

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



# 地图设计与 制图综合

Map Design and Generalization

武芳 何宗宜 王结臣 刘玉峰 翟仁健 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

# 地图设计与制图综合

Map Design and Generalization

武芳 何宗宜 王结臣 刘玉峰 翟仁健 编著

测绘出版社

· 北京 ·

©武芳 2018

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

本书系统介绍了地图设计与制图综合的概念、原理、方法与应用,基本涵盖了地图编辑设计的全过程。除绪论外,本书内容分为两大部分。第一部分围绕地图设计展开,包括制图资料的分析与处理、地图的总体设计、地图符号设计、地图色彩设计、地图内容表示方法设计、电子地图及地图集设计,分别对应本书第2章至第7章;第二部分主要介绍制图综合原理与方法,包括制图综合概念及基本方法、主要地图要素的制图综合、制图综合方法的典型应用、自动制图综合与电子地图多尺度表达,分别对应本书第8章至第11章。

本书可作为高等院校测绘、地理、地质、土地、矿业、资源环境与城乡规划管理等专业的本科教材,也可供相关领域的科研和工程技术人员作为参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

地图设计与制图综合/武芳等编著. —北京:测绘出版社,2018.12

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 978-7-5030-4161-7

I. ①地… II. ①武… III. ①地图—设计—高等学校—教材②地图制图学—高等学校—教材 IV. ①P28

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第302143号

责任编辑	雷秀丽	封面设计	李 伟	责任校对	石书贤
出版发行	测绘出版社	电 话	010—83543965(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)		
电子信箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京建筑工业出版社	经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm				
印 张	18.5	字 数	457千字		
版 次	2018年12月第1版	印 次	2018年12月第1次印刷		
印 数	0001—1000	定 价	56.00元		

书 号 ISBN 978-7-5030-4161-7

审 图 号 GS(2017)1876号

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

# 前 言

地图作为人类描述、分析和传递时空信息的最有效工具,从萌芽至今已有几千年历史。从古代地图到现代地图,地图本身及人们对地图的认识随着社会的发展和科技进步已发生深刻变化。尤其是技术上的跨越式发展(计算机地图制图甚至被称为革命性的变化),既增强了地图的科学性、提高了地图制作的速度,又大大拓宽了地图表达的内容、丰富了地图的表现形式,同时也使地图的品种得到了极大的扩充。地图的形式、内容、设计及制作等方面都发生了极大的变化。

地图设计和制图综合是地图制作(生产)过程中最重要的、也是最关键的环节,其最终产品是地图。地图设计从理论的高度研究地图的本质和规律及各种表示方法的原理,并对地图(主要是小比例尺地图、专题地图、电子地图及虚拟地理环境地图等)进行整体设计,它是地图的创作过程,是整个地图生产全过程的准备工作。如何设计好地图,使实地的客观信息快速准确地传输给用户,是整个地图信息传输的关键,在很大程度上决定地图产品的质量和水平;地图内容的制图综合则是地图编绘的核心,是对客观存在的地理空间信息进行思维加工、抽取地面要素和现象内在的、本质的特征与联系并符号化的过程,是用特定方法解决缩小、简化了的地图模型与复杂的现实地理世界之间矛盾的过程,也是制作地图不可缺少的思维过程。

地图制作技术的革命性变化和地图学功能的拓展与延伸,必然会引起地图设计和制图综合相关内容和技术方法的变化,也对地图设计和制图综合的内容提出了新的要求。但地图制图技术的改变并不会引起地图科学属性、主题和基本特性(数学法则、符号系统、制图综合)的改变(王家耀,2012)。因此,在书稿的编写过程中,抓住地图最本质的要素,重点阐述地图设计和制图综合不变的基本原理和方法,同时兼顾日新月异变化的新技术、新方法,使之与地图设计与制图综合的基本原理有效融合,是作者关注的重点。

本书以地图设计与制图综合为主线,以传统的原理和方法为基础,融合现代数字制图、电子地图设计、自动制图综合、制图资料的集成融合处理与更新等现代制图技术和方法,系统介绍了地图设计与编绘的原理、方法和相关技术。全书内容共分为11章。

第1章为绪论。在介绍地图的基本概念、特征、表示内容与表示方法的基础上,阐述了地图制作过程和方法的发展与演进,同时简要介绍了地图设计和制图综合概念、内容和主要过程,阐明了地图设计和制图综合在地图制作过程中的重要地位和作用。

第2章至第7章为地图设计。其中,第2章为制图资料(数据)的分析与处理,这是地图设计与制图综合的基础性也是重要性的工作,分别从制图资料的分析与评价、地理要素的分类与分级、制图资料的融合处理,以及制图资料的更新四个方面,介绍了制图资料分析处理的基本方法与主要过程;第3章为地图的总体设计,从地图投影、坐标网、比例尺、分幅、图面配置和拼接方法的设计、图例设计及分幅地图设计等方面,阐述了地图总体设计的基本内容和主要方法;第4章为地图符号设计,介绍了地图符号设计的基本原则及其设计方法、地图注记设计的基本要素和设计规则,以及地名译写的标准化;第5章为地图的色彩设计,从色彩的基本原理出发,介绍了地图色彩设计的一般原则与方法,重点阐述了地图符号和地貌分层设色的色彩设

计;第6章为地图内容的表示方法设计,由于地图表示方法很多,本章主要根据地图要素的空间分布特征,介绍了地图的二维表示方法、地貌表示方法和动态表示方法;第7章为电子地图及地图集设计,首先从电子地图自身特点入手,重点从界面设计、图层设计、符号设计、色彩设计、表示方法设计,以及电子地图系统设计等多个方面,阐述了电子地图设计与纸质地图设计的不同,同时介绍了普通地图集、专题地图集和综合性地图集的设计特点与过程。

第8章至第11章为制图综合,这是地图编绘的主体。第8章为地图制图综合概述,重点介绍了制图综合的概念、制约因素和基本方法;第9章为主要地图要素的制图综合,着重从制图综合方法在地图上各要素制图综合过程中的典型性和特殊性入手,对普通地图上的水系、地貌、植被、居民地、交通等要素制图综合的特点和方法进行了详细阐述,以加深读者对制图综合基本原理和方法的理解;第10章为制图综合方法的典型应用,以制图区域为整体,分析了典型地区典型要素的特点,给出了这些要素的制图综合原则和方法,同时介绍了各要素之间发生冲突时的关系处理方法,通过综合实例对比,以加深对制图综合方法的灵活、正确运用;第11章为自动制图综合与电子地图多尺度表达,介绍了数字制图环境下由计算机进行自动制图综合的特点、难点、现有方法和实现过程,同时,作为自动制图综合的典型应用之一,阐述了电子地图多尺度表达的概念、关注重点和现阶段电子地图多尺度表达不同的实现方式,使读者能正确认识自动综合的现状 & 未来的研究重点。

本书由信息工程大学的武芳(第5章、第10章、第11章)、刘玉峰(第4章)、翟仁健(第2章),武汉大学的何宗宜(第3章、第6章、第7章),以及南京大学的王结臣(第1章、第8章、第9章)共同编写。武芳负责统稿,翟仁健负责文字的审校及插图的处理。本书在写作过程中,得到了信息工程大学王家耀院士、武汉大学艾廷华教授认真细致的指导,使本书在内容与结构上均得到很大改进,在此表示衷心感谢!本书的成稿,参阅和引用了很多国内外学者的论文、论著,在此也一并表示感谢!

本书在撰写过程中,力求将传统地图设计和制图综合的基本理论方法与现代迅速发展的新技术相结合,将纸质地图和数字地图的制图原理与技术手段相融合,但限于作者的能力和水平,书中难免存在疏漏,恳请读者批评指正。

# 目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 地 图	1
1.2 地图设计概述	14
1.3 地图编绘与制图综合概述	17
1.4 地图设计与制图综合的地位和作用	20
思考题	22
第 2 章 制图资料的分析与处理	24
2.1 制图区域研究	24
2.2 制图资料的分析与评价	25
2.3 地理要素的分类分级处理	31
2.4 制图资料的整合处理	39
2.5 制图资料的更新处理	46
思考题	55
第 3 章 地图的总体设计	56
3.1 地图数学基础的设计	56
3.2 地图的分幅设计	66
3.3 地图的附图与图例设计	74
3.4 地图的图面配置设计	78
3.5 地图的总体设计书	82
思考题	86
第 4 章 地图符号设计	87
4.1 地图符号的基本概念	87
4.2 地图符号设计的基本问题	91
4.3 地图符号的图形设计	93
4.4 地图注记与地名标准化	99
思考题	103
第 5 章 地图的色彩设计	104
5.1 色彩的基本理论	104
5.2 地图色彩的作用与设计方法	110
5.3 地图符号的色彩设计	115
5.4 地貌分层设色的色彩设计	119
思考题	122
第 6 章 地图内容表示方法设计	123
6.1 地图的二维表示方法	123

6.2	三维地貌的表示方法 .....	141
6.3	动态现象的表示方法 .....	149
	思考题 .....	151
<b>第7章</b>	<b>电子地图及地图集设计 .....</b>	<b>152</b>
7.1	电子地图的概念及特点 .....	152
7.2	电子地图设计 .....	154
7.3	电子地图系统的设计 .....	160
7.4	地图集设计 .....	169
	思考题 .....	175
<b>第8章</b>	<b>地图制图综合概述 .....</b>	<b>176</b>
8.1	制图综合的基本概念 .....	176
8.2	制图综合应顾及的因素 .....	178
8.3	制图综合的基本方法 .....	183
	思考题 .....	194
<b>第9章</b>	<b>主要地图要素的制图综合 .....</b>	<b>195</b>
9.1	水系要素的制图综合 .....	195
9.2	地貌要素的制图综合 .....	203
9.3	植被要素的制图综合 .....	210
9.4	居民地要素的制图综合 .....	212
9.5	交通要素的制图综合 .....	220
9.6	境界要素的制图综合 .....	224
	思考题 .....	227
<b>第10章</b>	<b>制图综合方法的典型应用 .....</b>	<b>228</b>
10.1	典型地貌区域的制图综合 .....	228
10.2	江浙水网地区地图内容要素的制图综合 .....	238
10.3	地图内容各要素关系的处理 .....	240
	思考题 .....	248
<b>第11章</b>	<b>自动制图综合与电子地图多尺度表达 .....</b>	<b>249</b>
11.1	自动制图综合的概念及发展 .....	249
11.2	自动综合的算子与算法 .....	254
11.3	自动综合中的知识规则 .....	262
11.4	自动综合的质量评估 .....	265
11.5	智能化地图自动综合的过程控制模型 .....	269
11.6	电子地图的多尺度表达 .....	274
	思考题 .....	285
	<b>参考文献 .....</b>	<b>286</b>

# 第1章 绪论

地图学在长期的历史发展过程中,逐渐完善成为一门拥有系统理论基础和现代技术手段的科学。从古至今,作为地图学研究主题的地图本身及人们对地图的认识是随着社会的发展和科技进步不断深化的。20世纪中叶以前,人们将地图称为“地球表面在平面上的缩写”,这个定义没有从本质上把地图与其他的地面图像区别开。随着地图使用范围的扩大和科学价值的提高,人们逐渐认识并归纳出只有地图才具备的一些特性,人们对地图的理解也不断深入。

利用缩小的二维空间配置地理事实是一个非常重大的抽象思维成就。平面二维地图是人类空间认知的重要进步,其解决了地球曲面与地图平面的数学变换,解决了复杂实地与简化地图模型的变换,采用图数并存的表达方式对复杂实体和现象进行抽象取舍,表达内容虚实并存、突出主题、形象直观。数字地图出现之后,地图的内容和形式发生了许多变化,地图的功能得到空前扩展,地图的生产工艺迎来了革命性的变革,同时地图的品种也得到了极大扩充。当前,随着互联网、新一代移动通信和3S——地理信息系统(geographic information system, GIS)、遥感(remote sensing, RS)、全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)——技术的迅猛发展,移动地图与互联网地图等已成为电子地图应用的主流趋势。此外,地理空间大数据的产生也将推动地图综合、地图可视化与地图投影的新发展。同时,在大数据驱动下,地图应用可拓宽到非空间数据的表达中,对泛在网络空间的网络行为、集合空间的语义信息进行可视化表达,并产生如赛博地图、隐喻地图等新的地图形式。

## 1.1 地图

### 1.1.1 地图的基本特性

早期人们比较普遍地认为地图是“地球表面在平面上的缩写”。这样定义地图,简单明了,但是却不能反映地图所具有的曲面与平面转换、内容抽象综合及使用图形符号等特征,容易与地面照片、风景画相混淆。随着人们对地图制图技术的重视,开始强调地图制作技术的特征。以20世纪40年代苏联制图学家萨里谢夫为代表,学者们将地图定义为:“根据一定的数学法则,将地球表面以符号综合缩绘于平面上,并反映各种自然和社会现象的地理分布与相互联系。”这个定义强调了地图能反映各种自然和社会现象的地理分布与相互联系。

20世纪70年代后,萨里谢夫把模型概念引入地图定义,他在《地图制图学概论》一书中写道:“由数学所确定的经过概括并用形象符号表示的地球表面在平面上的图形,用其表示各种自然现象和社会现象的分布、状况和联系,根据用户的具体用途要求对所表示现象进行选择 and 概括,得到的结果叫作地图。”素描图、写景图、地面照片、航片与文字著作等,虽然也是地球在平面上的描绘和缩影,但在表示方法、表达手段与描绘的内容上与地图有着本质的区别,它们不具备地图所具有的如下基本特性。

## 1. 严密的数学法则

为了控制地图地理要素的分布位置和几何精度,需要一定的数学法则,包括地图投影、地图定向、地图比例尺等。

从不规则的地球表面(自然表面)到制成地图,首先要将自然表面上的物体沿铅垂方向投影到大地水准面上。由于大地水准面是一个不规则的球面,无法用解析的方法精确描述,所以往往用一个经过定位的旋转椭球面去代替它,然后再将椭球面经过地图投影法则转换成平面。经过这些步骤将自然表面上的经纬线投影到平面上,建立的坐标系统就成为地图的数学基础。通过地图投影生成的地面物体的图形,可以控制其变形性质,精确地确定变形大小,使地图具有更高的科学和实用价值。

地图定向是确定地图上图形的地理方向。没有确定的地理方向,就无法确定地理事物的方位。为了满足地图的使用需要,通常规定在大于 1:10 万的各种比例尺地形图上绘出三北方向和三个偏角的图形。它不仅便于确定图形在图纸上的方位,同时还可用于在实地使用罗盘等工具标定地图的方位。

地图比例尺是图上线段与该线段在椭球面上的平面投影的长度之比。由于地图投影必然会产生变形,所以严格地说,地图上各点的比例尺(称为局部比例尺)都不相同,同一点不同方向的比例尺也不一样(等角投影地图上,各点的比例尺不同,但同一点不同方向的比例尺相同)。只是在平面图(地球表面有限地区的大比例尺地图)上的比例尺可以视为固定不变的,因为此时可以不考虑地球的曲率。

传统地图一旦在设计时确定了投影和比例尺,就保持其固定不变。而电子地图不受此约束,可以根据应用需要进行实时的投影和比例尺变换,且可以同时载入多种比例尺地图数据以提供不同程度细节的地理信息浏览。

## 2. 特定的符号系统

地图符号是按照世界通用的法则设计的、与地面物体对应的、经过抽象的符号和文字标记,它是地图的语言,是可视化表达地理环境现状与发展的基本手段。广义上说,目前地图符号包括点线面符号、色彩、图像、文字、声音及动画视频等。地图符号使地图具有风景画和照片都无法比拟的直观性的优点。地面物体往往具有复杂的外貌轮廓,地图符号则对其进行了抽象概括,按性质归类,使图形大大简化,即使比例尺缩小,也可以有清晰的图形。实地上形体小而非常重要的物体在像片上不能辨认或根本没有影像,在地图上则可以根据需要,用非比例符号表示,且不受比例尺的限制。事物的数量和质量特征在地图上可以通过专门的符号和注记表达,地面上一些被遮盖的物体甚至许多无形的自然和社会现象,在像片上无法显示,在地图上则可以通过专门符号显示。

若全部按地理事物本身的原貌缩绘到地图上,将会杂乱无章,实际上也是不可能的。例如,有些事物由于缩小不能表示出来,但又必须保留在地图上;有些事物,如作为三维空间的地貌,只有用一组等高线系统才能将其显示于平面上;还有一些看不见的现象,如地磁、风速、风向、气温、降雨量、土壤有机质含量等,若不用特定的符号就无法将其表示在图面上。再者,采用符号系统,还可以将主要地物与次要地物区别开,主要地物用明显的符号或颜色表示,次要地物则相反。总之,符号是地图的语言,相较于其他符号,地图符号既能提供对象的信息,又能反映其空间结构。

与传统地图相比,从表达形式上看,电子地图仍然以符号化的范式表征现实地理世界的事

物和现象。因此,传统地图符号设计理论和方法在某种程度上也适用于电子地图的符号设计。然而,由于电子地图在使用环境、使用方式等方面都不同于传统的纸质地图,所以在设计电子地图符号系统时必然要考虑新的因素。例如,电子地图的动态特性和交互性特点、浏览器和显示插件、分辨率、网络传输速度等。

### 3. 科学的制图综合

地图图形的大小通常比它表示的地球表面区域要小得多,在面积一定的图面上,同一区域能够表示到图面上的制图要素的数量会随着地图比例尺的缩小而减少。因此,必须对地图内容进行概括,即舍去次要的和微小的,保留基本的、主要的,并加以概括。这种经过取舍、简化等抽象性图形思维和符号模拟综合概括出来的地理图形,与航空像片、卫星图像有很大的差别。可见,地图内容科学性的核心问题就是制图综合。

无论是内容的选取、图形的简化还是数据的综合,都会减少地图的信息量,造成地图内容的详细性和客观实体的几何精确性降低,而且随着比例尺的缩小,这一特性越明显。但是,为了满足地图快速查询、准确解译、实时传输的要求,减少多余的干扰信息和碎部特征,保持研究对象最实质的特征,这又是必然的,也是制图综合的本质所在。在此过程中,要对地图内容取舍数量、概括程度和各要素相互关系等进行信息加工处理,根据综合约束条件做出判断和决策。

根据上述地图具有的三个特性,可以认为地图是根据一定的数学法则,使用地图语言,通过制图综合,表示地面上地理事物的空间分布、联系及发展变化状态的图形。随着科学技术的进步,地图可以用数字的形式存储和传送,对地图内容进行任意检索和叠加。现代地图一般认为是在数字环境下制作的地图,这种数字式现代地图与传统模拟纸质地图相比较有很大不同,从内容到形式,从信息源到成图方法,从编图到用图,都发生了巨大的变化。围绕这些发展,人们对地图的定义产生了新的认识,如将地图看成“反映自然和社会现象的形象符号模型”,地图是“空间信息的图形表达”“空间信息载体”“空间信息的传递通道”等。王家耀等在《地图学原理与方法》一书中给出的定义是:“地图是根据构成地图数学基础的数学法则和构成地图内容的制图综合法则记录空间地理环境信息的载体,是传递空间地理环境信息的工具,它能反映各种自然和社会现象的空间分布、组合、联系和制约及其在时空中的变化和发展。”这个定义说明构成地图数学基础的数学法则是任何类型的地图都不可缺少的,制图综合法则从广义上讲,包括制图综合和符号系统,因为使用符号就意味着综合。

地图是记录空间地理环境信息的载体和传递空间地理信息的工具,具备反映各种自然和社会现象的空间分布、组合、联系和制约及其在时空中的变化和发展的功能。传统二维纸质地图的数学法则主要指曲面到平面转换的地图投影,而数字地图、基于椭球坐标系的电子地图及影像地图的数学法则指一种特殊的坐标系统,即特殊的数学框架。传统二维纸质地图的综合法则,主要指地图内容的分类分级、符号化和地图内容的综合概括;而数字地图、影像地图的综合法则,主要指地图数据的分类分级、融合编辑处理及数据和影像的多层次细节表达等。由此可以看出,虽然地图的数学法则、符号系统和制图综合这三条基本特性在数字环境下都有所发展,但这三条基本性质并没有发生根本性的改变。因此,地图的这些变化通常称为特性的拓展。

地图作为地理信息表达与传输的基本工具,实现了对地理空间及地理对象的精确表达,逐步形成了地理学研究所特有的地图语言。地图作为地理学语言比文本语言更有优越性,“一

维”和“串行”的文字语言没有定位等量测基础,而地图则通过使用符号可以包含特定的丰富信息。地图既是数学模型也是逻辑模型,它是真实世界的抽象,不仅表示真实空间,还表达了它们之间特定的相关关系,而这种关系并不是常常能在第一眼就被发现的。随着认识水平的进步,集形象的图形思维、抽象的数学思维、严密的逻辑思维于一体的地学信息图谱,通过“形—数—理”的表达方式扩展了地图语言的功能,发展了地理学语言的形式与内容。

地图对人类社会文明进步的价值,怎么评价都不为过。地图被誉为改变世界的十大地理学思想之一,是表达复杂地理世界最伟大的创新思维。地图作为一门科学语言,能跨越自然语言和文化而被广泛接受;地图的统一比例尺保证地理空间可以被同等对待,即空间客观性;地图采用经过抽象的符号系统和简化形式,保证重构复杂的地理世界;地图采用数学映射(地图投影)方法,保证了可量测性。正因为如此,地图才具备了表达地理世界的空间结构和空间关系的本质功能,于是有人说“地图的最初使用必然会在思想领域引起一场革命”。地图具有科学价值、社会价值、法理价值、文化价值和军事价值,随着地图产品更加多样化,地图对人类社会的作用也将更加突出。

### 1.1.2 地图的类型

随着人类社会的进步与科学技术的发展,地图品种越来越多,表现形式越来越丰富。为了便于地图的管理和应用,也为了开发更多的地图新品种以满足社会日益广泛的需求,对地图进行分类是十分必要的。地图的分类有利于各类地图的性质和特点的研究、新品种的开发;有利于有针对性地组织地图的生产;有利于地图的编目、存储、管理和应用。

地图可以按不同划分方式进行分类。

#### 1. 按主题(内容)划分

地图可以分为普通地图和专题地图。

普通地图是以相对平衡的详细程度表示水系、植被、居民地、交通运输网、境界、地貌和土质等基本地理要素的地图。它比较全面地反映制图区域的自然环境、地区条件和社会经济的一般状况,也反映自然、社会经济诸方面的相互联系和影响的基本规律。

普通地图按内容概括程度和比例尺可以分为地形图和地理图。地形图是按国家统一规范编制的、详细表示地面各基本要素的普通地图,它具有统一的规范、图式符号和完整的比例尺系列与分幅编号系统。我国国家基本比例尺地形图主要包括:1:500、1:1000、1:2000、1:5000、1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万、1:25万、1:50万、1:100万11种。地理图也称一览图,通常指比例尺小于1:100万的普通地图。地理图内容较为概略,因其主要目标是强调反映各要素的基本分布规律,没有统一的规范和图式。地理图的类型有区域性分幅图、区域性全图和普通地图集。

专题地图是根据专业方面的需要,以表示一种或几种地理要素为主题的地图。反映地图主题的要素表示得很详细,而其他要素则根据反映主题的需要,作为地理基础有选择地表示。专题地图的内容与所涉及的专业有较大关系,如地质图、气象与气候图、海洋图、人口图、经济地图等。作为专题地图主题的要素,可以是普通地图上有的,也可以是普通地图上没有的但属于专业部门特殊需要的内容。例如,行政区划图的主题是居民地的行政等级和境界,它们是普通地图上有的内容;而工业经济图上表示的诸如工厂的生产能力、各种经济指标等则是普通地图上没有的内容。

## 2. 按比例尺划分

地图可以分为大比例尺、中比例尺和小比例尺地图。

一般来说,比例尺大于1:10万的地图,统称作大比例尺地图;比例尺大于1:10万且小于1:100万的地图,称作中比例尺地图;小于1:100万的地图,称作小比例尺地图。除参照此标准以外,当有两个或两个以上不同比例尺同时出现时,大小则是相对的,是通过两者比较得来的,并不绝对。

## 3. 按制图区域范围划分

地图按制图区域划分就是按地图所包括的空间范围加以区别,可以包括多个层次,如星球图、地球图,世界地图、大洲(洋)地图、大陆地图,国家地图、国内各行政区划单位地图、地理单元区域地图等。在我国,地图按政治行政区划可分为全国地图、省(自治区、直辖市)地图、市(自治州)地图、县(市)地图等。

## 4. 按地图用途划分

地图按其用途划分就是按供一定范围的读者使用及用于解决特定问题将地图区分为各种“专门地图”,如军用地图、国民经济与管理地图、科学与文化地图等。

一般来说,许多地图都具有多方面的用途(如地形图),因此地图按用途分类在实际使用上受到一定限制,除非那些有明确用途的地图(如教学地图、旅游地图、航空图、航海图等)。

## 5. 其他划分方式

地图除按上述主题(内容)、比例尺、制图区域和用途划分外,还可以按使用方式、地图维数、感受方式、地图幅数、存储介质等进行分类。

按使用方式可分为桌面用图、挂图、地图集(册)等;按地图维数可分为二维平面地图和三维立体地图;按感受方式可分为视觉地图、触觉地图(盲人地图)和多媒体声像地图;按地图幅数可分为单幅地图、系列地图和地图集(册);按存储介质可分为纸质地图、胶片地图、电子地图等。

目前,电子地图是提供地理信息公共服务的重要渠道。除了与纸质地图类似的按照内容、比例尺大小、区域范围、用途等分类方式以外,因其以数字地图为数据基础、以计算机系统(或移动端)为平台的特点,拥有更多的分类方式。例如,按照功能可以分为浏览型电子地图、查询型电子地图和分析型电子地图;按照数据结构可分为矢量电子地图、栅格电子地图和矢、栅混合电子地图;按输出和使用方式可分为单机电子地图、光盘电子地图、触摸屏电子地图、PDA电子地图和网络电子地图;按技术特色可分为多媒体电子地图、三维动态电子地图、移动导航电子地图及VR全景地图等。

### 1.1.3 地图表示内容与方法

#### 1. 普通地图表示内容与方法

普通地图由数学基础、地理要素和辅助要素三大部分构成(图1.1)。

其中,地理要素是地图的主体,包括自然要素和人文要素。自然要素主要包括水系、地貌、土质、植被等内容;人文要素主要包括独立地物、居民地、交通网、政治行政境界等内容。

##### 1) 独立地物的表示

实地上形体较小、无法按比例表示的一些地物,统称为独立地物。地图上表示的独立地物主要包括工业、农业、历史文化、地形等方面的标志。

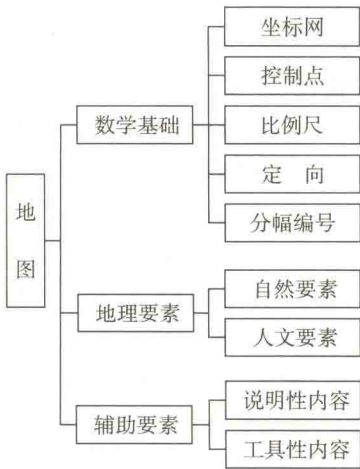


图 1.1 普通地图的内容要素

很多独立地物高出其他建筑物,具有比较明显的方位意义,对于地图定向、判定方位等意义较大。在 1:2.5 万~1:10 万地形图上,独立地物表示得较为详细(表 1.1)。随着地图比例尺的缩小,表示的内容逐渐减少,在小比例尺地图上,主要以表示历史文化方面的独立地物为主。

独立地物由于实地形体较小,无法以真实形态显示,所以大都是用侧视的象形符号来表示。在地形图上,独立地物必须精确地表示其位置,所以规定了符号的主点,便于定位。独立地物符号与其他符号挤在一起时,一般保持独立地物符号位置准确,其他物体移位绘出。街区中的独立地物符号,一般可以中断街道线,街区留空绘出。

表 1.1 地图上的各类独立地物

工业标志	农业标志	历史文化标志	地形方面标志	其他标志
烟囱,石油井,盐井,天然气井,油库,煤气库,发电厂(站),水厂,污水处理厂,变电所,无线电杆(塔),矿井,露天矿,采掘场,窑	饲养场,打谷场,磨坊,水库,风车,水轮泵,贮藏室	纪念碑,彩门,牌坊,气象台(站),体育馆,钟楼、鼓楼、城楼,古关塞,亭,庙,古塔,碑及其他类似物体,独立大坟,坟地	独立石,土堆,坑穴	旧碉堡,旧地堡,水塔,塔形建筑物

## 2) 水系的表示

水系是海洋、河流、湖泊、水库、沟渠、井、泉等各种自然和人工水体的总称。它是重要的自然条件和环境要素,是农业、渔业、水利水电等方面的重要资源,影响着地貌、土壤、植被的形成和分布,为航运和供水所依赖,与人们日常生活关系极为密切,但也是各种工程建设和地面交通的障碍。读图时,根据河流的分布和流向,可以判断地势的起伏,识别河谷、山脊和地面的倾斜方向;绘图时,水系对其他要素起着骨架的作用。

普通地图上表示的海洋要素,主要包括海岸和海底地貌,有时也包括海流、潮流、海底底质、冰界、海上航行标志等。对于地理图,表示的重点是海岸线及海底地形。在地形图上,海岸线通常以蓝实线表示,而海岸线以上的沿岸地带,主要通过等高线或地貌符号表示。在小比例尺地图上,以不同形状的概括图形来区分岩岸、沙岸、泥岸等,以蓝色小点表示沙洲、浅滩,以红色珊瑚礁符号表示群礁等。海底地形可分为大陆架、大陆坡、大洋底,通常是通过水深注记、等深线加分层设色来表示。只有当海岸很平缓,有较宽潮浸地带且地图比例尺较大时才绘出 0 m 等高线。海底地貌通常是通过水深注记、等深线、分层设色和晕渲等方法来表示。

陆地水系是指一定流域范围内,由地表的水体如河流干流、若干级支流及流域内的湖泊、水库、池塘、井、泉等构成的系统。河流、运河及沟渠一般以蓝色线状符号表示,并根据地图比例尺和实地宽度的分级情况用不同粗细的线状符号表示。当河流较宽或比例尺较大时,只要正确描绘河流两条岸线即可。由于地图比例尺的关系,大多数河流只能用单线表示,符号由粗到细自然过渡。

### 3) 地貌的表示

地貌是指地表的高低起伏状态,它包括山地、丘陵和平原等。地貌不仅影响和制约着其他自然地理要素的分布,而且极大地影响人文地理要素的分布与发展。地貌的表示一般应满足以下要求:正确表示各类地貌的基本形态特征,保持地貌特征点、地性线的位置和高程的正确,反映地面切割程度,以及处理好地貌与其他要素的关系。

地图上地貌的表示法有很多,通常用等高线表示。等高线是地面上高程相同的点所连接而成的连续闭合曲线,能表示地面的起伏形态及地面的坡度和地面点的高程。根据不同地区地貌类型特点,等高线应能正确表示山脊、山头、谷地、斜坡及鞍部的形态特征。当等高线遇到房屋、窑洞、公路、沟渠等符号时应断开。

相邻等高线之间的水平距离称为等高线平距。等高线平距越小,地面坡度就越大;平距越大,则坡度就越小;平距相等,坡度相同。通常,为了弥补等高线立体感的不足,会采用地貌晕渲的方法,即根据假定光源对地面照射所产生的明暗程度,用浓淡不一的墨色或彩色沿斜坡渲染其阴影,造成明暗对比,显示地貌的起伏和形态特征。此外,使用地貌符号来补充表示等高线不能表示的小而重要的地貌形态,如岩峰、溶斗、独立石、土堆、坑穴、山洞、溶洞、火山口、冲沟、陡崖、陡坎、露岩石、陡山石、岩墙、沙地地貌、粒雪原、冰陡崖、崩崖、滑坡等。

### 4) 土质、植被的表示

普通地图上表示的土质指地表覆盖的性质,如山区的裸岩、冰川,平原上的沙地、沼泽地和盐碱地等。植被是植被覆盖的总称:天然植被中主要是森林,还包括幼林、灌木林、竹林、草本植物等;人工植被主要有经济作物地、果园、稻田等。普通地图上表示土质、植被的目的,主要是表现区域地表覆盖的宏观情况,因此表示较为概略。地形图一般要求图上能反映植被和土质的类型、分布范围、轮廓特征及与其他要素的关系。

土质和植被是一种面状分布的要素,地形图上常用地类界、说明符号、底色和说明注记相配合的方法来表示。地类界是指不同类别的地面覆盖要素的界线,通常图上用点线符号绘出其分布范围;说明符号,是指在植被分布范围内用符号说明种类和性质;底色,是指在成林、幼林等植被分布范围内套印绿色底色(网点、网线或平色);说明注记,是指在大面积土质和植被范围内加注文字和数字注记(树种、平均树高等),以说明其质量数量特征(图 1.2)。



图 1.2 土质、植被的表示

### 5) 居民地的表示

居民地也称居民点,是人类居住和进行经济、政治和文化活动的集中场所,也是很好的定向、定位目标。因此居民地不仅是地形图和普通地理图的重要内容,而且是自然地图和人文地图的地理基础底图的内容。居民地及设施的位置、轮廓图形、基本结构、通行情况、行政意义及名称应能正确表示在图上,以反映居民地的分布特征及与其他要素的关系。

从地图的角度可以将居民地分为三类:城市、集镇、村庄。从居民地平面图形和房屋特征

可将其分为四类:集团式、散列式、分散式、特殊式。从街区和街巷结构特征可将其分为:方格状、辐射状、不规则状等类型。

居民地的表示符号是正形符号,主要有:普通房屋、突出房屋、街区和街道、窑洞、蒙古包、牧区帐篷、工棚、破坏房屋等。

居民地的形状与地图比例尺有关,在大比例尺地图上,尽量用详尽的方式描绘真实形状,而在小比例尺地图上,概略地表示外围轮廓或使用圈形符号即可(图 1.3)。通过注记字体可区分居民地类型,如城镇居民地用中、粗等线体表示,农村居民地用细等线体表示。

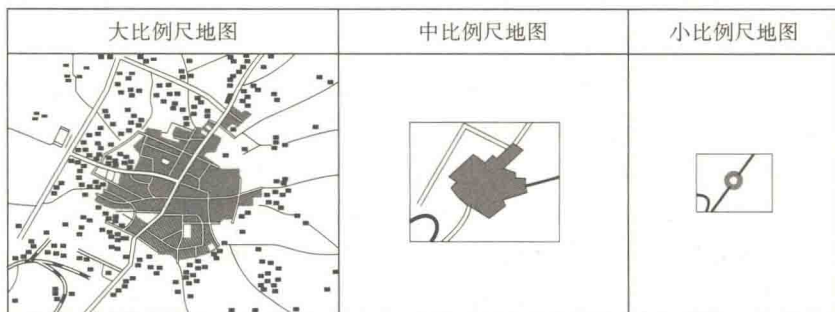


图 1.3 不同比例尺下居民地的表示

#### 6) 交通运输网的表示

交通网是各种交通运输线路的总称,包括陆地交通、水路交通、空中交通和管线运输等几类。普通地图上应正确表示道路的种类、等级、位置,反映道路网的结构特征、通行状况和分布密度,表示水运、空运及其他交通设施,正确反映交通与其他要素的关系。

陆地交通分为铁路与公路交通,一般以不同样式的双线符号表示。单线、复线铁路和建筑中的铁路均应表示,主要附属设施包括火车站、会让站等;公路主要分为城际公路和乡村道路,高速、国、省、县、乡等城际间的各等级公路均应选取,1:2.5万地形图上的小路、1:5万地形图上的乡村路和小路,以及1:10万地形图上的机耕路、乡村路、小路可适当选取表示。

水路交通分为内河航线与海洋航线。其中,内河航线常用有箭头的短线表示河流通航的起讫点,小比例尺地图有时还以颜色标明定期和不定期通航河段;海洋航线由港口和航线组成,一般在小比例尺地图上才表示。

空中交通在普通地图上是由图上表示的航空站(飞机场)体现的,一般不表示航空线。机场符号配置在机场适中位置上,机场范围内的房屋建筑、围墙、铁丝网等用相应符号表示,其他设施一律不表示。

管线运输分为管道运输、高压输电线、通信线三种,图上一般应反映管线的种类、位置及走向特征。其中,管道运输地面部分用线状符号加质量注记,地下部分只表示出入口;高压输电线在大比例尺地图上作为专门的电力运输标志,使用线状符号加电压等注记来表示;通信线,在地物稀少地区且较固定的或有方位意义的一般应表示,多行并行的择要表示。

#### 7) 境界线的表示

境界线是国界线和其他行政区划界线的总称,还包括其他一些专门的界线。国界在地图上表示国家的法定版图范围,其他政区界线也表示相应的管辖范围,因此必须精确表示。同时境界线往往也是专题制图的具体范围,如专题地图的专题内容通常只表示到国界范围之内,分区统计地图以行政界线划分制图单元。国界线都是根据政府公布的或签订的正式边界条约

及其附图绘制,或按地图出版部门正式出版的行政区划地图或标准画法图绘制,并需经有关主管部门审批。界线的转折与交会应以实线段或点表示,并注意其形状特征和准确的位置。若有两级以上行政区界重合时,只表示最高一级的行政区界。

## 2. 专题地图表示内容与方法

自然界与人类社会中,凡是具有空间分布特征的事物,几乎都可作为专题地图的内容。地理事物虽然种类繁多,差异万千,但在地图上传输的信息可概括为以下四个方面:①表示专题要素的质量差异(即类别);②表示专题要素的空间分布状态;③表示专题要素的数量差异(数量上的等级,或主次的关系);④表示专题要素的发展动态与时序变化。其中,反映要素的类别及空间分布状态是最基本的,因为地图的根本目的就是反映地理事物在空间的分布位置。专题地图的内容涉及自然界和人类社会的诸多方面,其时空分布特征也多种多样。专题地图既要反映其时空分布,也要表示其数量和质量特征及现象之间的联系。

专题要素的空间分布状态分为四种:①点状分布,相对集中于较小范围的事物;②线状分布,具有线状或带状延伸的事物;③面状分布,占有一定面积的事物;④体状分布,具有三维空间分布的事物。

专题地图表示法是指在地图上对制图要素进行符号化表示的方法,这些方法在制图实践中被逐步创造并经过较长期运用而得到不断完善。

### 1) 传统专题要素表示方法

常用的专题要素表示方法如下:

(1) 定点符号法,表示呈点状分布的物体,采用不同形状、大小、颜色的符号,表示物体的位置、性质和数量特征。由于符号定位于物体的实际分布位置上,故该方法被称为定点符号法。定点符号可分为几何符号、文字符号和艺术符号,特点是简单、区别明显,便于定位、识别、阅读。一般用颜色、形状表达质量特征,用大小(尺寸)表达数量差别,其中符号大小的变化与物体数量关系有比率和非比率两种。比率符号的尺度和它代表的数量有一定比率关系,非比率符号和它代表的数量不存在比率关系。

(2) 线状符号法,表示呈线状或带状延伸的地图要素的分布、等级和顺序等特征。线状符号法常用来表示呈线状分布的地物或不能按地图比例尺表示宽度的线状地物(或称带状事物),如河流、道路、境界线、山脊线等。通常用颜色或不同的结构表示质量特征(分类),如区分不同的地质构造线、海岸类型和不同时期的河床变迁情况等;用符号的粗细区分地物重要程度(分级),如山脊线的主次;符号的位置通常描绘于所示对象的中心线上,也有描绘于线状地物的一侧,形成一定宽度的彩色带或晕线带(如区分海岸类型等)。

(3) 范围法,用面状符号在地图上表示某种要素在制图区域内间断而成片的分布范围和状况,如表示煤田分布区、森林分布区、某种农作物分布区、自然保护区等,可分为精确范围法和概略范围法。范围使用实轮廓线和隐含轮廓线表示,内部质量特征使用颜色、网纹、符号、注记来表示。面状符号、轮廓线、面的色彩、图案、注记是主要的设计对象。范围法一般着重表示质量特征,少数情况下利用填充符号的个数、注记等方式表示数量特征。

(4) 质底法,表示连续分布、布满整个区域的面状现象,如自然区划、土地利用类型、土壤类型等。其表示手段与范围法几乎没有区别,也是在轮廓线内,用颜色、网纹、符号、注记等表示现象的质的差别。采用此法时,首先按现象的不同性质将整个制图区域进行分类或分区,设计图例,再在图上绘出各类现象的分布界线,然后把同类现象或属于同一区域的现象按图例绘成

同一颜色或同一花纹。图上每一界限范围内所表示的专题现象只能属于某一类型或某一区划,而不能同时属于两个类型或区划。

(5)量底法,是数量底色法的简称,表示具有较大范围连续分布现象的数量特征,用不同色调浓淡或网线的疏密表示整个制图区域对象的数量分级。这种表示方法可用于编制地面坡度图、地表切割密度图、切割深度图和水网密度图等。数量分级一般以5~7级为宜,而界线则根据分级和制图对象的分布特征进行勾绘。色调浓淡和网线疏密应与制图对象的数量分级相对应。该方法反映在同一制图区域内、同一种制图对象在数量上的差别。

(6)等值线法,用等值线的形式表示连续面状分布的制图现象数量特征渐变的方法。等值线法是一种很特殊的表示方法,它本身是线状符号,表达的却是布满整个区域的面状分布的现象。等值线是表达专题要素数值的等值点的连线,如等高线、等温线、等降水线、等气压线、等磁线等。对于离散分布而逐渐变化的现象,通过统计处理也可用等值线法表示。等值线的间隔最好保持一定的常数,有利于依据分布密度判断现象的变化程度。

(7)定位图表法,是一种定位于地图要素分布范围内某些地点上的、以同类型的统计图表表示范围内地图要素数量、内部结构或周期性数量变化的方法。该方法主要反映周期性现象的特征,如温度与降水量的年变化、沿河流线上各水文站观测的水文指标等。定位点通常选择有代表性的点,如代表性的气象站、水文站等。大海、大洋中的风频图表一般采用均匀配赋法。

(8)点值法,用代表一定数值的大小相等、形状相同的点,反映某要素的分布范围、数量特征和密度变化。该方法常用于反映在制图区域中呈分散的、复杂分布现象的数量指标,多用于人口、动物种群、农作物分布等专题制图。点值法表示的图中,通常点的大小及其所代表的数值是固定的,点的多少可以反映现象的数量规模,可以反映现象集中或分散的特征。点值的确定取决于比例尺和资料的详细程度,比例尺大则点数多,点值小。

(9)运动线法,又称动线法,是用箭形符号和不同宽度、颜色的条带表示现象移动的方向、路径,以及数量、质量特征,如自然现象中的洋流和风向、社会经济现象中的货物运输、资金流动、居民迁移、军队的行进和探险路线等。它可以反映点状物体的运动路线(如船舶航行)、线状物体或现象的移动(如战线移动)、分散成群分布现象的移动(如居民的迁移)、整片分布现象的移动(如大气的变化)等。一般用线状符号的宽度尺寸或色彩亮度变化表示现象的等级或数量关系,用箭头表示运动的方向,用线的位置表示移动的路径。

(10)分区统计图表法,是一种以一定区划为单元、用统计图表表示各区划单元内地图要素的数量及其结构的方法。此方法通常表示区划单元内对象的总值、结构,是一种概略表示方法,分区越小越准确,但描绘图表时受单元大小的限制。形式上该方法主要采用易计量的几何形状,如柱状、圆环形等,图表的大小采用比率符号。大部分显示绝对指标(如总值、结构和动态),也可显示相对指标(如人均国民生产总值、地均产值)。分区统计图表法能表示多种现象及其各方面特征,与之相适应的统计图表符号多种多样。常用的有线状图表、条形图表、放射线图表、金字塔图表、圆形图表等。

## 2) 新型专题要素表示方法

20世纪90年代以来,互联网时代的来临带来了信息爆炸,3S技术的发展使得空间数据的获取手段更多样,信息的传播速度和应用广度都得到空前提高。面对今非昔比的海量数据和信息,传统的制图方法并不能完全满足专题信息表达的需要。随着计算机软硬件性能的提