

# 混合矿物分类定量的一种新方法

林天辉 蔡新兴 陈义星

(上海钢铁研究所)

## 摘 要

本文介绍一种对 X 线显微分析照片进行数字图象处理的新方法, 用于对混合矿物进行分类定量(体积分数)。用此法分析了几种混合矿, 所得结果与化学分析结果相符。这种方法还适用于其他物相分析。

## 一、引 言

天然混合矿经破碎并按一定的处理流程初步分离、富集后制成砂光薄片(简称光片), 然后对光片中的混合矿物进行分类和定量(求体积分数, 下同)是岩矿测试中一个常用的方法。此法通常是在显微镜下靠肉眼将颗粒进行分类, 并根据颗粒数进行定量。此法不适用于成分复杂、光学性质相近的矿物。

本文提出一种砂光薄片分类定量的新方法——X 线显微分析照片数字图象处理法。此法是用扫描电镜配能谱仪获得图象, 用 QTM-720 图象分析仪使图象数字化, 数据储存和处理在 PDP11/35 计算机上进行。程序用 FORTRAN-IV 语言写成, 可在内存不小于 32K 字(16 位)并至少有软磁盘的计算机上运行。

## 二、工作原理与操作步骤

整个分析过程简述如下:

1) 根据矿床资料和所用预处理流程, 估计光片中可能有哪些矿物, 由每种矿物的化学成分决定采用何种元素组合作为识别依据。表 1 给出了某混合矿光片中可能含有铌矿成分及作为识别依据的元素组合。由表 1 可知, 含有 Nb, Ti, Fe 的矿物为矿物 D, 含有 Nb, Ti, Ce 的矿物为矿物 C 等。以上条件由岩矿工作者提供。

2) 用扫描电镜对光片同一视场摄取电子象和全部元素 X 线象。参见图 1。电子象给出全部颗粒的形貌, 而一种元素 X 线象只显示含有该元素的颗粒。对于表 1 的光片, 一个视场需摄取一张电子象、七张 X 线象(NbL $\alpha$ , CaK $\alpha$ , SiK $\alpha$ , MnK $\alpha$ , FeK $\alpha$ , TiK $\alpha$ , CeL $\alpha$ )。

3) 用图象分析仪把全部图象数字化成 0/1 象, 每幅象由 2—3 万个象素组成。计算机把 X 线象与电子象“套准”后存入磁盘中。套准的方法是: 把 X 线象向前后左右稍作移动(实际上是改变象素的坐标), 比较移动前后 X 线象与电子象的重迭面积, 取重迭面积最大的一次作为第一次位移, 在此基础上进行下一次位移。经过反复逼近, 最后找到一幅与电子象重迭面积最大的图象, 它就是套准了电子象的 X 线象。

4) 用颗粒重组技术把电子象上彼此毗邻的点子(取值 1 的象素)重新组成为颗粒。本工作采用线段法(见图 2): 程序先把象素矩阵每行的毗邻点子( $x$  坐标差不大于 1)分成若干线段, 然后比较相邻两行各线段的左右端坐标。两线段属于同一颗粒的条件是后一

表 1 某一砂光薄片可能含有的铌矿物的化学成份(示意)和作为鉴别依据采用的元素组合

矿 物	成 份								鉴别用的元素组合
	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BaO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	
A	×			×					Nb—Fe
B	×		×	×					Nb—Fe—Mn
C	×				×		×		Nb—Ti—Ce
D	×			×			×		Nb—Ti—Fe
E	×				×				Nb—Ce
F	×					×		×	Nb—Ca
G	×	×					×	×	Nb—Ti

注: × 表示含有该成份。

行的线段的端点坐标  $x'_1, x'_2$  与前一行的线段坐标  $x_1, x_2$  同时满足  $x'_1 \leq x_2, x_1 \leq x'_2$ 。点子组成颗粒后,程序把属于同一颗粒的线段的长度之和作为该颗粒的面积,并用属于该颗粒的全部线段的  $x_{1min}, x_{2max}, y_{1min}, y_{2max}$  (称为该颗粒的位置框)表示该颗粒的位置。颗粒面积和位置框被写入一张按位置框面积递增排列的颗粒面积-位置表中。

5) 为求出某矿物的含量,程序把电子象与该矿物元素组合有关的 X 线象(如矿物 C 为 NbL $\alpha$ , TiK $\alpha$ , CeL $\alpha$ , 见表 1)进行逻辑乘,即保留在每幅象的同一位置都取值 1 的象素,由此得到一幅表示几种元素共存的图象。与电子象类似,也用颗粒重组技术把它的点子重组成颗粒,并建立颗粒位置表。这种图象上的颗粒是同时含有某矿物的几种特征元素,称之为该矿物(或该元素组合)的综合象。必要时综合象可再显示在图象仪屏幕上,以便核对。

6) 综合象的颗粒通常比实际的矿物颗粒小得多,不能用来测量矿物含量。测量矿物含量必须以电子象颗粒为准。为此,程序把电子象和该矿物综合象的颗粒位置-面积表进

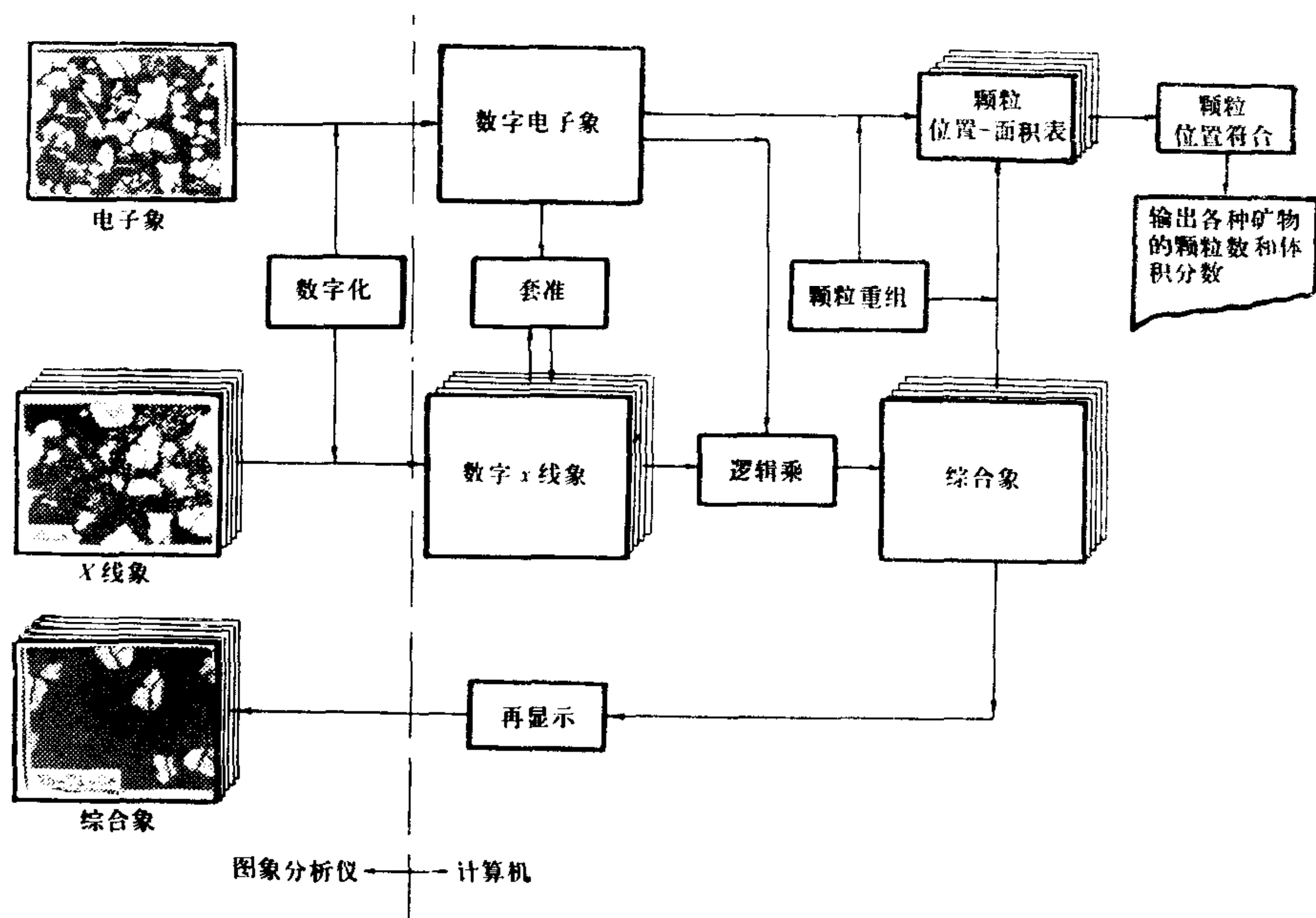


图 1



行颗粒位置符合操作(见图 2), 若综合象上某一颗粒的位置框完全在电子象上某一颗粒的位置框内, 则称电子象上该颗粒为综合象上相应颗粒的位置符合颗粒. 程序在电子象上每找到一个位置符合颗粒, 就把它的面积累加到相应矿物的颗粒总面积中去, 同时把电子象位置-面积表中该颗粒的面积置零, 以保证不再被统计. 由于符合操作在电子象上是按从小框到大框的顺序进行的, 所以在图 2 中箭头 A 所示情况下, 综合象上的小颗粒在电子象上位置符合颗粒只能是小颗粒而不是大颗粒. 根据综合象全部颗粒所对应的位置符合颗粒的总面积, 可决定相应矿物的含量.

7) 重复步骤 5), 6) 可求得其它矿物的含量. 程序是先统计复杂元素组合, 再统计简单元素组合的颗粒. 这样, 如果一个颗粒已作为矿物 C 被统计, 它就不会作为矿物 E 被统计.

8) 对足够视场重复步骤 2)~7), 即可获得需要的统计精度.

降低噪声是在基本操作中实现的:

(1) 由于电子象的讯噪比远优于 X 线象, 所以电子象与 X 线象的逻辑乘可有效地减少噪声. 又因为噪声点为随机分布, 两个噪声点出现在两张照片的同一位置上的几率很小, 所以图象之间的逻辑乘也能减少噪声.

(2) 据观察, 逻辑乘后残存的噪声点呈蠕虫状与空心圆环状, 或为细小点子团. 颗粒重组操作后前者可因面积周长比小于某阈值的颗粒而被排除; 后者可因面积小于某一阈值的颗粒而同样被去掉.

用上述方法处理了三种混合矿物共 668 张照片, 分类定量结果与化学分析法得到的结果相符, 分析结果已在工程中被引用. 表 1 中含铌光片一个视场八张照片的计算机处理时间约十五分钟. 本方法适用于利用 X 线象或其他面分布象进行物相分析的工作.

冶金部天津地质调查所在这一科研工作中给予了帮助和支持, 在此表示衷心感谢.

## A NEW TECHNIQUE FOR IDENTIFICATION AND VOLUME PERCENTAGE DETERMINATION OF MIXED MINERALS

LIN TIANHUI CAI XINXING CHEN YIXING  
(Shanghai Iron and Steel Research Institute)

### ABSTRACT

A technique based on digital image processing of x-ray microanalysis for identifying the mixed minerals and determining their volume percentages has been proposed. It has been used to analyze some mixed minerals, and the results agree well with those obtained by chemical methods. This technique can also be used to other analysis depending on microanalysis.

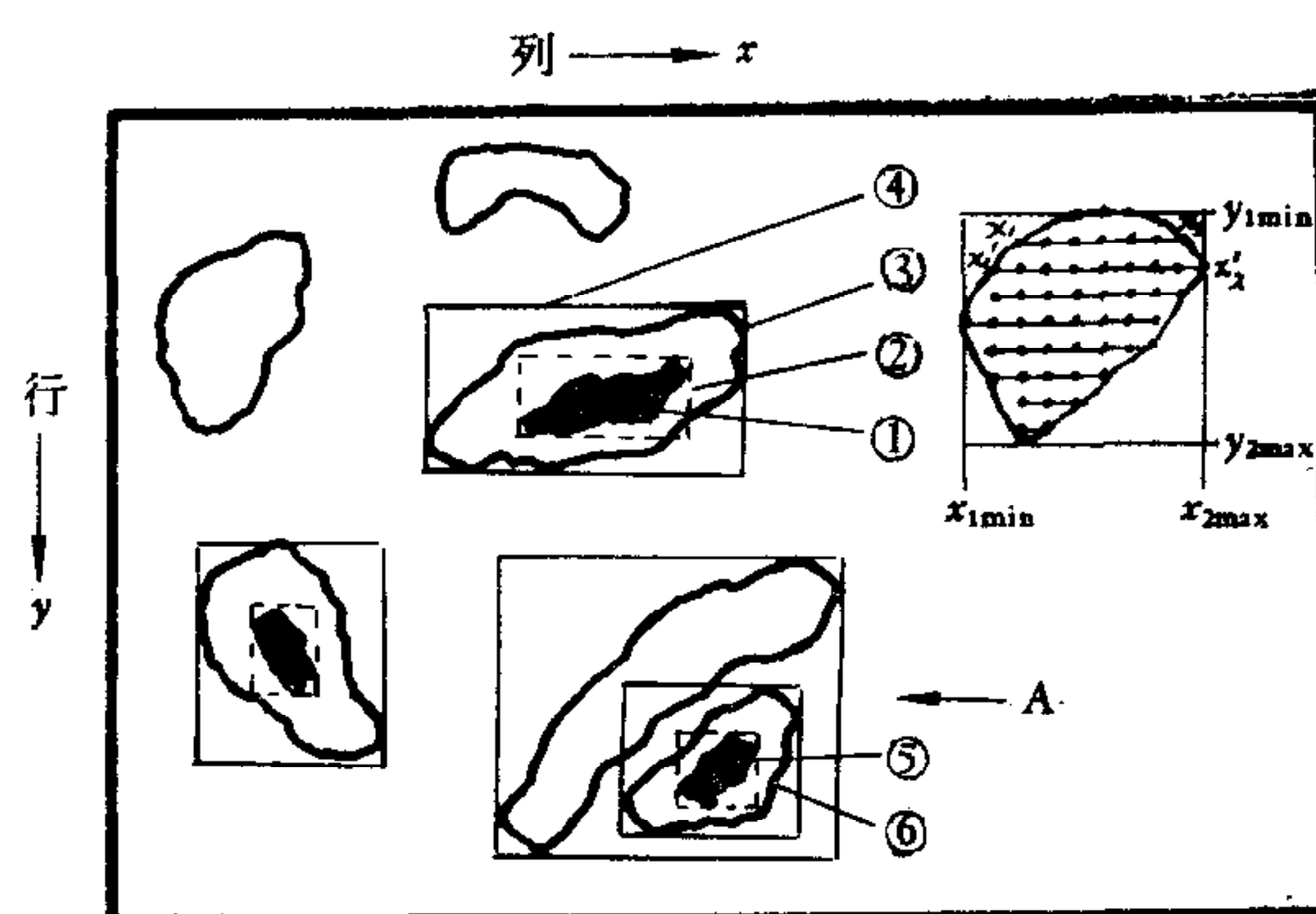


图 2

① 为综合象上的颗粒; ② 为颗粒①的位置框; ③ 为电子象上与①对应的位置符合颗粒; ④ 为颗粒③的位置框; ⑤ 为综合象上的小颗粒; ⑥ 为电子象上与⑤对应的位置符合颗粒.