

专题制图系统中面状符号自动绘制的新算法——晕线图案法

艾自兴 颜辉武

摘要 在专题制图系统中,面状符号的自动绘制具有重要意义。晕线法是绘制面状符号较为常用的方法,然因其图形结构简单,对于绘制较为复杂的专题地图,分级,对比效果均不够理想,为此,本文提出了晕线图案法。这种方法以晕线法为基础,用不同的晕线,虚晕线的适当运算构成图案,从而实现面状符号的自动输出,本方法图案设计简单,既可交互式输出也可自动生成图案,既保留了晕线法优点,又实现了面状符号的多样化输出。利用晕线图案法,笔者绘制了黄土高原微机地理信息系统专题图部分,并取得了较理想的效果。

关键词 专题地图,晕线法,晕线图案法,微机地理信息系统

1 引言

面状符号的自动绘制在专题制图系统的图形输出中具有重要的地位。晕线法在面状符号的绘制中,是一种较为广泛应用的方法。其程序简明,通常只要输入几个参数,如角度、间距等,就可在指定的区域中绘制出一组有规律的晕线。因此,该法得到了不少制图工作者的使用。但是,由于该法图形结构较为简单,在绘制一些较为复杂的专题地图时(如地图的分级较多时),各级图形的差别不易拉开,区别不大,图形的对比效果较差。为此,本文提出了晕线图案法。其基本原理是用不同晕线的基本图形通过特定的代数运算来形成图案,并以此实现面状图形的自动输出。该法图案设计简单易行,既可交互式输入也可自动产生图案,既保留了晕线法的优越性,又实现了面状符号的多样化自动输出。

2 基本图形的生成

不失一般性,这里只需讨论虚水平晕线图形的生成(对于倾斜的虚晕线可用坐标旋转来解决,实线可看成是虚线的特例)。

设某虚线的实部为 D_1 ,虚部为 D_2 ,则一条虚线可以看成是由若干个实部+虚部(即以 D_1+D_2 为一个单位)的小段所构成的。由于多边形的边界是不规则的,为了便于后面图案的生成,我们对所有的虚线都给定一个基准参考线(y 轴),并且规定每条虚线都是以实部从 y 轴开始延伸的。

在图 1 中,设 L 为一条与多边形水平相交的虚线。 P_1, P_2 之间是所需绘制的虚线段。它是

虚线 L 的一部分,既要在 P_1, P_2 之间,又要在 L 之上。将 L 看成是 X, Y 的集合,令:

$$S = \{x \mid x \in L \wedge P_1 \leq x \leq P_2\} \quad (1)$$

则满足条件

$$x \in S \wedge y \in L \quad (2)$$

的所有点 (x, y) 的集合 E 即为所求的虚线 $\overline{P_1 P_2}$, 其中 S 为 X 的集合, 它由若干子集构成。即:

$$S = \bigcup_{k=1}^4 S_k$$

其中 S_k 的算法如下:

设 q_1 为某小段虚线实部的起点, q_2 为该小段实部的终点, S_k 的算法:

①若条件

$$q_1 \leq P_1 \leq q_2$$

成立, 则

$$S_1 = \{x \mid P_1 \leq x \leq q_2\}$$

②当条件

$$P_1 \leq q_{1i} < q_{2i} \leq P_2$$

成立, 则

$$S_2 = \{x \mid q_{1i} \leq x \leq q_{2i}\}$$

其中 $i=1, 2, 3, \dots, n$, 表示在 P_1, P_2 之间的虚线实部可能有 n 个。

③若条件满足

$$q_1 \leq P_2 \leq q_2$$

则有

$$S_3 = \{x \mid q_1 \leq x \leq P_2\}$$

④另外, 若条件

$$q_1 \leq P_1 \leq P_2 \leq q_2$$

成立, 则有

$$S_4 = \{x \mid P_1 \leq x \leq P_2\}$$

在上面各条件中若某一条件不满足, 则该 S_k 子集为空, 即 $S_k = \emptyset$ 。上面考虑的是一条虚线的情况, 对于 m 条虚线情况, 则根据式(1)和式(2)可推出:

$$S = \{x \mid x \in L_i \wedge P_1 \leq x \leq P_2\} \quad (3)$$

$$E = \{(x, y) \mid x \in S \wedge y \in l_i\} \quad (4)$$

式中 $i=1, 2, 3, \dots, m$ 。

对于水平虚晕线与多边形的交点多于两个或出现如相切或重合等异常情况时, 应先通过给该晕线一微小增量的方法来避开此种异常情况, 以保证交点的奇偶性不变, 然后将排序后的各交点按 $1, 2, 3, 4, \dots$ 等两点为一组, 分别令为 P_1, P_2 代入式(3)和式(4)即可。

3 图案的构成

构成图案的基本原理是在一给定的面状区域空间中, 对其中的基本图形子集实施某种特

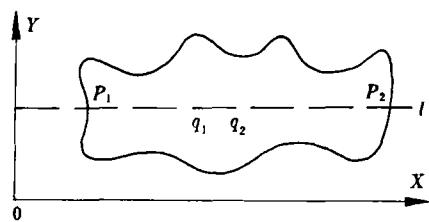


图 1

殊的代数的运算,从而构成新的基本图形即图案。

在上一节中,基本图形子集 E 是以点 (x, y) 的集合的形式出现的,因为上节我们讨论的都是单一的基本图形子集,但是在这一节中,由于我们要对基本图形子集进行代数运算,所以还必须考虑到在点 (x, y) 处的色彩变化。设 Z 表示色彩变化,则基本图形子集 E 可以定义成三重序元 $\langle\langle x, y \rangle, z \rangle$ 的集合。即

$$Z = \{\langle\langle x, y \rangle, z \rangle\}$$

其中三重序元 $\langle\langle x, y \rangle, z \rangle$ 是个序偶,即点 (x, y) 的平面坐标。根据序偶相等的定义^[1],我们有

$$\langle\langle x, y \rangle, z \rangle = \langle\langle a, b \rangle, c \rangle$$

当且仅当

$$\langle\langle x, y \rangle = \langle a, b \rangle \rangle \wedge (z = c)$$

因此基本图形子集 E_i 与基本图形子集 E_j 相等的充要条件是两集合中相应点的坐标相等且色彩也相等。即

$$(E_i = E_j) \Leftrightarrow (\forall \langle\langle x, y \rangle, z \rangle) (\langle\langle x, y \rangle, z \rangle \in E_i \Leftrightarrow \langle\langle x, y \rangle, z \rangle \in E_j)$$

由此我们可定义一个代数系统 V 即:

$$V = \langle E, \oplus \rangle$$

其中 E 为三重序元 $\langle\langle x, y \rangle, z \rangle$ 的集合, \oplus 为二元运算,为了讨论方便,我们先从最简单的情况开始,假定色彩的变化只有两种,也即图形本身的色彩和背景色,(通常即为黑白两色)。以 a 表示背景色,以 b 代表图形色彩,二元运算 \oplus 的定义如表 1 所示。

根据上述代数系统 V 的定义,容易证明该系统满足交换律和结合律。这样就给我们构成图案带来很大的方便。对基本图形子集

表 1

\oplus	$\langle\langle x, y \rangle, a \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$
$\langle\langle x, y \rangle, a \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, a \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$
$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$

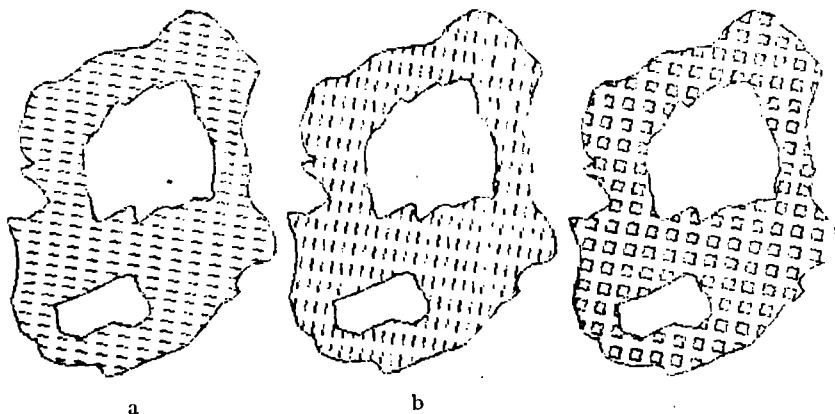


图 2

E_i 和基本图形子集 E_j 实施 \oplus 的运算完全和运算的次序无关。由子集 E_i 和子集 E_j 实施 \oplus 运算后所构成的图案也可看成是新的子集 E_k ,从而可进一步实施 \oplus 运算以构成新的图案,图 2 显示了 \oplus 运算的过程(其中图 $c =$ 图 $a \oplus$ 图 b)。

从图案设计的角度来说,由于这里图案是通过不同的基本图形子集经过 \oplus 运算来形成的,而基本图形子集又是晕线经集合运算而成的,因此确定了晕线的参数也就确定了基本图形子集,进而也就可确定所构成的图案。这样,我们不但可以通过人机对话交互式地设计图案,还可以通过把各参数处理成变量的方法,让计算机自动设计图案。构成图案的形式是无限的,甚至可以超过人们的想象。图(3)是计算机(打印)输出的部分图案。

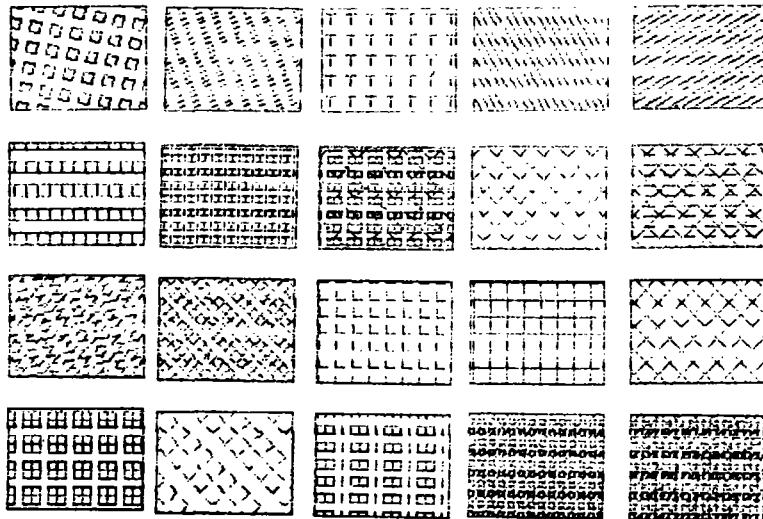


图 3

上面我们只讨论了两种图形色彩的 \oplus 运算,实际上,我们可以把它推广到多种色彩的情况。下面以 n 种色彩为例阐明:设以 a, b, \dots, c 分别表示 n 种色彩,并假定 a, b, \dots, c 的排列次序以 a, b, \dots, c 所代表的色彩的深浅依次排列,从浅到深(这样假定的根据是从输出图形色彩效果的角度来看,就同一点而言总是深色的色彩把浅色的色彩给压盖住了)。表 2 给出了运算的定义。

表 2

\oplus	$\langle\langle x, y \rangle, a \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\dots \dots \langle\langle x, y \rangle, c \rangle$
$\langle\langle x, y \rangle, a \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, a \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\dots \dots \langle\langle x, y \rangle, c \rangle$
$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, b \rangle$	$\dots \dots \langle\langle x, y \rangle, c \rangle$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\langle\langle x, y \rangle, c \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, c \rangle$	$\langle\langle x, y \rangle, c \rangle$	$\dots \dots \langle\langle x, y \rangle, c \rangle$

同样我们可以证明,由此定义的代数系统 $V = \langle E, \oplus \rangle$ 满足交换律和结合律,系统 V 中的有关运算与前面所述完全类似,这里不再赘述。

4 多边形嵌套关系的处理

前面涉及到的多边形都是单连通的多边形,实际上在专题地图中的多边形要复杂得多。有时一个大多边形中嵌套着若干个小多边形。甚至在嵌套的多边形中又嵌套着其它的多边形等

等。如这种情况在多边原始文件中没有考虑，则须进行处理。

为了便于讨论在这种情况下如何绘制面状符号的问题，我们引入“环”和“面”的概念：

环是一组有序的坐标串所组成的一条封闭的曲线。面是由环或相互嵌套着的环组所构成的一个图形。

根据构成面的环的嵌套层次关系，面可分为零级面（即简单多边形），一级面以及二级（多级）面等。

根据定义，面具有如下的数据结构（图4）：

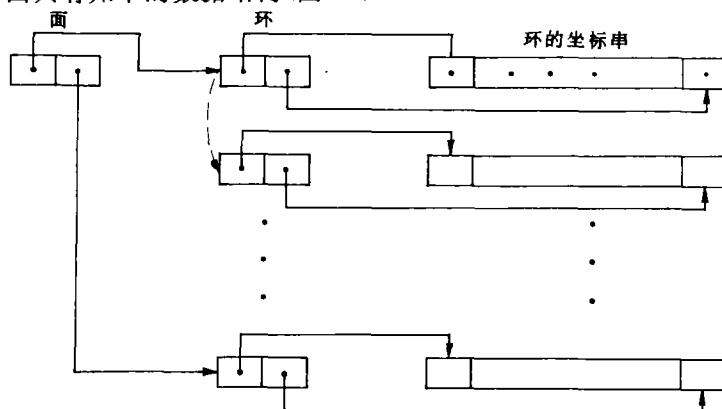


图 4

各级面对绘图的影响是不同的。零级面就是单一的多边形（环），前面已讨论过，这里不再赘述。一级面是一组环的一层嵌套，在排除了切点及相重合等异常情况后，我们发现直线和一级面的各交点在经过按升序排序后，其奇偶性与零级面的情况相同。因此仍使用前述方法。但是对于二级以上的多级面，即使是在没有其它异常情况下（如切点，相重合等），其交点的奇偶性也遭到了破坏，当然也就不能使用前面所述的方法进行绘图。

为了便于使用前面所述的绘制方法，我们可将多级面逐级进行分解^[2,8]，把一个多级面分解成若干个零级面或一级面。而零级面和一级面却是便于用前面所述的绘制方法来进行绘制的。

5 结束语

本文提出的晕线图案法，使用基本图形子集和代数运算来形成各种图案。设计思想简明，理论严密，实用性强，该方法具有以下几个特点：

- 1)既便于绘简单晕线，又便于绘丰富多彩的图案。
- 2)图案设计方法简单易行，只需确定几组晕线参数即可构成图案。
- 3)既可进行交互式图案设计，又可由计算机自动产生各种图案。有利于智能专题图系统的
设计。
- 4)图案的存、取等操作管理方便。

致谢 本文曾得到毋河海教授指导，在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 王遇科. 离散数学结构导论. 北京工业学院, 1982 .
- 2 胡鹏. 一个新的多边形方案. 测绘学报, 1991, 20(3)
- 3 杜清运. 地图数据中多边形数据的自动组织. 测绘学报, 1989, 18(3)

A New Algorithm of Automatically Plotting the Area Symbols in the Thematic Mapping Systems

Ai Zixing *Yan Huiwu*

Abstract The area symbol' s automatic plotting plays an important role in the thematic mapping systems . Hatching method is often used in plotting area symbols . However, because of its simple graphic construction, when it is used to plot a complicated map, the effects of classification and contrast are not very optimal. So, the authors put forward a new method—— the pattern-hatching method in this paper. This new method is based on the hatching method, using different kinds of hatching lines, break hatching lines to form many new patterns and realize the automatic output of the area symbols. The design of this pattern-hatching method is very simple and practical. Not only could it be in interactive output, but also could automatically form different kinds of patterns. On the one hand ,it has the advantages of the hatching method, on the other hand, it also has the advantages of it-selfautomatically forming the various area symbols. With the pattern-hatching method, the authors plotted successfully the thematic maps of the LPMCGIS—the Lesso Plateau Micro-computer Geographical Information System, and gain a very optimal effect.

Key words thematic map; hatching method; pattern-hatching method; Micro-computer Geographical Information System (MCGIS)