圖 1.2）。

地球的大小通常用两个半径，长半径 a 和短半径 b ，或由一个半径和扁率 α 来决定，上述的 a , b , α 称为**地球橢圓体的元素**。

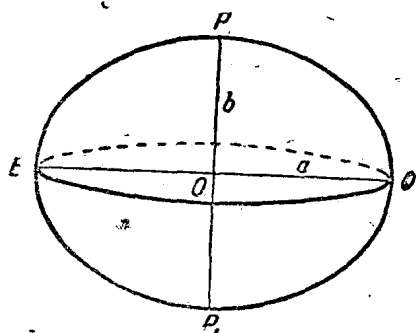


圖 1.1

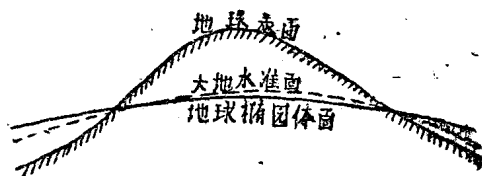


圖 1.2

$$\alpha = \frac{a-b}{a}, \dots\dots\dots (1.1)$$

数世紀来許多学者曾分別測算出地球橢圓体大小的数值，下表所列为几次最著名的測算成果：

計 算 者	a	b	α	年代和国家
	(以 m 計)		$\alpha = \frac{a-b}{a}$	
德 蘭 布 尔	6375653	6356564	1:334	1800 法 国
白 塞 尔	6377397	6356079	1:299.2	1841 德 国
克 拉 克	6378249	6356515	1:293.5	1880 英 国
海 福 特	6378388	6356909	1:297.0	1909 美 国
克 拉 索 夫 斯 基	6378210	6356909	1:298.6	1936 苏 联
克 拉 索 夫 斯 基	6378245	6356863	1:298.3	1940 苏 联

苏联从 1946 年起采用了弗·恩·克拉索夫斯基教授领导下所計算的地球橢圓体之成果。我国解放前采用海福特的成果，自 1949 年后亦采用克拉索夫斯基的地球橢圓体成果。因为根据世界各国大地測量成果而推算的地球橢圓体元素值，就目前情况而論克拉索夫斯基的成果是最可靠的。在地形測量学中把地球的形狀当圆球看待。为了各种計

算，最好記得地球大圓弧的近似長度。

六十等分制的角度

$$1^{\circ} = 111.11 \text{ km}$$

$$1' = 1852 \text{ m}$$

$$1'' = 31 \text{ m}$$

十進制的角度

$$1^{\circ} = 100 \text{ km}$$

$$1^c = 1 \text{ km}$$

$$1^{cc} = 10 \text{ m}$$

§ 1.5 地面點位置的確定 地理坐標和高程

確定地表面上點的位置，通常是求出其對於大地水準面的關係。由於地表面是高低起伏不平的，因此要確定地表面點的位置時，必須把它們投影到大地水準面上來研究。最常用的一種投影方法是把每個地面點沿鉛垂線的方向投影到大地水準面上。除此以外，要完全確定地面點的位置還必須要把各投影線段的長度，即各地面點沿鉛垂線到大地水準面的高度確定出來。因此研究地球表面點的位置問題可分為地面點在大地水準面上投影位置的確定和地面點到大地水準面的高度的確定。

地面點在大地水準面的投影位置是用地理坐標經度和緯度來表示的。

若把大地水準面當成一個橢球體或圓球來看待，則垂直於地球旋轉軸的各平面與球面的交線稱為緯圈或平行圈，其中經過球心的一個緯圈叫做赤道。經過任意地面點和南北兩極的平面與球面的交線稱為子午圈，國際公認經過英國格林尼治天文台的子午圈作為起始子午圈，或稱首子午圈。

如圖 1.3 某地面點 M 的緯度是通過該點的鉛垂線 MZ 與赤道平面 EQ 所成的交角。假定地球是一個圓球，那麼地面點的緯度就可以沿該點的子午圈用赤道至該點的一段弧長 M_0M 確定之。緯度通常以 φ 表示，在赤道以北者稱為北緯，在赤道以南者稱為南緯，從赤道算起向南北各由 0° 到 90° 。

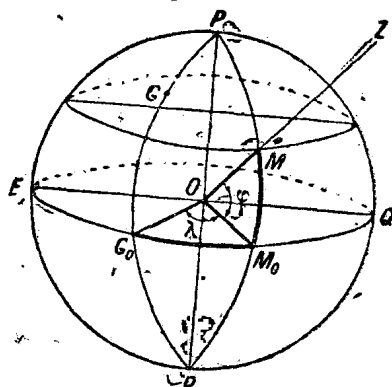


圖 1.3

某地面點 M 的經度是通過該點的子午圈平面與起始子午圈平面之間的兩面角，如圖 1.3 所示的角 G_0OM_0 ，經度通常以 λ 表示之。從起始子午圈向東數 0° 到 180° 之間稱為東經，向西數 0° 到 180° 之間稱為西經。

前面已說明要確定地面點的位置，除了用地理坐標確定了地面點在大地水準面上的投影位置以外，還要確定地面點到大地水準面的高度。地面點對於大地水準面的高度稱為絕對高程，對於其他任意水準面的高度稱為相對高程或假定高程。例如圖 1.4 中的 H_a 和 H_b 代表 A 點和 B 點的絕對高程， H'_a 和 H'_b 代表 A 點和 B 點對於任意水準面 $A'B'$ 的相對高程。假設經過 A 點作一水準面 AB'' ，這時 BB'' 表示 A 點對於 B 點的相對高程，通常稱為 A 點對 B 點的高差，而用 h 表示之。高差有正負，若測點高於起算點，則高差為正，反之為負。知道了地面點的經度 λ ，緯度 φ 和高程 H 時，該點的位置便完全確定了。

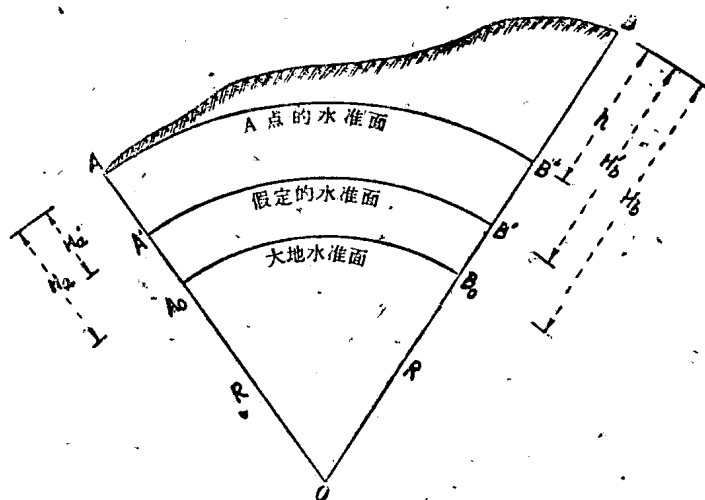


圖 1.4

§ 1.6 用水平面代替水准面的限度

在前节中已說明在地形測量学範圍內是將大地水准面近似地当成圓球看待。將地面点的空間位置投影到圓球球面上，然后再將地面上各点在球面上的投影描繪到平面的圖紙上是很复杂的。在实际的測量工作中，在某种測量精度的要求下和測区面积不大的情況下，往往以水平面直接代替水准面，就是把很小一部分地球表面上的点投影到水平面上来决定其位置。因此在什么範圍內能容許用平面投影代替球面投影的問題就必须加以研究了。

以下叙述是假定大地水准面作为一个球面。

(一) 水准面的曲率对水平距离的影响

在圖 1.5 中設 MAN' 为水准面， AB 为其上的一段圆弧，設长度为 S ，所对之圓心

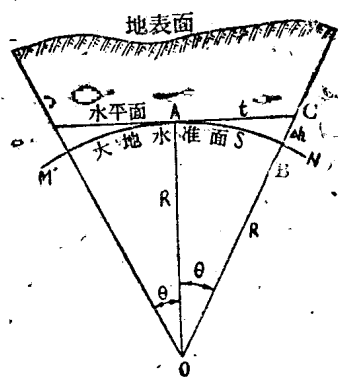


圖 1.5

角为 θ ，半徑为 R 。另自 A 点作切綫 AC ，設長为 t ，如果將切于 A 点的水平面代替水准面，即以相应的切綫段 AC 代替圆弧 AB ，則在距离方面將产生誤差 ΔS ，由圖得

$$\Delta S = AC - AB = t - S,$$

其中

$$AC = t = R \tan \theta,$$

$$AB = S = R \cdot \theta.$$

則

$$\Delta S = R \left(\frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots \right) \text{①}$$

因 θ 值一般很小，故可略去五次方以上各項，并以 $\theta = \frac{S}{R}$

代入則得：

① 根据三角函数的級数公式： $\tan \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots$