

测量学教程

主编 樊彦国 王心众 盛辉



石油大学出版社

测量学教程

樊彦国 王心众 盛 辉 编著

石油大学出版社

内 容 提 要

本书是高等学校测绘及非测绘专业的专业基础课教材。全书共分十四章,第一章至第九章是基础部分,包括绪论、地形图的基本知识、水准测量、经纬仪及水平角测量、距离测量、误差理论的基本知识、平面控制测量、三角高程测量、地形图测绘;第十章至第十四章为各专业根据不同需要的选学部分,包括地形图的应用、建筑施工测量、道桥工程测量、管线工程测量、地形绘图。

本书主要适用于测绘工程、地图制图与地理信息工程、资源勘察工程、土木工程、油气储运工程、环境工程、建筑学、工程管理、土地管理等专业使用,也可作为与上述专业有关的函授大学、职业大学、网络教育及自学者的教材,同时,也可作有关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

测量学教程/樊彦国主编. —东营:石油大学出版社,

2003.5

ISBN 7-5636-1791-4

I. 测… II. 樊… III. 测量学—高等学校—教材
IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 040620 号

测量学教程

樊彦国 主编

责任编辑:陆丽凤(电话 0546-8391282)

封面设计:傅荣治(电话 0546-8391805)

出版者:石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://sunctr.hdpu.edu.cn>

排 版 者:石油大学出版社排版中心

印 刷 者:石油大学印刷厂

发 行 者:石油大学出版社(电话 0546-8391797)

开 本: 787×1092 印张:17.625 字数:451 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—1000 册

定 价:19.50 元

前 言

近年来,随着光电子、计算机等高新技术的迅猛发展,世界测绘科学技术有了飞速的发展,使测绘事业呈现出欣欣向荣的大好局面。新的科学技术使测量仪器以及测量技术和方法都取得了长足的进步,以前的测量知识已不能满足今后学习和工作的需要。基于以上原因,我们编写了《测量学教程》。

本教材的编写,本着有利于加强基础理论学习、有利于提高能力培养、有利于知识面的拓展和少而精的原则,努力做到先进性、实用性、通用性和高质量四者相统一;同时,针对测绘专业及非测绘专业学生学习测量学的特点,教材内容力求简明扼要、深入浅出,从而使教材不仅便于教师组织教学又适合学生自学。教材在结构上,分为必学和选学两部分:第一章至第九章是基础部分,为各个专业学生的必学内容;第十章至第十四章是专业应用部分,供不同专业的学生根据需要选学。

本教材的主要特点是:教材内容力求做到重点突出,概念清楚,定义准确,文字精炼,利于自学,为了便于教学,每章后附有一定数量的思考题和习题。

本教材适用于测绘工程、地图制图与地理信息工程、资源勘察工程、土木工程、油气储运工程、环境工程、建筑学、工程管理、土地管理等专业使用,也可供有关技术人员参考。

本书的第一章至第五章、第十章、第十四章由樊彦国编写;第六章至第九章由王心众编写;第十一章至第十三章由盛辉编写;全书由樊彦国主编并统稿。

在本书的编写过程中,参阅了大量文献,引用了同类书刊中的部分资料,在此,谨向有关作者表示衷心的感谢!承蒙万剑华博士审阅了书稿并提出了宝贵的修改意见,石油大学出版社也为本书的出版做了大量工作,在此也深表谢意!

限于编者水平,本书会有不少不足与疏漏之处,恳望专家、读者批评指正。

编 者
2003年2月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 测量学的任务和作用	(1)
§ 1-2 地球形状和椭球定位的概念	(2)
§ 1-3 地面点位置的确定	(3)
§ 1-4 地球曲率对水平距离和高差的影响	(5)
§ 1-5 测量工作概述	(6)
思考题与习题	(8)
第二章 地形图的基本知识	(10)
§ 2-1 高斯投影的概念	(10)
§ 2-2 地形图的分幅与编号	(12)
§ 2-3 直线的定向	(16)
§ 2-4 图与比例尺	(20)
思考题与习题	(22)
第三章 水准测量	(23)
§ 3-1 水准测量的原理	(23)
§ 3-2 水准测量的仪器与工具	(24)
§ 3-3 水准仪的使用	(29)
§ 3-4 水准测量的外业	(31)
§ 3-5 水准测量的内业	(37)
§ 3-6 水准仪的检验与校正	(39)
§ 3-7 水准测量的误差分析	(42)
§ 3-8 精密水准仪简介	(44)
§ 3-9 电子水准仪简介	(46)
思考题与习题	(48)
第四章 经纬仪及水平角测量	(49)
§ 4-1 水平角测量原理	(49)
§ 4-2 光学经纬仪	(49)
§ 4-3 经纬仪的电子测角原理	(58)
§ 4-4 经纬仪的安置	(61)
§ 4-5 水平角的观测方法	(63)
§ 4-6 经纬仪的检验与校正	(67)
§ 4-7 水平角观测的误差来源	(73)
思考题与习题	(76)
第五章 距离测量	(77)
§ 5-1 距离测量的准备工作	(77)

§ 5-2	量距工具及钢尺检定	(78)
§ 5-3	普通钢尺量距	(80)
§ 5-4	视距测量	(82)
§ 5-5	光电测距	(83)
§ 5-6	电子全站仪简介	(85)
	思考题与习题	(86)
第六章	误差理论的基本知识	(88)
§ 6-1	概述	(88)
§ 6-2	偶然误差的特性	(90)
§ 6-3	误差传播定律	(94)
§ 6-4	等精度直接平差	(96)
§ 6-5	非等精度直接平差	(98)
	思考题与习题	(102)
第七章	平面控制测量	(103)
§ 7-1	控制测量概念	(103)
§ 7-2	导线测量	(105)
§ 7-3	小三角测量	(113)
§ 7-4	交会法定点	(121)
§ 7-5	全球定位系统简介	(124)
	思考题与习题	(134)
第八章	三角高程测量	(136)
§ 8-1	三角高程测量的原理	(136)
§ 8-2	竖盘构造及竖角测定	(138)
§ 8-3	单指标竖盘的偏心问题	(143)
§ 8-4	三角高程测量的应用	(146)
§ 8-5	三角高程测量的误差来源	(150)
§ 8-6	三角高程测量的精度	(151)
	思考题与习题	(156)
第九章	地形图测绘	(157)
§ 9-1	测图前的准备工作	(157)
§ 9-2	常见的大比例尺地形图测绘方法	(158)
§ 9-3	地形图的拼接、检查和整饰	(164)
§ 9-4	全站仪数字化测图技术	(166)
	思考题与习题	(168)
第十章	地形图的应用	(169)
§ 10-1	在图上求坐标、距离及角度	(169)
§ 10-2	确定地面点的高程和斜坡的坡度	(170)
§ 10-3	根据规定坡度在地形图上设计最短路线	(171)
§ 10-4	绘制某方向的断面图	(172)
§ 10-5	填挖边界线的确定	(173)

§ 10-6	面积量算与电子求积仪	(174)
§ 10-7	规划设计时的用地分析	(176)
§ 10-8	地理信息系统(GIS)简介	(179)
	思考题与习题	(184)
第十一章	建筑施工测量	(186)
§ 11-1	施工测量概述	(186)
§ 11-2	施工控制测量	(187)
§ 11-3	民用建筑的施工测量	(191)
§ 11-4	工业建筑的施工测量	(198)
§ 11-5	建筑物的变形观测	(202)
§ 11-6	竣工测量	(205)
	思考题与习题	(207)
第十二章	道桥工程测量	(208)
§ 12-1	道桥工程测量概述	(208)
§ 12-2	道路中线测量	(208)
§ 12-3	圆曲线测设	(209)
§ 12-4	缓和曲线测设	(216)
§ 12-5	纵、横断面图测量	(219)
§ 12-6	道路工程施工测量	(222)
§ 12-7	桥梁工程测量	(226)
	思考题与习题	(228)
第十三章	管道工程测量	(229)
§ 13-1	概述	(229)
§ 13-2	管道中线测量	(229)
§ 13-3	管道纵、横断面图测绘	(230)
§ 13-4	管道施工测量	(233)
§ 13-5	管道竣工测量	(237)
	思考题与习题	(239)
第十四章	地形绘图	(241)
§ 14-1	绘图基本技术	(241)
§ 14-2	地形图符号	(254)
§ 14-3	地形图清绘	(267)
	参考文献	(274)

第一章 绪 论

§ 1-1 测量学的任务和作用

测量学是一门研究地球形状和大小的科学,其任务概括起来有三个方面:一是精确测定地面点的平面位置和高程,以及整个地球的形状和大小;二是将地球表面局部范围的地形及其他信息测绘成图,使之成为与地面保持相似的图形;三是保证国民经济建设和国防建设所需要的测量工作。测量学是随着人们生产的实践需要而产生的,随着生产和科学技术的发展,这门科学的发展包括下面几个分支学科:

普通测量学——研究地球表面较小区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科,是测量学的基础。主要研究的内容有:图根控制网的建立、地形图的测绘及一般工程的施工测量。具体工作有距离测量、角度测量、定向测量、高程测量、观测数据的处理和绘图等。

大地测量学——研究在广大地面上建立国家大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。现代,由于人造地球卫星的发射和空间技术的发展,大地测量学又有常规大地测量学和卫星大地测量学与空间大地测量学之分。

摄影测量学——利用摄影像片来研究和测定物体的形状、大小和位置的学科。因获得像片的方法不同,摄影测量学又可分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天摄影测量学等。

工程测量学——研究工程建设在勘测设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。主要内容有:工程控制网建立、地形测绘、施工放样、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量的理论、技术与方法。

海道测量学——研究和测量地球表面水体(海洋、江河、湖泊等)及水下地貌的一门综合性学科。主要研究上述范围内的控制测量、地形岸线测量、水深测量等各种测量工作的理论、技术和方法。

由于人类社会的需要,近代科学技术的发展,测量技术由常规的大地测量发展到人造卫星大地测量,由航空摄影发展到航天遥感技术的应用;测量对象由地球表面扩展到空间星球,由静态发展到动态;测量仪器已广泛趋向电子化和自动化。

测绘工作常被人们赞誉为社会主义建设的尖兵,这是由于不论是经济建设还是国防建设,其勘测、设计、施工、竣工及保养维修等阶段都需要测绘工作,而且要求测绘工作走在这类任务的前面。测绘科学在保卫祖国的战斗中也起着很重要的作用,如地形图就是战略部署的重要资料之一,测量工作在军队中被看做是“指挥员的眼睛”。随着科学技术的日益发展,测绘科学在经济建设和国防建设中的作用也将日益增大。目前,在地震预测预报、海底资源勘探、近海油井钻探、地下电缆埋设、灾情监视与调查、宇宙空间技术,以及其他科学研究方面无一不需要测绘工作的配合。

新中国成立以后,我国测绘事业得到了蓬勃发展。20世纪50年代初,解放军总参谋部设立测绘局,又于1956年成立国家测绘总局,并相继创办测绘学院和测绘科学研究机构。五十年来,我国测绘事业发展很快,做了许多工作,建成了全国大地控制网,完成了大量不同比例尺

的地形图测量,培养了大批测绘人才,在测绘理论和方法方面也做了大量的研究工作,尤其在测绘仪器方面,从无到有,现在不仅能制造许多常规的一般精度的测绘仪器,而且还能生产新型精度较高的仪器,如电磁波测距仪、全站仪、自动安平水准仪、精密经纬仪和水准仪、电子经纬仪和数字水准仪,以及航摄机、立体测图仪、解析测图仪和全数字化摄影测量系统等。新的测绘方法如卫星大地测量、惯性测量、航空摄影测量、精密工程测量以及测图、制图自动化数字化的试验、应用。可以预见,在不远的将来,我国测绘科学的发展会取得更大、更新的成就。

§ 1-2 地球形状和椭球定位的概念

一、地球的形状与大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是极不平坦和不规则的,它有约占71%面积的海洋,陆地面积约占29%,有高达8 848.13 m的珠穆朗玛峰,也有深达11 022 m的马里亚纳海沟。这样的高低起伏,相对于地球这样庞大的体积来说,还是很小的。人们把地球总的形状看做是被海水包围的球体,也就是设想有一个静止的水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面,这个静止的水面称为水准面。水准面有无数个,而其中通过平均海水面的一个称为大地水准面,它所包围的形体称为大地体。

水准面的特性是它处处与铅垂线垂直。由于地球在不停地旋转着,因此地球上每个点都受离心力和地心吸引力的作用,使地面上的物体不致自由离开。这两种力的合力 OG 称为重力,重力的作用线又称铅垂线,如图 1-1 所示。

测量工作的基准线就是铅垂线,亦即地面上一点的重力方向线。地面上的物体像悬挂的垂球,其静止时所指的方向就是重力方向。测量工作的基准面就是大地水准面,如测量仪器的水准器气泡居中时,水准管圆弧顶点的法线即与重力方向一致,因此利用水准器所测结果就是以过地面点的水准面为基准而获得的,如图 1-2 所示。

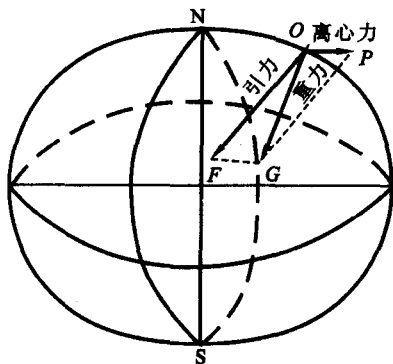


图 1-1

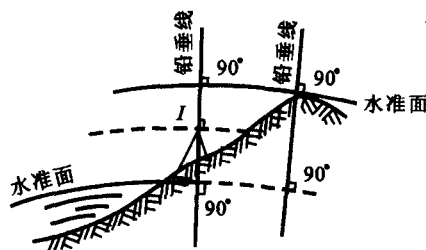


图 1-2

大地水准面是一个有起伏的不规则的曲面,这是因为地球内部质量分布不均匀而使各点的铅垂线方向产生不规则变化所致。因此,不可能用数学公式来表达大地水准面,也无法在这个面上进行测量的计算工作。通常用一个非常接近大地体的几何形体,即旋转椭球作为测量计算的基准。该球体是以一个椭圆绕其短轴旋转而成,如图 1-3 所示。

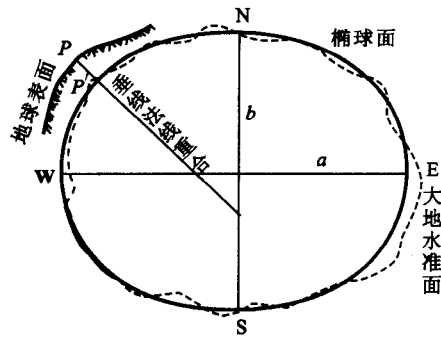


图 1-3

根据 1979 年国际大地测量学与地球物理学联合会决议, 椭球的元素为

$$a = 6\,378\,137 \text{ m}$$

$$b = 6\,356\,752 \text{ m}$$

$$\alpha = 1:298.257$$

目前, 我国正利用卫星的观测成果及全国大地测量资料计算适合我国实际的参考椭球元素。由于地球椭球体的扁率很小, 因此, 在地形测量的范围内可将地球视为圆球体, 其半径为 6 371 km。

二、参考椭球的定位与国家大地坐标系

地球的形状确定后, 还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系, 才能将观测成果化算到椭球面上。如图 1-3 所示, 在一个国家的适当地点, 选择一点 P , 设想把椭球与大地体相切, 切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上, 这时, 椭球面上 P' 的法线与大地水准面的铅垂线相重合, 使椭球的短轴与地轴保持平行, 且椭球面与这个国家范围内的大地水准面差距尽量地小。于是椭球与大地水准面的相对位置便确定下来, 这就是参考椭球的定位工作。根据定位的结果确定了大地原点的起算数据。我国新的大地原点设在陕西省泾阳县永乐镇, 由此建立了新的国家大地坐标系。

§ 1-3 地面点位置的确定

研究和确定地球形状和大小都需要测定地面点的位置, 而地面点的位置是用三维坐标, 亦即由平面坐标和高程来表示的。由于地面是地球表面, 故它不是平面而应是球面, 因而应采用能表示球面上点位置的坐标, 测量上通常采用地理坐标和高程这类全球统一的坐标系统。若要在平面上表示地面点的位置, 则用平面直角坐标和高程这样的坐标系统。那么这些坐标系统是怎样建立和确定的呢? 现分别介绍如下。

一、地面点在投影面上的坐标

(一) 地理坐标

研究大范围的地面形状和大小是将投影面作为球面。在图 1-4 中视地球为一球体, N 和 S 是地球的北极和南极, 连接两极且通过地心 O 的线称为地轴。过地轴的平面称为子午面, 过地心 O 且垂直于地轴的平面称为赤道面, 它与球面的交线称为赤道。通过原英国格林尼治天

文台所在位置的子午线称为起始子午线(首子午线)。而包括该子午线的子午面称首子午面。地面上任一点 M 的地理坐标是以该点的经度和纬度来表示的。经度是从过该点的子午线与首子午面的夹角,以 λ 表示。从首子午线起向东 180° 称东经,向西 180° 称西经。 M 点的纬度就是该点的法线与赤道面的交角,以 φ 表示。从赤道向北由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬,向南称南纬。如北京的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$,北纬 $39^\circ 54'$ 。经纬度是用天文测量方法测定的。

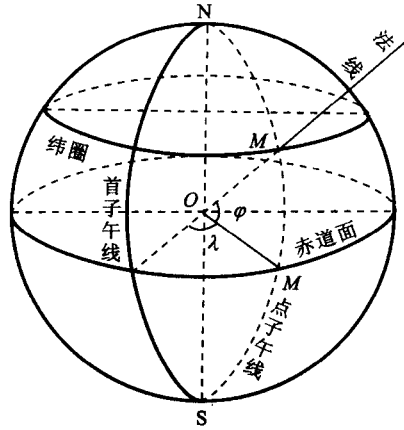


图 1-4 地理坐标系

(二) 平面直角坐标

测量小范围地区,可将该部分的球面视为水平面(其限度见 § 1-4)。在测区的西南设置一个原点 O ,令通过原点 O 的南北线为纵坐标轴 X ,与 X 轴相垂直的东西方向线为横坐标轴 Y ,如图 1-5 所示。坐标轴将平面分为四个象限,其顺序为顺时针方向排列,各点坐标规定由原点向上、向右为正。测量上使用的平面直角坐标与数学上常用的不同,这是因为测量工作中规定所有的直线方向都是以纵坐标轴北端按顺时针方向量度的,这样的变换,既不改变数学公式,同时又便于测量中方向和坐标的计算。

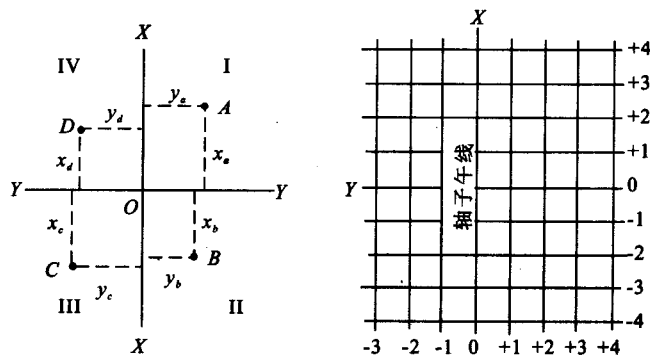


图 1-5 测量计算的平面直角坐标系

二、点的高程与 1985 年国家高程基准

地面点的坐标只是表示地面点在投影面上的位置,要表示地面点的空间位置,还需要确定地面点的高程。前已述及,大地水准面是高程的基准面。地面点沿铅垂线方向到大地水准面的距离称为绝对高程或称海拔,简称高程。如图 1-6 中的 H_A 、 H_B 。过去我国采用青岛验潮站 1950 ~ 1956 年观测成果推算的黄海平均海水面作为高程零点,称为“1956 年黄海高程系”。根

据目前的复查,发现该高程系存在统计上的错误,且验潮资料过短。新的大地水准面命名为“1985 年国家高程基准”,位于青岛的中华人民共和国水准原点按新的基准起算的高程为 72.260 m。在以前所用的“1956 年国家高程基准”中,青岛原点的高程为 72.289 m。全国布置的国家高程控制点都应以新的水准原点为准。在利用旧的水准测量成果时要注意高程基准的统一和换算;若远离国家高程控制点或为施工方便起见,也可以假设(任意)水准面为基准,则该工地所得各点高程是以同一假设水准面为基准的相对高程。地面上两点高程之差称为高差。

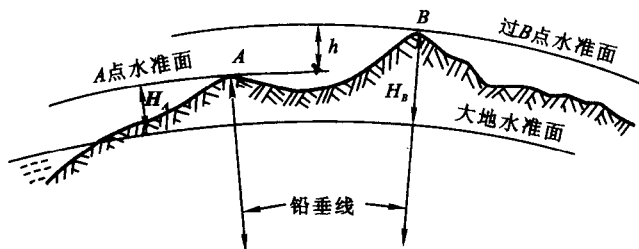


图 1-6 点的高程

§ 1-4 地球曲率对水平距离和高差的影响

在 § 1-2 中已述及在地形测量学范围内是将大地体近似看做圆球体。将地面点投影到地球上,然后再描绘到平面的图纸上,这是很复杂的。在实际测量中,在一定的测量精度要求和测区面积不大时,往往用水平面来代替水准面,就是把较小一部分地球表面上的点投影到水平面上来决定其位置。但是,在多大面积范围能容许以平面投影代替球面投影的问题就必须加以讨论了。

下面的内容是以假定大地水准面作为一个圆球面来叙述的。

一、水准面的曲率对水平距离的影响

在图 1-7 中,设 AB 为水准面一段弧长 D , 所对圆心角为 θ , 地球半径为 R , 另自 A 点作切线 AB' , 设长为 t 。若将切于 A 点的水平面代替水准面的圆弧,则在距离上将产生误差 ΔD ,

$$\Delta D = AB' - AB = t - D = R(\operatorname{tg} \theta - \theta)$$

将 $\operatorname{tg} \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \dots$ 代入,得

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-1)$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R} \right)^2 \quad (1-2)$$

取 $R = 6\,371 \text{ km}$, ΔD 值见表 1-1。由该表可知,当 $D = 10 \text{ km}$ 时, $\frac{\Delta D}{D} = 1:121 \text{ 万}$, 小于目前精密的距离测量误差,即使在 $D = 20 \text{ km}$ 时, $\frac{\Delta D}{D} = 1:30 \text{ 万}$, 实际上将水准面当作水平面,也即沿圆弧丈量的距离作为水平距离,其误差可忽略不计。

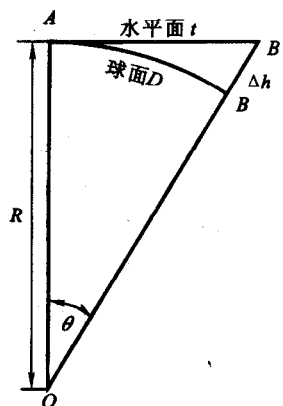


图 1-7 地球曲率的影响

表 1-1

误差 /cm	圆弧长度 /km							
	0.1	0.2	0.4	1	5	10	50	100
Δh	0.08	0.31	1.3	8	196	785		
ΔD				0.001	0.10	0.82	103	820

二、水准面曲率对高差的影响

由图 1-7 可知, A 、 B 两点同在一水准面上, 高程相等, 若以水平面代替水准面, 则 B 点移到 B' 点, 高程误差为 Δh 。由图可知

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$$

若用 D 代替 t , 同时略去分母中的 Δh , 则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R}$$

不同 D 值的 Δh 仍列于表 1-1 中。当 $D = 1 \text{ km}$, Δh 也有 8 cm 的误差, 这种误差对工程的影响是不能忽视的。

§ 1-5 测量工作概述

一、控制测量的概念

将测区的范围按一定比例尺缩小成地形图时, 通常不能在一张图纸上表示出来; 测图时, 要求在一个测站点(安置测量仪器测绘地物、地貌的点)上将该测区的所有重要地物、地貌测绘出来也是不可能的。因此, 在进行地形测图时, 只能连续地逐个测站施测, 然后拼接出一幅完整的地形图。当一幅图不能包括该地区面积时, 必须先在该地区建立一系列的测站点, 再利用这些点将测区分成若干幅图, 并分别施测, 最后拼接该测区的整个地形图。

这种先在测区范围建立一系列测站点, 然后分别施测地物、地貌的方法, 就是先整体后局部的原则。

这些测站点的位置必须先进行整体布置, 反之, 若一开始就从测区某一点起连续进行测量, 则前面测站的误差必将传递给后面的测站, 如此逐站积累, 最后测站的本身位置, 以及根据它测绘的地物、地貌的位置误差积累愈大, 这样将得不到一张合格的地形图。一幅图如此, 就整个测区而言, 就更难保证精度。因此, 必须先整体布置测站点。测站点起着控制地物、地貌的作用, 所以又称为“从控制到碎部”。

为此, 在地形测图中, 先选择一些具有控制意义的点子, 如图 1-8 中的 A 、 B 、 C ……点, 用比较精密的仪器和方法把它们的位置测定出来, 这些点就是上述的测站点, 在地形测量中称为地形控制点, 或称为图根控制点。然后再根据它们测定道路、房屋、草地、水系的轮廓点, 这些轮廓点称为碎部点。

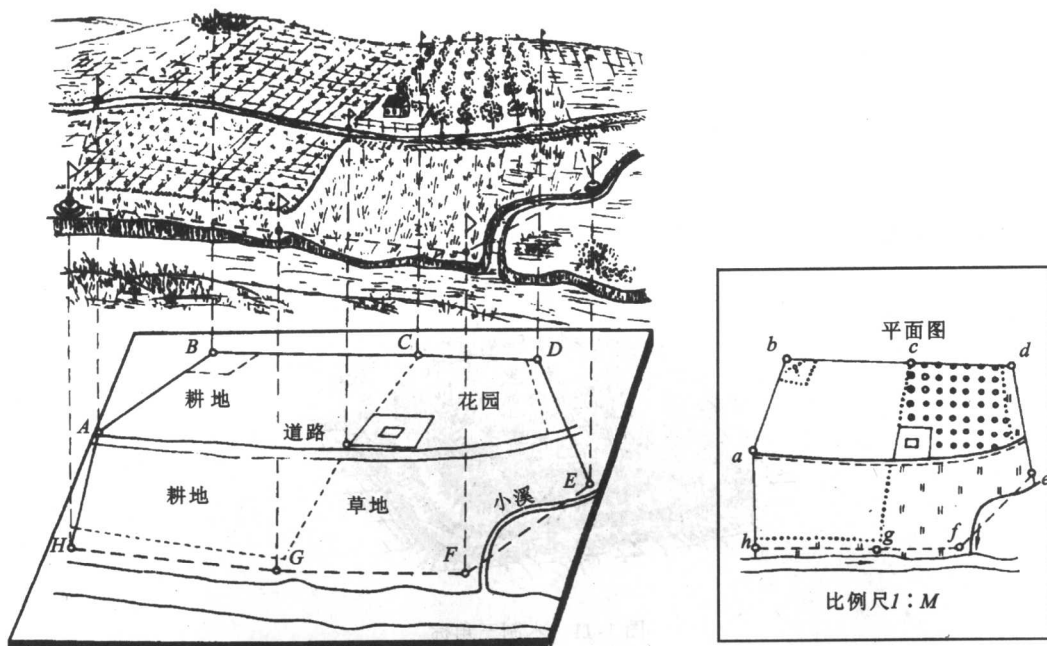


图 1-8

遵循“由整体到局部”或“先控制后碎部”的原则,就可以使测量误差分布比较均匀,保证测图精度,而且可以分幅测绘、平行作业,加快测图速度,从而使整个测区连成一体,获得整个地区的地形图。

如果测区更大,如一个县,一个城市乃至全国范围,要使地形图保证精度,连成一个整体,那就要建立比地形控制点的精度还高的控制点。测定控制点的工作称为控制测量。由控制点组成的几何图形称为控制网。

国家和城市基本平面控制网分为一、二、三、四等四个等级,前者的边长较长,精度也高;后者边长较短,精度相对低些。由三角形组成的为三角网,如图 1-9 所示;而由折线组成的为导线网,如图 1-10 所示。国家基本高程控制是用水准测量方法建立的,按照要求的精度不同,分为一、二、三、四等水准测量。在上述控制点的基础上,再加密测定碎部用的地形控制点。控制点的地面标志中心即代表该点的位置,为便于远处瞄准,在其上树立被照准的目标,如图 1-11 所示为木制三角标。

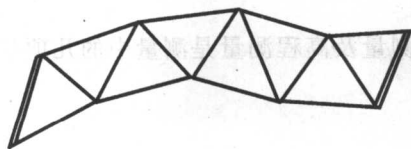


图 1-9 三角网

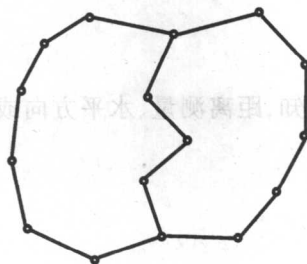


图 1-10 导线网

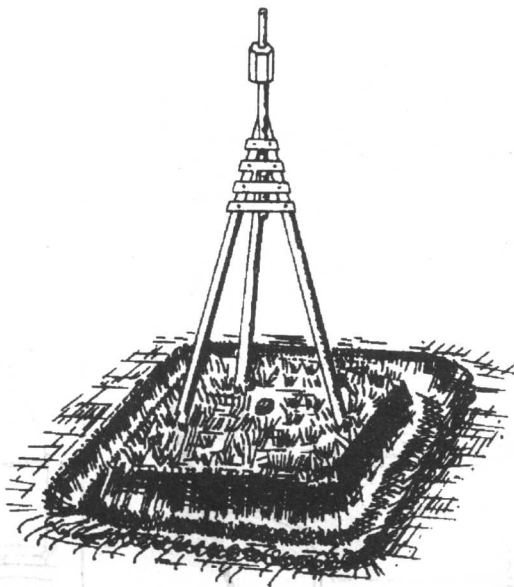


图 1-11 木制三角标

二、测量的基本工作

选地面上的三点为 A 、 B 、 C ，如图 1-12 所示，投影到过 A 点水准面 M 上的位置分别为 A 、 b 、 c 。 Ab 和 Ac 分别为水平距离，可以用测距仪所测得的斜距 AB 、 AC 及竖直角 α_1 与 α_2 化算求得，也可根据三角网的起始边及各内角推算求得。水平角 β 系指通过 AC 、 AB 竖直面在水准面上投影 Ac 、 Ab 间的角度。从 C 点相对于 A 点的高差，可以用几何水准测量方法测定，也可利用距离及竖直角计算。根据 A 点的高程和观测得到的高差，就可以求得 B 、 C 点的高程。

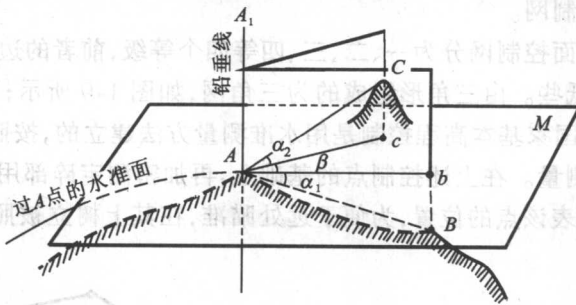


图 1-12

由此可知，距离测量、水平方向或水平角、竖直角测量及高程测量是测量中的几项基本工作。

思考题与习题

1. 测量学的主要任务是什么？
2. 水准面有何特性？大地水准面是如何定义的？
3. 参考椭球是怎样进行定位的？

4. 用哪些元素来确定地面点的位置?
5. 何谓绝对高程和相对高程?
6. 为何要以水平面代替水准面? 在多大范围内可用水平面代替水准面?
7. 测绘地形图应遵循什么原则? 为何必须遵守这些原则?
8. 测量有哪些基本工作?

第二章 地形图的基本知识

§ 2-1 高斯投影的概念

一、六度带与三度带

在 § 1-4 中,曾介绍过在小面积测区时可不考虑地球曲率的影响,直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,并用直角坐标系表示投影点的位置,而不要进行复杂的投影计算,但当测区范围较大时,就不能将地球表面当作平面看待,需要将椭球(或圆球)上的点位或图形投影到平面上,然后在平面上进行测量计算。要把椭球面上的图形画在平面上,总要产生变形,正如将桔子皮压平,它不是产生褶皱就是边缘破裂。变形有长度变形、角度变形和面积变形等数种。在测量上,一般要求投影后的角度保持不变,这就意味着图上的图形与实地的图形相似,这就是高斯投影。

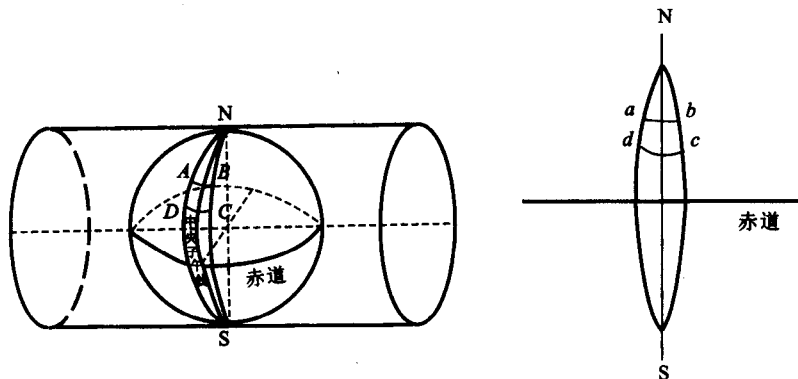


图 2-1

为简单起见,把地球当作一个圆球,设想把一个平面卷成一个横圆柱,把它套在圆球外面,使横圆柱的轴心通过圆球的中心,把圆球面上一根子午线与横圆柱相切,也即这一子午线与横圆柱重合,通常称它为中央子午线或称轴子午线,如图 2-1 所示。这种投影方法是把地球分成若干范围不大的带进行投影,分带的目的就是限制变形的大小,带的宽度一般为经差 6° 、 3° 和 1.5° 几种,简称为 6° 带、 3° 带和 1.5° 带。 6° 带是从 0° 子午线算起,以经度每隔 6° 为一带。第一带的中央子午线是东经 3° ,第二带为 9° ,依次类推。投影带的带号 N 与该带中央子午线经度 L_0 的关系为 $L_0 = 6N - 3$,而 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始,第一带的中央子午线是东经 3° ,第二带是 6° ,依此类推。 3° 带中央子午线的经度 L'_0 与其带号 N' 的关系为 $L'_0 = 3N'$ 。图 2-2 表示两种投影带的分带情况。