

# 基于分层的面状地图符号设计

尹章才<sup>1</sup> 李霖<sup>1</sup> 龙毅<sup>1</sup> 张园玉<sup>1</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:** 根据面状符号的结构特征和实现机制, 提出了基于分层的面状地图符号设计方法, 把面状符号分为若干层, 每层采用一种填充方式, 并在基于 VC++ 的 Cartosymbol 软件中实现。结果表明, 该方法既便于地理现象的表达, 又便于计算机实现。

**关键词:** 地图符号; 分层; 视觉变量

**中图法分类号:** P283.1

目前, 面状符号的制作方法如信息块方法<sup>[1]</sup>、矩阵图案填充<sup>[2]</sup>、符晕、瓦晕思想<sup>[3]</sup>等, 使用模板方式对面进行填充, 主要采用了颜色和网纹等视觉变量<sup>[4]</sup>, 忽略了密度或间距 (Robinson, 1984)、内部结构 (Salichtev, 1976) 等其他变量。

人类信息的传达是基于不同系统符号的处理<sup>[5]</sup>, 地图符号是视觉变量的系统<sup>[6]</sup>, 在制作过程中, 应充分考虑影响该系统的各种视觉变量。本文在 Bertin 视觉变量的基础上, 顾及内部结构、密度、间距等变量, 提出了基于分层的面状符号设计方法。

## 1 基本概念

基于分层的面状符号设计方法把面状符号分为若干层, 每层采用一种填充方式, 即一个具体的面符号, 有 0 或 1 层面填充、0 或多层线填充和 0 或多层点填充, 各层按照一定的约束关系组合成面状符号。每一种填充方式由填充对象和填充规则构成, 用 Backus-Naur 格式 (BNF) 描述为:

$\langle \text{面状符号} \rangle ::= \{ \langle \text{填充方式} \rangle \langle \text{层标识符} \rangle \langle \text{约束关系} \rangle ;$

$\langle \text{填充方式} \rangle ::= \langle \text{填充操作名} \rangle \langle \text{填充对象} \rangle \langle \text{填充规则} \rangle ;$

$\langle \text{填充操作名} \rangle ::= \langle \text{面填充} \rangle | \langle \text{线填充} \rangle | \langle \text{点填充} \rangle .$

## 2 填充方式

### 2.1 面填充

面填充方式分为图像填充和色彩填充<sup>[7]</sup>, 即  $\langle \text{面填充} \rangle ::= \langle \text{图像填充} \rangle | \langle \text{色彩填充} \rangle .$

1) 图像填充的对象属性为高度、宽度、图像位置, 其规则为平铺、拉伸或瓦晕, 即  $\langle \text{填充对象} \rangle ::= \langle \text{图像位置} \rangle \langle \text{高度} \rangle \langle \text{宽度} \rangle ; \langle \text{填充规则} \rangle ::= \langle \text{平铺} \rangle | \langle \text{拉伸} \rangle | \langle \text{瓦晕} \rangle .$

2) 色彩填充的对象为均一颜色或渐变色, 其规则为平铺或瓦晕, 即  $\langle \text{填充对象} \rangle ::= \langle \text{颜色} \rangle | \langle \text{渐变色} \rangle ; \langle \text{填充规则} \rangle ::= \langle \text{平铺} \rangle | \langle \text{瓦晕} \rangle .$

### 2.2 线填充

面符号的线填充即晕线, 如果实虚部构成的形状不随多边形边界变化 (图 1(b)), 则能保持内部结构的一致性。绘制时, 以多边形的最小外接矩形为绘制区域, 再用多边形对晕线进行裁剪。晕线实虚部的长度通常是固定的 (图 1(a)、1(b)), 对于特殊的晕线, 如小比例尺沼泽符号, 实虚部的长度发生变化, 从而使晕线的实线和虚线组合具有一定的形态 (图 1(c))。

### 2.3 点填充

点填充可分为规则填充、半规则填充和不规则填充, 即  $\langle \text{点填充} \rangle ::= \langle \text{规则填充} \rangle | \langle \text{半规则填充} \rangle | \langle \text{不规则填充} \rangle .$



图1 面符号的线填充

Fig. 1 Hatch Filled in Area Map Symbol

2.3.1 点符号对象

在一般情况下,点符号对象的形状是固定不变的,只有在一些特殊的面符号中,其形状是变化的,如沙地地貌(图2(b))、沙砾地、龟裂地等。点符号对象的参数有点符号标识符、宽度和高度,即<填充对象>::=<点符号标识符><宽度><高度>。

形状变化的垄状沙丘,其填充对象包括单垄

沙丘( $L_1$ )和双垄沙丘( $L_2$ )(图2(a))以及它们之间的比例( $J$ )。单垄沙丘用正弦函数弧( $A * \sin(Bx + C)$ )作为参考形状。其属性有:弧的高度( $A$ );弧的周期( $B$ );弧的偏移量( $C$ );弧的长度( $D$ );弧中心点的最大半径( $E$ );点的最小半径( $F$ );点之间的最大间隔( $G$ );点之间的最小间隔( $H$ )。双垄沙丘是将单垄沙丘向两侧拉伸一定的距离,使两个单垄沙丘分布在参考位置的两侧,其属性是在单垄沙丘的基础上增加一个中心点的最大偏移量( $I$ )。  $A \sim I$  的参数为与定位点相关的一定范围内的伪随机数。这里  $J = L_1 : L_2 = 4 : 1$ 。实现时,以10作为伪随机数的最大范围,以面符号的定位点作为随机种子,当产生的随机数分布在 $[1, 2]$ 时,绘制 $L_2$ ;在 $[3, 10]$ 时,绘制 $L_1$ 。

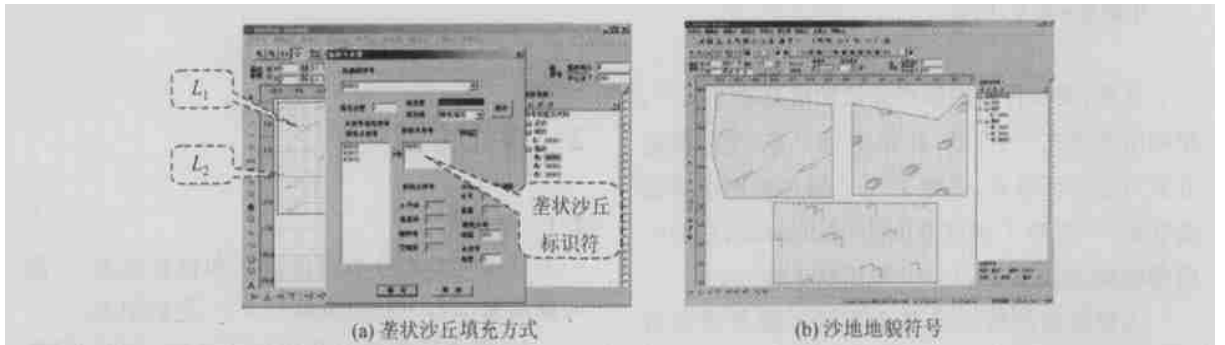


图2 面符号的点填充

Fig. 2 Point Symbols Filled in Area Map Symbols

面符号的点填充操作过程可简单描述为5个步骤(图3),即根据填充规则和约束关系,生成点填充对象的定位点,在该点上配置点符号,并进行裁剪,实现面符号的填充。

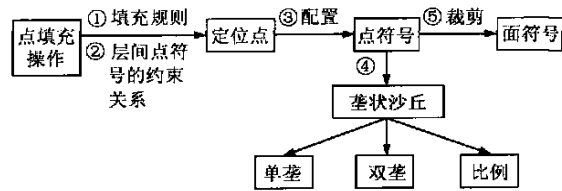


图3 点填充操作过程

Fig. 3 Procedure of the Fill Operation for Point Symbols

2.3.2 规则填充

在多边形内有规律地配置点符号,其参数包括点符号对象和填充属性:配置方式(如“品”、“井”字型等)、行间距、列间距、点符号方向(固定、随机),即<填充规则>::=<配置方式><行间距><列间距><方向>。

在具体实现中,将规则填充的“井”、“品”字型规则用一个变量“交错间距”进行描述,该变量可

以取0,为“井”字型;可以取行间距的一半,为“品”字型;也可以取其他值,便于符号的扩展。有的规则填充如平沙地,可以用一种函数进行表达,该函数就是一种特殊的配置方式(图2中的平沙地),能反映呈波状分布的地理现象。

2.3.3 半规则填充

半规则填充继承了规则填充与散列填充,具有规则填充模式的参数以及行最大偏移量与列最大偏移量,即<填充规则>::=<配置方式><行间距><列间距><方向><行偏移量><列偏移量>。

用规则填充方法生成定位点(图4(a)),再在每个定位点的一定范围内(图4(b)中的虚线矩形)随机地产生一个新的定位点,新定位点即为半规则填充方式的定位点,保持了内部结构的多样性。在现实世界中,有的地理现象既呈主导因素决定的规则分布,又呈非主导因素影响的散列分布,如石块地(图4(d))。

2.3.4 不规则填充

不规则填充(散列)具有点符号对象和填充属

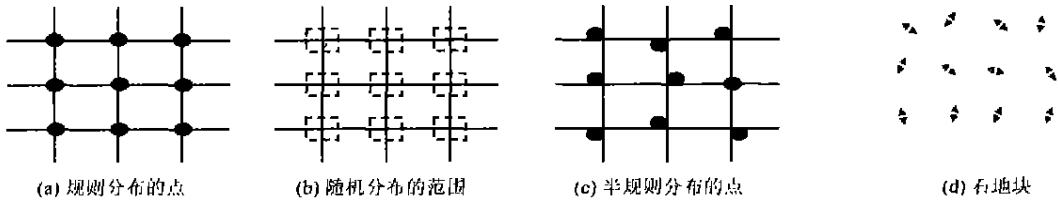


图 4 面符号的半规则填充

Fig. 4 Half-Rule Filling Model of Area Map Symbols

性: 最小间距或密度和点符号方向, 即  $\langle \text{填充规则} \rangle ::= \langle \text{最小间距} \rangle \langle \text{方向} \rangle$ 。

把多边形的顶点坐标作为随机数的种子, 根据点符号的最小间距能惟一生成均匀且随机分布的定位点。为得到不规则填充的效果, 可将符号的大小、方向或填充间距等参数值设为随机数, 甚至可以使点符号的形状也发生变化。

### 2.4 填充方式描述

面状符号属性有轮廓线、层数和填充方式, 其

表 1 填充方式的描述

Tab. 1 Description of Filling Modes

填充操作名	形式参数集													
	填充对象						填充规则							
	层	标识符	高度	宽度	颜色	平铺	拉伸	瓦晕	交错间距	行距	列距	方向	行偏移量	列偏移量
图像填充	1	Y	Y	Y		Y	Y	Y						
色彩填充	2				Y	Y		Y						
晕线	3	Y		Y	Y					Y		Y		
规则填充	4	Y	Y	Y				Y	Y	Y	Y			
半规则填充	5	Y	Y	Y				Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
不规则填充	6	Y	Y	Y					Y		Y			

注: “Y”表示使用了该变量。

中填充方式的描述信息包括填充对象描述(标识符、高度、宽度、颜色)和填充规则描述(平铺、拉伸、瓦晕、交错间距、行距、列距、方向、行偏移量、列偏移量等)(见表 1), 表达面状符号的定性与定量信息, 使符号的设计自由灵活。方向变量在晕线填充中表示晕线方向; 在点符号填充中, 表示点符号方向; 当为负数时, 表示随机方向。具体的符号将分配具体的属性值。

## 3 约束关系

为了避免各层之间的相互压盖和不同层点符号之间的相互交叉, 分层设计的面状符号需要处理好两种关系: 层的次序关系与层间点符号的约束关系, 可描述为:  $\langle \text{约束关系} \rangle ::= \langle \text{层的次序关系} \rangle \langle \text{层间点符号的约束关系} \rangle$ 。

### 3.1 层的次序关系

层的次序关系是指面符号按照层号从小到大的顺序进行绘制, 即先绘制颜色或位图的面填充, 再绘制线填充, 最后绘制点符号的填充, 从而避免了各层之间的相互压盖。表示为:  $\langle \text{层的次序关系} \rangle ::= \langle \text{绘制次序} = \text{层号次序} \rangle$ 。

### 3.2 层间点符号的约束关系

层间点符号的约束关系表现为不同层的点符号不相交。具体表现为: 当前点填充层的定位点为  $P_c(i)$ , 其中  $i \in N$ , 点符号的半径为  $R_c$ ; 已经生

成的点填充层  $k$  的定位点为  $P_k(j)$ , 其中  $k, j \in N$ , 该层的点符号半径为  $R_k$ 。约束关系的形式化描述为:

$$\text{Length}(P_c(i), P_k(j)) \gg (R_c + R_k)$$

式中,  $i, j, k \in N$ ,  $i$  与  $j$  为一个点填充层的定位点的数量;  $k$  为填充层的层号。具体实现时, 首先实现所有规则填充层, 然后实现所有半规则填充层, 最后实现所有不规则填充层。

### 3.3 实例分析

在基于 VC++ 的 Cartosymbol 软件中, 实现了基于分层的面符号设计方法。在设计面状符号时, 首先确定区域内填充方式的数量, 并作为面符号的层数; 然后确定每一层填充方式的类型; 再在多边形内根据一定的层次序进行配置。

面符号的设计界面有轮廓线、总层数、层填充方式、颜色填充、图像填充、被填充点符号、点符号的方向、行间距、列间距、交错距离(描述“井”、“品”字型规则)、旋转角度、行最大偏移量、列最大

偏移量、随机分布的最小间隔等形式参数接口,可以输入实际参数值。下面以“竹林中杂有树木”符号为例,说明面符号的设计过程:①确定填充方式,分为3层,第一层是底色的面填充,第二层为

规则填充,点符号为竹林,第三层为不规则填充,点符号为树木;②生成填充的点符号和线轮廓符号(图5(a));③面符号参数设置(图5(b));④生成面符号(图5(c))。



图5 面符号的设计过程

Fig. 5 Procedure of Area Map Symbol Design

## 4 结 语

本文探讨的基于分层的面符号设计方法表明,该方法在视觉变量方面具有如下特点:①完备性,不仅能表达通用的视觉变量,如形状、尺寸、方向、颜色、网纹等,还可以表示内部结构、间距等视觉变量;②灵活性,视觉变量可以自由组合,变量可以根据需要选择适当的值;③精确性,视觉变量是利用数字进行描述的;④易用性,提供用户方便的工具和良好的界面设置视觉变量。

## 参 考 文 献

- 徐庆荣,杜道生,黄伟,等. 计算机地图制图原理. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1992
- 李霖. 多边形的矩阵图案填充. 地图,1994(1):15~20

- 鲍秀芝,达汉桥,张祖勋. 矢量式地图符号的数字表达. 武测科技,1996(1):9~13
- 陈毓芬. 地图符号的视觉变量. 测绘学院学报,1996,12(2):145~148
- Winter N L, Dymon U J. Seeking Hazard and Emergency Management Symbols. The 21th International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa, 2003
- Schlichtmann H. The Local Syntax of Map Symbolism. The 20th International Cartographic Conference (ICC), Beijing, China, 2001
- 尹章才,李霖,朱海红,等. 基于SVG的地图符号描述模型研究. 武汉大学学报·信息科学版,2004,29(6):544~547

第一作者简介:尹章才,博士生. 主要研究方向为地理信息的可视化表达。

E-mail: zcyin0769@sina.com

## Design of Area Map Symbols in Layers

YIN Zhangcai<sup>1</sup> LI Lin<sup>1</sup> LONG Yi<sup>1</sup> ZHANG Yuanyu<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Sciences, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Integrating the structure and the implementation mechanism of the area map symbol, this paper presents a model of designing area map symbols in layers. An area map symbol is described in one layer or more layers, and every layer is implemented in a filling pattern to portray one geographic phenomenon. In the software of Cartosymbo, the method is realized.

**Key words:** map symbol; layer; visual variable

**About the first author:** YIN Zhangcai. Ph. D candidate, engaged in the research on the portrayal for geographical information.

E-mail: zcyin0769@sina.com

(责任编辑: 晓平)