

中等林业学校試用教科書

測 量 学



上 册

盤匡林业学校等編

林业专业用

农 业 出 版 社

中等林业学校交流讲义

測 量 学

上 册

整屋林业學校等編

林 业 專 业 用

农 业 出 版 社

中等林業學校交流講義
測 量 學
上 冊

暨原林業學校等編

農 業 出 版 社 出 版

北京西總布胡同七號

(北京市書刊出版登記證許可証出字第 106 号)

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

承印印刷厂印刷

統一書号 15144.233

1961 年 7 月北京初編

開本 787×1092 毫米

1961 年 7 月初版

印 三十一分之二

1961 年 7 月北京第一次印刷

字數 198 千字

印張 七又八分之七 郵政六

印數 1—8,900 册

定價 (9) 七角三分

前 言

本教材是在中央林业部教育司的組織领导下，由陝西整匡林业学校余汉华同志和南京林业学校楊德南同志于1960年4月在整匡林业学校編写的。拟訂教材編写提綱以后，曾征求了各兄弟林校的意見。

初稿完成后，在教学改革运动中，在整匡林业学校党組織的领导下，对初稿进行了一次全面的审查和修改。参加修改的除余汉华同志外，还有測量教师叶慧嫻、张全学和徐美云等同志。今年4月，又由余汉华同志作了出版前的修改和校訂工作。

本教材在編写过程中力求达到一定的科学系統性，符合学习由浅入深由簡到繁的規律，也符合实际測量工作的由控制到碎部由整体到局部的原則；尽量使其层次分明，对繁瑣重复的部分作了必要的刪减，并增加了目前林业建設工作所必需的如小三角測量、眞方位角測定、导綫网水准网平差和几年来測繪工作的先进經驗等內容；結合专业，增加了森林調查設計和造林調查設計的測量、森林道路和流送河道的測量、航空測量的基本知識等內容，使学习測量的目的性更加明确。全书共分为測量的基本知識、控制測量、地形測量和林业測量等四篇。为了学习时方便將緒論、測量的基本知識和控制測量作为上册出版；地形測量和林业測量作为下册出版。

然而由于社会主义建設的突飞猛进和編者的政治、业务水平所限，教材中錯誤和缺点一定还很多，某些內容可能已不能滿足生产的需要。因此我們誠懇地希望讀者提出意見，以便作进一步的修改。

編者 1961年4月

目 錄

緒 論	1
-----------	---

第一篇 測量的基本知識

第一章 基本概念	5
§ 1-1 地球的形狀和大小的概念	5
§ 1-2 用水平面代替水準面的限度	6
§ 1-3 地面點位置的確定	8
§ 1-4 關於平面圖、地圖和斷面圖的概念	10
§ 1-5 比例尺	12
§ 1-6 測量工作概念	16

第二章 距離測量	19
§ 2-1 地面上點的標志	19
§ 2-2 量距的工具	21
§ 2-3 量距方法	22
§ 2-4 鋼尺的檢驗和鋼尺長度不正確的改正	29
§ 2-5 鋼尺量距精度及應注意事項	30

第三章 磁方向測定	32
§ 3-1 直線走向	32
§ 3-2 子午綫收斂角	37
§ 3-3 坐標方位角（方向角）	41
§ 3-4 羅盤儀	42
§ 3-5 羅盤儀的檢驗和校正	45
§ 3-6 用羅盤儀測定磁方向	47

第四章 經緯儀及水平角觀測	49
§ 4-1 水平角測量的原理	49

§ 4-2 經緯儀的構造	50
§ 4-3 度盤和游標	53
§ 4-4 望遠鏡	56
§ 4-5 水准器	62
§ 4-6 光學經緯儀及其讀數法	66
§ 4-7 經緯儀的對中、整平與瞄準	73
§ 4-8 水平角的觀測方法	74
§ 4-9 經緯儀的檢驗與校正	78
§ 4-10 水平角觀測的精度	82
§ 4-11 經緯儀的保養	84
第五章 誤差理論的基本知識	86
§ 5-1 測量誤差的來源和分類	86
§ 5-2 算術平均值	90
§ 5-3 衡量精度的標準	92
§ 5-4 用似真誤差表示均方誤差	95
§ 5-5 觀測值函數的均方誤差	98
§ 5-6 觀測值的權	103
§ 5-7 測量的極限誤差和相對誤差	105
 第二篇 控制測量	
第六章 經緯儀導線測量	109
§ 6-1 控制測量的概念	109
§ 6-2 經緯儀導線的種類	110
§ 6-3 導線測量的外業工作	114
§ 6-4 導線測量內業工作的程序	119
§ 6-5 角度閉合差及其分配。坐標方位角的計算	119
§ 6-6 坐標與坐標增量的計算	125
§ 6-7 導線坐標增量閉合差及其分配。導線點坐標的計算	131
§ 6-8 導線計算示例	135

§ 6-9 錯誤的尋找	138
§ 6-10 導線網平差	140
§ 6-11 視差導線測量	151
第七章 小三角測量	156
§ 7-1 概說	156
§ 7-2 三角鎖推算邊的精度	157
§ 7-3 基線丈量	159
§ 7-4 基線長度的計算	161
§ 7-5 角度觀測	164
§ 7-6 三角鎖的近似平差	165
§ 7-7 中心多邊形的近似平差	171
§ 7-8 四邊形的近似平差	173
§ 7-9 綫形三角鎖的平差	175
§ 7-10 交会定點	181
第八章 真方位角的測定	188
§ 8-1 天球和時的概念	188
§ 8-2 蒙氣差	195
§ 8-3 觀測北極星在任意時刻測定地面目標的真方位角	196
§ 8-4 北極星大距時測定方位角	203
§ 8-5 觀測太陽測定地面目標的真方位角	204
§ 8-6 緯度與經度的測定	209
第九章 水準測量	213
§ 9-1 高程測量的概念	213
§ 9-2 水準測量的原理	214
§ 9-3 地球曲率及折光的影響	216
§ 9-4 水準儀及水準尺	218
§ 9-5 水準儀的檢驗與校正	226
§ 9-6 四等水準測量	231
§ 9-7 水準測量的平差	240

緒 論

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表面各个部分，以及整个地球的形狀和大小的科學。測量學和其他科學一樣是由于人類生產而產生的，它又隨着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求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，要求了解地表面的起伏情況，測量就開始研究地面高低的問題，逐漸形成了“地形測量學”。隨着生產範圍日漸擴大，要求測量地區日益增大，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，所以為了研究大面積的形狀和大小，就產生了“大地測量”。由於人類生產力的日益發展，測量的任務也日漸繁重，就要求更快的測定地面的形狀、大小和高低起伏，這就產生“航空攝影測量學”。為了滿足城市建設，各種工礦企業及農業生產上的需要，逐漸發展成為某種專業服務的測量學。

由此可見，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的得到充實和發展，它是從實際出發，理論結合實際，實際擴充理論，體現了辯證唯物發展的客觀規律性。

在我們的社會主義祖國有遼闊廣大的地區需要建設，有無窮無盡的天然財富要開發，測量學在解決這些任務中是十分重要的。在國民經濟建設中，如各種工程建設的總體規劃與設計，居民點的布置、交通路線的選擇、大面積的灌溉、各種大型建築工程的施工、

地下資源的开采、农业中的土壤植物調查、土地整理、森林調查及造林調查等，都需要測量工作。

在党的鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我国經濟建設正在迅速地发展，林业建設也随着相应的发展，因此，对森林測繪工作者提出了新的更高的要求。我們必須在党的领导下与劳动群众創造性的智慧密切的結合，才能使測繪科学技术不断地推向前进。

我國測繪事業的成就及森林測繪概況

我国是世界上文明的古国，祖国人民对世界文化的发展作出了卓越的貢獻。在測繪史上亦有輝煌的成就，如指南針的发明，张衡創造了渾天仪，晋裴秀創造制图六体等。但由于历代的封建統治，和国民党反动政府的腐朽和无能，測量学和其他科学一样，沒有得到应有的发展。

解放后，在党和人民政府的正确领导下，測繪事业有了很大的发展，做了大量的測量工作，測量队伍不断地在增长和扩大，同时根据各个生产建設部門的需要建立了专业測量队伍，在1956年又成立了国家測繪总局，建立了測繪学院和許多院校的測繪科系，并在科学研究方面取得了很大成績，已开始掌握測量工作方面和仪器制造方面的尖端技术。这些都說明我国測繪事业在党的领导下，正以雄伟的姿态攀登著測繪科学的高峯。

在林业測量方面，在旧中国“既穷又白”，1949年建国之初，为了摸清全国森林資源，为合理經營森林、森工采伐等准备条件，开始培养林业測量的技术力量。在林业測量的实践过程中，測量的技术方面有了很大改进。由于采用了航空摄影測量，無論在工效上和質量上都大大提高了一步。同时还制訂了有关森林測繪工作

的各項操作細則方案，並根據情況進行了圖根控制測量。在航測成圖方面採取了多樣化形式解決了各地區象片圖成圖問題。

測量對林業生產的意義

森林測量是為森林調查、造林調查、人民公社的總體規劃和森林工業、工程建築等工作提供需要的圖面和数据資料。森林中的測繪工作包括測量大面積林区境界綫及其內部特征。測量境界綫的目的，是為了繪制境界綫圖，總計面積。而測量內部特征的目的，是為了繪出分區圖或林相圖。林业部門有了這些測量材料和其它森林經營規劃調查材料，才有可能全面的進行森林資源清查和編制林管區的施業案。這樣才知道如何將林管區劃分為施業區、營林区、營林段、林班和經營小區；如何區劃和計算造林、撫育和采伐地的地段和面積；如何設置林場和苗圃、安排造林地區和开辟防火綫等等。在開發林区的森林工業和工程建築方面，除必須測量林区的平面位置和地面高低起伏情況的地形測量外，有時為了滿足森林工程設施的要求，如修建林区公路、森林鐵道、整治河流、林区交通綫網、修建水庫堤壩及運材道等，還必須進行道路測量和河道測量，在得到這些材料的基本数据以後，就可以繪制縱斷面圖，以便設計、施工和檢查。

測量學是林业專業和森林采伐運輸專業一門專業基礎課，它必須在數學的基礎上進行講授，並為專業課打下基礎。學習時要特別注意理論聯繫實際，獲得必要的理論知識和掌握熟練的操作技術。

第一篇 測量的基本知識

第一章 基本概念

§ 1-1 地球的形狀和大小的概念

測量工作是在地面上進行的，所以必須具有關於地球形狀和大小的概念。地球的表面雖然具有高山，平原，深谷和海洋等，但與整個地球比較，極為微小，通常認為地球是一個近似球體。

地面上海洋的面積約占地球全面積的 71%，因此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1-1)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(兩極的)半徑 b 和扁率 α ：

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \text{ 等元素決定。}$$

地球元素曾經由測量學家多次測定，其中主要的有下列幾種(表1-1)。

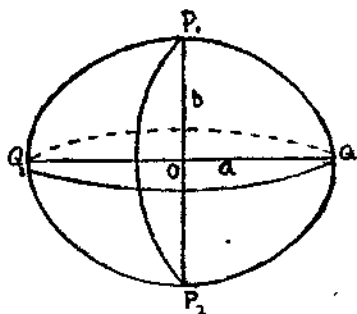


圖1-1

應當指出，精確地球元素的測定，對測量科學是極大的貢獻。海爾特地球元素在1925年雖曾公認為國際地球元素，我國自1932

年起曾經採用。但苏联克拉索夫斯基教授在最新的科学基础上測量了更精确的地球元素,苏联(1946年)和我国(1951年)都已採用。

表 1—1 地球元素表

測 算 者	測定日期	長半徑a(米)	短半徑b(米)	扁 率 α
白 塞 尔	1841	6,377,397	6,356,079	1 : 299.2
克 拉 克	1880	6,378,249	6,356,515	1 : 293.5
海 爾 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

§ 1—2 用水平面代替水准面的限度

靜止水面所表示的曲面叫做水准面。水准面永远和当地的重力方向即鉛垂綫正交。鉛垂綫（或叫做垂直綫）可用懸有垂球（图1—2）的直綫表示，任何与鉛垂綫成正交的曲面，都可看作是水准面。故在垂直綫上可以有許多高低不同的水准面。

与水准面相切的平面，叫做該切点的水平面，水平面与切点的鉛直綫正交。因为地球半径极大，所以小范围内的水准面，可以看作平面，这样对測量很方便，其原理如下：

設 AB_1 是水准面（图1—3）弧长以 L 表示。 AB 是 A 点的水平面。水准面上的距离 AB_1 与水平面上的 AB 对同一个球心角为 θ 。因此，把 AB_1 当作 AB 时的距离誤差 ΔL 可用下式表示：

$$\Delta L = AB - \widehat{AB_1} = R \cdot \text{tg} \theta - L = R \cdot \text{tg} \left(\frac{L}{R} \rho'' \right) - L \quad (1-1)$$

式中 R 是地球半径， $\rho'' = 206265''$ 。若令 Δh 是 B, B_1 两点的高程誤差，則：

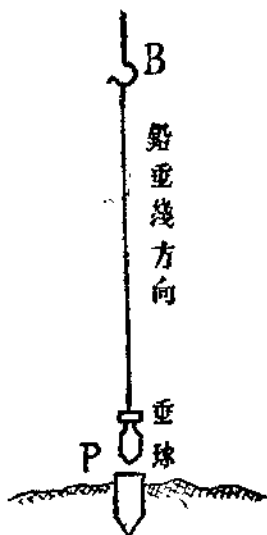


图1-2

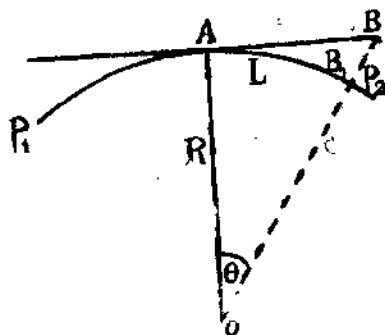


图1-3

$$\Delta h = OB - OB_1 = R \cdot \sec \theta - R = R(\sec \theta - 1)$$

$$\text{即 } \Delta h = R \left\{ \sec \left(\frac{L}{R} \rho'' \right) - 1 \right\} \quad (1-2)$$

假設令 $R=6,371$ 公里, L 給予各个不同之值, 即可計算距離誤差和高程誤差, 如表1-2:

表 1-2 用平面代替水准面誤差表

距 离 (公里)	距離誤差 Δl (厘米)	高程誤差 Δh (米)
1	0.0005	0.08
10	0.82	7.8
25	12.80	49.1
100	820.00	785.0

从上表可以看出,假使把半径25公里的水准面当作平面时,距离的误差为12.8厘米,如按 $\frac{1}{2,000}$ 的比例尺缩小繪到图上,此项误差的影响仅为0.065毫米,小于繪图时的容許范围误差0.1毫米。因此我們認為測繪 $\frac{1}{2,000}$ 的地图时,在半径等于25公里的水准面內可以当作平面。

但高程误差是相当大的,即使距离很短,也必须加以改正。

§ 1-3 地面點位置的確定

选定了测量的基准面后,要进一步研究如何在这基准面上定出一点的位置,而决定点的位置的方法是采用坐标。坐标有两种体系:

(一) 平面坐标系 在平面上定一点的位置,是先要有一原点及一标准方向,普通把原点放置在中央,即水平面对于球面的切点处,至于标准方向可以是任意的,但为了求得統一起見,我們采取过原点正南正北的方向,以通过O点的正北方向为X軸(图1-4),过O点的正东方向为Y軸,于是测点P的位置就可以由其距OY軸和OX軸的縱坐标和横坐标(x,y)来确定了,这是在测量学中应用最广的,称为直角坐标。

常有这种情形,即在平面上取一点O(极点)及一直綫OX(軸綫)作为起始的标准(图1-5)。所測其他各点的位置系由角度 α 及距离d来确定,这样的坐标称为极坐标。

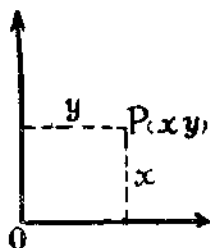


图1-4

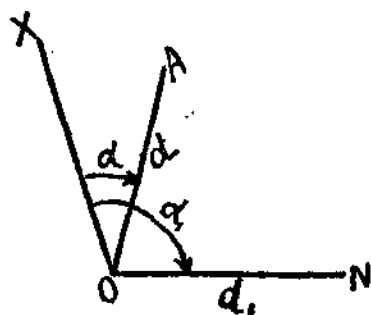


图1-5

(二) 球面坐标系 地球是一个旋转椭圆体(图1-6)地球自转的轴叫地轴，地轴与地球表面的交点叫做极，在北的叫北极($P_{北}$)，在南的叫南极($P_{南}$)，地轴的中心点叫做地心(O)。

垂直于地轴并通过地心的平面叫做赤道面。赤道面和地球表面的交线叫做赤道(EKW)。

地球表面上一点L在地球旋转时画出的圆周 QLQ_1 ，叫做纬线，由于纬线所在的平面与赤道面平行所以又叫平行圈。赤道是最大的平行圈，离两极的距离相等。

通过L点及地轴的平面 $P_{北}LKP_{南}$ ，叫做子午面。子午面和地球表面的交线叫做子午线或经线。经线和纬线可以确定地面点的位置。

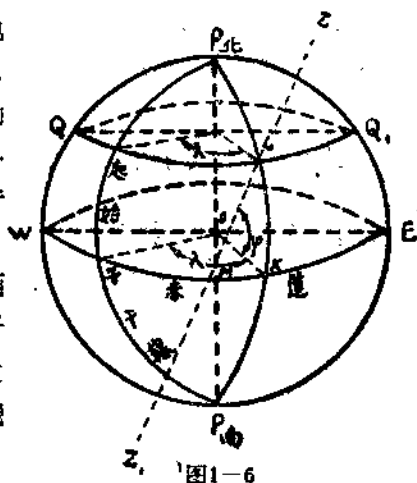


图1-6

对于全球的坐标系，

经过国际天文学会的决定，采用通过英国格林尼治天文台的正南北正北綫（即起始子午綫）为 X 軸，与起始子午綫成正交的地球的赤道为 Y 軸。

过 L 点的子午面与起始子午面所交的两面角 λ 叫做 L 点的經度。在起始子午面之东者叫东經，在起始子午面之西者叫西經，最大各到 180° 。

过 L 点的鉛垂綫与赤道面的交角 φ 叫做 L 点的緯度。因为地球是椭球体，所以鉛垂綫不经过地球的中心，而与地軸交于 M 点。緯度从赤道向北和向南起算，分别叫做北緯和南緯，最大各到 90° 。

用緯度和經度可以决定地面上一点在地球上的位置，所以緯度和經度在一起叫做点的地理坐标，它在航海上及制图上都是很重要的。

各点的地理坐标，可采用天文观测来测定，也可用其他方法来测定。一点的地理坐标如果已知，用测量方法确定其他各点与此点的經差和緯差，那末其他各点的地理坐标也可以决定。

为了完全确定一点的位置，除了地理坐标外，还須测定該点的绝对高程，因此高程也叫做第三坐标。

§ 1—4 关于平面圖、地圖和斷面圖的概念

为了把地面上的形状測繪到图上，必須从地面各点向水准面作鉛垂綫，鉛垂綫与水平面的交点，叫做地面各点的水平投影（亦叫正射投影）或平面位置。如果地区很小，水准面可用水平面代替，則地面各点的平面位置可認為在平面上。

图1—7中 A, B, C, D, E 为地面各点， a, b, c, d, e 为各点鉛垂綫与水平面的交点，則水平面上的 $a b c d e$ 即为 $A B C D E$ 的平面位置。