

基于线阵 CCD 的新型纠偏检测方法

吕旭悦, 蔡锦达

(上海理工大学, 上海 200000)

摘要: **目的** 为了提高包装机纠偏控制的精度和通用性, 提出一种纠偏检测方法。**方法** 采用两路线阵 CCD 成像, 并比较两者 CCD 信号, 判断材料在工作过程中是否发生跑偏现象, 然后通过控制器进行纠偏操作。**结果** 两路 CCD 灰度值显著变化的像元位置表明了带材的边缘位置, 通过两像元的差值即可判断带材是否发生跑偏, 方案可行。**结论** 相较于以往的 CCD 的检测方法, 该方法稳定性和精度均有所提高, 并且当材料的宽度在一定范围内变化时, 纠偏装置仍可以工作, 而不需要其他操作, 通用性也有一定提高。

关键词: 线阵 CCD; 成像; 纠偏

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)19-0216-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.19.032

New Method for Correcting Deviation Based on Linear Array CCD

LYU Xu-yue, CAI Jin-da

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200000, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a correction detection method, in order to improve the correction control accuracy and versatility of the packaging machine. The CCD imaging of two linear arrays was used and the CCD signals of the two were compared to judge whether the deviation occurred when the materials were working. Then, the controller was used for correction operations. The pixel positions of the two CCD gray values with significant changes indicated the edge position of the strip. The difference between the two pixels could be used to judge whether the strip deviated and whether the scheme was feasible. Compared with the previous CCD detection method, the stability and accuracy of the proposed method are improved, and when the width of the material changes within a certain range, the correcting device can still work without other operations, and its versatility is also improved to some extent.

KEY WORDS: linear array CCD; imaging; correction

纠偏控制系统作用是防止带材发生跑偏。带材的跑偏现象是指在生产过程中, 诸如纸张、塑料等可以绕卷的生产材料, 受到不可控力的作用, 使得带材不能按照原有的平行直线运动, 导致其中心线偏离基准中心线, 在放卷、收卷、传送时产生左右方向的偏移。如果不对这种偏移及时进行纠正, 就会直接影响产品的质量, 造成不必要的经济损失, 甚至带来更为严重的后果^[1-3]。

文中以电容耦合器件 CCD 作为图像传感器, 利用 CCD 的成像原理, 在带材的两边沿设置 CCD, 通过非接触式的边缘检测, 将接收的图像信息进行数字信号处理, 以检测出材料偏离值^[3]。

1 纠偏系统分析

纠偏系统按照纠偏方式的不同, 主要可以分为对

收稿日期: 2019-04-20

基金项目: 吕旭悦 (1994—), 男, 上海理工大学硕士生, 主攻工业嵌入式系统。

作者简介: 蔡锦达 (1963—), 男, 教授, 上海理工大学硕导, 主要研究方向为机械电子及自动化。

中纠偏系统(CPC)和对边纠偏系统(EPC)两大类。CPC 和 EPC 纠偏系统的工作原理是一样的,它们都是由检测系统、控制系统、液压系统和反馈系统 4 个部分组成,是一个闭环控制系统^[2],检测部分是它们的主要区别。

传统 EPC 是以带材的一边为基准,在带材的一边安装检测装置。当带材边缘处于开始工作时设定的初始位置时,检测器无输出信号。当带材边缘偏离目标位置时,传感器输出一偏差信号^[4-5],控制器在接收到该信号后进行 A/D 转换并进行算法处理,输出控制信号,使得执行机构产生动作,直到跑偏量为 0 为止。

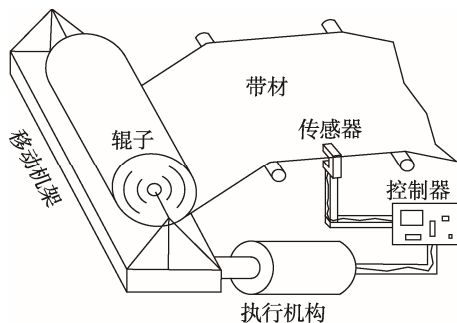


图 1 纠偏系统结构
Fig.1 Correction system's structure

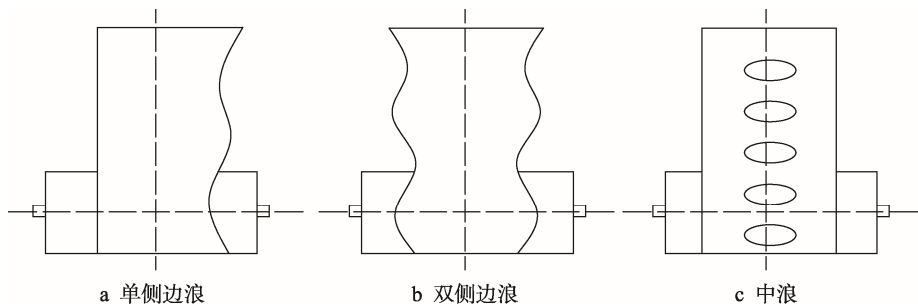


图 2 3 种边浪形状
Fig.2 Three kinds of edge wave shapes

2.2 辊子

辊子的表面质量对是否发生跑偏也有很大影响。首先,在没有发生跑偏的情况下,辊子和带材之间应该有一定的轴向摩擦力,从而能够更好地保证带材的整齐。另外,在带材将要发生跑偏时,如果辊子和带材之间能够产生一个足够大的横向摩擦力来抵消导致跑偏的侧向力,那么辊子在无形中就会起到一定的纠偏作用。

辊子的形状一般都是圆柱形的,但是由于加工过程中会产生磨损,辊子的形状有可能改变,变为锥形就会发生跑偏^[1]。这时就需要更换辊子来避免跑偏。

2.3 设备状态

设备机组的速度、轴向窜动等运行状态都会对工作过程产生一定的影响,所以在工作过程中要尽量保

该设计采用对中纠偏方式,工作过程中 CCD 传感器不断检测带材两边的位置,通过比较双边位置是否一致来判断带材的中心线是否发生跑偏,其控制原理和 EPC 基本相同。

2 带材跑偏原因分析

在实际生产中,不考虑安装误差的因素,带材跑偏的原因主要有以下 3 个方面。

2.1 带材

由于带材而发生的跑偏主要是因为带材的形状,带材形状的影响主要是由于材料两边和中间形状不均导致的,大体可以分为单侧边浪、双侧边浪和中浪等 3 种情况。这 3 种形态下的材料在和辊子接触时,带材的某些位置受力会发生改变,容易导致带材的跑偏。在这 3 种情况中,单侧边浪最容易发生跑偏现象,因为带材两边的受力是不均匀的,受力一边大一边小,简单分析受力可知会产生一个指向浪形方向的侧向力,从而导致跑偏^[1]。

带材的厚度不均也会导致受力不均,产生侧向力,导致跑偏,所以要尽量保证材料的材质和厚度是一样的,从而减小跑偏的几率。

证设备的稳定运行。

3 CCD 检测方法

3.1 CCD 工作原理

CCD (Charge Coupled Device, 感光耦合器件) 传感器, CCD 信息的转换与传输是通过电荷进行的。CCD 上有以矩阵方式进行排列的感光元件,它具有存储电荷的能力,感受到光线时,就会产生相应的电荷。主要的工作过程就是信号电荷的产生、存储、转移与检测,见图 3^[6-8]。透射式跑偏传感器工作原理见图 4, CCD 传感器会接收从光源产生的光线,在接收光线的过程中,有一部分光线被带材遮住,此时光线就无法通过透镜被 CCD 接收^[3]。通过观察 CCD 灰度值的变化,可以知道像元 P 处的灰度值发生了很大改变,从而就知道了带材的边缘位置。

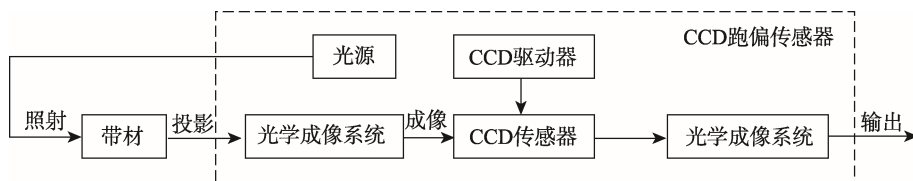


图3 CCD检测原理

Fig.3 Detection principle of CCD

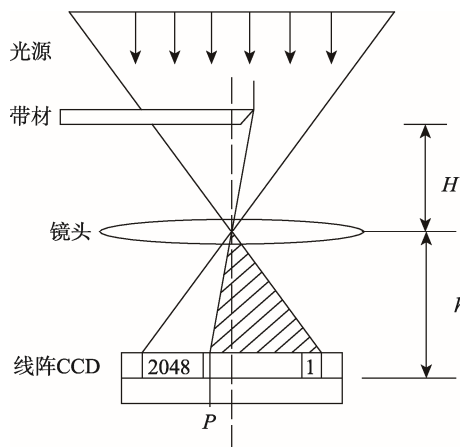


图4 透射式CCD传感器工作原理

Fig.4 Working principle of transmission type CCD sensor

3.2 检测方法

为了提高纠偏控制的精度、稳定性和适应性,在带材的两边都安装了CCD传感器。在工作前,设置好初始状态,此时左边的CCD传感器在像元 P_1 处灰度值发生了明显改变,右边的CCD传感器灰度值在像元 P_2 处发生了明显改变,此时两像元大小的差值 P 为:

$$P = P_1 - P_2$$

在正常的工作过程中只要差值 P 不变,就说明带材的位置没有改变,带材在收卷、放卷时的整齐性就能得到保证。

当带材发生偏移时,两CCD检测到的各像元的灰度值就会发生改变, P_1 和 P_2 也会改变。当带材向左偏移时,可以观察到,此时左边CCD灰度值发生明显改变的像元 P_1 右移了,也就是 P_1 变大了,而右边CCD灰度值发生改变的像元值 P_2 变小了,它们的差值明显增大了,这时就检测到带材发生了跑偏,见图5。通过信号处理之后,控制器输出控制信号,控制执行机构动作来调整辊子的位置,直到 P_1 和 P_2 之差恢复为初始值,达到纠偏的目的。

该设计采用了差动检测方式,通过2个信号的差值来确定带材是否发生跑偏,得到的信号是一个相对信号。当带材产生一个像元大小的偏移时,传统的单边检测就检测到边缘像元值发生了一个像元值大小的改变;而此方法中,由于 P_1 和 P_2 中,一个值增大一个像元值的大小,另一个会减小一个像元值的大小(参考之前向左跑偏的情况),它们的差值 P 就增(减)了2个像元值,因此,分辨率提高了1倍,跑

偏检测更加敏感。

提出的检测方法相较于传统的CCD检测方法,由于是通过2个位置的传感器来工作的,更加稳定可靠。除此之外,在工作过程中,带材两侧的宽度同时发生相同变化,但仍然处在CCD传感器的检测范围时,设备不需要经过任何操作,仍然可以稳定工作。例如,当带材的宽度增加时,左边CCD检测到的像元值 P_1 变大了,而右边CCD检测到的像元值 P_2 也变大了。因为带材的中心线没有变化,它产生的左右两边宽度的增加变化是同步的,此时 P_1 和 P_2 的差值没有发生改变,对正常工作不会有任何影响。可见这种检测方式的通用性有所提高,在保证带材中心线对齐的同时,可以判断带材的尺寸变化。

3.3 光路设计

光路设计见图6,CCD则选用东芝(TOSHIBA)公司生产的TCD1209黑白线阵CCD,它的光敏单元数为2048个,每个光敏单元尺寸为 $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$,所以CCD的成像长度为:

$$L \approx 28.7\text{ mm} \quad (1)$$

假设检测的范围即视场为Fov,则系统的放大倍数为:

$$M = \frac{u}{v} = \frac{\text{Fov}}{L} \quad (2)$$

镜头至CCD的距离为 v ,那么镜头与带材的距离即工作距离 u 为:

$$u = v \times M = v \frac{\text{Fov}}{L} \quad (3)$$

可得出焦距 f 为:

$$f = \frac{u}{\frac{1}{M} + 2 + M} = \frac{v \cdot \text{Fov}}{L \left(\frac{1}{M} + 2 + M \right)} \quad (4)$$

CCD的分辨率 r 为 $28\mu\text{m}$,那么此系统的最小分辨率 R 为:

$$R = Mr \quad (5)$$

由于系统检测范围和检测精度息息相关,具体参数考虑工作要求来设定。

3.4 CCD驱动时序设计

为保证CCD的正常工作,必须产生可靠的驱动信号。TCD1209工作时各时序脉冲的同步关系见图7^[9]。由于之后会用到DSP来对CCD的输出信号进行处理,所以也使用DSP来产生CCD所需的时序

脉冲。这样不仅能充分利用 DSP 的资源，而且利用 DSP 独有的 EPWM 能触发 ADC 这一功能,增加信号处理的同步性^[10]，使得系统的实时性有了更好的保障。TMS320F28335 具备 32 位浮点处理单元，主频为 150 MHz，中断响应和处理能力快速，有 18 路的 PWM 输出^[11]，大可以满足要求。在输出所要求的时

序脉冲时，RS 和 CP 信号分别由 DSP 的 PWM1 的 A 通道和 B 通道产生，频率设定为 TCD1209 的典型输出数据速率 1 MHz，占空比为 1：10，采用向上向下计数方式，使得两通道输出双边不对称波形； φ_1 和 φ_2 则分别由 PWM2 的 A 通道和 B 通道产生，频率也为 1 MHz，占空比为 1：2，采用向上向下计数方式，使得两通道输出双边对称波形，在转移结束时要求产生一个大于 SH 持续时间 2 倍左右的宽脉冲,通过 PWM 中断中软件连续强制功能来实现；SH 可以通过任何一个 I/O 口输出，直接利用延时功能产生，结束时的宽脉冲要求至少维持 1500 ns,并且在 SH 的光积分时间内，至少有 2088 个 RS 脉冲^[12—14]。

TCD1209 的管脚见图 8，在得到满足时序要求

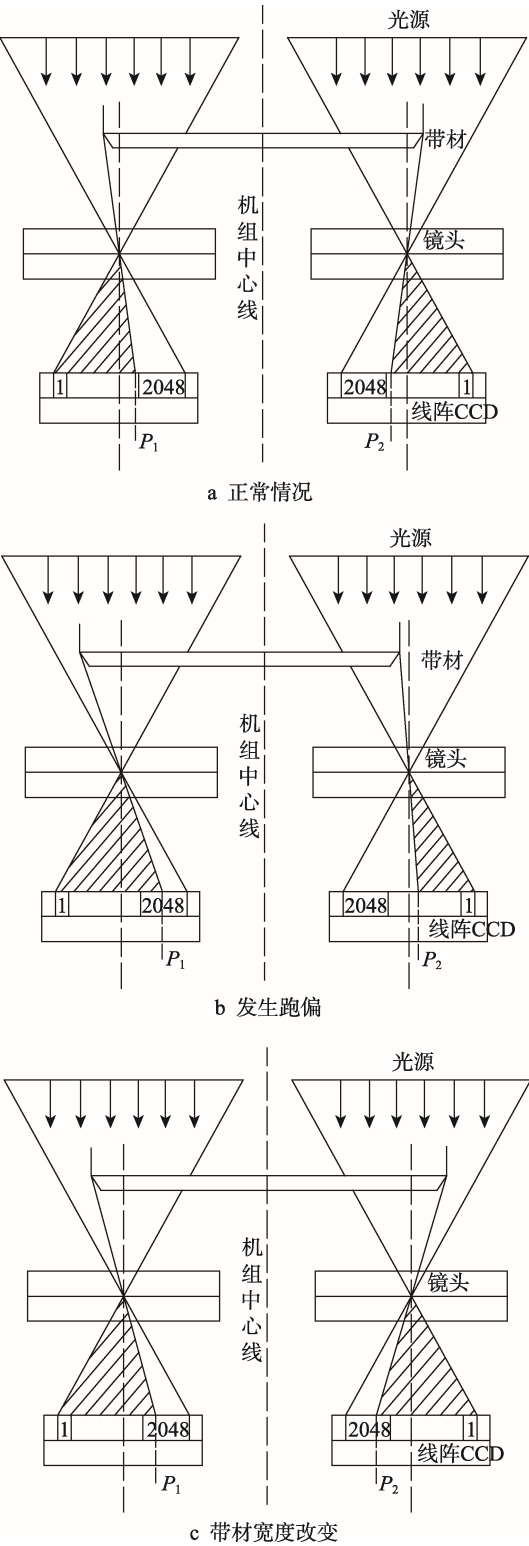


图 5 3 种工作情况
Fig.5 Three kinds of working conditions

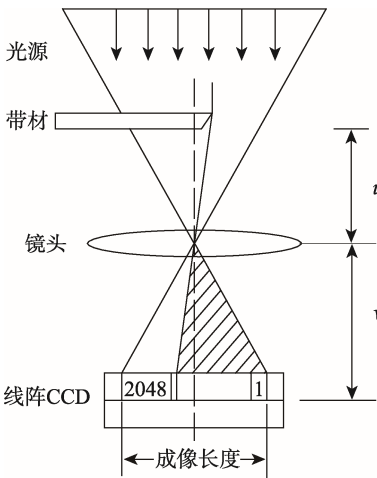


图 6 检测系统光路设计
Fig.6 The optical path design of detection system

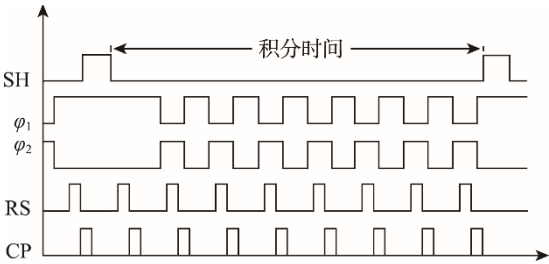


图 7 脉冲时序
Fig.7 Pulse sequence

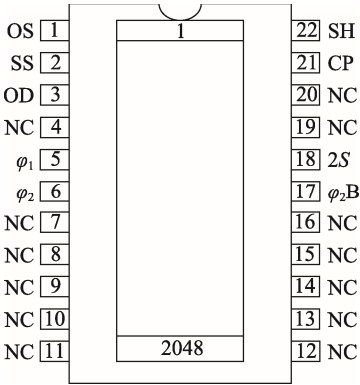


图 8 管脚
Fig.8 Pin

的脉冲信号后,根据该图将对应信号输入给 CCD 传感器,从而驱动 CCD 工作^[15],之后将 CCD 的模拟输出信号 U_0 运放之后送给 DSP 进行 A/D 转换, A/D 转换时序由 DSP 产生。最后通过观察两路 CCD 灰度值的变化波形,就可以验证方案是否可行。

4 实验与分析

实验时, CCD 检测的水平视场设为 10 mm, 则计算可得 CCD 的放大倍数为 0.35, 最小分辨率 9.7 μm , 为更好地观察分析, 尽量调整带材的边缘位置使其处在 CCD 检测范围的中心, 也就是像元 1024 处。CCD 传感器见图 9。

带材没有发生跑偏时, 两边 CCD 的波形见图 10。此时, 左边 CCD 的传感器灰度值在像元 1024 处明显下降, 右边 CCD 的传感器灰度值也在像元 1024 处明显下降, 两像元大小的差值为 0。

当带材发生跑偏时, 两边 CCD 的灰度值波形见图 11。可以看出, 当带材出现横向跑偏时, 波形发生了改变。左边 CCD 的传感器灰度值约在像元 1200 处明显下降, 右边 CCD 的传感器灰度值约在像元 800 处明显下降, 它们的差值不为 0, 此时就检测到了带材发生跑偏。

当带材的宽度变宽时, 由图 12 可以看出, 虽然此时波形依然发生了变化, 但由于两边 CCD 传感器

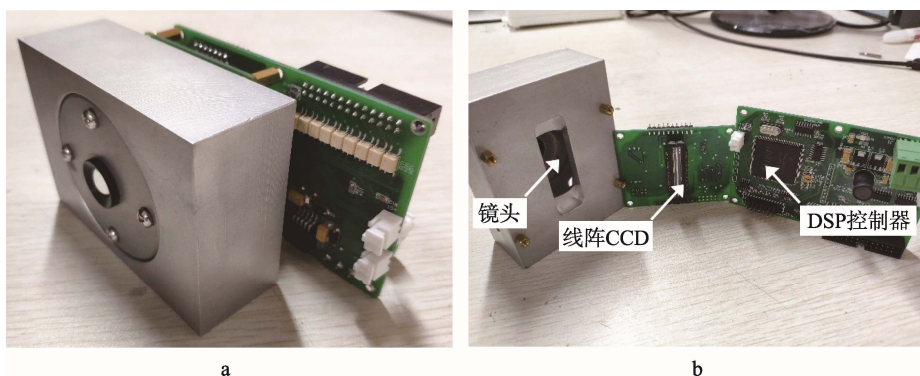


图 9 CCD 传感器
Fig.9 CCD sensor

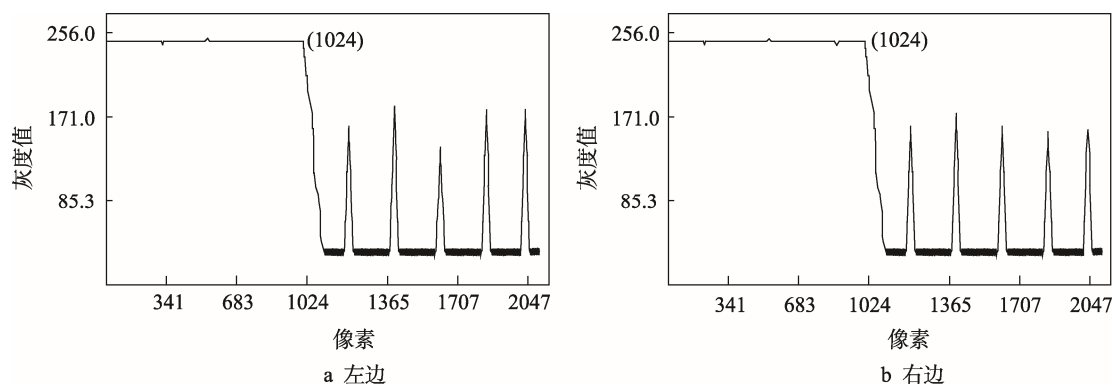


图 10 正常情况下两 CCD 输出对比
Fig.10 Comparison of two CCD output in normal situation

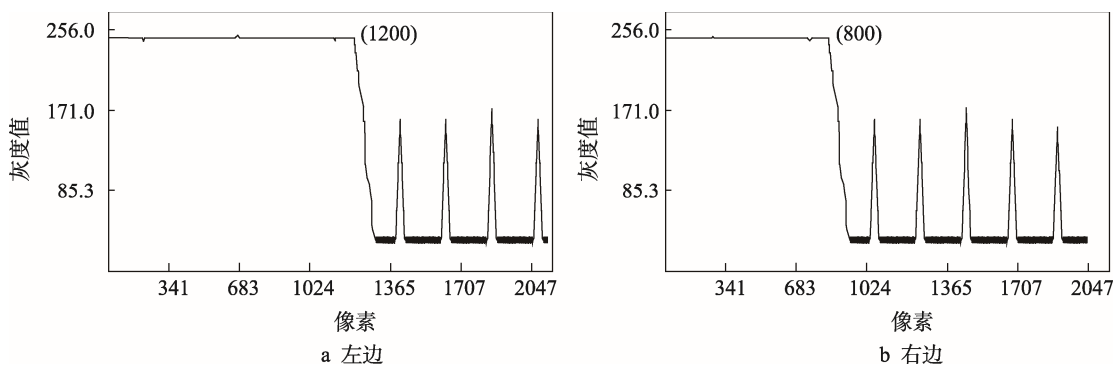


图 11 发生跑偏时两 CCD 输出对比
Fig.11 Comparison of two CCD output when deviation occurs

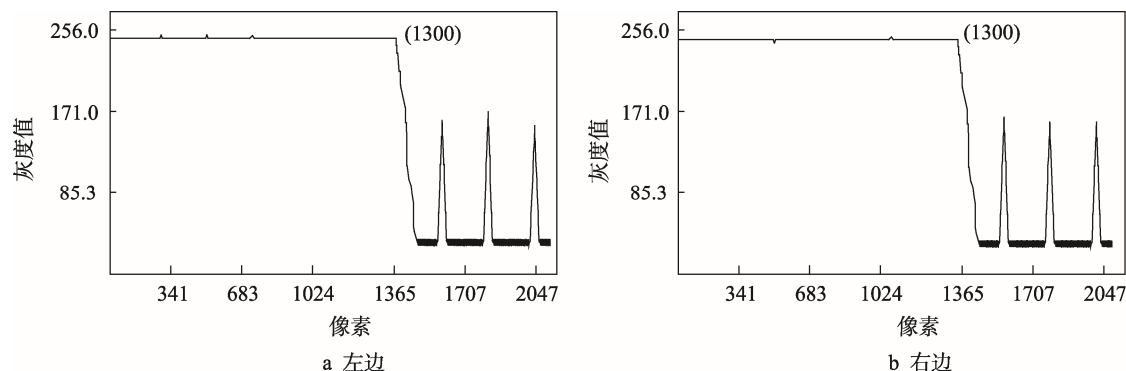


图12 带材宽度改变时两 CCD 输出对比
Fig.12 Comparison of two CCD output when the strip width changes

灰度值的变化是同步的,要检测的像元 P_1 和 P_2 的大小变化也是同步的,它们之间的差值没有改变,仍然为 0,系统可以继续工作而不受影响。

以上结果表明,所采用的检测方法能够很好地检测到带材是否发生了跑偏,2组信号的参与使得检测过程更加稳定,跑偏检测的精度和敏感性有所提高,还可以适应带材发生一定宽度变化的情况。

5 结语

包装过程普遍存在带材跑偏现象,影响生产,如何实现可靠的自动纠偏是提高包装精度的关键。基于现有的纠偏控制系统,提出了一种新型的带材跑偏检测方法,带材跑偏的检测并不单单依靠一组信号,而是由 2 组 CCD 信号决定,在提升可靠性的同时能够提高检测精度。此外,还能够适应带材发生一定宽度变化的情况。对提高包装精度,改进跑偏检测方法,具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 余颖聪. 彩涂线纠偏装置设计与分析[D]. 天津: 天津大学, 2015.
YU Ying-cong. Design and Analysis of Color Correction Line Correction Device[D]. Tianjin: Tianjin University, 2015.
- [2] 罗建伟. 基于 ARM 的边缘检测电控系统的设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学, 2015.
LUO Jian-wei. Design and Implementation of ARM-based Edge Detection Electroniccontrol System[D]. Changsha: Hunan University, 2015.
- [3] 张培娟. 对带材收卷过程中正弦式跑偏的跟踪控制[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2013.
ZHANG Pei-juan. Tracking Control of Sinusoidal Deviation in Strip Winding Process[D]. Hangzhou: Hangzhou Dianzi University, 2013.
- [4] 钟飞, 吴雪茹. 基于线阵 CCD 的自动纠偏控制系统设计[J]. 包装学报, 2011, 3(2): 14—16.
ZHONG Fei, WU Xue-ru. Design of Automatic Correction Control System Based on Linear Array CCD[J]. Packaging Journal, 2011, 3(2): 14—16.
- [5] 邓瑞, 侯和平, 徐卓飞, 等. 印刷纸带纠偏装置研究与系统开发[J]. 包装工程, 2018, 39(13): 138—143.
DENG Rui, HOU He-ping, XU Zhou-fei, et al. Research and System Development of Printing Paper Strip Correction Device[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(13): 138—143.
- [6] ZHAO Yuan. Design of the Time Driving and Image Signal Processing for Linear CCD Based on FPGA[J]. International Conference on Electronics and Optoelectronics, 2011: 3088—3090.
- [7] KOZO OHTANI. A Fast Edge Location Measurement with Subpixel Accuracy Using a CCD Image[J]. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2001, 3: 2087—2092.
- [8] XU Da-cheng, WENG Gui-rong. High Speed Acquisition System of Linear CCD[J]. Technology of the Sensor, 2002, 9.
- [9] 齐建虹, 蔡锦达, 李祥伟. 基于 CCD 和小波变换的数粒机控制系统设计[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 116—122.
QI Jian-hong, CAI Jin-da, LI Xiang-wei. Design of Digital Machine Control System Based on CCD and Wavelet Transform[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 116—122.
- [10] 李景林. CCD 驱动方式的比较[J]. 微计算机信息, 2010, 26(5): 192—193.
LI Jing-lin. Comparison of CCD Drive Modes[J]. Microcomputer Information, 2010, 26(5): 192—193.
- [11] 严雍容. 可应用于高性能 DSP 的中断系统的设计[D]. 长沙: 湖南大学, 2018.
YAN Yong-rong. Design of Interrupt System for High Performance DSP[D]. Changsha: Hunan University, 2018.
- [12] 孙福佳, 李厦, 徐航晖, 等. 基于 CCD 传感和 DSP 的数粒机系统设计[J]. 传感器与微系统, 2008(4): 103—104.
SUN Fu-jia, LI Sha, XU Hang-hui, et al. Design of Digital Machine System Based on CCD Sensing and DSP[J]. Transducer and Microsystem, 2008(4): 103—104.

- 103—104.
- [13] 孙福佳, 李厦. 基于 CPLD 和 DSP 的线阵 CCD 检测系统的设计[J]. 微计算机信息, 2007(26): 225—226.
SUN Fu-jia, LI Sha. Design of Linear CCD Detection System Based on CPLD and DSP[J]. Control & Automation, 2007(26): 225—226.
- [14] 雷阳阳, 程维明, 何康华. 基于线阵 CCD 的图像采集系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(11): 215—218.
LEI Yang-yang, CHENG Wei-ming, HE Kang-hua. Design of Image Acquisition System Based on Linear Array CCD[J]. Computer Measurement & Control, 2016, 24(11): 215—218.
- [15] 田小超, 李忠科. 基于双单片机的线阵 CCD 驱动及信号处理系统[J]. 现代电子技术, 2014, 37(20): 59—61.
TIAN Xiao-chao, LI Zhong-ke. Linear CCD Driving and Signal Processing System Based on Dual Single Chip Microcomputer[J]. Modern Electronic Technique, 2014, 37(20): 59—61.