5月

2014 年

王培珍,丁海涛,刘纯利,等.基于结构元的煤显微图像轮廓提取算法[J].煤炭学报,2014,39(S1):285-288.doi:10.13225/j. cnki.jccs.2013.0759

Wang Peizhen ,Ding Haitao ,Liu Chunli et al. Coal microscope image contour extraction algorithm based on structuring elements [J]. Journal of China Coal Society 2014 39(S1): 285-288. doi: 10.13225/j. cnki. jccs. 2013.0759

## 基于结构元的煤显微图像轮廓提取算法

### 王培珍<sup>1</sup> ,丁海涛<sup>1</sup> 刘纯利<sup>2</sup> 张 克<sup>3</sup>

(1. 安徽工业大学 电气信息学院,安徽 马鞍山 243002;2. 安徽科技学院 机电与车辆工程学院,安徽 凤阳 233100;3. 东北大学 信息科学与工程学院 辽宁 沈阳 110819)

摘 要:针对煤显微组分结构复杂、提取其显微图像中有效组分轮廓存在较大难度的问题,提出一种基于结构元的轮廓提取算法。该法通过对结构元中架构与尺度的合理设计实现种子点的自动选择,以替代传统算法中种子点的人工选取,然后进行区域生长,再对区域生长后的图像进行形态学处理,最后用8邻域轮廓提取法获取煤显微图像中不同组分的轮廓。实验结果表明,由于结构元的合理选取,算法能够有效去除煤显微图像中的碎屑、黏胶及噪声区域,获取块状显微组分的有效轮廓。实验结果可以为煤显微图像自动分类与识别提供参考。

关键词: 煤; 显微图像; 结构元; 区域生长; 轮廓提取

中图分类号: TQ533.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-9993(2014) S1-0285-04

# Coal microscope image contour extraction algorithm based on structuring elements

WANG Pei-zhen<sup>1</sup> ,DING Hai-tao<sup>1</sup> ,LIU Chun-li<sup>2</sup> ,ZHANG Ke<sup>3</sup>

(1. School of Electrical & Information Anhui University of Technology Maanshan 243002 , China; 2. School of Mechanical-Electronic and Vehical Engineering Anhui Science and Technology University Fengyang 233100 , China; 3. School of Information Science & Engineering Northeastern University Shenyang 110819 , China)

**Abstract**: Owing to the complexity of coal microstructure ,it is difficult to extract effective contours of maceral in coal microscopic images. In this paper ,a contour extraction algorithm based on structuring element was proposed. Firstly ,a structuring element with appropriate structure and scale was designed to find out seed points ,which can overcome the shortage of selecting seed point by manual in traditional method. Then region growing and morphological processing methods were employed. Finally ,with 8-neighborhood contour extraction method ,efficient image contours of maceral were obtained. The experimental results show that with the proposed algorithm ,noise ,viscose regions and scrap components in coal microstructure images are removed ,and contours can be obtained effectively. The results of this paper can offer an important basis for maceral classification and recognition.

Key words: coal; microscope image; structuring element; region growing; contour extraction

研究表明,煤的显微组分与煤的反应性、对 CO 的吸附性能、热破碎性质、黏结性、水煤浆性质等直接 相关<sup>[1-3]</sup>。煤显微组分的自动分类与识别,对于煤性 能的界定具有重要的意义。轮廓特征是煤显微组分 识别的重要依据之一。轮廓提取的常用方法:① 基 于数学形态学的轮廓提取方法<sup>[4-6]</sup>,在二值边缘图像 的基础上采用滚动膨胀操作,通过定义方向目标函数 确定膨胀方向。该方法对初始的边缘图像有很强的 依赖性,受噪声影响大,且在边缘不连续的情况下容 易陷入局部轮廓提取。②梯度法<sup>[7-8]</sup>,如 Canny 边缘

作者简介:王培珍(1966—),女 ;安徽泾县人 教授 ,博士。Tel: 0555-2311020 ,E-mail: pzhwang@ ahut. edu. cn

收稿日期:2013-06-05 责任编辑:许书阁

基金项目: 安徽省自然科学基金资助项目(1208085ME67); 国家自然科学基金资助项目(50874001)

检测法<sup>[9]</sup> 根据灰度值是否发生跳变,来检测图像中 目标的边缘,但该方法由于差分运算(尤其是二阶差 分)使得图像中某些细节甚至噪声放大,影响图像轮 廓提取质量。③活动模型轮廓提取法<sup>[10-11]</sup>,结合图 像的边缘信息和区域信息,依据能量函数进行图像轮 廓提取。本文根据煤显微图像菌类体、氧化树脂体等 组分外形浑圆,油浸反射光下呈亮白色的特点,提出 了一种以结构元为基础、多种子点自动选取的区域生 长方法,通过设置合适的结构元进行种子点的自动选 取,然后进行区域生长,并对生长后的图像进行形态 学处理,最后用8邻域法实现煤显微图像中不同组分 的轮廓提取。

1 算 法

1.1 区域生长基本框架

区域生长<sup>[12-15]</sup>根据预先定义的生长准则将像素 或子区域组合成更大局域,从一组种子点开始,将预 先定义的与种子点性质相似的邻域像素添加到每个 种子上来形成生长区域。生长准则如下:

 $Q = \begin{cases} \text{TRUE}, & |f(x, y) - f(x_0, y_0)| \leq T \\ \text{FALSE}, & \text{else} \end{cases}$ 

其中 Q 表示在每个位置(x,y)处所用的属性; $f(x_0, y_0)$  表示种子点处的像素值。当种子点周围区域图像 的像素值 f(x,y) 与种子点的像素之差的绝对值不大 于阈值 T 时,把该点属性置为 TRUE,并将其添加到 种子点生长形成区域中,否则属性为 FALSE,不添加 至该种子点到生长的区域之中。

1.2 结构元的构建

形态学中集合的反射和平移被广泛用来表达基 于结构元(SE)的操作,用以研究图像中感兴趣特性 所用的小集合或子图像。常用的结构元如图1所示。 除了元素是 SE 的成员(灰色元素)的定义之外,还必 须指定结构元的原点(结构元中用黑色标注)。笔者 根据煤显微图像的特点,并结合图1(a)结构元构建 了如图2所示的结构元,其中N可以自由设定,以满 足煤显微组分区域形状的复杂性要求。





1.3 种子点的选择
 种子点的选择对区域生长结果至关重要的 传统



# Fig. 2 New structuring element

水平方向和垂直方向结构元素数都为 2N+1 N>0

的区域生长方法中通过人工方法确定种子点,生长的 区域一般情况下是独立区域,如果需要生长的区域是 分散、不连通的,则需要一组种子点。分析煤显微图 像的特点,提出了一种以结构元为基础进行种子点选 择的区域生长算法,算法程序流程如图3所示。



图 3 区域生长算法程序流程



(1)为输出图像(imageout)分配与输入图像(imageout)相同的空间,并赋初值0。

(2) 以结构元中心为基准对 imagein 按照从左到 右从上到下的顺序进行遍历。遍历到的点如果已经 被生长或遍历点的灰度值 *i*(*x*, *y*) 不大于 *T*<sub>0</sub>( 如果目 标比背景暗 条件取反),则继续扫描下一点,否则进 行步骤(3)。

(3) 遍历点的灰度值赋给变量 t,并将变量 n 置 0。逐一比较水平方向和垂直方向结构元素对应的像 素灰度值 f(x,y) 与 t 之差的绝对值是否大于设定的 阈值 T 若大于则 n 加 1,否则跳至步骤(2)。比较结 束后如果 n 值等于 2(2N+1),则说明所有结构元素 对应点都满足条件,则以此遍历点为种子点进行区域 生长。

(4) 在空间上以 8 邻域连通方案 种子点的邻域 中像素的灰度值 g(x y) 与种子点灰度值 t 之差的绝 对值不大于 T 的点 加入到种子区域 把对应输出图 像(imageout) 像素值 o(x y) 置为与 t 相同的值 继续 生长 直到该区域生长结束 跳至步骤(2)。

#### 2 轮廓提取

煤显微图像在经过区域生长后,会因为杂质、黏 合剂等因素出现无意义的小区域,文中将区域生长后 图像进行形态学的闭运算,以弥合较窄的间断和细长 的沟壑,消除小孔洞,填补轮廓线中的断裂。对煤显 微图像进行轮廓提取的过程如下:① 分配空间并复 制图像数据至输出图像;② 从上到下从左到右的顺 序对输入图像遍历;③ 判断像素点与周围的 8 个邻 域点灰度值,若都与该像素的灰度值相同,则将该像 素点对应的输出图像像素点灰度值置0,否则不变, 跳至步骤②。

#### 3 实验结果及分析

算法在 VC++6.0 环境下编程实现,所用 PC 机 配置为:2 GHz CPU 2 G 内存。实验中煤显微图像由 煤样片经 HD 型显微光度计获取,文中用菌类体,氧 化树脂体等典型图像进行实验。菌类体图像大小为 164×161,氧化树脂体图像大小为 296×242。结合图 像的特点,区域生长中结构元参数选择 N=8,各环节 结果区域生长 T<sub>0</sub>=150,生长阈值 T=55。图4 为对菌 类体图像采用文中算法所得中间过程及最终结果。

从图 4 可以看出 ,原图像(图 4(a)) 经过笔者提 出的算法进行区域生长后(图 4(b)),目标区域周围 的其它组织被去除,经过闭运算后,图像边缘小的沟 壑被弥合(图 4(c)),得到有效轮廓(图 4(d))。

图 5 为经典区域生长法、Canny 边缘检测法及文 中算法所得结果与比较 ,其中图 5(a) 是典型菌类体 原始图像 ,图 5(b) 是通过 Canny 检测的结果 ,可以看 出虽然能够提取图像的边缘 ,但存在很多非闭合的线 段 噪声、无意义的碎屑部分的轮廓并存 ,不利于后续



图4 菌类体轮廓提取结果

#### Fig. 4 Contour extraction results of sclerotinite

目标区域特征进一步提取与识别;图 5(c) 是通过经 典区域生长法经轮廓提取所得结果,算法中满足像素 灰度值大于 T<sub>0</sub> 即可作为种子点进行生长。该方法得 到的轮廓图中存在大量碎屑部分。



图 5 不同方法对菌类体轮廓提取结果比较 Fig. 5 Comparison of different contours extraction algorithm results for sclerotinite

氧化树脂体和菌类体不同,一幅图像中会出现多 个区域,有效轮廓的提取难度更大。图6是采用 Canny边缘检测算法和经典区域生长法及文中算法 对氧化树脂体进行轮廓提取的结果,其中图6(d)是 本文算法得到有效轮廓图,由于结构元的设置,在区 域生长的过程中多个种子点被自动选取,目标区域周 围的碎屑部分与噪声被有效去除。相比于通过 Canny 检测的结果(图6(b))及通过经典区域生长法提 取得到的轮廓(图6(c)),图6(d)与图5(d)更适合 于后续目标区域特征的提取及组分识别。

为考察不同算法计算量,表1给出工作计算条件 下不同算法对菌类体和氧化树脂体典型图像进行轮 廓提取的平均耗时,分析中每类选取典型图像15幅。



#### 图 6 氧化树脂体轮廓提取结果

Fig. 6 Comparison of different contours extraction algorithm results for oxyresinite

表1 不同算法耗时

Table 1 Time-consuming of different algorit	hms	s
---	-----	---

菌类体	氧化树脂体
0.016	0.060
0.043	0.054
0.051	0. 099
	菌类体 0.016 0.043 0.051

由于算法包括区域生长、形态学闭运算、轮廓提 取3个环节,Canny算法主要是边缘提取,因此,从算 法的复杂度上,文中算法略高于Canny算法。从运算 结果(表1)看,3种算法的耗时在同一数量级,不同 对象(菌类体和氧化树脂体)文中算法较之于Canny 算法多出的计算量相当。此外,图像的复杂程度对于 Canny算法在计算量上有较大的影响,如表1中,结 构较复杂氧化树脂体轮廓提取耗时是菌类体的3倍 多,文中算法受图像复杂程度的影响则相对较小。文 中算法和经典区域生长法相比计算复杂度相当,但在 轮廓提取效果上文中算法优势明显。

#### 4 结 语

通过设置合理的结构元进行种子点的自动选取, 可以有效获取煤显微组分中块状区域的轮廓,同时克 服了传统区域生长法中种子点需要人工选取的不足。 但是对含有丰富纹理细节的组分,该方法在特征量的 选取上需要进一步的调整与改进。

#### 参考文献:

[1] 李训明,水恒福.煤的可溶组分对黏结性的影响[J].燃料与化 工 2006 37(2):6-8. Li Xunming Shui Hengfu. Influence of soluble constituent of coal on caking property [J]. Fuel & Chemical 2006 37(2):6-8.

- [2] Yang J L ,Peter G Stansberry ,John W Zondlo. Characteristics and carbonization behaviors of coal extracts [J]. Fuel Processing Technology 2002 79(1):207-215.
- [3] 孙庆雷 李 文 李保庆. 神木煤显微组分半焦的气化特性和气化动力学研究[J]. 煤炭学报 2002 27(1):92-96.
  Sun Qinglei ,Li Wen ,Li Baoqing. Gasification and kinetics analysis of maceral chars from Shenmu coal[J]. Journal of China Coal Society 2002 27(1):92-96.
- [4] Li D D ,Yu D R ,Liu J F. A new morphological algorithm for round contour extraction of brinell hardness indent image [A]. 2011 International Conference on Future Computer Sciences and Application [C]. 2011: 204–208.
- [5] Morales S ,Naranjo V ,Angulo J ,et al. Automatic detection of optic disc based on pca and mathematical morphology [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging 2013 32(4):786-796.
- [6] Bai X Z Zhou F G. Edge detection based on mathematical morphology and iterative thresholding [A]. 2006 International Conference on Computational Intelligence and Security [C]. 2006: 1849–1852.
- 7] 王培珍 杜培明 周 雷. 基于融合技术的螺纹钢打捆端面图像 分割方案探讨[J]. 安徽工业大学学报 2003 20(1):62-65. Wang Peizhen Du Peiming Zhou Lei. Segmentation approach based on fusion technique for the end image of bundled whorl reinforcing bar[J]. Journal of Anhui University of Technology ,2003 ,20(1): 62-65.
- [8] Canny J. A compute at ional approach to edge detect ion [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence ,1986 , 8(6):679-698.
- [9] Bao P Zhang L. Canny edge detection enhancement by scale multiplication [J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 2005 27(9):1485-1490.
- [10] Zhang F Zhang X H ,Cao K et al. Contour extraction of gait recognition based on improved GVF Snake model [J]. Computers and Electrical Engineering 2012 38(4):882-890.
- [11] Chen Z S Zhou K Y ,Hu Y H. Medical images application of contour extraction based on Hermite splines contour model [J]. Journal of Harbin Institute of Technology 2006 ,13(6):702-706.
- [12] Yu Q Y , Clausi D A. Image segmentation using edge penalties and region growing [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 2008 30(12):2126-2139.
- [13] Lu J F ,Lin H ,Pan Z G. Adaptive region growing algorithm in medical images segmentation [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics 2005 ,17(10): 2168-2173.
- [14] Qin A K , Clausi D A. Multivariate image segmentation using semantic region growing with adaptive edge penalty [J]. IEEE Transactions on Image Processing 2010, 19(8):2157-2170.
- [15] Pan Z G ,Lu J F. A bayes-based region growing algorithm for medical image segmentation [J]. Computing in Science & Engineering , 2007 9(4):32-38.