

黄土微结构图像处理的方法

袁中夏^{1,2,3}, 王兰民^{1,3}

- (1. 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地, 中国地震局黄土地震工程开放实验室, 甘肃 兰州 730000;
2. 中国地震局工程力学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080;
3. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:本文介绍了对黄土微结构电镜图像进行图像处理的常用方法。这些方法可以去除图像噪声, 提高图像的对比度, 使得图像便于进行人工解译或者借助软件的图像分析。

关键词:黄土; 孔隙微结构; 图像处理; 扫描电镜

中图分类号: TU411.92; P642.13*1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2004)03-0246-04

0 引言

黄土微结构变化对黄土的湿陷性^[1,2]、液化^[3]和震陷性^[4]等有着明显的决定性作用。对黄土微结构的研究自从上个世纪80年代以来逐渐得到重视, 尤其是随着扫描电子显微镜(SEM)实验技术的提高和普及, 许多学者展开了对黄土微结构的研究。然而, 由于黄土微结构复杂而且微结构量化指标难以测定, 所以对其电镜图像的处理比较困难。

黄土微结构图像处理的第一步通常是图像处理。图像处理有两方面的内容^[5]: 一是对图像的校正和复原处理, 二是对图像的增强处理。前者是对获得的有变形和失真的图像进行几何校正和信号校正, 让图像接近真实; 后者是对图像进行显示增强操作, 让图像的对比度提高或者某些方面的细节有所强化。对黄土微结构电镜图像的处理来说, 首先要进行属于信号校正的去除噪声处理, 然后是各种图像增强处理如线性拉伸和两端压缩、图像对比度增强等。

1 噪声处理的方法

扫描电子显微镜是依靠电子枪发射的电子束经电磁透镜聚焦打在样品表面所产生的二次电子来形成样品表面结构图像的。由于真空系统中仍然会有一些带电离子和尘埃, 以及图像生成系统本身有噪音信号, 所获得的图像都有些噪声信号。噪声信号的表现是图像有马赛克状的斑驳。图1是利用中国科学院科学仪器厂生产的KYKY-2800B型扫描电镜所获得的放大550倍的黄土微结构图像。可以看出, 该图像上有明显的噪声信号。

通常认为噪声信号是随机的, 多个像素的随机噪声一定程度上相互抵消。根据空间邻接相似的

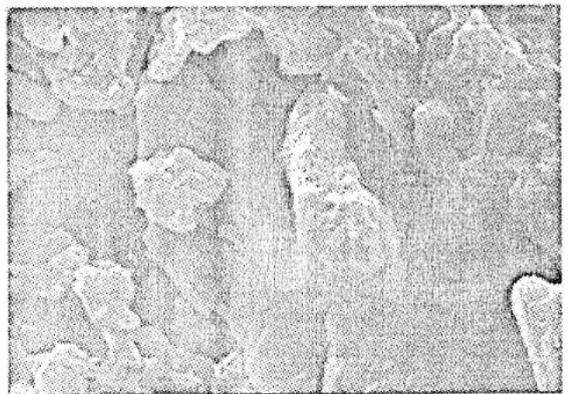


图1 有噪声信号的黄土微结构图像

Fig. 1 Microstructure image of loess without noise reduction.

收稿日期: 2004-01-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(50379049); 地震联合基金项目(604016); 中国地震局兰州地震研究所编号: LC20040007

作者简介: 袁中夏(1974-), 男(汉族), 甘肃临洮人, 硕士, 主要从事岩土地震工程和RS/GIS应用研究。

原则,可以引入相邻像素的影响来平滑图像,消除噪声。常用的办法是用移动窗口来重新计算图像像素值。移动窗口的尺度一般为3(像素)×3(像素)或者是5(像素)×5(像素)。下面以3×3的移动窗口为例来说明处理的方法。

图2(a)所示的是均权值移动窗口^[6]。那么新像素的像素值应该为移动窗口内所有像素原来像素值的平均值,即

$$P_{new} = \frac{\sum_{i=1}^9 p_i}{9} \tag{1}$$

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

1/20	2/20	1/20
2/20	8/20	2/20
1/20	2/20	1/20

(a)均权值移动窗口 (b)几何位置权值窗口
图2 构造不同的移动窗口

式中 P_{new} 是新像素的值,它对应移动窗口中中心像素的位置, p_i 是移动窗口内第 i 个像素的值。移动窗口一次从左向右移动一个像素的位置,一行完后移动到下一行进行同样的操作,这样就可以计算得到新的图像(图3)。

如果考虑不同几何位置的像素对新像素值影响的不同,则可以利用图2(b)所示的移动窗口。那么新像素的值由下式决定:

$$P_{new} = \frac{(p_{11} + p_{13} + p_{31} + p_{33}) + 2(p_{12} + p_{21} + p_{23} + p_{32}) + 8 \cdot p_{22}}{20} \tag{2}$$

式中 P_{new} 是新像素的值, p_{ij} 是移动窗口内第 i 行 j 列像素的值。图4是利用该方法所得到的新图像。

这两种方法的差别在于对像素原值(也就是移动窗口中心像素的像素值)所赋的权值不同。在使用均权值的情况下,所得的图像要平滑一些,保留的边缘和棱角很少。而在考虑几何位置的情况下,由于对原来像素值所给的权值比较高,这样所得到的图像保留了更多的边缘和棱角信息。但通过图1和图3,4的比较可以发现,两种方法都较好地去除了随机噪声信号,图像中原来斑斑点点的小点没有了。

去除图像噪声还有其它方法。比如,可以通过比较相邻像素的像素值差的方法来去除噪声。

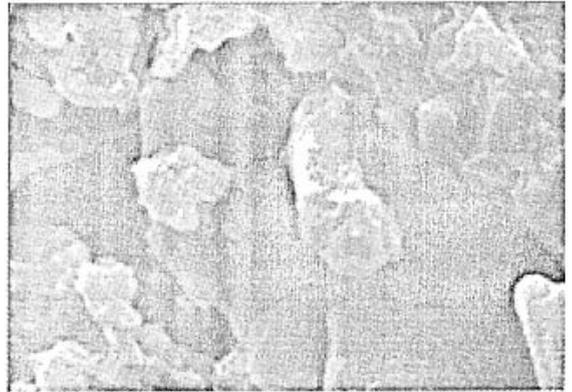
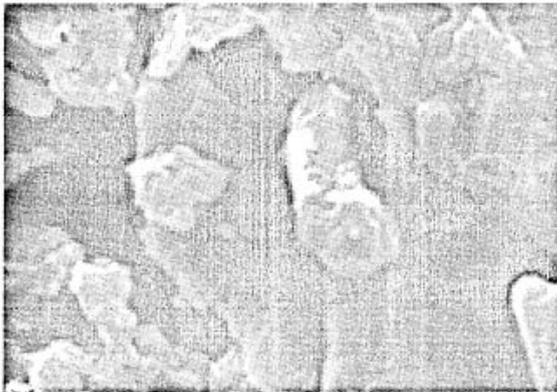


图3 利用均权值移动窗口重新计算所得的黄土微结构图像

图4 利用考虑几何位置的移动窗口重新计算所得到的黄土微结构图像

Fig.3 Microstructure image of loess after average weight moving window operation.

Fig.4 Microstructure image of loess after geometric weight moving window operation.

2 灰阶两端压缩和图像像素值拉伸

黄土微结构图像经过去除噪声的处理以后,可能存在对比度不好,图像层次不够分明的问题。这一问题的出现有两个原因。一是背景电磁辐射使得理论上本来应该完全黑暗(如比较深的大孔隙)因而其像素值应为零的部分仍然有一定信号出现;而本来应该很亮(像素值很高)的部分由于受周围的影响,其像

素值达不到最高。这样灰度图0~255的灰度值没有被完全利用,图像的对比度比较低。第二个原因是由于对图像进行处理的需要而产生的。通常在黄土微结构研究中要统计微孔隙面积等参数,因此把微孔隙和土颗粒明确分开是很重要的。这时对黄土微结构图像的对比度有一些特殊要求。

因为黄土微结构图像上,微孔隙的像素值一般比较低,颗粒的像素值比较高,据此可以在低像素值端把某个像素值以下的像素值全部压缩成一个值;在高像素值端把某个像素值以上的像素值全部压缩成一个值;然后将中间部分线性拉伸。这样就使得孔隙和颗粒的部分明显地区分开来,而中间部分的对比度由于线性拉伸,其层次比较分明,易于进行图像的人工或者自动分析。该方法的原理可以用如下的式子表示:

$$\begin{cases} p_i < C_1, & p_{new} = 0 \\ C_2 > p_i > C_1, & p_{new} = (p_{new} - C_1) \cdot \left(\frac{255}{C_2 - C_1}\right) \\ p > C_2 & p_{new} = 255 \end{cases} \quad (3)$$

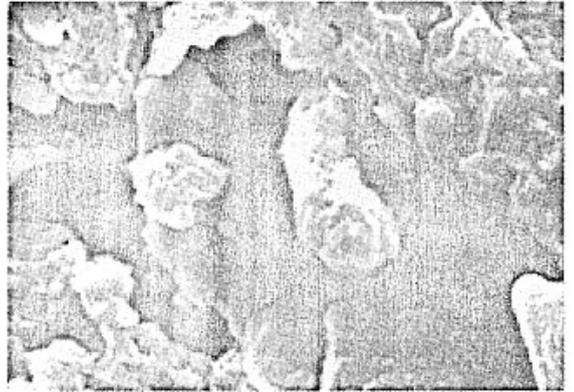


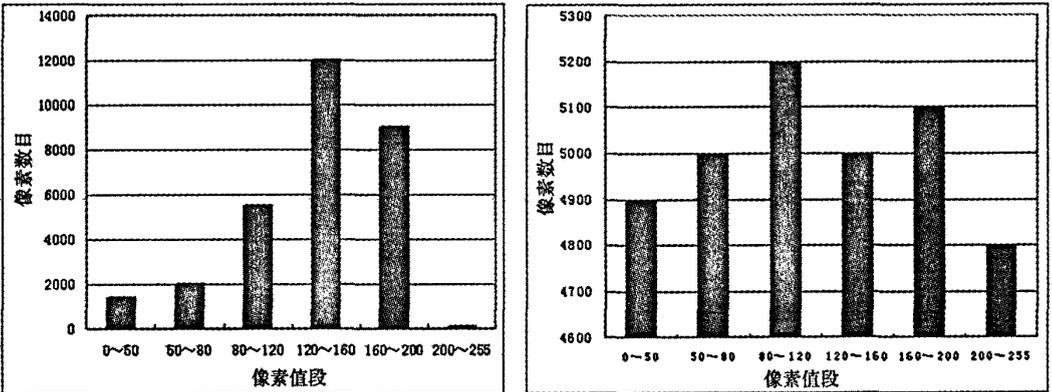
图5 经两端压缩和拉伸处理后的黄土微结构图像
Fig.5 Microstructure image of loess after being cut down at both ends and stretching middle section of grey scale.

式中 p_i 、 p_{new} 、 C_1 和 C_2 分别是原来像素值、新像素值、低像素端阈值和高像素值端阈值。

图5是在图4基础上利用该方法进行处理以后的黄土微结构图像。低和高端阈值分别取为40和160;图像的像素值范围由原来的3~193扩大到0~255,图像的对比度明显提高。另外,原来40以下的像素值都变成了0,而原来160以上的像素值都变成了255,颗粒和孔隙的区分更加明显。

这种两端压缩和拉伸的处理方法使图像有一定程度的失真。在有些场合下,这种方法是可行的,因为它不影响分析结果的准确性。如果在提高图像对比度的同时还要求图像的失真比较小,则可以用图像直方图均衡的处理方法。

所谓图像直方图均衡就是让处于不同像素值的像素数目大致均匀分布^[6]。例如图6(a)是处理前黄土微结构图像的像素值分布直方图。显然,在不同像素值范围内分布的像素数目有很大的差异。直方图均衡处理就是让分布在不同像素段的像素数目大体一样多(如图6(b)所示),这样图像的整体对比度就会得到提高。在图4基础上经过直方图均衡处理后的黄土微结构图像如图7所示。



(a) 处理前 (b) 处理后

图6 黄土微结构图像的像素值分布

Fig.6 Pixel value distribution of microstructure image of loess.

4 其它处理方法

以上是对黄土微结构图像进行图像处理的常用方法,在具体的研究中还可以利用其它方法进行处理。

二值分割就是把图像分成只有两种颜色(一般用黑白)的图像。通常在进行孔隙面积处理时要利用该方法把孔隙和颗粒分开,然后让软件自动计算微孔隙面积。但二值分割不可避免地引入了误差,有时需要相当工作量的人工处理进行修正。

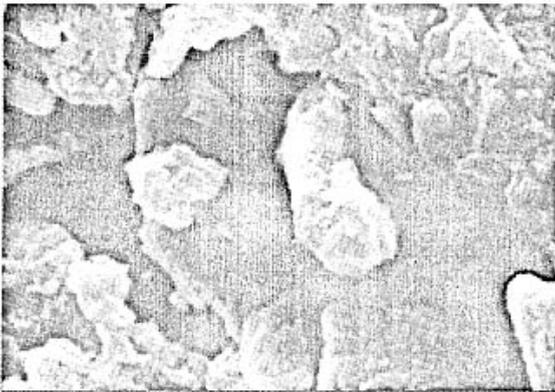


图7 经直方图均衡处理后的黄土微结构图像

Fig.7 Microstructure image after histogram equilibrium operation.

如果研究的目的是显示黄土微结构的方向性构造,则可以利用方向性滤镜,即保持某一方向而压缩其它方向。图8是构造不同的两个方向性滤镜。前者突出水平向的细节,后者突出斜向的细节。

0	0	0	1/3	0	0
1/3	1/3	1/3	0	1/3	0
0	0	0	0	0	1/3

(a)水平方向滤镜 (b)倾斜方向滤镜

图8 突出不同方向细节的方向性滤镜

Fig.8 Directional filters emphasising details at different direction.

[参考文献]

- [1] 高国瑞.黄土显微结构分类与湿陷性[J].中国科学,1980,30(12):1203~1208.
- [2] 赵景波,陈云.黄土的孔隙与湿陷性研究[J].工程地质学报,1999,2(2):76~83.
- [3] 王兰民,刘红玫,李兰,等.饱和黄土液化机理与特性的试验研究[J].岩土工程学报,2000,22(1):89~94.
- [4] 石玉成,李兰,刘红玫,等.黄土的震陷性与其微结构特征的关系的研究[J].西北地震学报,2002,22(2):129~134.
- [5] Lillesand T, Kiefer R. Remote Sensing and Image Interpretation [M]. USA: John Wiley & Sons, Inc,1999:471.
- [6] ITC. Ilwis 3.1 User Manual [M]. the Netherlands:ITC,2002:217~229.

METHODS ON LOESS MICROSTRUCTURE IMAGE PROCESSING

YUAN Zhong-xia^{1,2,3}, WANG Lan-min^{1,3}

(1. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA,

Open Laboratory of Loess Earthquake Engineering, CEA, Lanzhou, 730000, China;

2. Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration (CEA), Harbin, 150080, China;

3. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In the paper the common methods of processing microstructure image of loess from Scan Electronic Microscope (SEM) are introduced. These Methods can be used to reduce the random noise and improve the contrast of the image, so that the image can be used more efficiently for further analysis by manual work or computer-aid analysis.

Key words: Loess; Microstructure of pores; Image processing; Scan electronic microscope.