

专题地图上面状符号内晕线的自动描绘

杜道生

[摘要] 专题地图上面状符号是由轮廓范围线加填充符号构成。轮廓线可以是多边形或光滑曲线，也可以是由折线和曲线组成，其自动绘制方法与一般线状要素同；填充符号可有多种形式，如晕线、字符、图案和其他符号，其自动绘制方法亦各不相同。在轮廓线内晕线的自动描绘，关键在于根据轮廓数字化的轮廓点坐标，按照给定的晕线参数用计算机辅助的方法确定晕线端点的位置以及用自动绘图机将晕线端点有序地联结起来。本文介绍在多边形轮廓范围内（规定数字化轮廓点时沿轮廓边按顺时针方向进行）计算晕线端点坐标的数学方法，以及晕线端点的排队、配对和输出的过程。

一 引 言

在自动制图的实践中，国内有的单位已用电子计算机控制的标准打印设备（宽行打印机）在给定的地图方格网交点上自动打印符号的方法编制分级统计图，不同的符号表示制图现象的数值或强度。这种方法在国外也获得了广泛的应用。它的主要缺点是标准打印设备的符号不完全符合制图的目的要求，且所得之图形是非常概略的。若用晕线填绘，不仅符合常规的制图习惯，克服标准打印设备的不足，而且提供了在某一面积范围内填实的可能性。

一般的晕线按三项参数建立：

方向——晕线与纵轴或横轴的夹角；

强度——晕线的粗细；

密度——晕线的间隔。

晕线的方向可用旋转坐标系的方法来改变；强度可用不同粗细的绘图笔或用程序加以控制；而密度可根据实际需要规定若干个等级以供选择使用。

二 晕线端点坐标的计算和处理

在多边形轮廓范围内自动绘制晕线时，可有两种方法确定晕线端点的位置：一种方法是首先求出该范围内第一条晕线与各轮廓边的交点，经判定后保留绘制第一条晕线所需要的交点，然后按一定顺序排队输出（或绘图）；第一条晕线完成后，再第二、第三、……，直至最后一条。第二种方法是首先求出某一轮廓范围内所有晕线端点的坐标，然后按一定的顺序排队逐条输出（或绘图）。现将第二种方法介绍如下：

假定有一特定坐标系 xoy ，其 y 轴与所欲绘晕线方向相同，且该多边形所有轮廓点 $(x_i,$

y_i 都位于第一象限 (如图 1) 在这个坐标系中, 每条晕线的方程呈最简形式:

$$x = DK$$

DK 既是晕线与 y 轴之间的距离, 又是该晕线与轮廓边交点的 x 坐标。

晕线端点坐标的计算是从第一条轮廓边开始依次逐边进行的, 每一条轮廓边与晕线交点坐标的计算过程是:

1. 确定 DK 的初值

为判别和计算某条轮廓边上的晕线端点, 首先选定一条晕线开始推算, 该晕线与 y 轴之间的距离称为 DK 的初值。

DK 的初值与轮廓边在坐标系中的位置有关, 一般地说有下列两种情况:

① 当 $x_{i+1} - x_i > 0$ 时 (如图 2—A) 则

$$DK = [x_i/D] \times D + D \quad (1)$$

② 当 $x_{i+1} - x_i < 0$ 时 (如图 2—B) 则

$$DK = [x_i/D] \times D \quad (2)$$

式中 $[]$ 表示将括号内的值取整, D 表示晕线的间隔。

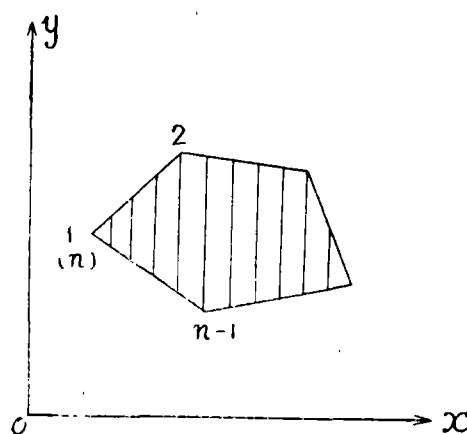


图 1

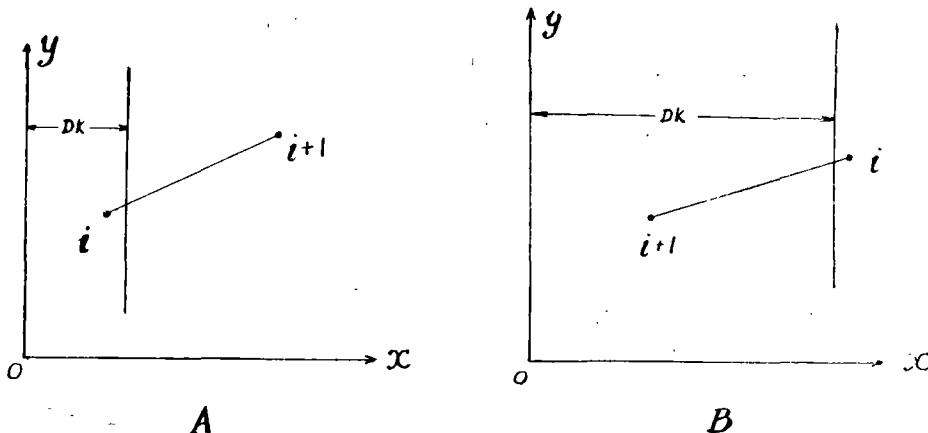


图 2

2. 判断轮廓边与晕线 $x = DK$ 有无交点, 其判别式是

$$(x_i - DK)(x_{i+1} - DK) \leq 0 \quad (3)$$

若 (3) 式成立则表示 DK 在 $(x_i, x_{i+1}]$ 间, 即晕线 $x = DK$ 与轮廓边 $i, i+1$ 有交点。

3. 交点坐标的计算和计数

首先建立轮廓边 $i, i+1$ 的直线方程

$$y = k(x - x_i) + y_i \quad (4)$$

式中 $k = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}$ (5)

然后将 $x = DK$ 代入 (4) 式就可求出这条晕线与该轮廓边的交点坐标:

$$\begin{cases} xD_i = DK \\ yD_i = K(DK - x_i) + y_i \end{cases} \quad (6)$$

式中 xD_i, yD_i 表示存放晕线端点坐标的专用数据场, K 表示相应轮廓边的斜率。

因为一条轮廓边与晕线的交点可能不止一个, 所以, 第一个交点求出后须将 DK 加上 D (当 $x_{i+1} - x_i > 0$ 时) 或减去 D (当 $x_{i+1} - x_i < 0$ 时), 再重复上述判断和计算二个步骤。一旦判别式不成立时, 便转入下一条轮廓边, 直至最后一条轮廓边与晕线的交点求完为止。

这里应注意: 晕线与轮廓边交点坐标应按求得的顺序依次存入专用数据场 $\{xD_i, yD_i\}$ 之中, 并用计数器将交点的个数记录下来。

4. 排除“奇点”

在上面计算的晕线端点 (即晕线与轮廓边的交点) 中, 有的点在绘制晕线时是多余的, 如图 3 中的 A 点, 我们称为“奇点”。

根据普通的拓扑学特性, 一条直线与闭合的轮廓线相交, 其交点数成偶数倍。

因此, 凡“奇点”应被排除。“奇点”必与轮廓点重合, 因此排除“奇点”的方法是:

① 检查晕线的端点中有无与轮廓点重合的点。若有重合点则说明有“奇点”存在的可能, 否则无;

② 设晕线端点的第 j 点与轮廓点第 i 点相重合 (即 $x_i = xD_j, y_i = yD_j$)。

若判别式

$$(x_{i-1} - x_i)(x_{i+1} - x_i) > 0 \quad (7)$$

成立, 则说明晕线端点第 j 点为“奇点”, 这时应将该点从晕线端点数据场中抹去。

注意: 如果 $i = 1$ 时, 其判别式应为

$$(x_{n-1} - x_1)(x_3 - x_1) > 0 \quad (8)$$

5. 排队和配对

在晕线端点数据场中, 晕线端点的坐标是按计算的顺序记录的, 如图 4 中这一条晕线上共有六个端点, 记录的顺序是 1、2、3、4、5、6, 在绘图时就不能按此顺序每两点联线 (即 $\overline{12}, \overline{34}, \overline{56}$) 而应该是 $\overline{12}, \overline{36}, \overline{54}$ 或者是 $\overline{45}, \overline{63}, \overline{21}$ 。况且, 每一条晕线的端点也不是一次得到的。为了在绘图时不至于产生混乱现象, 在排除“奇点”以后必须将晕线端点按照一定的顺序排队。

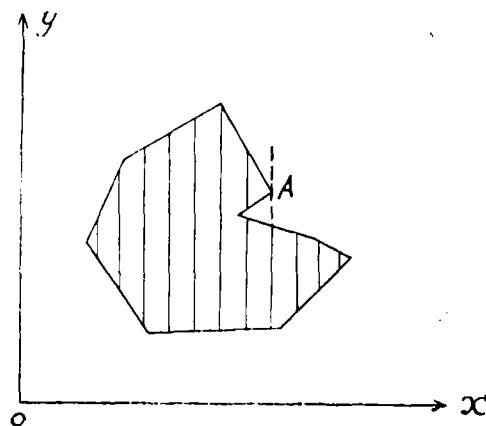


图 3

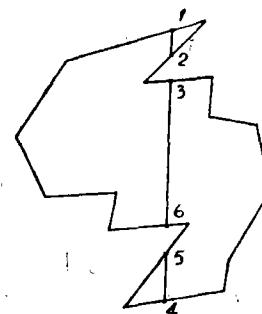


图 4

笔者采用的方法是，首先将晕线端点按 y 坐标从小到大的顺序排队，仍存放在原来的数据场中，点号为 1, 2, …, NN；然后按从左到右逐条绘制晕线的顺序，依次找出各条晕线上的所有端点。每个多边形内第一条晕线与 y 轴之间的距离由下式计算：

$$DD = ([x_{min}/D] + 1) \times D \quad (9)$$

将 DD 与端点的 x 坐标逐个比较，凡是 $|DD - x_{Dj}| < \frac{D}{4}$ ($j = 1, 2, \dots, NN$) 的点均为第一条晕线的端点，将它们存放在另一个数据场中（这些点的 y 坐标已是从小到大排列好了的）。如果这条晕线只有两个端点便可输出（或绘图），否则就说明该晕线必须分段输出，即 $\overline{12}, \overline{34} \dots$ ，这项工作我们称为配对。当第一条晕线绘完后，将 DD 加上 D 重复上述工作，当 $DD \geq x_{max}$ 时说明这个多边形内的晕线已绘完。这里 x_{min} 和 x_{max} 分别表示轮廓点中最小和最大的 x 坐标。

6. 几种特殊情况的处理

① 在计算 DK 初值时，前面讨论了两种情况。如果 $x_{i+1} - x_i < 0$ 且 i 点又落在晕线上时（图 5），为了不使 i 点被重复计算，DK 可用下式计算：

$$DK = ([x_i/D] - 1) \times D \quad (10)$$

或者按一般情况计算，在所得的晕线端点中若有二点坐标完全相同时则抹去其中的一个。

② 轮廓边与晕线平行但不重合，该边与晕线无交点，转入下一条边继续进行。

③ 轮廓边与晕线重合，共有八种情况（如图 6 所示）。为了不使轮廓边因绘制晕线而重复绘制或保证相应的晕线端点为偶数，因此要作适当的处理。

根据晕线端点的计算过程可知，在图 6—a, b, c, d 中轮廓点 i 均已作为晕线端点被计算和记录，而轮廓点 $i+1$ 则不能。为了在晕线端点数据场中保留 a, d 中的 i 点并抹去 b, c 中的 i 点，为了使 a, c 中的 $i+1$ 点作为晕线端点被计算和记录，只要将 $i+1$ 点向右移动一个微量即可。图 6—e, f, g, h 与图 6—a, b, c, d 中的情况相同，只是要将 $i+1$ 点向左移。比较 i 点和 $i+1$ 点的位置发现，当 $y_{i+1} > y_i$ 时向右移，反之向左移。

因此，当轮廓线与晕线重合（即 $x_{i+1} = x_i$ 且 $[x_i/D] * D = x_i$ ）时，在保证制图精度的情况下，将 x_{i+1} 增加一个微量 δ （符号由 $y_{i+1} - y_i$ 而定），其计算公式是：

$$x_{i+1} = x_{i+1} + \text{sign}(y_{i+1} - y_i) \times \delta \quad (11)$$

式中 $\text{sign}(\cdot)$ 表示对括号内的数值取符号。

对上述八种情况的综合图形（图 7）进行了试验，笔者认为该方法可行，且效果是令人满意的。

④ 环形面状符号中晕线端点的计算

环形面状符号是指两个没有公共点的多边形所围成的中间部分（如图 8 中阴影部分）。在这种情况下对晕线端点的计算有两种方法：

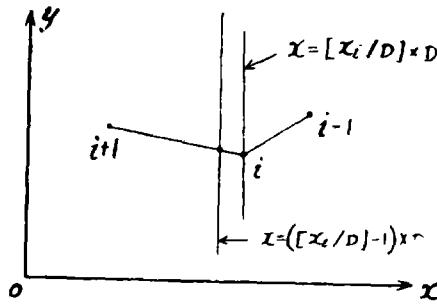


图 5

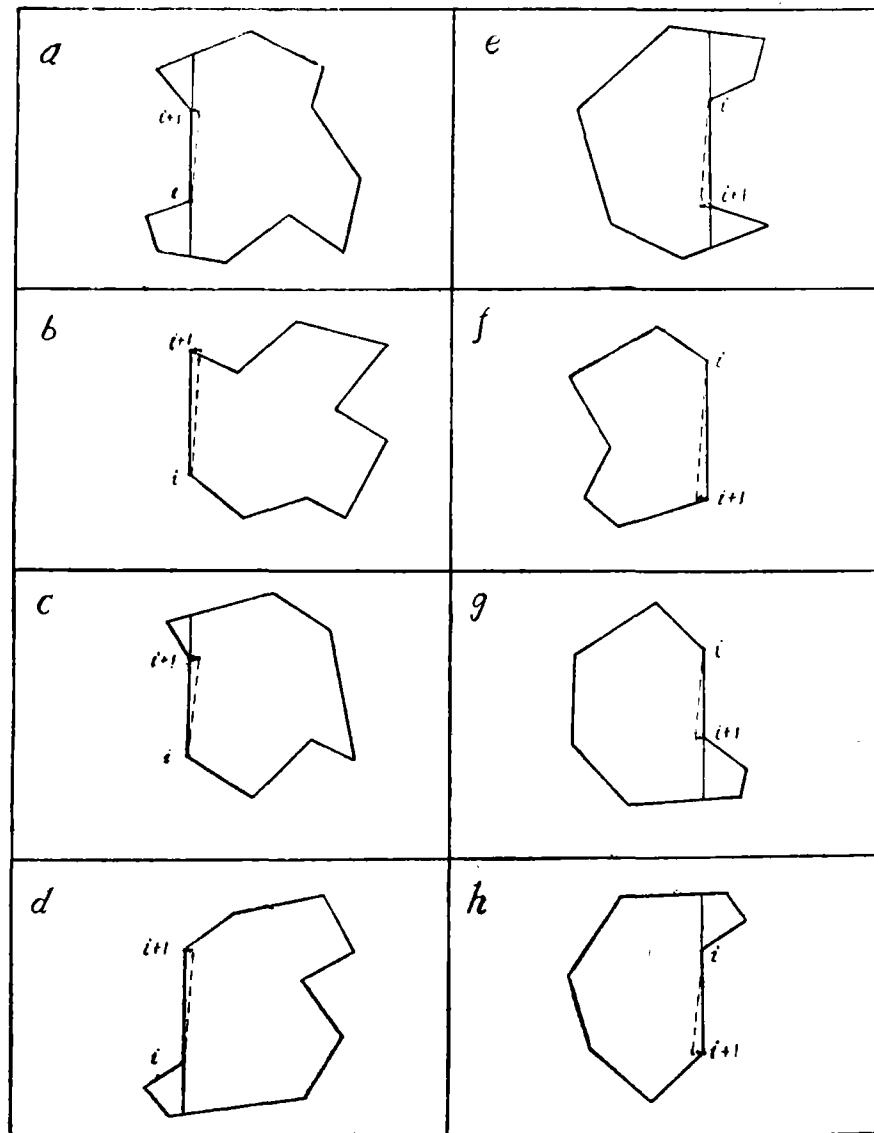


图 6

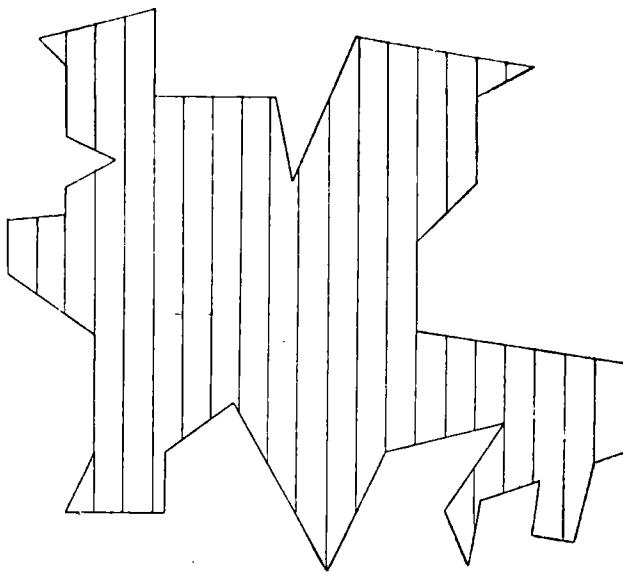


图 7

A、将两个多边形按照上述方法分别求出两个多边形上所有晕线的交点，然后统一排队输出。

B、在内轮廓点中找一点至外轮廓点中第一点最近的点，虚设一条连线，把环形面状符号破成单一的多边形(如图9中1，2，…，(8)，9，10，…，14，(15))。

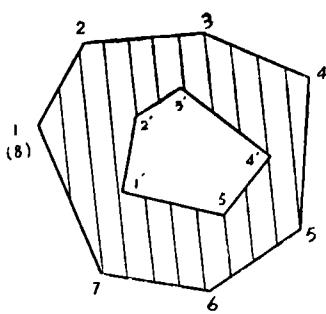


图 8

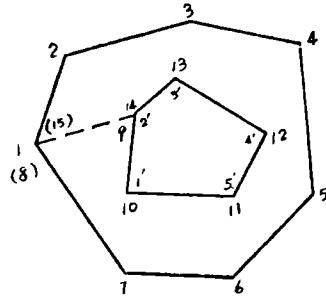


图 9

首先将两个多边形轮廓点重新整理成一个数据场，然后按一个多边形用上述方法计算晕线端点，对其中有些端点(如连线上的点)作特殊处理即可。

上面介绍了当晕线与y轴平行时，晕线端点计算的全过程及特殊情况的处理办法。为了绘制任意方向的晕线，可用旋转坐标系的方法来实现。

如图10所示，设多边形轮廓点在原始坐标系xoy中的坐标为 $\{x_i, y_i\}$ ，在y轴与晕线方向平行的坐标系xoy中的坐标为 $\{x_i, y_i\}$ ，($i = 1, 2, \dots, n$)，晕线与y轴之间的

夹角为 α ($-\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$)，则

$$\begin{aligned} x_i &= X_i \cos \alpha + Y_i \sin \alpha \\ y_i &= -X_i \sin \alpha + Y_i \cos \alpha \end{aligned} \quad (12)$$

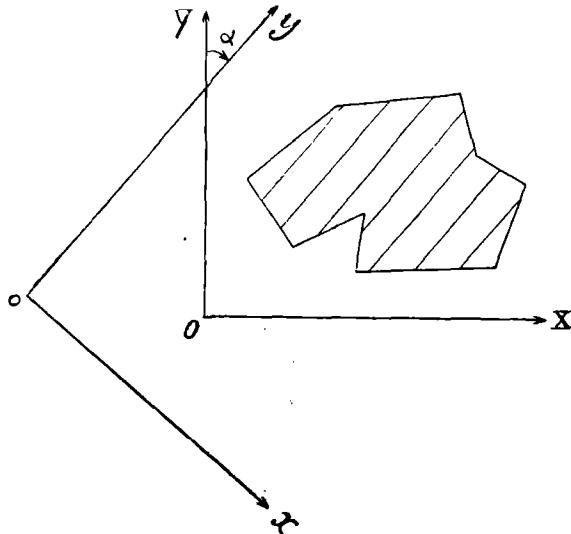


图 10

为了使多边形经坐标系旋转后在新坐标系中仍位于第一象限，还必须进行平移（平移量 H 由图幅的大小确定），最后的计算公式是：

$$\begin{aligned} x_i &= X_i \cos \alpha + Y_i \sin \alpha + H \\ y_i &= -X_i \sin \alpha + Y_i \cos \alpha + H \end{aligned} \quad (13)$$

这里应特别注意，晕线端点经配对后必须恢复到原始坐标系进行输出或绘图，计算公式是：

$$\begin{aligned} XD_i &= (x_{D_i} - H) \cos \alpha - (y_{D_i} - H) \sin \alpha \\ YD_i &= (x_{D_i} - H) \sin \alpha + (y_{D_i} - H) \cos \alpha \end{aligned} \quad (14)$$

三 总 结

综上所述，在多边形内自动绘制晕线的顺序是：

- 1、根据轮廓点坐标，由绘图机绘出轮廓线；
- 2、如果晕线方向不与 y 轴平行则将轮廓点按 (13) 式进行坐标变换；
- 3、逐边计算出该多边形与晕线的所有交点；
- 4、排除“奇点”后将晕线端点的坐标按 y 大小排队，排队时， x 坐标亦作相应换位；
- 5、计算轮廓点 x 坐标的最大值和最小值，并将每条晕线上应有的端点集中存放在专门的数据场中；
- 6、将同一条晕线上的端点配对，恢复到原始坐标系（如果晕线不与 y 轴平行）输出或绘图。

其流程如图11所示。

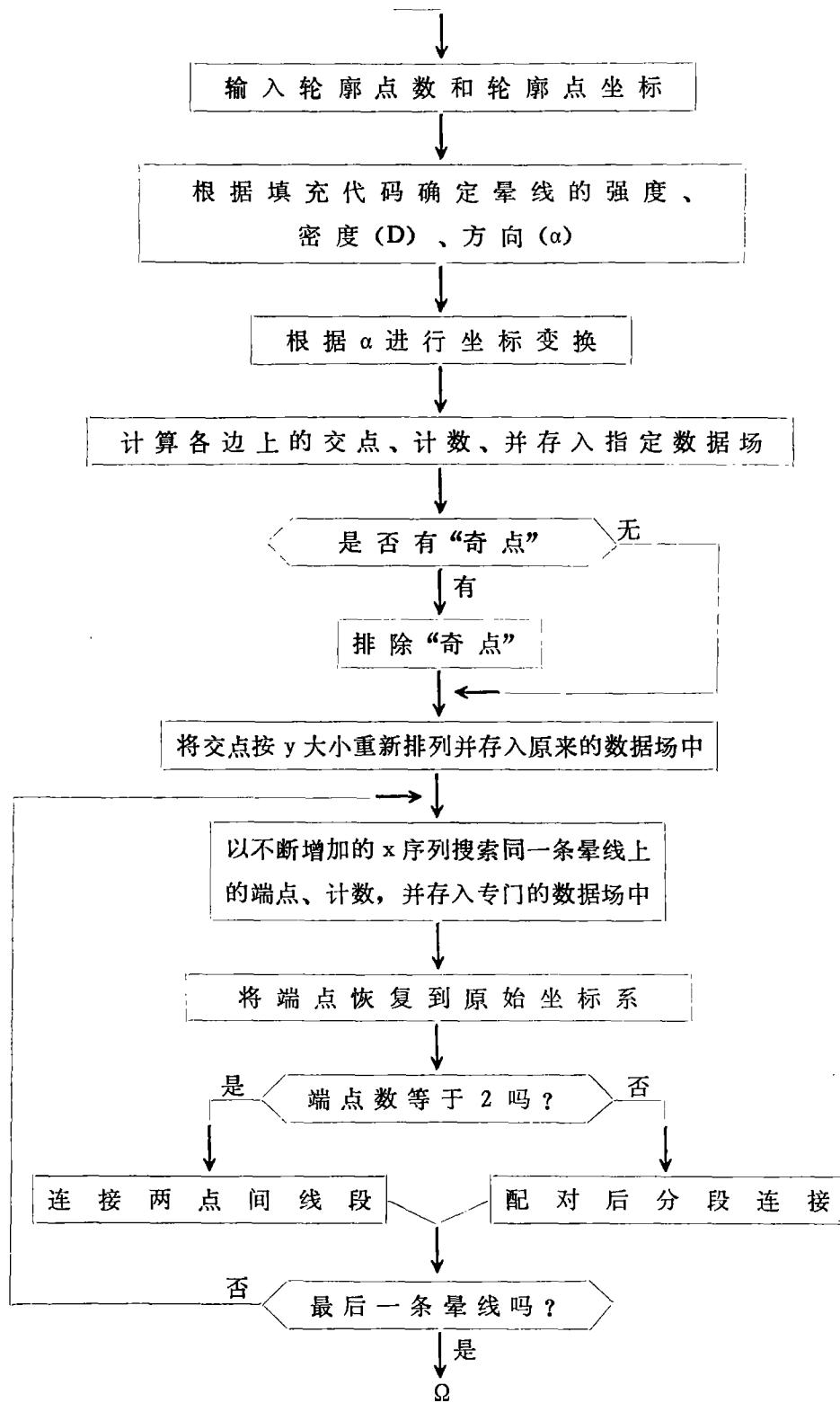


图 11

笔者用本文描述的方法完成了晕线端点的计算和绘图试验，认为该方法计算简单、使用方便，可在自动制图中用于在轮廓为多边形的面状符号内自动绘制不同方向和不同密度的晕线，亦可用于形为多边形的地图符号的填实。至于轮廓为曲线或曲线与折线的面状符号内填绘晕线的方法还有待于研究。

图12为采用不同参数的晕线表示的分级统计图。

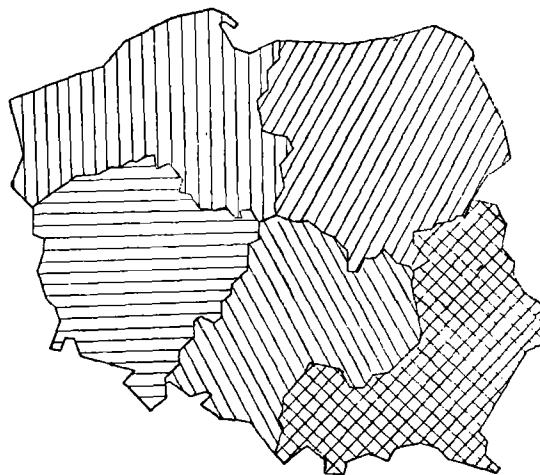


图 12

该方法的研究和本文的完成得到胡毓鉅、徐庆荣老师的帮助和指导，在此一并致谢。

On the Automated Drawing of Parallel Lines Within Areal Symbols of Thematic Maps

Du Daosheng

Abstract

Any areal symbol of a thematic map is made of a boundary line with certain symbols filled in it. The boundary line may be a polygon, a smooth curve or a combination of the two, and it can be drawn as those thinner elements, while the symbols to be filled are of different types, such as parallel lines, alphabets or other pictures, and the automatic drafting methods are quite different. The key point to draw parallel lines automatically within a boundary line is as follows: with the help of a computer, according to the digitized coordinates of the boundary points as well as the given parameters of parallel lines the position of their ends is to be found and then to connect them successively on the automatic drawing machine can be realized. In this paper, a mathematical method on the calculating of the coordinates of the ends of parallel lines within a polygon is introduced and the processes of lining, pairing and outputting are described.