



文章编号:1671-251X(2014)02-0030-04

DOI:

樊荣,张荣华,方崇全,等.强力输送带接头抽动检测算法研究[J].工矿自动化,2014,40(2):30-33.

强力输送带接头抽动检测算法研究

樊荣^{1,2}, 张荣华², 方崇全², 胡宗亮²

(1. 西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 710054;

2. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039)

摘要:针对现有的强力输送带接头检测算法存在效率低、实时性差、精度不高的问题,提出一种基于迭代阈值法图像分割的接头抽动检测算法。由于X射线图像由不同的探测板传回的数据组成,该算法首先采用迭代法对X射线图像进行阈值分割;然后根据接头的特征,在接头与背景交接处通过Y-差分算法进行接头检测;最后根据接头相邻距离进行匹配,并计算匹配点之间的垂直距离实现接头抽动检测。实验结果表明,该算法检测精度高、速度快,满足实际应用要求,为煤矿安全运输提供了保障。

关键词:强力输送带;接头抽动;迭代阈值法;图像分割;Y-差分

中图分类号:TD634 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Research of detection algorithm of joint twitching of powerful conveyor belt

FAN Rong^{1,2}, ZHANG Ronghua², FANG Chongquan², HU Zongliang²

(1. School of Energy Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: In view of problems of low efficiency, bad real-time performance and low accuracy existed in current detection algorithm of joint of powerful conveyor belt, a detection algorithm of joint twitching based on iterative threshold method for image segmentation was proposed. X-ray image is composed by data transmitted back from different detection plates, so iteration method is applied to the X-ray image for threshold segmentation firstly. Then according to characteristics of the joint, it is detected by Y-difference algorithm between the joint and background. Finally, the joints are matched based on distance between the joints, and vertical distance between the matched joints are calculated to realize detection of the joint twitching. The experimental result shows that the algorithm has high accuracy and rapid speed of detection, meets requirements of practical application, and provides guarantee for coal mine safety transportation.

Key words: powerful conveyor belt; joint twitching; iterative threshold method; image segmentation; Y-difference

收稿日期:2013-11-20;修回日期:2013-12-19。

基金项目:中煤科工集团重庆研究院有限公司重点项目(201005112)。

作者简介:樊荣(1969—),男,陕西岐山人,研究员,博士研究生,主要从事煤矿安全监测系统及综合自动化的研发及项目管理工作,E-mail:frong@vip.sina.com。

0 引言

目前,强力输送带(钢丝绳芯输送带)由于具有抗张强度高、耐摩擦能力大、抗冲击能力强等优点,已经广泛应用于矿山、港口码头、钢厂、水泥厂等领域^[1]。在使用过程中,由于输送带负荷较大、被障碍物划伤以及输送带老化等原因,使得强力输送带会发生钢丝绳芯断裂、锈蚀或接头伸长等故障^[2]。如果不及时发现和自动定位缺陷,一旦发生故障则会造成重大的安全事故,比如生产停产、运输材料的损耗、设备的损坏等,严重影响安全生产。因此在众多的操作规程中都要求对强力输送带进行实时故障检测^[3]。

现有的强力输送带检测算法包括:① 简易接头变形检测法^[4],该方法由人工进行判断,自适应程度不高,检测精度差。② 红外、超声波探伤法,这种方法尚不成熟。③ 基于电磁感应原理的漏磁检测法,该方法存在计算量大,精确性和准确性不高的问题。目前最主要的强力输送带接头检测方法为 X 射线检测法,X 射线穿过运行中的强力输送带,让探测板接收,得到钢丝绳芯的 X 射线图像,然后对图像进行处理判断该段钢丝绳是否存在缺陷。参考文献[2]根据接头的特征,即接头点周围的灰度值明显高于接头边缘处,对接头进行识别,该算法对于接头出现劈丝这种情况并不实用,存在检测误差。参考文献[5]提出一种基于 Gabor 和图像融合的强力输送带故障检测方法,该方法效果较好,但是在算法前期需进行多层 Gabor 滤波,因此算法耗时较大,在实际应用中对计算机的处理能力要求较高。参考文献[6]采用基于虚拟仪器的 BP 神经网络强力输送带钢绳芯故障检测系统,缺点在于在检测的前期需要进行大量的训练,对检测的实时性带来了一定的影响,并且需要在输送带接头图像画出直线后才可以计算出接头长度。参考文献[7]提出使用数字标尺技术进行接头抽动检测,该方法需要人工选择接头的两端才能估计接头的抽动,检测效率低^[8]。

鉴此,本文提出了基于迭代阈值法图像分割的接头抽动检测算法。该算法首先采用迭代法对 X 射线图像进行迭代阈值分割;然后进行分割图像的 Y-差分操作,接着通过平滑操作将噪声点消除;随后根据距离进行匹配操作,计算匹配点之间的垂直距离值,并根据该值进行抽动检测。

1 迭代阈值分割

传统的阈值分割算法由人工选定阈值,该方法

对图像灰度分布均匀且背景单一的图像效果较好,但是对于灰度分布复杂以及模糊、对比度低的图像效果较差。为了改进阈值分割算法的性能,众多学者提出了自适应阈值分割,Otsu 提出的最大类间方差法是其中一种最经典的方法^[9],但是对于 X 射线图像其效果不明显。X 射线图像由不同的探测板传回的数据拼接而成,因此 1 个阈值并不能得到较好的分割效果,必须自适应改变每块探测板的分割阈值。迭代阈值分割能够自适应求得分割阈值,因此,本文采用迭代法进行阈值分割。

迭代阈值分割首先选择一个近似阈值作为起始阈值,然后进行分割,产生子图像,并根据子图像的特性选取新的阈值,再用新的阈值进行图像分割,重复该步骤,直至满足迭代终止条件停止迭代。具体步骤为

(1) 根据探测板数目以及传回数据列数确定迭代的起始和终止位置。

(2) 设定一个初始阈值的估算值:

$$T_0 = (Z_{\min} + Z_{\max})/2 \quad (1)$$

式中: $Z_{\min}$, $Z_{\max}$ 分别为图像中的最大灰度值和最小灰度值。

(3) 利用 T_0 将图像分为 R_1 和 R_2 两类:

$$\begin{aligned} R_1 &= \{f(x, y), f(x, y) \geq T_0\} \\ R_2 &= \{f(x, y), f(x, y) < T_0\} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $f(x, y)$ 表示 (x, y) 位置的像素值。

(4) 计算区域 R_1 和 R_2 的灰度均值 Z_1 和 Z_2 。

(5) 计算新的阈值 T_{k+1} :

$$T_{k+1} = (Z_1 + Z_2)/2 \quad (3)$$

式中: k 为迭代次数。

(6) 若 $T_k = T_{k+1}$,则停止迭代,否则继续步骤(3)。

2 基于分割图像的 Y-差分接头检测

图 1 为基于迭代的区域分割,从图中可以看出,接头与周围区域的类别不一样,钢丝绳芯为 0,背景为 1。对于 Y 方向的 Y-差分操作,若 $f(x, y) - f(x, y+1) = 1$,则为下接头;若 $f(x, y+1) - f(x, y) = 1$,则为上接头。

在实际应用中可能存在接头有劈丝或图像的光源能量不足的情况,因此,在检测的后续操作中必须进行平滑操作。图 2 为钢丝绳芯原图和接头标记,原图存在钢丝绳断裂以及接头处有劈丝,因此存在误检点和漏检点。

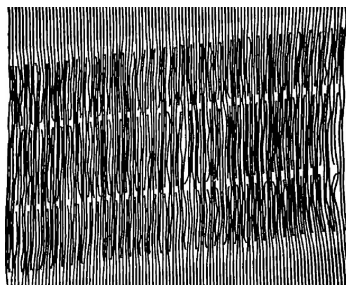
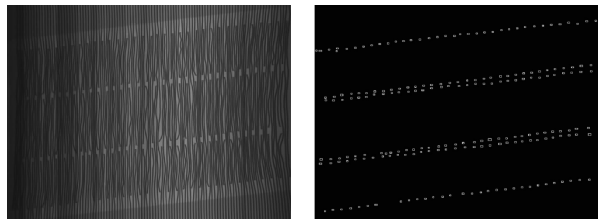


图 1 基于迭代的区域分割



(a) 钢丝绳芯原图

(b) 接头标记

图 2 钢丝绳芯原图及接头标记

3 接头匹配及抽动检测

在进行接头抽动检测之前必须进行接头匹配。在输送带运动过程中,钢丝绳芯的上下接头之间由于运送货物的影响,使得接头之间存在抽动,但在这个过程中,绳芯的水平间距并没有发生太大变化,因此,可以通过判断接头之间的水平间距和垂直间距进行接头匹配与抽动检测。在前期检测获得了众多的候选接头点,随后寻找接头点的最外轮廓,并存储轮廓的质心,遍历所有的候选点,寻找一个质心最佳匹配点。本文所用的测试图片是在前期通过接头区域检测,将前后 2 帧图像中的接头进行拼接得到的接头图片,避免了 1 个接头分别存在于 2 张图片中的情况。

假定检测到的全部接头质心为 $S=(S_1, S_2, \dots, S_i)$, 其中 $S_i=(x_i, y_i)$, x_i, y_i 分别为第 i 个接头点质心的水平位置和垂直位置。对于硫化比较规范的接头如图 2(a) 所示,每个接头的周围为钢丝绳,并不存在多个接头交叉相邻的情况。可以测量 2 个点之间的水平距离,当其小于一定的阈值,则可以判断它们为候选匹配点,随后计算两者之间的垂直距离,如果其在一定的范围之内则可以精确确定匹配点。

$$\begin{cases} |x_i - x_j| < \delta_x \\ |y_i - y_j| < \delta_y \end{cases} \quad (4)$$

式中: δ_x, δ_y 分别为水平阈值和垂直阈值,一般根据一根钢丝绳的规格来确定。最大 δ_x 阈值为 2 条钢丝绳芯之间的距离,最小 δ_x 阈值为 0; 最大 δ_y 阈值通过经验设定,本文设定为 40, 最小 δ_y 阈值为钢

绳芯标准垂直距离。

图 3 为通过上述方法标记的匹配点。获得匹配点之后,计算匹配点之间的垂直距离,如果其大于标准接头的垂直距离,则可以判定该点存在抽动,并进行标记。

图 4 为抽动标记,根据标准距离值设定匹配接头点对之间的最小距离(本文设定为 16 个像素点),当匹配点对之间的垂直距离大于此值,则可以对其进行标记(图 4 中白线部分)。

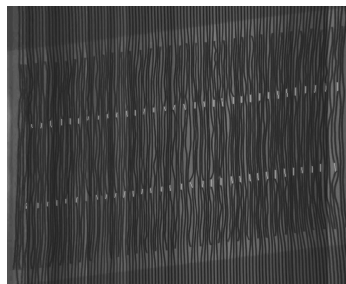


图 3 匹配点标记

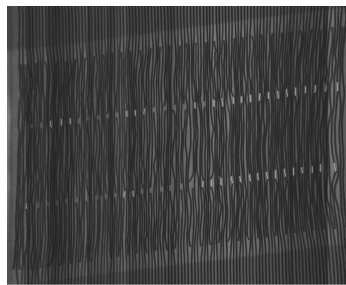


图 4 抽动标记

4 实验结果

为了验证算法的有效性,在现场所采集的视频中进行测试,图 4 已经给出了算法在 1 张接头拼接图中的效果。实验采用主频为 2.3 GHz、内存为 2 GB 的笔记本,采用 VS2010 编程调试,对于 1088×860 像素的图片,该算法执行时间为 186 ms,满足实时性要求。实验中视频序列有 1 353 帧,拼接形成的接头图片有 22 张,选择了几张不同的图片进行测试,一张图片接头处不清晰,一张图片接头处有较多劈丝,一张图片接头距离较近,一张图片比较正常。每张图片接头数目为 169,存在 2 种错误检测:漏检和误检。在后期统计过程中,主要从这 2 种错误检测入手,检测算法统计见表 1。

从表 1 可看出,在接头处有较多劈丝的图片存在较多错误,而错误检测数目大致相当,主要存在于接头被其他钢丝绳挡住、接头处对比度不高等情况,但总体的检测正确率较高,满足实际应用的要求。

表 1 检测算法统计

接头点数	误检	漏检	正确率	总体正确率
169	2	5	0.958	0.956 5
169	0	3	0.964	
169	4	3	0.958	
169	6	3	0.946	

5 结语

提出了一种基于迭代阈值法图像分割的接头抽动检测算法。该算法通过接头像素点与周围像素点灰度的差异进行检测,利用接头之间的水平距离与垂直距离的关系,实现了接头匹配与抽动检测。实验结果表明,该算法精度较高,对于现场采集视频具有较高的检测正确率,并且算法执行时间较短,满足实时性要求。在后期的研究和改进中需要对有劈丝的接头进行研究,进一步提高算法的准确率,降低误检率和漏检率。

参考文献:

[1] 王文. 基于 X 光的强力输送带钢丝绳芯图像缺陷检测

算法的研究[D]. 天津:天津工业大学,2012:1-2.

[2] 洪留荣. 强力输送带接头识别算法[J]. 工矿自动化, 2012,38(4):9-12.

[3] 滕永青,李仰军,周承仙. 基于机器视觉和虚拟仪器技术的传送带监测系统[J]. 煤矿机械, 2008, 29(4): 125-127.

[4] 吉增超,陆振洋. 钢丝绳芯输送带检测技术及其发展状况[J]. 机电技术, 2011,34(4):168-170.

[5] 王文,苗长云,李现国. 基于 Gabor 和图像融合的强力输送带故障检测[J]. 计算机工程, 2011,(增刊 1): 165-167.

[6] 马牧燕,沈冰夏,冷俊敏. 强力输送带钢丝绳芯故障检测系统设计[J]. 北京信息科技大学学报:自然科学版, 2011,26(6):62-65.

[7] 叶春青,苗长云,李现国,等. 基于 X 光检测的强力输送带故障定位方法[J]. 计算机测量与控制, 2009,17(2):302-303.

[8] 白宝国. 钢丝绳芯输送带在线监测系统在马脊梁煤矿的应用[J]. 工矿自动化, 2012,38(4):76-78.

[9] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1979,9(1):62-66.