

地貌形态自动综合的原理与方法

毋 河 海

提 要

本文的主要内容是：以数据库接口程序为基础，以地貌结构线（主要考虑谷底线）为联系等高线的天然纽带，对表示地貌形态的等高线进行成组的（即考虑相邻等高线之间的关系的）综合。问题的关键在於如何以数字化等高线资料为基础，自动地搜索地性点（主要是谷底线点，山脊线点）並自动地跟踪与分离出每条地性线（主要是谷底线），並顺便计算出每条地性线的长度（可用折线长近似地代替），后者为地貌形态的自动综合（主要体现在对小谷地的舍弃）提供数量依据。在实施自动综合之前，通过数据压缩和舍弃所有非地性点，以使大部分短小谷地有可能表现为由三个点子构成的喇叭口形状。自动化综合体现在找出所有小于选取标准的小谷底线，並从等高线数据中抹去这些短小谷底线坐标。这样，凡应被舍弃的短小谷地，其有关全部小喇叭口图形，均因失去位于谷底线上的弯曲顶点而被拉平。

引 言

地貌形态的综合在整个制图综合中占有重要地位，因而它在制图综合的自动化中也占有重要地位。十多年来，制图自动化有着显著的发展，许多学者对于自动综合问题作了大量的探讨，对于地貌形态的自动综合问题，鉴于其复杂性，大都对单条等高线的综合，作了各种各样的试探。然而，“因为制图学是历史地成长起来的科学，制图综合的许多部份不能直接算法化。……对于制图地物综合体进行自动化选取，肯定更为困难，”〔1〕。地貌形态属于制图物体综合体范畴，显然，把地貌形态作为制图物体进行自动化综合，比之按单条线孤立地进行处理，是要困难得多。在朝着按地物进行自动化综合的方向上，H.—J.，Gottschalk 教授提出了“等高线的综合是地表面综合的结果”〔2，3〕。W.Hentschel 作了更进一步的尝试：对某条等高线进行综合时，对相邻等高线也予以考虑〔4〕。由此看出，大家都是力图排除孤立地处理单条等高线的缺点，设法使各条等高线的综合带有某种内在的联系。本文是以数据库接口技术为手段〔5〕以地性线（或地貌结构线）为联系有关等高线的天然纽带，对以等高线表示的地貌形态在原理与方法方面进行全自动化综合的尝试。

一、等高线综合还是地貌形态综合？

有关地貌形态在地图上的表示问题，传统的提法是地貌形态的制图综合。自从自动化制图闻世以来，鉴于地貌形态的自动制图综合的复杂性、计算机对图形大都是逐线进行处理，加之大量有关地貌图形处理的尝试也大都是（尤其在自动化制图发展的早期）逐线进行的，所以“等高线的综合”就广为流传。这种不确切的提法是自动化制图初期发展阶段的产物。

*本文德文稿将在西德《测量制图通报》1981年第85期上发表。

随着制图自动化的进一步发展，应该也有可能探讨更为合理的处理方法，以实现地貌形态综合的全自动化。因为等高线只是表示地貌形态的科学手段之一，表示手段和被表示的对象是两个不同的概念。

二、孤立的逐线处理法的缺点

我们知道，地貌形态表面尤其是用等高线表示的地貌形态表面基本上都是连续的。要想尽可能地精确而逼真地用等高线表示基本地貌形态，则要选择充分小的等高距。为了使地图内容清晰易读，地图载负量显然不能过大，即实际上需要采用较大的等高距。这样作同时也是为地图内容其它要素留出一定空位。这样，地图上的等高线彼此间都有一定的距离，致使连续的地貌表面表示为离散的一束曲线，就产生了表现对象的连续性与表示手段的离散性之间的矛盾。这就要求人们在绘制、阅读和处理等高线时，一般地不应逐线孤立地进行而应适当地成组地进行。在手工作业的制图综合中，由于制图员能目览全图，成组地处理等高线一般不产生多大困难。而对于以“逐线处理”为主要手段的自动化制图来说，若不查明相邻等高线之间的内在的、固有的而不是人们附加的联系并在处理每条有关等高线时予以必要考虑的话，势必加深原来存在于地貌形态之连续性与表示手段之离散性之间的矛盾，其结果必然在不同的程度上降低地图上地貌形态的易读性，甚至在某些地段会使表示地貌形态的等高线变成一堆杂乱的线条。因此，摆在我们面前的新任务，就是要自动地建立等高线图形的固有连系，并以此为依据对等高线图形作有机的而不是孤立的加工处理——制图综合。

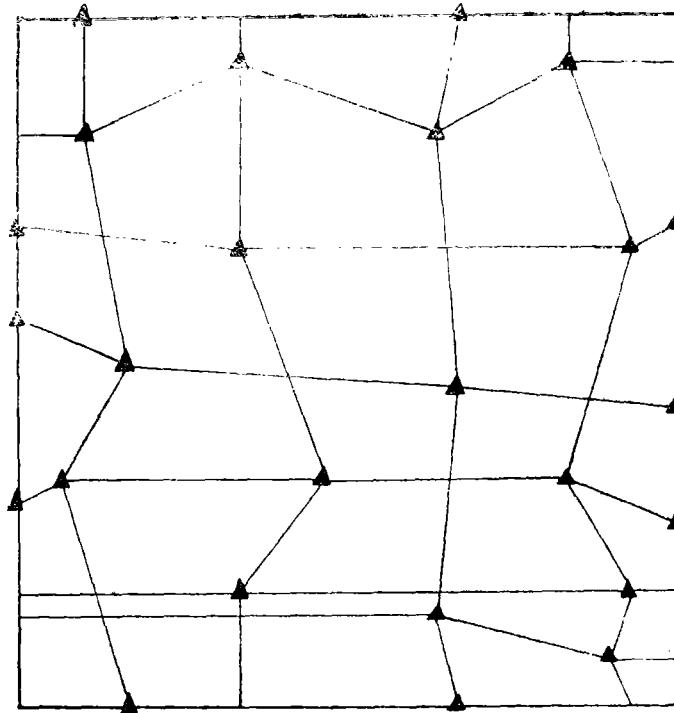
三、连系等高线图形的天然纽带——地性线

在传统的地貌形态制图综合中地性线起着极为重要的作用，它天然地反映着等高线图形的内在连系，被称之为地貌图形的“骨架”。在地貌制图综合中，正确地运用地性线，会使地貌形态得到正确的表示，同时也能增强地貌图形的易读性。蕴藏在等高线数字化资料中的这种宝贵资源应该在自动化制图中予以充分的运用。这样，通过一系列彼此之间有连系的有机地组织起来的等高线，人们有着较大的可能性读到各种各样的地貌形态，而不是一堆杂乱曲线。

四、地性线的自动查明、跟踪与分离

1、原始数据点的规则化处理

经压缩后等高线数字化坐标点一般呈不规则分布。为了便于查明地性线，有必要使这种数据点分布规则化。本文采用四边形构网法（图1），其优点在于在此网中包含着在其范围内的全部原始数据点[6]。在这种四边形网中，除了原始数据点以外，尚产生一系列新的网格交点，对于这些新网格交点，需要通过插值的办法求出其近似高程（图2）。这样，原始数据便相对地规则化，以便作进一步的处理。我们可把这种高程插值方法称为拟剖面法：即通过网格新交点P作若干个条带，根据在各条带中所搜集到的原始数据点（它们只是近似地而不是严格地位于某一剖面上）用线性或圆弧插值法求出其近似高程。这里主要考虑两种情况：若在条带中P点的左右两最近点的高程不同，则可采用线性加权插值：



▲为原始数据点

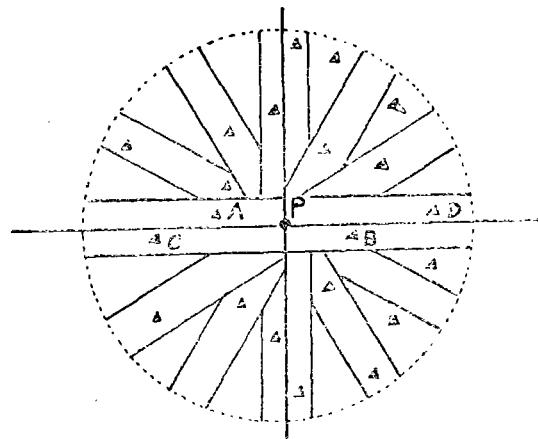
图1 四边形网示意图: $\{x(i,j), y(i,j), z(i,j)\}$ 

图2 拟剖面高程插值法

$$Z_p = \frac{G_A \cdot Z_A + G_B \cdot Z_B}{G_A + G_B} , \quad G_i = \frac{1}{l_i}$$

l_i 为 P_i 到 P 点的距离。

若 P 点的最近左右两点的高程相同, 这时, 插值点是位于分水地带或谷底地带, 这就要考虑到两侧更远一些的原始点, 当这些点的其中一点与最近的两点有着不同的高程时, 可作

圆弧插值(图3)。

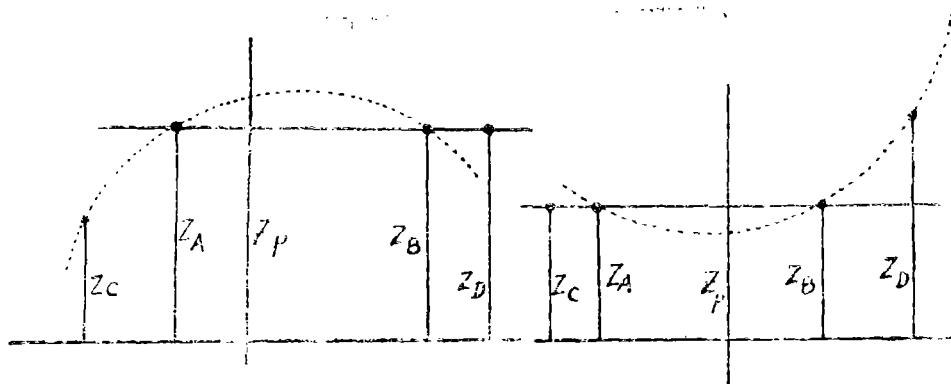


图 3

这种拟剖面条带不仅可以旋转必要的次数，而且条带的宽度和半径均可按需要予以变动，从而可以得到较为可靠的插值结果。

为了下一步自动综合的需要，在进行高程插值时就及时地区分出原始点与插值点，并把区分结果记录在一个叫做“关联矩阵”中的相应位置上，我们把这个矩阵表示为 MVERKN。

当 $P(i,j)$ 为原始点时， $MVERKN(i,j) = 1$ ；

当 $P(i,j)$ 为插值点时， $MVERKN(i,j) = 0$ 。

2、地性线(山脊线、谷底线)的搜索、跟踪与分离

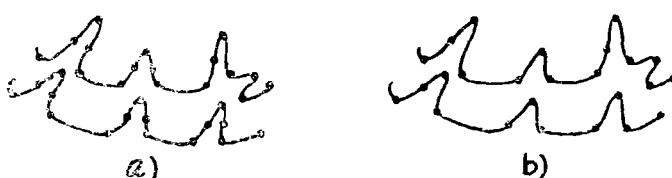
在对原始数据点作了规则化处理以后，可用水平方向、垂直方向及对角线方向对四边形网格数据矩阵进行扫描，找出地性点(山脊线点与谷底线点)。在扫描方向上，若每相邻三点的中间点高于其前后两点，则把该中间点认作山脊线点；在相反的情况下，即当中间点低于其前后两点时，则把该中间点认作谷底线点。为了下一步地性线跟踪与分离的需要，在扫描的过程中就应及时地建立地性点与非地性点间的关联矩阵：MNEGAT。此处我们作如下规定：

若点 $P(i,j)$ 为非地性点，则 $MNEGAT(i,j) = 0$ ；

若点 $P(i,j)$ 为谷底线点，则 $MNEGAT(i,j) = 10$ ；

若点 $P(i,j)$ 为山脊线点，则 $MNEGAT(i,j) = 20$ 。

在从网格点中滤出地性点之后，可根据关联矩阵 MNEGAT 提供的信息，对原始数据进行进一步压缩：抹去全部非地性点。其目的是使大部分短小谷地的等高线图形大都表现为由三个点子构成的喇叭口形状(图4)。



a：未抹去非地性点的部分尾端数据点；
b：已抹去非地性点的部分尾端数据点。

图 4

有了关联矩阵 MNEGAT，就可从地性点中跟踪与分离出每条地性线来，并顺便计算出其折线长。由于在地貌综合中（尤其在陆地地貌综合中）小谷地的舍弃是综合的主要方面，故此处只对负地性线（谷底线）进行跟踪与分离的处理（也正是因为这一原因，我们把关联矩阵叫 MNEGAT），其基本原则与方法见流程框图（图 5）。

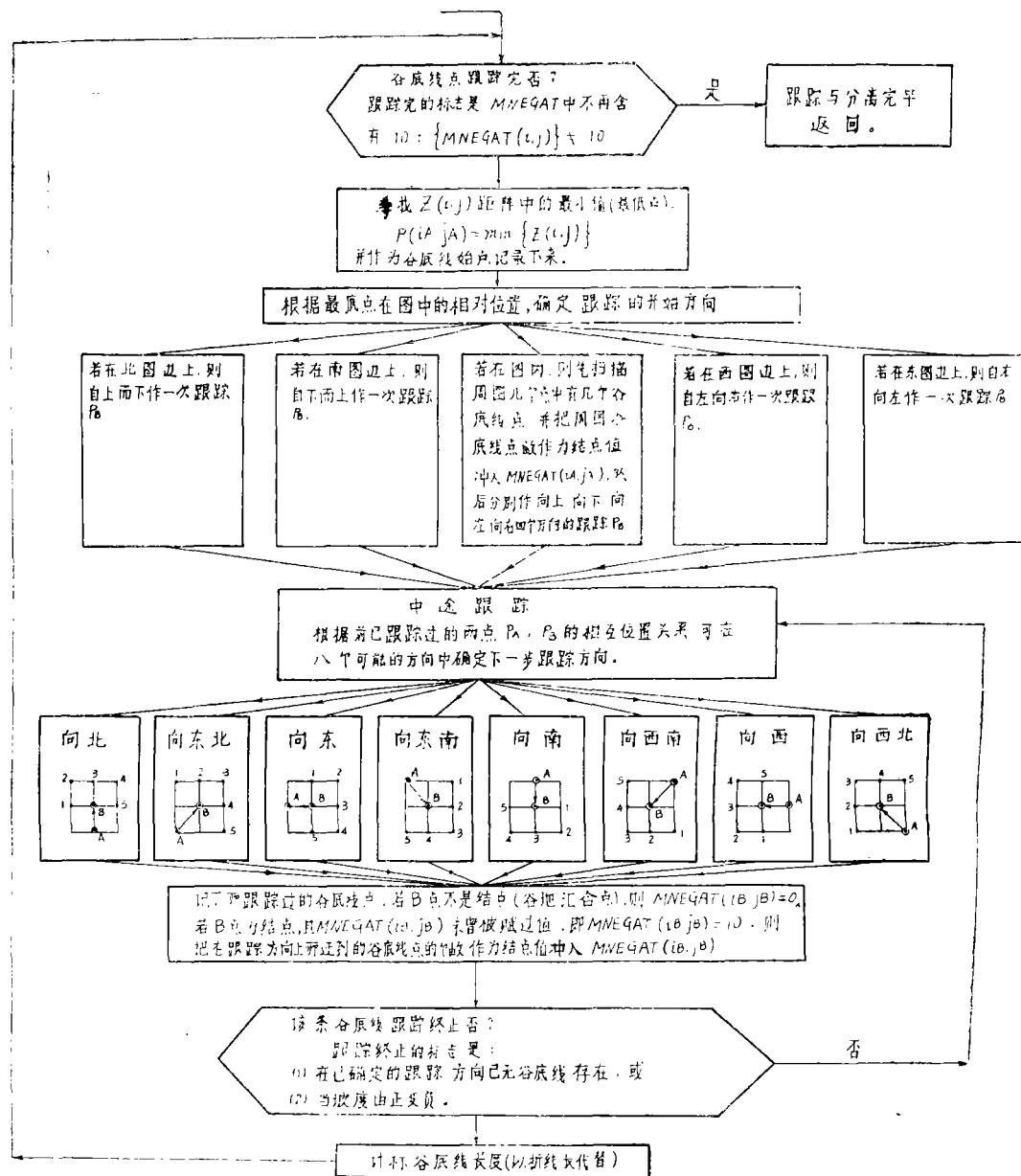


图 5 谷底线的跟踪与分离

五、地貌形态的自动综合

根据综合中规定的谷长选取标准，舍弃较小的谷地，即从原始资料中抹去与被舍弃谷底线有关的数据点，其作业步骤大体如下：

1、从数据库中选取全部谷底线；

2、对每条谷底线作如下处理：

- A、若长度大于或等于选取标准，不作任何处理；
 B、当长度小于选取标准时，即对于要舍弃的谷底线的点列在数据库中进行识别：
 (a) 当谷底点为插值点时，不作处理。当谷底点为原始点时，作单位窗选取（图6）：

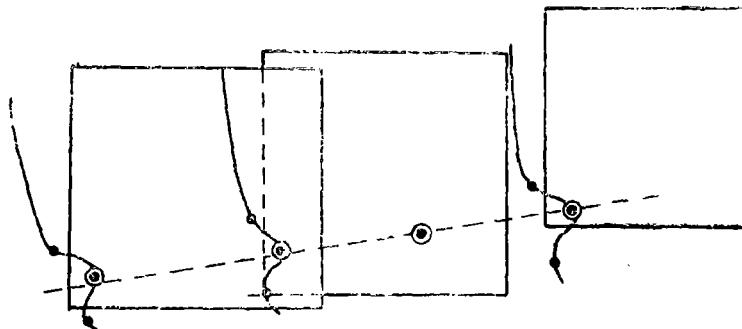


图6 对每一谷底点作单位窗选取

(b) 对于谷底点的第一点，要判别它是否为谷底线结点。当为结点时，不作识别与抹去处理，但把结点值减一，即 $MNEGAT(i,j) = MNEGAT(i,j) - 1$ ；当它不是结点时，则作识别与抹去处理。

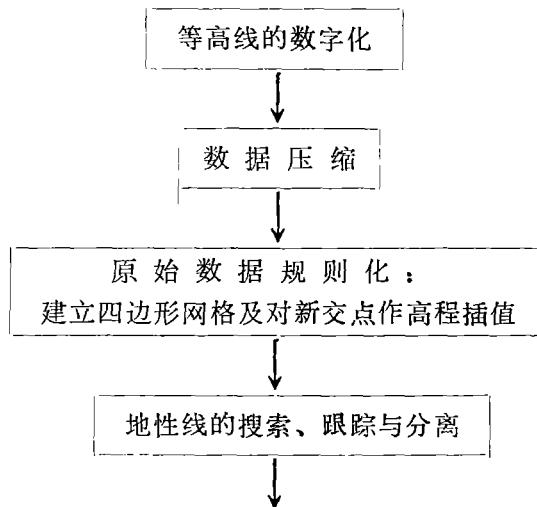
(c) 识别并抹去：在选取的集合中，只把属于原始点的谷底点与被选取的等高线坐标进行比较，当二者一致时，则把该谷底点在等高线中的坐标抹去。

3、按被综合后的新资料进行试验性绘图。

这种自动综合过程，可以用不同的参数多次进行，直到取得合适结果为止。

对于图幅中不同的地貌类型区域，可分别采用不同的综合指标分块进行，然后用人工对话系统进行拼接。

地貌形态的自动综合的作业全过程，见图7。



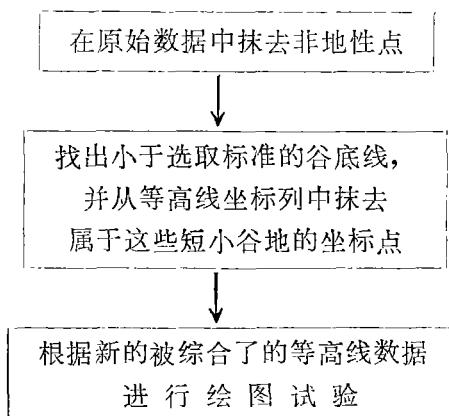


图7 地貌形态自动综合流程图

六、结语

本文是利用地貌结构线之一——谷底线对地貌形态进行自动综合的尝试。其关键问题是地貌结构线的自动寻找和如何从原始资料中抹去被舍弃谷底线坐标的问题。在探讨这个问题的过程中，W. Weber 博士所传授的数据接口技术，尤其是窗口选取方法，起了极为重要的作用。在此，笔者对 W. Weber 博士的教导和帮助致以深切的感谢。通过初步实践笔者意识到，数据库接口技术不仅是地图资料的组织者与传输者，同时也是实现制图自动化的有力手段之一：能使线处理变为面处理。

在自动综合中，属于地貌结构线的山脊线也应起其应有的作用，本文未曾述及。同时，谷间距也是自动综合时应予以顾及的因素之一，其算法更为复杂。本文具有尝试性质，把更为复杂的问题留作以后进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Volkert, J.: Algorithmen zur Generalisierung. Nachrichten aus dem Kartenum- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 75, 1978.
- [2] Gottschalk, H.-J.: Automatische Generalisierung von Siedlungen, Verkehrswegen, Höhenlinien, Wasserläufen und Vegetationsgrenzen für die Kleinmaßstäbige topographische Karte. Zeitschrift für Vermessungswesen, Nr. 8, 1974, S. 338 - 342.
- [3] Gottschalk, H.-J.: Die Generalisierung von Isolinien als Ergebnis der Generalisierung von Flächen. Zeitschrift für Vermessungswesen, Nr. 11, 1972, S. 489-494.
- [4] Henischel, W.: Zur automatischen Höhenliniengeneralisierung in topographischen Karten. Dissertation, Universität Hannover, Lehrstuhl für Topographie und Kartographie. prof. Dr.-Ing. G. Hake.
- [5] Weber, W.: Ein kartographisches Datenbanksystem. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe B;

Angewandte Geodäsie. Heft Nr. 208, 1975, Frankfurt am Main.

[6] Hessing, R.C., Lee, H.K., Pierce, A., Powers, E.N.: Automatic contouring Using Bicubic Functions, "Geophysics, "Vol. 37, No.4, August 1972, p669 - 674.

Prinzip und Methode der automatischen Generalisierung

der Reliefformen

Wu Hehai

Zusammenfassung

Die Hauptinhalte des vorliegenden Artikels sind folgende : Basierend auf einen Datenbankinterface wird eine Methode der gruppenweise automatischen Generalisierung von Höhenlinien (d.h. unter Berücksichtigung der Nachbarhöhenlinien) vorgestellt, wobei die Strukturlinien (hauptsächlich Tallinien) als natürliches Verbindungsband der Höhenlinien angesehen werden. Der Kern des problems ist es, in der Menge der digitalisierten Daten der Höhenlinien die Strukturpunkte (Tallinenpunkte und Kammlinienpunkte) zu finden und die Strukturlinien automatisch zu verfolgen. Danach kann man die Strukturlinienlängen als zahlenmäßige Grundlage für die Generalisierung berechnen. Vor der automatischen Generalisierung muß man die Ursprungsdaten Komprimieren und dabei alle punkte entfernen, die nicht Strukturpunkte sind. Dabei werden die meisten kurzen Tälchen durch kurze konkave Trichterkurven mit drei Stützpunkten dargestellt. Die automatische Generalisierung besteht nun darin, alle Tallinen, deren Längen kleiner als ein vorgegebenes Grenzmaß sind, zu finden und die in ihnen enthaltenen Höhenlinienpunkte zu entfernen. So werden alle kurzen trichterförmigen Kurven im Bereich der weggefallenen Tälchen geglättet, weil ihre auf den Tallinen liegenden Scheitelpunkte entfernt worden sind.