

一种面向多应用的大比例地形图数据模型

张雪松¹

(1 武汉大学空间信息与数字工程研究中心, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要:提出了一种新型的面向对象的大比例地形图数据模型, 并给出了相应的数据结构与软件实现方法。实验证明, 该模型能很好地满足传统制图与 GIS 的双重需求, 实现数据一次采集便能同时进入地图数据库与地理数据库, 具有较好的应用价值。

关键词: GIS; 地形图; 数据模型; 地理数据库

中图法分类号: P208; TP311

大比例地形图是地图的主要分支, 在城市规划、工程设计管理等领域具有重要的作用。随着机助制图技术的日趋完善与基础地理信息系统的迅速发展, 数字化的大比例地形图得到越来越广泛的应用, 主要表现在^[1,2]: ①承担传统纸质地形图的作用, 为城市区域规划、工程设计管理等服务。无论它是纸质还是数字化形式, 其应用主要是通过领域专家按地图图式人工判读, 基本上不涉及 GIS 空间分析功能。②在其基础上尽可能自动缩编成小比例地形图。③作为基础地理信息系统主要的数据来源, 在其基础上提取专题 GIS 信息, 为满足特定领域需求进行数据挖掘或应用。

由于大比例地形图应用的广泛性, 加上其包含的图形对象类别繁多, 结构关系极为复杂^[3], 其数据模型的好坏直接影响到相关应用的效能。现有的大比例地形图数据模型要么以机助制图作为应用目的而难以满足 GIS 专题信息的提取、数据挖掘与应用, 要么以 GIS 应用为中心, 难以满足传统制图的需求。对于两者结合的应用研究尚是一个薄弱环节, 很多研究甚至忽视了二者的区别, 或者仅对其中的一个进行单方面研究以回避这个问题^[4-6], 这种现状导致了数据生产单位常常生产两种版本的数据。为此, 本文对现有的数据模型加以扩充与完善, 力求使大比例地形图数据仅需采集与存储一次便可同时满足以上多重需求, 而且还能减少地图自动缩编与专题数据挖掘的难度。

1 现有数据模型的分析

1.1 面向机助制图的数据模型

机助制图的数据模型是以满足测绘界的制图规范与图式为核心, 它强调制图要素的符号化表示, 本质上是数字制图模型(DCM)^[7]。评价该模型的好坏主要取决于制图效率与质量, 忽略或很少考虑制图对象的属性与属性间的关系。此外, 这一模型所建立的数据库在主体上是图形数据库, 并没有或很少把地形图所表现的相关属性解译为信息, 该信息的获得仍需领域专家对地形图的人工判读, GIS 系统难以识别。具体表现在以下几方面。

1) 制图对象的逻辑完整性受到损坏, 如为满足出图美观, 当文字注记压盖某线条(如道路边线、等高线、房屋外框线)时, 人为地断开线条。

2) 难以区分线划的多义性。地形图是典型的线划图, 图上许多线划具有多义性, 如河流两岸的加固陡坎隐含着河流的水涯线, 道路与绿化带平行接壤时道路边线隐含着绿化带的边缘。单纯为了制图的需要, 其数据模型往往会丢失信息。

3) 将文字注记、复杂制图对象分割, 割裂了它们之间有机的联系。文字注记是某一制图对象的属性描述, 应该将它与所描述的制图对象关联起来。复杂对象如带室外楼梯的房屋, 室外楼梯应该与其所属的房屋关联起来。

4) 难以区分制图对象的制图描述信息与空间几何信息, 因而也不适合空间地理对象的多尺度表达。

综上所述, 机助制图的数据模型以测绘领域的制图为主要目的, 尽管在数据组织上也采取了分类、分层编码, 但往往忽略甚至牺牲制图对象的完整性、多义性, 丢失了地图上的多种信息。在这种模型下构建的数据库难以满足 GIS 专题信息提取、数据挖掘与应用的需求, 并为本已很棘手的地形图自动缩编增加难度。

1.2 面向 GIS 的数据模型

在传统的 GIS 中, 空间对象包含图形信息、属性信息和空间关系三方面的信息^[8], 其中空间关系可由图形信息推算而来。在 GIS 中, 以图形表达空间对象的几何特征(位置与形态)和以数据库属性表记录空间对象的物理特征, 它们侧重于客观地理实体的数字景观模型(DLM)的描述, 不强调物理特征的符号化表示, 这种信息分类适合计算机识别与运算。在 GIS 中, 地形图是客观地理实体的可视化表示, 但是这种可视化往往难以满足地形图图式的要求, 缺乏传统地形图人性化的可视信息。对于简单的点符号、线型、面域填充符号(如各种测量控制点、各境界线等), 在 GIS 系统中都可用地理实体的属性调用符号化方法解决, 但对于复杂的线与面符号, 如不规则斜坡、阶梯路等^[9], 则难以实现。此外, 地形图上还有些线划根本没有任何属性意义, 纯粹是为人工判读的方便或图面的美观, 如行政境界线的跳绘线等, 这些线条在 GIS 中无法通过符号化来实现。

学术界往往忽视传统制图业已形成的广泛影响, 甚至一味埋怨现行图式的陈旧。但是, 地形图图式与符号毕竟是空间地理实体最直观的表现形式, 是人们经过长时间总结与积累并约定俗成的, 在一定程度上它是一种专业“语言”。因此, 用 GIS 数据模型建立的大比例地形图数据库面临的最大问题是各种地形图图式符号的构建与再现。有些图式符号可以通过扩充 GIS 软件中的符号化方法来解决, 有些则很难实现。

另外, GIS 与数字制图在图层概念理解与数据组织上也存在矛盾。传统的 GIS 数据模型为满足其数据组织与结构的需求, 将客观地理实体按形状抽象为点、线、面, 属性类似的地理实体往往其几何形状维数也相同, 因而很容易把它们集成层。然而, 大比例地形图在描述地理实体时, 因其空间尺度大、粒度小, 物理属性在同一范畴的地理实体往往具有不同维数的几何形状, 如大部分

房屋是面状的, 但也有点状地物, 如窑洞, 若采用 GIS 的图层概念, 很难如数字制图那样把它们组织在同一个图层中; 在对复杂地理实体的描述上, 也有可能主结构是面状, 附属结构是点状(如廊房)。因而, GIS 对图层的理解很难符合人们对客观地理世界的感知, 特别是在大比例制图过程中。

1.3 要素编码体系带来的问题

地形图要素的分类由自然语言进行描述, 这不利于计算机处理, 通常要把它转换为数值形式, 由编码来表示^[10]。可见, 编码是地形图要素重要的语义信息。现行的地形图要素分类与代码面向制图实体进行编码, 是大比例地形图数据库应遵循的国标。由于地形图图式符号所表示的客观地理实体的复杂性, 这一编码体系显得过于粗略, 对复杂地理实体, 不能区分其相关的主结构与附属结构, 难以满足面向多应用的大比例地形图数据库模型的需求, 必须加以扩充与完善^[11~14]。

2 面向多应用的数据模型

2.1 基本思路

1) 将制图符号实体作为一个完整的对象考虑, 并将它合理地细分为多个相关的子对象, 以分别与符号实体所映射的客观地理实体的空间地理特征、属性特征、属性关系相对应, 同时把子对象与父对象联结, 以实现对象的整体操作。

2) 把大比例地形图的要素编码向后予以扩充, 以区分各制图符号实体的子对象的类别与意义。

3) 把符号实体中描述地理实体的某些特有制图符号图形实体化(制图特征), 与几何特征、属性特征联结起来, 并列作为空间地理实体的一个单独特征, 以此实现 GIS 满足地形图特殊符号绘制的要求。

基于以上思想的数据模型, 能够把地形图图式符号所描述的 DLM 与 DCM 进行区分与联系, 并有助于把图式符号所描述的客观地理对象的相关属性解译为信息。实验证明, 该模型对于面向多应用数字地形图的数据组织具有很好的应用价值。

2.2 图式符号分析

从集合论的角度来看, 地形图是由图式符号并按照一定的规则组合而成的图形元素的组合与排列, 即地形图是图式的集合, 图式是客观地理要素一种抽象的图形化描述。地形图图式在描述某一地理要素时包含量度信息、语义信息和关系结构信息。其中, 量度信息描述要素的空间属性(如

位置、形状), 语义信息表明要素属于哪一类物体以及具有的特性, 而关系结构信息描述要素间的联系^[3], 如图 1。

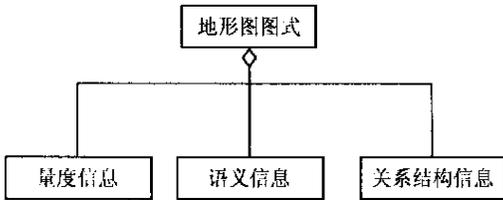


Fig. 1 Implication of Cartographic Symbols

无论是面向数字制图, 还是面向 GIS, 量度信息都是空间地理对象的几何信息, 语义信息与关系结构属性信息在 GIS 中为属性信息, 在数字制图中为几何信息(注记广义上也是几何图形信息)。为方便论述, 给出如下定义。

定义 1 一图式符号若由 n 个基本图形单元组成, 如点、线、多边形、注记等, 把这些基本图形单元命名为图元 E , 则任何一个图式符号 S 可表示为 $S = \{ E_1, E_2, \dots, E_n \}$ 。

定义 2 若一图式符号 S 由 n 个图元 $E_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 组成, 把其中映射客观地理对象量度信息的图元称为空间信息图元, 并命名为 E_s , 把映射客观地理对象语义信息与关系结构属性信息的图元命名为属性信息图元 E_a 。

定义 3 若一图式符号 S 有 m 个属性信息图元 E_a , 把其中能用常规 GIS 软件系统符号化方法构造并显示出来的图元称为纯属性图元 E_{ap} , 把不能用常规 GIS 软件系统符号化方法构造并显示出来的图元称为制图图元 E_{ac} 。

根据以上定义有:

$$E = E_s \cup E_a$$

$$E_a = E_{ap} \cup E_{ac}$$

在上述定义中, 并没有考虑关系结构信息中的空间关系, 这主要是因为不管在机助制图还是在 GIS 数据模型中, 空间关系是不变的, 并可由空间几何信息计算出来。

2.3 模型框架

面向多用途的大比例地形图数据模型必须解决如下几个问题。

1) 完全满足传统制图图式符号的要求, 将客观地理要素按照制图原理与规范抽象为图式符号 S 。

2) 将图式符号 S 中的空间信息图元 E_s 与属性信息图元 E_a 完全区分, 以分别满足 DIM 与 DCM 的需求, 并能把属性信息图元 E_a 完整解译为属性数据, 这样才能进入到 GIS 系统中。

3) 顾及到常规 GIS 软件系统符号化方法无法构造并显示出来的制图图元 E_{ac} , 可把它当作纯几何线划信息直接导入到 GIS 软件系统中。

4) 为维护数据操作的整体性、一致性, 应把图式符号作为一完整的对象考虑, 把其包含的各种图元有机地联结在一起。

在面向对象数据模型中, 其核心是对象(object), 对象是客观世界中的实体在问题空间的抽象。空间对象是地面物体或者说地理现象的抽象^[15]。空间对象有两个明显的特征: 一个是几何特征, 如大小、形态和位置; 另一个是物理特征, 即地物要素的属性特征, 如道路、河流或房屋^[16]。在地形图上, 图式符号对象是空间对象的映射, 几何特征反映在图式符号中的空间信息图元 E_s 上, 物理特征常常以属性信息图元 E_a 表示, 也就是说, 空间对象的几何特征和属性特征全部以图形(几何线划与专业图式符号)表示, 供专业人员判读。因此, 为满足传统制图与 GIS 的双重需求, 有必要把地形图图式符号对象进行合理的分类与组织。

一个对象由描述该对象状态的一组数据(也可以是对象)和表达它的一组方法组成。地形图图式符号对象可表示为 $\text{Object} = (\text{ID}, \text{A}, \text{O})$, 其中, ID 为目标标识码, A 为属性, O 为方法。一般来说, 一个图式符号是由若干个图元对象聚合而成的复合对象, 如图 2。图元对象的属性包括几何图形信息与属性信息。

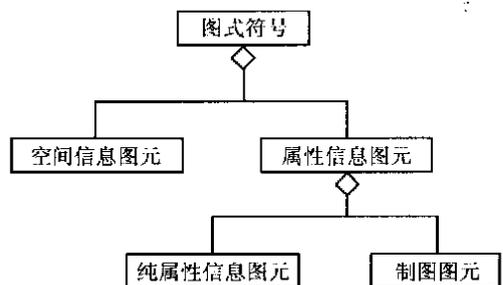


Fig. 2 Structure of Symbol Objects

3 数据模型的实现

3.1 编码体系的扩充

《1:500、1:1 000、1:2 000 地形图要素分类与代码》^[17] 将地形要素分为 9 大类, 地形要素分类代码由大类、小类、一级和二级共四级代码构成, 且由 4 位数字码组成, 其结构为: 大类码+小类码+一级代码+二级代码。为区分图式符号的空间信息图元与属性信息图元以及属性信息图元中的

纯属性信息图元与制图图元, 在现有地形要素分类代码的基础上向后扩充二位, 作为图元类别属性标识码, 结构为: 大类码+小类码+一级代码+二级代码+图元类别标识码。表 1 为部分编码扩充方案。

表 1 编码扩充表
Tab. 1 Extended Codes

图元类别标识码	描述
00	空间信息图元
11	制图图元
12	独立符号的外围边界线
13	地物方向
14	文字注记
15	附属设施
...	...

3.2 软件设计

为满足以上数据模型的需求, 同时能确保数据的采集效率, 宜在大比例地形图数据采集系统中全面应用面向对象的方法, 把各类图式符号的结构分析归纳, 提炼出其包含的图元子类以及操作方法, 并把它们以图标和快捷菜单形式显示出来。数据采集时, 先选择地物要素编码采集空间信息图元, 然后软件能根据该编码自动提示该图式符号所有的图元子类名称与操作方法。图 3 为采集廊房数据的快捷菜单。

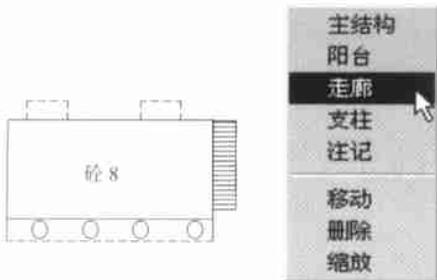


图 3 图式符号及其快捷菜单

Fig. 3 A Symbol and Related Shortcut Menu

3.3 数据结构

软件系统自动给每个图式符号对象赋予一个唯一的标识码(ID), 并以一个数据链表记录相关的符号分类代码(SymCode)与指向该符号所包含的图元指针(PE), 结构为 (ID; SymCode; PE₁, PE₂, ..., PE_m)。

每个图元都有相应的几何图形信息与属性信息。属性信息包含图元目标标识码(EID)、属性标识码(ECode)以及包含它的图式符号目标标识码(ID), 结构为(EID, ECode, ID, 其他属性)。

顾及到国内许多数字测图数据采集平台是基于 AutoCAD 开发的, 并且新版本 AutoCAD 也能链

接与管理属性数据, 有赋对象属性、赋对象扩展属性(Xdata)和外挂商业数据库等多种图形与属性一体化管理方式^[18]。把几何图形信息以 AutoCAD 本身的方式组织, 图元目标标识码(EID)存放在 AutoCAD 图形实体对象属性中的 Thickness 项, 以提高软件操作效率, 其他属性用 AutoCAD 的扩展属性 Xdata 组织。

4 结 论

数字地形图数据必须面向传统制图与 GIS 的双重需求。传统制图与 GIS 在数据组织与图面的表示上存在一定的矛盾, 如何使数据既能满足测绘单位赖以生存的制图业务的需求, 同时又能满足 GIS 应用的要求, 是城市测绘单位近年来一直面临的技术难题。数字大比例地形图作为目前基础地理信息主要的数据源, 其数据模型的科学性与实用性对于拓展其应用价值, 推进基础地理信息系统的发展, 具有十分重要的意义。

参 考 文 献

- 张雪松. 汕头市基础地理信息系统的建立. 城市勘测, 2000(3): 19~23
- 潘正风, 杨德麟, 黄全义, 等. 大比例数字测图. 北京: 测绘出版社, 2002. 1~6
- 毋河海. 地图数据库系统. 北京: 测绘出版社, 2000
- 毋河海, 龚健雅. 地理信息系统(GIS)空间数据结构与处理技术. 北京: 测绘出版社, 1997
- 龙 毅, 杜清运. 数字地图制图向地理信息系统发展的若干问题分析. 地图, 2001(2): 1~4
- 董仲奎, 王宾波. 城市空间基础数据生产的几个问题初探. 工程勘察, 2002(5): 61~63
- 郭庆胜. 地图自动综合新理论与方法. 北京: 测绘出版社, 2002. 7~9
- 边馥苓. 地理信息系统原理与方法. 北京: 测绘出版社, 1996
- GB/T 7929-1995. 1:500, 1:1 000, 1:2 000 地形图图式. 北京: 中国标准出版社, 1996. 1~30
- 王家耀. 空间信息系统原理. 北京: 科学出版社, 2001
- 宋长松. 面向 GIS 数据交换与分发的二维地形编码体系. 测绘通报, 2000(5): 41~42
- 梁 军, 金文华. 基于实体特征的城市基础地理分类编码方案. 2001'中国 GIS 年会, 成都, 2001
- 吴镇极. 面分类法在 GIS 信息分类代码中的应用. 中国测绘学会数字测绘与 GIS 技术应用学术研讨交流会, 中山, 1998
- 黄 坚. 关于城市数字地形图要素分类与编码初探. 中国测绘学会数字测绘与 GIS 技术应用学术研讨交

- 流会, 中山, 1998
- 15 Gong J Y. A Proposal for China Geospatial Data Transfer Format. CAGIS'98 Conference, Wuhan, 1998
- 16 龚健雅. 从影像到数字地球(面向对象集成化空间数据库管理系统的设计与实现). 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2001. 21~23
- 17 GB 14804-1993. 1:500, 1:1 000, 1:2 000 地形图要素分类与代码. 北京: 中国标准出版社, 1996
- 18 郭朝勇. AutoCAD 2002 定制与开发. 北京: 清华大学出版社, 2002. 379~399
- 作者简介: 张雪松, 博士生, 工程师. 现从事 GIS 理论及其应用的研究. 代表成果: 萧山市规划管理信息系统, 汕头市基础地理信息系统, 建始县土地利用数据库系统等.
E-mail: zxsqis@263.net

Data Model of Large Scale Topographic Maps for Multi-applications

ZHANG Xuesong¹

(1 Research Center of Spatial Information and Digital Engineering, Wuhan University,
129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: Large scale topographic maps are the main branch of the maps. They play important roles in the fields of urban planning, engineering design and management etc. They are widely used with the development of digital surveying and mapping and GIS. Now the database of large scale topographic maps is oriented to two ways. The first emphasizes on the digital surveying and mapping that can satisfy the traditional cartography but not the information extracted and application for GIS. The second focuses on GIS, but is difficult to satisfy the traditional cartography. This contradiction leads to that two data versions are produced for both traditional cartography and GIS. This paper analyzes the reason of the contradiction. A new data model that can satisfy both cartography and GIS is considered to solve the problem. The structure of symbols of large scale topographic maps is analyzed deeply with OO analysis and design method, and a new oriented-symbol data model is given.

Key words: GIS; topographic maps; data model; geographic database

About the author: ZHANG Xuesong, Ph. D candidate, engineer, his major research orientation is the theory and application of GIS. His major achievements are Xiaoshan information system of urban planning and management, Shantou primitive geographic information system, Jianshi database system of land use, etc.
E-mail: zxsqis@263.net

(责任编辑: 涓涓)

欢迎订阅《测绘信息与工程》

《测绘信息与工程》为测绘专业应用技术期刊, 其宗旨是: 贯彻从生产中来、到生产中去的办刊原则, 面向测绘行业发展的实际需要, 发表对测绘行业具有直接指导作用的技术、管理和教育文章, 架设沟通测绘研究与应用联系的桥梁, 普及测绘科学新技术, 提高测绘行业的技术含量及从业人员的技术水平。本刊开辟的栏目均面向读者需要, 并已形成特色和优势, 具有较好的社会适应性。本刊为湖北省优秀期刊。

本刊国内外公开发行人, 读者对象为测绘及相关专业的技术人员、管理人员、教育人员以及大学生、研究生等。本刊为双月刊, A4 开本, 56 面, 逢双月 5 日出版, 每册定价 4.0 元, 邮购价加 25%。本刊邮发代号: 38-316, 请广大读者到各地邮局订阅。漏订者可与本刊编辑部联系补订。