

◎ 龙 毅 温永宁 盛业华 编著



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书

电子地图学

龙 毅 温永宁 盛业华 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地阐述了电子地图学的相关理论、技术、方法及其应用。全书共 11 章, 其中前 6 章主要阐述电子地图的概念、原理、技术与方法, 分别为: 绪论、电子地图的数据模型与数据建库、电子地图集的数据结构与数据组织、电子地图的可视化表达、电子地图的空间分析和电子地图的软件系统; 后 4 章主要阐述电子地图的几种应用类型, 包括多媒体电子地图、网络电子地图、三维电子地图和移动导航电子地图; 最后 1 章简单介绍了电子地图在某些专业领域中的应用情况。

本书可作为高等院校地理、测绘、地质、城市规划、环境等专业的本科生和研究生教材, 同时也可供相关专业的科技工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子地图学/龙毅等编著—北京: 科学出版社, 2006

(21 世纪高等院校教材·地理信息系统教学丛书)

ISBN 7-03-016919-0

I. 电… II. 龙… III. 地理信息系统-应用-地图学-高等学校-教材
IV. P28

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 012107 号

责任编辑: 杨 红 李久进/责任校对: 张 琪

责任印制: 张克忠/封面设计: 高海英

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2006 年 8 月第一次印刷 印张: 25 3/4

印数: 1—3 000 字数: 490 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈路通〉)

《地理信息系统教学丛书》编委会

顾问 陈述彭 王家耀 孙九林 李小文 李德仁
承继成 高俊 童庆禧 廖克

主编 阎国年

副主编 王桥 汤国安 盛业华 黄家柱

委员 (按姓氏笔画排序)

丁一	王春	王桥	王雷	王卫国
王建平	韦玉春	文斌	邓勇伟	石富兰
龙毅	田冉	兰小机	毕硕本	朱明媛
乔伟峰	乔延春	任建武	刘剋	刘二年
刘学军	刘晓艳	刘爱利	刘基余	汤国安
许婷	孙亚琴	孙在宏	孙如江	孙毅中
严荣华	苏乐平	杜国庆	李硕	李斌
李云梅	李发源	李旭文	李安波	李秀梅
杨旭	杨昕	杨一鹏	杨建军	杨春霞
吴长彬	吴平生	何建邦	沈陈华	宋亚伟
宋亚超	张宏	张婷	张镒	张之沧
张书亮	张亦含	张亦鸣	张金善	张桂英
张海涛	张强	陈洋	陈踊	陈盼盼
陈惠明	陈锁忠	林琿	林振山	周卫
周晟	周伟涛	郑在洲	郑慧翎	施苗苗
阎国年	姜永发	贺镇海	袁丁	袁林旺
徐敏	徐鹏	徐网谷	徐秀华	殷丽丽
高晓黎	唐卫	陶陶	黄家柱	戚海峰
龚敏霞	盛业华	常本春	梁中	蒋文明
蒋海琴	焦东	曾巧玲	温永宁	蔡苗
缪瀚深	潘莹			

序

南京师范大学地理科学学院发起并组织编写的地理信息系统专业系列教材，奋斗三载，先后问世，这是我国第一套全面阐述地理信息系统理论、方法、技术和应用的教科书。对于地理学科的现代化，信息科学新型人才的培训，对于落实科教兴国战略，深化教学改革来说，都是值得庆贺的。

据中国科学院地学部调查（2002），全国综合性大学共有 150 个地理学科机构，在地学领域中居首位，而地理信息系统专业脱颖而出，发展最快。21 世纪之初，已设置地理信息系统专业的学校有 70 多个，仅江苏省内就有 12 个。这是经济发展、社会进步的客观需求。面对全社会数字化的浪潮，“数字地球”、数字化城市、省区与流域，百舸争流。地理信息系统作为人口、资源与环境问题的公共平台，作为国家推动信息化、实现现代化的重要组成部分，正在与电子政务、电子商务信息系统相融合，愈来愈显示出其跨行业、多功能的优势，不断开拓新的应用领域。一些涉及地理分布现象的数据采集、时空分析，涉及城市或区域规划、管理与决策的过程，都喜欢用上地理信息系统这种新的技术手段，来提高办公自动化的水平，提高企业科学管理的效率和透明度，加强面对国际市场的开放力度和竞争能力。近 20 年来，全国范围从事地理信息系统的事业、企业单位，迅猛增长，已超过 400 个，而且方兴未艾，与时俱进。

中国科学院地学部地学教育研究组在咨询报告（2002）中指出：“随着社会和科技的发展，地学的内涵、性质和社会功能也在变化。这在最近 20 年中尤为明显：遥感、信息技术和各种实时观测、分析技术的发展，使地球科学进入了覆盖全球、穿越圈层，即地球系统科学的新阶段，从局部现象的描述，推进到行星范围的推理探索，获得了全球性和系统性的信息。”这就是说，从学科的本质及其自身发展的规律来看，地理信息系统不仅仅是技术，而且是科学，是发展地球系统科学不可缺少的部分。

地理信息系统之所以一枝独秀，并非偶然！主要是由于它本身具备着多样化的社会功能。社会信息化的主要内容包括三个方面：一是信息基础设施的建设，地理信息系统正是地图测绘的数字化产品，同时又是兼收并容遥感、定位系统的缓冲区，起着调节网络信息流的作用；二是产业结构调整，地理信息系统起着润滑剂的作用，以信息流调控物流、能流和人流，以信息化促进现代化；三是信息服务，地理信息系统是电子政务、电子商务信息系统不可分割的组成部分。在航

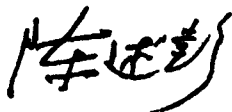
天事业、电信网络和电脑技术日新月异的 21 世纪,地理信息系统如虎添翼,广泛地渗透到各行各业之中,提供无微不至的信息服务。

地理信息系统教材,前人多以综论形式出版。例如,英文教材先后有 D. R. Taylor (1991), J. C. Autenucci et al. (1991), M. D. I. Goodchild (1991), M. M. Fisher (1993), Murai Shuji (1996), D. Rhind (2000); 中文教材先后有黄杏元、汤勤 (1989), 边馥苓 (1996), 陈述彭、鲁学军、周成虎 (1999), 龚健雅 (1999), 邬伦 (1999), 闫国年、吴平生、周晓波 (1999), 李德仁、关泽群 (2000), 马蔼乃 (2000), 王家耀 (2001) 等。这些教材对地理信息系统的科学与哲学性质,及其与邻近学科的相互关系,均有精辟论述。地理信息系统应用专论方面,城市:曹桂发等 (1991), 宋小冬、叶嘉安 (1995), 宫鹏 (1996), 陈述彭 (1999), 张新长等 (2001); 林业:李芝喜、孙俊平 (2000); 农业:王人潮 (1999)。这些专论密切结合相关行业,具有中国特色。现在,闫国年教授等主持编写的地理信息系统专业系列教材,是在前人的工作基础上,博采众家之所长,继往开来,推陈出新,拓展为系列教材。基础是扎实的,时机是成熟的。

这套系列教材的编写,紧密结合地理信息系统专业的课程设置。在理论方面,又推出了一部新作,从哲学的高度来探讨地理信息系统中的虚拟时空。系列教材的重点侧重于方法、技术。总结了数据集成、知识发现的最新进展,率先推出数据共享、虚拟环境与网络三部分,反映地理信息系统的生长点。在应用方面,主要是结合作者们近年参与建设项目的实践,加以总结和提高,是来自生产第一线的“新知”。目前已涉及土地与水资源管理、城市规划、环境保护以及设备设施管理与房产管理等,今后随着应用领域的拓展,还会有旅游、物流等地理信息系统教材相继问世。

同学们可以根据课程设置计划,循序渐进,在理论方面广泛涉猎,解放思想,开阔眼界。在方法、技术方面,配合辅导教材和实习大纲,刻苦钻研,掌握关键技术,学以致用。在应用方面结合个人志趣、专长与就业需求,选修其中一二门,理清不同行业的应用特点,举一反三。系列教材是面向整个专业的,并不要求每位同学都把全部教材囫圇吞枣下去,食而不化。编写系列教材,正是为同学们提供了更加宽阔的学习园地、更加宽松的学习环境。祝同学们健康成长,时刻准备着,与时俱进,开拓创新,为祖国信息化和现代化多做贡献。

中国科学院院士



2003 新年

前 言

近 20 年来,随着现代地图学的发展,电子地图正日益成为一种技术成熟和应用有效的地图产品形式。在电子地图的大家庭中,多媒体电子地图、网络电子地图、三维动态电子地图、移动导航电子地图、旅游电子地图等形式层出不穷,并为广大的人民群众所喜闻乐见。但是,电子地图对现代信息技术(如计算机、遥感、网络、多媒体和虚拟现实等)的高度依赖性,使得目前对于电子地图产品与开发技术的关注远远超过了对电子地图理论的思考。

电子地图的特征是什么?与传统地图相比,电子地图的研究内容、对象、方法发生了哪些质与量的变化?如何评价电子地图在现代地图学以及地理学中的作用和地位?电子地图如何发挥空间认知的功能?以及电子地图与地理信息系统的关系等,都直接关系到电子地图未来的发展,这是我们不能忽视的问题。针对目前地图学所面临的挑战与机遇,Taylor 曾专门重申了 Brian Harley 的观点:“将来地图的发展部分取决于地图工作者对其内在转折点的拓宽程度以及对自己所了解的社会和政治环境的接受程度,如果他们最终在社会中处于从属地位——那是他们自己偏重技术带来的恶果。”陈述彭先生也一再指出:“地图是永生的,作为人类的一种文化工具、地学的第二语言,绝不会由于数字化、电子化反而无所作为”,“面临信息时代的机遇与挑战,久经社会实践考验的地图学必须做出适时的反映。不仅在工艺技术方面,而且更重要的是在应用领域和理论研究方面,时代失落感或者自我欣赏都不符合地图学发展的历史规律和现代学术思潮的主流。21 世纪的地图学,将在地球科学和信息时代的园地里更加活跃。”并公开呼吁地图科学工作者应积极拓进地图产业的信息化与结构调整,创新设计深加工的地图精品,开拓电子地图新局面。因此,通过对电子地图学的研究,探讨发展中的电子地图理论、技术与方法体系,有助于推动电子地图应用的快速发展,进而推动现代地图学与地理信息系统的发展。

电子地图的可视化表达是电子地图学研究的核心。以此为目标,电子地图学也同时需要研究电子地图的数据与数据模型、数据库组织与管理、符号与符号库、软件功能模块等一系列内容,它们构成了电子地图学的技术与方法基础。电子地图的分析与应用是电子地图学发展的推动力,它考虑到了各专业领域的特色和应用需要,把地理空间信息与专题要素结合起来,通过计算机的屏幕表达为用户提供高质量的地理信息服务。

本书共包括 11 章内容。

第 1 章涉及全书的基础理论知识,初步阐述了电子地图的概念、分类、构成、功能和应用,以及电子地图学的定义、研究对象、基本内容、学科特点和发展情况。

第 2~6 章是以电子地图的相关技术与方法为主要内容,其中第 2 章着重阐述电子地图空间数据模型和数据建库的理论与方法;第 3 章介绍电子地图集的数据结构与数据组织;第 4 章介绍电子地图表达方面的内容,主要包括基础和专题地理数据的可视化;第 5 章介绍电子地图的空间分析方法,详细阐述了网络分析、缓冲区分析和叠置分析的原理、实现方法及在电子地图中的应用实例;第 6 章阐述电子地图软件系统的系统构成、设计思路和开发方法,并介绍了一些常用的电子地图软件系统的特点与功能。

第 7~10 章主要从与相关技术结合的层面阐述电子地图的几种应用类型,其中第 7 章介绍多媒体电子地图的概念、系统功能及其应用;第 8 章主要阐述网络电子地图的概念、分类、组成、特点和功能,以及实现的关键技术方法,并进一步介绍了网络电子地图的发展现状及趋势;第 9 章涉及三维电子地图的理论知识与应用方法,具体阐述三维电子地图的场景数据组织和可视化技术,是电子地图应用的研究热点之一;第 10 章介绍移动导航电子地图的有关内容,其中也包括移动导航电子地图系统的基本功能及其实现技术。

第 11 章对目前常见的几种专业领域应用的电子地图进行了介绍,包括旅游、城市、海事、灾害、考古和军用电子地图。

本书是国内第一本电子地图学教材。作者多年从事电子地图的理论和应用研究工作,在编写过程中参阅了大量国内外相关文献,并得到了南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室阎国年教授、汤国安教授、黄家柱教授、刘学军教授、周卫教授和武汉大学资源与环境科学学院杜清运教授、李霖教授、刘耀林教授、艾自兴教授的指导与帮助。硕士研究生周侗、束平、周爱华、张亮、毛凯、蒋成环、王丽琴、崔世林、张翎和本科生胡雷地、钱程扬等同学参加了相关专题研究、实验和部分内容的编撰,还承担了图表绘制与书稿校对工作,为本书的出版付出了大量的时间和精力。邬国锋副教授、蔡忠亮副教授、江文萍博士、翁敏博士、王明军博士和任福博士在电子地图学理论、方法和应用方面做了大量的研究工作,本书也引用了他们的一些研究成果。此外,陈锁忠教授、沈婕副教授、张宏博士、王永君博士也给本书提出了许多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

电子地图学是地图学和信息技术结合的产物,是一个新的研究领域,本书虽然力求做到系统性、全面性和科学性,试图追踪现代地图学的最新理论与应用成果,但由于作者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

作者

2006 年 2 月

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 电子地图的基本概念	1
1.2 电子地图的分类	8
1.3 电子地图的系统构成.....	12
1.4 电子地图的功能与应用.....	30
1.5 电子地图与电子地图学.....	38
复习与思考	50
第2章 电子地图的数据模型与数据建库	51
2.1 电子地图的数据模型设计基础.....	51
2.2 电子地图数据的类型划分.....	55
2.3 电子地图的空间数据模型与数据采集.....	66
2.4 电子地图的非空间数据模型与数据采集	101
2.5 电子地图数据库的建立	114
复习与思考.....	118
第3章 电子地图集的数据结构与数据组织	119
3.1 电子地图集概述	119
3.2 电子地图集的基础数据结构	124
3.3 电子地图集的图层结构	133
3.4 电子地图集的目录结构	136
3.5 电子地图集的超媒体结构	138
3.6 电子地图集的超目录结构	141
3.7 几种数据结构及数据组织方式的比较	146
复习与思考.....	148
第4章 电子地图的可视化表达	149
4.1 电子地图可视化基础	149
4.2 基础地理数据的可视化	167
4.3 专题地理数据的可视化	188

复习与思考	198
第5章 电子地图的空间分析	199
5.1 电子地图空间分析概述	199
5.2 基本空间分析方法	199
5.3 网络分析	205
5.4 缓冲区分析	218
5.5 叠置分析	231
复习与思考	237
第6章 电子地图的软件系统	238
6.1 电子地图的软件基础	238
6.2 电子地图的软件系统设计	240
6.3 电子地图软件的开发	244
6.4 几种电子地图软件系统介绍	255
复习与思考	263
第7章 多媒体电子地图	264
7.1 多媒体电子地图的概念	264
7.2 多媒体电子地图的系统功能	268
7.3 多媒体电子地图的应用	279
复习与思考	283
第8章 网络电子地图	284
8.1 网络电子地图概述	284
8.2 网络电子地图的实现	293
8.3 网络电子地图的应用实例	301
复习与思考	303
第9章 三维电子地图及其相关技术	304
9.1 三维电子地图相关概念	304
9.2 三维电子地图的场景数据组织与采集	311
9.3 三维电子地图的可视化与相关技术	317
9.4 三维电子地图案例	332
复习与思考	334
第10章 移动导航电子地图	335
10.1 移动导航电子地图概述	335
10.2 移动导航电子地图的组成	338
10.3 移动导航电子地图数据及数据结构	339
10.4 移动导航电子地图的系统功能设计	349

10.5 移动导航电子地图的应用.....	354
复习与思考.....	360
第 11 章 专业应用的电子地图	361
11.1 旅游电子地图.....	361
11.2 城市电子地图.....	367
11.3 海事电子地图.....	371
11.4 灾害电子地图.....	378
11.5 考古电子地图.....	383
11.6 军用电子地图.....	389
复习与思考.....	396
主要参考文献.....	397

第1章 绪 论

地图是人类文明发展的早期结晶，同时也伴随着人对自然和社会现象的认识以及技术的发展而发展。最近几十年来，迅速崛起的计算机及其相关技术，从根本上改变了地图的制图工艺，并形成了与之相适应的地图理论与方法，将地图学从传统的手工制图带入了计算机制图的现代地图学时代。电子地图就是这一时期的重要产物，在地图学领域引起了一场全新的变革，促进了电子地图学的产生和发展。

本章主要从概念、特征和系统构成等各个方面初步介绍电子地图的基本内容，阐述以电子地图为研究对象的电子地图学的定义、研究任务及其发展状况。

1.1 电子地图的基本概念

1.1.1 电子地图的定义

关于电子地图的名称，曾经有不同的提法，如“电脑地图”、“联机地图”、“屏幕地图”和“瞬时地图”等，有时又把电子地图和数字地图等同起来，或者认为电子地图是数字地图和视盘地图的集合等。但是在人们的生活中，电子地图的概念更通俗易懂，因而被大众所接受。

Taylor (1991) 将电子地图定义为“在电子介质上使用的地图”；郭仁忠 (1995) 认为投影技术和设备的发展使显示电子地图的介质并不一定是电子介质，运用计算机主机和光学投影仪同样可以在屏幕（白纸、幕布甚至墙壁）上显示地图，故可以认为“电子地图是屏幕上显示的地图的总称”。但为了排除单纯投影与幻灯生成的屏幕地图，因此建议将电子地图定义为“是基于电子技术的屏幕地图”，并进一步强调了计算机在电子地图中的作用。祝国瑞 (2004) 从数字地图的可视化作用出发，提出“电子地图是数字地图经可视化处理在屏幕上显示出来的地图”。吴忠性 (1993)、张文诗 (1994) 等从地图数据来源和地图传输的不同角度也给出了电子地图的定义。造成电子地图概念多样化现象的原因在很大程度上是因为发展中的电子地图与现代技术迅速结合，不断推出新的应用形式，从而在短时间内难以给出一个简洁、科学和明确的定义。

要弄清楚电子地图的概念，就需要从目前多种多样的电子地图产品中分析其

内在的特性,同时还要保证这个概念的包容性和可成长性。归纳起来,电子地图具有以下基本性质:

(1) 电子地图首先是一种模拟地图产品。它反映了地理信息,同时具有地图的3个基本特征,即数学法则、制图综合和特定的符号系统,这使得电子地图有别于遥感影像或建筑设计图。

(2) 电子地图的数据来源是数字地图。数字地图是地图的数字形式,一般存储在计算机磁带、硬盘、CD-ROM等介质上。数字地图既可以是矢量地图数据,也可以是栅格地图数据。

(3) 电子地图的采集、设计等都是在计算机平台环境下实施的。计算机系统为电子地图提供强大的软硬件支持。同时,电子地图的屏幕显示也依赖于某个特定地图软件的表达功能。正因为此,梁启章采用“电脑地图”而不是“电子地图”这一术语是有一定道理的。

(4) 电子地图的表达载体是屏幕。屏幕既可以是电子介质的,如计算机显示屏、电视机屏幕等,也可以是投影屏幕等其他形式。电子地图的显示不是静止的和固化的,而应是实时和可变化的,这使得电子地图和传统纸质地图相比在应用上具有更大的灵活性。

综上所述,我们可以这样理解电子地图的概念:从狭义上讲,电子地图是一种以数字地图为数据基础、以计算机系统为处理平台、在屏幕上实时显示的地图形式。而从广义上讲,电子地图应该是屏幕地图与支持其显示的地图软件的总称。前者强调了电子地图的地图特性,后者则反映了电子地图的综合特性。

当然,电子地图的形式、范畴都可能随着技术、方法的发展而延伸,但是必须满足电子地图的基本定义。例如,网络地图虽然是通过计算机网络实现地图数据的传输,但是它同时符合上述的4个基本特征,所以网络地图又称为网络电子地图;而直接采用数码摄像(摄影)设备拍摄的地图,尽管可以通过VCD、DVD影碟机等电视机上播放、浏览,但是缺少数字地图的数据管理和计算机平台的支持,就不能够称为通常意义上的电子地图。

1.1.2 电子地图的特点

电子地图将传统的地图与当代技术方法结合起来,产生了新的地图产品品种,表现在制图工艺流程、表现形式、地图介质、应用方法等诸多方面。因此,电子地图不是将地图内容简单地搬上屏幕,而是在地图设计、应用上的一个重大变革,在一定程度上改变了地图的传统信息、传输方法与应用模式,赋予了地图新的生命力和科学价值。

和传统纸质地图相比,电子地图拥有的优势和特点可以归纳为以下几个

方面。

1. 数据与软件的集成性

在产品形式上,纸质地图表现为单一的地图数据输出,而电子地图是地图数据与软件系统的集成,缺一不可。电子地图的应用软件又可称为电子地图浏览或者阅读系统,它是地图由数据形式到模拟表达形式的翻译器和转换器,负责将地图数据库中的内容显示在屏幕上,并具有一系列对地图浏览的操作功能。

2. 过程的交互性

纸质地图一旦印刷完成就成为定型产品,幅面、内容、形式都不会再发生改变。而电子地图保存在计算机的存储设备中,电子地图系统的浏览软件允许用户对表达的地图内容进行选择,并通过缩放、漫游对地图表达区域进行调整,从而经过用户的交互操作在屏幕上形成一张新的地图。

3. 信息表达的多样性

由于受到比例尺、幅面和媒介的制约,纸质地图能反映的信息量有限,只能通过地图符号的结构、色彩、形状、大小来反映地理对象的信息。而电子地图的交互功能,如放大、漫游功能以及地图数据库的支持使得地图的载负量可以得到极大的扩展,同时计算机系统的多窗口和多线程技术可以运用于视频、声音、图像、文字、动画等多媒体信息的表达,丰富了电子地图的内容,最大限度地发挥电子地图的阅读功效。

4. 无级缩放与多尺度数据

每一幅纸质地图都具有一个固定的比例尺,但在电子地图中由于屏幕显示的灵活性,可以在一定限度范围内通过开窗、剪裁和无级缩放,实现对电子地图内容的任意局部或全局显示。针对缩放过程中用户对细节信息的要求不同,电子地图还可以同时载负多个比例尺地图数据,并通过设定的显示条件动态地调整地图表达的内容,如随着地图的逐步放大,更大比例尺的地图细节被显示出来。

5. 快速、高效的信息检索与地图分析

在纸质地图上搜索地图目标需要用户人工独立完成,并且只能进行一些比较简单的量算和分析,不仅费时,而且精度也不容易得到保证。电子地图利用地图数据库的查询、检索功能和GIS的空间分析功能很容易实现用户对地图目标的快速查询(包括空间与属性之间的双向查询)和高精度量算、分析的需要。

6. 多维与动态可视化

在纸质地图中制图人员通常将地理对象的空间分布形态通过制图综合转换为二维平面形式表现出来,即使三维、连续分布的地理信息,也间接地转化为等值线形式来表达;纸质地图表达的地图目标都是静态的、不变化的,要在图上反映动态变化的地图现象,往往通过几个时间段的静态地图组合来实现。在电子地图上,不仅可以进行地图的三维显示、空中飞行、虚拟环境漫游等,而且还可以直接描述地理现象的动态变化过程。

7. 共享性

与纸质地图相比,电子地图依托于计算机技术、网络通信技术和容量大、便于携带的存储设备,如光盘等,更容易实现地图的复制、传播和共享。目前在 Internet 上已建立了众多的电子地图网站,可以很方便地从地图上查询城市交通、地名、旅游景点、商业服务业信息等,极大地提高了电子地图的利用率。

8. 低成本性

电子地图的内容以数据的形式保存在地图数据库中,可以方便地进行无损失复制和数据的编辑、修改,从而很容易更新再版,做到周期短、成本低。

1.1.3 电子地图与地图、GIS 的关系

电子地图是一种以数字地图为数据源在屏幕上显示的地图,它同时具有数字化和模拟化的双重特点,与传统模拟地图、数字地图以及地理信息系统之间既有密切联系,又存在着差别。

1. 电子地图与传统模拟地图

传统模拟地图以纸质地图为代表,是指手工编绘印刷的地图。电子地图和纸质地图一样,也属于模拟地图形式,两者之间在地图的设计、表达等许多方面有着一致性,因此,表面上它们的区别更多表现为介质上的差异。在电子地图的设计过程中,传统地图通常是电子地图的数据来源之一;另一方面,电子地图也可以通过打印输出为纸质地图。

但是实际上,正是因为这种介质上的不同,在地图的 3 个基本特征上,电子地图和传统地图就存在着相当显著的差异。首先是地图的数学法则,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;在计算机系统的支持下,电子地图不再受此约束,可以根据应用需要进行实时的投影和比例尺变换,同时

多尺度地图数据库的构建能够提供不同细节程度的目标信息浏览。其次,在地图符号系统上,电子地图具有更大的灵活性,三维符号、动态符号、多媒体符号等,用户可以自定义和修改符号库系统,在屏幕上实时生成新的符合不同领域要求的地图。第三,对于传统地图,制图综合的作用主要是在图幅信息容量有限的情况下针对地图数据的抽象与化简;而在电子地图条件下,由于屏幕浏览和缩放功能的存在,综合的目的不再是简单解决表达问题,而是进一步转化为表达与分析双重功能。

多媒体数据的应用是电子地图的一个重要特征,尽管这种应用并非必须的和不可缺少的,它至少提供了一种将抽象的二维地图目标和实际地理对象进一步结合起来的机制。这些信息包括视频、图片、声音、动画和文字等,其信息量理论上可以无限大,但实际上仍然受到存储空间的限制。

在传统纸质地图上,随时间变化的地理现象(包括空间和属性信息)的描述既可以采用一组基于时间序列的地图,也可以采用专题地图的一些方法来实现,如范围法、图表法和运动线法。但是,其结果前者信息冗余,可比性差,后者表述或者粗糙,或者影响其他因素的表述等。与此相比,电子地图表达的实时性使它可以容易地描述这些动态过程,并可以在 Windows 环境下通过另外开辟窗口来保证信息的全面性与有效描述,这种动态变化过程的演示可以随时重复进行。

在三维地图表达上,电子地图更具有无可比拟的优势,由于和虚拟现实技术的紧密结合,因此可以产生立体的、多要素合成的和视野视角可操纵变化的逼真地理场景。

2. 电子地图与数字地图

作为现代地图学发展的产物,数字地图和电子地图紧密联系,其中数字地图是地图数据库的用户观点,和具体表达的符号无关;而电子地图是以数字地图数据为基础的屏幕模拟表达,它直接依赖于地图符号和符号库系统的支持,因而数字地图属于数字景观模型(digital landscape model, DLM)范畴,电子地图属于数字制图模型(digital cartographic model, DCM)范畴。由此可知,数字地图是电子地图的数据基础,电子地图是数字地图的表达结果。

不过,在现代地图学中,数字地图的概念被频繁的提及和使用,这是因为数字地图被认为可以更直接地与模拟地图划清界限,从而体现地图变化的本质。

但是,从严格的地图意义来讲,数字地图并不是地图,它缺失了地图特定的表现形式——地图语言这一根本要素,而表现为一组地理空间数据的集合,是一种典型的虚地图形式。在应用层面上,数字地图作为一种典型的 DLM,它更关注数据的类型和结构,虽然可以同时支持电子地图表达和计算机辅助的纸质地图编绘,但它与地图符号和表达方法无关的特性使其始终处于数据基础的地位。而

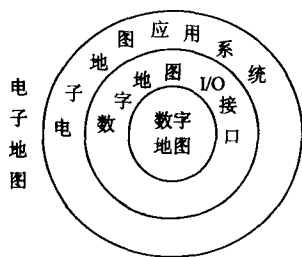


图 1.1 电子地图与数字地图

电子地图和现代信息技术紧密结合，在地图数据、符号及相关软件的支持下，强调了地图表达和地图应用的特点，将传统的模拟地图转变为信息技术支持下的屏显地图，并产生了众多新的地图图种形式，形成了一系列新的分类方法。因此，和数字地图相比，电子地图具有更显著的地图特征性和发展的前沿性。

在图 1.1 中表示了数字地图和电子地图的联系。电子地图通过电子地图应用系统（包括浏览、查询与分析功能）调用数字地图 I/O 接口来访问数字地图，并在屏幕上实时显示。在电子地图浏览过程中，地图符号库系统将发挥重要的作用。

3. 电子地图与 GIS

地理信息系统（GIS）是一种采集、存储、管理、分析、显示和应用地理信息的计算机系统。GIS 脱胎于地图，脱胎于机助地图制图和地图数据库，是地图学功能在信息化时代的扩展与延伸（王家耀，2000）。但是这种和地图的紧密联系也造成了学科之间的一种混乱。一种观点认为，在信息技术条件下，GIS 已超越了地图的内容，因而可以完全取代地图，包括电子地图；另一种观点则提出，电子地图是 GIS 的一个组成部分，主要负责 GIS 的输出表达；还有的观点认为，电子地图是 GIS 的一种类型，它面向普通用户的应用需求，因此又被称为“大众 GIS”。在更多的情况下，人们采用回避的方式，模糊两者间的界限。

DeMers 就曾经指出，GIS 在定义上的弹性变化加剧了这种混乱，导致了和计算机辅助地图制图（CAC）、计算机辅助设计（CAD）之间的错误认识。如何评价 GIS 与地图，特别是电子地图的关系？它们存在怎样的联系和差异呢？目前普遍一致的观点认为，电子地图强调地图的表达和传输，而 GIS 更关注空间分析。不过，由于 GIS 同样需要地理信息的图形表达，而电子地图也需要具有地图的分析功能，因而对两者间的区别还有必要做进一步的说明。

电子地图与 GIS 的差别体现在以下几个方面：

1) 地图数据的完整性要求不同

为了分析的需要，GIS 强调代表一个地理实体的地图数据的空间完整性，强调其独立的地理意义，强调空间与属性上的统一。而电子地图为了表达的目的有可能损失其完整性，因此，在空间数据（含空间关系）的要求上电子地图与 GIS 存在着一定程度的矛盾冲突，这就是由空间分析质量与地图表达效果之间的不同需求所导致的结果（龙毅等，2001）。例如，在制图综合中的移位、夸大等操作，