

YP13 型装封箱机缺条视觉检测系统设计

蔡培良¹, 何邦贵², 易凡竣¹, 周美芬¹, 白雪¹

(1.红云红河烟草(集团)有限责任公司曲靖卷烟厂, 曲靖 655000;

2.昆明理工大学, 昆明 650500)

摘要: **目的** 解决 YP13 装封箱机生产过程中产生的箱装烟条缺条缺陷产品不能有效被检测及剔除的问题。**方法** 设计一种新型 YP13 装封箱机缺条视觉检测系统, 通过对其关键技术的研究, 综合集成工业相机及触发脉冲信号的安装、支架设计的安装、动态图像的采集、PLC 控制程序的设计等, 实现箱装烟条缺条缺陷产品的高效检测及准确剔除。**结果** 该视觉检测系统实施后, 箱装烟条缺条缺陷产品检测剔除率 $\geq 99.9\%$, 误检率 $\leq 0.02\%$ 。**结论** 该视觉检测系统能提升产品质量、降低物耗, 可推广应用于行业内包装规格为每件 2×25 条或 25 条的装封箱设备上。

关键词: YP13 装封箱机; 烟条缺条; 视觉检测; 图像采集

中图分类号: TB486⁺.3; TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0092-05

Design of Carton-Missing Vision Inspection System on YP13 Case Filling and Sealing Machine

CAI Pei-liang¹, HE Bang-gui², YI Fan-jun¹, ZHOU Mei-fen¹, BAI Xue¹

(1. Qujing Cigarette Factory, Hongyun Honghe (Group) Co., Ltd., Qujing 655000, China;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

ABSTRACT: The work aims to solve the problem that the defective carton-missing products packaged in cases cannot be effectively detected and eliminated in the production process of YP13 case filling and sealing machine. A new visual inspection system of YP13 case filling and sealing machine was designed. By studying the key technology and integrated with the installation of industrial camera and trigger pulse signals, designing the mounting bracket, capturing the dynamic image and designing the PLC control program, etc., the efficient detection and accurate elimination of defective carton-missing products packaged in cases were achieved. After the visual inspection system was put into use, the detection and rejection rate of such defective products was greater than or equal to 99.9%, and the false detection rate was less than or equal to 0.02%. As the visual inspection system can improve product quality and reduce material consumption, it can be popularized in all the case filling and sealing machines of 2×25 bars or 25 bars in the industry.

KEY WORDS: YP13 case filling and sealing machine; carton-missing; vision inspection; image capture

在卷烟生产过程中, 烟叶经过制丝生产线的回潮、切丝、蒸炒、添加香精香料等工序后完成烟丝的加工, 合格烟丝由卷烟包装设备制成成品烟条, 合格烟条经过烟条输送系统^[1-2]到达装封箱区域, 由装封箱机^[3]完成最后的封装成箱。在整个加工过程中, 装封箱为最后一道生产工序, 实现了装箱、封箱、打码一体的高速自动化流水作业, 并与成品库进行对接, 有效地提高了卷烟生产的自动化程度。YP13 型装封

箱机^[4]目前是我国卷烟生产厂的主流箱装设备, 该设备是东方机器制造(昆明)有限公司于 2004 年研发的卷烟包装设备, 最大生产速度达到 6 件/min。由于设备固有缺陷和烟条输送、堆叠、装箱等过程中受多种因素的影响, 烟条装箱过程时有箱装烟条缺条缺陷的发生。针对该类质量缺陷, 企业一方面对设备进行技术改进和优化^[5], 另一方面对产生缺陷的各种因素进行探讨和改进。烟条装封箱中缺条的产生具有偶发

收稿日期: 2016-12-03

基金项目: 2017 年云南中烟工业有限责任公司科技项目(2017GY06)

作者简介: 蔡培良(1972—), 男, 工程师, 主要研究方向为烟草卷包设备。

性、突发性、间断性等特点，装封箱操作工人无法控制，装封箱设备又不能杜绝该类不合格产品的产生。近年来，针对装封箱机箱装烟条缺条的问题已进行了许多研究，张华军^[6]设计了一种基于物联网平台的分牌号的集成化称量式烟箱缺条检测及剔除系统，使烟箱缺条检出率提高至 98%，误检率则降低至 0.5% 以内。邓春宁^[7]分析了卷烟生产中出现烟箱缺条的原因，阐述了用 γ 射线扫描技术对箱装缺条进行检测的方法，提高了烟箱缺条检测精度，取得了良好效果，但目前尚未有针对 YP13 型装封箱机箱装烟条缺条检测的研究报道。笔者虽优化过原机缺条检测系统^[8-11]，但生产中出现的箱装烟条缺条现象仍不能得到有效杜绝，文中针对 YP13 型装封箱机开发一套专用的基于视觉系统的在线箱装烟条缺条视觉检测和剔除系统，以提升产品合格率，确保产品的品质。

1 YP13 装封箱机工艺流程

YP13 型装封箱机控制系统采用 SIEMENS 公司的 S7-300PLC^[12-14] 产品，具有总线和联网功能，能简便地实现 50 条/件和 25 条/件这 2 种包装方式的互换。YP13 型装封箱机缺条检测原理见图 1，烟条通过输送带进入装封箱机，当装封箱机入口的烟条到位检测和 5 个缺条光电传感器检测到烟条时，堆垛器开始将烟条进行 5 条向上堆垛，第 5 层烟条传感器检测到烟条时，一推推杆将 25 条烟条推入烟箱，装封箱机继续运行。满足上述条件时，一推推杆将第 2 个 25 条烟条推入烟箱，烟箱检测器检测到烟条，二推推杆将烟箱推入装封箱机出口封箱部分进行胶带封贴，封贴完成的成品烟箱进入工程码区域进行工程码敷贴，从而完成整个装箱封箱流程。其中一推推杆是

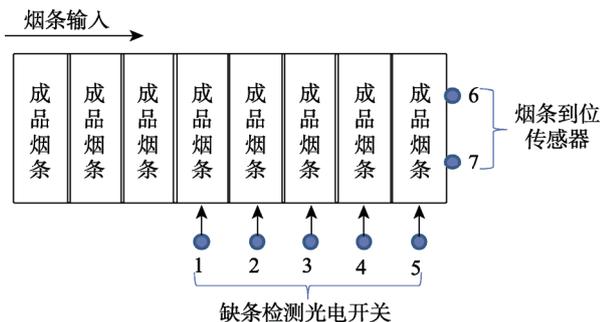


图 1 YP13 型装封箱机缺条检测原理

Fig.1 Principle of carton-missing vision inspection system on YP13 sealing machine

将 25 条烟条推入烟箱内，二推推杆是将装满烟条的烟箱推入封箱胶带处进行烟箱胶带封口。

在烟条输送过程中，如果出现歪斜、破损、变形等烟条，该烟条占有 2 条或 3 条烟条位置，而原机缺条光电开关却不能有效判别出烟条歪斜或破损变形，将导致箱装烟箱内缺条的发生，该缺陷产品将流入下一道工序，使产品质量存在安全隐患，见图 2。

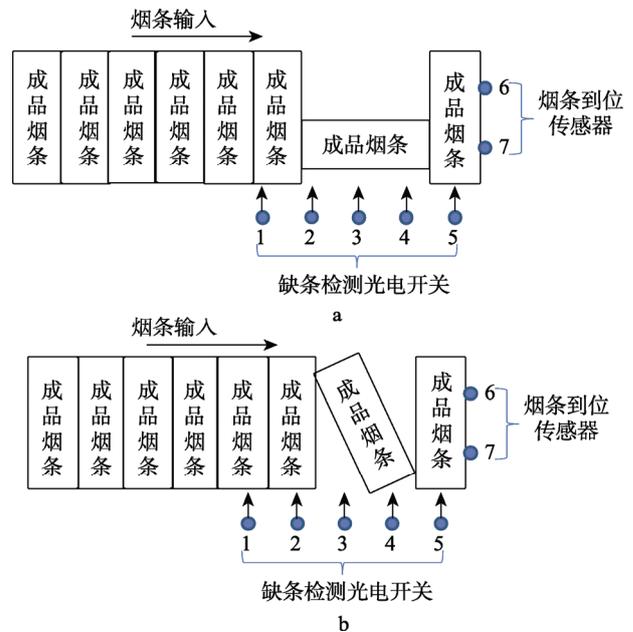


图 2 YP13 装封箱机缺条情形

Fig.2 Schematic diagram of missing carton on YP13 sealing machine

2 YP13 装封箱机缺条视觉检测系统

2.1 系统构成

为了解决现存 YP13 装封箱机不能有效检测并剔除箱装缺条不合格产品的难题，设计一款箱装缺条视觉检测控制系统^[15-19]，其基本框架包含智能相机、镜头、LED 光源、控制器、控制软件、机器视觉软件、监控软件等。通过其特定的安装支架的设计、智能相机的安装、检测触发脉冲及定位信号的选择，检测 25 条烟是否存在缺失，并脱开箱内烟条缺失的烟箱封口胶带器，在 YP13 装封箱机出口处剔除不合格产品，避免流入下一道工序。文中设计的基于视觉的箱装缺条检测系统通过光电耦合器连接原机 PLC 现有系统，使检测系统与原机 PLC 控制系统融为一体，见图 3。

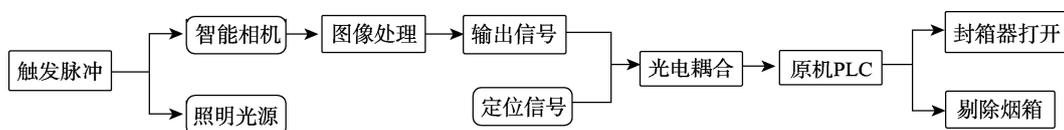


图 3 缺条视觉检测系统

Fig.3 Diagram of carton-missing vision inspection system

2.2 空间约束

YP13 装封箱机结构紧凑，在烟条输入、烟条堆垛提升、烟条一推推杆送入烟箱、撑箱器打开等相关工艺过程中，均不能对 25 条烟条进行有效检测。通过对 YP13 装封箱机进行分析和研究，在整个烟条提升及烟条推入烟箱的过程中，只有在一推推杆刚好退回原点且撑箱器还未关闭时烟箱内的 25 条烟条完全露出，故在该位置进行检测。一推推杆在该处往复运动，推杆上的推烟板由气缸驱动旋转，堆垛升降装置上下运动，烟条提升两侧安装有前后烟条护板，故设备空间狭窄。设备高速运转时，检测触发拍照时间较短，给检测系统、触发脉冲的安装及触发带来困难。

3 检测系统的研究与实现

在构建 YP13 装封箱机缺条视觉检测系统的基础上，结合现存的问题和技术难题，通过对 YP13 装封箱机结构和控制系统的分析，特别是对相机及光源的安装、检测触发脉冲的选择、定位信号的选取、图像技术的处理等关键技术的研究，实现缺条检测和剔除的稳定性和准确性。

3.1 硬件构成

该视觉检测系统由工业检测相机、与相机匹配的 12 mm 镜头、检测 LED 光源、图像处理控制器、光电耦合器、安装支架、显示器等硬件组成，见图 4。

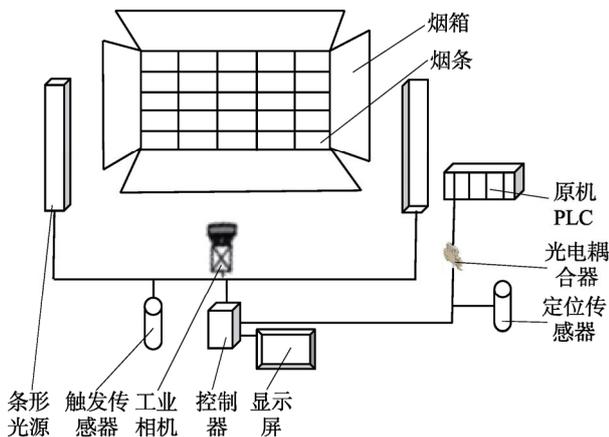


图 4 视觉检测系统硬件构成
Fig.4 Hardware composition diagram of vision inspection system

工业相机与 LED 光源通过触发脉冲对 25 条烟条进行定时拍照，拍摄图片通过处理控制器进行图像分析处理，判别烟条是否缺失，当定位信号检测到该件不合格品时，处理器送出高电平到光电耦合器进行隔离，隔离后的信号送入原机 PLC 控制器，通过调用原机控制程序，停供该件不合格品的封口胶带，并在 YP13 装封箱机出口进行准确剔除。停供封口胶带的

主要目的是为了操作工检查是否存在箱装缺条。

3.2 关键部件的安装实现

通过反复验证，为了实现特定空间相机及光源的安装，相机采用定制的安装支架，安装在 YP13 装封箱机一推推杆退回终点的推烟板上位置，该位置可对推入烟箱内的 25 条烟条进行全方位拍照，通过安装支架可以调整相机倾角，满足成像检测要求。光源采用 30~40 cm 长的 LED 条形光源，安装在烟条护板的有机玻璃上，通过安装支架可以旋转条形光源照射角度，使 2 根条形光源照射在 25 条烟条上的光线不产生光斑，满足拍照时烟条的光线亮度。相机及光源的安装见图 5。

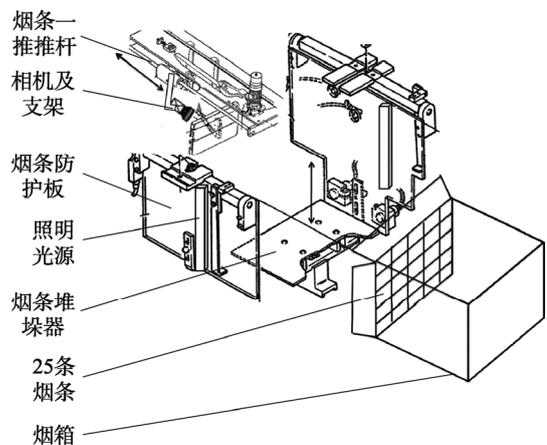


图 5 相机及光源的安装
Fig.5 Installation diagram of camera and light

在整个 25 条烟条堆码、提升及一推推杆送入烟箱的过程中，烟条的全景无法抓拍，只有在一推推杆退回且推烟板向上收回时，烟箱内的 25 条烟条才全部露出，此时触发拍照才能抓拍烟箱内的 25 条烟条，故触发信号传感器必须在该瞬间触发才能满足视觉检测的要求。经过验证，该传感器安装在一推推杆运行轨道上，刚好推烟板抬起时触发拍照，该触发信号启动光源频闪发光及相机拍照，从而实现箱内烟条的拍照检测。

3.3 图像信息的处理

YP13 装封箱机缺条视觉检测系统的触发脉冲取决于相机的安装位置、一推推杆上的推烟板抬起位置以及烟箱撑箱器收回位置。当一推推杆将 25 条烟条送入烟箱后退到终点时，推杆上的推烟板抬起，此时触发脉冲传感器动作，启动光源及相机拍照，见图 6，所拍摄到的烟箱内 25 条烟条图片通过专用数据线传输到控制器，控制器将拍摄图像与系统内的标准图像进行对比，经过图像预处理、图像定位、比较操作等算法，筛选出缺条图像，经过检测系统处理后输出一高电平坏烟信

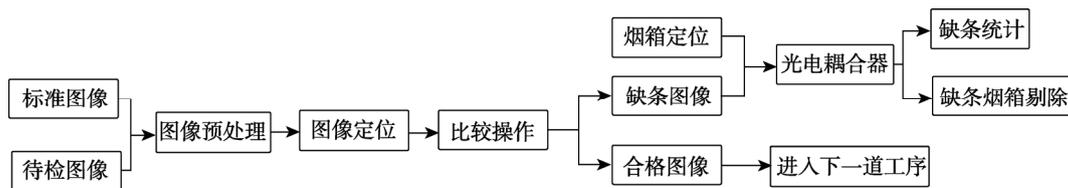


图 6 图像处理流程

Fig.6 Flow diagram of image processing

号，该信号与烟箱定位信号汇集、处理后输出高电平信号到光电耦合器，光电耦合器进行光电隔离处理后送入原机 PLC 控制系统输入点，通过 PLC 程序的编写与修改，控制系统完成箱装缺条烟箱封口胶带的停供、烟箱剔除和计数统计。反之，检测系统不对合格烟条图像进行处理，合格烟箱送入下一道工序。通过以上方式，实现检测信号和缺条信号的处理和传送，使原机 PLC 控制系统与成像检测系统互不干扰。

3.4 控制信息与控制程序的融合

运用 PC 编程器上的 SIMATIC Manager 软件，对 YP13 装封箱机控制程序进行修改，将撑箱器关断延时从 800 ms 修改为 1800 ms，延长撑箱器关断时间，保证拍照完成后重新启动撑箱器动作的关断，满足所有拍摄图像不受撑箱器影响。在原机 PLC 控制系统源程序的基础上增加一段程序，用于控制和管理箱装缺条视觉检测系统。设备运行时，如果视觉检测系统拍摄到箱装缺条图像，经过控制器处理后输出高电平到光电耦合器，光电耦合器输出高电平到 PLC 控制器，PLC 控制系统在接收到视觉检测输出的箱装缺条信号后，通过内部程序的运算处理，驱动封口胶带退回，断开烟箱胶带封口，并经过定位延时在 YP13 装封箱机出口剔除机构执行对该箱装缺条烟箱的准确自动剔除，实现 PLC 控制程序对视觉检测系统送入的箱装缺条信号的处理和计数统计，从而完成 PLC 控制程序和检测系统的融合。

3.5 实际应用

该视觉检测系统的安装运行，可以将 YP13 装封箱机产生的缺条产品进行有效检测、剔除及计数统计。通过试验来验证箱装缺条视觉检测系统的检测效果，对 5 台 YP13 装封箱机视觉检测系统安装前后原机缺条检测报警次数、下道工序返回的箱装缺条次数、缺条视觉检测剔除次数等指标进行为期 7 个月的随机抽样统计，见表 1，平均每月发生的缺条次数改造前后基本保持不变，由样本统计结果表计算样本平均值，其中样本总数 $n=7$ ，平均每月箱装视觉检测系统检测剔除的缺条次数为 4.4 次，由此可知，5 台 YP13 装封箱机平均每月被箱装缺条视觉检测剔除的不合格产品为 4.4 次，与改造前流入下一道工序的缺条次数基本一致，改造后下一道工序检测返回的缺条次数

为 0。设计的 YP13 装封箱机缺条视觉检测能准确检测并剔除生产中产生的箱装缺条不合格产品，满足生产需求，达到预期目标。

通过对在线产品的质量数据分析，该检测系统达到以下技术指标：缺条检测剔除率 $\geq 99.9\%$ ；误剔率 $\leq 0.02\%$ 。

表 1 安装视觉检测前后装封箱机缺条发生频次统计
Tab.1 Frequency statistics of missing carton on YP13 sealing machine before and after vision inspection installed

序号	安装前		安装后		缺条视觉检测剔除次数
	原机缺条检测报警次数	下道工序检测返回次数	原机缺条检测报警次数	下道工序检测返回次数	
1	6	5	5	0	5
2	8	2	7	0	5
3	4	4	5	0	4
4	6	6	6	0	5
5	5	5	8	0	3
6	6	4	7	0	4
7	7	4	6	0	5
平均	6.0	4.3	6.3	0	4.4

4 结语

针对 YP13 装封箱机缺条不合格品不能有效检测的问题，通过对视觉检测关键技术的研究，如安装支架的设计、PLC 控制程序的设计、视觉检测动态图像的采集等，可实现箱装缺条不合格产品的准确检测、自动剔除及计数统计。通过对 YP13 装封箱机缺条检测的研究，可及时解决生产设备存在的缺陷，该检测技术可推广应用于其他装封箱机上。

参考文献：

[1] 何权, 李诚, 汤炼. 烟条输送系统的优化改进[J]. 烟草科技, 2012(10): 28—30.
HE Quan, LI Cheng, TANG Lian. Improvement of Carton Conveying System[J]. Tobacco Science & Technology, 2012(10): 28—30.

[2] 李光, 林鹏. 包装生产线输送碰撞仿真及分析[J]. 包装工程, 2013, 34(19): 59—62.

- LI Guang, LIN Peng. Delivery Collision Simulation and Analysis of Packaging Production Line[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(19): 59—62.
- [3] 沈继斌. 烟条装封箱机的工作原理[J]. 包装与食品机械, 2006, 24(6): 54—55.
- SHEN Ji-bin. Working Principle of the Case Packer of Cigarette Carton[J]. Packaging and Food Machinery, 2006, 24(6): 54—55.
- [4] 刘峰, 房华, 李昌权. YP13 型烟条装封箱机的优化设计[J]. 机电信息, 2011(3): 27—28.
- LIU Feng, FANG Hua, LI Chang-quan. Optimal Design of YP13 Sealing Machine[J]. Mechanical and Electrical & Information, 2011(3): 27—28.
- [5] 姚猛, 张保永, 郭继文. 基于机器视觉烟箱缺条检测系统电气设计[J]. 机械制造与自动化, 2014(2): 201—203.
- YAO Meng, ZHANG Bao-yong, GUO Ji-wen. Design in Detection System Based on Machine Vision[J]. Machine Building & Automation, 2014(2): 201—203.
- [6] 张华军. 基于 SIWAREX FTA 称重技术的烟箱缺条检测及剔除系统设计[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(5): 29—31.
- ZHANG Hua-jun. Design of Carton Box Absent Packets Detecting and Sorting out System Based on the Weighing Technology of SIWAREX FTA[J]. Packaging and Food Machinery, 2012, 30(5): 29—31.
- [7] 邓春宁. γ 射线扫描技术在烟箱缺条检测中的应用[J]. 烟草科技, 2005(4): 25—26.
- DENG Chun-ning. Application of γ Ray Scanning in Carton-missing Detecting[J]. Tobacco Science & Technology, 2005(4): 25—26.
- [8] 杨进宝, 张盼. 电容式二维烟箱缺条检测系统[J]. 电子设计工程, 2011, 19(10): 74—76.
- YANG Jin-bao, ZHANG Pan. Capacitive Two-dimensional Detection System of a Shortage in Tobacco Box[J]. Electronic Design Engineering, 2011, 19(10): 74—76.
- [9] 陈晓森. 提高 SENZANI 装封箱机缺条检测系统性能[J]. 广西轻工业, 2010, 26(10): 81—82.
- CHEN Xiao-miao. Improve the Performance of the Test System of Carton-Missin for SENZANI Sealing Machine[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2010, 26(10): 81—82.
- [10] 何明东, 白波. 提高 YP11A 装封箱机缺条检测装置准确率[J]. 科技创新与应用, 2014(2): 11.
- HE Ming-dong, BAI Bo. Improve the Accuracy Rate of Carton-Missin Detection Device for YP11A Sealing Machine[J]. Science and Technology & Innovation, 2014(2): 11.
- [11] 李容恩. 提高 YP11A 型装封箱机缺层检测装置精确性[J]. 黑龙江科技信息, 2015(1): 30.
- LI Rong-en. Improve the Accuracy of Carton-Missin Detection Device for YP11A Sealing Machine[J]. Heilongjiang Science and Technology & Information, 2015(1): 30.
- [12] 杨绍胜. S7-300 PLC 和 PROFIBUS-DP 现场总线在 KDF2 滤棒成型机上的应用[J]. 烟草科技, 2007(7): 20—23.
- YANG Shao-sheng. Application of S7-300 PLC and PROFIBUS-DP in KDF2 Filter Rod Maker[J]. Tobacco Science & Technology, 2007(7): 20—23.
- [13] 刘学海, 韩东, 王斌, 等. 基于 IPC-PLC 的 PASSIM 卷接机组电控系统设计[J]. 烟草科技, 2010(11): 25—28.
- LIU Xue-hai, HAN Dong, WANG Bin, et al. Design of Electric Control System in PASSIM Filter Cigarette Maker Based on IPC-PLC[J]. Tobacco Science & Technology, 2010(11): 25—28.
- [14] 陈东青. 基于 PLC 与触摸屏的码垛工业机器人操作系统设计[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 84—88.
- CHEN Dong-qing. Design of Stacker Industrial Robot Operating System Based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 84—88.
- [15] 张杨. CV-751 视觉系统控制器在烟草机械设备的应用实例[J]. 应用能源技术, 2006(11): 13—16.
- ZHANG Yang. CV-751 Visual System Controller Examples of the Application of Mechanical Equipment in Tobacco[J]. Applied Energy Technology, 2006(11): 13—16.
- [16] 张向阳, 张进武, 覃志宏, 等. 基于机器视觉技术的卷烟小盒封签直线检测算法[J]. 烟草科技, 2008(3): 22—24.
- ZHANG Xiang-yang, ZHANG Jin-wu, QIN Zhi-hong, et al. Straight Line Detection Algorithm in Cigarette Packet Stamp Inspection Based on Machine Vision Technology[J]. Tobacco Science & Technology, 2008(3): 22—24.
- [17] 姚猛, 张保永, 郭继文. 基于机器视觉烟箱缺条检测系统电气设计[J]. 机械制造与自动化, 2014(2): 201—203.
- YAO Meng, ZHANG Bao-yong, GUO Ji-wen. Design in Detection System Based on Machine Vision[J]. Machine Building & Automation, 2014(2): 201—203.
- [18] 杨红亮, 徐国宝, 刘新乐, 等. 基于机器视觉的偏口桶旋压盖一体机应用研究[J]. 包装工程, 2016, 37(5): 135—140.
- YANG Hong-liang, XU Guo-bao, LIU Xin-le, et al. Research and Application of Eccentric Bung-hole Cap Screwing-Pressing Machine Based on Robot Vision Technique[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(5): 135—140.
- [19] 李旭, 王俊元, 曾志强, 等. 色差对机器视觉尺寸测量精度的影响研究[J]. 包装工程, 2015, 36(19): 93—96.
- LI Xu, WANG Jun-yuan, ZENG Zhi-qiang, et al. Influence of Chromatic Aberration on the Size Measurement Accuracy of Vision[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(19): 93—96.