

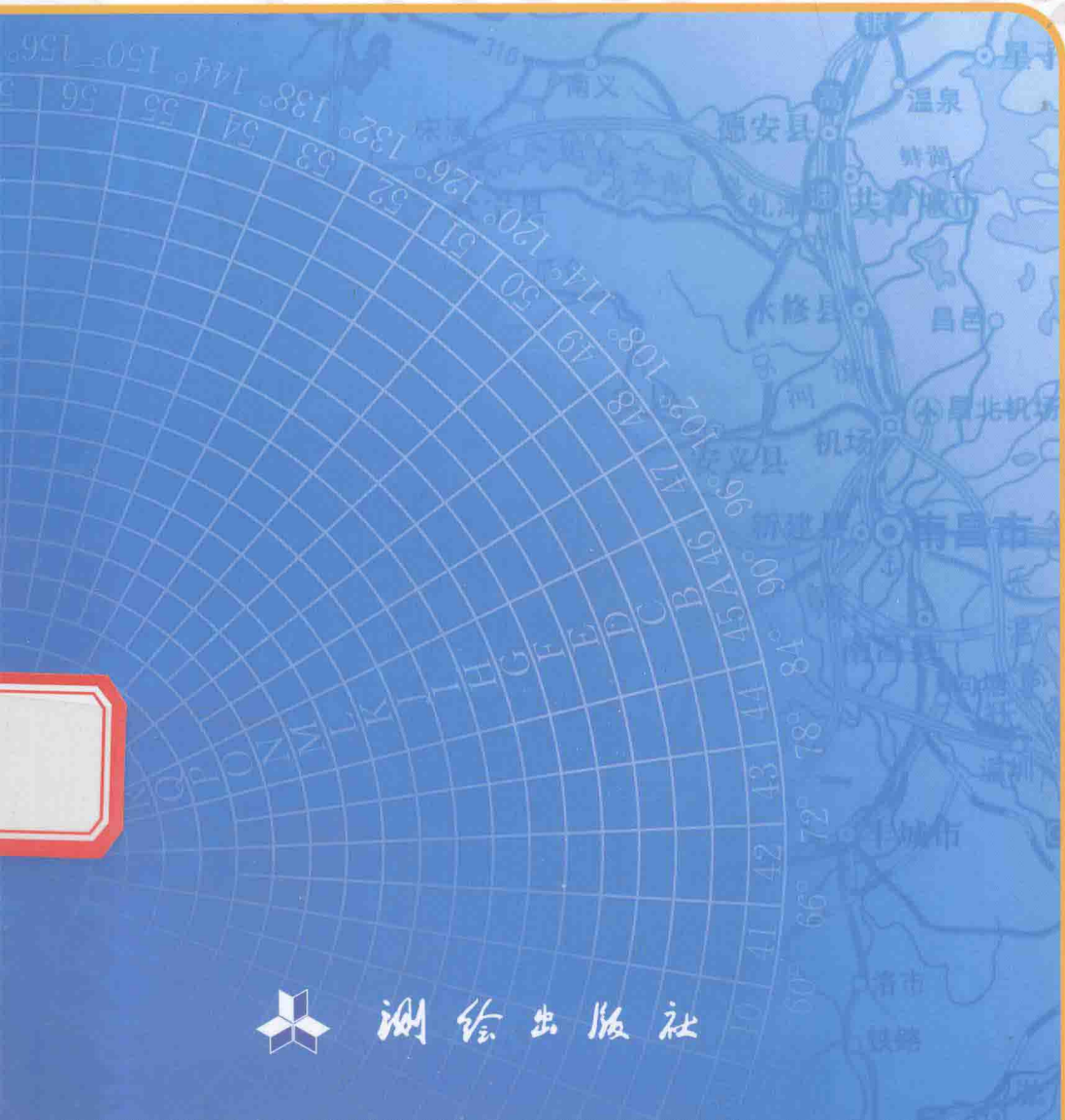
教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材



地图学

Cartography

王家耀 何宗宜 蒲英霞 焦健 孙力楠 编著



测绘出版社

教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材

地图学

Cartography

王家耀 何宗宜 蒲英霞 焦健 孙力楠 编著



测绘出版社

·北京·

©王家耀 2016

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书系统阐述了有关地图学的理论、技术与方法。主要包括地图的基本概念、地图的数学基础知识、地图符号设计、地图制图综合、普通地图及专题地图要素的表示方法、地图集的设计与编绘、地图分析与应用、地图的制作方法过程、地图学的基本概念及其发展历史与发展趋势。本书紧跟时代步伐,结构清晰、深入浅出、可读性强、便于自学,且能够启发和培养学生的自学能力。

本书可作为地理信息科学、测绘工程、遥感科学与技术、导航工程、地理国情监测等专业的教材,也可供一些专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地图学 / 王家耀等编著. —北京: 测绘出版社, 2016. 8
教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会规划教材
ISBN 978-7-5030-3947-8

I. ①地… II. ①王… III. ①地图学—高等学校—教材 IV. ①P28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 126145 号

责任编辑	贾晓林	封面设计	李·伟	责任校对	曹平	责任印制	陈超
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)		
电子邮箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	三河市博文印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm						
印 张	16			字 数	390 千字		
版 次	2016 年 8 月第 1 版			印 次	2016 年 8 月第 1 次印刷		
印 数	0001—2000			定 价	43.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3947-8

审 图 号 GS(2016)466 号

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

序

当今,全球信息化的浪潮一浪高过一浪,随着全球卫星导航定位技术、天空地一体化智能感知技术、地理信息服务技术、互联网和物联网技术、云计算和网格计算技术的快速发展,地球表层的几何特征和物理特征、人们的行为和位置、大气、水质、环境等的每一点变化,都成了可被感知、记录、存储、分析的对象,全球信息化已进入大数据时代。

大数据时代的到来,是信息时代数字化、网络化和智能化必然的发展趋势,是全球信息化发展到高级阶段的产物,正在融入地图学与地理信息工程学科的发展进程中。首先,地图仍然是今天人们工作、学习和生活不可缺少的科学工具,而大数据为地图学在信息时代的发展注入了新鲜血液。作为地图学主阵地的地图仍是大数据融合的最佳载体或地理空间框架,是最直观的可视化表达方法。数字地图制图、网络地图制图、智能地图制图已成为信息时代地图学发展进程中里程碑式的“亮点”。其次,大数据为地理信息工程提供了从 TB 级跃升到 PB、EB 乃至 ZB 级规模的数据;大数据融合、统计分析和数据挖掘给地理信息工程学科的发展带来了新的机遇和挑战;基于云计算的大数据分布式存储和并行处理以及地理信息网络服务、网格服务和云服务,成为地理信息工程学科研究的重点,地理信息系统已进入地理信息服务的新阶段。

伴随着信息时代数字化、网络化和智能化的进程,地图学与地理信息工程学科的教学内容也应该有新的发展。基于此,教育部高等学校测绘类(含地理信息)专业教学指导委员会组织国内部分高校从事地图学与地理信息系统学科专业领域教学和科研的教授们编写了这套教材。这套教材覆盖地理信息科学专业的专业主要专业课程,其内容涵盖地图与地图学基本理论、地图设计与地图制图的基本方法与技术、地理空间数据库与地理空间图形学基础、地理信息系统原理、地理信息系统工程、地理信息系统程序设计、地理信息系统应用、空间分析与数据挖掘原理以及地理空间数据安全等地图学(地图制图学)与地理信息系统(地理信息工程)的方方面面。既有基本概念,又有应用示例;既有课堂讲授和讨论的内容,又有课后思考题和作业,体现了理论和实际的结合。该套教材,可作为各高等学校地理信息科学专业、测绘工程专业以及相关专业的本科教材或研究生的参考用书。

目前,我国已有一百多所高校开办测绘工程专业或地理信息科学专业,教学情况复杂,组织编写这类专业教材有一定难度,不易掌握教学内容的深度和广度。教材由不同高校的多位作者合作编写,在编写过程中,尽量做到专业知识全面覆盖,做好各教材之间的知识交叉与衔接,保持语言文字的风格统一,但在这些方面有可能还是存在某些缺陷和不足,衷心希望使用本套教材进行教学的老师和同学提出宝贵的意见和建议,以便再版时改进。

中国工程院院士

王家凯

2014年夏

前 言

地图学有着与人类文明几乎同样悠久的历史,它与社会政治、经济、文化、外交及军事密切相关,是一门永远充满生机与活力的科学。在长期的历史发展中,地图学逐渐充实和完善,如今已成为一门拥有系统基础理论和现代化科技体系的科学。

人类步入信息社会,与地图学相关的所有科学技术都在发生着日新月异的变化,地图学在日新月异的变化中前行。国家“十三五”规划明确提出“互联网+”行动计划和国家大数据战略,这为地图学的进一步发展提供了更加广阔的空间和前景,同时也带来了新的机遇和挑战。我们只有勇敢地迎接挑战,顺势而为,抓住机遇,才能让地图学实现新的跨越式发展。在此背景下,很有必要编写一部紧跟时代步伐的地图学教材,不仅能让读者从地图学的历史轨迹中了解其发展规律,从地图学基本理论、技术与应用的介绍中掌握其发展现状,而且能从地图学所面临的新挑战和发展趋势中展望其未来。

本书是在作者长年教学和研究的基础上撰写的。全书共分为 10 章。第 1 章介绍地图的基本概念,包括地图的定义、基本内容、分类、分幅编号、功能和地图的价值等。第 2 章主要介绍地图的数学基础知识,包括地图的空间基准、地图投影的基本原理、常用的地图投影及其应用以及我国编制小比例尺地图的常用投影。第 3 章系统介绍地理要素的空间分布特征及量表方法、地图符号的概念和分类、视觉变量及视觉感受效果、地图注记以及地图符号的语言学特征。第 4 章首先介绍制图综合的基本概念,分析制图综合的必要性和影响因素,然后重点介绍制图综合的基本方法,最后特别介绍数字地图综合的方法和过程。第 5 章主要介绍普通地图的基本特征与类型,以及普通地图中自然地理要素和社会经济要素的表示方法。第 6 章首先介绍专题地图的构成、分类、空间分布特征和符号,然后重点介绍专题地图的各种表示方法及其分析比较和配合运用。第 7 章简要介绍地图集的特点、分类、设计和编绘以及地图集编制中的统一协调工作。第 8 章主要介绍传统地图分析和数字地图分析的基本方法,以及地图在科学研究、国民经济和国防军事等方面的应用。第 9 章分别介绍传统地图、遥感影像地图、数字地图和电子地图等各种地图制作的基本方法、过程和技术特点。第 10 章着重介绍地图学的基本概念、研究内容,以及与其他学科的关系,并从历史与辩证的角度介绍地图学发展的历史,讨论分析信息时代地图学的发展趋势。

本书由王家耀、何宗宜、蒲英霞、焦健、孙力楠分工编写,最后由王家耀统稿。尽管我们字斟句酌,数易其稿,仍难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月

目 录

第 1 章 地 图	1
1.1 地图的基本特性和定义	1
1.2 地图的基本内容	5
1.3 地图的分类	10
1.4 地图的分幅与编号	12
1.5 地图的基本功能和作用	17
思考题	21
第 2 章 地图的数学基础	22
2.1 地图的空间基准	22
2.2 地图投影的基本原理	25
2.3 常用的几类地图投影	37
2.4 我国编制小比例尺地图常用的地图投影	57
思考题	66
第 3 章 地图符号系统	67
3.1 地图上地理要素的空间分布特征及量表方法	67
3.2 地图符号的概念和分类	70
3.3 地图符号的视觉变量及视觉感受效果	74
3.4 地图注记	82
3.5 地图符号的语言学特征	88
思考题	90
第 4 章 地图制图综合	91
4.1 基本概念	91
4.2 制图综合的基本方法	104
4.3 数字制图综合方法和过程	115
思考题	120
第 5 章 普通地图	121
5.1 普通地图的基本特征与类型	121
5.2 自然地理要素的表示方法	127
5.3 社会经济要素的表示方法	138
思考题	144

第 6 章 专题地图	145
6.1 专题地图的构成和分类	145
6.2 专题要素按其空间分布特征的分类及其符号类型	149
6.3 专题要素的基本表示方法	151
6.4 专题要素的其他表示方法	163
6.5 专题要素各种表示方法的分析比较和配合运用	168
思考题.....	173
第 7 章 地图集	174
7.1 地图集的特点	174
7.2 地图集的分类	175
7.3 地图集的设计	180
7.4 地图集的编绘	184
7.5 地图集编制中的统一协调工作	186
思考题.....	189
第 8 章 地图分析与应用	190
8.1 传统地图分析的基本方法	190
8.2 数字地图分析的基本方法	197
8.3 地图的应用	208
思考题.....	213
第 9 章 地图的制作方法	214
9.1 传统地图制图方法	214
9.2 遥感影像地图制图方法	216
9.3 数字地图制图方法	218
9.4 电子地图制作	224
思考题.....	230
第 10 章 地图学及其学科体系	231
10.1 地图学的基本概念.....	231
10.2 地图学的学科体系及主要研究内容.....	232
10.3 地图学与其他学科的关系.....	235
10.4 地图学发展的历史与趋势.....	236
10.5 地图学的发展趋势.....	243
思考题.....	245
参考文献	246

第1章 地图

地图是地图学研究的主题。本章介绍有关地图的基本概念,包括地图的定义、基本内容、分类、分幅编号、功能及其价值等,使学习地图学的人首先对地图有一个基本的认识。

1.1 地图的基本特性和定义

什么是地图?这是初学地图学的人首先要搞清楚的问题。

地图的起源距今已有4000多年的历史,经历了漫长的发展过程,人们对地图的认识也在逐步深化。要搞清楚什么是地图的问题,首先要分析地图的基本特性。

1.1.1 地图的基本特性

地图的基本特性就是地图区别于其他描述或记载地表事物的图文资料(如风景画、照片)的本质属性。而一切事物的基本特性,都是由事物本身内部的特殊矛盾和解决这些矛盾的理论和方法所决定的。所以,分析地图的基本特性,应该从研究地图的基本矛盾及其解决方法入手。

地图是用来描述地面事物的,因而地图图形与其对应的实地之间就构成了地图最基本的矛盾。它们之间的相互依赖和相互斗争,决定着地图的生命,推动着地图的发展。这是地图的共性。然而这种共性,包含于一切个性之中,无个性即无共性。所以,我们要从研究地图基本矛盾在各个方面的表现入手,即研究地图的若干特殊矛盾。地图的基本矛盾及其解决方法主要表现在以下三个方面。

1. 地图平面与地球曲面之间的矛盾及其解决方法——地图投影

地图是平面,而地球表面是曲面,那么地球曲面是怎样描绘到地图平面上来的呢?

当人们把地球表面(部分或全部)描绘到平面上来的时候,平面与曲面的矛盾就存在了,只不过早期人类活动的范围有限,没有认识到这个问题而已。随着人类活动范围的扩大,特别是航海的发展扩大了人们的眼界,要求解决地球曲面与地图平面的关系问题。同时实用天文学的发展开始了经纬度测量,人们开始想办法把经纬度绘在地图上,并以此为依据来标绘地理位置,这就出现了最初的地图投影方法,最有代表性的是古希腊的托勒密(约90—168年,亦译为托勒玫)在其《地理学指南》中提出的两种投影方法(圆锥投影和球面投影),它是用几何方法构建地图上的经纬线网,主要在于模仿地球的形状。随着航海事业和科学的发展,相继出现了许多著名的投影方法,其中的墨卡托(1512—1594年)投影至今仍应用在航海图上。当人们发现不可能在没有任何变形的情况下把地球曲面平铺在平面上的时候,就把注意力转到研究地图投影“变形”的问题上。因为“变形”是这对矛盾的具体表现,“变形”是绝对的,而不产生变形是相对的、有条件的。例如,要想投影后保持角度不变形,就必然有面积变形;反之亦然。在认识到变形的绝对性以后,人们就着手研究以用户对地图投影变形的要求为条件来确定两个“面”(曲面与平面)之间坐标的转换方式,地图投影也正是在研究投影变形规律的过程中得到

了发展。多少年来,人们不知设计了多少种投影来解决地球曲面与地图平面的矛盾,但它们都只是在一定的条件下暂时解决了,而当条件改变时,又要设计新的投影。因此可以说,只要平面和曲面在地图上构成一对矛盾,地图投影的研究终将不会停顿。

地球曲面和地图平面之间矛盾的具体解决方法,是随着人们对地球形状和大小认识的不断进步而深化的。人类对地球形状的认识经历了“圆球→椭球→大地水准面→真实地球自然表面”的过程。总的来说,地球的自然表面不但是一个不可展(成平面)的曲面,而且是一个极不规则的曲面,不可能用数学公式来表达,也无法进行计算。所以,在地球科学领域,必须寻找一个形状和大小都很接近于地球的椭球体或球体来代替它。在大地测量中,用水准测量方法得到的地面上各点的高程是依据大地水准面确定的,这个表面是假想大洋表面向大陆延伸而包围整个地球所形成的曲面,是人们进行测量作业的基准面。大地水准面虽然比地球的自然表面要规则得多,但还不能用一个简单的数学公式把它表达出来,这是因为大地水准面上的任何一点是与铅垂线方向相垂直的,而铅垂线的方向又受地球内部质量分布不均匀的影响,使大地水准面产生微小的起伏,它的形状仍是一个复杂的表面。在这样一个复杂的表面上进行测绘成果的计算当然是不可能的。为了便于测绘成果的计算,选择一个大小和形状同大地水准面极为相近的旋转椭球面来代替,作为计算的基准面。它是一个纯数学表面,可以用一个简单的数学公式来表达。旋转椭球面虽是一个纯数学表面,但它仍然是一个不可展的曲面。为了将旋转椭球面描写成平面,必须将这个不可展的曲面上的点计算到平面上。为此,需建立地面点在旋转椭球面上的地理坐标 (φ, λ) 和它们在平面上的直角坐标 (X, Y) 之间的解析关系式。这个问题将在第2章进行详细讨论。

地球曲面和地图平面之间点位的互相转换,实质上是曲面场和平面场之间点位的数学转换。正是由于实现了这种点位的转换,才有可能将地面上的各种物体和现象正确地描绘到地图平面上,或在数字地图环境下通过 (φ, λ) 与 (X, Y) 之间的解析关系式将地面上的各种物体(现象)映射到旋转椭球面上,才能保证地图图形具有可量测性,人们也才能依据地图研究制图物体(现象)的形状和分布,进行各种量测。

解决地球曲面和地图平面之间矛盾的上述数学法则构成了地图的数学基础,这是地图的第一个基本特性。

2. 地球表面原貌与地图抽象性之间的矛盾及其解决方法——地图符号

地图是地表原貌的抽象化表达,那么地球表面原貌是怎样抽象化表达达到地图上的呢?

同地球曲面与地图平面之间的矛盾一样,自从人们将地面描绘到平面上来的时候,地球表面的原貌与地图的抽象性之间的矛盾就存在了。事实上,地理世界各种事物的形状、大小、性质等特征千差万别、十分复杂,如果完全按地理世界的原貌表达在地图上,不仅会杂乱无章,而且实际上也不可能。例如,有些事物由于很小,无法按比例尺表达在地图上;有些现象是看不见的,若不用符号,也无法表示在地图上;还有些事物如地表起伏,也只有用一组等高线才能表达三维空间地貌特征等。只不过早期人类生活生产活动涉及的要素简单,只需用最简单的方法记载与自己生活生产活动有关的事物(现象)就行了。地图在其萌芽阶段,是用简单的模仿方法记载生活生产所涉及的地物(现象),这就是古代的地图和图画、文字实际上并没有什么区别的原因。后来由于对生活生产所涉及事物接触多了而产生形状上的印象,就使用了象形符号,并逐步过渡到几何图案符号,进而形成比较完整的符号系统,通过符号的形状、尺寸和颜色及各种符号的组合表达地面要素(现象)及其相互之间的关系。地面要素(现象)在地图上的符

号化表达,本质上就是事物的概念化和抽象化,而科学的抽象是最能反映事物本质的。

地图上的符号及其组合是表达地理世界的要素(现象)及其相互关系的具体表现形式。符号数量的多少,在一个时期内和某种程度上被看作是地图内容丰富与否的标志。但是,用简单的增加符号数量的方法是不能解决缩小、简化了的地图表象与实地复杂现实之间的矛盾。地图发展的历史表明,随着科学技术的发展和人们抽象思维能力的提高以及社会需求的增强,地图内容经历了一个由简单到复杂、由单一到多样化的过程,而地图符号的数量却遵循着由少到多、由多到少的发展趋势。例如,早期的地形图上(一般以法国1750—1789年完成的卡西尼地图作为第一批实测地形图),仅有以平面图形表示的大城市、城堡式的小居住区,各种线划符号表示的道路,点表示的稀疏林地,不同粗细线划表示的河流;到了18世纪末和19世纪初,由于人们认识范围的扩大,涉及的事物(现象)增多,以及社会对地图要求的日益增长,符号的数量也随之增加,其特点是小地物符号的大量应用;经过两次世界大战后,各国军事地形图得到迅速发展,符号的数量急剧增长,几十年中增加至数百个(如苏联地形图符号的数量在1924年为100种,在1950年则达到414种);20世纪60年代以后,各国地形图开始走增强符号概括性的道路,以减少符号的数量(如我国地形图符号的数量由1958年的437种减少到1971年的167种,其中桥梁符号的数量1958年为14种,而1971年则概括为3种),表现出增强符号的概括性以减少符号数量的趋势。但是,这不能理解为地图内容的贫乏;相反,地图的内容总是要不断丰富的,即用图者能从地图上获取更多的信息。这就要求我们把重点放在提高符号的概括性上来,也就是要赋予符号更广泛、更深刻的意义,以表示更丰富的地图内容。而要做到这一点,就必须研究地图内容的科学分类(分级),即对性质相近的事物或现象减少其类别,同类事物或现象减少其等级,并进而研究符号的构图规律。本质上,分类、分级本身就是科学抽象。

因为地图符号及其组合是地图上表达复杂地理世界空间结构和空间关系的方法和手段,所以地图符号具有地图语言的作用。制图者利用地图符号的含义,把他对于地理世界的认知制作成地图;用图者利用地图符号的含义,通过判读符号形成对地理世界的认知。这就引导人们把地图符号(系统)作为一种科学语言来研究,并且这种科学语言能跨越自然语言和文化而被广泛接受。地图符号实现两个基本功能:一是单个符号指示地物的位置、种类和特征,即地物的位置信息和属性信息,不仅能根据需要显示那些形体虽小但却很重要的物体,而且可以表示那些肉眼观察不到的自然现象和社会现象;二是符号的科学组合(系统)能表达复杂地理世界的空间结构和空间关系,即给出单个符号所不能给出的信息。

解决地球表面原貌与地图抽象性之间矛盾的上述符号法则构成了地图的语言基础,这是地图的第二个基本特性。

3. 地面实际事物的复杂性与地图内容的概括性之间的矛盾及其解决方法——地图内容的制图综合

地球表面的事物十分复杂,而地图内容是概括一览性的,这就必须进行综合,那么地球表面十分复杂的事物是怎样经综合后表达在缩小了的地图上的呢?

缩小了的地图所能表达的图形总是有限的,即使是使用了符号系统,也不可能将地面上的全部物体和现象都表达在缩小了的地图上,势必要对物体进行取舍(选取一部分、舍去一部分)、化简(将复杂、详细的图形加以简化)和概括(减少事物性质上的差别)。

人们在最初制作地图的时候就采用了综合方法。古代地图朴实的面貌就是综合的结果,

只不过当时的原则是“要什么画什么”，狩猎图、耕作图都是如此。到了后来，由于制图方法的改进，地图内容变得详细了，几乎发展到了“有什么画什么”，只是实在画不下了才舍掉一些东西，初期的地形图就是如此。到了近代，由于人们认识到了地图内容的综合是不可避免的，才进入到了有目的地进行地图内容综合的阶段，又开始“要什么画什么”了，但这并非“开倒车”，而是一种进步。

同地图投影解决地球曲面与地图平面之间的矛盾是有条件的一样，地图内容的综合解决地球表面事物的复杂性与地图内容的概括性之间的矛盾也是有条件的。这里的条件，就是地图的比例尺、用途和制图区域地理特点等。在这些限定条件下，矛盾得到了暂时的解决，而条件一改变，就会产生新的地图内容的概括性与地面事物复杂性之间的矛盾，这时就要研究新的条件下的综合原则和方法。但总的原则是，在一定条件下，通过地图内容的综合重构复杂地理世界的空间结构和空间关系，只不过详细程度不同而已。这种地图内容的概括性与地面事物复杂性之间的矛盾对立统一的过程，推动了综合理论和方法的发展，数学方法在制图综合中的应用受到了普遍重视，使之成为一种科学的制图方法。

上述解决地图内容的概括一览性与地面实际事物复杂性之间矛盾的综合方法，构成了地图内容的地理基础，这是地图的第三个基本特性。

地图的数学法则构成了地图的数学基础，地图的符号法则构成了地图的语言基础，地图的综合法则构成了地图的地理基础，这是地图的三个基本特性，但它们之间并不是各自孤立的。用符号及其组合表示地图内容或经过综合的地图内容是以地图的数学法则作为控制基础的，地图上的点、线、面状地物(现象)的位置都服从地图投影法则。正因为如此，地图上以各种符号的科学组合所表示的地理内容，才能以严格的数学基础不同详细程度地反映复杂地理世界的空间结构和空间关系。

1.1.2 地图的定义

在分析了地图的基本特性之后，可以给出地图的最基本的定义：地图是根据构成地图数学基础的数学法则、构成地图语言基础的符号法则和构成地图地理基础的综合法则，将地球(或其他星体)上的自然、社会和人文现象，缩小描绘在平面上的图形，反映各种现象的空间分布、组合、联系、数量和质量特征及其在时间尺度上的发展变化。

上述地图的定义体现了地图的基本特性，反映了地图同其他表述地球表面事物的手段(如风景画、地面照片、航空影像和卫星影像等)的区别。但是随着科学技术的发展，地图发生了许多值得关注的变化。例如：

(1) 地图表现形式的多样化。以计算机为主体的电子设备在地图制图中的广泛应用，地图不再局限于用符号和图形表达在纸(类似于纸介质，如丝绸、塑料薄膜等)介质上，它可以以数字形式存储在半导体、磁、光等介质上，或经过可视化加工(符号化)表达达到屏幕上。

(2) 地图表达手段的多媒体化。随着多媒体技术的发展，地图不再局限于用符号和图形表达，集视频、声音、图像、文本、符号与图形于一体，成为多媒体电子地图，其内容更加丰富，更容易被普通用户所接受。

(3) 地图内容(信息)的多维动态可视化。随着思维科学的发展，地理环境信息获取、处理和表达方法的日新月异，使地图突破了传统的二维静态限制，向多维、动态、可交互和虚拟化方向发展，能够多视角地表达三维地理空间实体的多重属性及其随时间变化的动态过程，实现地

图信息的多维动态可视化(王英杰,2003)。

除此之外,还有诸如地图模型论(把地图作为模型)、地图传输论(把地图视为传输地理信息的工具)和地图视觉感受论等新理论的研究,也受到学界和业界的普遍关注。

上述新变化引起了地图学家们对地图定义的广泛讨论。例如,国际制图协会(International Cartographic Association,ICA)地图学定义和地图学概念工作组的负责人博德(Board)和韦斯(Weiss)认为:“地图是地理现实世界的表象或抽象,以视觉、数字的或触觉的方式表现地理信息的工具。”

如果同时顾及地图的基本特性和由于科学技术的发展而出现的一些新的变化,我们将地图定义为:“地图是根据由数学方法确定的构成地图数学基础的数学法则、构成地图语言基础的符号法则和构成地图内容地理基础的制图综合法则记录地理环境信息的载体,是传递地理环境信息的工具,能反映各种自然和社会现象的多维信息、空间分布、组合、联系和制约及其在时空中的变化和发展。”

这样的地图定义有三个特点:一是指明了构成地图数学基础的数学法则和构成地图内容地理基础的制图综合法则(符号化也可视为制图综合的表现),在深层次上揭示了地图作为模型的特征;二是强调地图是记录地理环境信息的载体和传递地理环境信息的工具,“记录”可以是符号、图形形式,也可以是数字形式、多媒体形式,载体不一定是纸(或类似)介质,也可以是磁、光等其他介质,而且记载和传递的是信息,这有更广泛、更现代的意义;三是强调地图能反映各种自然和社会现象的多维信息和动态特征,突破了二维平面地图和静态表达的局限性,反映了事物(现象)在时间尺度上的变化和空间上的分布趋势,具有预测预报的功能。

1.2 地图的基本内容

地图的基本内容,即地图的基本构成要素。一般地说,主要包括以下三个方面。

1.2.1 数学要素

数学要素指数学基础在地图上的表现,是一切地图所必备的最基本的构成要素,包括与地图投影有联系的坐标网、测量控制点和地图比例尺等。

1. 坐标网

坐标网亦称制图网,是地图投影在地图上的表现形式,分为平面直角坐标网和地理坐标网,是制作地图时绘制地理要素图形的控制网,利用地图时可以根据它确定地面点的位置和进行各种量算。平面直角坐标网亦称方里网(或公里网),用于准确指示目标点位、传达命令、量测方向和计算距离。根据我国测(制)地图相关规范规定,仅在1:1万~1:25万比例尺地形图上才根据高斯平面直角坐标系绘制平面直角坐标网,不同比例尺地形图上平面直角坐标网的格网大小(边长)都有相应规定。地理坐标网又称经纬线网,用于确定地面点的地理坐标,即经纬度,具有深刻的地理学含义。经线相应于南北方向,纬线相应于东西方向,在地面上可以确定,野外使用地图时可用其判定方位。地理坐标网的这种性质对于地形图尤其重要。地图投影不同,地图上地理坐标网的形状也不同。在1:2.5万~1:5万比例尺地形图上,内图廓线即是经纬线,图廓的四个角点注记经纬度数值,在图廓的四周绘有间隔为1'的经纬线短线(分度带),将两对应边具有相同经纬度值的分点联结起来,即构成经纬差为1'的地理坐

标网。在 1:25 万~1:100 万比例尺地形图上,除内图廓为经纬线外,图内也须按规定间隔(经差和纬差)绘制经纬线。此外,在内图廓线和图幅内的经纬线上还须按规定间隔用短线等分经纬线,其目的是便于在地图上量测地面任意点的地理坐标。如图 1.1 所示为平面直角坐标系的构成,如图 1.2 所示为地形图上的坐标网。

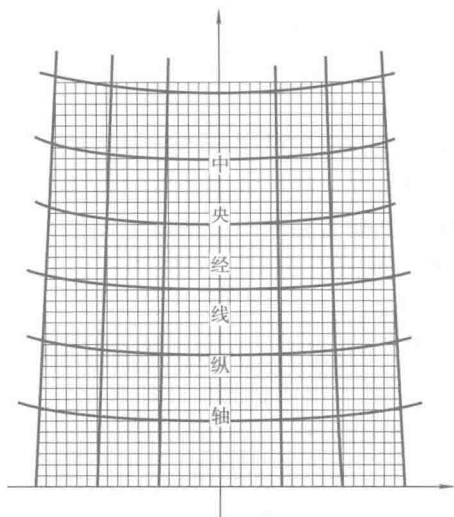


图 1.1 平面直角坐标系的构成

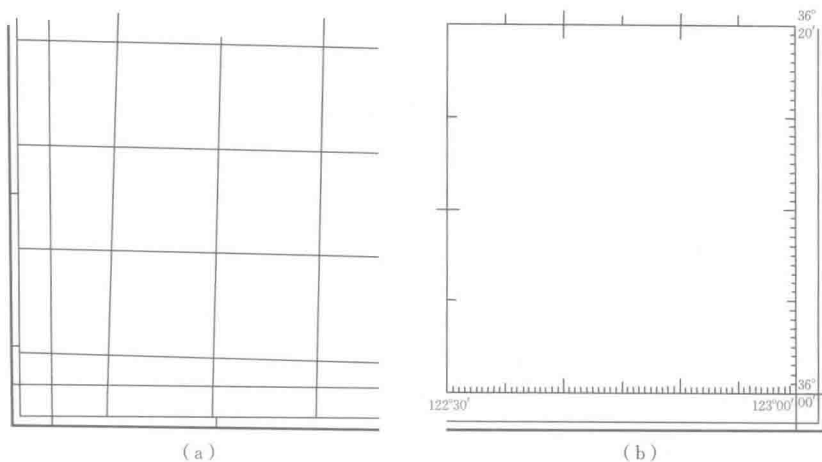


图 1.2 地形图上的坐标网

2. 测量控制点

测量控制点是测图和制图的控制基础,其位置和高程是用精密仪器测量计算的,现在可以依靠全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS),利用其接收机直接测得,具有很高的精度。测量控制点包括三角点、埋石点、水准点、独立天文点等。在大比例尺地形图上,分别以相应的符号表示;在 1:25 万和 1:50 万比例尺地形图上只表示三角点和独立天文点,其他按高程点表示;在更小比例尺地形图上都按高程点表示。三角点包括国家等级的三角点及导线点;埋石点系地形控制点、军用控制点和精度低于国家等级的三角点;独立天文点是用天文测量方法测得天文经、纬度的控制点,测有大地坐标(大地经纬度)的天文点用三角点符号表示。

3. 地图比例尺

地图比例尺是地图上的某线段与该线段在地球椭球面上对应线段的平面投影的长度之比。由于地图投影必然会产生变形,所以严格地讲,地图上各点的比例尺(称为局部比例尺)都不相同,同一点的不同方向的比例尺也不一样(等角投影地图例外),只是在地球表面有限范围内的大比例尺地图(可视为平面图)上的比例尺可以视为是固定不变的。对于实际上投影变形很小的地形图及长度变形很小的小比例尺地图来说,注明地图的主比例尺就可以了;而对于包括大范围及主比例尺与局部比例尺差别很大的地图,最好能注明保持主比例尺的一些经纬线格网点或线,这一般是在地图图廓外的辅助要素中给出。

各个国家的地形图的基本比例尺都构成一定的系列,但各不相同。我国采用十进位的米制长度单位,规定 11 种比例尺为国家地形图基本比例尺系列,如表 1.1 所示。

表 1.1 我国地形图基本比例尺系列

数字比例尺	文字比例尺 (地图名称)	图上 1 cm 相当于 实地 km 数	实地 1 km 相当于 图上 cm 数
1 : 500	五百分之一	0.005	200
1 : 1000	一千分之一	0.01	100
1 : 2000	两千分之一	0.02	50
1 : 5000	五千分之一	0.05	20
1 : 10 000	一万分之一	0.1	10
1 : 25 000	二万五千分之一	0.25	4
1 : 50 000	五万分分之一	0.5	2
1 : 100 000	十万分之一	1	1
1 : 250 000	二十五万分之一	2.5	0.4
1 : 500 000	五十万分之一	5	0.2
1 : 1 000 000	百万分之一	10	0.1

小比例尺地图没有固定的比例尺系列。一般是根据地图的用途、制图区域大小和形状、纸张和印刷机的规格等条件,在设计地图时综合考虑这些因素确定其比例尺。但是,在长期的地图制图实践中,小比例尺地图也逐渐形成了约定的比例尺系列,如 1 : 150 万、1 : 200 万、1 : 250 万、1 : 300 万、1 : 400 万、1 : 500 万、1 : 600 万、1 : 750 万、1 : 1 000 万等。

1.2.2 地理要素

地理要素是任何一种地图的主体,包括自然地理要素、社会经济要素及其他要素。

1. 自然地理要素

自然地理要素包括水系、地貌和土质、植被等要素。

水系要素是一切地图最基本的要素之一,对地图内容的其他要素具有控制作用,主要包括海岸(海岸线、沿岸地带——后滨、潮浸地带——干出滩、沿海地带——前滨)、湖泊、水库与池塘、河流、运河及沟渠等。

地貌和土质要素主要包括陆地地貌、海底地貌和土质。其中,陆地地貌主要表示地面高低起伏变化和形态变化的特点,包括地貌的基本形态(用等高线表示)、劣地形或微地形(如石灰岩溶斗、岩峰、崩崖、滑坡、冲沟、陡崖、梯田坎、露岩地、陡石山、冰塔等冰川微地貌、沙地地貌等);海底地貌指海底高低起伏的变化、形态特点和海底底质;土质主要指沼泽地、沙砾地、戈壁

滩、石块地、小草丘地、残丘地、盐碱地、龟裂地等。

植被要素是地表植物覆盖层的简称,分为天然的和人工的两类。地图上表示的天然植被主要包括森林、矮林、幼林、疏林、竹林、灌木林和草本植被;人工植被主要包括经济作物地、果园、苗圃、稻田和旱地作物。

2. 社会经济要素

社会经济要素包括居民地、交通运输网、境界及行政中心、经济标志等。

(1)居民地。人类居住和进行各种活动的中心场所,是地图上表示的最重要的地理要素之一。主要表示居民地的类型、轮廓形状和内部结构、行政意义和人口数、交通状况和居民地内部建筑物的性质等,以反映居民地所处的政治经济地位、军事价值和历史文化意义。

(2)交通运输网。人类来往通达的各种交通运输事业的总称,地图上主要表示陆上交通、水路交通、空中交通和管线运输。其中,陆上交通包括铁路、公路和其他道路;水路交通分为内河航线和海洋航线;空中交通通过机场符号体现,一般不表示航线;管线运输包括高压输电线、石油及天然气管道等。

(3)境界及行政中心。地图上表示的境界分为政区境界和其他境界两类。前者包括政治区划界(国界、地区界)和行政区划界(国内行政区域的划分);后者主要指一些专门的界线,如停火线、禁区界、旅游和园林界等。行政中心是与政治区划和行政区划相对应的。如我国的行政中心有首都、省(自治区、直辖市)府、省辖市(自治州、盟)府、县(自治县、旗、县级市)府等。

(4)经济标志。反映地区经济发达程度的重要形式,主要包括各种工业(如工厂、发电厂、变电所、石油井、盐井、天然气井、矿井、露天矿、采掘场、烟囱等)、农业(水车、风车、水轮泵、饲养场、贮草场等)、金融业和服务业(第三产业)等要素。

3. 其他要素

地图上除表示自然地理要素和社会经济要素外,还表示一些科学(重要科学观测台站等)、文化(学校等)、卫生(医院等)、历史(革命烈士纪念碑、牌坊、重要文物古迹等)及其他标志。

1.2.3 辅助要素(图廓外要素)

辅助要素分为读图工具和参考资料两类,其目的是为阅读地图和使用地图提供方便。

1. 读图工具

主要包括图例、图解比例尺、坡度尺、三北方向图、图幅接合表、行政区划略图等。

1) 图例

地图符号表和必要的说明,包括地图上用的全部符号,帮助了解地图上表示的各种地理要素,通常置于图廓外(地形图)或图廓内的空白处(小比例尺地理挂图、专题地图)。

2) 图解比例尺

与数字比例尺相配合,供图上量测距离用,分为直线比例尺(地形图,如图 1.3 所示)和复式比例尺(小比例尺地理图,如图 1.4 所示)。一般置于地图的南图廓外(地形图)或图廓内的空白处(小比例尺地图,与图例等配置在一起)。



图 1.3 我国地形图上的图解比例尺及数字比例尺示例

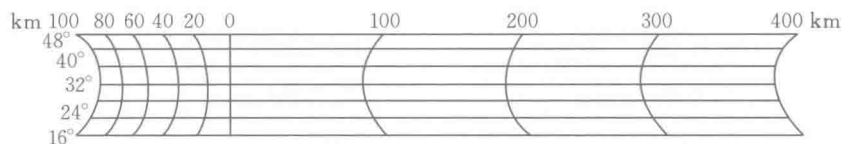


图 1.4 双标准纬线等角圆锥投影的纬线比例尺示例

3) 坡度尺

供图上量测地面坡度之用,一般只在大比例尺地形图上才配置,如图 1.5 所示。

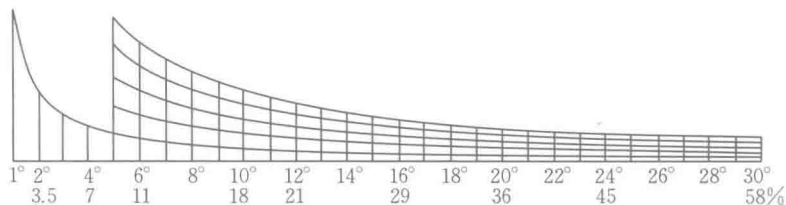


图 1.5 我国 1:5 万地形图上的坡度尺示例

4) 三北方向图

说明地图上的真北方向、坐标北方向和磁北方向的相互关系,便于用图时判明地图上的“三北”方向,我国大比例尺地形图上一般配置在南图廓外,如图 1.6 所示。

5) 图幅接合表

对于分幅地图,为说明与该图幅相邻图幅的关系,都附有图幅接合表。我国地形图的图幅接合表只标注相邻图幅的图名,而相邻图幅的编号分别注记在外图廓线上,如图 1.7 所示。

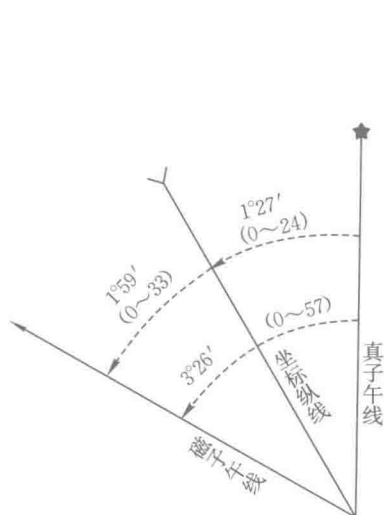


图 1.6 我国地形图上的三北方向图示例

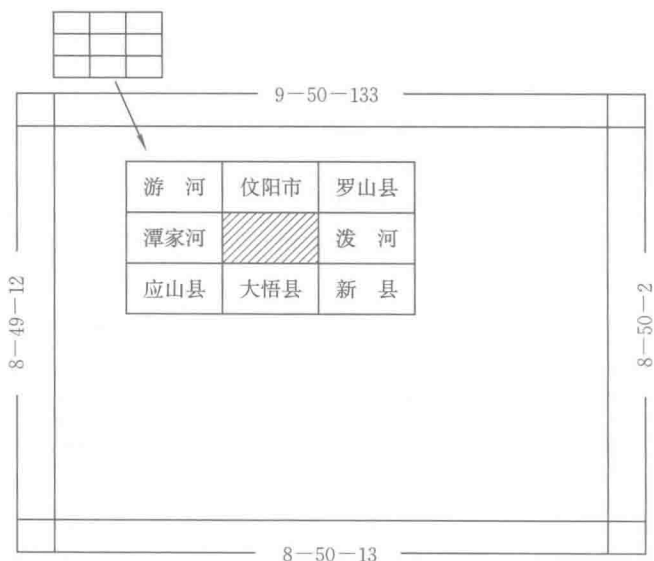


图 1.7 图幅接合表示例

6) 行政区划略图

主要反映图幅所描绘的地区的政治行政归宿。我国地形图上一般在内外图廓之间注记出相应的国名或行政区划名称,只是在 1:50 万或更小比例尺地形图上才专门附有行政区划略图,如图 1.8 所示。

2. 参考资料

指一些说明性内容,如编图及出版单位、成图(编图及出版)时间、地图投影(小比例尺地图)、坐标系、高程系、资料说明和资料略图(图 1.9)等。

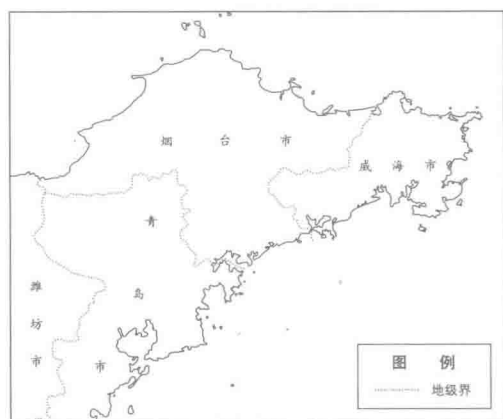


图 1.8 行政区划略图示例

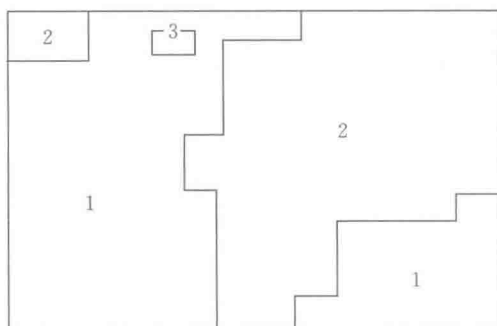


图 1.9 资料略图示例

1.3 地图的分类

随着社会和科学技术的迅速发展,国民经济和国防现代化建设需求的不断增强,地图的应用越来越普遍,地图的选题范围越来越广泛,地图的种类越来越多,地图的数量越来越大。为了便于使用和管理,有必要对地图进行分类。

1.3.1 地图分类的原则

科学的地图分类应遵循以下原则。

1. 有利于地图的管理和使用

地图的分类应有利于深刻认识和深入研究各类地图的性质和特点,并发展新的地图品种;有利于有针对性地计划、组织与安排地图的生产;有利于地图的编图及存储,便于地图管理和使用;在信息化条件下,地图分类应有利于处理和检索地图资料,便于地图的网上申领。

2. 地图分类应有逻辑性

地图的分类必须按照由总概念(类)到局部概念(亚类、属和种)的次序;每一分类等级必须采用固定的分类标志,一个分类等级不能同时采用两种或两种以上的分类标志;上一分类等级应包含下一分类等级的全部。

1.3.2 地图分类的方法

地图可以按照许多标志进行分类,其中主要有以下几种。

1. 地图按主题分类

地图按所表示的主题(内容)首先分为普通地图和专题地图。

1) 普通地图

普通地图是以相对平衡的详细程度表示自然和社会经济现象的一类地图,以水系、地貌和