



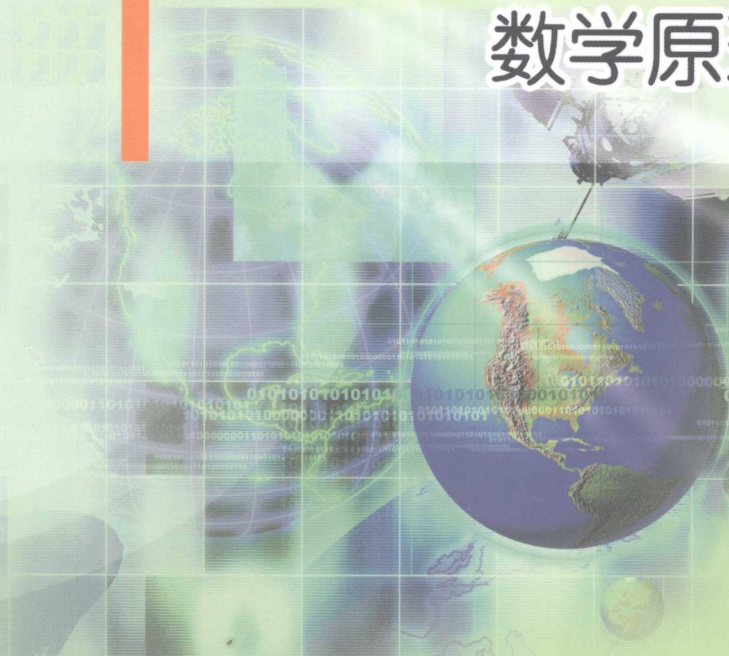
测绘科技专著出版基金 资助  
广西师范学院硕士点学科建设基金

MATHEMATICAL CARTOGRAPHY  
— CARTOGRAPHY AND ITS MATHEMATICAL  
ELEMENTS

钟业勋 著

# 数理地图学

## — 地图学及其 数学原理



测绘出版社

测绘科技专著出版基金 资助  
广西师范学院硕士点学科建设基金

# 数理地图学

——地图学及其数学原理

Mathematical Cartography  
——Cartography and Its Mathematical  
Elements

钟业勋 著

测绘出版社

·北京·

## 内 容 提 要

本书是理论地图学的基础论著。1~7章为上篇,主要介绍地图学的技术方法及相关知识,分别论述地图概论、地球椭球与地物的空间定位、地图投影、地图色彩、地图符号、地图表示、数字地图制图与地理信息系统。8~12章为下篇,主要探讨地图学的数学原理与数学表述。包括地物的时空特性及数学表达、地图符号及视觉变量等概念的数字定义、构建地图内容的数学原理与地图异构变换,地图复制的数学原理与地图同构变换、地图学发展演进的时代特点。全书包括作者发表的一系列研究成果,将数学与地图学紧密联系,突显出理论特征和创新特点。

本书可作为地图学与地理信息系统专业研究生教材,也可作为大学本科以上地图学相关专业以及地理、测量、土地、环境科学、农、林等部门的科技人员,高等院校师生参考。

© 钟业勋 2007

### 图书在版编目(CIP)数据

数理地图学:地图学及其数学原理/钟业勋著. —北京:

测绘出版社,2007.12

ISBN 978-7-5030-1758-2

I. 数... II. 钟... III. 地图制图学 IV. P282

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 201248 号

责任编辑 徐建春

封面设计 赵培璧

出版发行 测绘出版社

社 址 北京市西城区复外三里河路 50 号

电 话 010-68512386 68531558

印 刷 北京通州区次渠印刷厂

邮政编码 100045

网 址 [www.sinomaps.com](http://www.sinomaps.com)

经 销 新华书店

成品规格 169mm×239mm

字 数 430 千字

印 张 22.25

版 次 2007 年 12 月第 1 版

印 数 0001—2000

印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷

定 价 48.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1758-2/G·762

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

## 序

这本《数理地图学》记录了业勋同志近40年专心钻研地图科学一些基本问题的历程,从其内容可以看到涉及地图学各个方面的理论与实践的探讨。可分为地图概论、地球椭球与地物的空间定位、地图投影、地图色彩、地图符号、地图表示、数字地图制图与地理信息系统、地物的时空特性及数学表达、地图符号及视觉变量等概念的数学定义、构建地图内容的数学原理与地图异构变换、地图复制的数学原理与地图同构变换、地图学发展演进的时代特点共12个专题。从章节题目可见,虽然有些跟传统地图学的叙述和表达方式并无不同,但不少内容有他自己的研究成果,其中含有独特的见解,很有新意。他的一些寻求解决问题的途径别出心裁,特别是不少运用数学方法来解释地图构成与制图过程机制的研究,为地图学原理的研究提出了新的思路。全书结构编排注重逻辑性,内容突显理论特征和创新特点,数学思维贯穿其中。对传统地图学教科书中广泛认同的地图学概念和现代数字地图制图技术,作为上篇系统介绍,而对于地图学的数学原理涉及的一些新的理论和表达方式,则作为下篇的重点内容。下篇对地图符号、地图符号的视觉变量、制图综合算子和基本地貌形态的数学定义、地图符号系统的布尔代数结构、地理空间和地理虚拟空间、地图现势性和地图易读性度量方法、地图异构变换和同构变换的数学模型等传统教科书中尚未出现过的新理论,均做了严密的推导论证。

作为20世纪60年代早期毕业而长期从事生产实际工作的高级技术人员,书中包含的成果是多方面的:有结合生产实践;有地图学深层次的理论;有地图数学基础的探讨。大多是业勋的研究成果。他的论文数量甚多,即使在长期从事教学与科研的人士中也不多见,更何况是一位长期搞生产实际作业的人员!他主要是利用业余时间的积累从事研究,确实难能可贵。自学生时代起,他一贯勤奋好学,善于思考,乐于找出问题,探求解决途径,因而才能取得如此丰富的收获。

众所周知,常规地图制图工艺被视为一种自然科学与美术结合的手艺,似乎同数学关系不大。到20世纪中叶以后,制图研究除了建立地图数学基础之外,计算机也开始应用于制图领域,大大提高了地图制图的生产率。这种转变,要求地图学理论必须与数学紧密结合起来。要把地图制图的手工过程变成计算机的逻辑运算,用数学方法处理资料,解决制图问题,将会涉及各种数学模型;地图制图的基本原理,可用数学形式揭示其本质特征和内在联系;地图学概念如果用数学表述也会更加简洁明白。这一切表明,数学对于地图学理论和实践都很有意义。业勋在这方面做了一些基础性的探讨,我认为颇有价值,而且有些探索很有前瞻性。

正是由于通过生产实践,业勋掌握了地图生产各个环节的知识,由此造成了他研究的多方面性。对于从学校到学校(或研究机构)的人员来说,是缺少这种机遇

的。然而,类似业勋那样从学校到生产部门的工作者多矣,但像他那样能从实践中得到启迪,提出问题,进而钻研并取得成果者并不多。这是和他本人的主观努力和刻苦学习分不开的。业勋从生产单位的技术员、工程师、高工,进而被聘为指导硕士研究生的兼职教授,这条道路是不平凡的。这本书可以说是他在地图科学道路上执著追求艰辛攀登的记录。业勋是我的学生,看到他取得成就,我感到由衷地高兴。在该书问世之际,谨写此小序祝贺。

胡钰钰

2007 年教师节

## 前 言

数学方法为科学研究提供了准确的形式化语言,是科学知识定量化的重要手段。马克思指出:科学只有当它能够成功地运用数学的时候,才算达到了完善的地步。地图以具有严密的数学基础著称。托勒密、墨卡托、兰勃特等地图学家,以创立某种地图投影而闻名;我国晋代地图学家裴秀(224—271年)亦提出富有数学含义的制图六体而享誉世界。但总体来说,很长时期以来,在以实地量测为基础生产地图的发展过程中,一般只把地图投影作为地图制图的数学基础理论而加以研究。

随着科学技术的发展,数学对地图的发展所起到的作用日益重要,特别是地图进入到数字(电子)制图和动态制图阶段的今天,地图与数学的关系就更水乳交融般地密切。处理制图资料,需要使用种种数学方法;解决制图问题,涉及各种数学模型;以数学形式表述地图学概念,会更加简洁明白;地图制图的基本原理,可用数学形式揭示其内在联系和本质特征。事实上,现代数学中的集合论、拓扑学、函数论、代数学、几何学、模糊数学、图论、概率论、数理统计、分形理论等已开始与地图学的理论发生了紧密联系,并发挥出愈来愈大的作用,并取得了许多新的突破和创新成果。

我1963年毕业于武汉测绘学院(现武汉大学)地图制图系,对数学的酷爱和兴趣使我选择了地图投影作为自己的毕业论文选题,并有幸得到胡毓钜老师的辅导,在胡老师的引领下,走上了地图联系数学的科研道路。几十年来,我一直得到胡老师的深切关怀与指导,这种饱含师生情谊和充满着学术思想的交流从未间断过。20世纪80年代初,由于我的两篇论文被《地图投影论文集》收录的原因,使我又结识了吴忠性教授并与其建立通信联系。胡毓钜教授和吴忠性教授诲人不倦,治学严谨又虚怀若谷,使我获得极深的教益,并开阔了思路,激发了灵感,使之变成了一篇篇地图学论文,至今已发表了100余篇。我的系列研究成果以及从陈述彭、高俊、陈俊勇、宁津生、李德仁、喻沧、胡毓钜、廖克、王家耀、祝国瑞、毋河海、龚健雅、张克权、龚剑文、黄仁涛、尹贡白、俞连笙、胡鹏、郭仁忠、郭庆胜等学者专家的专著和各种学术刊物发表的相关论文中汲取的知识营养,为本书的撰写奠定了厚实的科学基础。

1998年,广西师范学院经国务院学位委员会批准,成为硕士学位授予单位。我随即被广西师范学院聘为兼职教授和“地图学与地理信息系统”硕士研究生导师,并为研究生开设《数理地图学》学位课,这部书稿就是经过多年的试讲和不断充实逐步完善起来的。2007年,在测绘科技专著出版基金和广西师范学院硕士点学科建设基金资助下,在测绘出版社的大力支持下,本书得以正式出版。

本书的编排结构,考虑到人们对地图和地图学认识的逻辑顺序,在注意传统的

和现代地图学知识介绍的同时,特别增加了现行地图学教科书中尚未收录的新内容。本书尽量吸收最新的研究成果,数学思维贯穿全书。全书共分 12 章,其中的新内容包括:

1. 地理空间、制图区域和制图物体的数学定义;
2. 圆柱投影、圆锥投影和方位投影的统一数学模型;应用高斯—克吕格投影平面直角坐标公式反解地理坐标的方法;
3. 事物存在的时空特性与时态演化的数学模型;
4. 定名量表、顺序量表、间距量表和比率量表的数学本质和公式表达;
5. 从集合论原理推出山脊、谷地、鞍部等基本地貌形态的数学定义;
6. 地图色彩变异的数学模型与色彩表象特征值的计算公式及其对显色经验事实的验证;
7. 根据从三维空间  $X$  到地球椭球面  $S$ ,从  $S$  到主体认知结构  $Y$  以及从  $Y$  到二维平面  $Z$  存在三重拓扑映射原理,给出一般地图符号的数学定义。在此基础上,通过约束条件的不同,分别推导出模拟和虚拟地图符号,点、线、面地图符号,依比例、不依比例和半依比例符号的数学定义,使地图学界广泛认同但仍局限于定性描述的多种地图符号概念获得了精密的数学形式和定量描述;
8. 对形状、尺寸、方向等 8 个视觉变量给出了数学定义;
9. 通过对地图图像系统、地图符号系统和地图数据库系统的布尔代数结构的论证,揭示地图编绘过程的布尔代数运算的实质;
10. 地图内容质量特征和数量特征概括的数学模型,选取、舍弃等制图综合算子的数学定义;
11. 构建地图内容的数学原理和地图异构变换的数学模型;地图现势性和地图易读性度量方法;
12. 图像阴阳正反的数学定义;地图复制的数学原理和地图同构变换的数学模型等。

本书博采众长,推介了陈述彭院士的地学信息图谱和地图学时代漂移思想;高俊院士的地图与地图学定义;廖克教授的现代地图学体系等创新理念。引述了《地图制图参考手册》(陆权、喻沧主编)、《地图投影》(胡毓钜等)、《地图概论》(尹贡白等)、《地图整饰》(俞连笙等)、《现代地图学》(廖克)、《数字地球与测绘》(宁津生等)等专著中的部分内容。在此对上述作者深表敬意和诚挚的感谢!

全书各章节全部由作者撰写。李绍明编审提供了部分资料,李占元高工绘制了部分插图。

特别感谢武汉大学胡毓钜教授。胡教授认真审阅全书,提出许多宝贵的意见并为本书作序!

对陈俊勇院士和测绘科技专著出版基金委为本书出版给予的鼎力支持表示深

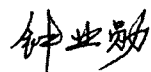
切的感谢!

本书承蒙陈述彭院士、廖克教授、黄仁涛教授、朱重光教授、钟赛国教授审阅和提出宝贵意见,谨向五位专家表示由衷地感谢!

本书撰写过程,得到了广西师范学院研究生处、资源与环境科学学院、广西测绘局、武大吉奥信息信息技术有限公司的大力支持。得到黄鹤博士、林清博士、黄俊华教授、周兴教授、童新华博士、胡宝清博士、李占元高工、罗满建高工、王龙波高工、郑利勤高工、蒋熠奇高工、李绍明编审、麦柏楠编审、何建邦教授、干福弟编审、林晓慧教授、练常霖高工、樊凯高工、李志伟高工、马启瑶高工、毛隆典副教授、胡景星副教授、张之扬高工、徐水泉高工、刘更生高工、业成之高工、谢寿平高工、杨长麟高工、黄立三高工、李开键高工、黄世惠高工等同行专家和黄伟同志、郑红波硕士的关心与支持!

作者向上述对本书的出版给予关心、支持和帮助的所有同志,谨致衷心的感谢!同时,对书中引用相关插图的作者表示感谢!

由于本书涉及地图学与数学的多学科领域,加之作者水平有限和编著时间仓促,书中可能有许多不足之处,欢迎专家和读者批评指正。



2007年国庆



# 目 录

上篇 地图学.....	1
第 1 章 地图概论.....	1
§ 1.1 地图的基本特性和地图的功能 .....	1
§ 1.2 地图的内容与地图的分类 .....	5
§ 1.3 地图成图方法 .....	8
§ 1.4 地图学结构体系.....	12
§ 1.5 现代地图学的若干新理论.....	14
第 2 章 地球椭球与地物的空间定位 .....	21
§ 2.1 地球椭球.....	21
§ 2.2 地球坐标系.....	23
§ 2.3 高程系统和高程框架.....	28
§ 2.4 天文大地控制网和 GPS 定位网 .....	34
§ 2.5 重力测量和重力基本网.....	37
第 3 章 地图投影 .....	43
§ 3.1 地图投影的定义和投影变形.....	43
§ 3.2 地图投影的分类.....	44
§ 3.3 地球椭球上基本元素的公式及计算.....	48
§ 3.4 高斯—克吕格投影.....	50
§ 3.5 由高斯—克吕格投影平面直角坐标反解地理坐标的方法.....	53
§ 3.6 地图的分幅和编号.....	56
§ 3.7 正轴圆锥投影.....	65
§ 3.8 圆柱投影.....	72
§ 3.9 方位投影、伪圆锥投影、伪圆柱投影和古德分瓣投影简介.....	75
§ 3.10 多圆锥投影 .....	81
§ 3.11 一些常用和新型投影的应用举例 .....	83
§ 3.12 地图投影的选择 .....	88
第 4 章 地图色彩 .....	91
§ 4.1 色彩三要素.....	91
§ 4.2 色彩的表示法.....	92
§ 4.3 色彩的混合.....	99
§ 4.4 色彩变化因素 .....	104

§ 4.5	地图用色选择 .....	106
§ 4.6	地图用色特点及原则 .....	112
<b>第 5 章</b>	<b>地图符号</b> .....	116
§ 5.1	符号的概念和实质 .....	116
§ 5.2	地图符号的类型和特点 .....	117
§ 5.3	地图符号的分类 .....	119
§ 5.4	地图符号的视觉变量 .....	125
§ 5.5	地图符号设计的一般要求 .....	132
§ 5.6	地形图符号的使用规定 .....	139
§ 5.7	地图注记 .....	141
<b>第 6 章</b>	<b>地图表示</b> .....	147
§ 6.1	国家基本比例尺地形图 .....	147
§ 6.2	小比例尺普通地图 .....	152
§ 6.3	专题地图 .....	155
<b>第 7 章</b>	<b>数字地图制图与地理信息系统</b> .....	166
§ 7.1	数字地图制图发展概况 .....	166
§ 7.2	数字地图制图及其技术基础 .....	169
§ 7.3	计算机制图的基本过程 .....	174
§ 7.4	计算机制图专家系统 .....	177
§ 7.5	计算机地图出版系统 .....	181
§ 7.6	地理信息系统 .....	185
§ 7.7	数字制图与 GIS 软件产品简介 .....	188
<b>下篇</b>	<b>地图学的数学原理</b> .....	198
<b>第 8 章</b>	<b>地物的时空特性与数学表达</b> .....	198
§ 8.1	地球系统信息模型 .....	198
§ 8.2	地理空间和制图区域 .....	201
§ 8.3	地物的性质特征、数量特征和拓扑关系 .....	203
§ 8.4	地物时空存在的有限性和时态变换 .....	205
§ 8.5	地理变量量表的数学模型 .....	207
§ 8.6	基本地貌形态的数学定义 .....	212
<b>第 9 章</b>	<b>地图符号及视觉变量等概念的数学定义</b> .....	216
§ 9.1	色彩表象特征值计算公式的推导 .....	216
§ 9.2	地图符号的数学定义及其分类的逻辑体系 .....	219
§ 9.3	地图符号视觉变量的数学定义 .....	225

§ 9.4	地图的点集模型 .....	229
§ 9.5	地图的数学定义 .....	232
<b>第 10 章</b>	<b>构建地图内容的数学原理与地图异构变换 .....</b>	<b>236</b>
§ 10.1	地图要素的基本特征及其表达 .....	236
§ 10.2	布尔代数 .....	240
§ 10.3	地图图像系统的布尔代数结构与图像色彩变换 .....	241
§ 10.4	地图符号系统的布尔代数结构 .....	245
§ 10.5	地图编绘的布尔代数运算原理及制图综合算子数学模型 .....	249
§ 10.6	地图概括 .....	254
§ 10.7	地图易读性的度量 .....	262
§ 10.8	地图现势性度量与地图更新机制 .....	269
<b>第 11 章</b>	<b>地图复制的数学原理与地图同构变换 .....</b>	<b>272</b>
§ 11.1	地图图像阴阳正反的定义 .....	272
§ 11.2	地图图像同构变换 .....	274
§ 11.3	基于方向系数、反差系数和缩放系数的图像同构变换模型 .....	278
§ 11.4	复制印刷地图的同构变换及图像还原定律 .....	279
<b>第 12 章</b>	<b>地图学发展演进的时代特点 .....</b>	<b>282</b>
§ 12.1	地图学的形成和发展 .....	282
§ 12.2	地图学演进的时代特点 .....	285
<b>附录 I</b>	<b>地图学术语英汉对照表 .....</b>	<b>290</b>
<b>附录 II</b>	<b>测绘与地图学史略年表 .....</b>	<b>301</b>
<b>附录 III</b>	<b>数学名词与数学符号 .....</b>	<b>331</b>
<b>参考文献</b>	.....	333
<b>后记</b>	.....	339

# Contents

<b>Section I Cartography</b> .....	1
<b>Chapter1 Introduction to Cartography</b> .....	1
§ 1.1 Basic Character of Maps and Map Function .....	1
§ 1.2 Map Content and Map Classification .....	5
§ 1.3 Mapping Methods of Maps .....	8
§ 1.4 Structure System of Cartography .....	12
§ 1.5 Some New Theories of Modern Cartography .....	14
<b>Chapter2 Earth Ellipsoid and Spatial Location of Features</b> .....	21
§ 2.1 Earth Ellipsoid .....	21
§ 2.2 Earth Coordinate System .....	23
§ 2.3 Height System and Height Frame .....	28
§ 2.4 Astro-geodetic Control Network and GPS Positioning Network ..	34
§ 2.5 Gravity Measurement and Gravity Basic Network .....	37
<b>Chapter3 Map Projection</b> .....	43
§ 3.1 Definition and Distortion of Map Projection .....	43
§ 3.2 Classification of Map Projection .....	44
§ 3.3 Formula of Basic Elements on Earth Ellipsoid and Its Computation .....	48
§ 3.4 Gauss-Krüger Projection .....	50
§ 3.5 Inverse Method of Geographic Coordinate from the Gauss-Krüger Plane Coordinate .....	53
§ 3.6 Sheet Line System and Sheet Designation .....	56
§ 3.7 Normal Conic Projection .....	65
§ 3.8 Cylindrical Projection .....	72
§ 3.9 Brief Introduction of Azimuthal Projection, Pseudo-conic Projection, Pseudo-cylindrical Projection and Goode's Interrupted Projection ..	75
§ 3.10 Polyconic Projection .....	81
§ 3.11 Application Example of Some Common Used and New Projections .....	83
§ 3.12 Selection of Map Projection .....	88

<b>Chapter4</b>	<b>Map Colour</b> .....	91
§ 4.1	Three Elements of Colour .....	91
§ 4.2	Expression of Colours .....	92
§ 4.3	Mix of Colours .....	99
§ 4.4	Colour Change Factors .....	104
§ 4.5	Use of Colours for Map .....	106
§ 4.6	Characteristics and Principles of Use of Colours on Map .....	112
<b>Chapter5</b>	<b>Map Symbols</b> .....	116
§ 5.1	Concept and Substance of Symbols .....	116
§ 5.2	Form and Characteristics of Map Symbols .....	117
§ 5.3	Classification of Map Symbols .....	119
§ 5.4	Visual Variable of Map Symbols .....	125
§ 5.5	General Demand of Map Symbol Design .....	132
§ 5.6	Use Regulations of Topographic Map Symbols .....	139
§ 5.7	Lettering in Map .....	141
<b>Chapter6</b>	<b>Map Expression</b> .....	147
§ 6.1	National Basic Scale Topographic Map .....	147
§ 6.2	Small Scale General Map .....	152
§ 6.3	Thematic Map .....	155
<b>Chapter7</b>	<b>Digital Map-making and Geographic Information System (GIS)</b> .....	166
§ 7.1	General Situation of Digital Map-making Development .....	166
§ 7.2	Digital Map-making and Its Technological Basis .....	169
§ 7.3	Basic Process of Computer Cartography .....	174
§ 7.4	Expert System of Computer Cartography .....	177
§ 7.5	Publishing System of Computer Cartography .....	181
§ 7.6	Geographic Information System (GIS) .....	185
§ 7.7	Brief Introduction of Software Products for Digital Map-making and GIS .....	188
<b>Section II</b>	<b>Principles of Mathematical Cartography</b> .....	198
<b>Chapter8</b>	<b>Time and Space Specific Property of Features and Its Mathematical Expression</b> .....	198
§ 8.1	Earth System Information Model .....	198
§ 8.2	Geographic Space and Mapping Area .....	201

§ 8. 3	Quality and Quantity Characters and Topological Relation of Features .....	203
§ 8. 4	Limited Existence of Ground Feature in Time and Space and Transformation of Time State .....	205
§ 8. 5	Mathematical Model of Geographic Variable Scaling .....	207
§ 8. 6	Mathematical Definition of Basic Geomorphic Forms .....	212
<b>Chapter9</b>	<b>Mathematical Definition of Concepts of Map Symbols, Visual Variables, etc. ....</b>	<b>216</b>
§ 9. 1	Derivation of Tone Characteristic Value Formula of Colour .....	216
§ 9. 2	Mathematical Definition of Map Symbol and Logic System of Map Symbol Classification .....	219
§ 9. 3	Mathematical Definition of Map Symbol Visual Variables .....	225
§ 9. 4	Point Set Models of Maps .....	229
§ 9. 5	Mathematical Definition of Maps .....	232
<b>Chapter10</b>	<b>Mathematical Principles of Map Contents and Map Isomerization Transformation .....</b>	<b>236</b>
§ 10. 1	Basic Characters of Map Content Elements and Its Expression .....	236
§ 10. 2	Boolean Algebra .....	240
§ 10. 3	Boolean Algebraic Structure of Map Image System and Image Colour Transformation .....	241
§ 10. 4	Boolean Algebraic Construction of Map Symbol System .....	245
§ 10. 5	Operational Principles of Boolean Algebra in Map Compilation and the Mathematical Models of Cartographic Generalization Operators .....	249
§ 10. 6	Map Generalization .....	254
§ 10. 7	Measure of Map Legibility .....	262
§ 10. 8	Measure of Verisimilitude and Map Revision Mechanism .....	269
<b>Chapter11</b>	<b>Mathematical Principles of Map Reproduction and Map Isomorphism Transformation .....</b>	<b>272</b>
§ 11. 1	Definition of Negative , Positive, Right-reading and Wrong-reading of Map Image .....	272
§ 11. 2	Isomorphism Transformation of Map Image .....	274
§ 11. 3	Map Isomorphism Transformation Models Based on Direction Coeffi- cient, Contrast Coefficient and Coefficients of Reduction	

or Enlargement .....	278
§ 11.4 Map Image Isomorphism Transformation of Map Reproduction and Map Printing and Restoration Law of Image .....	279
<b>Chapter12 The Characteristics of Development and Evolution of Cartography</b> ... .....	282
§ 12.1 Formation and Development of Cartography .....	282
§ 12.2 The Characteristics of Evolution of Cartography .....	285
<b>Appendix I English and Chinese Glossary of Cartographic Terms</b> .....	290
<b>Appendix II Summary of Cartography, Surveying and Mapping</b> .....	301
<b>Appendix III Mathematical Words and Symbols</b> .....	331
<b>References</b> .....	333
<b>Postscript</b> .....	339

# 上篇 地图学

地图是地理信息可视化重要方式,具有信息载负、模拟、信息传输和认知等多种功能,使其在空间认知中成为不可替代的工具。当“3S”技术(RS、GIS、GPS)支撑的测绘科学技术在信息采集、数据处理和成果应用等方面正步入数字化、网络化、智能化、实时化和可视化的今天,利用地图人们可更准确、快速地获取空间信息,从而实现对动态世界认知的目的。当前,地图应用几乎遍及自然科学和社会科学的每一个领域,其科学价值和实用价值被更多的人认识和了解,也引发了人们对地图学(地图制图学)的关注和重视。本篇主要从科学技术层面上,阐述地图制作的客观基础、科学原理、技术方法及地图学的相关知识。

## 第1章 地图概论

### § 1.1 地图的基本特性和地图的功能

#### 1.1.1 地图的基本特性

地图表示的对象是地球表层上的事物。所谓地球表层,是指上至对流层,下至岩石圈的广大空间。在地球表层上的事物和现象,如可见的居民地、道路、水系、植被,还有深埋地下的矿藏、地质构造,可测不可见的气温、气压等气候现象,或明或隐的行政界线,以及人口、工农业产值等人文要素,已消逝的历史事件等均可用地图表示。地图一般具有下列基本特性。

##### 1. 具有特殊的数学法则而有可量测性

地图标注的比例尺,即地球缩小的比率。地球按一定的比率缩小后,要将投影到地球椭球面上的点,按一定的数学法则,建立平面坐标 $(x, y)$ 和球面坐标 $(\varphi, \lambda)$ 之间的函数关系 $f_1$ 和 $f_2$ ,即

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(\varphi, \lambda) \\ y &= f_2(\varphi, \lambda) \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

这种函数关系,就是地图投影,它是地图的数学基础。由于点间距离、方向和符号的面积易于度量,使我们可以通过量值反算出空间实体的相关数值。



## 2. 由于地图符号的使用而产生直观性

地图反映和描述的主要是现实中的时空世界,但也可描述非现实中的虚拟空间。地图作者一般是通过地图语言——地图符号来实现描述的。地图符号具有下列功能:

(1)定位功能。事物的空间位置,如果用文字描述需确定参照物才能获得方向信息,也不具直观性;而用地图符号表示,不仅其位置特征易于确定,还可获得与其他地物的距离等信息。地图符号的定位功能,大大优于文字描述。

(2)信息浓缩功能。地图可将山体、湖泊等宏大物体按比例缩至与实体相似的形象;河流、道路等延展性物体,能用半依比例符号表示其属性和沿延伸方向的形状特点。

(3)信息突显功能。像控制点、独立地物等重要的地物,通过非比例符号的运用能使其醒目突出,因而具有信息突显功能。

(4)信息显化功能。对客观存在而又无形的事物,如居民地名称、人口、经纬线、某些境界线等,以及某些可测而无形的现象,如气温、气压、磁力、重力等,均可用地图符号形式使这类隐形信息显化。对于未来的规划,对气象、自然灾害的预报预测等只在人们意识中存在的思维现象,地图符号也可将其显化,这都是地图信息的显化功能。

(5)信息的存储功能。地图符号具有记录和存储信息的功能,它可使历史事物的信息得以有效地记录和保存,使信息的积累和文化知识的传承作用能有效地发挥。

(6)信息的关联功能。任何地图,都是多种符号的集合体,点、线、面地图符号之间相互关联相互依存,就是信息关联性的体现。

(7)地图符号的直观性。地图符号是对实体易觉察共同特征的概括抽象,它不但对物体特征的提炼,更使空间信息的表达明白直观。

(8)地图符号的系统性。地图符号集合反映的是制图区域地学实体的空间分布及其相互关系,它是制图者认识的符号表达。客观世界是个开放的物质系统,以地图符号构建的地图,作为实体系统的模型必然具有系统性。

## 3. 由地图概括而产生的一览性

制图区域经比例尺缩小后面积有限,要在有限的面积上反映和表达制图区域的特征,只能有目的有选择地反映和表达,所以地图的专题性源自表示清晰性的要求和图面的载负能力有限性。因此在制图中一般与专题相关的事物,被作为重要事物予以表示,非专题内容则被舍弃。被表示的事物,经缩小也必须舍弃一些次要部分,保留主要的典型特征,这主要通过地图概括(制图综合)来实现。地图概括的实施使地图上表示的事物不是地面的简单缩小,而是经过了人为的科学加工,使之主次分明,准确地表示出各要素之间的相互联系,更易理解事物的本质和规律性。