

中等专业学校教材試用本

地形測量学

上册

陕西省地質学校編

只限学校內部使用



中国工业出版社

中等专业学校教材试用本



地形测量学

上册

陕西省地质学校编

中国工业出版社

本教材是結合我国生产实践和各校几年来的教学实践而編写的。全書共十二章，分上下兩册出版。此为上册，包括第一章至第六章。第一章緒論介紹測量学的内容、發展簡史、地形測量在国民經济建設中的作用以及其他有关的一般知識，第二章至第五章分別叙述四等水准測量、經緯仪导綫測量、視距測量、解析圖根測量等地形測圖控制方面的問題，第六章为平板仪地形測量。

本教材理論叙述力求簡明，操作力求符合現行生产程序和作業要求，通过本書學習能掌握地形測繪工作所应具备的基本理論知識和操作技能。本書可作为中等專業学校地質測量專業的課本，也可作为測繪工作人員的參考書。

本教材由陝西省地質学校負責，江苏省地質学校、重慶地質学校和哈爾濱冶金測量專科學校參加，在各校已有講義的基础上分工选編而成的。

地 形 測 量 学

上 册

陝西省地質学校編

*

中国工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事業許可証出字第110号）

北 京 市 印 刷 一 厂 印 刷

新华書店科技發行所發行·各地新华書店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印張 14 $\frac{1}{2}$ · 字數 351,000

1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷

印數 0001—2,837 · 定价 (9-4) 1.45 元

統一書号：15165·966(地質—43)

目 录

第一章 緒 論

§ 1-1 测量学的任务和分类	5
§ 1-2 测量学在社会主义建設中的作用	5
§ 1-3 测量学的发展概况	6
§ 1-4 地球的形状和大小	8
§ 1-5 地面点的坐标	9
§ 1-6 平面圖、地形圖和地圖	11
§ 1-7 比例尺	12
§ 1-8 地面点的标貼	16
§ 1-9 量距尺及其检查	17
§ 1-10 直綫长度的丈量	19
§ 1-11 直綫定向	22
§ 1-12 地形测量的概念	25

第二章 四等水准測量

§ 2-1 高程测量的种类	27
§ 2-2 水准测量的原理	27
§ 2-3 水准器	29
§ 2-4 望远镜	32
§ 2-5 水准仪	37
§ 2-6 水准标尺及尺垫	42
§ 2-7 定鏡水准仪的检查和改正	44
§ 2-8 水准仪的使用及保养規則	46
§ 2-9 四等水准路綫的敷設	47
§ 2-10 四等水准测量的实施	51
§ 2-11 水准测量的計算	55

第三章 經緯仪导綫測量

一、經 緯 仪

§ 3-1 水平角测量的原理	58
§ 3-2 經緯仪的構造	59
§ 3-3 經緯仪的讀数設備	65
§ 3-4 經緯仪的检查和改正	69
§ 3-5 經緯仪的使用規則和保养	74
§ 3-6 水平角觀測	76
§ 3-7 垂直角觀測	80

二、經緯仪导綫測量

§ 3-8 經緯仪导綫的用途和种类	85
-------------------------	----

§ 3-9 經緯仪导綫测量的外業工作	86
§ 3-10 經緯仪閉合导綫的計算	88
§ 3-11 經緯仪附合导綫的計算	100

第四章 視 距 測 量

§ 4-1 概述	105
§ 4-2 裝絲視距仪及其在平坦地区的 測距公式	106
§ 4-3 視距常数的測定	107
§ 4-4 傾斜地区的視距公式	109
§ 4-5 水平距离及高差的計算	111
§ 4-6 定基綫視距仪及其使用	113
§ 4-7 視距导綫測量	114

第五章 解析圖根測量

§ 5-1 圖根点的作用及其敷設方法	116
§ 5-2 选定各类圖根点位的要求	117
§ 5-3 各类圖根点的野外觀測工作	118
§ 5-4 計算机的使用	119
§ 5-5 交会点的計算	122
§ 5-6 綫形鎖的計算	133
§ 5-7 間接高程測量	140
§ 5-8 高程导綫測量	144

第六章 平板仪地形測量

一、緒 論

§ 6-1 現行測繪地形圖的主要方法	147
§ 6-2 平板仪測量原理	148

二、平板仪的構造和使用

§ 6-3 平板仪的構造	149
§ 6-4 平板仪及其附件的检查和改正	157
§ 6-5 平板仪的使用和保养	162
§ 6-6 測站上平板仪的整置	163

三、地形圖的投影

§ 6-7 地形圖圖幅的組成	166
§ 6-8 圖幅的分幅和編号	166
§ 6-9 地圖投影的一般知識	171

§ 6-10 高斯投影概念.....	173	§ 6-22 等高线的特性.....	211
§ 6-11 直角坐标网.....	174	§ 6-23 等高距的规定.....	212
四、平板仪测量的准备工作		§ 6-24 各种地貌用等高线表示的要领.....	213
§ 6-12 资料 and 仪器的准备及裱糊图板.....	177	七、碎图测图	
§ 6-13 展绘直角坐标网.....	178	§ 6-25 测站点.....	216
§ 6-14 展绘图廓和控制点.....	180	§ 6-26 地物测图.....	217
五、图解图根测量		§ 6-27 地貌测图.....	219
§ 6-15 图解交会法.....	186	§ 6-28 测站上的工作程序.....	223
§ 6-16 图解图根网测量.....	193	§ 6-29 小起伏地的地貌测图.....	225
§ 6-17 图解图根网各点高程的测定.....	196	§ 6-30 地物测绘及等高线测绘的精度.....	226
§ 6-18 平板仪导线测量.....	199	§ 6-31 地理调查和地理特征说明书的编写.....	226
六、地形图的符号及其表示法		§ 6-32 透写图的绘制.....	228
§ 6-19 地形图的地物符号及其表示法.....	201	§ 6-33 原图的野外交边.....	228
§ 6-20 地貌.....	206	§ 6-34 原图的检查和验收.....	229
§ 6-21 地貌在地形图上的表示法和 等高线原理.....	208	§ 6-35 外业原图的清绘.....	231
		§ 6-36 地形图的图廓整饰.....	232
		§ 6-37 地形图的应用.....	235

第一章 緒 論

§ 1-1 測量学的任务和分类

測量学是研究地球形体外貌的科学。

測量学的任务，包括实用技术和科学研究两个部分。研究关于地球局部表面的測繪和工程設計图样的測設，以及有关測量仪器的构造原理和应用等問題，是測量学的技术任务。而測量学的科学任务，則是研究整个地球的形狀和大小，同时并为研究地壳的构造、大陆的变迁等科学問題提供資料。

測量学的技术任务与科学任务不是彼此孤立的；相反，正是由于它們是密切关联并賴以相互促进，才使得測量学不断发展而成为一門完整的科学。

測量学是随着人类社会生产实践的需要而产生和发展起来的。人类长期以来的生产斗争經驗，丰富并扩大了測量学的領域。与此同时，測量学在人类經濟活动、科学技术活动以及文化活动中的作用也愈来愈大。現代文化科学技术的高度发展和生产領域的不断扩大，使測量学的内容和任务也随之日益丰富和繁重。由于現代測量学在其实用和理論上所涉及的問題相当广泛，所以有必要将其划分为若干相近的学科来研究。

測量学的分类頗不一致，按其研究的主要内容可分为大地測量学、地形測量学和工程測量学。

大地測量学的主要任务是研究地球的形狀和大小，以及在广大地面上建立測量控制網，作为各种測量工作的基础。

地形測量学的主要任务，則是研究关于描繪地球局部表面形象的科学和技术。

由于攝影学的发展，目前已普遍利用对地面攝影所得的象片来測制地形图，研究关于这方面的科学技术的，叫做攝影測量学。

工程測量学是研究有关矿山、道路、水利以及建筑等工程方面的各种測量方法和技术。

在理論和实际应用上，測量学是与一系列其他的科学課目，例如数学、物理学、制图学、自然地理、地貌学以及电子学和天文学等有着密切的联系。因此，在学习測量学的同时，对于其他有关的学科不应有所偏廢，而应该认真学习，以便应用这些学科的知識来解决測量学中的实际問題。

習 題

1. 測量学的任务是什么？
2. 試述測量学的分类。

§ 1-2 測量学在社会主义建設中的作用

我們偉大的祖國，有着幅員遼闊的土地和丰富多彩的資源。解放后在中国共产党的領導下，在三面紅旗的照耀下，我們正在一日千里地建設偉大的社会主义社会。

在社会主义工业化的建設中，首先要有足够的工业資源。所以找寻和开发地下資源，

是一項十分重要的工作。当找寻地下資源时，由普查找矿到勘探設計，有着一系列的程序，而在每一个阶段中必須备有各种不同精度的地形图。

在地质普查阶段，开展广大地区的普查找矿时，需要把各种矿点的位置和矿点的产状单元填註于地图上，以作为矿产追索的資料。当地质工作进入初步勘探阶段，为了判別地下矿产有無开采价值，或者为以后的詳細勘探提供資料，都需要精度可靠的地形图。最后在进行詳細勘探时，或在設計开采的勘探工作中，为了更进一步証实地下有益矿体的品位、儲量以便納入国家开采計劃，并为投资开采提供資料，就更需要詳細而精确的地形图。

測量工作不仅在地质普查、初步勘探和詳細勘探等工作中具有重要的意义，而且在矿山开采时，自設計、建井以至采掘矿物的生产过程，都必須随时进行測量以解决采掘中的各种技术問題。

农业上的土地整理和开垦荒地，对于发展农业提高粮食产量具有重大的意义，而測量学正是土地整理工作的一个組成部分。改良土壤的工作，同样需要进行精确的測量和广泛地应用地形图。

在水电站建設的勘测过程中，測量工作为其設計和建筑工程提供原始資料，在施工的过程中，測量工作要保証正确地將設計移到实地。即使水电站已建成后，还要通过精确的測量，来观察工程所发生的变形。

修建各种交通路綫，如鉄路、公路、运河等工程时，在勘察設計和施工的各个阶段都要以不同的測量成果作依据。各种交通路綫的初步方案，也要根据地形图来制定。而在建成之后，測量工作則轉为檢查工程的稳定性，研究路綫改善方面的工作。

城市和乡村的建設，特别是在人民公社成立以后，当规划和整理居民地，編制居民地的建設計劃，建設交通網，敷設自来水管和下水道时，必須要有地形图，并进行專門的測量工作。

工业建設中，工厂、制造厂、大型房屋、飞机場等的設計和施工以及在使用期間，需要应用地形图作为設計的基础，并采用不同的測量方法，檢查工程建筑物的稳定情况。

在国防上，測量学有着特別的重要意义。要塞的布置和修筑，制定战略計劃，确定战斗部署等，都需要精确而詳細的地形图。在軍种兵种的单独作战和协同作战的过程中，不仅需要精确而詳細的地形图，同时还要进行必要的測量工作。軍隊調动时的行进路綫，駐宿地点，指揮所和野战医院的位置等，也都需要根据地形图来布置。

以上一切說明了測量学在我国国民經济建設和国防建設上有着极其重要的意义。我們学习測量学的目的，正是为了掌握技术，更好地为建設我們伟大的祖国而貢獻自己的力量。

習 題

試述測量学在社会主义建設中的作用。

§ 1-3 測量学的发展概况

早在紀元前十八世紀，埃及就利用測量学来解决土地的丈量 and 确定疆界，面积等問題。而在紀元前十世紀，中国就編制了地形图和地图。远在紀元前二世紀以前，希腊学者

在研究地球的形状和大小时，不仅知道了地球是个球体。并能根据测量来计算地球的半径。

在西欧长约一千年的十世纪中，由于在许多国家中占统治地位的基督教，残酷的镇压科学思想，包括测量学在内的许多科学的发展受到了阻碍。而测量学的进一步发展，是从纪元五世纪到十三世纪中叶开始的。因为当时由于商业的活跃，航海的发展，需要比较真实的地图。

十二世纪前后，欧洲人民通过阿拉伯人从中国认识了磁针仪器，纠正了测量和制图中的许多错误，使地面各点间得到较好的联系，这种仪器直到现在对于测定方向仍起着重大的作用。

十六世纪末叶，借罗盘仪、线尺等仪器进行测量已非常普遍。

十七世纪发明了望远镜、显微镜和钟表等，促进了测量技术的改进；同时在这个期间已经提出了三角测量的方法，从而提供了以高精度丈量距离的可靠性。在这一时期，牛顿提出了他的发现：地球不是球形，而是两极扁平的球体；后来的测量工作证实了牛顿的这一发现。

中国是文化悠久的东方国家之一，在测量学方面也有很大的发展，上面提到的磁针的发明，促进了测量技术的发展，就是我国对于世界测量学术的伟大贡献。远在周秦之时，就设有专门官员来管理土地图籍。三国时，地图已在军事上发挥过巨大的作用。纪元第三世纪，我国伟大的制图学家裴秀，创立了“制图六体”，这不仅是我国而且是世界上最早的制图规范。

纪元724年，在我国河南一带平原，用水准绳进行了子午线弧长的测量，以确定地球的大小，这是我国大地测量的开始，到纪元1280年郭守敬发起测量全国纬度的伟大计划，测定了27个点的纬度。

我国全国性舆地图的施测工作是在纪元1708—1718年进行的，规模之大史无前例，测量的结果，编成“大清一统舆图”。这些资料，至今仍有其参考价值。

在国民党反动统治时代，对于发展国民经济和巩固国防极其重要的测绘事业，根本不予重视。加之贪污腐败，所以花费了人民不少的财力，仅作了一点支离破碎的测量工作，而且精度多不合现代要求，没有使用的价值。

伟大的中华人民共和国成立以后，在党的正确领导和苏联及其他社会主义兄弟国家的无私帮助下，我国测绘事业得到了突飞猛进的发展。为了培养新生力量，除设立专门的测绘院校外，在其他不少的院校内也设立了测绘类的科系大力培养测绘人材。我国十多年来所做的测绘工作，已远远超过了解放前一百多年的总和。

随着测绘队伍的壮大和测绘事业的发展，我国测绘科学研究和仪器制造也有了很大的发展。

在科学研究方面，除成立专门的研究机构外，并制订了测绘科学研究的远景规划。

在仪器制造方面，不但已能制造测绘普通仪器，而且也试制成功达到国际水平的精密仪器。

1956年，我国正式成立了国家测绘总局，组织和领导全国的测绘工作。逐步统一了全国各种测量规范、细则和图式。公布了我国新的大地法式草案。

总之，我们从测量学的发展概况中可以看出，测量学的发展是与各个时期的社会制度，

生产水平和文化科学的发展密切相关的。我国劳动人民有着丰富的智慧，几千年来，他们在测量学上有着不少的贡献。但是由于长期的封建统治，测量学得不到应有的发展。

在解放以来短短的十多年中，由于社会主义经济建设飞跃发展的需要，在党的正确领导下，我国测绘事业也得到飞跃的发展，不仅从根本上改变了历史上遗留下来的落后面貌，而且，基本能满足国民经济建设的需要；同时在测绘科学新技术方面也取得了新的成就。这对今后迅速发展我国现代化测绘科学事业，有着十分重大的意义。

§ 1-4 地球的形狀和大小

地形测量学内的許多实际問題，是和地球的形狀有关的。所以在研究地形测量学以前，首先需要知道地球的形狀和大小。

地球的表面不是完全平坦的，而是有着高山、深谷、江、湖和海洋等等的起伏。我們把这一高低起伏极不規則的表面，称为地球的自然表面。

在地球的自然表面上，海洋的面积約占地球总面积的71%，而陆地仅占29%；由此可見，海洋占居地球自然表面的絕大部分。

地球的陆地部分包括高山、平原，深谷等等，其中最高的山峰是我国喜馬拉雅山脉中的珠穆朗瑪峰，它高出海洋面約8900米，而其余的陆地仅只稍高于海洋面。海洋的底部也是高低不平的，其中最深的恩登深淵約低于海洋面10793米。把陆地上最大的高度和海洋內最大的深度来和地球本身相比較时，这种高低起伏的程度，可以說是微不足道的。

通地球上任何一点的重力方向綫叫做鉛垂綫或垂直綫。凡是垂直于鉛垂綫的直綫和平面，都叫做水平綫和水平面。凡是和平靜的海水面相平行的面，就叫做水准面，如图1-1。在水准面上任意一点的鉛垂綫在該点与水准面相垂直。

如果水准面是經過长久年月測定的最高潮面和最低潮面的平均水面，就叫做平均海面。如图1-1，設想把这面延展穿过大陆的島嶼，即可得到一个理想的封閉曲面，这个曲面，叫做大地水准面。在研究地球的形狀和大小时，大地水准面的概念是极其重要的。

本来把大地水准面作为地球的整个形狀，在其表面上处理由地面測量所得的結果是恰当的，但是由于地球內部物质分布得不均匀，以致使大地水准面变为不規則的曲面。它的精确形狀，目前还不可能用数学公式确定，所以为了測量和制图的方便，即应用一个与大地水准面极其接近而又規則的数学形体来代替地球，这个形体叫做旋轉橢圓体，如图1-2，它是

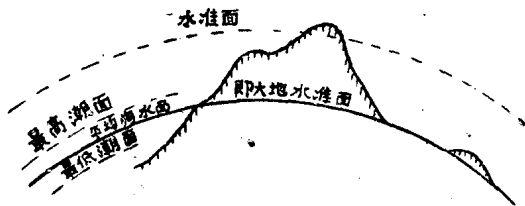


圖 1-1

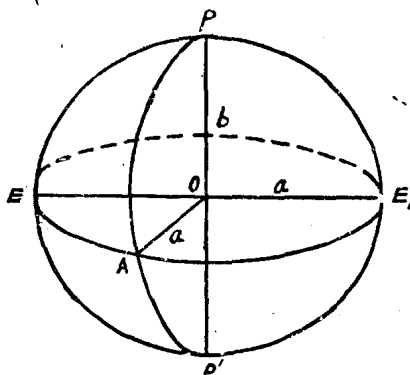


圖 1-2

由橢圓 PEP_1E_1 繞軸 PP_1 旋轉而得到的。

地球橢圓体的大小，可用橢圓的长半軸 a 和短半軸 b 決定；地球橢圓体（即地球）的

形状，可以用一个分数值。

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

来说明。这 α 值叫做地球椭圆体的扁率。

a 、 b 和 α 合起来称为地球椭圆体的元素，它是由科学家们根据弧度测量的数据算出的。其历次测定的结果如下表：

表 1-1 地球椭圆体元素表

推算者	计算年度	a	b	α
德蘭布尔	1800	6375653	6356564	1:334
白塞尔	1841	6377397	6356079	1:299.2
克拉克	1880	6378249	6356515	1:293.5
海福特	1909	6378388	6356912	1:297
克拉索夫斯基	1940	6378245	6356863	1:298.3

我国目前所采用的是克拉索夫斯基椭圆体数据。

在一般测量中，也常把地球当作圆球体，这时，它的半径是：

$$R = \frac{a+a+b}{3} = 6371.11 \text{ 公里}$$

总起来讲，当我们在测量学内讨论到地球的形状和小时，是把半径 6371 公里的圆球体作为地球的第一近似形状。而将前述克拉索夫斯基地球椭圆体，作为地球的第二近似形状。今后所谈的测量工作，都是在地球的自然表面上以大地水准面为基础来进行的。而关于测量成果的处理，则是以地球椭圆体为依据来进行的。

習 題

1. 什么叫水准面、铅垂线、平均海水面和大地水准面？
2. 试述大地水准面与旋转椭圆体的区别。

§ 1-5 地面点的坐标

用以确定地面或空间点位的数值称为坐标。地形测量学中通常采用两种坐标系——地理坐标系和平面直角坐标系。

一、地理坐标

前面讲过，地球的形状近似于椭圆绕其纵轴旋转所得的椭圆体。如图 1-3，纵轴 PP_1 ，即相当于地球的自转轴，简称地轴。地球的中心叫做地心。地轴与地球表面的交点叫做极，在北者叫北极，用 P 表示，在南者叫南极，用 P_1 表示。垂直于地轴并通过地心的平面，叫做地球赤道面。赤道面和地球表面的交线，叫做赤道。

通过地面任意一点 N 和两极的平面，叫做 N 点的子午面。子午面与地球表面的交线叫做子午线（或经线）。通过英国格林威治天文台（设为 M 点）的子午面，国际公认作为起始子午面。

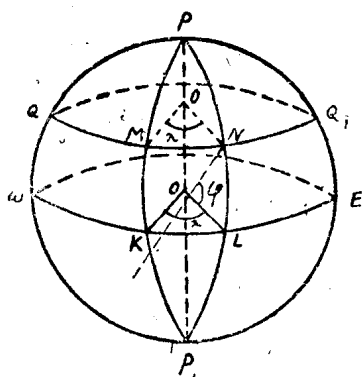


圖 1-3

过 N 点的子午面和起始子午面間所夾的二面角 λ 叫做 N 点的經度。經度是由起始子午綫起向东和向西分別計算，各由 0° 到 180° 。由起始子午綫向东計算叫做东經，向西者叫西經。在同一子午綫上各点的經度是相同的。

通过地面点 N 的鉛垂綫和赤道面的交角 φ ，叫做 N 点的緯度。緯度是从赤道起始，分別向北向南計算，各由 0° 到 90° 。由赤道向北計算的叫做北緯，向南者叫南緯。

当地球自轉时，地面点 N 所划的圓，叫做緯綫，同一緯綫上各点的緯度也是相同的。

地球表面上任何一点的位置，均可以用經度和緯度来确定。某一点的經緯度即称为該点的地理坐标。

二、平面直角坐标

地理坐标在实用上有許多不方便的地方，因此测量上最常用的是平面直角坐标。平面直角坐标是由两条互相垂直的直綫所組成。如图 1-4 所示，直綫 XX' 叫做縱坐标軸，而直綫 YY' 叫做橫坐标軸；縱橫坐标軸的交点 O 叫做坐标原点。平面上一点 M 的坐标，是由 M 点到縱、橫坐标軸的垂距 MK 和 Me 表示的。 Me 叫做 M 点的縱坐标，通常用 x 表示， MK 叫做 M 点的橫坐标，通常用 y 表示。

一点的縱橫坐标值是以长度单位表示，由原点起沿坐标軸向上向右者为正，向下向左者为負。設 M, N, S, R 各点縱橫坐标的绝对值均为 3 米，則其在平面上的位置如图 1-4 所示。

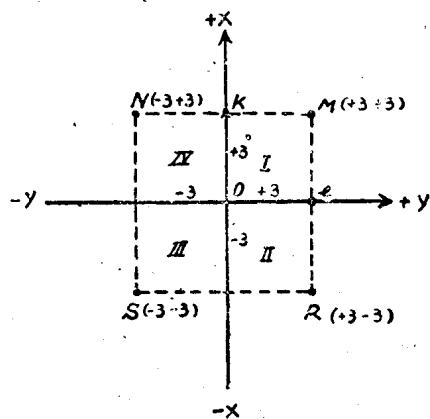


圖 1-4

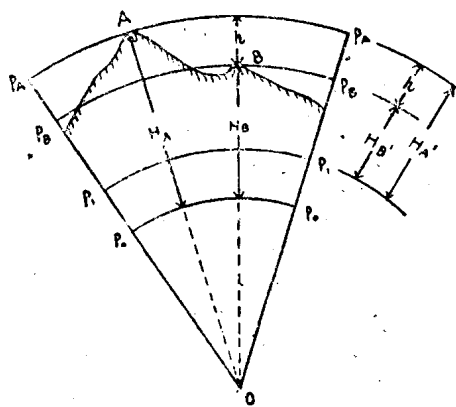


圖 1-5

直角坐标軸将平面所区別的四個部分，叫做四個象限。象限的順序是从北东开始按順时針方向排列为 I、II、III、IV 象限，恰与数学上象限的順序相反。而坐标軸也互易其位置。这样的坐标系既不改变数学公式，又便利于测量上的計算，所以是测量工作最常用的坐标系。

三、地面点的高程

要完全确定一点的位置，除上述的坐标外，还要定出点的高度。地面任一点到大地水准面的垂直距离，叫做该点的绝对高程，设用 H 表示。例如在图 1-5 中， A 和 B 两点的绝对高程即分别为 H'_A 和 H'_B 。一点至任一假定水准面的垂直距离，叫做该点的相对高程或假定高程。图中 H'_A 及 H'_B 为 A 和 B 点的相对高程。

通常所说的点的高程一般是指绝对高程而言，我国目前是以黄海平均海水面作为全国高程的起算点。

两点高程之差叫做高差，图中 A 点对于 B 点的高差为：

$$h = H_A - H_B = H'_A - H'_B$$

高差有正负之分，如图中的 A 点高于 B 点，故 A 点对于 B 点的高差为正；而 B 点低于 A 点，故 B 点对于 A 点的高差为负。

習 題

1. 什么叫做地理坐标？指出下列各点的地理坐标：
 - a. 起始子午线与其赤道的交点。
 - b. 北极点。
2. 试绘图说明地理坐标。
3. 试在直角坐标上定出下列各点的位置：
 - a. $x_1 = +2$ 厘米， $y_1 = +1.5$ 厘米； $x_2 = +2$ 厘米， $y_2 = -1.5$ 厘米。
 - b. $x_3 = -3$ 厘米， $y_3 = +2$ 厘米； $x_4 = -3$ 厘米， $y_4 = -2$ 厘米。
4. 什么是绝对高程、相对高程和高差？

§ 1-6 平面图、地形图和地图

地形测量学的主要任务是研究如何把地球局部表面的形状描繪到平面上。由于地球是一个球体，而且表面上高低起伏极不规则，所以要想把它的表面形状繪到图纸上，需要应用一种特殊的方法。

假设在地球表面上有一图形 $ABCDE$ ，如图 1-6，且图形中 A 、 B 、 C 、 D 、 E 各点的高程亦不相同。为了要把它描繪出来，可设想在这个地区之下，有一块当作球面的水准面 P ，从 A 、 B 、 C 、 D 和 E 点向下延长铅垂线，这些铅垂线是不平行的，它们向下汇聚于一点，即地球中心。各铅垂线和水准面 P 的交点 a 、 b 、 c 、 d 和 e 即是地球表面上 A 、 B 、 C 、 D 和 E 各点投影在水准面上的球面位置。而图形 $abcde$ 就是地面上图形 $ABCDE$ 投影在水准面上的球面位置。

应用这种方法在图纸上所描繪出的并不是图形的本身，而是它们在球面上的投影。如果把地球局部表面上的各种图形都投影到球面上来，不但描繪起来困难，而且在使用上极不方便。所以必须把它轉到平面上。严格的說，即使将极小部分的水准面当作平面看待，也是不应当的。但是，从理論上可以証明，在半径为 10 公里的范围之内，水准面和水平面极相接近，所以当测量地区的面积不超过这个范围时，即可以用水平面代替水准面。

假定在(图 1-6-b)所表示的地区内，可以用水平面代替水准面。那末，为了得到地面图形 $A'B'C'D'E'$ 的平面位置，可以用一水平面 P' 在该地区的中心切于水准面，从 A' 、 B' 、 C' 、 D' 和 E' 向平面 P' 引铅垂线，这时可以认为各铅垂线是互相平行的。它们和平

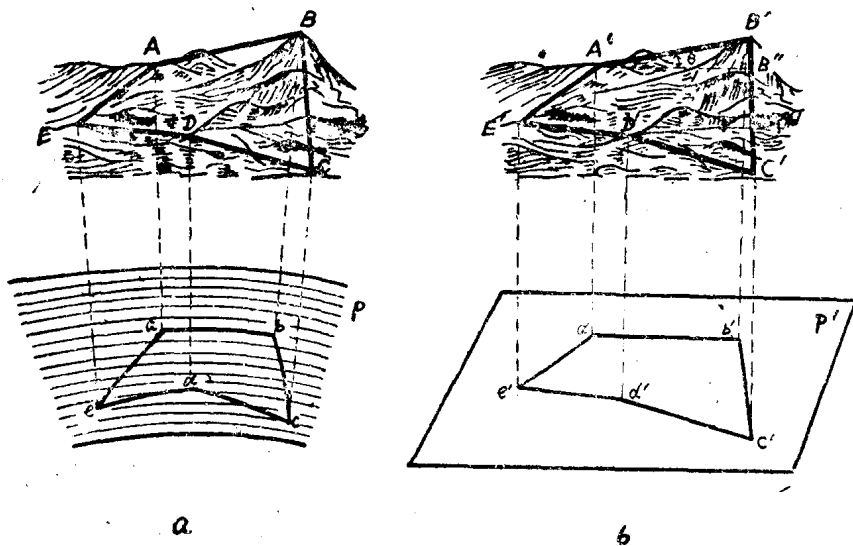


圖 1-6

面 P' 的交点 a' 、 b' 、 c' 、 d' 和 e' 就叫做 A' 、 B' 、 C' 、 D' 和 E' 的垂直投影，有时也称为水平投影或正射投影。而 P' 叫做投影面。

把地面图形 $A'B'C'D'E'$ 和它的垂直投影 $a'b'c'd'e'$ 作比较，可以看出地面图形与其投影间存在以下关系：

- (1) 在平行于水平面的平面上，其上各图形和各线的投影，与实物同形等大。
- (2) 在垂直于水平面的平面上，其上各图形的投影为一线段，各线段的投影，因其于水平面交角的大小不同而其长短也不同。

此种关系，亦即垂直投影的法則，是地形测图的理論基础。以后凡論及地面上的水平距离和水平角，均系指其在水平面上的投影而言。

凡是在不大的地区内，将地面物体的垂直投影，按一定倍数縮小描繪出的图形都叫做平面图。在平面图上同时表示出地面高低起伏形状的，叫做地形图。应用地图投影的方法，将大区域或全球的形象繪制在平面图紙上的图形叫做地图。

習 題

1. 什么是垂直投影？怎样把地面形状描繪到平面上？
2. 平面图、地形圖和地圖的区别是什么？

§ 1-7 比 例 尺

測繪平面图或地形图时，不可能把实地地形按其真实大小描繪到图紙上，而是将其垂直投影按一定的倍数縮小后描繪在图紙上，这图上长与其相应的实地长度之比，称为該图的比例尺。

一、数字比例尺

用分数形式表示的比例尺叫做数字比例尺。假设某一实地上长度 L ，其相应的图上长为 l ，则根据比例尺的定义可以得出数字比例尺的基本公式：

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

式中 M 为数字比例尺的分母，表示实际长度缩小为图上长度时所須縮小的倍数，一般采用 10 的整数倍。例如： $\frac{1}{500}$ ， $\frac{1}{1000}$ ， $\frac{1}{2000}$ ， $\frac{1}{10000}$ 等等。数字比例尺是一个無名数，其分子常为 1，而分母是可变的。比例尺的大小，是由分数值的大小决定，恰与比例尺的分母成反比。即比值大分母小，称为大比例尺。比值小，分母大，称为小比例尺。

当某一图的比例尺 $\frac{1}{M}$ 确定后，就可以根据图上任意两点間的距离求其相应的实地长度。反之，也可根据实地上两点間的水平距离求其相应的图上长度。

例一 在比例尺为 $\frac{1}{10000}$ 的图上，两点間的距离 l 为 2.5 厘米，則其相应的实地长度 L 为，

$$L = M \times l$$

$$L = 10000 \times 2.5 \text{ 厘米} = 250 \text{ 米}$$

例二 实地长度 L 为 250 米，若化算到比例尺为 $\frac{1}{10000}$ 的图上，則应为，

$$l = \frac{L}{M}$$

$$l = \frac{250 \text{ 米}}{10000} = 2.5 \text{ 厘米}$$

当知道某两点間的实际长度和其相应的图上长度后，还可以求出該图的比例尺。

例三 在某一图上量得某直綫长 l 为 2.5 厘米，而在实地上所量得这直綫的长度 L 是 250 米，則这图的比例尺为，

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L}$$

$$\frac{1}{M} = \frac{2.5 \text{ 厘米}}{250 \text{ 米}} = \frac{1}{10000}$$

二、直綫比例尺

直綫比例尺繪制简单而使用方便，最主要的是使用它可以免去計算。直綫比例尺的画法可在下例中說明。

設想要繪制 $1/10000$ 的直綫比例尺。如图 1-7-a，先在紙上画一直綫，将这綫分成若干小段，每小段长 2 厘米，叫做比例尺的基本单位。在各段分点上和直綫垂直画一稍突出的分划綫，在第一个基本单位的末端（由左向右看）註記 0，以标明向左向右的长度讀数的起点。

由零起向左将这个基本单位分成为十等分，則每等分代表二十米，然后每隔一小格画一稍突出的垂直綫，每隔 2 小格画一更稍突出的垂直綫，再每小格更区分为两小格，并每隔一小格横分两小格，填黑其下部，自 0 点向左于相应的分划綫上註以 40、80、120、160、200 米。再自 0 点向右于各基本单位分划上註以 200、400、600、800、1000 米等数字。为了便于讀数起見，又将基本单位各小格二等分之，并在格内画一垂直小綫，这样直綫比例尺就完成了。

（图 1-7-b）和（图 1-7-c）是 $1:25000$ 和 $1:5000$ 的直綫比例尺的例子。

以下举例說明直綫比例尺的应用。

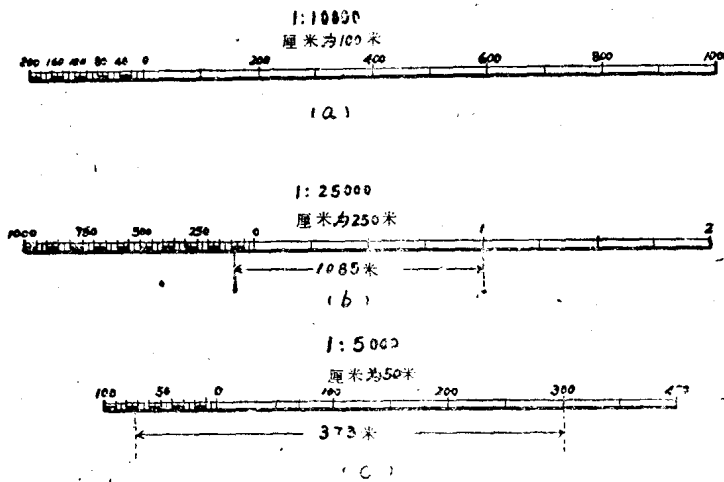


圖 1-7

例一 自比例尺 1:5000 地形图上，用两脚规已取得图上的两点间的距离，试求这一段距离在实地所代表的长度。

在 1:5000 的直线比例尺上，如图 1-7-c，将两脚规的右脚精确的放在零点右面适当的分划线上，要使得它的左脚能放在零点左面有小分划的基本单位内。

根据两脚规右脚指出的读数，就可知未知距离内含有几个一百，现在的情形这个读数等于 300 米，而左脚立于零点左右第 14 和 15 小分划之间，其读数为 70 米，再加上估计出来的 3 米，全部直线长是 $L = 300 + 70 + 3 = 373$ 米。

例二 设在实地量得某直线长为 1085 米，求在 1:25000 比例尺的地形图上应取的长度。

将两脚规的右脚放在零点右面 1000 的分划线上，而左脚放在零点左面第 3 小分划到第 4 小分划方向的五分之二处，则两脚尖的距离即为图上应取的长度。

三、斜线比例尺

用直线比例尺来确定直线长度时，其精度只能达到尺上基本单位的 0.1，如果要求直接读出百分一基本单位时，即可采用斜线比例尺，这里举例说明五千分之一斜线比例尺的画法。

如图 1-8-a，在水平直线 KL 上划分若干小段，每小段等于所选择的基本单位之长。普通为 2 厘米。

在划分的点子上作垂直线，长也是 2 厘米。将两端的垂直线 KM 和 LN 分成十等分，相应的连接两端各分点和直线 KL 成平行的直线。再将左端第一个基本单位的下线 KC 和上线 ME ，各十等分之。然后将下线各分点和上线各分点向左错一分划相连接，成平行于 AC 的十条斜线。最后如图 1-8-(a) 在斜线比例尺上由零向右註上和实地长度相应的数字，同样在斜线上和平行于 KL 的线上，也註以数字。

图 1-8-(b) 是斜线比例尺左部的放大样式。

因相似三角形 a_1cb_1 和 ACE 的对应边成比例，即，

$$\frac{a_1 b_1}{AE} = \frac{c b_1}{CE}$$

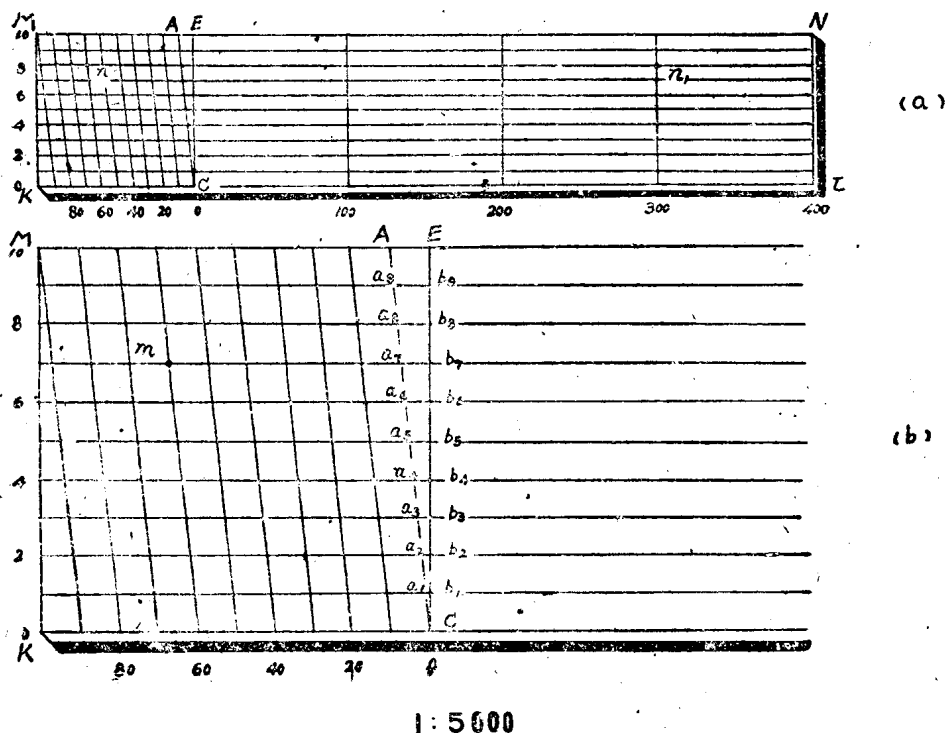


圖 1-8

由此得

$$a_1 b_1 = \frac{C b_1}{C E} \times A E.$$

根据画法, $\frac{C b_1}{C E} = 0.1$, 而 $A E = 0.1$ 基本单位。

所以 $a_1 b_1 = 0.1 \times 0.1$ 基本单位 = 0.01 基本单位。

同理 $a_2 b_2 = 0.02$ 基本单位,

$a_3 b_3 = 0.03$ 基本单位,

.....

$a_9 b_9 = 0.09$ 基本单位。

但是基本单位等于实地长 100 米所以:

$$a_1 b_1 = 1 \text{ 米}$$

$$a_2 b_2 = 2 \text{ 米}$$

.....

$$a_9 b_9 = 9 \text{ 米}$$

因此可以说, AC 斜线在经过第一条水平线时, 从 CE 线偏斜 0.01 基本单位, 也就是偏斜 1 米。在经过第二条水平线时, 它偏斜 0.02 基本单位, 也就是偏斜 2 米, 以此类推。总之, 斜线每经过一条水平线, 它的偏值就增加 0.01 基本单位, 也就是增加 1 米。

假设欲在 1:5000 地形图上求实地距离时, 可以用两脚规在图上量取所要求的一段直线长, 保持两脚不要移动, 把它放在斜线比例尺上, 使两脚规的右脚放在零点右面的一条垂直线上, 而左脚放在同右脚水平线与斜线的一个交点上, 即可求得实地距离如图 1-8—

(a)中, n 和 n_1 是两脚所在的位置, 从图上可知距离 nn_1 中含有三个基本单位, 相当于地面 300 米, 加上由零点到第六根斜线的距离 60 米, 再加这点在第八条水平线上的偏值 8 米, 这样 n 和 n_1 点间的距离等于:

$$300 \text{ 米} + 60 \text{ 米} + 8 \text{ 米} = 368 \text{ 米}$$

習 題

1. 取基本单位为 2 厘米制作 1:10000 的斜线比例尺并在其上表示出相应 355 米的长。
2. 求下列地形图的数字比例尺。
 - a. 图上 2 厘米相当于实地 1 公里。
 - b. 图上 4 厘米相当于实地 1 公里。
 - c. 图上 5 厘米相当于实地 1 公里。

§ 1-8 地面点的标志

在进行测量时, 首先要将需要测量的点子, 用一种标志在实地标示出来。并且在必要时, 还要用适当的方法将标志固定在地面上, 以便能长期保存和永久使用。

标志的种类很多, 常用的标志有木桩、木柱、混凝土标石等, 如图 1-9。在测量时主要是根据点位的使用年限, 同时考虑节约的原则就地取材以及土壤的性质而决定的。每一标志的顶面上, 都刻划着“+”字或他种记号, 以表示点的准确位置。标定点位即是将适当的标志埋设在预先选好的位置上, 并在标志的一侧或顶面适当位置写明点号, 如图 1-9-(a) 所示。图 1-9-(c) 中的数字是表示混凝土标志的尺寸及埋入地下的深度。

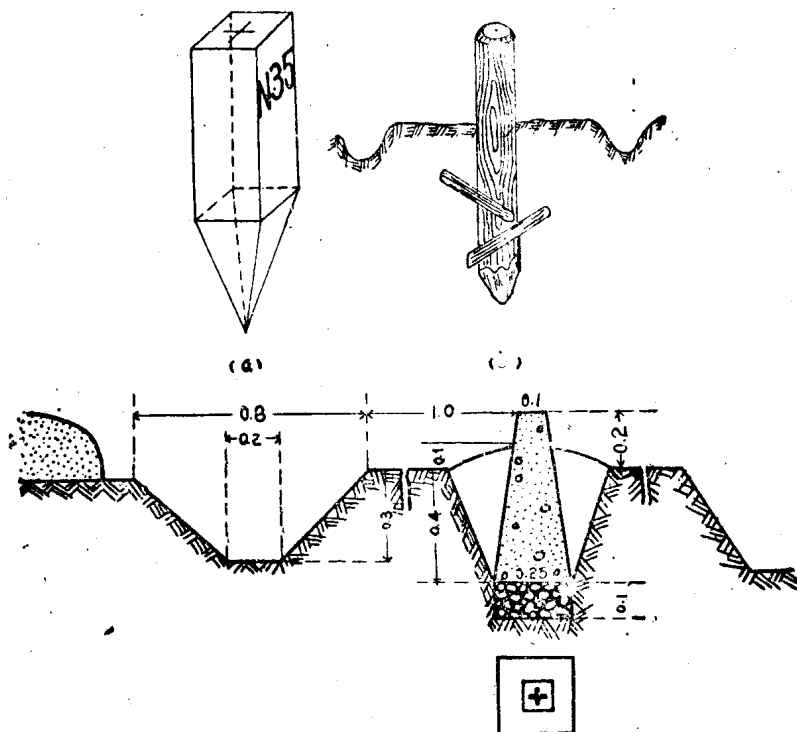


圖 1-9