



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

地图学

闫顺玺 王晓雷 张金英 吴风华 田桂娥 编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”教材

地图学

闫顺玺 王晓雷 张金英 吴风华 田桂娥 编

北京
冶金工业出版社
2015

内 容 提 要

地图学研究的主要是关于地图的基本原理和规范。本书共分12章,主要讲述了地图基本知识(如地图的概念、特征、分类、构成等)、地图分幅和编号、地图的坐标系统、地图投影、地图概括、地图符号和地理变量、地图符号设计、普通地图内容表示、地图制作过程、计算机地图制图、遥感制图、地图复制等内容。

本书可作为地理信息系统、测绘、地理学、城市规划等专业的本科生和研究生教材,也可供以上专业及矿业、农业、林业、环境、地质、气象等多个领域的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地图学/闫顺玺等编. —北京:冶金工业出版社,
2015.4

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6869-9

I. ①地… II. ①闫… ②地图学—高等学校
—教材 IV. ①DP28

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第062305号



出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjchs@cnmp. com. cn

责任编辑 张耀辉 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 禹蕊 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6869-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2015年4月第1版,2015年4月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;11.5印张;274千字;170页

26.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前言

对人类个体而言,地球几乎是一个无穷大的空间,难以一窥全貌,而地图的发明和应用,是人类得以概括而全面了解地球表面的开始。

地图作为人类形象思维的一种方式,是对空间信息高度浓缩和概括的结果。学习地图学是学习空间信息可视化的表达原理和方法,其对相关学科专业课程也具有较强的辅助和支撑作用。因此,“地图学”是地理信息系统科学、地理学、测绘学、地学等学科中最重要的专业基础课之一。

本书共分为12章,其中第1章由王晓雷编写,第2~9、12章由闫顺玺编写,第10章由吴风华编写,第11章由张金英编写,书中插图由田桂娥编辑处理。全书由闫顺玺统稿和校订。

由于作者水平所限,书中不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2015年1月

目 录

1 导论	1
1.1 地图的基本概念	1
1.1.1 地图的基本特征	1
1.1.2 地图的定义	2
1.1.3 地图的构成要素	3
1.1.4 地图的简要制作过程	3
1.2 现代地图的类型、功能与应用	5
1.2.1 地图的类型	5
1.2.2 地图的功能	6
1.2.3 地图的应用	11
1.3 地图学的定义及学科体系	12
1.3.1 地图学的定义	12
1.3.2 地图学的结构及学科分支	13
1.3.3 地图学与相关学科的关系	13
重要内容提示	14
思考题	14
2 地图分幅与编号	15
2.1 地图的分幅	15
2.1.1 矩形分幅	15
2.1.2 经纬线分幅	15
2.2 地图的编号	17
2.3 国际 1:100 万地图的分幅与编号	18
2.4 我国基本比例尺地形图的分幅与编号	18
2.4.1 20 世纪 70~80 年代的分幅与编号	18
2.4.2 新的国家基本比例尺地形图的分幅与编号	20
2.4.3 编号的应用	21
2.5 内分幅地图的分幅设计	22
2.5.1 分幅的原则	22
2.5.2 分幅的方法和步骤	23
重要内容提示	24
思考题	24

3 地图的坐标系统	25
3.1 地球的形状及大小	25
3.2 坐标系	28
3.2.1 地理坐标系	28
3.2.2 地理坐标的获取	29
3.2.3 我国的大地坐标系	31
3.2.4 平面坐标系	31
3.2.5 独立坐标系	31
3.3 高程系	32
3.3.1 国家高程系统	32
3.3.2 局部高程系统	32
3.3.3 国家高程系统和局部高程系统的变换	33
3.4 地图定向	33
3.4.1 地形图定向	33
3.4.2 偏角密位制表示法	34
3.4.3 小比例尺地图定向	35
3.5 地图比例尺	35
3.5.1 地图比例尺的含义	35
3.5.2 地图比例尺的表示	36
3.6 坐标网	37
3.6.1 地理坐标网	37
3.6.2 直角坐标网	37
重要内容提示	38
思考题	38
4 地图投影	39
4.1 地图投影的概念	39
4.2 地图投影变形	39
4.3 投影变形的性质	41
4.3.1 长度比与长度变形	41
4.3.2 面积比与面积变形	42
4.3.3 角度变形	42
4.4 地图投影分类	43
4.4.1 按构成方法分类	43
4.4.2 按变形性质分类	45
4.4.3 地图投影的命名	47
4.5 几类常用投影	47
4.5.1 方位投影	47

4.5.2 圆柱投影	51
4.5.3 圆锥投影	53
4.5.4 世界地图投影	55
4.6 地图投影应用	59
4.6.1 地图投影的选择依据	60
4.6.2 地图投影的判别	61
4.6.3 一些常用投影的识别	62
4.7 我国编制地图常用的地图投影	63
4.7.1 我国基本比例尺地形图投影	63
4.7.2 我国其他地图常用投影	66
重要内容提示	67
思考题	67
5 地图概括	69
5.1 地图概括概述	69
5.2 制约地图概括的因素	69
5.2.1 地图的用途和主题	69
5.2.2 地图比例尺	69
5.2.3 制图区域的地理特征	71
5.2.4 数据质量	72
5.2.5 图解限制	72
5.3 制图综合的方法	73
5.3.1 选取	73
5.3.2 概括	73
5.3.3 定位优先级	74
5.4 实施地图概括的四个步骤	76
5.4.1 分类	76
5.4.2 简化	76
5.4.3 夸张	77
5.4.4 符号化	77
5.5 地图概括的数量分析方法和发展	77
5.5.1 图解计算法	77
5.5.2 等比数列法	78
5.5.3 区域指标法	78
5.5.4 回归分析法	78
5.5.5 开方根规律	79
5.6 地图概括的现代发展	80
重要内容提示	81
思考题	81

6 地图符号和地理变量	82
6.1 地图符号基本常识	82
6.1.1 地图符号的形式	82
6.1.2 地图符号的构成特点	82
6.1.3 地图符号的功能	83
6.1.4 地图符号的分类	83
6.2 量表在符号设计中的应用	84
6.2.1 定名量表	84
6.2.2 顺序量表	85
6.2.3 间距量表	85
6.2.4 比率量表	86
6.3 构成符号的视觉变量	86
6.3.1 形状变量	86
6.3.2 尺寸变量	87
6.3.3 方向变量	87
6.3.4 颜色变量	88
6.3.5 网纹变量	88
6.3.6 视觉变量的扩展	89
6.3.7 视觉变量的组合	90
6.4 彩色	90
6.4.1 彩色的作用	91
6.4.2 感受效应	91
重要内容提示	92
思考题	92
7 地图符号设计	94
7.1 视觉变量的感受效果	94
7.1.1 整体感和选择感	94
7.1.2 次序感	94
7.1.3 数量感	95
7.1.4 质量感	95
7.1.5 动态感	95
7.1.6 立体感	97
7.2 图形视觉的心理效果	97
7.2.1 聚类感受	97
7.2.2 视觉对比	99
7.2.3 层次结构	99
7.2.4 图形与背景	99

7.2.5 视觉平衡	100
7.3 地图符号对制图对象特征的描述	100
7.3.1 性质特征的描述	100
7.3.2 数量特征的描述	101
7.3.3 关系特征的描述	102
7.4 地图符号设计的影响因素和要求	103
7.4.1 符号设计的影响因素	103
7.4.2 符号设计的要求	106
7.5 地图注记	108
7.5.1 注记的作用	108
7.5.2 注记的分类	108
7.5.3 注记的配置与排列	108
重要内容提示	109
思考题	109
8 普通地图内容表示	110
8.1 普通地图的内容及其类型	110
8.2 自然地理要素的表示	110
8.2.1 海洋要素	110
8.2.2 陆地水系	112
8.2.3 地貌要素	114
8.2.4 独立地物	119
8.2.5 土质和植被	120
8.3 社会人文要素的表示	121
8.3.1 居民点	121
8.3.2 交通网	123
8.3.3 境界	124
重要内容提示	124
思考题	124
9 地图制作过程	126
9.1 地图设计	126
9.2 原图编绘	127
9.2.1 编绘前的准备工作	127
9.2.2 建立地图的数学基础	127
9.2.3 转绘地图内容	128
9.2.4 制作编绘原图	129
9.3 地图的出版准备	129
9.4 地图印刷	130

9.5 计算机地图制图的基本过程	130
9.5.1 地图设计	130
9.5.2 数据输入	131
9.5.3 数据处理和编辑阶段	131
9.5.4 图形输出	132
重要内容提示	133
思考题	133
10 计算机地图制图	134
10.1 计算机地图制图概述	134
10.1.1 概念	134
10.1.2 计算机地图制图的产生和发展	135
10.1.3 计算机地图制图的基本原理	135
10.1.4 计算机地图制图的优势	135
10.2 计算机地图制图技术基础	136
10.2.1 计算机图形学	136
10.2.2 数据库技术	136
10.2.3 数字图像处理	136
10.2.4 多媒体技术	137
10.2.5 数字化技术	137
10.3 数字地图的数据结构	139
10.3.1 空间数据结构	139
10.3.2 非空间数据结构	140
10.4 空间数据库技术	140
10.4.1 空间数据特征	140
10.4.2 空间数据库管理系统模式	141
10.5 计算机地图制图与地理信息系统	143
10.5.1 地理信息系统概述	143
10.5.2 专业型 GIS 软件	144
10.5.3 GIS 的空间分析	146
10.5.4 GIS 应用与地图	147
重要内容提示	148
思考题	148
11 遥感制图	149
11.1 卫星影像地图概述	149
11.1.1 遥感的发展	149
11.1.2 遥感的概念与分类	150
11.1.3 遥感的特点及其应用领域	150

11.1.4 遥感制图的信息源	151
11.1.5 卫星影像编图的种类	152
11.2 遥感制图方法	152
11.2.1 遥感制图的理论依据	152
11.2.2 遥感数字制图的方法	154
11.3 遥感专题地图制图	155
11.3.1 目视解释的专题地图	155
11.3.2 数字图像处理的专题制图	158
11.3.3 遥感系列制图	158
重要内容提示	159
思考题	159
12 地图复制	160
12.1 传统复制方法	160
12.2 彩色地图电子出版技术	161
12.2.1 地图电子出版技术的特点	162
12.2.2 地图电子出版系统的硬件构成	163
12.2.3 地图电子出版系统的软件构成	164
12.3 地图生产及出版的管理	164
12.3.1 影响地图生产成本的几个主要因素	164
12.3.2 地图审校	165
12.3.3 地图著作权	165
重要内容提示	166
思考题	166
附 录	167
参考文献	170

1 导 论

图形作为人类传输地理信息的工具,已经存在几千年。历经几千年社会的发展,地图作为人类认识客观世界、传递时空信息的方式之一,不但没有被其他形式所代替,却随着科学技术的进步,其制作精度不断提高,表现形式更加多样,应用功能不断扩大,制图理论日趋成熟,成为生产建设、科学试验、日常生活不可或缺的工具,地图学也成为一门具有完善学科体系及由多层次地图理论组成的综合性学科。

1.1 地图的基本概念

1.1.1 地图的基本特征

地图所具有的基本特征,可以概括为四个方面:数学法则、地图概括、符号系统、地理信息载体。

1.1.1.1 数学法则

地图必须遵循一定的数学法则。地图必须准确地反映它与客观实体在位置、属性等要素之间的关系。比例尺、地图投影、各种坐标系统就成了地图的数学法则。

随着对地图特性认识的深化,人们更趋向认为地图是一种客体模型,这就使地图不仅具有欧氏几何的长度、面积的比例尺,而且还具有拓扑比例的概念。

此外,地图作为一种模型,不仅是具体而现实的图形形式,还可以以数字或数学的方式来表现。

1.1.1.2 地图概括

地图必须经过科学概括——地图概括。缩小了的地图不可能容纳地面所有的现象,地图上所表示的这些信息,是在大量的地理信息中选取某些缩小的、需要的信息加以处理,并经过人类的思维与加工而形成的。这种经过分类、简化、夸张和符号化,从地理信息形成地图信息的过程就是地图概括(图1-1)。它反映了人们对所选取的地理信息内在的、本质的特征及联系的认识。

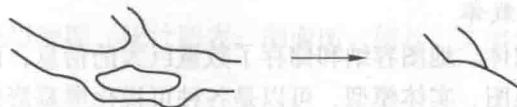


图1-1 地图概括

地图概括的目的是使地图具有明显的一览性。

地图概括可以有两个过程:对地物进行选取、化简,使用地图符号进行抽象概括并绘制到地图上,这是第一次地图概括过程;室内编绘地图时随着比例尺缩小,必须减少地物

数量,概括地物内容,这是第二次地图概括过程。

1.1.1.3 地图符号系统

地图具有完整的符号系统。地图表现的客体主要是地球。地球上具有数量极其庞大的,包括自然与社会经济现象的地理信息。只有透过完整的符号系统,才能准确地表达这种现象。制图对象的地理位置及范围、质量和数量特征、时-空分布规律与相互关系,均可用十分概括与抽象的符号加以表示(表1-1)。作为对客观事物的抽象表示——符号,不仅可以是图形,还可以广义地理解为文字注记和数字形式。

表1-1 地图符号示例

序号	名 称	图 例	序号	名 称	图 例
1	露天采掘场		4	油库	
2	塔形建筑物		5	粮仓	
3	水塔		6	打谷场(球场)	

地图由于使用特殊的地图语言来表达事物,使之具有风景画和照片都无法比拟的直观性的优点。

(1) 地面物体往往具有复杂的外貌轮廓,地图符号由于进行了抽象概括,按性质归类,使图形大大简化,即使比例尺不断缩小,图幅变小,也可以通过地图概括保持清晰的图形。

(2) 实地上形体小而非常重要的物体,如控制点、路标、灯塔等,在相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。

(3) 事物的数量和质量特征不能在照片上确切显示,如水质、温度、深度、人口性别、某地区的GDP、土壤性质、路面材料、居民地的人口数和利税等,但在地图上可以设计专门的符号和注记表达出来。

(4) 很多无形的自然和社会现象,如行政界线、某现象的传播路线、经纬线、磁力线、洋流等,在相片上都没有影像,地图上却可以用符号表达。

1.1.1.4 地理信息载体

地图是地理信息的载体。地图容纳和储存了数量巨大的信息,而作为信息的载体,可以是传统概念上的纸质地图、实体模型,可以是各种可视化屏幕影像、声像地图,也可以是触觉地图。

1.1.2 地图的定义

根据地图具有的上述特性,可以给地图下一个比较科学的定义:它是遵循一定的数学法则,将客体上的地理信息,通过科学地概括,并运用符号系统表示在一定载体上的图

形,以传递它们的数量和质量在时间与空间上的分布规律和发展变化。

随着科学技术的进步,地图的定义不断地发展变化。例如,人们的研究对象在地球各圈层的空间不断增加,开始涉及月球及其他行星;地图的数据获取方式由于卫星和其他航天器的使用更加丰富;地图制图技术不断发展,应用领域越来越广等。为此,对地图的定义也会出现许多不同的见解。

现在,地图可以用数字的形式储存和传达,同模拟形式转化方便,可以对地图内容进行任意检索、显示和叠加。围绕这些发展,自然会产生许多的新理论、新技术,地图的定义也会不断拓展延伸。

1.1.3 地图的构成要素

地图的构成要素有:图形要素、数学要素、辅助要素及补充说明(图1-2)。



图1-2 地形图要素

(1) 图形要素。它是地图所表示内容的主体,把自然、社会经济现象中需要表示为地图内容的数量、质量、空间、时间状况,运用各类地图符号表示出来而形成图形要素。地图上的各种注记也属符号系统,它们都是图形要素的组成部分。

(2) 数学要素。它是保证地图具有可量性、可比性的基础。地图的数学要素主要包括地图投影、坐标系统、比例尺、控制点等。

(3) 辅助要素。它说明地图编制状况并提供方便地图应用所必须的内容。大部分辅助要素被安置在主要图形的外侧。其要素包括图名、图例、地图编号、编制和出版本图的单位及时间、主要编图过程及参数。辅助要素也是保证地图完整性及地图使用中不可缺少的部分。

(4) 补充说明。它是以地图、统计图表、剖面图、照片、文字等形式,对主要图件在内容与形式上的补充。

图1-2以地形图为例说明了各类要素在图面上的配置情况。

1.1.4 地图的简要制作过程

地图的获取方法包括实测成图与编绘成图。

1.1.4.1 实测成图

实测成图法一直是测绘大比例尺地图最基本的方法。其工作过程主要包括四个步骤:

首先在国家控制网点的基础上进行扩展,加密成实测地图所需的图根控制点或网;其次以图根控制点为标准,对实际地物的平面位置及高程进行测量;然后转入内业,对图件进行整理、清绘;最后制作成地图(图1-3)。



图1-3 实测成图过程

实测的方法可以分为地面和高空两种:

(1) 地面实测。以前测量主要使用平板仪、经纬仪,现在基本采用全站仪,将野外点位的各种数据在实测的同时一起输入仪器内由计算机储存、计算,使成图工作量大为减轻,精度大为提高(图1-4)。

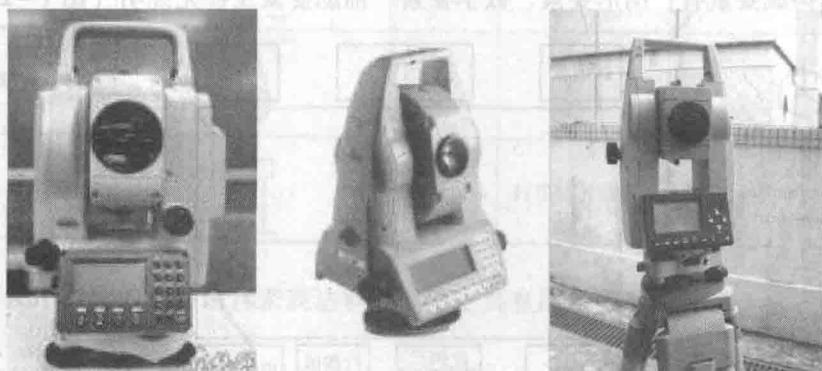


图1-4 地面实测成图仪器

(2) 高空实测。主要手段是航摄成图,通过航摄仪器获得地面影像后,转入室内进行各种处理,并对实地调绘后形成地图(图1-5)。

这是目前由政府专业机构进行大比例尺地图测绘的主要方法。

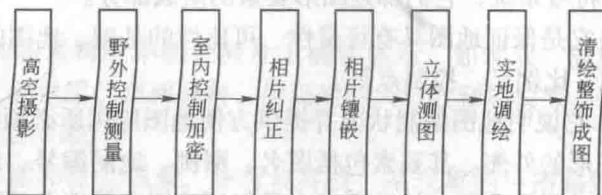


图1-5 航摄成图过程

1.1.4.2 编绘成图

A 传统编绘成图

传统的编绘成图法是把实测所得的大比例尺地图,根据需要逐级缩小,编制成各种较小比例尺的地图。其主要过程可分为编辑准备、编绘、清绘、制印四个步骤。此方法工作量繁重,成图周期长。

B 遥感制图

遥感制图信息源一般是卫星遥感的数据或影像。主要工作过程:资料准备→图像处理→图像判读→地图要素转绘→清绘整饰→地图制印。

与传统的编制地图相比,遥感制图具有以下优点:为地图资料增加了可靠的信息源;突破了只能从大比例尺逐渐缩小制成较小比例尺地图的成图程式,而可以从小比例尺的影像经过适度放大形成较大比例尺的影像后成图;目前,遥感制图从图像处理一直到地图印制都可运用计算机进行,并与GIS等结合而成为计算机制图工艺的组成部分。

C 计算机制图

计算机制图工作过程可概括为四部分:数据获取及输入→数据处理→图形显示与输出→地图印制。

1.2 现代地图的类型、功能与应用

1.2.1 地图的类型

凡是具有空间分布的任何事物和现象,不论是自然要素还是社会现象,不论是具体客观存在的事物,如道路、河流,还是抽象假设的概念,如宗教信仰,都可以以地图的形式加以表现。地图可以按照它所表达的现象、比例尺大小、符号的特点、载体的不同、年代的不同等从多种角度进行分类。

1.2.1.1 按图型分类

地图按图型分类,有普通地图与专题地图之分。

A 普通地图

普通地图是表示自然地理和社会经济一般特征的地图,它并不偏重某个要素。其基本要素包括:水文、地形、交通网、居民地、境界、土质、植被及一些常用的社会、经济、文化要素。

普通地图按内容的概括程度、区域及图幅的划分状况分为地形图和地理图。

(1) 地形图——比例尺大于100万的普通地图,是国家按照统一的数学基础、图式图例,统一的测量和编图规范要求,经过实地测绘或根据遥感资料,配合其他有关资料编绘而成的一种普通地图。我国把1:5000、1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万、1:25万(原1:20万)、1:50万、1:100万八种比例尺的地形图定为国家基本比例尺的地形图。

(2) 地理图——比例尺小于100万、概括程度比较高的一种普通地图,可以比较全面地反映制图区域的自然和社会经济的一般面貌,如地形、水系、居民地、交通网、境界、土质、植被等现象。

B 专题地图

专题地图是着重表示一种或几种主题要素及它们之间互相关系的地图。主题要素可以为普通地图固有的内容,也可为专业部门需要的内容。主题要素详细表示,其他要素视主题要素需要作为地理基础选绘。

专题地图按内容的专题性质又可以分为自然地图、人文地图及其他专题地图。

1.2.1.2 按比例尺分类

地图比例尺的大小决定着地图内容表示的详细程度、一幅地图包括的制图范围以及地图量测的精度。目前,我国把地图按比例尺划分为下面几类:

(1) 大于等于1:10万比例尺的地图,称大比例尺地图。

(2) 小于1:10万、大于1:100万比例尺的地图,称中比例尺地图。

(3) 小于等于1:100万比例尺的地图,称小比例尺地图。

也有个别部门对大、中、小比例尺的划分方式与上述有所不同。如城市规划及其他工程设计部门常把比例尺大于1:1万的地图称为大比例尺地图,1:1万至1:5万的地图称为中比例尺地图,小于1:5万的为小比例尺地图。

1.2.1.3 按区域分类

地图制图的区域范围可按自然区域和行政区域两方面划分:

按自然区域范围从整体到局部、从大到小进行分类可以包括多个层次:星球图或全球地图;半球地图,如东半球地图、西半球地图、南半球地图、北半球地图;亚洲、欧洲、非洲等大洲地图;大洋地图,如太平洋地图、大西洋地图、印度洋地图等;还有局部区域地图,如青藏高原地图、华北区域地图、四川盆地地图、黄河流域地图等。

按行政区域可分为国家地图以及下属的一级行政区、二级行政区以及更小的行政区区域地图,如世界地图、国家地图、省(自治区、直辖市)地图、市(县)地图和乡镇地图等。

1.2.1.4 按地图的视觉化状况分类

地图按视觉化状况分类可有实地图与虚地图。实地图是空间数据可视化的地图,包括纸介质和屏幕地图。它是将地图信息经过抽象和符号化以后在指定的载体上形成的。虚地图指存储于人脑或电脑中的地图,前者即为“心象地图”,后者即为“数字地图”。实地图和虚地图可相互转换,如屏幕地图与存储在磁带上的数字地图。

1.2.1.5 按地图的瞬时状态分类

地图按瞬时状态可分为静态地图和动态地图。静态地图所表示的内容都是被固化的,以静态地图来反映动态事物,可以借助于地图符号的变化或同一现象不同时相静态地图的对比来实现。动态地图是连续快速呈现的一组反映随时间变化的地图,只能在屏幕上以播放的形式实现。

1.2.1.6 按地图维数分类

地图按维数分类可有平面地图及立体地图。平面地图即二维地图,是我们平时使用的纸质或屏幕地图。目前,在三维地图基础上利用虚拟现实技术,通过头盔、数据手套等工具,形成了一种称为“可进入”地图的新品种,能让使用者产生亲临其境的感觉。

1.2.1.7 按其他指标分类

除前述分类外,地图还可按用途、语言种类、出版和使用方式、地图感受方式、历史年代划分。

1.2.2 地图的功能

地图的功能从总体上可归纳为认知功能、模拟功能、信息载负功能、信息传递功能等几个方面。

1.2.2.1 认知功能

地图的认知功能主要体现在空间认知方面。空间认知是指人们认识自己赖以生存的环境中诸事物和现象的相关位置、依存关系、变化和规律。地图不仅是对空间环境的模拟和