

中等专业学校
教 学 用 书

ZHONGDENG
ZHUANYE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

地 形 测 量

(第2版)

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

地 形 测 量

(第二版)

昆明冶金高等专科学校 朱汉文 编

冶金工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

地形测量/朱汉文编.-2版.-北京:冶金工业出版社,
1996

中等专业学校教学用书

ISBN 7-5024-1846-6

I.地… II.朱… III.地形测量-专业学校-教材
IV.P217

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第06877号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

三河市印刷厂印刷;冶金工业出版社出版,各地新华书店发行

1981年9月第1版,1996年10月第二版,1996年10月第5次印刷

787mm×1092mm 1/16,12.25印张,290千字,186页,19801~21800册

12.00元

第二版前言

本教材是在1981年出版的中等专业学校矿山测量专业“地形测量”教材的基础上,依据1991年长沙教材会议所修订的“地形测量”课程教学大纲修编的。

本书根据各校专业改革的趋向和中专“地形测量”课既是测量基础课又是测量专业课的特点,结合当前测绘工作的实际,以培养学生测、绘、算基本能力为重点,着重阐述测量的基本知识、基本理论与方法和基本技能,同时阐述了大比例尺地形测图的基本方法,把测量的基本计算集中在附录 fx-180P型计算器在地形测量中的应用中予以介绍,以解决测量基本计算的训练。本书适合作为中专“工程测量”与“矿山测量”专业地形测量课的教材,亦可供有关测绘技术人员参考。

在本教材修、编、审过程中,得到本溪冶金高等专科学校牛长旭副教授、长沙工业高等专科学校何明生副教授和昆明冶金高等专科学校袁孔锋副教授的大力支持和帮助,并提出了宝贵意见,特表示衷心感谢。

由于编者水平有限,恳请使用本教材的同志提出意见指正。

编者

1995年8月

前 言

本教材是根据一九七八年冶金工业部中等专业学校教材会议制订的矿山测量专业教学计划和地形测量课程教学大纲编写的。

本书着重讲述应用常规仪器测绘大比例尺地形图的基本理论及观测、计算方法，并简单介绍有关激光地形测距仪和陆地摄影测量测图的基本知识。内容主要有三部分：第一部分叙述地形测量的基本知识和常用仪器及基本测量工作；第二部分讲述大比例尺测图图根控制的布设、观测和计算方法，并对一些常用计算作了理论推证；第三部分讲述以大平板仪为主的大比例尺地形图测绘方法，并分析了掌握地形特征的要领。

本书在内容的编排上，根据中专的特点和本课程的任务，注意了基本理论阐述和技能的训练，同时按照国家现行规范，密切结合生产实际。文字叙述力求由浅入深，便于自学。

由于编写的时间仓促，业务水平有限，一定存在不少问题，恳请使用本教材的同志和测绘工作人员提出批评和意见，以便改正。

在本教材编审过程中得到本溪钢铁学校、长沙冶金工业学校、广东省冶金工业学校的大力帮助，在此表示衷心感谢。

编者

一九八〇年十月

目 录

绪论	1
第一节 地形测量及其任务	1
第二节 我国测绘科学的发展概况	1
第三节 地形测量在社会主义建设中的作用	2
第一章 地形测量的基本知识	3
第一节 地形测量概述	3
第二节 地球形状与地形测量的关系	4
第三节 地面点的位置及表示方法	5
第四节 地形图及地形的表示方法	8
第五节 比例尺	16
第六节 直线的定向及坐标计算的基本原理	17
第二章 水准仪及高差测量	23
第一节 水准测量原理	23
第二节 水准仪及水准尺	23
第三节 高差测量	30
第四节 水准仪的检验和校正	33
第五节 水准测量的误差来源及减弱措施	36
第六节 自动安平水准仪	37
第三章 经纬仪及角度测量	39
第一节 角度测量的原理	39
第二节 经纬仪	40
第三节 经纬仪的使用	43
第四节 水平角的观测方法	45
第五节 垂直角(倾角)的观测方法	48
第六节 经纬仪的检验和校正	50
第七节 水平角观测的误差来源及其减弱措施	54
第四章 距离测量	56
第一节 量距概述	56
第二节 钢尺及距离丈量	56
第三节 量距成果的整理	59
第四节 钢尺的检定	61
第五节 钢尺量距的误差来源及减弱措施	62
第六节 普通视距测量	63
第七节 电磁波测距	68
第五章 平板仪与碎部点测绘	73

第一节	平板仪测量的原理	73
第二节	平板仪的构造及其使用	73
第三节	平板仪的施测	77
第四节	平板仪的检验与校正	79
第六章	测量误差的概念及测量计算的数字取位	81
第一节	测量误差概述	81
第二节	衡量测量精度的标准	83
第三节	测量计算的数字取位	85
第七章	导线测量	89
第一节	导线及其布设形式	89
第二节	导线测量的外业工作	90
第三节	导线测量的内业计算	91
第四节	导线测量错误的检查及导线测量的精度	98
第八章	线形三角锁测量	102
第一节	线形三角锁及其布设形式	102
第二节	线形三角锁的外业观测	104
第三节	线形三角锁的内业计算	104
第九章	解析测角交会法及辐射法定点	116
第一节	测角交会法及其外业观测	116
第二节	前、侧方交会点的计算	117
第三节	后方交会点的计算	121
第四节	光电测距辐射法定点	125
第十章	高程测量	128
第一节	概述	128
第二节	四等及等外水准测量	128
第三节	三角高程测量	132
第十一章	大比例尺地形测图	137
第一节	概述	137
第二节	图根控制测量	137
第三节	地形图的分幅与编号	140
第四节	测图前的准备工作	145
第五节	大比例尺地形图的测绘方法	148
第六节	地形图的接边、检查与修饰	161
第七节	地形测图的技术计划及技术总结	163
第十二章	地形图的应用	165
第一节	地形图的内容和用途	165
第二节	地形图应用的基本内容	167
附录	fx-180P型(或fx-3600P)计算器在地形测量中的应用	172

绪 论

第一节 地形测量及其任务

一、测绘科学及其分类

测绘科学是人类在长期的生产斗争中,为了征服和改造自然而产生的用各种仪器与方法以确定地面上各点的相对位置,从而描绘出地球表面的形态、规划与解决各种工程建设问题和研究地球形状及大小的应用科学之一。

随着人类社会生产的需要和发展,人类长期以来的生产斗争经验,丰富并扩大了测绘科学的领域,测绘科学在人类经济活动、科学技术活动以及文化活动中的作用也愈来愈大。测绘成果和成图成为国民经济建设、国防建设和进行某些科学研究工作不可缺少的基础资料。现代文化科学技术的高度发展和生产领域的不断扩大,使测绘科学技术的内容和任务也随之日益丰富。由于现代测绘科学在实用和理论上随着生产的发展与分工所涉及的问题相当广泛,因此,测绘科学也随之分为若干与生产相近的学科来研究。测绘科学的分类按其研究的主要内容可分为大地测量学、地形测量学、摄影测量学和工程测量学。

大地测量学的主要任务是研究地球的形状和大小以及在广大的地面上建立测量控制网,作为各种测量工作的基础。

地形测量学的任务,则是研究关于测绘地球局部表面形状的科学和技术。

摄影测量学是利用摄影相片来研究地球表面形状及空间关系的测绘科学。由于获得相片的方法不同,摄影测量学又分为地面摄影测量、航空摄影测量和卫星相片编图等。

工程测量学是研究有关厂矿建设、道路修建、水利枢纽、城市建设、农田水利等工程在勘测设计、施工放样等方面的各种测量方法和技术。目前由于生产领域的不断扩大和现代化,工程测量又分成若干具体工程的学科来研究,如矿山测量等。

二、地形测量及其任务

地形测量是研究测绘地球局部表面形状的科学,这里侧重讲述测绘大比例尺地形图的理论和方法。它的主要任务就是使用各种测量仪器,直接测定小范围地表高低起伏形态和地物(如建筑物、道路、耕地等)的特征点的位置及高程,经相应的计算与整理,采用一定的测量符号按一定的比例缩绘在图纸上,从而获得与相应地面相似的地形图,为国家建设提供设计与施工的图纸资料。

第二节 我国测绘科学的发展概况

测绘科学和其它科学一样,是在人类征服和改造自然的斗争中,随着生产发展的需要而产生和发展的。我国是世界上文化古国之一,测绘科学在我国有悠久的历史。远在周代和秦代就设有专门官员来管理土地图籍。三国时地图在军事上发挥过巨大的作用。公元第3世纪我国伟大的制图学家裴秀,就创立了“制图六体”,这不仅是我国而且是世界上最早的制图规范。12世纪前后我国发明了指南针,促进了测量技术的发展,这是我国对于世界测量技术的伟大贡献。公元724年在我国河南一带用水、准、绳、墨进行子午线弧长测量,以

确定地球的大小，这是我国大地测量的开始。到公元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。在公元1708年~1718年我国开展了全国舆地图的施测工作，规模之大史无前例，测量的结果编制了“大清一统舆图”，这些资料至今仍有参考价值。

中华人民共和国成立后，我国测绘事业得到了突飞猛进的发展。为了培养测绘新生力量，除设立专门的测绘院校外，在其它若干院校内也设立了测绘类的科系，不断输送测绘人才。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。我国解放以来所做的测绘工作已远远超过解放前一百多年的总和。

我国随着测绘队伍的壮大和测绘事业的发展，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，不但已能制造测绘的普通仪器，而且也能制造精密经纬仪。随着近年来电子技术和激光技术的迅速发展，我国也研制成功了激光水准仪、激光测距仪、摄影经纬仪、陀螺经纬仪等新型测量仪器。电子计算机也已普遍应用于测绘的计算中。预计不久的将来，测绘工作自动化、计算电子化、测量资料数字化等将取得飞速的发展，逐步赶上和超过世界先进水平。

总之，测绘科学的发展也与其它科学一样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，在实现建设具有中国特色的社会主义新长征中，测绘科学技术必将取得新的成就。

第三节 地形测量在社会主义建设中的作用

地形测量是测绘科学技术之一，应用面很广。它既可为经济建设、资源勘察、环境保护、能源开发、文化教育、科学研究和国防建设提供精确的测绘数据和图纸资料，又可满足人民群众日常生活对各种地形、地籍图的需要。在社会主义各个建设领域中，其勘测、设计、施工、验收及运营保养各个阶段，都需要利用各类地形图，都要测绘工作与之密切配合，而且还要测绘工作走在前面。

由此可见，在实现祖国现代化的进程中，测绘工作不仅是建设有中国特色的社会主义强国的一项基础技术工作，而且还要为各项基本建设当好先行。这是测绘工作者的光荣，每个测绘工作者应该兢兢业业，精心描绘祖国大地河山，为实现祖国现代化多做贡献。

第一章 地形测量的基本知识

第一节 地形测量概述

地形测量的任务是将复杂的地表形态测绘成图。地表形状有高山、深谷、平原、沼地；也有城镇、村庄、道路、耕地与江河。这些地表的起伏形态和物体，归纳起来可分为两大类，一类属于自然物和人工建筑物，例如河流、森林、道路、桥梁、房屋等称为地物；另一类则为地表自然的高低起伏形态，例如山、谷地、陡壁、冲沟等称为地貌。地物和地貌总称叫地形。地形测量就是为了绘制地形图而进行的实地测量和绘图工作。

地面上各种物体的轮廓，都可看成由代表其形态的点所组成，称地形特征点（亦叫碎部点）。若将地形轮廓特征点平面位置和高程测绘于图纸上，即可据以描绘出实地的地形图。所以地形测量的基本工作就是根据已知点测定大量的地形特征点，再绘制整饰成图。

进行任何测量工作，都会产生误差。如果测量成果的误差很大，超过了允许的限值，测量成果就失去其使用价值。为了使测量成果既能保证一定的精度要求，又符合于经济原则，不增加人力、物力的消耗，就必须按一定的测量顺序和方法进行，例如图 1-1 所示，要测定地形特征点 1、2、3……25 的位置，这时就可有两种方案：

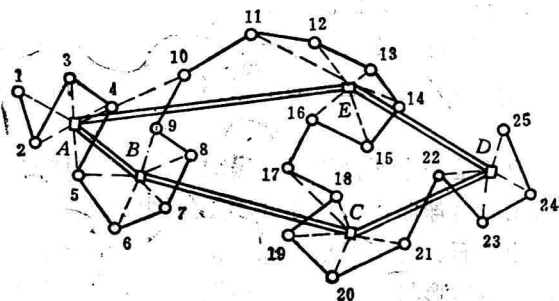


图 1-1 测定地面点位置的方法

（1）一种是从 1 点开始，由点 1 测定点 2，再由点 2 测定点 3，如此继续下去一直测到 25 点，然后根据测得资料计算各点的位置，描绘成图。这种一点接着一点的测量，测量误差必然越积越大，就是用很高的精度去测量，亦很难保证最后的点符合要求。即使可能，那在人力、物力上亦是不经济的，显然这种测量方法是不合理的。

（2）第二种是先在整個測量范围内根据地形情况选设一组点 A、B、C、D、E，用较高的精度测定其位置，再由这些点测定附近各地形点的位置。这样虽然多做了用较高精度测定 A、B、C、D、E 点的工作，但因点数不多，工作量不会很大，而且可组成一定的几何图形，以满足一定的条件，在一定的测量方法下检查和保证测量精度的要求，然后在这些点上测定地形点时就可精度低些，并可分开同时进行，因其受到这些点的控制，各地形点之间无直接联系，因而测量误差不会累积，最后又可拼接成整个测量范围的地形，显然这是合理的测量方案。图中 A、B、C、D、E 对整个测区起着控制作用，这些点称为地形测图的控制点，简称图根控制点，它亦由高级点建立。由图根控制点所组成的几何图形

称图根控制网。确定图根控制点位置的测量叫图根控制测量，由这些点测定地形点的工作叫碎部测量。

所以地形测量是遵照“由整体到局部，由高级到低级”，即由“控制到碎部”的原则进行的。

地形测量的主要内容也就是：（1）研究图根控制点的建立原理和测量与计算方法；（2）研究测绘大比例尺地形图的原理和方法；（3）进行上述各项测量工作所用仪器、工具的一般构造和操作技术等。

第二节 地球形状与地形测量的关系

地形测量工作是在地球表面进行的，许多问题是和地球形状有关，所以在研究地形测量以前，首先应了解地球形状。

地球表面是个极不平坦的曲面，有高山、深谷、江湖和海洋等的起伏。测量上把这一高低起伏极不规则的曲面称为地球的自然表面。地球表面虽有高低起伏，但与整个地球比较，这种高低起伏的程度可以说是微不足道的。所以通常认为地球是一个半径为6371km的球体。

地球是个半径很大的近似球体，在地球的自然表面上，海洋的面积约占地球总面积的71%，而陆地仅占29%，由此可见，海洋占据地球表面的绝大部分，所以用静止的海洋面来表示地球的形状是恰当的，此静止的海洋面称为水准面。水准面的特性是处处与铅垂线即重力线相垂直是个位能相同的重力面。由于海水面有高潮位和低潮位的差别，所以水准面可以有无数多个，以其中通过平均位置的一个水准面称为大地水准面。设想把这个面延伸穿过陆地即得一个封闭曲面，构成地球的形状称大地体。所以大地水准面是测量外业工作的一个基准面。

经长期的测定确定地球是一个两极微扁的扁球体。由于地球内部的构造关系，这样一个设想的以大地水准面构成的地球曲面实际亦并不是规则的，而且无法用数学方式表示出来。因此，也就不可能作为计算面。为了测量上应用得方便，以一个与大地水准面极为接近而又规则的数学形体来替代地球形状，这个形体称地球椭球体，亦叫旋转椭球体，如图1-2(a)所示。它是由椭圆 $PEP'E'$ 绕轴 PP' （地球自转轴）旋转而得的。其大小用椭圆的

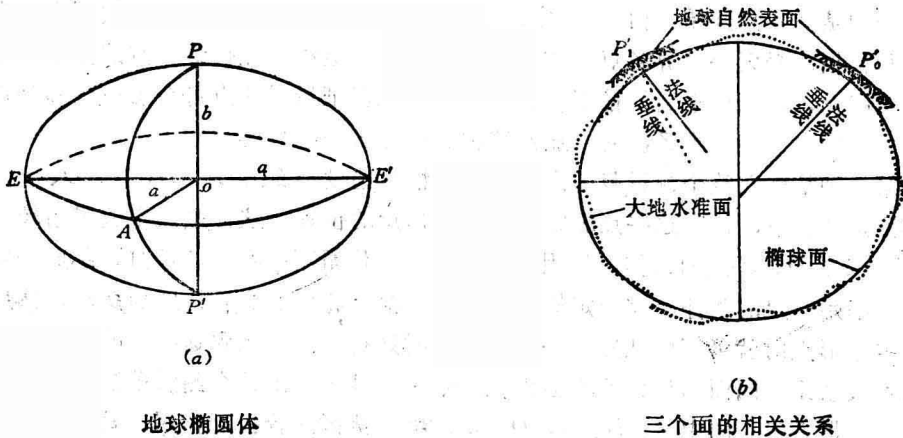


图 1-2 地球形状

长半轴 a 和短半轴 b 决定,地球椭圆体的形状则用扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 表示, a 、 b 、 α 称椭球元素。

旋转椭圆柱(简称椭球体)面,可以用数学公式准确表达出来,所以椭球体是测量上应用的地球形状。地球形状确定后,还应进一步确定大地水准面与旋转椭圆柱面在相对位置上的关系称椭球定位。定了位的椭球体称参考椭球体,即一个国家应用的地球形状,椭球体面是测量工作计算的基准面。

总起来讲,在测量上考虑地球形状和大小,是把半径为6371km的圆球体作为地球的第一近似形状,而把地球椭圆柱作为地球的第二近似形状。所有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,而测量成果的处理则以地球椭圆柱面为依据如图1-2(b)。在地形测量中,由于是研究地球局部表面大比例尺地形图的测绘,即范围较小,而地球半径很大,所以小范围的水准面可以看作平面,经过分析知道,面积在100km²的范围内,不论是进行距离还是角度测量都可以不考虑地球曲率的影响,在要求精度不高的情况下,这个范围还可相应的扩大。因此,地形测量工作及成果的处理一般情况下均以平面来考虑。

第三节 地面点的位置及表示方法

测量工作的实质都是应用测量仪器通过测角、测距和测高差,从而确定点的相对位置。地面上任意一点的位置,在测量上是指该点在计算基准面上的投影位置以及该点到外业观测基准面的距离。通常以这个点在原先拟定的基准面上坐标系统中的坐标以及这点高出大地水准面的高度(称高程)表示。由于测量区域的范围有大小之别,所以表示地面点在计算基准面上的投影位置可有不同的方法,地形测量常用平面直角坐标系表示。

一、平面直角坐标系

平面直角坐标系是表示点的平面位置的。用平面直角坐标系表示点平面位置时,是把测区范围的计算基准面看成平面,在平面上建立两条相互垂直的直线,如图1-3所示。其中一条直线 x 表示南北方向称纵坐标轴;另一条直线 y 表示东西方向称横坐标轴,纵轴 x 与横轴 y 的交点 o 称坐标原点。

地面上一点的平面直角坐标,是由该点分别向纵、横轴作垂线,垂线长称这个点的平面直角坐标值。点到横轴的垂线长叫纵坐标用 x 表示,点到纵轴的垂线长叫横坐标用 y 表示,如图1-3中 A 点的坐标为 (x_A, y_A) 。点的平面直角坐标值有正、负之分,其符号规定为从原点向上(北)、向右(东)为正,向下(南)、向左(西)为负。在图1-3中 A 点的坐标均为正, B 点的坐标 x_B 为负, y_B 为正。

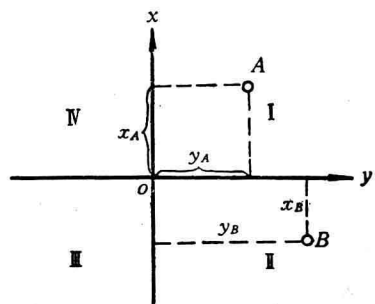


图 1-3 点的平面直角坐标

平面直角坐标轴将平面区分为四个部分,叫做四个象限。象限的顺序是从北东开始按顺时针方向排列为 I、II、III、IV 象限,如图1-3所示。它与数学上的象限和坐标轴刚好相反,但并不改变坐标计算的数学关系。

测量上平面直角坐标系有假定平面直角坐标系和全国统一平面直角坐标系之分。

1. 假定平面直角坐标系 假定平面直角坐标系一般以测区地面上任意一点作为坐标原点 o ，过原点的任意方向(通常用按磁针所指的南北方向)作为纵轴 x ，另一过原点并与 x 轴垂直的方向为 y 轴。用假定平面直角坐标系虽然可以确定地面点在这个坐标系内的位置，但根据假定坐标系测绘的地形图不能成为全国总图的一部分，因为各个地区若多用各自的假定坐标系，相互间就没联系，相邻地区的测量成果，成图不能拼接和相互利用，使测量工作混乱，同时也不能适应国家建设中多方面的需要，因此，大面积的正规的测量是不采用假定平面直角坐标系的，一般只用于解决局部的、小面积的、独立的测量。

2. 全国统一平面直角坐标系

(1) 经纬度的概念。前面讲过，地球的形状近似于椭圆绕其短轴旋转所得的椭球体。一般为了说明的方便常画成球体，如图1-4所示。纵轴 PP' 为地球的自转轴，简称地轴。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' 表示。地球的中心叫地心用 o 表示。垂直于地轴并通过地心的平面叫地球赤道面，赤道面与地球表面的交线叫赤道，如图中 $QKLQ'$ 。通过地面任意一点 A 和地轴 PP' 的平面叫该点的子午面。一个点的子午面与地表的交线叫子午线(或经线)。过一个点只能作一条子午线，但整个地球表面可有无数条子午线，它们均相交于南北极。国际公认通过英国格林威治天文台某点(设为 M 点)的子午面称为起始子午面，它与地球表面的交线为起始子午线或称首子午线，如图1-4中的 $PMKP'$ 。

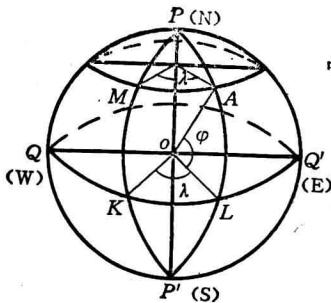


图 1-4 经纬度

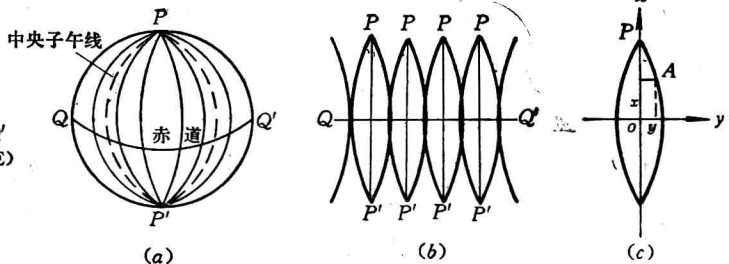


图 1-5 全国统一平面直角坐标系

设 A 为地面上的任一点，过 A 的子午面与起始子午面间的两面角 λ 叫 A 点的天文经度。经度是由起始子午面起向东和向西分别计算，各由0度到180度，由起始子午面向东计算的称东经，向西的叫西经。经度是表示地面点在地球上东西位置的，在同一子午线上各点的经度是相同的。

通过地面点 A 的铅垂线和赤道面的夹角 φ 叫 A 点的天文纬度。纬度是以赤道面起分别向北和向南计算，各由0度到90度。由赤道向北计算的叫北纬，向南的叫南纬。纬度是表示地面点在地球上的南北位置的。当地球自转时，地面点 A 所划的轨迹叫纬线，同一纬线上各点的纬度均相同。

地球表面任一点的经纬度亦叫该点的地理坐标，是表示该点在地球球面上的位置的。

(2) 全国统一平面直角坐标。它是表示地球表面任一点在平面上的位置的坐标系。其构成是先把地球表面每隔经度6度或3度划分为带，如图1-5(a)所示。整个地球表面被分为60或120个带，位于每带中央的子午线称中央子午线或轴子午线。设想把每个带的中

中央子午线按其原来方向展成直线，并在赤道处与地面相切，再把赤道切断也展成直线，同时把各带亦展成平面，于是各带的范围及中央子午线和赤道都在一个平面上（实际是通过高斯投影实现），如图1-5（b）所示。这时每条中央子午线都与赤道垂直。在每个带的范围内，以该带的中央子午线作为平面直角坐标系的纵轴，赤道作为横轴，中央子午线与赤道的交点为该带的原点，如图1-5（c）所示，这样组成的直角坐标系称全国统一平面直角坐标系。这种坐标既与平面直角坐标相似又与地理坐标的经纬度发生联系，可互相换算，使椭球面与平面取得了内在联系。这是由高斯倡议经克吕格改进的，故通常称高斯-克吕格坐标。

但由于地球表面被分成很多相同的沿南北方向伸长的条带，每带都有自己的坐标轴，因此，如果仅知道一个点的坐标值 x 、 y ，还不能确定一个点在地面上的位置，因为在每个带里都有一个与 x 、 y 相对应的点，所以要对这些带进行编号。规定从起始子午线按6度分带时，0~6度为第一带，6~12度为第二带，余类推。全球表面共分60个带，我国领土按6度分带在12~23带间；按3度分带时，1.5~4.5度为第一带，4.5~7.5度为第二带，余类推。全球表面共分120个带，我国按3度分带在24~45带间。

由此可见，虽然每个带都有自己的坐标轴和原点，但只要知道了点的平面直角坐标值 x 、 y 和该点所在的带号，这个点的位置就确定了，而且各带是互相联系的，可以互相换算。因此，用全国统一平面直角坐标系测绘的成果和成图可成为全国资料的一部分。我国于1954年在北京测定了一点的坐标，作为全国坐标的起算点，故称1954年北京坐标系。国家点的统一坐标都是6度带的坐标（地形测量常用3度带），由于每一带中 y 坐标值的宽度约为330km，为了使 y 坐标不为负值，一般将每带计算新得的 y 坐标值加一常数500km，即相当于在每带中把 x 轴向西移动500km。此外为了区别所在之带，在 y 坐标之前表示出带的编号，这样表示的坐标称国家统一坐标。例如某点 $y=18637622.38\text{m}$ ，说明此点位于18带内，其对于中央子午线的横坐标值称自然值为

$$y=637622.38-500000=137622.38\text{m}$$

又如设某点 $y=18254366.15\text{m}$ ，亦是18带的点，其 y 自然值为

$$y=254366.15-500000=-245633.85\text{m}$$

至于纵坐标 x 值，在我国无论在哪一带都是由赤道起算的自然值，永为正值。

1954年北京坐标系实际是前苏联1942年坐标系的延伸，它的原点不在我国境内，是一种过渡性的坐标系。1978年4月，国家测绘局和总参测绘局在西安市召开全国天文大地网平差会议，决定建立1980年国家大地坐标系，原点设在陕西省泾阳县永乐镇，称1980年西安坐标系。目前1980年国家大地坐标系已建成，全国各地正在换算中，不久新的1980年西安坐标系将逐步取代1954年北京坐标系。

二、点的高程

高程是表示地面点的高度的，通常用 H 表示。地球表面任一点的高程是以该点到水准面的垂直距离来计算的。地面点到大地水准面的垂直距离称该点的绝对高程（或称海拔、标高）。如果不以大地水准面而以其它任意水准面为起算面，则所得的高程称相对高程或假定高程。如图1-6所示， A 、 B 两点的绝对高程分别为 H_A 和 H_B ，相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。通常所说点的高程一般指绝对高程而言。我国是以黄海平均海水面作为全国高程起算水准面，称黄海高程系。高程有正负之分，若点在起始水准面以上时，则高程为正，在以下时

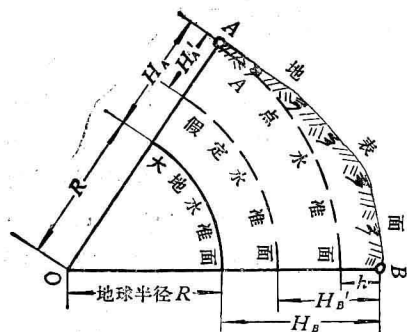


图 1-6 点的高程

则为负。

地面任意相邻两点高程之差叫高差，一般以 h 表示。图1-6中 h 表示B点对于A点的高差，写为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

所以 h_{AB} 也可理解为B点对于A点的相对高程。高差同样有正负之分，在图1-6中，B点对于A点的高差 h_{AB} 为正，反之，A点对于B点的高差 h_{BA} 则为负。

知道地面一点的坐标 x 、 y 和高程 H ，则该点在地面上的位置就完全确定了。

黄海高程系是由青岛验潮站经长期观测后确定的黄海平均海水面作为全国高程起算的大地水准面，于1955年在青岛建立了一个与验潮站相联系的水准原点。1956年推算出结果，原点高出黄海平均海水面为72.298m，再以此原点为依据用水准测量方法引测至全国各地建立起国家高程系统，故称1956年黄海高程系。但当时的国家高程系统未经整体平差，1985年国家又作了相应的补充测量，并作了整体平差作为目前应用的高程系统，称1985年高程基准。

第四节 地形图及地形的表示方法

一、地形图的概念

地形测量的主要任务是测绘地形图。所谓地形是地表地物和地貌的总称，即地表的形态。地貌是指地表高低起伏的不规则的自然形态，如山、谷、平原等。地物可分为两类：一类是自然地物，象河流、草地、冲沟等；另一类是经过人类的物质生产活动改变了原来的自然面貌在地面上建造起来房屋、铁路、公路、田园以及其它构筑物，称人工地物。

在地形测量中，由于可以把小范围的水准面看作水平面。这样垂直于水准面的铅垂线，可以认为是彼此平行的。于是地面形态的图形，即为相应地面点的正射投影，按一定的比例缩绘在平面上，用一定符号表示出的相似图形。如果图上只表示地面上房屋、道路、河流、耕地等各种地物的位置，这种图称为地物图。若图上除地物外，同时还表示出地面上高低起伏的形态，则称为地形图，如图1-7所示。

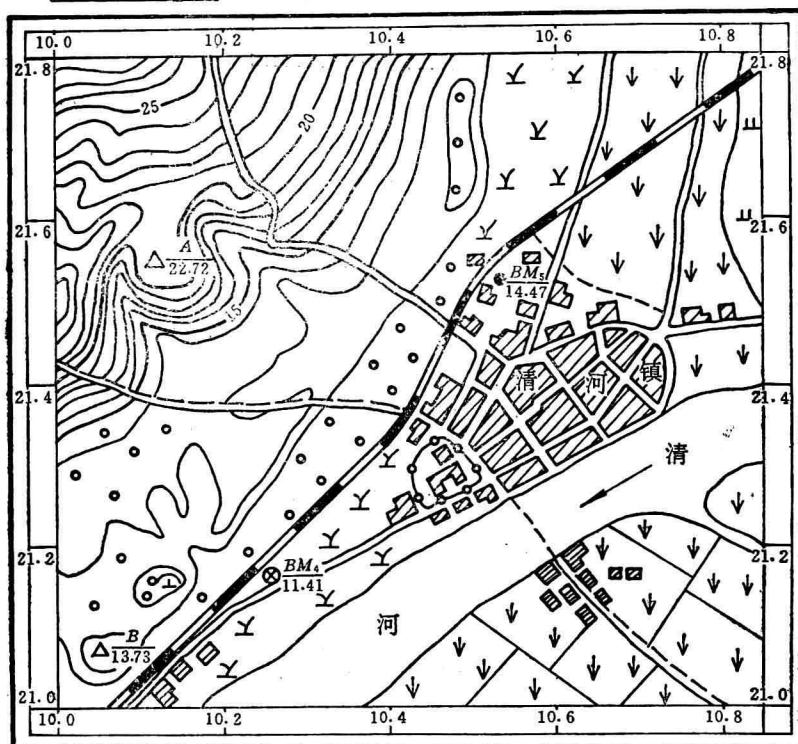
二、地物在地形图上的表示方法

地物在地形图上的表示方法是根据地物的形态和大小而定的，有的可将它们的几何形状相似地以符号表示在图上，如耕地、森林、草地等。但由于地形图具有一定的比例尺，地物按上述方法依比例尺缩绘到图上时，因地物本身的形状大小关系，有些则难以在图上清晰、精确地表示出来，因此，在地形图上表示地物的符号一般分为比例符号（轮廓符号）、非比例符号、线状符号三种。

比例符号是将地物的轮廓大小，按照测图比例尺直接测绘在图上。不同的地物轮廓用不同的边线表示，在边线内注出与地物相似的符号，如图1-8所示。对于一些成片的地物为了更好地表明其种类与特性，在轮廓范围内加注相应的注记符号，图1-8(a)包括名称注记（松）和数字注记（6表示平均树高）。

	C-7	
B-8		D-8
	C-9	

清河镇



1954年北京坐标系
1985年国家高程基准

1 : 5000

图 1-7 地形图

非比例符号，是在当地物的实际面积很小，不能按测图比例尺把它缩绘在图上时使用。这类符号只在某种程度上与实物相似或会意。它们在图上的位置与实位置有一定的关系，一般以中心表示地物的位置。按图式上规定的式样和尺寸画出符号后，再补充注记符号以作说明，如图1-9所示。

线状符号（半比例符号），是用来表示狭长地物的，如道路、电线、管道等。这类符号以中心线表示地物位置，长短按比例而宽窄不按比例，如图1-10所示。

比例符号和非比例符号的应用，除与地物本身的大小有关外，还取决于测图比例尺的大小，同一个地物在某种比例尺的地形图上可以用比例符号，但在另一种较小比例尺的地形图上，就只能用非比例符号。例如直径为3m的水池，在1:500比例尺图上可表示为6mm直径的小圆，可用比例符号表示，但在1:5000比例尺图上就只能有0.6mm的直径，只能用非比例符号描绘。各种地物具体表示法可参阅图式规范。

三、地貌的表示方法

1. 地貌及其种类地貌是指地表除地物之外的高低起伏的自然形态。由于地壳成因和结构的不同（内力作用）以及自然侵蚀作用（外力作用），形成了如今比较复杂的地表形

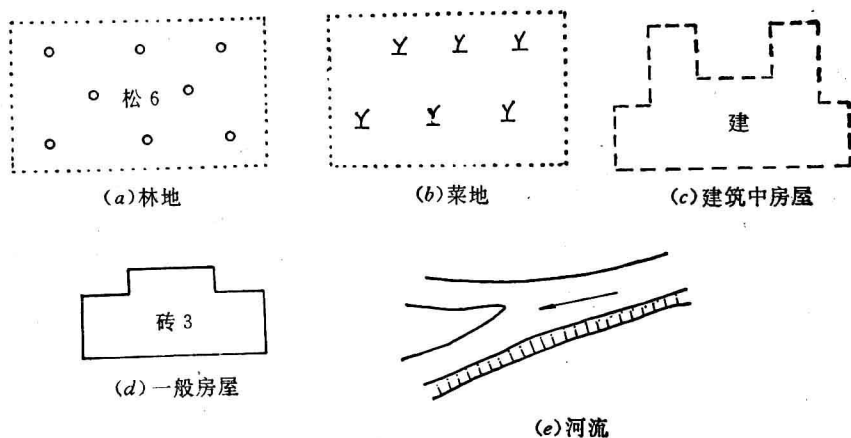


图 1-8 比例符号

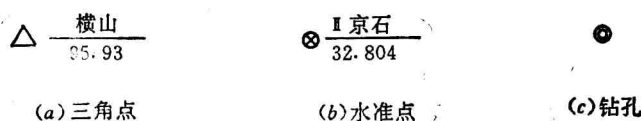


图 1-9 非比例符号

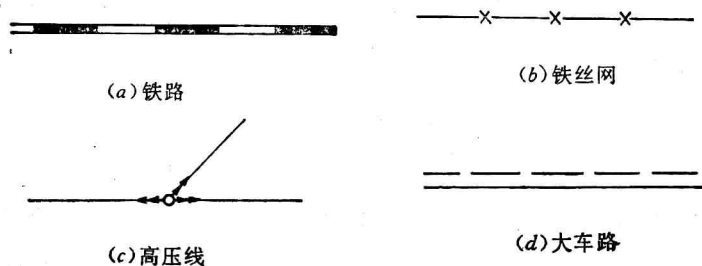


图 1-10 线状符号(半依比例符号)

态。但通过观察分析，可以发现常见的地貌不外乎是几种基本形状的组合。地貌的基本形状归纳起来有山、山脊、鞍部、山谷、洼地五种，如图1-11所示。

(1) 山。较四周突起的高地称为山，大的称岳，小的（山高不超过 200m 的）叫丘或岗。山一般具有明显的山脚，山的最高部分称山顶，尖的山顶称峰，宽大的称岭，连绵不断的称山脉，平台形且面积不大的叫台地。山的侧面称山坡，山坡按倾斜程度不同又分缓坡、陡坡。山坡成竖直状者称绝壁或峭壁。石山上部凸出，下部凹进而倒悬者叫悬岩。山坡与平地相接的部分称山脚或山麓。

(2) 山脊。山的凸棱且沿着一个方向延伸者称为山脊，山脊两侧以深谷为界。山脊最高点的连线称山脊线或分水线。