

文章编号:1000-582x(2000)05-0067-03

粉体颗粒形貌特征的提取与识别技术 TH 742

李毅, 谢利利, 王名福, 杨曦, 宋杨 TP391.41

(重庆大学 光电工程学院, 重庆 400044)

摘要:在微粒测试中,粉体颗粒的形貌是一个比较难提取的特征,但它对颗粒粒度分析的结果却影响很大。笔者提出一个适用于显微镜进行颗粒形貌特征提取与识别的方法和指标—形状指数。通过该指标,可以识别颗粒的形状类型,从而对统计颗粒投影区域的形状以及形状的离散程度提供了重要的依据。笔者叙述了形状指数的定义及计算方法,并给出了形状指数与形状类型的关系简表及应用实例。

关键词:颗粒分析; 形状识别; 图象处理

中图分类号: TP 391.41

文献标识码: A

粉体 显微镜

目前,对颗粒粒度的分析有各种不同的方法,如筛分法、沉降法、光散射法、显微镜法、电感应法等,这些方法都依照各自的物理原理对由各种方法获得的粉状物料进行粒度分析。在众多粒度分析方法中,显微镜法是一种比较古老的方法,但由于它是唯一可以观察和测量单个颗粒的大小和形貌的方法,所以常被视作颗粒分析的完美的方法。近年来,计算机图象分析技术的迅速发展使得用显微镜法进行颗粒大小及其分布的分析技术得到更为广泛的应用。

在粒度分析中,物料本身的特性以及加工方法的不同决定了绝大多数物料都是非球体的,对同一样品用各种不同的方法进行测试会得到不同的粒度分析结果,其原因就在于颗粒表面形状的影响,因此,对颗粒形状进行统计就变得很重要。在粒度分析的众多参数中,形状因素用来表征颗粒与球形的差异程度,也是用各种方法测得的颗粒大小的重要校正因素。Wadell^[1]在1934年给形状因素下的定义是:

$$\Psi_w = \frac{\text{与颗粒等体积的圆球的表面面积}}{\text{颗粒的表面面积}}$$

对于显微镜分析,1971年Laird^[1]用定义:

$$\Psi_L = \frac{\text{直径等于当量直径的球体的表面面积}}{\text{由测得的表面面积计算而得的颗粒的表面面积}}$$

无论使用哪种定义,都涉及到颗粒的表面面积的测定,但颗粒表面面积的测量技术发展缓慢,目前,要准确测得不同大小颗粒的表面面积是很困难的,在用显微镜进行

粒度分析时也面临同样的困难。对于颗粒投影区域形貌特征的提取和识别可以采用分形的方法,但分形的算法复杂,计算量大,不适于工程应用。因此,笔者提出一个简单实用的方法,即采用形状指数来表征颗粒的形状差异。

1 形状指数的定义及意义

形状指数(用F表示)定义为

$$F = P^2 / (4\pi A)$$

表1 形状指数F与圆、椭圆、多边形关系

颗粒投影形状	形状指数 F
圆形	1
正六边形	1.103
正五边形	1.156
正方形	1.273
椭圆 1:2	1.190
椭圆 1:2.28	1.275
椭圆 1:3	1.518
椭圆 1:4	1.891
椭圆 1:5	2.288
椭圆 1:7	3.125
长方形 1:2	1.432
长方形 1:3	1.697
长方形 1:4	1.989
长方形 1:5	2.292
长方形 1:8	3.223
长方形 1:10	3.852

· 收稿日期:2000-02-25

作者简介:李毅(1974-),女,重庆人,重庆大学硕士研究生。主要从事图象处理和粒度分析的研究。

P 为颗粒投影区域的周长, A 为颗粒投影区域的面积。

由于颗粒投影区域大多数是多边形, 因此下面给出形状指数 F 与圆、椭圆、多边形之间的关系表 1。

表 1 中数据表明:

- 1) F 值越大, 颗粒的投影区域的形状越接近针状;
- 2) 椭圆的长短径相差越大, 则椭圆越接近长方形;
- 3) 若 $F \leq 1.273$, 颗粒的形状可采用球形模型计算。

根据用户的需求, 当 F 值大到一定程度时, 颗粒的形状可采用椭圆或长方形模型。

由此可见, 采用形状指数定义颗粒形状的方法可以作为颗粒形状分类的依据。

2 形状指数的计算方法

2.1 图象的预处理

形状指数的计算涉及到两个量: 颗粒的投影区域的面积和周长。在计算颗粒的投影面积之前必须对颗粒的显微图象进行预处理, 预处理包括: 对图象进行平滑, 再二值化分割, 将颗粒与背景分开; 再对分割后的二值化图象用中值滤波^[2]法去噪; 再对图象进行膨胀和收缩^[3], 可以提高图象边缘平滑度, 还可以去掉一些噪声点; 最后还要对图象进行填充, 将属于同一颗粒的像素点作上同样的标号, 背景用 0 表示, 颗粒的投影区域标号从 1 开始增加, 颗粒的个数即为标号的最大值。以后面积和周长的计算都是在作有标号的图象的基础上进行。

2.2 面积的计算

图象中的颗粒都是由像素点组成, 由于形状指数是周长的平方除以面积, 所以计算面积时只需统计具有相同标号的像素点的个数, 就得到一个颗粒投影区域的面积。

2.3 周长的计算

颗粒投影区域的周长定义为区域的边界像素的个数。计算方法分为两步^[4]: 第一步, 确定颗粒区域边界的始端; 第二步, 从始端像素开始, 跟踪有同一标号区域的边界, 直到边界终端(或边界点与始端重合), 所用的跟踪次数即为颗粒投影区域的周长。在边界跟踪过程中, 可以采用八领域跟踪法或四领域跟踪法, 二者方法相当类似, 以下介绍八领域边界跟踪算法的具体实现。

首先从上到下, 从左到右扫描图象, 找出第一个标号不为 0 的像素点作为边界跟踪的始端, 记下其坐标位置。然后以该点为中心点沿某一旋转方向将轮廓上的点依次检出。如图 1(a) 所示, \star 为找出的轮廓始端, \square 表示背景, \square 表示颗粒的投影像素点。以 \star 为中心点在其 3×3 邻域上沿着图 1(b) 顺序检查, 方格中 1~8 表示检查顺序^[4]。

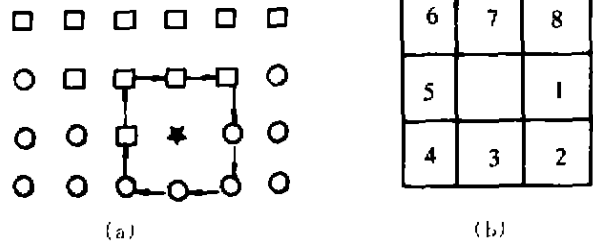


图 1 八领域边界跟踪算法

若当前检查点为 \square , 而上次检查点为 \square , 则当前检查点就是中心点的相邻轮廓点, 轮廓点总数加 1, 再以新检查到的轮廓点为中心点, 依照上述方法, 又可找出下一轮廓点, 直到所找中的轮廓点的坐标与记录的始端坐标相同。统计的轮廓点总数就是区域的周长。在上述统计周长的算法中, 当轮廓点处于图 1 中的 2、4、6、8 其中之一位置时, 若轮廓点总数加 1 就会产生较大的误差, 此时在实际算法中, 通常用轮廓点总数加 $\sqrt{2}$ 来校正。

3 计算实例

3.1 计算机模拟图计算

下列 3 幅图象中, 图 2 是由计算机模拟生成的 3 幅

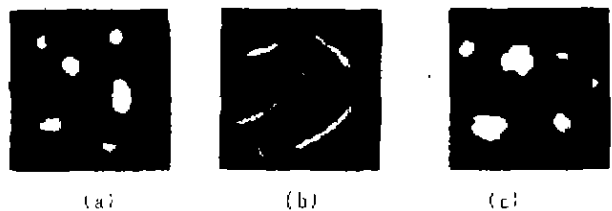


图 2 不同形状颗粒图象

表 2 图 2 中各图颗粒参数

(a)			(b)			(c)		
P	A	F	P	A	F	P	A	F
35.73	100	1.016	51.63	103	2.059	38.21	111	1.047
29.14	64	1.056	75.08	146	3.072	72.94	344	1.231
44.56	146	1.082	41.63	46	2.998	75.63	366	1.244
62.21	274	1.124	67.77	119	3.071	27.49	56	1.074
43.73	134	1.136	105.47	225	3.934	45.38	141	1.162
32.56	72	1.172	34.80	39	2.471	21.73	35	1.074
$\bar{F} = 1.098$			$\bar{F} = 2.934$			$\bar{F} = 1.139$		
$S = 0.057$			$S = 0.636$			$S = 0.086$		

不同形状的颗粒图象,3 幅图象采用笔者所述的处理方法作预处理后,统计出的各图中每个颗粒的周长(P)、面积(A)、形状指数(F)、每个图象的平均形状指数(\bar{F})和标准方差(S)结果如下。

3.2 实际样品计算

图 3(a)是实际采集的金刚砂样品的原始图,光电转换系统采用 JVC 彩色 CCD 摄象机,有效像素 44 万 [753(水平) × 582(垂直)],显微镜选用 10 倍物镜,其



(a)



(b)

图 3 金刚砂样品原始图和二值图

像素长、宽尺寸(μm)为 0.8×0.75 。图 3(b)是图 3(a)经过处理后得到的二值图象,得出的数据表如表 3。

表 3 图 3(b)的二值图象数据

P	171.37	114.75	119.03	154	51	144	40	111	65			
A	1417	80	732	60	801	90	1335	601235	40	607	20	$\bar{F}=1.481$
F	1.648	1.430	1.406	1.422	1.343	1.634	$S=0.128$					

4 结论

结合实例给出的图象以及计算出的形状指数,不难看出:根据形状指数可以识别颗粒投影区域的大致形状。在实际应用中还可以根据一定的标准将形状指数进行分段统计,根据每幅图象的平均形状指数及标准方差,可以分析出形状的离散程度,从而得出在各种形状中颗粒的分布情况。因此,形状指数对于颗粒的显微图象进行形状分析是一个简单且有效的实用方法。同时,采用图象处理技术能够对颗粒粒度分布进行测量和统计,不仅可以测量颗粒投影面积的等效直径,而且可以测量颗粒的 Feret 直径、颗粒分布函数。

参考文献:

- [1] T 艾伦. 微粒大小测定[M]. 北京: 建筑工业出版社, 1984.
- [2] 田捷. 实用图象分析与处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1995.
- [3] 黄智. 图象处理和识别实用程序库[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1989.
- [4] 夏曙东. 岩芯孔隙结构图象处理与分析研究[D]. 重庆: 重庆大学.

Study of Drawing and Recognizing Particle Appearance

LI Yi, XIE Li-li, WANG Ming-fu, YANG Xi, SONG Yang

(College of Optoelectronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Particle appearance is difficult to be drawn in particle size analysis, but it greatly influences analysis results. A method and parameter—Shape Factor, which are fit for drawing and recognizing particle appearance with microscope, is proposed. The appearance of particles' projecture can be shown with the parameter. The definition of shape factor and its algorithms are related, and relation table among shape factor, shape and some samples is given.

Key words: particle size analysis; shape recognition; image process

(责任编辑 张小强)