# MATLAB 环境下岩石 SEM 图像损伤分形维数的实现*

王凤娥[1)]　朱昌星[2)]

(河南理工大学图书馆[1)]　焦作　454000) (河南理工大学土木工程学院[2)]　焦作　454000)

摘　要　根据 MATLAB 的图像处理和数值计算功能的特点,编写 MATLAB 程序,并验算 Sierpinski 垫圈图形分形维数。通过对锦屏二级水电站深埋长大引水隧洞围岩破坏微观图像(SEM 图像)进行分形分析,计算出图像的分形维数,推出岩石损伤破坏分形变化规律。

关键词　MATLAB; SEM 图像; 分形维数
中图分类号

# Realization of Damage Fractal Dimensions of Rock SEM Image in the Matlab Environment

Wang Feng'e[1)]　Zhu Changxing[2)]

(Library of Henan Polytechnic University[1)], Jiaozuo　454000)
(School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University[2)], Jiaozuo　454000)

**Abstract**　In order to the characteristic of image processing and numerical calculating of MATLAB, its program was compiled, and the Sierpinski gasket fractal dimension is computed. The author figures out the fractal dimension of mage by dealing with microgram (SEM image) of surrounding breakage of large and long water transfer tunnel at Jinping ㊁ hydropower, and clears he fractal change law of damage of rock.

**Key words**　MATLAB, SEM image, fractal dimension.
**Class Number**

## 1　引言

分形几何是一门新兴的数学分支,虽然 Mandelbrot 不是第一个发现分形现象的人,但他最先提出了分维和分形几何的设想,目的是用来描述自然界不规则以及杂乱无章的现象和行为。他制造分形(Fractal)一词原意具有不规则、支离破碎等意义。分形几何学是一门以非规则几何形态为研究对象的几何学,用来处理那些极不规则的性状。在描述大自然的复杂性和多样性方面,分形几何学比传统的几何学有无可比拟的优越性。分形几何学主要概念是自相似和分数维数。Mandelbrot 认为分数维数的概念是一个可用于研究许多物理现象的有力工具。

分形理论的研究对象是自然界和非线性系统中出现的不光滑和不规则的几何形体,以及社会活动中广泛存在的无序(不规则)而具有自相似性的系统[1]。由于不规则现象在自然界中普遍存在,所以分形几何建立以后,在许多领域中都得到了广泛应用[2~4]。一些学者采用很多语言编写程序来计算图像分形维数。但基于 MATLAB 软件编写的原程序在工程实践中很少采用,本文针对锦屏二级水电站深埋长大引水隧洞围岩破坏微观图像(SEM 图像)[5],进行分维数计算,结果表明,借助 MAT-

* 收稿日期:2009 年 4 月 3 日,修回日期:2009 年 4 月 30 日
作者简介:王凤娥,女,硕士,研究方向:图形图像处理。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

LAB 处理微观结构 SEM 图像, 可满足工程需要。

## 2　图像盒维数的像素点覆盖法

像素点覆盖法求计盒维数的具体步骤是[6]:

1) 计算机存储的图像是由大小为 δ 的像素点组成。把图像进行二值化处理, 使得图像上的每一个像素点为黑或白两种颜色, 黑色代表 1, 白色代表 0。通过这种方法辨识图像可得到一个数据文件, 其行列数分别对应于二值图的行列数; 2) 把图像转换为 1 或 0, 把图像依次划分成若干块, 使得每一块的行数和列数均为 $k$, 把所有那些包含 0( 或 1) 的块的个数记作 $N_{\delta k}$( 简记为 $N_k$) , 通常取 $k=1, 2, 4, \cdots, 2^i$, 即以 $k=1, 2, 4, \cdots, 2^i$ 个像素点的尺寸为边长作块划分, 从而得到盒子数 $N_1, N_2, N_4, \cdots, N_{2^i}$。因为像素点的尺寸 δ= 图像的长度 $l$/ 图像一行中像素点的个数, 所以行和列都由 $k$ 个像素点组成的块的边长为 $\delta_k = k\delta\ (k=1, 2, 4, \cdots, 2^i)$, 由于对于一个具体的图像 δ 是一个常数, 因此在具体计算时可以直接用 $k$ 值代替 $\delta_k$。在双对数坐标平面内, 以最小二乘法用直线拟合数据点 $(\log\delta_k, \log N_k)$, $(k=1, 2, 4, \cdots, 2^i)$, 所得到的直线的斜率的负值 $D$ 就是该图像的物理计盒维数。

根据上述图像分维数计算方法, δ 的倍数越小, 计算出图像的维数越精确, 计算时一般取一个像素点作为尺寸界线。在计算图像分维数时, 应是一组 $(\delta, N_i)$ 数据, 而不是一个 $(\delta, N_i)$ ($i$ 取一特定值)。

## 3　用 MATLAB 计算图像计盒维数

MATLAB 是 Matrix Laboratory 的缩写, 它是一种科学计算软件, 专门以矩阵的形式处理数据。MATLAB 把计算、图示和编程集成到一个易用的交互式环境中, 并提供了大量的内置函数, 从而被广泛地应用于科学计算、控制系统、信息处理等领域的分析、仿真和设计工作, 而且利用 MATLAB 产品的开放式结构, 可以非常容易地对 MATLAB 的功能进行扩充。基于此, 编写程序可求解二维数字图像计盒维数, 并用于工程中。

### 3.1　图像预处理

图像预处理主要指用某种特殊手段、描述和分析图像中所包含的某些特种或特殊的信息, 主要目的是便于计算机对图像做进一步的分析和理解, 经常作为模式识别、计算机视觉等的预处理, 这些特征就包括灰度特征[8]。由于在获取图像的过程中受多种因素的影响, 导致图像中亮度不均匀, 或是质量有所退化。图像预处理主要包括消除图像亮度不均匀性和图像增强。为消除图像亮度不均匀, 系统中采用减除背景灰度的方法来实现。分形图像的原始图像一般都是灰度图像( 彩色图像可处理成灰度图像) , 采用计盒维数计算图像的分形维数时, 首先需要将图像中被关注的区域从图像中提取出来, 对图像进行灰度调整、特征检测、边界识别等处理, 可以将关心区域从图像中提取出来, 然后进行二值化, 转化为黑白位图, 并把黑白图用整数整列的形式表达出来。

### 3.2　程序的验证

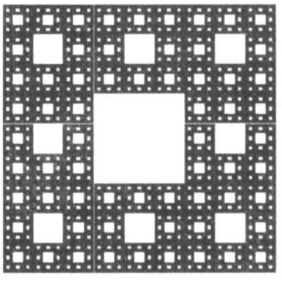


图 1　Sierpinski 垫圈

为了验证本文编写程序计算图像分维数的正确性, 对谢尔宾斯基(Sierpinski) 垫圈进行了分维计算。图 1 为 Sierpinski 垫圈, 其计盒维数( 1.8927) 和理论维数(1.8930) , 相关系数为($R=0.99875$) , 其误差很小。结果证明本文用 MATLAB7.0 计算出的图像的计盒维数具有较高的精度。由于 MATLAB 处理图像具有简单快捷的优点, 因此, 采用本文方法计算图像分形计盒维数具有较大的优势, 可以很简便地实现。

## 4　工程应用

大多数材料和结构在宏观裂纹出现之前, 已经产生了微观裂纹和微孔洞, 人们将材料和结构中这些微缺陷的出现和扩展称之为损伤。对于脆性岩石材料而言, 岩石的损伤主要表现为微裂纹的产生和扩展, 岩石的损伤演化过程相当于材料内微裂纹演化过程。由于岩石材料的损伤( 微孔隙、微裂纹) 是随机分布和无序的, 可以看成是一个分形网络, 而微裂纹演化具有分形特征[9,10], 所以要借助分形了解岩石的变形和强度。图为锦屏二级水电站深埋长大引水隧洞围岩破坏微观图像( SEM 图像) 。针对损伤裂缝识别图, 求取分形维数 $D$($D=\ln N(\varepsilon)/\ln(l/\varepsilon)$)。具体做法是: 将尺寸分别为 ε 的正方形网格去覆盖识别到的图形, 计数网格中有图形像素的方格数目, 不断减少网格尺寸 ε 继续计数含图形像素的网格数 $N(\varepsilon)$, 直至能够达到最小像素的网格尺寸。用上述程序求解图 2 砂岩损伤裂缝分维数为 1.1233。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

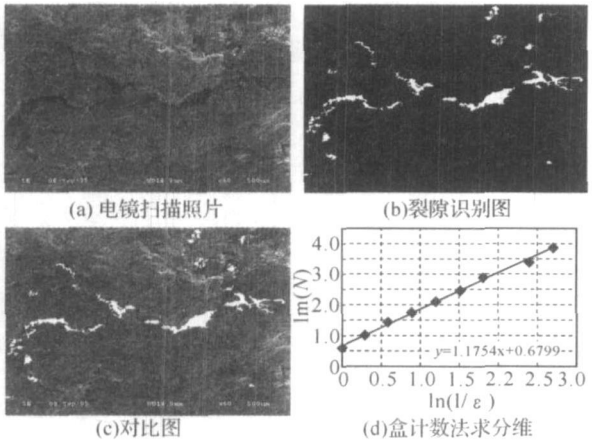



图 2 砂岩(峰后卸围压 60MPa、高水压 10MPa、渗透水压 1MPa)

## 5 结语

通过编写 MATLAB 程序, 对锦屏二级水电站深埋长大引水隧洞围岩破坏微观图像进行分形计算, 结果表明:

1) 对图像进行二值化处理, 处理过的图形采用 MATLAB 程序进行分形维数的计算, 用 Sierpinski 垫圈图形对计算程序进行了检验, 结果表明计算出的分形维数是准确可靠的。

2) 通过对锦屏二级水电站深埋长大引水隧洞围岩破坏微观图像(SEM 图像)进行处理, 计算出图像的分形维数, 通过多组数据可以搞清岩石整个损伤演化过程的分维变化规律。

参 考 文 献

[1] MANDELBROT B B. The fractal geometry of nature [M]. San Francisco: Freeman, 1982
[2] 彭瑞东, 谢和平, 鞠杨. 二维数字图像分形维数的计算方法[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(1): 19225
[3] 冯志刚, 周宏伟. 图像的分形维数计算方法及其应用[J]. 江苏理工大学学报: 自然科学版, 2001, 22(6): 92296
[4] 屈朝霞, 张汉谦. 材料科学中的分形理论应用进展[J]. 宇航材料工艺, 1999, (5): 529
[5] 锦屏二级水电站深埋长大引水隧洞岩体力学特性与围岩稳定性分析研究[R]. 河海大学岩土工程研究所,
[6] 丁保华, 李文超, 王福明. 分形图像分析与分形维数计算程序的设计[J]. 北京科技大学学报, 1999, 21(3): 3042307
[7] 杨书申, 邵龙义. MATLAB 环境下图形分形维数的计算[J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35(4): 478~ 482
[8] 潘志庚, 吴访升. 中国图形工程: 2001[J]. 中国图象图形学报, 2002, (6)
[9] 潘志庚, 胡小强. 中国图形工程: 2003[J]. 中国图象图形学报, 2004, (6)
[10] 谢和平, 陈忠辉. 岩石力学[M]. 科学出版社, 2003

(上接第 129 页)

## 7 结语

在某型航海雷达模拟系统的海杂波仿真模块中应用上述方法成功实现了相干海杂波模拟。图 8 给出了在 4 海里量程内 1、3 级海况下无海浪抑制时模拟海杂波的 PPI 图像。

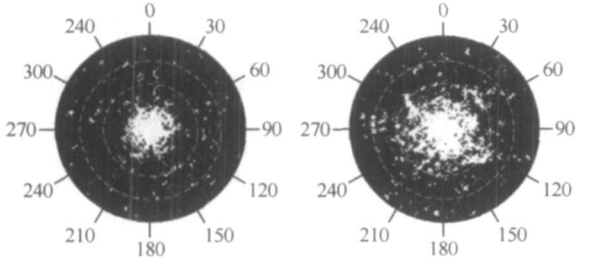



图 8 雷达 PPI 显示器模拟海杂波图像

从上面的模拟结果来看, 海杂波的强度变化能够动态地反映海面的变化情况, 杂波的强度及与实际情况也比较吻合。但该方法计算复杂, 随着雷达量程变大和分辨率提高, 将难以满足雷达模拟的实时性要求。因此还需要进一步研究航海雷达的应用环境, 对参数选择进行优化, 并改进算法降低其运算复杂度, 提高模拟计算的效率。

参 考 文 献

[1] 赵巨波. 海面杂波建模技术研究[J]. 现代防御技术, 2007, 25(3): 86~ 89
[2] 兑雅娟. 雷达杂波相关特性分析与仿真[J]. 火控雷达技术, 2007, 36(3): 51~ 55
[3] 刘杰. 基于统计模型的海杂波建模与检测技术综述[J]. 海军航空工程学院学报, 2006, 21(3): 347~ 352
[4] M.W.朗. 陆地和海洋的雷达反射特性[M]. 北京: 国防工业出版社, 1983
[5] 王国玉. 雷达电子战系统数学仿真与评估[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004
[6] 欧阳文. 基于统计模型的时空相关海杂波仿真[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 467~ 471
[7] Merrill I. Skonlnik. 雷达手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003: 504~ 531
[8] 唐丽娜. 时空相关的相参 K 分布海杂波的仿真[J]. 大庆师范学院学报, 2008, 28(2): 5~ 9

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net