

文章编号:1671-251X(2012)04-0009-04

强力输送带接头识别算法

洪留荣

(淮北师范大学计算机科学与技术学院, 安徽 淮北 235000)

摘要:针对现有的强力输送带故障实时检测方法存在故障定位困难的问题,以接头为基准参考点,提出了一种基于图像处理技术的强力输送带接头识别算法。该算法根据接头点的特征,把接头点用一个数值表示出来,并根据这个数值,以一种简单的方式区分出上、下接头点;然后根据接头的特征,并通过修改最长公共子序列算法的匹配方式,对接头进行识别。实际应用表明,该算法精度高、速度快,可有效识别强力输送带的接头,满足了强力输送带故障检测中接头定位的要求。

关键词:强力输送带;图像处理;接头识别;故障定位;最长公共子序列

中图分类号:TD67 文献标识码:A 网络出版时间:2012-04-05 10:08

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20120405.1008.003.html>

Identification Algorithm of Joints of Powerful Conveyor Belt

HONG Liu-rong

(College of Computer Science and Technology of Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China)

Abstract: In view of problem of difficult location of fault existed in real time fault detection methods of powerful conveyor belt, the paper proposed an identification algorithm of joints of powerful conveyor belt based on image processing technology which takes a joint as a reference point. Firstly, based on the characteristics of joint points, a joint point is represented by a value. According to the value, upper or lower joint point could be distinguished simply. Then according to the features of joints, matching style of the longest common subsequence algorithm was modified and applied to recognize joint. The practical application showed that the algorithm has high precision and fast speed, can efficiently recognize joints of powerful conveyor belt and satisfy demand of joint locating of fault detection of powerful conveyor belt.

Key words: powerful conveyor belt, image process, joint recognition, fault location, the longest common subsequence

0 引言

目前,强力输送带(钢丝绳芯输送带)已广泛应用于矿山、港口码头、发电厂、钢厂、水泥厂等领域,是我国现代化生产中主要传送设备之一。在使用过程中,由于强力输送带荷载量增加、被障碍物划伤及老化等原因而会发生钢丝绳芯断裂、锈蚀或接头伸长等故障。一旦发生故障将会造成重大安全事故而停产、运输物料的损耗、设备的损坏,严重影响安全

生产。在现有的输送带故障检测方法中,基于X光探测技术的方法因其能够实时获取和显示强力输送带的内部钢绳图像,也能够检测到故障点的位置而被广泛应用,但其精确度不高,维修人员较难根据具体数据找到故障点位置^[1-2]。有些检测系统为定位故障,在输送带中嵌入特定规则物体作为基准点,这样破损了输送带,会有事故隐患。而接头是输送带的重要组成部分,在实际中容易辨认,因此,以特定的接头作为基准参考点定位故障是一个不错的选

收稿日期:2012-01-16

基金项目:安徽省自然科学基金资助项目(KJ2011A251)

作者简介:洪留荣(1969-),男,安徽宿松人,副教授,博士,研究方向为数字图像处理、模式识别,现主要从事有关计算机科学与技术方面的教学工作,已发表文章20余篇。E-mail: hongliurong@126.com

择。为此,本文提出一种强力输送带接头识别算法。该算法应用数字图像处理方法检测出接头,定位故障点的位置以此为基准。这样当系统检测出故障并确定了与接头点的距离后,维修人员可以容易地找到故障的实际位置。本文主要探讨接头识别算法的实现。

1 强力输送带 X 光无损检测系统简介

KGT-1 型强力输送带 X 光无损检测系统用于输送带故障无损检测,包括输送带图像扫描、数据传输、故障检测与相关数据管理。它由 X 光发生器、高速 X 光探测器、计算机及系统软件和供电电源等组成,如图 1 所示。计算机软件主要完成故障检测与数据管理任务,即故障的检测及定位,并能与用户进行适当交互。

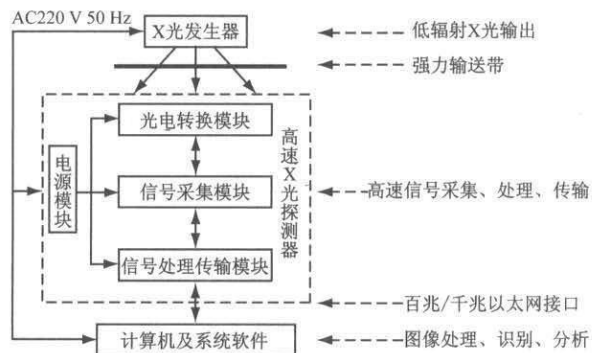


图 1 KGT-1 型强力输送带 X 光无损检测系统组成

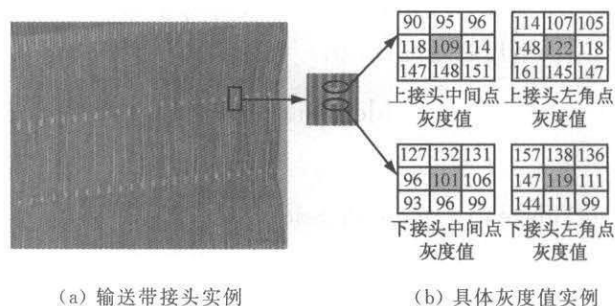
2 计算机软件中接头识别算法框架

如引言中所述,采用的故障定位是以输送带中一个固定接头为依据,因此识别该接头是故障定位的一个关键所在。当确定了接头,根据线阵扫描探测器的扫描速度和输送带实际运行速度可以很容易计算出两者的距离^[2]。所以系统初始安装时,由人工指定一个接头,依据此接头计算与故障点的距离,检修时,能很快找到输送带实际故障位。系统运行后首先判别是接头还是一般的钢丝输送带,如果是接头,则判别是否是指定的接头,如果不是,则继续查找,直到找到指定接头后,提取下一帧检测故障点并计算该故障点与指定接头的距离。接头识别分 3 个步骤进行,首先从图片中分离出有接头的图片,由于接头图片与非接头的图片在平均灰度值上有明显的区分度,依据这一特征可以很容易地判别接头图片,在此不作详述。其次,在接头图片中找到各接头点的具体位置,并对所有接头点进行分组以确定各接头,并确定是上接头还是下接头,本文称这个过

程为接头点定位。最后根据接头中的接头点识别接头。

3 接头点的定位算法

图 2(a)为强力输送带接头的一个典型实例。从图 2 可看出,接头点周围的像素点灰度值明显高于接头边缘处,但非接头点处的边缘点与钢丝水平边缘也与此类似,经过观测发现,接头点在垂直方向上与其 2 个相邻点灰度值一个相差较大,另一个相差较小。如果是接头方向向下(称为上接头),则下相邻点灰度差较大,同时接头点的左角点,其左、左下和下相邻点灰度相差也较大,方向向上的接头(称为下接头)规律与之类似,只是方向不同。图 2(b)为一个具体灰度值的实例。



(a) 输送带接头实例

(b) 具体灰度值实例

图 2 输送带接头及其部分点的邻域灰度值

为了有效地检测出接头点,对图像中每一个像素点的邻域灰度值作如下转换:设 $p_c(x, y)$ 为中心像素点的灰度值, x, y 为其坐标, p_i 为其八邻域灰度值($i=0, 1, \dots, 7$, 左上点取 0, 顺时针依次增加)。令

$$p_i = \begin{cases} 0 & \text{if } |p_c - p_i| < \delta \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

其中 δ 为一个阈值,这个值可以根据图片灰度具体情况定,本文中这个值取 25。在实际应用中,由于噪音的影响,亮度变化通常存在过渡部分,如果直接用邻域点本身的灰度值,阈值确定较困难。为了有效避免这种情况,在应用式(1)计算前,把 p_i 的值和它的一个相邻像素点灰度作平均,具体计算如式(2)所示:

$$p_i(x, y) = \begin{cases} [p(x, y) + p(x, y-1)]/2 & \text{if } y < y_c \\ [p(x, y) + p(x, y+1)]/2 & \text{if } y > y_c \\ [p(x, y) + p(x-1, y)]/2 & \text{if } y = y_c, \text{ AND } x < x_c \\ [p(x, y) + p(x+1, y)]/2 & \text{if } y = y_c, \text{ AND } x > x_c \end{cases} \quad (2)$$

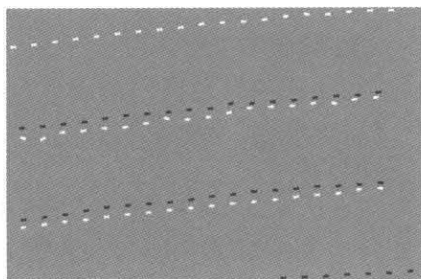
其中 (x_c, y_c) 为 p_c 的坐标。

为了拉高计算的效率,在应用式(1)后,令

$$p_c = \sum_{i=0}^7 2^i p_i \quad (3)$$

通过这种转换, p_c 虽只有一个在0~255之间的值,但可以保留 p_c 的八邻域各种不同分布的信息,这样只要知道了一个具体数字就可以判别一个像素点八邻域的具体分布。这样,就可以根据接头点上各像素的八邻域点 p_i 的情况确定 p_c 的具体数值作为检测时的标准值。这样的数值不仅可以判别是否是接头点像素,而且可以判别是上接头中的像素点还是下接头中的像素点。例如上接头左角点的 $p_c=240$,下接头左角点的 $p_c=193$ 。

图2(a)的输送带接头检测结果如图3所示。



白色一下接头;黑色一上接头

图3 图2(a)的输送带接头检测结果

4 接头识别

强力输送带上的接头由于生产问题,同一类接头中(上接头或下接头),同一接头上的左右相邻接头点与不同接头上的左右相邻接头点在垂直方向上的距离存在明显的差异,这可以作为判别接头点分组的重要特征。由于差异十分明显,用一个估计的阈值就可以加以区分。通过这种方式和前文述及的上下接头点的判别方法就可获取一个接头中所有检测出的接头点,也就是说获取了由接头点表示的一个接头。

现在的问题就转变成了只包含接头点的待识别接头与模板接头的匹配问题,这可以归结为离散曲线间的匹配问题。这类问题的主要方法为基于曲线匹配的算法,目前主要有3类:一是通过迭代优化同线的相对位置,然后得到最佳匹配^[3],二是通过检测特征点,将曲线进行分割,再进行匹配^[4],三是对局部形状进行标记,然后得到相似矩阵^[5]。但这些算法对于这种间隔较远的离散点组成的接头曲线在特征提取和形成相似矩阵方面并不合适,主要原因:

(1) 这些算法均是从整体或几个局部点来考虑匹配,而输送带接头的匹配要求考虑待匹配接头与模板接头间对应接头点的精确匹配;(2) 输送带中待匹配接头的接头点可能存在漏检;(3) 由于速度不均的原因(比如停机后的继续运行),存在输送带在实际运行中,同一个接头上的接头点分别落于2张不同图像上的情况,使整个离散曲线变形。

笔者认为,强力输送带接头之间的匹配主要看接头点与接头点之间在水平距离和垂直距离上的匹配,如果从左至右的接头点有一定数量满足这2个距离的要求,则可以认为2个接头匹配。因此,这种匹配方式与最长公共子序列算法中从左到右的特征一致,本文应用求解最长公共子序列算法进行接头匹配。如果2个相邻接头横坐标和纵坐标分别小于阈值 $\delta x, \delta y$,则认为这2个接头点匹配,如果这样的匹配对达到一定的数量 R ,则认为整个接头匹配。

最长公共子序列算法首先被用于求2个字符串的最长公共子序列,是一种非常成熟的算法^[6],这里子序列被定义为

设: $A=a_1 a_2 \cdots a_n$ 是字母表 P 上的一个字符序列。如果存在 P 上的另一个字符序列 $S=c_1 c_2 \cdots c_j$,使得对所有的 $k(k=1, 2, \dots, j)$,有 $c_k=a_{i_k}(1 \leq i_k \leq n)$,是字符序列 A 的一个下标递增序列,则称字符序列 S 是字符序列 A 的子序列。

最长公共子序列问题定义:给定2个序列 $A=a_1 a_2 \cdots a_n$ 和 $B=b_1 b_2 \cdots b_m$,寻找 A 和 B 的一个公共子序列,使得它是 A 和 B 的最长公共子序列。

本文中,把一个接头点上检测出的多个像素点取平均值作为该接头点的位置,令为 $P(x_i, y_i)$,其中 x_i, y_i 表示接头点的坐标, i 表示一个接头的接头点从左到右的序号,序号从1开始。令

$$S_x^i = x_{i+1} - x_i \quad (4)$$

$$S_y^i = y_{i+1} - y_i \quad (5)$$

则接头点匹配时,如果同时满足 $S_x^i < \delta x$ 和 $|S_y^i| < \delta y$,则认为对应的2个接头点匹配。这里 $\delta x, \delta y$ 为2个阈值,它们根据具体应用中的接头点大小来决定,通过实验,定义 $\delta x, \delta y$ 分别定为接头点外接矩形的宽度和高度之和的四分之一。

通过这个匹配,应用最长公共子序列算法求出匹配的个数 m 。如果 $m > \min(M, N)\delta_i$,其中 M 为模板接头的接头点个数, N 为检测接头的接头点个数,则认为2个接头匹配。这里 δ_i 是一个阈值,这

个值可以根据实际情况进行调整,笔者总结出的规则:如果接头点在垂直方向上比较无规律,则可以取得小一些,如果比较有规律,比如图2中的接头,可以基本成一条直线,则取大一些。一般来说,取0.9能够满足一般要求。

5 实验结果

为检验该算法的有效性,根据强力输送带接头检测的规则,随机选择了50个接头作为模板,通过接头点检测算法检测出一个接头的所有接头点,并以此作为该接头的模板。实验中,待检测接头有393个,匹配实验分2种情况进行:一种是模板接头对应的接头在输送带上;另一种是模板接头不在输送带上。匹配结果见表1和表2。

表1 模板接头在输送带上的匹配结果

匹配次数	正确个数	错误个数	正确率
395	393	2	99.49%

表2 模板接头不在输送带上的匹配结果

匹配次数	匹配个数	不匹配个数	正确率
9 000	4	8 996	99.95%

在第一种情况中,匹配次数多出2个,是因为同一个接头由于输送带运行和摄像头的扫描速度问题,导致一个接头图像被分在两张相邻的图像中,如图2(a)中的最下面一个接头,它的下个图像中最上一个接头实质上是同一个接头。其中一个图像中只有3个接头点,而这3个接头点与另一个接头模板中的3个匹配,导致错误,但这种错误不影响接头的实际定位。

实验采用CPU频率为1 G,内存为512 M,Windows XP操作系统的台式机,采用VC++和OpenCV编程,在320×240的图像中,完成一次匹配所用时间平均仅为21 ms。

从匹配结果看,识别算法对于实际情况而言是有效的,可以满足强力输送带故障检测中接头定

位的要求。

6 结语

利用输送带接头容易被维修人员辨认的特点,以接头作为故障基准点,提出了一种基于图像处理技术的接头识别算法。该算法可根据输送带接头点的像素灰度值规律以及最长公共子序列算法识别出接头,从而为确定故障点的位置提供了很好的基准点。实验结果表明,该算法精度高。实践也表明,该算法速度快,满足了实时要求。将其应用于强力输送带X光无损检测系统中,程序运行稳定,克服了在实际运行过程不便查找故障或需要另外破损输送带的问题。

参考文献:

- [1] 郭会茹,苗长云,武志刚. X射线检测钢绳夹心输送带系统设计[J]. 微计算机信息,2007,23(8):122-123,128.
- [2] 叶春青,苗长云. 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):302-303,309.
- [3] BESLP J, MCKAY N D. A Method for Regist Ration of 3-D Shapes [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(2): 239-256.
- [4] ZHU Yanjuan, ZHOU Laishui, WANG Jian. Contour Extraction and Feature Point Detection for 3D Fragment Reassembly [J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Ast ronautics, 2005, 22(1):23-29.
- [5] UCOLUK G, TOROSLU I H. Reconst Ruction of 3-D Surface Object from Its Pieces[C]//Proc. of the 9th Canadian Conference on Computational Geometry. Kingston: Elsevier, 1997: 187-192.
- [6] 郑宗汉,郑晓明. 算法设计与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005:152-154.