

无线胶装配帖在线检测系统设计

闫飞^{1,2}, 张华², 冯春成², 赵庆海³

(1.绵阳职业技术学院, 绵阳 621000; 2.西南科技大学特殊环境机器人技术四川省重点实验室, 绵阳 621010; 3.西安理工大学, 西安 710048)

摘要: **目的** 为了检测配帖工艺过程中出现的问题, 设计无线胶装联动线的配帖在线检测系统。**方法** 系统采用 CIS 图像传感器采集折标图像, CPLD 进行时序控制, 提出基于列像素位置特征标记的检测算法, 通过 DSP 对折标图像进行分析, 并作出判断, 对配帖错误的书芯给出剔除信号。**结果** 通过实验验证, 系统硬件电路时序控制准确, 各单元能够有序实现设计功能, 可以对配帖问题进行准确判断。**结论** 检测系统设计综合考虑了系统的使用和安装环境, 在安装和使用成本上具有明显优势, 可用于配帖工艺检测。

关键词: 无线胶装联动线; 配帖; 在线检测; DSP; CIS; CPLD

中图分类号: TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)09-0174-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.09.028

Design of Collating Online Detection System for Adhesive Binding Line

YAN Fei^{1,2}, ZHANG Hua², FENG Chun-cheng², ZHAO Qing-hai³

(1.Mianyang Polytechnic, Mianyang 621000, China; 2.Sichuan Key Laboratory of Special Environmental Robot Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China; 3.Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

ABSTRACT: The paper aims to detect the problems of collating and design a collating online detection system of the adhesive binding line. The CIS image sensor was used in the system to collect the image of the signature mark, CPLD was applied to control the timing, and a detection algorithm based on column pixel position feature mark was proposed. The image was analyzed and judged by DSP, then the signal was sent to eliminate the wrong book. The experimental results showed that the hardware circuits of the system could be controlled accurately, and each unit could realize the design function in an orderly way. The detection system could judge the collating problem accurately. The design of the detection system takes into account the use and installation environment of adhesive binding Line, and has obvious advantages in cost of installation and use. It can be used for detection of collating.

KEY WORDS: adhesive binding line; collating; online detection; DSP; CIS; CPLD

书籍装订工艺主要有 2 种: 精装工艺, 装潢效果精美, 工艺复杂; 平装工艺, 装潢效果平实, 工艺简单。无线胶装是平装书最常用的一种工艺。据了解每年在书刊质量检测时, 出现问题最多的是装订工序, 造成的不合格品占所有不合格品的一半以上^[1]。其中配帖是第一步, 起着非常重要的作用, 配帖工序一旦

出错, 后面的工艺即便顺利完成, 产品也是废品。随着印后装订工艺的不断发展, 无线胶装设备逐步向自动化、功能化、多样化的方向发展^[2]。配帖检测系统的主要任务就是对配帖工艺过程中出现的多帖、缺帖、错帖进行实时检测。

收稿日期: 2019-01-16

作者简介: 闫飞 (1982—), 男, 西南科技大学博士研究生, 主要研究方向为印刷设计与图像处理。

1 原理及整体设计

1.1 检测原理

无线胶装配帖检测用到的方法主要有 2 种：在书帖的边缘部分印上条形码，通过检测条形码来判断配帖情况^[3]，这种方法需要调整印刷工艺流程；利用机器视觉方法^[4—6]将被摄取目标转换成图像信号，传送给图像处理系统，对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征进行识别^[7—9]。这种方法主要利用书帖页面的文字图像特征，需要多个检测器共同完成，计算量大，安装复杂，成本高。

早期的配帖工艺主要由人工完成，所以在书刊印前设计时会在每张印张的帖脊位置设置一个长方形的小黑块，即折标。当一本书完成配帖后，这些小黑块在书脊处会形成规则的阶梯状图形，从而方便配帖工人在完成配帖过程的同时，能够快速判断是否出错，见图 1。

这一工艺设置一直保留到现在，这种方法也提供了一种解决在线检测配帖情况的思路，通过开发相应的算法对书脊折标排列形状进行分析，从而实现配帖的自动检测。

1.2 系统分析

配帖在线检测系统属于无线胶装设备的辅助检

测装置。那么该系统的设计首先要在不改变原有设备工艺过程的基础上进行，同时要最大化利用无线胶装联动线设备已有结构，降低配帖在线检测系统的安装难度和成本，因此配帖检测系统的结构要小巧、灵活，便于安装。嵌入式机器视觉系统是适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机视觉技术，是机器视觉应用的扩展与延伸^[10]，所以嵌入式系统很好满足了配帖检测系统小体积、低功耗的这种应用场合。其次系统核心器件的选择和识别算法设计必须在满足检测速度的前提下进行，从而保证该检测系统的实时性要求。

1.3 总体方案

该系统整体结构包括 3 个部分：图像采集单元、图像处理单元、时序控制单元。图像采集单元主要完成对书脊折标图像的采集，图像处理单元对折标图像数据进行分析，判断是否存在配帖错误，时序控制单元为系统提供工作时序信号。系统总体方案结构见图 2。

根据配帖检测系统中图像采集单元的需要，图像采集位置必须在配帖工艺完成之时，同时要保证书脊折标图像具有良好的采集条件。经过对无线胶装联动线设备的现场考察，图像传感器可以安装在压帖、定位部分。在该位置书脊排列整齐便于图像采集，此外书芯还未进入下一工序，被剔除后可以被重新回收利用。

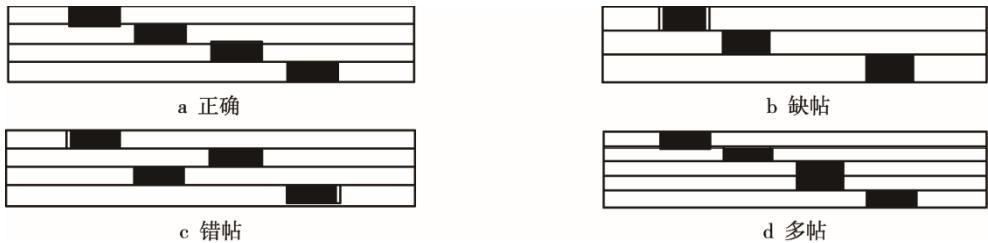


图 1 折标检测法
Fig.1 Detection method of collation marks

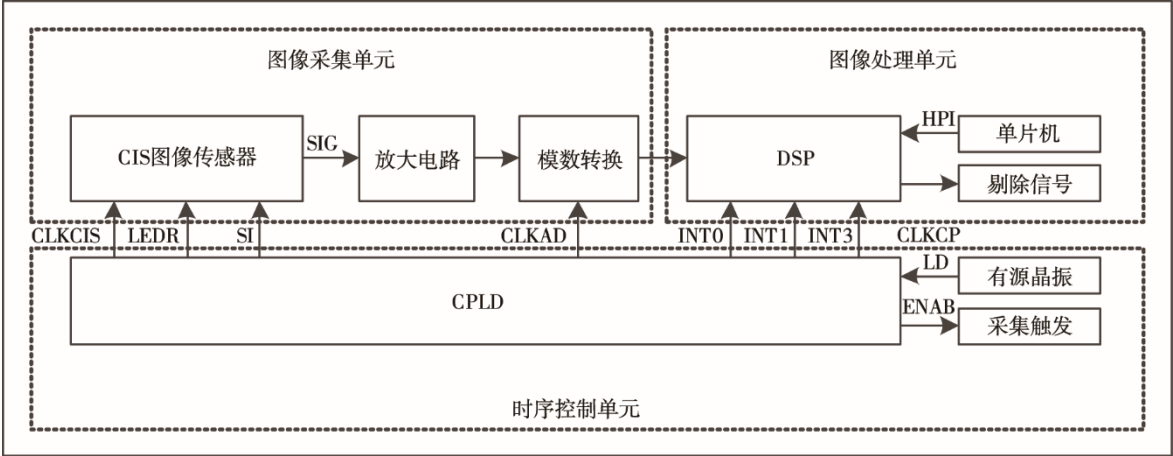


图 2 系统结构框图
Fig.2 Frame figure of system structure

2 系统硬件设计

2.1 主要器件选择

检测系统安装位置具有空间狭小、采集条件好的特点,所以图像传感器选用 CIS 传感器。CIS 传感器将 CMOS 图像传感器和光路系统集成为一体,结构紧凑、便于安装,非常适合书帖检测系统的使用场合。

折标图像识别算法主要通过信号处理器完成。图像采集完成后,需要对其进行阈值分割,这种预处理有利于后续的图像识别^[11-12]。检测的结果取决于检测所设定的阈值大小^[13]。根据系统情况可以考虑使用动态灰度阈值方法^[14-15],但是经过测试,考虑到检测系统的实时性要求,最终采用基于列像素位置特征标记的方法完成识别。综合考虑识别算法复杂程度、检测速度、系统成本情况,系统选择 DSP 通用型芯片 TMS320VC5402 作为识别算法的运行平台。

时序控制单元为系统提供工作时序信号,包括:CIS 采集触发控制、采集时序控制、照明控制;模数转换时序控制,DSP 中断触发控制等。系统选用 CPLD 器件 EPM7128STC100-10 实现时序控制,该芯片可选用 3.3 V 电压供电,与 TMS320VC5402 芯片 I/O 口工作电压相同,可以降低电路设计的复杂度。

2.2 电路设计

2.2.1 采集触发电路

采集触发电路的主要作用是控制 CIS 何时开始采集书脊图像,何时结束采集。其基本原理就是采用反射型光电开关确定是否有书芯经过,如果经过就触发采集信号。采集触发电路使用 LM311P 作为电压比

较器,TCRT5000 作为反射型光电开关。TCRT5000 采用红外线作为检测光线,避免对 CIS 采集图像的光照条件产生影响。采集触发电路见图 3。

2.2.2 AD 转换电路

配帖检测系统中 CIS 图像传感器的输出信号电压在 1.5~2 V 之间,AD 转换芯片 TLC5510 的模拟量输入电压在 0.6~2.6 V。通过 AD8092 运放芯片,对信号电压进行处理,从而保证输入信号电压范围与 TLC5510 一致。通过 TLC5510 使 AD 转换过程顺利完成,AD 转换电路见图 4。其中 0.1 μ F 无极性去耦电容作用是滤掉传输过程中引入的尖峰干扰。CIS 传感器输出的图像模拟信号经过放大、滤波后,接入 TLC5510 芯片的 19 引脚。D1—D8 为转换后的数字信号输出部分。

2.2.3 HPI 接口电路

配帖检测系统使用 STC89LE58RD+单片机保存图像识别算法程序,在系统工作时将算法程序通过 HPI 接口写入到 DSP 当中。DSP 为了保证算法程序全速运行,在上电复位时需要通过 Bootloader 把用户程序从外部引导到高速 RAM 中。HPI 接口电路见图 5。

3 系统软件设计

3.1 系统工作流程

系统开始工作时,首先通过 HPI 引导程序将存储在单片机中的识别算法程序装载到 DSP 当中。随后 DSP 开始初始化,系统循环等待中断信号,按照不同的中断信号调用相应的中断服务子程序对配帖问题进行检测,完成后返回继续等待中断信号。检测系统工作流程见图 6。

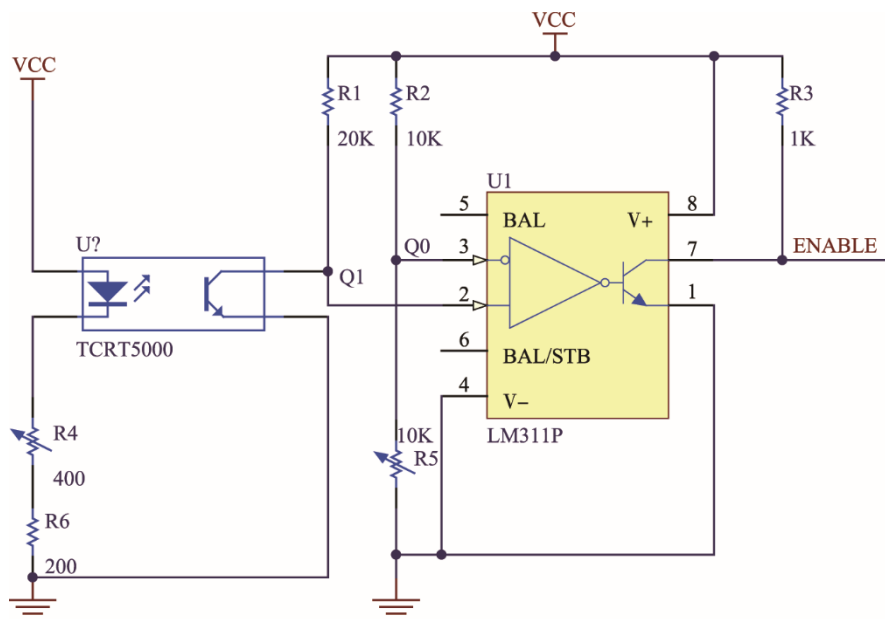


图 3 采集触发电路

Fig.3 Image catching trigger circuit

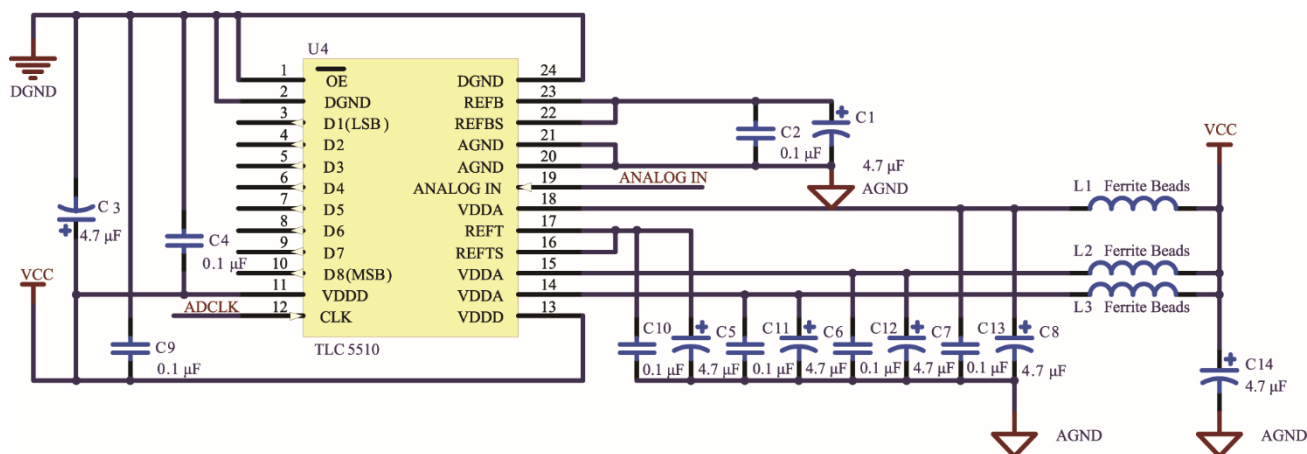


图 4 AD 转换电路
Fig.4 AD conversion circuit

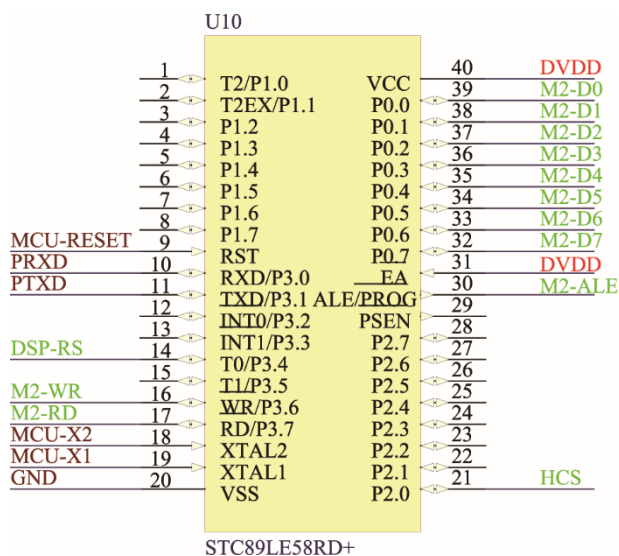


图 5 HPI 接口电路
Fig.5 HPI interface circuit

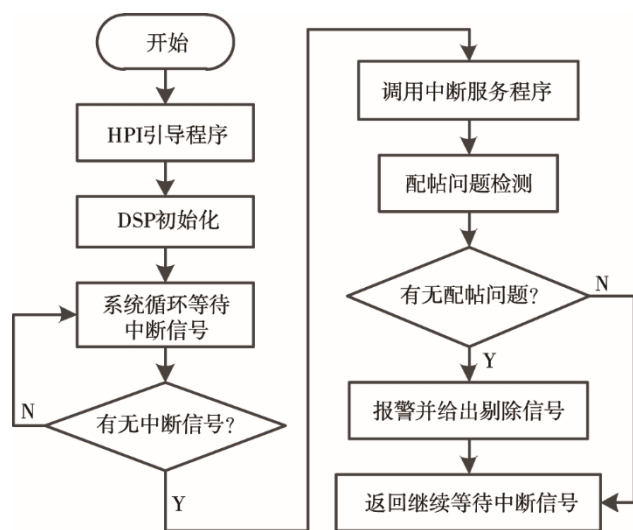


图 6 系统工作流程
Fig.6 System work flow

3.2 单片机引导流程

单片机引导流程首先对 STC89LE58RD+和 DSP 进行初始化, 将识别算法程序发送的目的地址写入 HPIA 地址寄存器, 随后单片机开始向 DSP 写程序代码, 发送完成后启动 DSP 程序。程序流程见图 7。

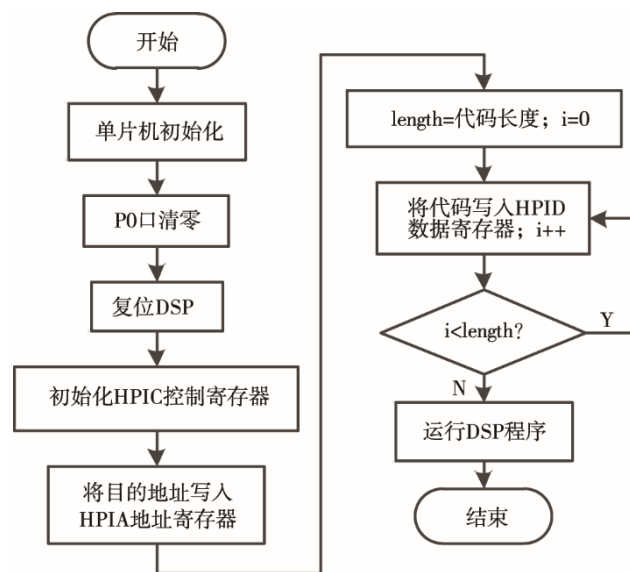


图 7 单片机引导程序流程
Fig.7 Single chip microcomputer bootloader program flow

3.3 识别算法流程

为了减少存储空间的占用, 并提高识别算法运行速度, 根据 CIS 以列为单位进行图像采集和传输的特点, 提出基于列像素位置特征标记的识别算法。该算法通过统计书脊折标图像的阶梯跳变次数来进行判断。配帖正常情况下阶梯跳变次数等于帖数减一。当出现缺帖和错帖情况时, 跳变次数小于该数值。

识别算法首先定义数组 R_0 和 R_1 , 通过灰度阈值分割将折标像素的位置特征记入数组。当 R_0 大于 R_1 的像素个数达到一定比例时, 就记作一次跳变。比较

后将 $R1$ 的值赋给 $R0$, 将下一列折标像素的位置特征记入 $R1$ 再次比较, 如此循环统计跳变次数直至 CIS 结束采集。此外通过检测 $R1$ 和 $R0$ 的记录状态, 当折标像素数量大于阈值时就可以判断存在多帖。

识别算法设计了 3 个中断服务子程序分别对应于 DSP 的硬件中断 0、硬件中断 1、硬件中断 3。中断 0 与 CPLD 输出的采集触发信号 ENAB-INT0 相连, 触发 DSP 检测前一书芯的缺帖、错帖问题。中断 1 与 CPLD 输出的列采集信号 SI-INT1 相连, 完成跳变次数的统计。中断 3 与 CPLD 输出的 CLK-INT3 时钟信号相连, 检测多帖问题。中断 0 触发执行的中断服务子程序流程图见图 8。

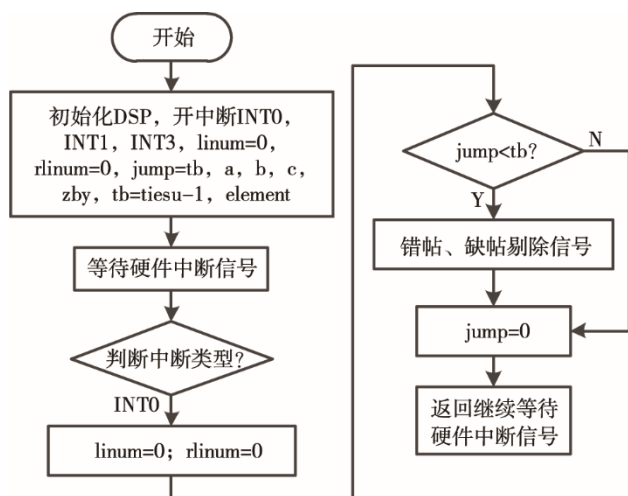


图 8 中断 0 程序流程
Fig.8 INT0 program flow

4 实验测试

4.1 时序测试

时序测试是验证时序控制单元的各种控制时序信号是否按照设计要求准确输出, 各控制信号之间的逻辑关系是否正确。这对于整个系统的运行状态起着至关重要的作用。系统时序逻辑输出采用 VHDL 语言编程实现, 测试时使用 MAX+plus II 软件根据时序逻辑控制程序生成相应的时序逻辑控制图, 见图 9。测试情况反映出时序逻辑控制程序能够实现系统需要的时序逻辑控制功能。

4.2 算法测试

在时序测试顺利完成的基础上, 对配帖在线检测系统的检测算法进行测试, 测试中根据配帖工艺过程中出现的合格、多帖、错帖、缺帖 4 种情况分别进行测试。为了便于评价配帖检测系统工作情况, 将检测算法在 TMS320VC5402 中的执行情况及检测结果通过 JTAG 接口在 PC 中显示。系统算法测试界面见图 10。

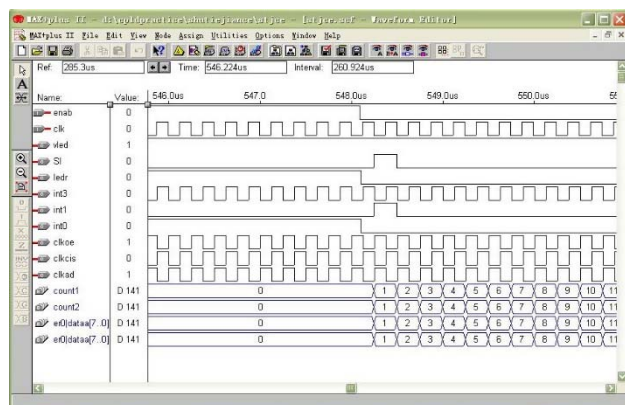


图 9 系统时序逻辑
Fig.9 Timing and logic diagram of system

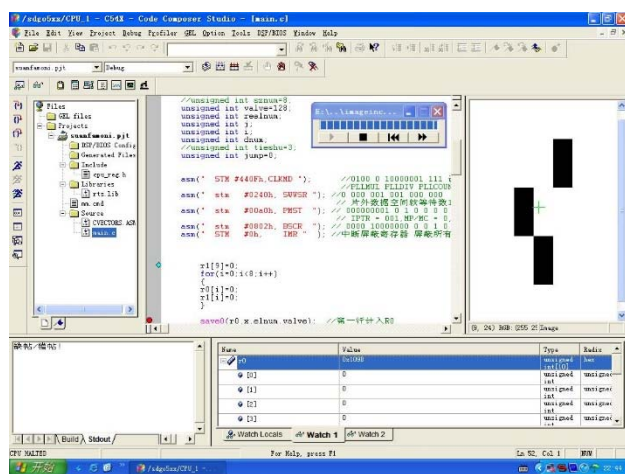


图 10 系统算法测试实验
Fig.10 System algorithm testing experiment

算法测试完成后, 通过模拟实验对检测系统的检测准确率进行测试。测试用书帖样本为 100 组, 每组由 3 帖组成。通过改变每组书帖的排列顺序产生合格、多帖、错帖、缺帖样本各 100 个。通过实验测试, 配帖检测系统能够对配帖工艺过程中出现的多帖、错帖、缺帖问题进行准确判断, 并及时给出剔除信号, 测试结果见表 1。

表 1 检测系统准确率
Tab.1 Accuracy of detection system

配帖故障类型	样本数量	检测正确次数	检测错误次数	准确率/%
合格	100	100	0	100
多帖	100	96	4	96
错帖	100	98	2	98
缺帖	100	99	1	99
合计	400	393	7	98.25

4.3 时间分析

通过实验测试, DSP 完成单个像素位置特征标记

的时间为 $0.2\ \mu\text{s}$, 小于 CIS 图像传感器像素数据输出时间间隔 $0.25\ \mu\text{s}$ 。采用基于列像素位置特征标记的方法可以使 DSP 在等待下一个像素数据期间完成对当前像素数据的处理, 达到检测算法与图像采集同时进行的目的。当图像数据采集完成时, 图像处理的检测也完成了。系统测试联动线的包本长度范围在 $140\sim 440\ \text{mm}$, 在联动线最快工作状态下检测算法的时间为 $63\sim 198\ \text{ms}$, 可以满足检测系统的实时性要求。

5 结语

通过对配帖在线检测系统的功能分析, 根据系统应用环境和安装条件, 设计了一种可行的配帖在线检测方案。完成了对检测系统图像采集单元、图像处理单元、时序控制单元的器件选型及电路设计, 设计了基于列像素位置特征标记的折标图像检测识别算法。该系统只需要在无线胶装联动线的压帖定位机构处安装一台, 就能够一次性完成多帖、错帖、缺帖工艺问题的检测, 与传统的在每个书帖斗分别安装检测设备的方法相比, 具有明显优势, 可以显著降低设备的安装和使用成本。

参考文献:

- [1] 王淮珠. 浅谈书刊质量检测工作与要求[J]. 印刷质量与标准化, 2016(36): 23.
WANG Huai-zhu. Discussion on the Quality Inspection of Books and Periodicals[J]. Printing Quality & Standardization, 2016(36): 23.
- [2] 吕兆锋, 王晓红, 杜景敏, 等. 基于马天尼胶装联动线书刊装订质量的优化方法研究[J]. 包装工程, 2011, 32(17): 110.
LYU Zhao-feng, WANG Xiao-hong, DU Jing-min, et al. Study on the Bookbinding Quality Optimization Method Based on Martini Adhesive Binding Linkage Line[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(17): 110.
- [3] 胡小青, 严辉容, 李兴慧. 嵌入式儿童书帖检测系统的设计与应用[J]. 机电工程技术, 2015, 44(4): 60—63.
HU Xiao-qing, YAN Hui-rong, LI Xing-hui. Design and Application of Embedded Detection System for Children Signatures[J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology, 2015, 44(4): 60—63.
- [4] MERY D, SVEC E, ARIAS M, et al. Modern Computer Vision Techniques for X-Ray Testing in Baggage Inspection[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2017, 47(4): 682—692.
- [5] KIM S J, LIN H T, LU Z. A New In-camera Imaging Model for Color Computer Vision and Its Application[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(12): 2289—2302.
- [6] XU M, MA Y, CHEN S. Research on Real-time Quality Inspection of PET Bottle Caps[C]. International Conference on Information and Automation, Macao, 2017: 1023—1026.
- [7] 王梅, 彭湘敏. 书籍装订中梯标在线检测系统的开发[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 172.
WANG Mei, PENG Xiang-min. Exploitation of the Online Detection System of Bookbinding Signature Mark[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 172.
- [8] 江金金, 徐海黎, 解祥荣. 基于 DSP 的错帖检测系统及算法设计[J]. 机械设计与制造, 2012(2): 22—24.
JIANG Jin-jin, XU Hai-li, XIE Xiang-rong. A Page Checking System and Its Algorithm Design Based on DSP[J]. Machinery Design & Manufacture, 2012(2): 22—24.
- [9] 盛国, 舒新文. 书籍装订中基于相位相关性的自适应梯标检测方法[J]. 包装工程, 2018, 39(19): 14—17.
SHENG Guo, SHU Xin-wen. Exploitation of the Online Detection System of Bookbinding Signature Mark[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(19): 14—17.
- [10] 龚爱平. 基于嵌入式机器视觉的信息采集与处理技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
GONG Ai-ping. Study of the Information Acquisition and Processing Technology Based on Embedded Computer Vision[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.
- [11] 冈萨雷斯, 伍兹. 数字图像处理[M]. 第3版. 北京: 电子工业出版社, 2011: 476.
GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital Image Processing[M]. Third Edition. Beijing: Electronics Industry Press, 2011: 476.
- [12] DILPREET K, YADWINDER K. Various Image Segmentation Techniques: A Review. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 2014, 5(3): 809—814.
- [13] 田敏, 刘全香. 分区域分等级的印刷品缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 124.
TIAN Min, LIU Quan-xiang. Method of Print Defects Detection Based on Sub-region and Grading[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 124.
- [14] 舒文娉, 刘全香. 基于支持向量机的印品缺陷分类方法[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 138—142.
SHU Wen-pin, LIU Quan-xiang. Classification Method of Printing Defects Based on Support Vector Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 138—142.
- [15] 梅凡民, 雒遂, 陈金广. 一种改进的高浓度风沙图像的动态灰度阈值分割算法[J]. 力学学报, 2018, 50(3): 699—707.
MEI Fan-min, LUO Sui, CHEN Jin-guang. An Improved Algorithm of Dynamic Gray-thresholding for Segmenting Dense Aeolian Sand Particles Images[J]. Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2018, 50(3): 699—707.