

基于灰度形态学和区域生长的轮胎气泡图像分割

杨智敏¹, 周树仁², 王国林², 周海超², 李国瑞¹

(1. 风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003; 2. 江苏大学 汽车与交通工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:针对轮胎气泡图像复杂的背景斑点纹理, 提出基于灰度图像的形态学处理和区域生长的气泡图像分割方法。利用腐蚀后的灰度图像与原图像叠加, 增强气泡与背景的对比度, 有效地去除了图像中的斑点纹理, 在此基础上选取种子点, 并通过区域生长法将气泡有效分割。该方法分割出来的气泡位置和面积准确。

关键词:轮胎; 气泡; 图像分割; 灰度形态学; 区域生长

中图分类号: TQ336.1; TQ330.4⁺93 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2012)12-0754-03

在轮胎生产过程中, 由于受生产设备和工艺流程等因素的影响, 轮胎内部容易出现气泡, 造成缺陷, 因此对胶料和轮胎中气泡的检测和统计是轮胎生产过程中的必要环节。传统的气泡检测方法有 X 光透视和质量检测等。近年来出现了断面切割法, 通过分析断面的气泡面积比来推算气泡率。这种方法虽然可以直观地判断胶料的质量, 但无法准确地计算气泡面积。计算机图像处理技术的发展为胶料中气泡的定量分析提供了可行的途径。孙自强等^[1]用超声波检测轮胎部件层间气泡, 并实现了超声波检测与计算机自动控制的结合。徐启蕾等^[2]对轮胎 X 光图像进行了分析, 并实现了胎侧气泡的自动识别。刘川来等^[3]针对轮胎激光剪切散斑干涉图像背景中存在大量条纹的特点, 运用小波多尺度边缘检测算法改善了轮胎中气泡边缘检测的效果。

气泡识别算法是轮胎气泡自动检测系统的核心, 本工作提出一种利用灰度图像的形态学处理方法, 可以有效地去除干扰气泡的斑点纹理, 进而对去除斑点后的图像进行形态学腐蚀, 并以腐蚀后的图像区域作为区域生长的种子进行区域生长, 有效地分割出气泡, 从而确定气泡的位置并统计气泡的尺寸。

作者简介: 杨智敏(1981—), 女, 河南驻马店人, 风神轮胎股份有限公司工程师, 学士, 主要从事全钢子午线轮胎的结构设计和生产技术管理工作。

1 灰度形态学理论和区域生长法

1.1 灰度图像形态学处理的基本运算

设 $f(x, y)$ 是输入图像, $b(x, y)$ 是结构元素, 用结构元素 b 对输入图像 f 进行膨胀运算的定义为

$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x, y) \mid (s-x, t-y) \in D_f; (x, y) \in D_b\} \quad (1)$$

式中, s 和 t 为形态学变换后对应点的坐标; D_f 和 D_b 分别为输入图像和结构元素的定义域。

对于单变量函数, 式(1)可以简化为

$$(f \oplus b) = \max\{f(s-x) + b(x) \mid (s-x) \in D_f, x \in D_b\} \quad (2)$$

用结构元素 b 对输入图像 f 进行腐蚀运算的定义为

$$(f \ominus b)(s, t) = \min\{f(s+x, t+y) - b(x, y) \mid (s+x, t+y) \in D_f; (x, y) \in D_b\} \quad (3)$$

对于单变量函数, 式(3)可以简化为

$$(f \ominus b) = \min\{f(s+x) - b(x) \mid (s+x) \in D_f, x \in D_b\} \quad (4)$$

对灰度图像的膨胀(或腐蚀)操作有两类效果: 一是如果结构元素的值都为正, 则输出图像比输入图像的亮度增强; 二是根据输入图像中暗细节的灰度值以及形状与结构元素的关系, 一些细节在运算中被消减或消除。

灰度数学形态学中开启和闭合运算的定义与在二值数学形态学中的定义一致。用结构元素 b 对输入图像 f 进行开启和闭合运算的定义为

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b \quad (5)$$

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b \quad (6)$$

开操作经常用于去除较小(相对于结构元素的大小而言)的明亮细节,同时相对地保持整体的灰度级和较大的明亮区域不变。闭操作经常用于除去图像中的暗细节部分,而相对地保持明亮部分不受影响^[4]。

1.2 区域生长法

区域生长法是将一幅图像分成许多小区域,并将具有相似性质的像素集合起来构成区域。其实质就是把具有某种相似性质的像素连通起来,从而构成最终的分割区域^[5]。区域生长法关键的 3 个步骤如下:

- (1)选择一组能正确代表待分区域的种子;
- (2)确定在生长过程中将相邻像素(小区域)包含进来的判定准则即生长准则;
- (3)确定生长过程终止的条件。

种子的选取直接影响到区域生长法的最终效果。其选取可以采用人工介入方式,也可以采用全自动方式。

2 去除背景斑点纹理并分割气泡

2.1 去除背景斑点纹理

轮胎胶料断面图像通常背景斑点多、气泡区的像素值与斑点接近,采取直接阈值分割,二者会被同时分割出来,导致出现许多干扰气泡的小黑块。同样,采用经典的边缘算子分割,会出现大量局部的边缘线,分割后的图像无法辨别出气泡的边缘线。为此,本工作先对灰度图像进行闭运算,闭运算选取的结构元素尺度比图像中斑点略大,然后将得到的图像与原图像叠加,这样可以增强背景斑点的对比度,有效地分割背景斑点和气泡。

2.2 分割气泡

虽然分割了背景斑点并进行了去除,但对去除斑点后的图像进行二值化时,仍然会出现很多非气泡区域,干扰气泡的提取。为有效地分割气泡,在对图像二值化之前先确定气泡的准确位置,再运用区域生长法排除非气泡区域的干扰。为此,对去除斑点纹理后的图像进行二值化后,进行填充、腐蚀运算,有效地标记了气泡的准确位置。以腐蚀后的图像作为种子点,以灰度相关的值作为区域生长准则,利用区域生长法进行图像分割,即将种子点的像素灰度同其周围(4-领域或 8-领

域)不属于任何一个区域的像素进行比较,若灰度差值小于某一阈值,则将它作为同一个区域加以合并,并对合并的像素赋予标记。

3 结果分析

气泡图像分割的流程如图 1 所示。胶料断面原始图像如图 2(a)所示;为了形态学运算和区域生长处理的需要,同时减少信息运算量,加快图像处理速度,在处理前将原始图像转换成灰度图像^[6],如图 2(b)所示;由于在图像采集、量化以及处理过程中会产生各种干扰噪声,因此采用中值滤波法对灰度处理后的图像进行滤波处理^[7],滤波处理后的图像如图 2(c)所示;对滤波后的图像进行去除背景斑点纹理处理后如图 2(d)所示;运用区域生长法分割气泡结果如图 2(e)所示;对分割后的图像再进行孔填充以及闭/开运算,去除部分小毛刺,得到光滑的气泡,如图 2(f)所示。

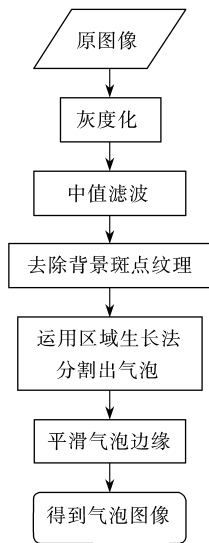
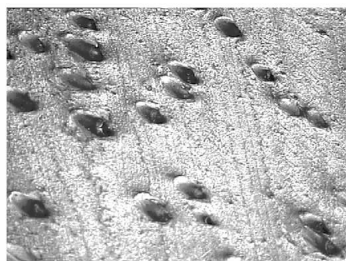


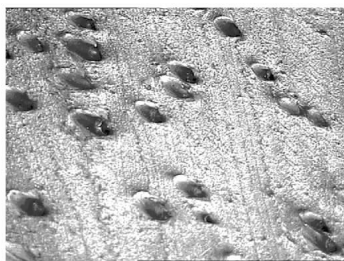
图 1 气泡分割流程

将分割得到的平滑气泡图 2(f)叠加到图 2(a),结果如图 3 所示。由图 3 可以看出,气泡分割的位置和尺寸准确,除了右上角的一个气泡有部分缺失外,整体分割比较准确。

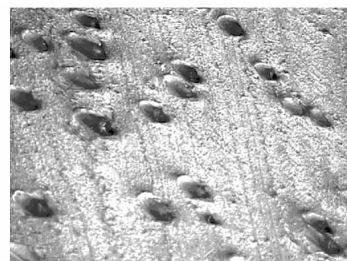
对图 2(f)的气泡区域进行标记和描述^[8],提取每一区域的面积信息,可以识别统计出各气泡的面积。气泡面积从小到大排列(单位:像素)为:458,945,949,1 220,1 460,1 501,1 580,1 605,1 616,1 701,1 983,2 232,2 447,2 759,3 120,



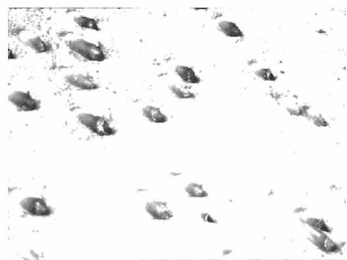
(a)原图像



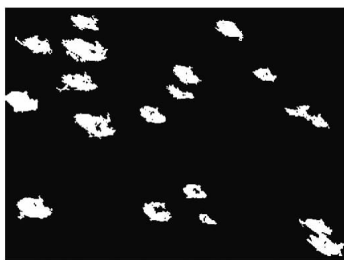
(b)灰度化后



(c)滤波后



(d)去除背景斑点纹理后



(e)区域生长后



(f)平滑气泡后

图2 原图像及各步处理后图像

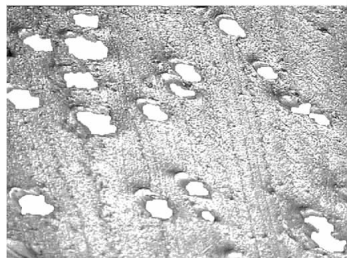


图3 平滑气泡叠加后图像

3 703,3 871。气泡面积占图片面积的 7.49%。

4 结语

基于灰度图像形态学和区域生长的轮胎气泡图像分割方法有效地去除了背景黑斑,增强了气泡与背景的对比度,分割出来的气泡位置准确。对断面图像中分割出来的气泡进行面积统计,并由面积比推算气泡率,对于将计算机图像处理技术应用于轮胎气泡的检测和统计有指导意义。

参考文献:

- [1] 孙自强,许颖原,陈彦蓁. 轮胎橡胶夹层气泡自动检测装置[J]. 轮胎工业,1996,16(12):747-751.
- [2] 徐启蕾,张海燕,刘川来. 轮胎胎侧气泡的自动识别[J]. 青岛科技大学学报,2006,27(1):54-57.
- [3] 刘川来,王慧敏,朱毅,等. 轮胎气泡边缘检测算法的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2009,23(12):83-87.
- [4] 郭骏,潘申,胡小建. 基于灰度形态学的烟叶图像边缘检测[J]. 计算机工程,2007,33(21):163-165.
- [5] 刘自德,冯成德,黄秀娟. 基于区域生长法的超声图像分割[J]. 影像技术,2007(3):59-61.
- [6] 毕昆,姜盼,李磊,等. 基于形态学图像处理的麦穗形态特征无损测量[J]. 农业工程学报,2010,26(12):212-216.
- [7] 孙宏琦,施维颖,巨永锋. 利用中值滤波进行图像处理[J]. 长安大学学报(自然科学版),2003,23(2):104-106.
- [8] Rafael C G, Richard E W, Steven L E. 数字图像处理(MATLAB版)[M]. 阮秋琦,译. 北京:电子工业出版社,2005.

收稿日期:2012-06-18

一种橡胶钢珠隔震支座

中图分类号:TQ336.4⁺2 文献标志码:D

由华中科技大学申请的专利(公开号 CN 202248280U,公开日期 2012-05-30)“一种橡胶钢珠隔震支座”,涉及的橡胶钢珠隔震支座包括支座主体、钢珠和保护胶层,支座主体由上下两块封板之间交替叠放橡胶片和钢板构成,在支座主体

的中间开有通孔,通孔中灌有钢珠,并在两端设有盖板,盖板与钢珠间依次设有垫板和蝶形弹簧,保护胶层设置在支座主体的侧表面。该橡胶钢珠隔震支座通过提供大位移和屈服剪力来消耗结构中的振动能量,具有使用寿命长、安全可靠、安装方便和价廉环保等优点。

(本刊编辑部 马 晓)