

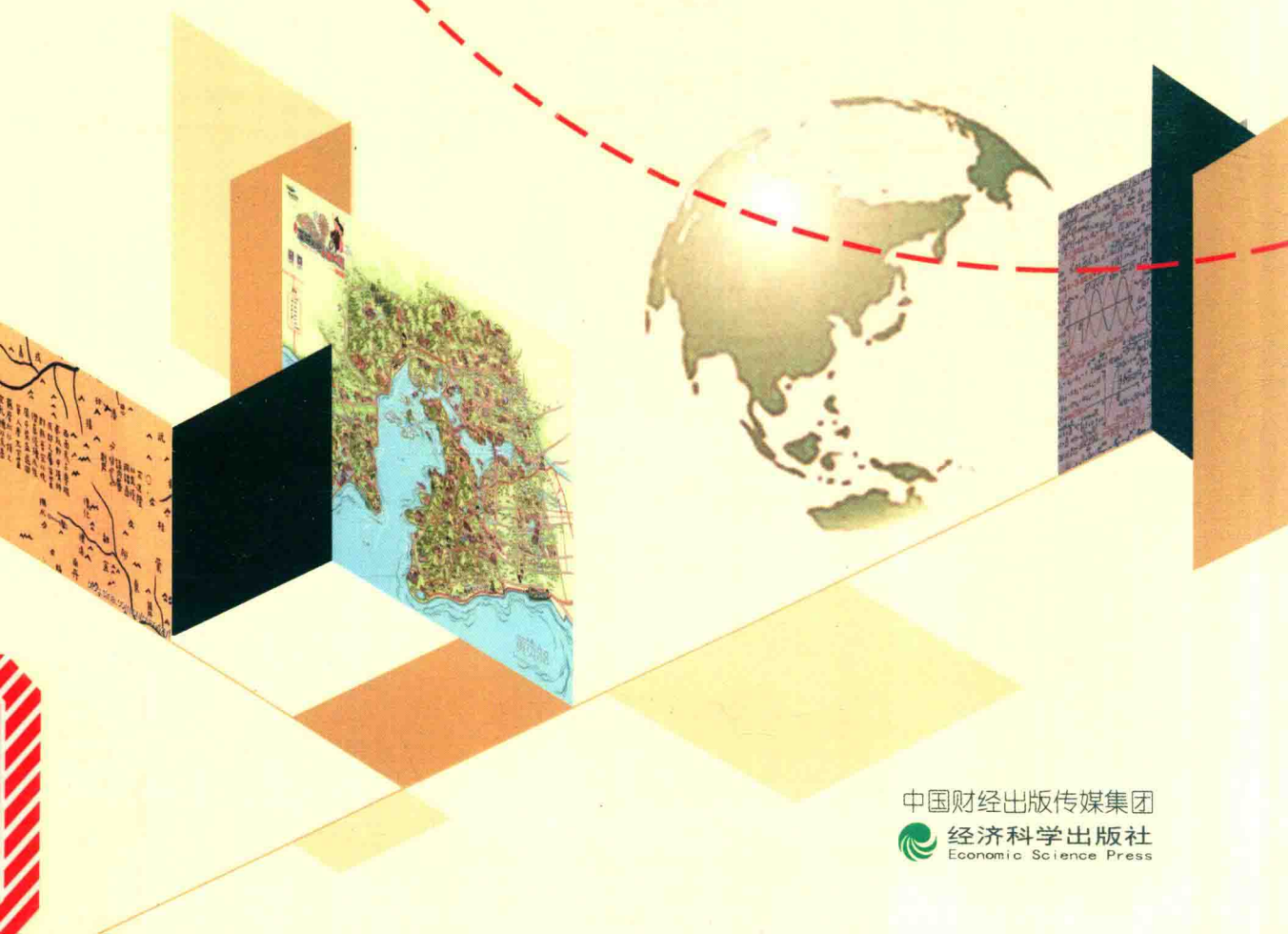
中央财政支持地方高校发展专项资金  
贵州省特色重点学科建设支持项目

公共管理导引与案例系列教材

# 地图学 导引与案例

DITUXUE  
DAOYINYUANLI

姜 丽 主编



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社  
Economic Science Press

中央财政支持地方高校发展  
贵州省特色重点学科建设

公共管理导引与案例系列教材

# 地图学 导引与案例

DITUXUE  
DAOYINYUANLI

姜 丽 主编

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社  
Economic Science Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

地图学导引与案例/姜丽主编. —北京: 经济科学出版社, 2017. 5

公共管理导引与案例系列教材

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8062 - 6

I. ①地… II. ①姜… 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 (2017) 第 117303 号

责任编辑: 周秀霞

责任校对: 杨 海

责任印制: 潘泽新

## 地图学导引与案例

姜 丽 主 编

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷有限公司印刷

三河市华玉装订厂装订

787 × 1092 16 开 15.25 印张 310000 字

2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8062 - 6 定价: 46.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

# 前言

---

地图学课程具有多学科集成、渗透性强、应用范围广、理论与技术并重等特点，形成了地图学课程在专业教育课程体系中的重要地位。尽管近年来出版了大量地图学的优秀书籍，但作为高校本科学生的地图学实操配套的、易于操作的书籍还是较缺乏。如何针对地图学制图技术的最新发展，体现学科前沿与发展动向，是地图学本科专业教育所面临的一个重要课题，也是本书编写的主要目的。

通过本书的学习，读者能够对地图学基本原理和地图制图有清晰的了解，并能够掌握地图学软件的具体操作方法，实现从学习到应用的转化。

全书各章分为两个部分即导引与案例。导引部分主要包括地图理论知识：地图及地图学的基本概念、地球体与地图投影、地图数据源、地图概括、地图符号、地图表示、地图编辑、地图分析和数字地图制图等。案例部分则根据地图学理论知识模块，设计相关案例。

全书在编写过程中得到了贵州财经大学公共管理学院相关领导的支持，特别是王飞跃教授、金莲教授亲自指导并提出宝贵意见，在此表示感谢。

全书各章撰写分工如下：

姜丽：第一章、第二章、第三章、第五章、第六章、第七章、第九章、第十章；孙静：第四章；张月娥：第八章。全书最后由姜丽修改定稿。

由于水平有限，难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

# 目 录

## Contents

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 第一章 导论 .....                              | 1  |
| 第一节 地图的基本特征和定义 .....                      | 1  |
| 第二节 地图分类与功能 .....                         | 5  |
| 第三节 地图学定义与相关学科 .....                      | 9  |
| 第二章 地图的数学基础 .....                         | 15 |
| 第一节 地球体与坐标系 .....                         | 15 |
| 第二节 地图投影基本理论 .....                        | 19 |
| 第三节 常用的地图投影及应用 .....                      | 26 |
| 第四节 比例尺 .....                             | 31 |
| 第五节 ArcGIS 中的坐标系 .....                    | 33 |
| 【案例 2-1】 基于经纬度的栅格地图配准 .....               | 35 |
| 【案例 2-2】 地图投影应用——以中国政区图为例 .....           | 41 |
| 第三章 地图数据采集与处理 .....                       | 44 |
| 第一节 地图数据源概述 .....                         | 44 |
| 第二节 数据的采集与编辑 .....                        | 49 |
| 第三节 地理数据库 .....                           | 54 |
| 【案例 3-1】 基于 ArcGIS 的图形编辑——以“飞地”编辑为例 ..... | 56 |
| 【案例 3-2】 基于 ArcGIS 的空间数据处理 .....          | 61 |
| 【案例 3-3】 地图数据源——以气象站经纬度数据成图为例 .....       | 64 |
| 【案例 3-4】 地图矢量化检查与修正——以行政区划图为例 .....       | 66 |
| 第四章 地图概括 .....                            | 71 |
| 第一节 地图概括的基本概念 .....                       | 71 |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 第二节 地图概括的影响因素 .....                      | 74         |
| 第三节 地图概括的基本方法 .....                      | 77         |
| 【案例 4-1】 地图概括在土地利用现状图缩编中的应用 .....        | 84         |
| 【案例 4-2】 制图综合技术在林业专题地图编制中的应用 .....       | 89         |
| <b>第五章 地图符号 .....</b>                    | <b>96</b>  |
| 第一节 地图符号概述 .....                         | 96         |
| 第二节 地图符号的设计 .....                        | 104        |
| 【案例 5-1】 地图符号库制作与调用——以土地利用现状分类符号为例 ..... | 111        |
| 【案例 5-2】 地图注记——以等高线标注为例 .....            | 117        |
| 【案例 5-3】 ArcGIS 环境下复杂地质符号的制作 .....       | 122        |
| <b>第六章 地图表示法 .....</b>                   | <b>128</b> |
| 第一节 普通地图要素表示法 .....                      | 128        |
| 第二节 专题地图要素表示法 .....                      | 131        |
| 第三节 ArcGIS 专题地图表示方法设置 .....              | 141        |
| 【案例 6-1】 专题地图表示法选择——以贵阳市人口地图制作为例 .....   | 146        |
| 【案例 6-2】 普通地图表示法——以地貌晕渲图制作为例 .....       | 147        |
| 【案例 6-3】 地理数据定性与定量组合表示——以城市人口地图为例 .....  | 152        |
| <b>第七章 地图分析与应用 .....</b>                 | <b>156</b> |
| 第一节 地图分析与应用概述 .....                      | 156        |
| 第二节 空间分析的基本方法 .....                      | 158        |
| 【案例 7-1】 地图分析——以耕地坡度分级图编制 .....          | 167        |
| 【案例 7-2】 地图分析——以某区域退耕还林还草空间决策分析为例 .....  | 170        |
| 【案例 7-3】 地图分析——以学校选址为例 .....             | 174        |
| <b>第八章 专题地图设计与编制 .....</b>               | <b>185</b> |
| 第一节 专题地图设计与编制概述 .....                    | 185        |
| 第二节 ArcGIS 专题地图制作方法 .....                | 191        |
| 【案例 8-1】 土地人口承载力专题地图制作 .....             | 199        |
| 【案例 8-2】 利用缓冲和阴影进行主图美化 .....             | 202        |
| 【案例 8-3】 地图整饰——坐标网格设计 .....              | 205        |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 第九章 普通地图编制 .....                                 | 208 |
| 第一节 普通地图概述 .....                                 | 208 |
| 第二节 国家基本比例尺地形图分幅和编号 .....                        | 212 |
| 第三节 地理图的编制 .....                                 | 217 |
| 【案例 9-1】 分省普通地理图数据建库——以新世纪版<br>《国家普通地图集》为例 ..... | 220 |
| 【案例 9-2】 ArcGIS 制图表达在地形图生产中的应用 .....             | 222 |
| 第十章 数字地图制图 .....                                 | 225 |
| 第一节 数字地图制图概述 .....                               | 225 |
| 第二节 数字地图制图方法 .....                               | 227 |
| 参考文献 .....                                       | 233 |

# 第一章

## 导 论

### 第一节 地图的基本特征和定义

#### 一、地图的基本特征

地图是用来描绘地理对象的主要载体，又是人类认识周围客观环境和事物的结果。随着地图应用领域不断扩大和使用价值的提高，人们逐渐认识并归纳出只有地图才具备的一些基本特性，表明人们对地图的理解不断深入，从而获得对地图定义的认识。

#### （一）地图必须遵循一定的数学法则

地图是按严格的数学法则编制的，它具有地图投影、地图比例尺和坐标系等数学基础。通过严密的数学法则，保障地图具有足够的精确性，实现地图的可量测性和可比性。

地图总是以缩小的图形反映远大于视野的地理信息，通常要将地球球面的景象和事物转换为平面状态表示；并且地图必须准确地反映它与实体在位置、属性之间的关系。从不规则地球表面（自然表面）到地图，首先将地球自然表面上的物体沿铅垂方向投影到大地水准面上。由于大地水准面也是一个不规则的球面，无法用解析的方法精确描述，需要经过椭球面去代替它，然后再将椭球面经过地图投影转成平面。经过上述步骤，可以将椭球面上的经纬线投影到平面上，建立坐标系统，最后按比例尺缩小到可视化程度。

## （二）有目的的地图概括

地图是地球表面缩小了的图形，地图上所能表达的图形总是有限的。如果采用机械的缩小地球表面现象时，地图图面显得复杂和混乱。为了达到在地图上既能使读者看到清晰易读的图形，又能保证地图内容详细程度，这就要引入地图概括（制图综合）的概念。地图概括就是根据制图目的，选取重要的、典型的地理对象表示在地图上，而舍去次要的、较小的地理对象；同时对地理对象形状、数量和质量特征进行简化。实施地图概括可以解决地图图面载负量有限和制图内容繁多之间的矛盾，使地图具有清晰性和一览性。经过长期理论研究和生成实践经验的积累，建立了系统的地图概括理论，逐渐形成了一些手工和自动的制图综合方法。

## （三）地图具有完整的符号系统

地球表面包括数量极其强大的自然与社会经济现象的地理信息。当人们将地理对象描述到地图平面上时，不可能做到“有什么画什么”或者“是什么画什么”，如：地面上一些被遮盖的隧道、地下管线、水下建筑等；复杂的地物外貌轮廓（海岸线、植被覆盖）；无形的自然和社会现象，如行政区划界线、等值线等。要解决地图图形与地理对象原貌之间矛盾，只有通过完整的、抽象的地图符号系统。地图符号系统是地图的语言，采用符号系统，可以系统地表达和传递一切与地理空间相关的地理信息，包括自然与人文要素、可见与不可见地理现象、定性与定量特征、空间分布与时间变化。采用特定的符号系统解决了地理复杂现象与地图表现形式之间的矛盾，使地图具有直观性和易读性（见图 1-1）。

综上所述，数学法则解决了地球曲面与平面之间矛盾，制图综合法则解决了地理要素复杂性与地图表象之间的矛盾，符号化法则解决了地表原貌与地图抽象性之间的矛盾。数学法则、综合法则和符号法则就构成了地图内容的地理基础，是地图区别于其他记录地面载体的基本特征。

## 二、地图定义

地图的定义是随着人类社会和科学技术的进步而发展变化的。20 世纪中叶前，人们把地图说成是“地球表面在平面上的缩写”，该定义简单明了但不确切。它不能充分表达地图所具有的特征，也无法与地面风景画、航片和卫片准确地加以区分。后来有学者提出“地图是周围环境的图形表达”，该定义强调地图图形符号的抽象概括功能，但没有重视地图传递交流、模拟模型等功能。又有学者认为“地图是反映自然和社会现象的形象符号模型”重视了地图对客观的模拟与模型，但却忽略了传递交流、

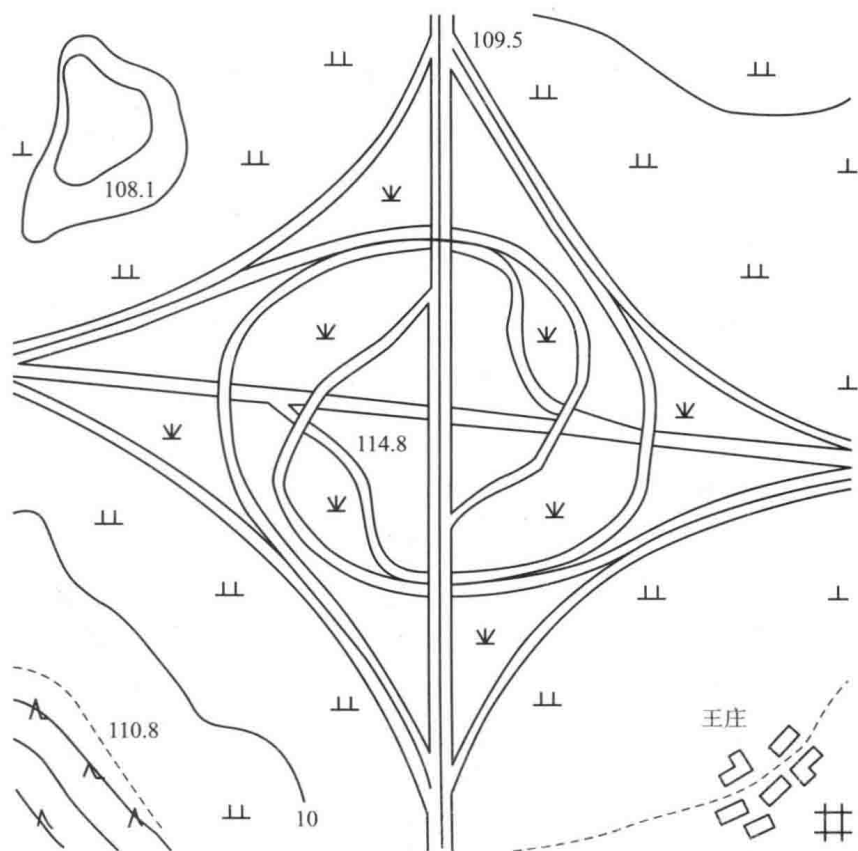


图 1-1 地图符号系统

认知感受等功能。还有人提出“地图是信息传递的通道”强调地图的传递交流功能，但未重视地图对客观世界的模拟模型与认知感受等功能。国际地图学协会（ICA）1987 年成立的地图学定义与概念工作组给地图的定义是“地图是地理现实世界的表现或抽象，以视觉的、数字的或触觉的方式表现地理信息的工具”。该定义重视了地图符号抽象模拟功能和多元表达形式，但从地图基本特性和功能作用方面来审视，仍显得不够准确与系统概括。

我国地图学教科书对地图的定义多年来一直是“地图就是按照一定的数学法则、运用符号系统，概括地将地球上各种自然和社会经济现象缩小表示在平面上的图形”（廖克，2003）。这个定义反映了地图的基本特性，但未明确现代地图的各种功能特征。2000 年，地图学者王家耀教授在他《理论地图学》专著中给地图下的定义是“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”。这个定义明确了地图信息负载和传递的功能，但未概括出地图的其他功能，对地图的符号特性也未提到。

综合上述地图定义和地图的基本特征，本书将地图定义为：地图是遵循一定的数

学法则,将地球上的地理信息,通过科学的概括,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(毛赞猷等,2008)。当然,随着人们对地图的理解不断深入,对地图的定义也就更加科学。

### 三、地图的构成要素

地图的构成要素有:数学要素、地理要素、辅助要素及补充说明。

#### (一) 数学要素

数学要素是数学基础在地图上的表现,是地图最基本的要素。主要包括地图投影、坐标系统、比例尺、控制点等,它们是保证地图具有可量测性、可比性的基础。

地图投影的实质是将地球椭球面上的经纬网按一定的数学法则转移到平面上,采用不同数学解析法可以得出不同的经纬网格,即不同的地图投影,如我国地图常用兰伯特投影和高斯投影。坐标网是绘制地图内容图形的控制网,分为地理坐标网和平面直角坐标网。地理坐标网又称为经纬线网,用于确定地面点的地理坐标,经线对应南北方向,纬线对应东西方向,在野外使用地图时可以用来判定方位。平面直角坐标网也称为方里网或公里网,用来准确表示点位。我国国家地形图系列中,1:1万至1:25万比例尺地形图才绘制平面直角坐标网,不同比例尺地形图公里网网格大小有相应规定。地图是地球空间的缩小,地图上所表示的空间尺度称作比例尺。地图比例尺一般有数字比例尺、文字比例尺和图解比例尺等格式。

#### (二) 地理要素

地图的地理要素是地图表示内容的主题,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。自然要素主要包括地形地貌、水系、植被和土质等;社会经济要素包括交通、居民点、境界线等。地图图形要素除表示自然地理要素和社会经济要素以外,还可以表示医疗卫生(医院)、文化历史(学校、文物)、科学(观测站)等标志。

#### (三) 辅助要素

地图辅助要素也称为地图图边要素。地图辅助要素说明地图编制状况及为方便地图应用所必须提供的内容,其要素包括:图名、图例、地图编号,编制和出版本图的单位、时间,主要编图过程及参数(见图1-2)。

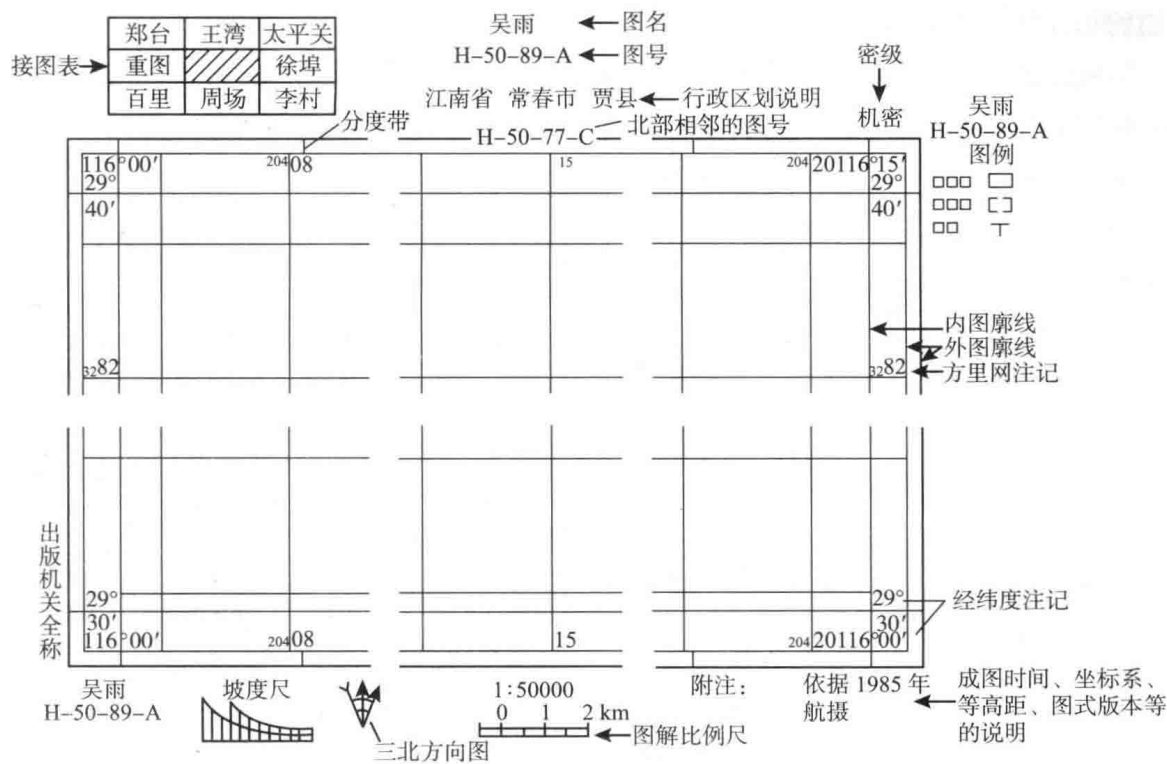


图 1-2 地形图辅助要素

资料来源：毛赞猷等：《新编地图学教程（第二版）》，高等教育出版社 2008 年版。

（四）补充说明

地图的补充说明是统计图表、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，可根据需要配置在主要图面的适当位置。

第二节 地图分类与功能

一、地图的分类

（一）按主题（内容）分类

按地图的内容分类分为普通地图和专题地图。

1. 普通地图。普通地图是指以相对平衡的详细程度表示水系、地貌和土质、植被、居民地、交通运输网、境界等七大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一般状况，也可以反映出自然、社会经济诸方

面的相互联系的基本规律。普通地图按比例尺和概括程度可以分为地形图和地理图。

地形图通常是指比例尺大于或等于 1:100 万,按统一的数学基础、图式图例,统一的测量和编绘规范,经实测或编绘而成的一种普通地图。我国基本比例尺地形图系列为 1:100 万、1:50 万、1:25 万、1:10 万、1:5 万、1:2.5 万、1:1 万、1:5 千。地理图是比例尺小于 1:100 万的普通地图。地理图概括程度较高,以反映地理环境要素基本分布规律,地理图又称为一览图。地理图的地势要素多以等高线加分层设色表示,或配以晕渲以加强立体感。地理图没有固定的比例尺系列,也没有统一的规范和图式。

2. 专题地图。专题地图是根据专业方面的需要,以一种或几种地理要素为主题的地图。作为地图主体的要素,应表示得很详细,而其他要素则视反映主题的需要,作为地理基础有选择地表示。专题地图按类型包括自然地图、社会经济地图、环境地图及其他专题地图。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,但属于专业部门特别需要的内容。如人口密度图,行政区划界线和居民点是普通地图上有的地理要素,而人口密度指标则是专业需要。

## (二) 按比例尺分类

地图按比例尺通常分为大比例尺地图、中比例尺地图和小比例尺地图。由于比例尺不能直接体现地图的内容和特点,所以一般把比例尺分类作为地图内容分类的辅助标志。如:国家测绘部门将 1:5 千、1:1 万、1:2.5 万、1:5 万、1:10 万、1:25 万、1:50 万和 1:100 万 8 种比例尺地形图规定为国家基本比例尺地形图。其中:大比例尺地形图:1:5 千~1:10 万;中比例尺地形图:1:25 万和 1:50 万;小比例尺地形图:1:100 万。专题地图中,小于比例尺 1:100 万的地图也可以称为小比例尺地图;比例尺介于 1:10 万~100 万的地图称为中比例尺地图,大于 1:10 万的地图称为小比例尺地图。

## (三) 按制图区域分类

地图按制图区域分类,就是按地图所包括的空间加以区别,可以分为多个层次。如:

1. 星球图、地球图。
2. 世界图、大洲图、大洋图、半球图。
3. 国家及其下级行政区划地图。
4. 局部区域地图,如海域图、海湾图、流域图。

## (四) 地图按用途分类

按地图的用途分类地图可以分为军用图、民用图、教学图、航空图、航海图、交通图、旅游图、规划图、邮政通讯图、参考图。

地图的分类除按上述分类标准外，还可以按使用方式、出版方式、历史年代和存储介质等进行分类。按使用方式可以分为挂图、野外用途等；按出版方式可以分为单幅图和地图集；按历史年代可以分为古地图、近代地图和现代地图；按存储介质可以分为电子地图、数字地图、纸质地图等。

二、地图的功能

随着现代科学技术的发展和地图应用领域的拓展，地图功能有了新的发展，人们可以利用地图去了解、解释和分析客观世界地理对象之间的发展、变化规律。

(一) 地图信息的传递功能

地图是传递地理空间信息的通道和交流地理空间信息的工具。捷克斯洛伐克地图学家柯拉斯尼 (A. Kolacny) 于 1969 年首先提出了地图信息传递系统模型 (见图 1-3)，用以描述地图传递的特征。地图信息传递过程与一般信息传递过程大体相同，即编图者 (信息发送者) 把对客观世界 (制图对象) 的认识经过选择、分类、简化、符号化 (编码过程)，通过符号化地图 (传递通道) 传递给用图者，用图者经过符号识别、分析、解译 (译码过程)，形成再现的对客观世界的认识。

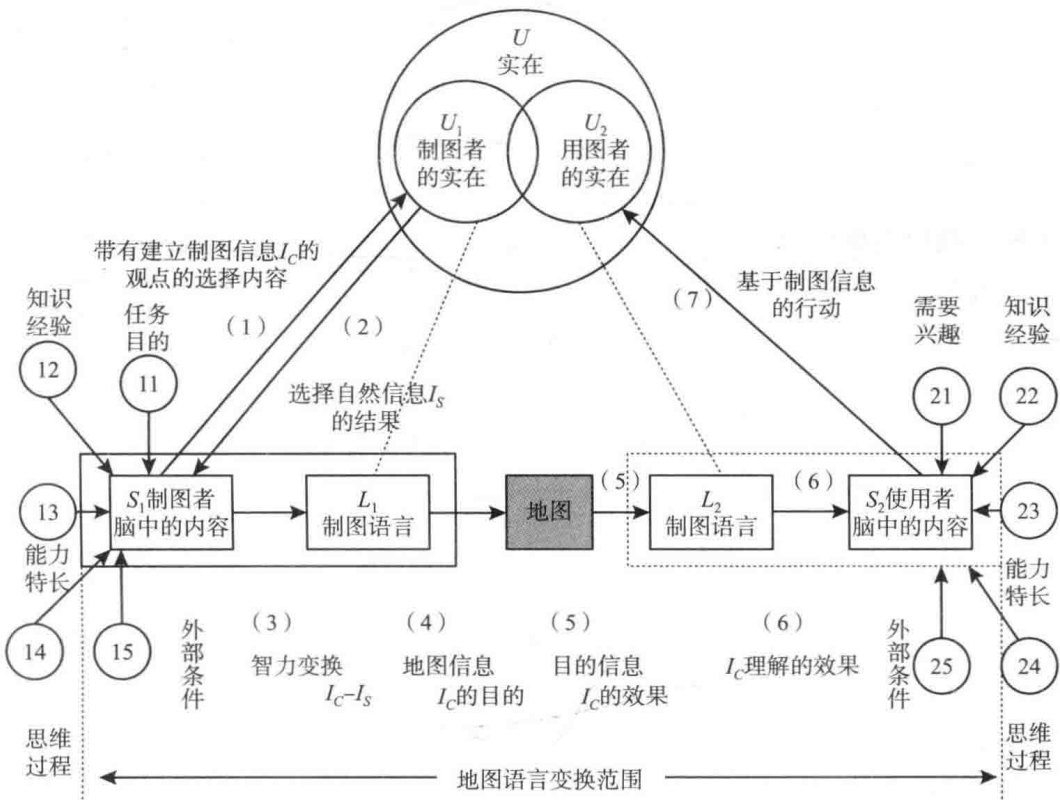


图 1-3 柯拉斯尼的地图信息传递模型

(二) 地图信息的载负功能

地图是容纳地理空间信息的载体，是存储地理信息的根据和手段。地图信息包括直接信息和间接信息两部分组成。直接信息是地图上用图形符号直接表示的信息，如水系、植被、土质、居民点等，人们通过阅读地图很容易获得；间接信息则要通过解译、分析等思维活动，经过综合才能获得，如利用坡度尺可以量算地形图上两点之间的坡度数据（见图 1-4）。

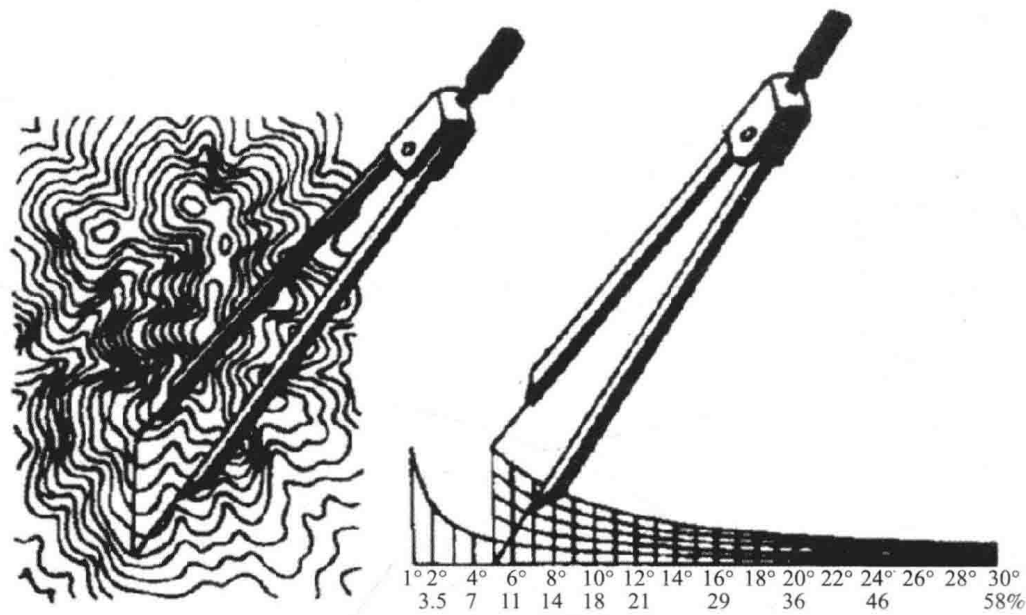


图 1-4 坡度尺量算坡度数据

(三) 地图的模拟功能

地图是客观世界的缩小和概括，是用抽象和概括的方法再现客观世界制图对象的分布和结构组合的概念空间模型。例如，地形图上的等高线本身并不是真实客观存在，但利用等高线可以进行地形的模拟（见图 1-5）。地图是用符号系统反映制图对象的形象符号模型，不仅可以表示制图物体数量、质量特征的图形数学模型，还可以反映其随时间的变化和发展，如地图作为时空模型，可以在灾害的预测、发生过程和变迁中发挥作用。

(四) 地图的认知功能

地图是信息源，人们通过地图阅读、量测等分析，获取制图区域事物与现象的数量指标信息，或运用数学方法、比较方法、归纳演绎方法对地图进行统计与模型分析，获得制图对象的性质、类别、变化趋势等信息。地图不仅反映客观世界，而且能够认识客观世界。地图认知功能包括两个方面：一是空间认知，即获取地理对象的空间的位置、范围、格局、相互关系及其变化；二是图形认知，是从地图信息的质量特

征和数量特征，在分布规律与区域差异上的认知。

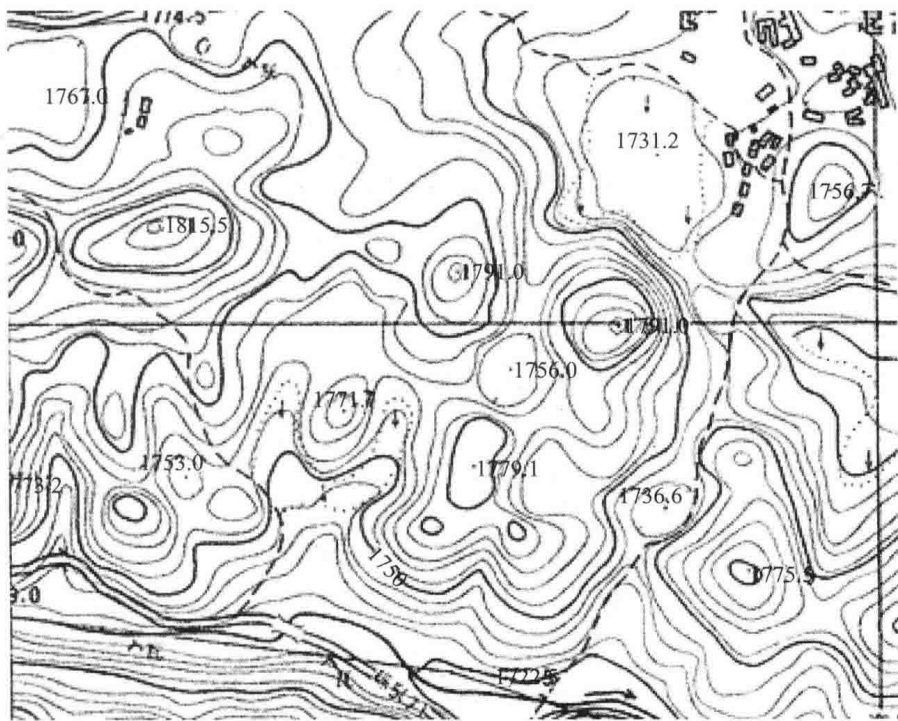


图 1-5 等高线法表示地貌

### 第三节 地图学定义与相关学科

地图的历史悠久，但在漫长的历史中，由于缺乏系统的理论指导，从而极大地妨碍了地图学学科的发展。把地图学作为一门学科，对地图的理论和方法进行系统的研究，国际上实际是从 20 世纪 30 年代才真正开始的。传统地图学是 20 世纪 50 年代末和 60 年代初以前地图学成果的积累和科学的总结，是现代地图学形成与发展的基石和起点。

#### 一、现代地图学的概念

传统的地图制图学侧重于用手工的方法来编制普通地图和专题地图，而现代地图学是一个包括数字化成图、地图分析和应用的综合过程，更侧重于数字制图的软硬件环境、空间数据结构及其数据库、地图数字化以及数字地图的输出等内容。随着信息化时代地图学者对地图本质的探究和认识，可以将现代地图学定义为（廖克，2003）：“以地学信息传递与地学数据可视化为基础，以区域综合制图与地图概括为核心，以地图的科学认知与分析应用为目的，研究地图的理论实质、制作技术和使用方法的综合性科学。”该定义更为概括地表达现代地图学的本质，有利于地图学学科的发展。

二、现代地图学的学科体系

从现代地图学的定义可以看出现代地图学研究内容由理论、技术与应用三个方面所构成，即已形成了理论地图学、地图制图学和应用地图学三个二级学科（廖克，2003），向下又可分出许多三级学科，构成了现代地图学的完整学科体系结构（见图 1-6）。

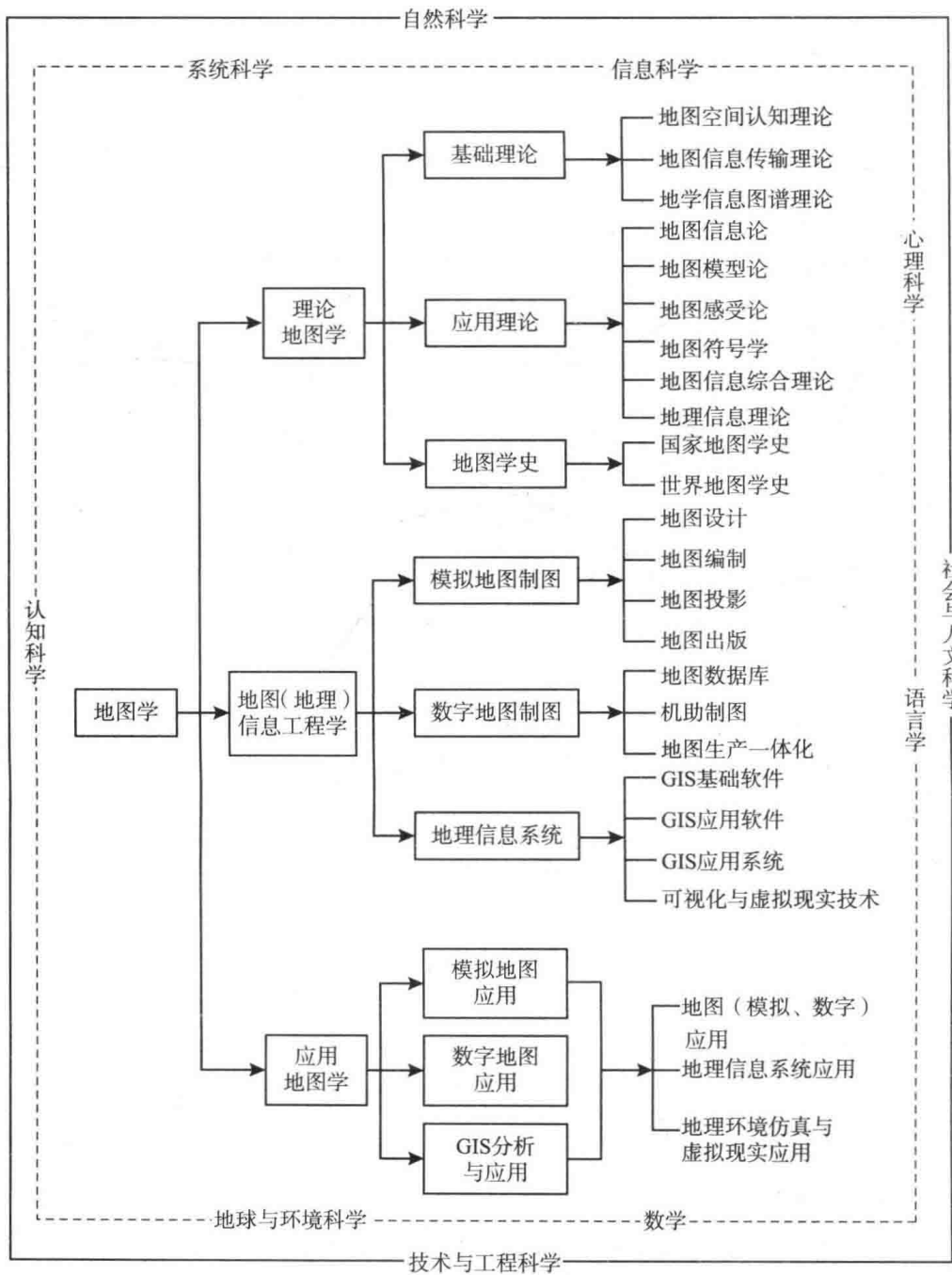


图 1-6 现代地图学科学体系框架

资料来源：廖克：《现代地图学》，科学出版社 2003 年版。