

基于扫描线的带钢低对比度缺陷图像分割技术

彭铁根<sup>1</sup>,何永辉<sup>1</sup>,宗德祥<sup>1</sup>,盛君龙<sup>2</sup>

(1 宝钢研究院; 2 宝信软件股份有限公司, 上海 201900)

**摘要:** 在带钢表面质量视觉检测过程中, 一些低对比度缺陷图像应用梯度算子进行分割时, 往往找不到图像中的缺陷, 从而出现漏检的情况。为了改善带钢图像中低对比度缺陷的分割效果, 提出了一种基于扫描线的阈值图像分割算法, 该算法可以有效实现平整花、点划伤等低对比度缺陷的分割, 同时也能较好地实现对其他缺陷的分割。

**关键词:** 扫描线; 缺陷分割; 带钢; 低对比度

中图分类号: TP391.41 文献标识码: B 文章编号: 1008-0716(2008)05-0077-04

Segmentation of Low Contrast Defect Images for Steel Strip Based on Scan Lines

Peng Tiegen<sup>1</sup>, He Yonghui<sup>1</sup>, Zong Dexiang<sup>1</sup>, Sheng Junlong<sup>2</sup>

(1 Baosteel Research Institute; 2 Shanghai Baosight Software Co., Ltd., Shanghai 201900, China)

**Abstract** During the quality inspection of steel strip surface, some low contrast defect images cannot be found when the inspection system employs the grad operator to segment images. It would result in some undetected errors. In order to improve the segmentation result of low contrast defects, a method based on the threshold of the scan lines was proposed. Defects like unknot and dot scratches can be segmented effectively by this method. It is also useful for the segmentation of other defects.

**Key words** scan line; defect segmentation; steel strip; low contrast

0 引言

轧制带钢已成为汽车、家电、造船、航空航天以及其他机械制造等行业不可或缺的原材料。随着科技的不断发展, 人们对产品提出了更高的要求, 特别是汽车、家电等行业对轧制带钢的表面质量要求非常严格。但是, 由于钢坯材料、轧制设备、轧制工艺等多种原因, 常常导致带钢表面形成诸如孔洞、翘皮、夹杂、挫伤、辊印、折皱、氧化皮、刮伤等多种类型的缺陷。

在这些带钢缺陷的检测过程中, 有些缺陷图像的对比度很低, 直接应用已有的梯度算子进行图像分割时, 往往找不到缺陷的位置。一方面, 在应用梯度算子进行图像分割时, 如果梯度阈值设置过小, 分割后将产生较多噪声数据, 最终形成很多伪缺陷; 另一方面, 如果梯度阈值设置过大, 对于低对比度缺陷图像, 则可能根本找不到图像中

的缺陷。

目前, 针对低对比度图像的分割, 已有不少研究者进行了探索, 如 Level set方法<sup>[1]</sup>, 小波变换法<sup>[2]</sup>, 直方图均衡<sup>[3]</sup>等方法。针对低对比度的医学图像, Level set方法能获得较好的分割结果, 但是该算法复杂度高, 耗时较长; 另外, 小波变换法也因计算复杂而不适合实时的带钢图像分割。直方图均衡是一种常用的低对比度图像增强方法, 但是对于平整花这类缺陷, 还是不能得到满意的分割结果。

针对这种情况, 本文提出了一种基于扫描线的缺陷分割算法。应用该算法可以有效实现低对比度缺陷的分割, 如平整花、点划伤等缺陷, 同时该算法也能较好地实现对其他缺陷的分割。

1 算法原理

在带钢表面缺陷的检测过程中, 因为系统成像方面的原因, 得到的图像往往呈现出灰度不均。在缺陷的分割过程中, 梯度算子虽然可以减少灰度不均的影响, 但是对于低对比度缺陷的分割还

彭铁根 博士 1977年生 2006年毕业于上海交通大学  
现从事带钢表面缺陷的检测研究 电话 26649949

E-mail pengtiegen@yahoo.com.cn

是很难达到满意的效果。

基于扫描线的阈值分割算法,可以得到较为理想的缺陷分割效果。基于扫描线算法的基本原理是:

(1)扫描图像中一行像素,得到由各像素点组成的灰度分布曲线。

(2)分别以各像素点为中心,求取灰度曲线在该点的灰度均值。

(3)设定阈值,根据当前像素点的灰度值与当前像素点所在处的灰度均值,判断当前点是否为缺陷像素点。

(4)重复(1),(2),(3)完成横向扫描和纵向缺陷分割。

(5)按列扫描,原理与按行扫描相同,实现纵向扫描和纵向缺陷分割。

(6)综合横向扫描分割和纵向扫描分割结果,得到最终分割缺陷。

在求取灰度曲线上某点所在处的灰度均值时,定义灰度均值为  $\bar{g}_i$ ,有

$$\bar{g}_i = \frac{1}{2k+1} \sum_{j=i-k}^{i+k} g_j \tag{1}$$

其中,  $g_j$  为尺寸大小为  $m \times n$  图像  $I_{m \times n}$  中某行(列)扫描线上的像素灰度值。设定阈值  $T_g$ ,并判断当前像素点是否为缺陷像素点,有

$$S_i = \begin{cases} 0 & \text{if } |\bar{g}_i - T_g| \leq g_i \leq |\bar{g}_i + T_g| \\ 255 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

$S_i = 255$ 表示当前像素为缺陷图像处像素,否则为背景像素。

2 试验与结果

先以平整花缺陷为例,说明该算法的应用效果。然后针对其他几种类型的缺陷进行试验,并对分割结果进行分析。

平整花缺陷图像对比度很低,直接应用边缘检测(梯度、二值化)算法很难直接得到缺陷的位置信息。图 1 为一个典型的平整花缺陷样本,图中呈大约 45°的印痕即为平整花。

如果考虑采用灰度阈值的算法直接进行分割,也难得到正确的缺陷分割结果。取图像中的某一行像素进行分析即可知道。我们取图 1 中的第 50 行像素,可以得到它的像素灰度分布曲线,如图 2 所示。

从图 2 中可以看出,由于成像不均,整体灰度分布从左向右逐渐递减,因此应用灰度阈值算法



图 1 平整花缺陷

Fig 1 Unknit scratch in the steel strip image

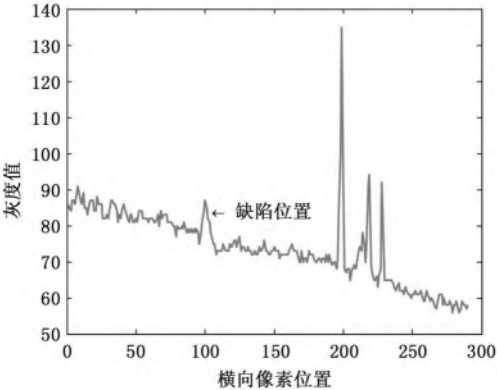


图 2 一行像素的灰度分布曲线

Fig 2 Greyscale distribution of the pixels on the scanning line

将得不到正确的分割结果。另外,如果采用直方图均衡的方法对图像进行增强,然后应用 Sobel 梯度进行边缘检测,则得到如图 3 所示的结果。从图 3 可以看出,应用直方图均衡增强的方法也不能分割出低对比度缺陷。

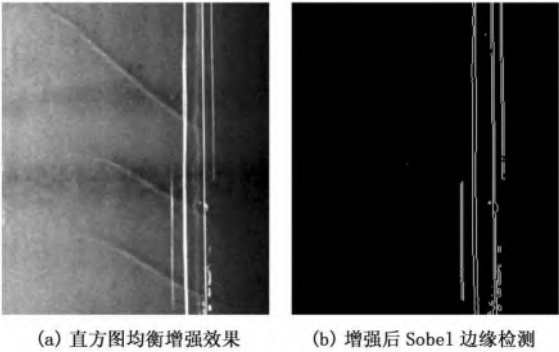


图 3 直方图均衡增强与边缘检测结果

Fig 3 Histogram equalization enhancement and the edge detection result

本文以与已选定像素相邻的 18 个像素点

(包含像素本身, 共 19 个像素点, 像素点个数越多, 越能反映曲线的走向, 当然, 观察尺度与人的视觉有关) 做平均, 得到灰度曲线的走向。大于灰度趋势曲线上界或下界的像素均为缺陷位置的像素。灰度分布曲线、灰度均值曲线和两条阈值曲线如图 4(a) 所示, 灰度分布曲线与灰度均值曲线的偏差(绝对值)曲线如图 4(b) 所示。

从图 4 可以看出, 当设定一定的阈值时, 缺陷

处所在像素的灰度值位于阈值范围之外, 从而可以较为方便地分割出这种低对比度的缺陷。

图 5 为试验分割效果, 选用不同的阈值时得到的结果也不同。

试验表明, 当  $T_g = 4$  时可以得到较为理想的结果。图 6 为点划伤缺陷的分割效果图, 应用的阈值  $T_g = 4$

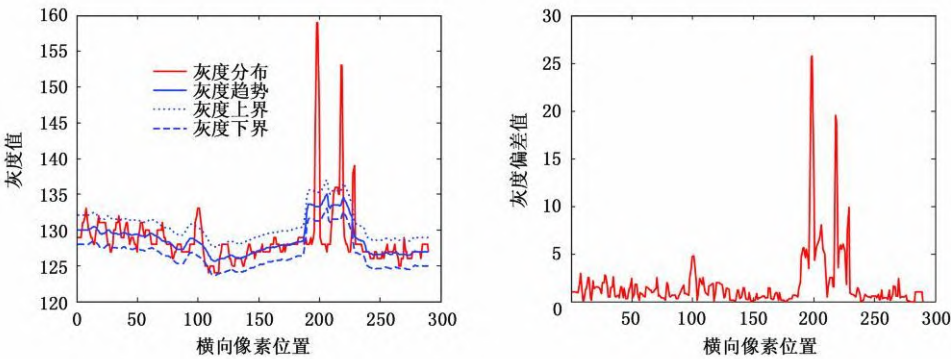


图 4 灰度分布曲线和偏差曲线  
Fig 4 Curves of greyscale and bias distribution

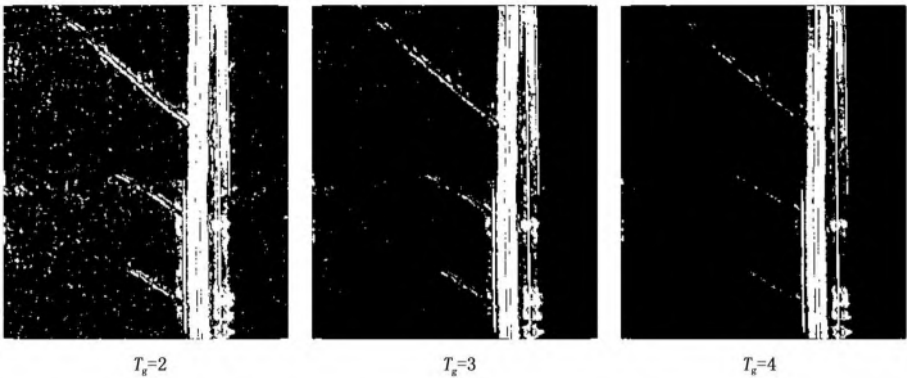


图 5 不同阈值对应的分割效果  
Fig 5 Segmentation results corresponding to different thresholds

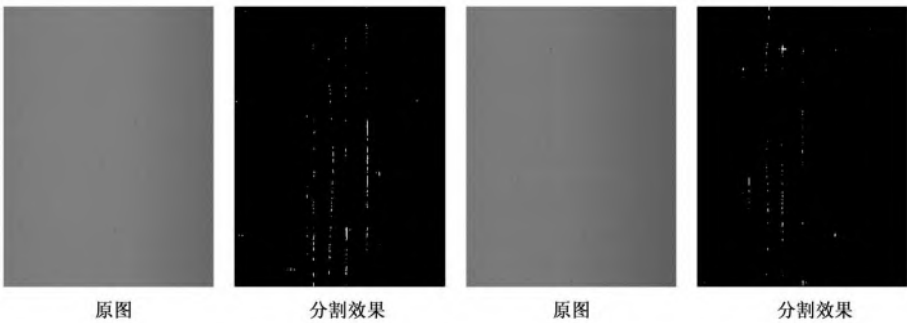


图 6 低对比度点划伤缺陷分割  
Fig 6 Segmentation results of the low contrast dot scratch defects

为了说明该算法对具有较大对比度的缺陷仍然有效, 本文针对孔洞和横向条印缺陷进行了试验, 试验结果如图 7 所示。可以发现, 针对这种类型的图像应用该算法可以获得较为满意的结果。带钢表面质量检测中, 基于扫描线的缺陷分割算法具有较为广泛的适应性能。

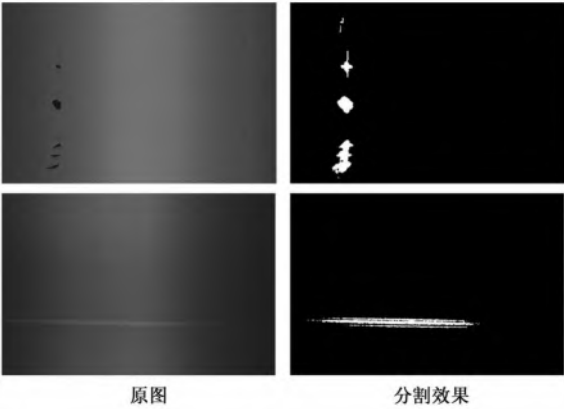


图 7 基于扫描线的缺陷分割

Fig 7 Segmentation result based on the scanning lines

3 结论

针对带钢表面质量检测技术中的一个难点问题, 本文提出了一种基于扫描线的缺陷分割算法。该算法可以有效分割带钢图像中的低对比度缺陷, 同时也适用于其他缺陷的分割, 具有较好的适应性和分割性能。在带钢缺陷检测系统中, 将该算法集成到 FPGA 芯片中, 快速完成缺陷的粗定位检测, 将具有十分重要的意义。

参 考 文 献

[ 1 ] 陆东莹, 庄天戈. 基于 Level set方法的低对比度医学图像分割 [ J]. 上海交通大学学报, 2006, 40( 8): 1444- 1447  
[ 2 ] 陈会羽. 图像对比度增强的小波变换法 [ J]. 计算机工程与应用, 2006, 42( 25): 66- 68  
[ 3 ] 刘祖军, 刘纯亮, 梁志虎, 等. 基于动态直方图均匀化的对比度增强方法 [ J]. 光学技术, 2005, 31( 3): 376- 379

(收稿日期: 2007- 09- 20)  
(改稿日期: 2007- 11- 09)

专利信息

含有远程通信控制的  
料槽自动卸料车

专 利 号: ZL03116099 9  
专利权人: 宝山钢铁股份有限公司  
发 明 人: 韩明明

本发明涉及冶金行业的料槽自动卸料车。一种含有远程通信控制的料槽自动卸料车, 卸料车上电气装置连接车上控制箱, 受车上控制箱的 PLC 和电器驱动装置控制和驱动, 车上控制箱的通信线和电源线分别连接集电箱的通信无刷集电装置和电源集电滑环, 集电箱的通信线和电源线与电源兼通信电缆相连, 电源兼通信电缆另一端连接在地面接线箱, 地面接线箱中的通信连接与地面来自中控主 PLC 的通信电缆相连, 地面接线箱中的电源连接与地面电气室电源盘的电源电缆相连, 卸料车车上 PLC 接受地面中控主 PLC 操作

指令, 在车上完成全部检测与控制, 自动到指定位置或执行指定动作。

锌渣铸锭模

专 利 号: ZL200620045322 9  
专利权人: 宝山钢铁股份有限公司  
设 计 人: 任玉森

本实用新型公开了一种锌渣铸锭模, 涉及有色金属废料的再生提纯设备。其包括本体为一腔体结构, 上端开口, 其左右侧壁对称布置, 并与中心成一角度倾斜; 内底面为圆柱面结构; 前后侧壁为非对称布置, 其中, 一个与底面成直角, 另一个与底面成一角度倾斜。本实用新型铸锭模通过结构上的改进, 确保冷却固化后的锌渣容易与模分离。在材质选择上, 铸锭模采用铸铁, 这样可以省却焊接环节, 还可以获得更好的光滑内表面, 避免焊缝阻挡锌渣的分离。

(宝钢股份有限公司 知识产权部供稿)