

高等学校试用教材

地图学

张力果 赵淑梅 编著



高等教育出版社

高等学校试用教材

地 图 学

张力果 赵淑梅 编著

高等教育出版社

内 容 提 要

本书为高等师范院校地理专业所用教材,系根据1980年制订的《地图学》教学大纲编写的。主要内容有:地形图及其应用;航空象片与影象地图;地图投影;地图符号系统;制图综合;普通地图、专题地图、地图集;地图编制;教学地图等。

本书也可供师专和中学地理教师参考。

责任编辑 朱新美

高等学校试用教材

地 图 学

张力果 赵淑梅 编著

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市印刷一厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张 15 插页 2 字数340,000

1983年10月第1版 1984年5月第1次印刷

印数 00,001—10,500

书号 12010·033 定价1.80元

编者的话

本教材是根据教育部高等院校理科地理教材编审委员会 1980 年通过的高等师范院校地理系用《地图学》教学大纲,在原书《测量与地图》的基础上编写的,由张力果负责主编。初稿经过编委会主持的《地图学》教材审稿会审查,又根据会上提出的宝贵意见,由赵淑梅和张力果进行整理与修改,由赵淑梅统稿。

本书第一、二、五、六、七、十章由张力果负责编写,第三、四、八、九章由赵淑梅负责编写,附录尽量采用原《测量与地图》的内容,由张力果负责编辑。

本书编写过程中,注意了高师地理系教学计划的要求和科学理论知识传授上的循序渐进,图解示意和文理自明。还尽量参考了国内外已发表的有关主要著作和论文,注意了现代科学技术新成就的引进。

应该特别提到的是还得到了有关单位的支持,提供了有关教材和著作以及重要资料,在此深表谢意。

在本教材初稿的审稿会上,副教授陈由基、石毓璋、毛赞猷、郝允充、杨凯元、讲师王树型都提出了宝贵意见;教授李海晨、陆漱芬,副教授谷宝庆提出了书面的宝贵意见;教授焦北辰一再关怀本书的编写。在此一并表示深切的谢意。

在改稿过程中,还得到中国科学院地学部学部委员、研究员陈述彭,副研究员廖克,地图出版社副总编陈潮,国家测绘局生产技术处工程师李广源,长春地质学院讲师孙天纵等的热情指导,并提供了许多宝贵资料,在此表示由衷的感谢。

本书插图由北京师范大学王建序、孟淑华、高等教育出版社章美玉、郑卫国等同志负责清绘,在此一并致谢。

由于我们水平有限,书中不妥之处,敬请批评指正。

编者

1983.8.

目 录

第一章 绪论	1	第二节 地图符号的构成特点	121
第一节 地图学的研究对象与任务	1	第三节 地图上显示面状地理现象的符号及表示法	126
第二节 地图的构成要素和基本特性	2	第四节 地图上显示点状地理现象的符号及表示法	139
第三节 地图的分类	5	第五节 地图上显示线状地理现象的符号及表示法	143
第四节 地图的功用	7	第六节 地图上显示现象移动的符号及表示法	149
第五节 测制地图的概念	7	第七节 地图上的记注与地名	150
复习题	12	复习题	156
第二章 地形图及其应用	13	第六章 制图综合	157
第一节 我国国家基本比例尺地形图概述	13	第一节 制图综合的实质	157
第二节 地形图的数学基础	14	第二节 影响制图综合的主要因素	158
第三节 地形图符号	22	第三节 制图综合的主要内容	161
第四节 地形图应用	33	第四节 制图综合与地图精度的关系	164
第五节 地形图野外填图	43	第五节 面状现象的制图综合	166
复习题	50	第六节 点状现象的制图综合	170
第三章 航空象片与影像地图	51	第七节 线状现象的制图综合	170
第一节 航空象片和象片图	51	复习题	171
第二节 航空象片的光学特性	53	第七章 普通地图 专题地图 地图集	172
第三节 航空象片的几何特性	56	第一节 普通地图	172
第四节 航空象片的立体观察与量测	61	第二节 专题地图	176
第五节 航空象片判读	67	第三节 地图集	177
第六节 影像地图	74	复习题	181
复习题	75	第八章 地图编制	182
第四章 地图投影	76	第一节 地图编制概述	182
第一节 地图投影的基础知识	76	第二节 专题地图的编绘	186
第二节 方位投影	84	第三节 机助制图	190
第三节 圆柱投影	94	复习题	192
第四节 圆锥投影	100	第九章 教学地图	193
第五节 多圆锥投影	109	第一节 教学地图的特点	193
第六节 伪圆柱投影和伪圆锥投影	112	第二节 教学挂图	194
第七节 地图投影变形性质的判别	117	第三节 教科书插图和填充图	200
复习题	118		
第五章 地图符号系统	119		
第一节 地图符号的实质	119		

第四节 教学地图集	200	主要参考书	217
第五节 地球仪	202	附录	218
复习题	205	I 地球上 1° 的经纬线弧长	218
第十章 地图发展的回顾与展望	206	II 经纬差 1° 的经纬线间的梯形面积	219
一、地图起源和古代地图	206	III 几种常用绘图工具的使用方法	220
二、近代地图的发展	209	IV 点线符号标准表	224
三、现代地图的特点	211	V 字体基本笔划	225
四、展望	214	VI 色彩与着色	229
复习题	216	VII 地形图样图 (见彩色插页)	

第一章 绪 论

第一节 地图学的研究对象与任务

一、地图学的科学概念和研究领域

地图学是研究地图的实质与发展、构成地图各要素的表示方法、地图编制与使用的科学。

地图学的内容,主要由以下几部分组成:地图概论,地图投影,地图编制,地图整饰,地图制印和地图分析与应用。

地图概论主要研究地图的意义、特性、分类、各要素及其表示方法。地图投影主要研究如何把地球椭球面上的地理坐标网(即经纬线网)转写到平面上的数学方法。地图编制主要研究地图原稿的编辑、编绘方法和程序。地图整饰主要研究地图内容的表现形式和方法,包括研究地图的图式设计、地貌立体显示和图廓内外的整饰等。地图制印主要研究复制地图的理论、技术方法和程序。地图分析与应用主要是根据用图的目的,把地图作为各种研究对象的模型,进行图上量测的研究,或对地图所表现区域的现象进行总体研究,或研究地图在工程设计、发展规划、军事和科学技术中的应用。

二、地图学与相关科学的关系

研究地图学的目的,在于借助地图图形正确反映和研究客观实际。因此,地图学的研究,必须建立在辩证唯物主义理论基础之上,才能充分揭示自然界和人类社会的一般规律。

地图学与其他一些科学很早就发生了联系。在历史上,地图学与地理学和测量学的关系十分密切。公元二世纪时,希腊学者托勒密(Ptolemy, 90—168)认为:地理学的任务在于对地球的地图绘制。他所写的《地理学指南》共八卷,实际上是一部地图学理论、方法和资料的汇编。可以说在当时地理与地图是不可分的。近代,随着社会发展的需要、科学技术的进步、地图品种和数量的增多,才使地图学成为一门独立的科学。但地理学仍然是地图工作者认识地图所表达区域的地面各要素空间分布规律的基础,不懂得地理学,就很难正确用图形显示各种地理现象的分布规律和表达地理研究成果;而地理学又常常利用地图作为研究自然环境、人口和社会生产,以及它们的空间联系和动态变化的特殊手段。正是两者间的这种有机联系,便形成了地图学与地理学的边缘学科——地貌制图学、土壤制图学,经济地图学等等。地图学与其他地学之间也存在着这种联系。

关于地图学与测量学的关系,从地图学的角度来说,大地测量学能提供地球形状和大小的精确数据和大地控制网的坐标;地形测量学能提供最初的基本比例尺地形图,也就是提供编制各种地图的原始资料。而地形测量学又从地图学中取得地图投影、符号系统和制图综合的原理与方法。地形测量学和地图学又共同利用航空象片判读技术,从象片上获取有关地面各种

地理或制图资料。

地图学与数学的关系,从地图学刚刚诞生起,数学就是它的基础。地图学中的地图投影就是用数学来阐明它的原理和方法的。地图内容的选取近年来也应用了数理统计与概率论。机助制图更需要各种应用数学。

地图学和其他科学技术联系的扩大,是科学技术进步的必然结果。由于把物理学、化学(如电子、遥感、色彩、感光化学等)的现代成就应用到地图学中,使地图编制、地图整饰和地图制印等都出现了革新与变化。可见物理学与化学和地图学也是有关系的。

地图学与艺术的关系,在认识上有一个过程。在早期的著作中,常常从形式上把地图当作艺术作品去论述,而且在文艺复兴时期,还有一些大艺术家参加地图学活动,有许多地图在空白处进行了艺术加工,从而当时认为地图是一种艺术品。直到1964年英国地图学会对地图学的定义还写着:“地图学是制作地图的艺术,科学的工艺,并将地图作为科学文献和艺术作品对其进行研究。”可以看出,这种观点是把地图既作为科学成果又当成艺术作品,两者相提并论。但现代科学已不允许把艺术和科学等同起来。艺术不同于科学,因为,科学是借助科学分类和概念反映客观实际的,而艺术是利用艺术形象反映客观世界。现代地图学虽然也研究绘图方法、符号系统和整饰,但地图上每一个线画都有其科学含义,不能笼统地说地图是艺术作品。也不能把地图工作者和画家等同起来。当然,地图工作者为了能编绘出好的地图,反映地图所表达区域的客观实际,除了采用科学表达手段外,还要求美观,以便引起读者的注意和把握读者的心理。但这只是要求地图工作者最好具有一定的艺术修养,以便更好地进行地图编绘和整饰,而不是进行艺术创作。

第二节 地图的构成要素和基本特性

一、地图的构成要素

地图对每一个具有一定文化知识的人并不陌生。但若想正确地应用地图,就必须真正了解地图的性质和特点,把地图的各个构成要素加以分析,认识每一种要素的含义和作用,了解各个要素间的联系。我们对各种各样的地图加以剖析,寻找其共性,可以知道:构成地图的主要要素有三,地图图形,数学要素和辅助要素。有些图上还有各种补充资料。

地图图形是用地图符号所表示的制图区域内各种自然和社会经济现象的分布、联系以及变化等的内 容部分(又称为地理要素),这是地图构成要素中的主体部分。

数学要素是决定图形分布位置和几何精度的数学基础,其中包括地图投影及坐标网、比例尺、大地控制点等。地图投影是用数学方法将地球椭球面上的图形转绘到平面上;坐标网是各种地图的数学基础,是地图上不可缺少的要素;比例尺表示坐标网和地图图形的缩小程度;大地控制点是保证将地球的自然表面转绘到椭球面上,再转绘至平面直角坐标网内时,具有精确的地理位置。数学要素中还有方位、图廓和分幅编号等。

辅助要素是便于读图和用图的。如图例就是显示地图内容的各种符号的说明。还有图名、地图编制和出版单位、编图时间和所用编图资料的情况、出版年月等。

有的图上还有补充资料,用以补充和丰富地图的内容。如在图边或图廓内空白处,绘制一

些补充地图或剖面图、统计图等。有时还有一些表格或某一方面的重点文字说明。

二、地图的基本特性

早期人们把地图看作是地球表面缩小在平面上的图形。今天看来,这种认识是不很全面、不很确切的。因为地面的风景照片和风景画也适合这个含义,特别是现代的地图并不局限于表示地面可见的现象,还要表示那些在地理环境中存在的、但又是无形的现象(如气温、气压等)。因此要认识地图,就必须分析地图区别于风景照片和风景画的一些特征,即构成地图的数学法则,表达空间诸要素的地图符号和制图综合。

(一) 构成地图的数学法则

地面的风景照片或风景画,都是按透视原理构成的。随着视点位置的不同,景物的形状和大小都要发生变化。一般规律是景物距视点的距离愈近,其图形愈大,愈远则愈小。这种情况对地图不合适,地图要求对它所表现的地面上各种景物,能按比例尺衡量。

比例尺即图上直线长度与地面上相应距离的水平投影长度之比。如地图上注有比例尺 1:50000,这就告诉人们,图上地物的长度相当于对应地面地物长度的 $\frac{1}{50000}$ 。这个尺度对大比例尺地图来说,基本适合图上各个部分。因此,可以认为比例尺是地图线性缩小程度的标志,它是构成地图数学要素的基本组成部分之一,是风景照片或风景画所不具备的。

地图上各地物间的相对关系,要求按数学法则构成,这就是先将地球自然表面的景物垂直投影到地球椭球面(或球面)上,然后再将地球椭球面(或球面)按数学法则投影到平面上而构成地图。这种按数学法则将地球椭球面(或球面)转绘到平面上的方法,叫地图投影。按这种方法建立的数学基础,才能使地球表面上各点和地图平面上的各点保持一定的函数关系,从而才能在地图上准确地表达空间各要素的关系和分布规律,才可能反映出它们之间的方向、距离和面积,使地图具有区域性和可量测性。

一张经过加注经纬度的卫星象片,也具有一定的数学基础,并且是平面的,然而却不能叫地图。地图还具有其他特征。

(二) 运用地图符号

图 1-1 是一张卫星象片,图 1-2 是相同区域的地图,从两者的对比中,不难看出,地图是运用线划符号表示地面景物的,而卫星象片用影象来反映,它们有很大区别。地图之所以要用符号表示地面景物,因为使用符号能够作到以下几点:

1. 有选择地表示地理环境中的主要事物,因而在小比例尺地图上所表现的地面情况,仍一目了然,重点突出。对于那些由于缩小而不能按比例尺表示的重要地面景物,可用不依比例的符号夸大表示。这些都是象片所办不到的。

2. 用平面的图形符号表示地面的起伏状况,也可以说是在二维平面上,能够表达出三维空间的状况,而且可以量测其长度、高度和坡度等。

3. 除了用符号表示出地面景物的外形,还能表示出景物的本质特征。例如在海图上可以表示出海底地形、海底土质、海水的温度和含盐量等。

4. 用符号可以表示出地面没有外形的许多自然和社会经济现象,如气压、雨量、磁偏角、

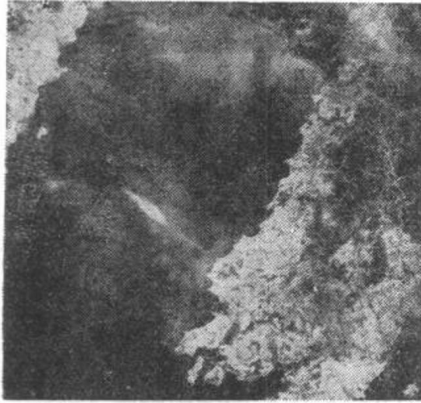


图 1-1 卫星象片

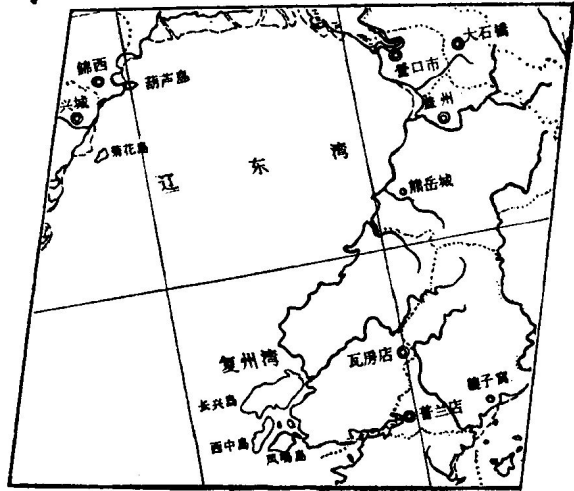


图 1-2 地图

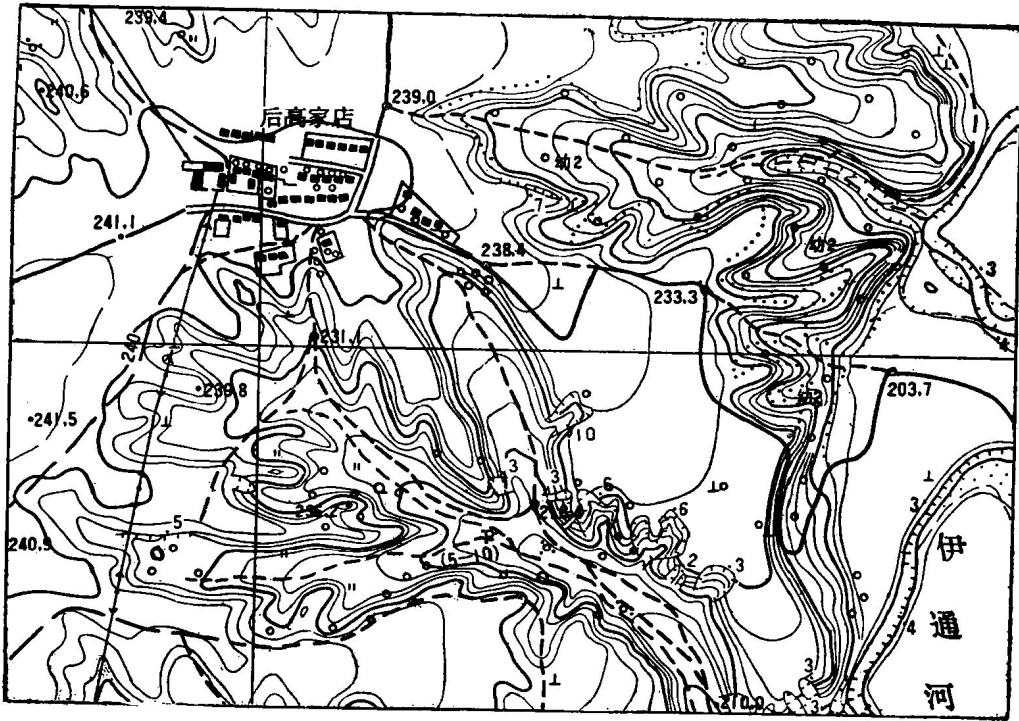


图 1-3 1:10000 地图

重力异常等。此外,还可以表现出事物间的联系和制约关系,如森林分布和木材加工工业之间的联系。这些都是象片上没有的内容。

地图上还有起说明作用的文字和数字,它们也是地图的重要组成部分,用以标明地面景物的名称、质量和数量。

(三) 制图综合



图 1-4 1:50000 地图

地图和实际地面相比,是缩小的。因此地图上所表现的地面景物,从数量上看是少了,从图形上看是小了和简化了。这就是说地图上所表现的内容是经过选取和概括的。从图 1-3 和图 1-4 可以看出:由 1:10000 缩小到 1:50000 的地图,对原来的内容,如果不进行取舍和概括,缩小后的地图,既不清晰又不易阅读。这种把实地景物缩小或把原来较详细的地图缩成更小比例尺的地图时,根据地图用途或主题的需要,对实况或原图内容进行取舍和概括,以便在有限的图面上表达出制图区域的基本特征和地理要素的主要特点的理论和方法,称为制图综合。

根据上述对地图所具有的本质特征的分析,可以认为地图是将地理环境诸要素按照一定的数学法则,运用符号系统并经过制图综合缩绘于平面上的图形,以表达各种自然和社会现象的空间分布和联系以及时间的发展变化。

应当指出,表达客观实际而又同样利用符号系统和制图综合手段的形式,除平面地图外,还有立体地图、地球仪和块状图。它们与平面形式的地图主要区别在于:立体地图是三维的;地球仪没有由地球面向平面转换问题;块状图是地图派生出来的,是地球表面一部分的倾斜透视图形。这些图形只是在数学基础方面与平面地图不同,而其他基本特性和平面地图相似。因此,当今也把它们作为其他表现形式,列入地图的范畴内了。此外,属于地图表现形式的还有月球图、行星图、星空图等。这些图也是按照数学法则,并利用符号和制图综合方法构成的。随着人类进入宇宙空间,制作了许多月球全图,不但绘出正面,而且还将背向地球的一面绘制出来,内容相当详细。由此看来,关于地图的概念和功用已有了一些新的发展。

第三节 地图的分类

地图种类很多,为了便于地图的制作、管理和使用,必须进行分类。

地图分类可以根据许多标志进行。例如根据内容、比例尺、制图区域、用途、年代、形式和语言等。前四种可以反映地图的内容和性质,显然是比较主要的。当然,有特殊需要时,其他标志也可能成为分类的主要标志。如对历史地图的管理和研究,按年代划分就很方便,因此,年代就成为分类的主要标志了。又如地图资料馆,保存着大量的各种地图作品,为了管理方便,也可首先按形式分为线划地图、影象地图、立体地图和地球仪等,然后再按内容、比例尺……加以分类。

任何一种科学的分类,都应有严密的逻辑性。首先必须按照从总体到局部,从广义到狭义的次序,逐级的划分,级别不能混乱。其次,每一级分类都要有固定的划分指标,不应混杂。

一、按内容分类

按地图内容,可将地图分为普通地图和专题地图两大类。

普通地图基本上是以同等详细程度表示地表各种自然和社会现象的地图,主要内容有水系、地貌、土质植被、居民地、交通线、境界线和经济文化等要素。普通地图又可按内容的概括程度进一步划分为地形图和地理图。地形图主要是指按国家制订的统一规范细则编制的国家基本比例尺地形图,内容比较详细。地理图具有一览图的性质,内容概括程度较高,多为较小比例尺的。

专题地图是突出表示某一种或几种主题要素或现象的地图。关于专题地图的进一步分类,各专业部门都有自己的划分指标,很不统一。一般按地理学的标准分为自然地图和社会经济地图两类。自然地图又可分为地质图、地貌图、水文图、气候图、土壤图、植物图、动物图等。社会经济地图可分为人口图、历史图、经济图、教育科学文化图等。

二、按比例尺分类

地图比例尺常常是地图内容详细程度和使用范围的主要标志。我国将地图按比例尺划分为大、中、小三类。

大比例尺地图,大于 1:10 万,包括 1:10 万比例尺的地图。

中比例尺地图,小于 1:10 万至大于 1:100 万比例尺的地图。

小比例尺地图,小于 1:100 万,包括 1:100 万比例尺的地图。

上述按比例尺的分类主要是以我国国家基本比例尺地形图为对象划分的。划分的根据是,大比例尺地图都是实测的,其中极少数图幅是编制的,中比例尺地图没有实测的,都是根据大比例尺地图编制的,而小比例尺地图也是编制的,其内容具有很大的概括性,是一览性质的地图。

各种专题地图按比例尺的分类,除各专业部门的特殊规定外,一般也按上述指标划分。

三、按制图区域分类

地图所包括的空间范围有很大区别,有的图包括全世界,有的只包括一个大洲,或一个国家。按地图所包括的空间范围大小进行分类时,总是由总体到局部,由大到小依次予以划分。首先是世界图,其次分为大洲和大洋地图,在大洲(或大陆)内再按行政区或自然区划分。如按行政区划分时,则依国家、国内的一级行政区等逐级划分。根据行政区划分有较大意义,因为大多数地图都是按行政区划为限定范围进行编制的。

四、按用途分类

地图用途常常是确定地图比例尺、内容和表示方法的依据。

按用途分类,可分为国民经济与管理地图、教育科学与文化地图。国民经济与管理地图可以进一步划分为自然资源及其评价地图,人口和劳动力资源及其评价地图,规划图,领航图和道路图等。教育科学与文化地图可进一步划分为教学地图,科学参考地图,文化宣传教育地图和旅游地图等。当然还可以再进一步细分。如教学地图,可分为小学用教学地图,中学用教学地图和高等学校用教学地图等。

由于常常一图多用,使按用途分类的严密性受到很大影响。如国家基本比例尺地形图可以同时满足国民经济建设、国防和科学研究等各方面的需要;科学参考地图不仅用于科学研究,在高等学校教学中也广泛应用,也用于国民经济的各项建设规划。因此按用途分类,常常是对于具有明显特点的地图才适用(如教学地图)。

仔细研究上述的种种分类,可以看出,各种指标是互相制约的,在实际应用中,通常是综合采用上述各种分类指标。如把制图区域作为一级分类指标,再按主题内容分类,第三级再按用途予以区分。

第四节 地图的功用

地图可以用符号直观地表现任何大小区域地面景物的空间分布、联系和发展变化的状况,地图的数学基础又提供了所表现的地面景物具有量测位置、长度、方向、面积等的可能。这就是说,地图具有直观性、一览性和可量测性,它能够反映出地面景物的数量特征和质量特征。因此,地图在认识和改造客观世界中,有着广泛的用途。

地图是学校教育和校外教育必须具备的重要工具。地图上不仅积累了前人对地理环境研究的成果,而且可以有效的传播地理知识,提高人们的文化水平,使人们进一步认识祖国和世界。因此地图是精神文明建设的有力手段。

地图在社会主义现代化建设中,具有特别重大的作用。制订国民经济计划,对国土进行全面资源调查、评价、有效地进行利用、开发、保护和整治,都离不开地图;在农业中进行土地整理、灌溉、改良土壤、水土保持,也离不开地图;在工业、能源、交通运输建设中的勘测设计和放样也必须使用地图;在管理工作和区域建设有关的最优化方案的确定,在军事上战地情报或指挥联合兵种作战,在国际事物交往等方面,无一不需要地图。可以毫不夸张地说,在人类物质文明和精神文明建设中都不同程度地使用着地图。

应当特别指出的是:地图是科学研究特别是地理学研究的有力工具。地理学的研究往往是从地图开始,最终又将其研究成果表达在地图上。因此一个国家制图作品的完善程度,是衡量该国地理学研究的深度和广度的有力尺度。

第五节 测制地图的概念

一、地球体

地球自然表面是一个起伏不平,十分不规则的表面,有高山、深谷、丘陵和平原,又有江河湖海。地球表面约有71%的面积 of 海洋所占据,29%的面积是大陆和岛屿。陆地上最高点珠穆朗玛峰海拔高程为8848.13米,海洋中最深处在马里亚纳海沟为-11034米,两者相差近20公里。这个高低不平的表面无法用数学公式表达,也无法进行运算。所以在量测与制图时,必须找一个规则的曲面来代替地球的自然表面。

当海洋静止时,它的自由水面必定与该面上各点的重力方向(铅垂线方向)成正交,我们把这个面叫做水准面。但水准面有无数多个,其中有一个与静止的平均海水面相重合。可以设想这个静止的平均海水面穿过大陆和岛屿形成一个闭合的曲面,这就是大地水准面(图1-5)。大地水准面所包围的形体,叫大地球体。由于地球体内部质量分布的不均匀,引起重力方向的

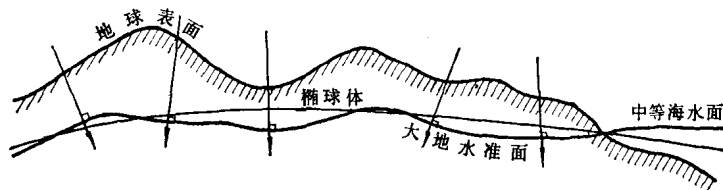


图 1-5 大地水准面

变化,导致处处和重力方向成正交的大地水准面成为一个不规则的、仍然不能用数学公式表达的曲面。

大地水准面形状虽然十分复杂,但从整体来看,起伏是微小的。它是一个很接近于绕自转轴(短轴)旋转的椭球体。所以在测量和制图中就用旋转椭球体来代替地球体,这个旋转椭球体通常又叫做地球椭球体,简称椭球体。

地球椭球体表面是一个规则的数学表面。椭球体的大小,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。扁率表示椭球的扁平程度。扁率 α 的公式为:

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

a 、 b 、 α 称为地球椭球体的基本元素。

这些基本元素,由于推求它的年代、所用的方法以及测定的地区不同,其成果并不一致,故地球椭球体的元素值有很多种。现将几个常用的地球椭球体元素值列于表 1-1 中。

表 1-1 椭球体名称及元素值表

椭球体名称	国家	推算年代	长半径(米)	短半径(米)	扁率
白塞尔	德国	1841	6377397	6356079	1:299.15
克拉克	英国	1880	6378249	6356515	1:293.47
海福特	美国	1909	6378388	6356912	1:297.0
克拉索夫斯基	苏联	1940	6378245	6356863	1:298.3

随着科学技术的进步,人造地球卫星的发射,近年来对地球椭球体的计算又有不少新的数据。例如 1975 年第 16 届国际大地测量及地球物理联合会上通过的国际大地测量协会第一号决议中,建议当前大地参数的估算值为:

$$\text{长半径} = 6378140 \pm 5 \text{ m}$$

$$\text{扁率 } \alpha = 1/298.257 \pm 0.0015$$

由于地球椭球体长、短半径的差值很小,所以当制作小比例尺地图时,往往把它当作球体看待,这个球体的半径为 6371000 米。

我国在解放前曾采用海福特椭球体,从 1953 年起采用克拉索夫斯基椭球体。测图工作是在克拉索夫斯基椭球体上建立坐标网,再根据这一坐标网来确定地球上各要素的位置。

二、地面点位的确定

确定地面的点位,就是求出地面点对大地水准面的关系,它包括确定地面点在大地水准面上的平面位置和地面点到大地水准面的高度。

(一) 地球表面上的地理坐标

地面上任一点在大地水准面上的位置是用地理坐标(纬度、经度)来表示的。

地理坐标系是以地理极(北极、南极)为极点。地理极是地轴(地球椭球体的旋转轴)与地球面的交点。如图 1-6, N 为北极, S 为南极,所有含有地轴的平面,均称为子午面。子午面与

地球椭球体的交线,称为子午线或经线。经线是长半径为 a ,短半径为 b 的椭圆。所有垂直于地轴的平面与椭球体面的交线,称为纬线。纬线是不同半径的圆。其中半径最大的纬线,是通过地轴中心垂直于地轴的平面所截的大圆,称为赤道。

设椭球面上有一点 A (图 1-6),通过 A 点作椭球面的垂线,称之为过 A 点的法线。法线与赤道面的交角,叫做 A 点的纬度,通常以字母 φ 表示。纬度从赤道起算,在赤道上纬度为 0° 。纬线离赤道愈远,纬度愈大,至极点纬度为 90° 。赤道以北的叫北纬,赤道以南的叫南纬。过 A 点的子午面与通过英国格林尼治天文台的子午面所夹的二面角,叫做 A 点的经度,通常以字母 λ 表示。国际规定通过英国格林尼治天文台的子午线为本初子午线(或叫首子午线),作为计算经度的起点。该线的经度为 0° ,向东 $0^\circ-180^\circ$,叫东经,向西 $0^\circ-180^\circ$,叫西经。

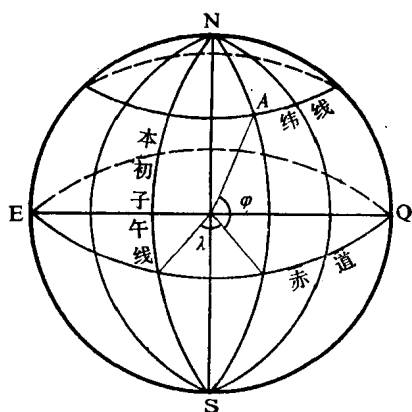


图 1-6 地理坐标

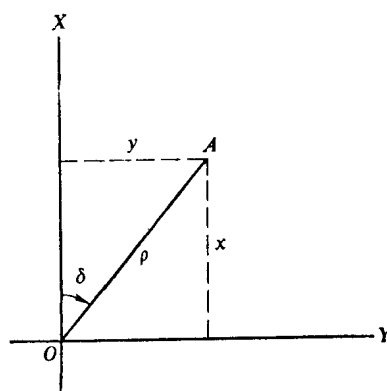


图 1-7 极坐标和直角坐标

根据地理坐标系,地面上任一点的位置,可由该点的纬度和经度来确定。例如北京在地球上的位置可由北纬 $39^\circ 56'$ 和东经 $116^\circ 24'$ 来确定。

(二) 平面上的坐标

地理坐标是一种球面坐标。由于地球表面是不可展平的曲面,也就是说曲面上的各点不能直接表示在平面上,因此必须运用地图投影的方法,建立地球表面和平面上点的函数关系,使地球表面上任一个由地理坐标 (φ, λ) 确定的点,在平面上必有一个与它相对应的点。

平面上任一点的位置可以用极坐标或直角坐标表示。如图 1-7, 设 O 为极坐标的原点,即极点, OX 为极轴, A 点的位置可用其动径 ρ 和动径角 δ 来表示,即 $A(\rho, \delta)$ 。如果以极轴为 X 轴,垂直于极轴的轴为 Y 轴,则 A 点的位置亦可用直角坐标表示,即 $A(x, y)$ 。从图 1-7 可以明显地看出,极坐标与直角坐标的关系为:

$$x = \rho \cos \delta$$

$$y = \rho \sin \delta$$

这里需要指出的是: 在测量和制图中所规定的 X 轴和 Y 轴的方向与数学中所规定的相反。动径角 (δ) 是极轴 (OX) 与动径 (OA) 所夹的角,它是按顺时针方向计算的。这也与数学中所规定的不同。

(三) 高程

地面点到大地水准面的高度,称为绝对高程。如图 1-8 所示, P_0P_0 为大地水准面, 地面点 A 和 B 到 P_0P_0 的垂直距离 H_A 和 H_B 为 A 、 B 两点的绝对高程。

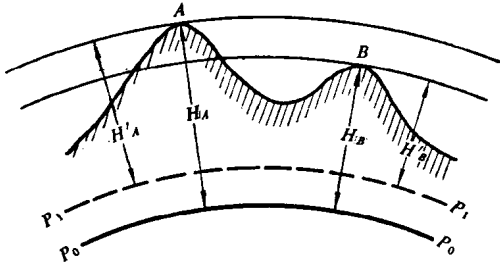


图 1-8 绝对高程和相对高程

地面点至任一水准面的高度,称为假定高程或相对高程。如图 1-8, A 、 B 两点至任一水准面 P_1P_1 的垂直距离 H'_A 和 H'_B , 为 A 、 B 两点的相对高程。

A 、 B 两点的高程差,叫高差 (h)。高差有正、负之分。 A 点高于 B 点, A 点对 B 点的高差为正,反之为负。

知道了地面点的纬度、经度和绝对高程,则该点的位置就确定了。

三、大地控制网

我国面积辽阔,在 960 万平方公里的土地上进行测图工作,需要分成若干单元测区进行,而且测量的精度又要符合统一要求,为此,必须在全国范围内建立统一的大地控制网,作为测制地图的基础。控制网分平面控制网和高程控制网。

测量平面控制点的位置,通常采用三角测量的方法。这种方法的实质是在地面上建立一系列相连接的三角形(组成三角锁和三角网,图 1-9),量取一段精确的距离作为“起算边”,在

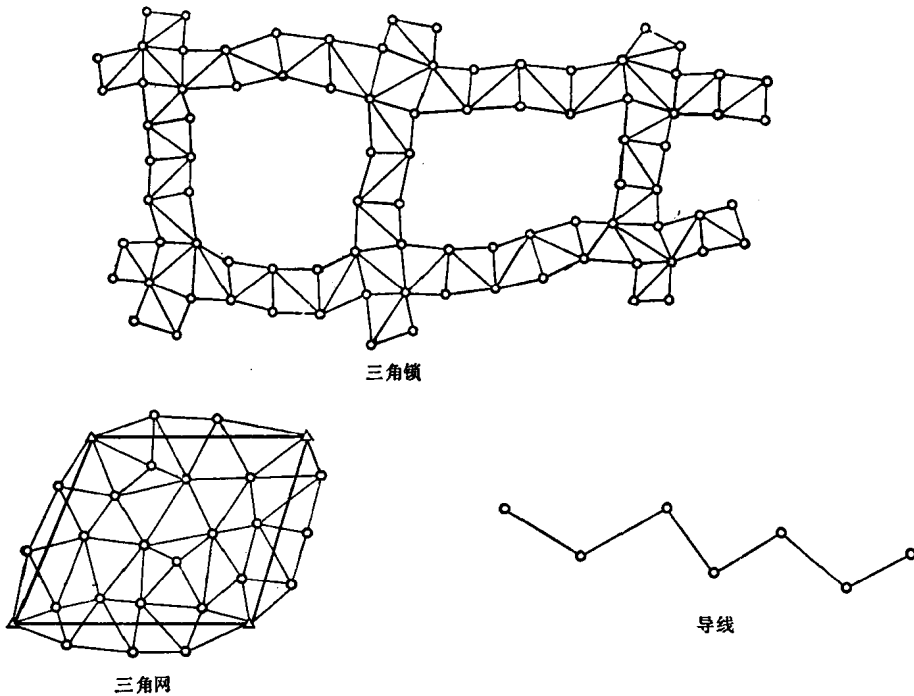


图 1-9 三角锁、三角网和导线示意图

这个边的两端点,采用天文观测方法确定其点位(经度、纬度和方位角),用精密测角仪器测定各三角形的角值,根据起算边的边长和点位,就可推算出其他各点的坐标。此外,在一些局部地区也可以用精密导线测量方法,测量导线边的边长和夹角,推算各点的坐标。这样推算出来的坐标,称为大地坐标。我国1954年在北京设立了大地坐标原点,由此计算出来的各大地控制点的坐标,总称为1954年北京坐标系。

我国有计划地在全国布设三角锁和三角网,进行三角测量,控制点遍布各地,作为测图的平面控制。根据精度的不同,三角测量分为四等。

一等三角锁是全国平面控制的骨干,由连续的近于等边三角形组成。三角形边长约在20—25公里左右,基本上沿经纬线方向布设。纵横锁交叉构成一等三角锁环,锁与锁之间约距200公里。二等三角网是在一等三角锁的基础上扩展的,三角形平均边长约为13公里,以保证在测绘1:10万、1:5万比例尺地形图时,每150平方公里内有一个大地控制点。即每幅图范围内不少于3个点。三等三角网,是密布全国的控制网,三角形平均边长约为8公里,以保证1:2.5万测图时,每50平方公里内有一个大地控制点,即每幅图内有2—3个控制点。四等三角网,边长约4公里,可以保证在1:1万测图时,每幅图有1—2个控制点。每点大约控制20平方公里的范围。

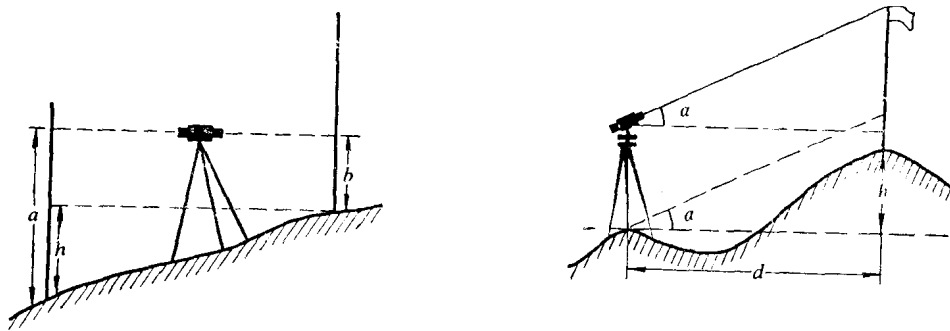


图 1-10 水准测量和三角高程测量示意图

测量高程控制点的主要方法是水准测量,有时也用三角高程测量(图1-10)。水准测量是借助水平视线来测定两点间的高差。连续的水准测量即可组成作为全国高程控制的水准网。根据精度的不同,水准测量也分为四等,作为全国测图及工程建设的基本高程控制。

我国高程的起算面是黄海平均海面。1956年在青岛设立了水准原点,其他各控制点的绝对高程都是根据青岛水准原点推算的。称此为1956年黄海高程系。

四、测制地图的方法

地图的种类很多,成图方法不尽一致。归纳起来,可分为实测成图法和编绘成图法。

(一) 实测成图法

实测成图法是通过实际测量而制成地图的方法。因采用的具体方法不同,又分为实地测图法和航测成图法。

实地测图法是在地面上进行的,使用各种测量仪器,测定各景物点间的距离、方向(角度)