

现代专题制图系统中面状符号 的软件研究*

傅肃性 曹桂发

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文叙述了面状符号系统软件的结构特点, 阐明了面状符号软件设计的逻辑思路和算法原理, 指出了符号软件在专题自动制图中应用的广阔前景。

专题地图着重反映地理环境中某一种或若干种自然和社会经济要素的分布或是某一种现象的某些指标特征, 从而揭示诸要素空间分布的差异和规律性。传统的专题地图一般采用点状、线状和面状符号或其组合符号, 针对特定的主题, 结合各自的专业特点, 运用不同的表现手法, 编制出效果较好的专题地图。然而成图的周期、速度、质量与精度, 往往受到编绘与计算技术、资料采集与分析的手段和水平等因素的影响和限制。而计算机统计自动制图对上述的缺点大有改进。通过计算机统计制图反复试验, 我们认为, 对于专题地图所表现的内容分级指标和表示方法的统一规范化等一些问题, 可以通过程序的系统设计来逐步实现和完善。下面所论及的就是其中面状符号软件设计的一种方案。

一、系统软件的结构特点

面状符号在专题地图的编绘中, 已得到广泛的应用。故此设计一组程序利用计算机自动绘制这类符号在生产上具有实际意义。

设计面状符号的软件应结合专题地图的类型、周期和专业特点考虑其通用性、灵活性、实用性和共享的程度。即应从能够满足用户要求的基本功能为出发点。对此我们采用模块结构式编制应用绘图子程序, 以增强其调用的灵活性, 同时注意到符号的标准化, 专业的适用性和可扩展性, 为建立专题地图符号的数据库奠定初步的基础。

该组软件的实施是通过一个功能系统管理程序以开辟数据文件的软通道, 对其与标准绘图库程序作全面之管理(见图1)。

这组软件, 它具有套合式串连调用的特点。另外, 从框图中也可看到计算机标准绘图库程序与面状符号应用绘图子程序的专有功能及其关联性, 现简述如下:

标准库程序, 其目的是为绘图服务。它包括起始程序、确定坐标原点程序和直线插补绘图程序。起始程序主要是调用作绘图起始准备工作; 确定坐标原点程序的功能是为了定出绘

本文1982年2月22日收到, 1982年12月2日收到修改稿。

* 本文修改中承廖克、吕人伟、郑威、何建邦等同志提出了宝贵的意见, 笔者在此表示谢忱。

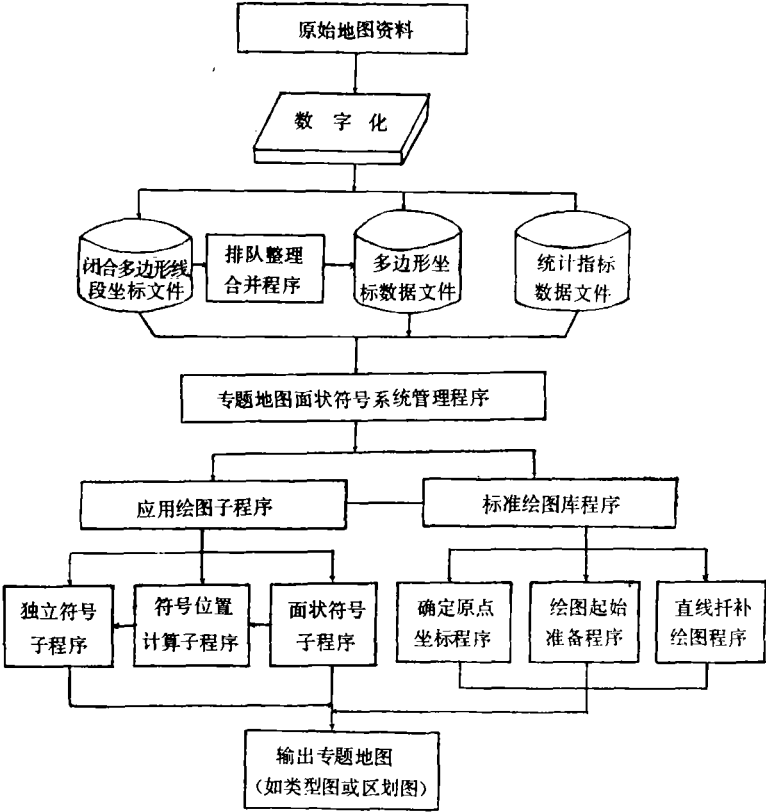


图 1 面状符号系统软件结构的逻辑框图

Fig. 1 Logical frame drawing of the software structure of surface symbol system.

图坐标原点和绘图结束后关闭文件通道，并输出未满足缓冲区的信息；直线插补绘图程序是依据应用绘图子程序和不同文件信息的要求，按照坐标（相对的或绝对的）的差异加以调用，以描绘点、线和面状符号。例如多边形边界线、晕线及独立的或组合符号。这些库程序均是与应用绘图子程序紧密配合使用的标准化软件。

应用绘图子程序是由三个模块式的子程序套合组成。即面状符号子程序、符号位置计算子程序和独立符号子程序。

面状符号子程序是根据多边形数据文件，经过坐标旋转、插值计算求得晕线的端点坐标，然后以Y坐标的最小值为起始，对晕线端点坐标进行判断配对，从而绘出晕线。至于其他的面状符号，是通过判别语句实现串调符号位置计算子程序来完成。

符号位置计算子程序是以多边形内插值计算来确定每个符号的左下角坐标。从而依据所绘符号及其间距大小的要求调用独立符号子程序实现描绘。

独立符号子程序的功能，是根据符号信息和符号左下角坐标而绘制的独立个体符号同时组成面状符号。

考虑到编制部门专题地图的需要，初步设计了18种面状符号。当然，这还不能满足编制

各类专题地图的需要，但是设计该组程序时，研究了符号的可扩展性，它完全能依照编图的需要，增添表示各种专题地图的符号。这就增强了该程序在自动绘制专题地图中的通用性和实用性。

在试验中，按照程序所设计的地图符号是在BANSON绘图仪上描绘成的（见图2）。

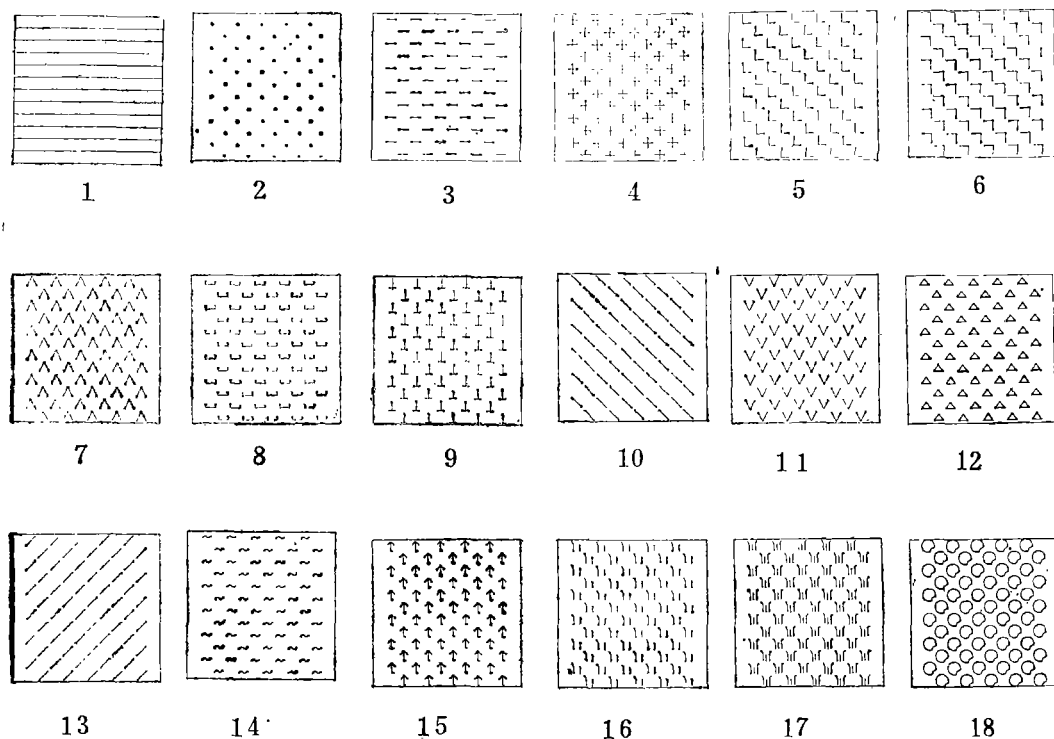


图2 面状符号软件所产生的图式符号

Fig. 2 Examples of the sign that can be produced by the surface symbol.

显然，运用这组面状符号软件，选用一定的参数，在闭合多边形内可填绘各种面状符号，编制各类专题地图。

二、面状符号软件设计的逻辑原理

专题地图符号绘制软件是根据制图单元坐标数据文件，以多边形系统为基础设计的。为此，资料数字的编码，文件记录的格式等都应在程序中加以考虑。例如在行政区域单元中往往有“飞地”，或是同一行政单元分成两个（或两个以上的）独立单元。我国广东省就是其中一例。即广东省陆地部分与海南岛部分，它们分别构成两个闭合多边形，可是其行政统计指标值却应是相同的。因而当其在图形数字化，建立多边形坐标文件时，对其记录应设计两对零坐标作为结束码。在磁带或卡片上的记录格式如图3所示：

上述文件记录格式是我们制图试验中应用多边形数据文件的统一格式。

下面分别将面状符号绘图子程序设计的逻辑思想和算法基本原理简要分析如下：

（一）面状符号子程序

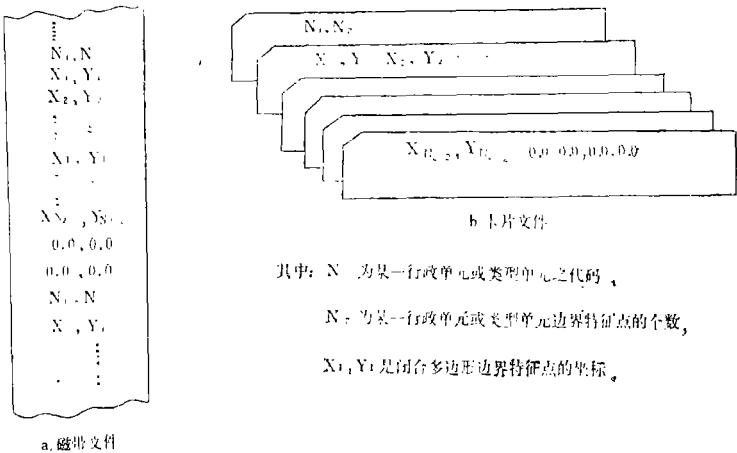


图 3 图象磁带或卡片的记录格式

Fig. 3 The form of record on magnetic tape or cards for image.

可利用各种实测或统计指标，采用不同线划类型、角度和间距的符号来反映制图对象的质量特征和数量差异，以获取所需的专题地图。

该程序设计的逻辑思路是：

1. 多边形轮廓坐标的变换。为了便于程序中的计算处理，将绘制的晕线等符号与坐标系X轴平行，使各种不同方向的线划符号处于统一的坐标系中，而便于晕线端点坐标的配对。这样可使同级、同向的线划在图面中达到协调一致。于是对原来的闭合多边形边界坐标点坐标系需旋转一角度（ α ）为新坐标系（见图4），其计算公式为：

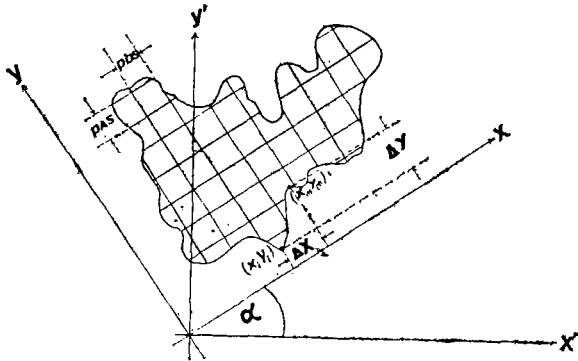


图 4 坐标旋转关系

Fig. 4 Relationship of coordinate revolve.

$$X'_i = X_i \cos \alpha - Y_i \sin \alpha \quad (1)$$

$$Y'_i = Y_i \cos \alpha + X_i \sin \alpha \quad (2)$$

由（1）式可得： $X_i = (X'_i + Y_i \sin \alpha) / \cos \alpha$

并代入（2）式得

$$\begin{aligned} Y'_i &= Y_i \cos \alpha + (X'_i + Y_i \sin \alpha) \sin \alpha / \cos \alpha \\ &= (Y_i + X'_i \sin \alpha) / \cos \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

这样由（1）、（3）式来作旋转计算可以节省计算机的内存，即不必另行开辟新坐标系X'，Y'的数据场，而利用原坐标系X，Y的数据场，以存放旋转后的新坐标系X'，Y'的坐标值。

2. 插值计算以求得晕线端点的坐标值。在插值计算过程中按闭合多边形边界的起始点到终点间的顺序进行。经插值求得所有线划与多边形边界线交点的坐标。

该交点 $(P_{x,y})$ 的坐标插值公式是：

$$X_j = X'_i + \Delta X (Y_j - Y'_i) / \Delta Y$$

$$Y_j = N \cdot PAS$$

式中： X_j, Y_j 为交点坐标； N 为以 X 轴为起始点的线划数（或行数）； PAS 是线划之间距（即步距）

$$\Delta X = X'_{i+1} - X'_i$$

$$\Delta Y = Y'_{i+1} - Y'_i$$

应指出，在插值计算之前首先须对多边形边界坐标点的排列次序作适当的处理。另外，多边形边界插值是从起始点到终点按顺序进行的，而起始点的 Y 坐标值不可能正好是间距的倍数，故在判别插值是否结束时，应根据终点加以判断。由于第一条晕线端点的坐标与起始点的坐标差往往出现缺一条线或多一条线，而其缺、余部分的间距又不足一个步距，因而，程序里我们把起始点安排在该多边形边界 Y 坐标最大值所在的那一点 (X, Y_{max}) ，使坐标点排列次序依据起始点的变化作一重新组织，以便误差安置在多边形的最上端，使得人们基本上看不出缺线或多线的现象。对此问题的解决还有其他的方法，例如采用改正终点坐标的办法等。

3. 端点坐标的配对。其方法是：

(1) 在晕线端点坐标里找出最小 Y 坐标值 (Y_{min}) ，用其作为该多边形中起始线划的 Y 坐标值 (OR) ，其计算公式：

$$OR = Y_{min} + IN \cdot PAS$$

据此式就可确定该多边形中每一条晕线的 Y 坐标值。式中 IN 为该多边形所配置晕线的计数值。

(2) 根据每一条线的 Y 坐标进行配对，找出在该多边形内的所有晕线端点坐标中有几个端点坐标的 Y 值等于 OR ，用以确定同一条晕线被分割的段数，若八个端点，则该线被分成四段（见图 5）。

4. 将每一条晕线（或其他符号行）端点，按绘图笔所走的方向重新排队，定出诸端点的前后次序，对此应考虑：①绘图时的运筹原理，即使绘图笔按最合理的行程前进。例如绘制晕线时，由左向右移动的笔，应设计使其从右向左返回。这样能节省一倍的绘图时间。因此排列端点的次序需满足这一条件。②同一晕线上的所有端点的 Y 坐标值均相同。于是进行端点排队时，只需排列 X 坐标值就行。

5. 恢复原坐标系，并绘出面状符号。为了使绘制出的符号与用户所设计的角度相符

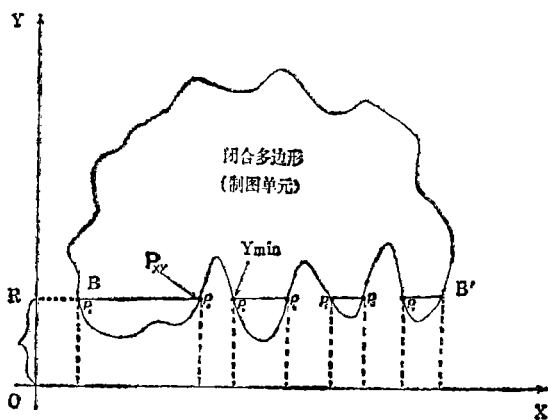


图 5 多边形内晕线分割示意图

Fig. 5 Outline drawing of cutting a hachure in a polygon.

合,在描绘前,必须将新坐标系恢复到原来的坐标系中,它的表达式:

$$X_i = X'_i \cos \alpha + Y'_i \sin \alpha$$

$$Y_i = Y'_i \cos \alpha - X'_i \sin \alpha$$

然后按照顺次的两个端点 (P_1, P_2) , (P_3, P_4) , ... 和所要求的符号绘出图形。

(二) 符号位置计算子程序

该程序是运用一定的符号间距及其类型等参数来反映制图区域内自然或社会经济要素的特征和质量差异。该程序的算法原理:

1. 计算求出绘图笔前进方向。为便于面状符号的配置和定向,在绘制符号之前,必须求得绘图笔前进的方向,即由IA的正负值决定,其表示式:

$$IA = (-1)^{IB}$$

式中IB为每一排符号的编号(以X坐标轴为起始的计算值)。

2. 求出每一排中应绘制的符号个数。对于闭合多边形内,纵向应填绘的符号数(即符号的行数),是由面状符号子程序计算而定的。为此,该子程序中只须计算每一排应填绘的符号数(IM),计算公式:

$$IM = |IX - IX1|$$

$$IX = X1/PbS - 0.5$$

$$IX1 = X2/PbS + 1.0$$

式中: $X1, X2$ 为一排符号的左下角和右下角坐标连线端点(即连线的两 endpoints)的X坐标值。

PbS 为每一个符号的横向间距。

3. 求每个符号的左下角坐标(A, B), 其公式为:

$$A = IJ \cdot PbS$$

$$B = (Y_1 + Y_2) / 2.0$$

式中, IJ 为每一排符号的计数值(以Y坐标轴为起始计算的符号个数)。

Y_1, Y_2 为一排符号的左、右下角连线两端点的Y坐标值。

总之,对该程序的设计,应注意图形的艺术性和经济效益。否则图形排列呆板,且不经济。我们在试验中是按隔一个符号绘一个符号的编排次序设计的。其方法是依据IA和IJ值的判断执行:当IA=1,绘图笔从左向右移动时,IJ值为奇数的符号不绘;当IA=-1,绘图笔由右向左移动时,IJ值为偶数的符号不绘。由此而输出的符号图形呈对角线方向排列,故而图面整齐美观,且绘图经济。

(三) 独立符号子程序

目的是描绘个体符号。为了满足专题地图表示所需要的符号,编制程序时需考虑其适用性和扩展性。

该程序的基本思想是将拟定的符号按比例网格编排信息,并存放在该程序所开辟的数字信息数据场里,于是用户就能任意选用或增添自己所需要的符号,算法过程是:

1. 求取类型符号的数字信息所存放的地址。因为原先所有符号的数字信息都是安排在一个数据场中,所以,首先应找出被选取符号的数字信息所存放的地址。亦即在程序里应安

排一个数据场以存放每一个类型符号的数字信息之起始地址。

2. 根据符号的数字信息计算坐标的增量 (TX, TY), 其公式:

$$TX = h_x \cdot At(KX)$$

$$TY = h_y \cdot At(KY)$$

式中: h_x, h_y 为符号尺寸大小 (单位: 厘米), 其值应小于或等于符号的纵向和横向的间距。

At 是符号比例常数存放的数据场; KX 为 X 轴方向的网格比例数; KY 为 Y 轴方向的网格比例数;

3. 计算绘图笔前进方向的坐标值 (DX, DY)。

$$DX = X + TX; DY = Y + TY$$

其中: X, Y 为每个符号左下角坐标。

求得 DX, DY 就能绘出增量部分的图形。同时可按照符号类型的代码参数, 绘出各种不同的专题图形符号。

归纳上述三个程序, 其宗旨是为专题自动制图服务。其特点是算法简明, 调用方便, 应用简单, 便于推广。它适用于反映地理区域分异规律和表示现象质量与数量特征及分布的分级或分区统计地图等。它多数采用实测或统计数据, 以相对的或绝对的指标反映社会经济要素的差别, 同时利用各种符号 (包括晕线) 及组合符号来表现区域的分布特征。

对于自然地图中的某些图型, 可视专业的要求, 设计新符号, 然后将其代码以一定的格式输入计算机, 自动输出特种专题图。

三、符号软件在专题自动制图中的应用

任何一组软件的设计都有一个优化和应用效益的问题。这里就有个反复调试和实际运用的过程。上述这套软件在多次实验的基础上, 我们结合专题统计地图 (例如县人口密度分布

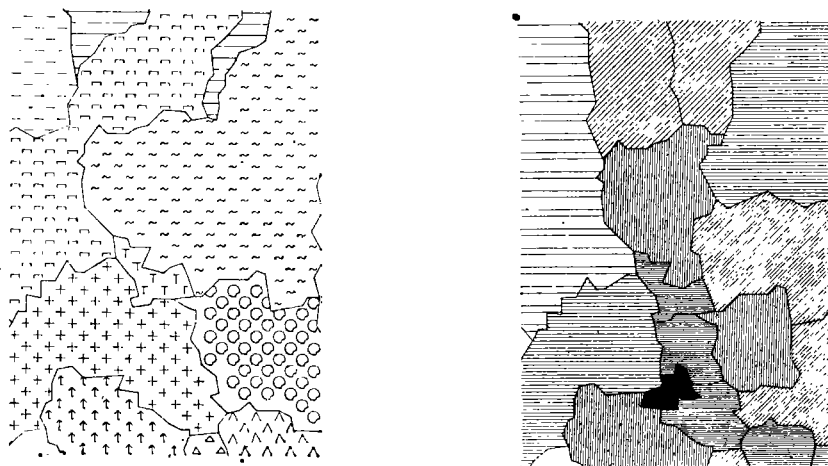


图 6 计算机输出专题图样图

a. 农业区划图 b. 人口密度图

Fig. 6 Characteristic sheet of thematic map outpoured by computer.

图、灌溉水平图和农业区划图)的编制,进行了优化,取得了满意的效果(见图6)。

这类专题统计地图是运用特定的统计指标,在地理底图信息的基础上,选用一定的符号码等参数编制而成,即由系统管理程序执行的(见图7)。

这里须指出,在赋给程序的有关参数时,应注意其与统计指标的顺序相应性、符号配置的艺术性及分级(或分区)的对比性。至于符号的类型、代号和重叠组合等都应在管理程序中加以合理安排。

从系统管理程序的框图中看出,应用面状符号绘图于程序,在一般通用计算机上,只要赋给符号代码(如线划或个体几何、象形符号之编号)、线划符号之角度等参数,就可快速地获得各种类型图或区划图。倘若用户需要组合重叠交叉之类的图型,那么,应开辟两个数组以配置不同角度的参数。另外,也可利用不同颜色的绘图笔组合成彩色图形,当然也能分要素选色输出专题图。但不同的图型有其具体的要求。

编制人口密度图时,首先依据统计数据作出直方图,以研究分级的指标,选定分级的阈值,同时据其极值(最小值和最大值),按公式给出晕线密度的常数。此值关系到晕线密度分级的协调性和对比性。若制图区内两极值指标相差悬殊,那么应取模处理。否则,制图区内,由于其统计单元的指标差值大而构成的图形密度对比不协调相称。此外,对晕线角度的选择应考虑到类型的差异和彼此的配置,不然会使图面杂乱无章。诸如此类均应视制图的对象与要求,在给实际参数时,予以周密的设计。

对于区划图或分区图的编绘,应分析制图区域内表示现象的质量差异,选择简明象形的符号代码,使其既能反映区域分异的规律性,又可显示区域分布特征的整齐、美观和形象的图型。

归结来说,面状符号自动绘制软件简明易用,块状串调,成图速度快,缩短周期。例如在BANSON绘图仪上绘制一幅1:50万的县农业区划图仅需十多分钟。由此而得到的符号图形匀称清晰,可直接用来照相制版,这就省略了作者原图的清绘过程。从而使计算机自动成图不但简化了专题地图的编制工艺,而且促使图式图例的标准化和表示方法的规范化。同时,促进专题制图软件系统的研究。诚然,这必将为现代专题地图学的迅速发展提供先进的技术保证和科学基础。

目前,我国正在开展农业用图研制工作,着手编制全国农业地图集、全国1:100万土地利用图、土地类型图、土地资源图和地貌图等大型地图。同时全国又正值开展农业区划、土

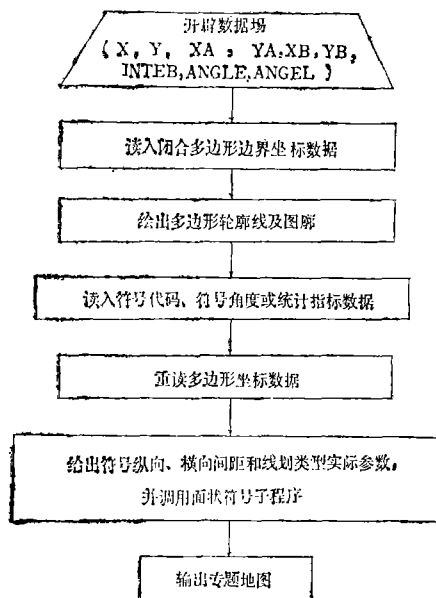


图 7 系统管理程序流程示意框图

Fig. 7 The process frame drawing of managing program system.

壤普查及其制图工作。最近，全国进行人口普查建立完整的计算机网络。所有这些都为计算机专题制图试验进入应用阶段创立了有利的条件。显然，这也势必为面状符号等绘图软件在专题自动制图领域里开辟广阔的前景。

参 考 文 献

- (1) 傅肃性、何建邦、赵锐、周买树、侯伟学、曹桂发：计算机机助编制统计地图的方法研究，测绘学报，(10)4，1981年。
- (2) J. Denegre: La Cartographie Assistee Par Ordinateur (1976—1979)
Association Cartographique Internationale Sixieme Assemblee Generale
Tokyo, 1980.

(上接第 140 页)

在河网沟谷较少的干旱地区应尽量勾绘；而在黄土高原区、既要体现千沟万壑的自然特征，同时又要注意图面的合理容量，不致于过分削弱正地形的正常比例。

4. 全国 1:100 万土地类型图，一般不采用岩性作为类型划分的指标。但对少数岩性起着明显作用的地区，可酌情以附加图例表示。

5. 大面积人工植被，可在第二级类型上予以反映。但用来命名的人工植被，必须具有相当的稳定性。

6. 对于山地的划分，必须多种因素综合考虑。即既要考虑绝对海拔高度，也要考虑相对高度，并以相对高度为主。具体界限则考虑垂直带谱的结构特征。即低山不具有显著的垂直带变化；中山具有二个或二个以上垂直地带；高山具有高山草甸或亚高山草甸带；极高山应有永久积雪与冰川出现。

7. 土地类型剖面图是反映土地结构和综合特征的好形式。每幅 1:100 万土地类型图图廓下都要求附有综合剖面图，其内容包括地形起伏、岩性、植被、土壤和土地类型符号。剖面线的选择应能反映类型结构特征，可以折线穿插制图区域。岩性采用地质剖面通用符号，标明地层年代等。

8. 关于面积量算。每幅 1:100 万土地类型图应进行面积量算。可直接在 1:100 万土地类型图上，采用方格法、求积仪等方法量算，大量的面积量算可用扫描法量算。

会议就今后工作如何加快速度、早出成果等问题，进行了广泛的讨论。经过多边接触和反复协商，提出了到 1984 年底编制完成 19 幅样图的计划。经过主编、副主编扩大会议讨论，确认延吉、沈阳、北京、太原、乌鲁木齐、南京、长沙、武汉、海南岛、西安、呼和浩特及西宁等图幅作为第一批样图，要求 1984 年底完成编稿原图。编委会希望届时将编出比这更多的图幅，并且不间断的完成其他图幅、尽快完成全国 1:100 万土地类型图的编制任务，尽早为国家提供完整的土地类型基本资料，为国土整治、国土规划、国家建设服务。

·申元村·

THE STUDY OF SOFTWARE OF SURFACE SYMBOL IN THE MODERN THEMATIC MAPPING SYSTEM

Fu Susing, Cao Guifa

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

The design of software of surface symbol has promoted the development of thematic auto-cartography. The software is possessed of the character of serial structure in using these programs. It is composed of subprogram of surface symbol, of computing sign coordinate and of plotting out independent sign. By using the software we can design different signs of quite a lot of different thematic maps, and can automatically plot them out.

The realizing process of surface symbol subprogram includes transformation of coordinate of polygon, interpolation computing of terminal point, arrangement of coordinate terminal point and recovery of system of initial coordinate, etc.

To achieve the process of subprogram of computing sign seat coordinates, it is necessary to define the orientation of the drawing pen in going forward, to compute how many signs in a row and to define coordinate of every sign under the left side, etc.

The basal designing mind of subprogram of independent sign is that it has arranged a data district that will store digital information of initial address of sign of every kind. Increment of coordinate is computed in the program, and coordinate value of drawing pen in advance is computed in the program too. The purpose is to plot out sign of different figures. By using different data it is possible to plot out sign which can reflect quality diversity of geographical regions or feature of numerical value.

In a word, the study of software provides certain technical and scientific methods for thematic auto-cartography of agricultural map and population map, etc.