

提高ZB45包装机缺卡纸烟包剔除率

——视觉检测系统在烟草行业的应用

杨宗龙, 韩松廷, 王竞超, 毕永秋

红塔集团玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2022年11月15日; 录用日期: 2022年12月14日; 发布日期: 2022年12月27日

摘 要

目前, 红塔集团出品的细支卷烟的生产任务主要由玉溪卷烟厂卷包一车间内的多套ZJ17-ZB45型机组承担。在生产过程中进行质检时发现, 玉溪(创客)牌号成品卷烟中存在烟包缺卡纸的质量缺陷问题, 而缺卡纸烟包主要由加装在ZB45包装机上的华龙迅达视觉检测系统进行检测剔除, 出现该问题说明检测系统对玉溪(创客)牌号卷烟缺卡纸烟包的识别剔除率低, 存在极大的质量隐患。因此本文介绍了一种玉溪(创客)牌号卷烟缺卡纸烟包判定算法, 对原视觉检测系统的算法进行升级, 能够提高视觉检测系统对玉溪(创客)牌号卷烟缺卡纸烟包的识别剔除率, 该方案通过实际生产运行证明了其有效性。

关键词

ZB45包装机, 缺卡纸烟包, 剔除率

Improve the Removal Rate of Missing Cardboard Cigarette Packs in ZB45 Packaging Machine

—Vision Inspection Systems in the Tobacco Industry

Zonglong Yang, Songting Han, Jingchao Wang, Yongqiu Bi

Hongta Tobacco (Group) Yuxi Cigarette Factory, Yuxi Yunnan

Received: Nov. 15th, 2022; accepted: Dec. 14th, 2022; published: Dec. 27th, 2022

Abstract

At present, the work assignment of Hongta Group's fine cigarettes is mainly undertaken by several

sets of ZJ17-ZB45 units in the first workshop of Yuxi cigarette factory. In the production process of Yuxi (Maker) brand cigarette, it is found that there is a lack of cardboard cigarette package in the finished product. That is to say, Hualong Xunda's visual inspection system installed on ZB45 packaging machine has a low rejection rate of Yuxi (Maker) brand cigarette, which has a great potential quality hazard. This paper introduces an algorithm for eliminating the cigarette packets without cardboard of Yuxi (Maker) brand cigarette. Through the upgrading of the original visual inspection system, it can improve the effective elimination rate of Yuxi (Maker) brand cigarette without cardboard by ZB45 packaging machine. The effectiveness of the scheme has been proved by actual production.

Keywords

ZB45 Packaging Machine, Cigarette Package without Cardboard, Rejection Rate

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 背景

近年来,细支卷烟(国家烟草专卖局就中式卷烟生产中,明确周长标准为 17 mm 左右,即上限标准为 18 mm,下限标准为 16 mm,焦油含量不得高于 8 mg/支的卷烟)凭借其新颖、低焦等特点备受大众关注,销量连年上升,已经成为中烟企业重要的销量增长点。目前行业内多家中烟企业对细支烟展开布局,研发新牌号细支烟抢占市场。红塔集团自 2016 年研制细支烟至今,已面向市场推出了“玉溪”系列“壹零捌”、“初心”、“创客”、“清香世家”、红塔山系列“传奇”等多个牌号的细支烟。

目前,细支卷烟的生产任务主要由玉溪卷烟厂卷包一车间内的多套 ZJ17-ZB45 型机组承担,在各方面努力协同下,已经形成了稳定的生产能力。在生产过程中,操作工反映在对玉溪(创客)进行质量检验中多次发现 CT 出口烟条中存在缺卡纸烟包,造成多次翻箱、长时间停机维修等问题。小盒缺卡纸为 A 类质量缺陷,为必须杜绝出现的质量缺陷,若缺卡纸烟包流入市场会严重影响品牌形象,给集团带来不良影响。在产品的成型过程中,华龙迅达视觉检测系统全程检测每包烟的产品质量,能够精准识别并剔除具有质量缺陷的烟包。对于在生产过程中发现的缺卡纸烟包没有被完全剔除的问题,本文作者展开了一系列的调查研究,最终通过对华龙迅达视觉检测系统算法的升级改进,提高了该类缺陷烟包的剔除率,减少了翻箱和停机维修次数,提高了机器效率和产品质量。

1.2. 视觉检测系统简介

机器视觉技术是计算机科学的一个重要分支,在近三十年中有迅猛的发展,在工业领域得到了重要的应用。机器视觉系统通过摄像头可以快速的、大量的获取信息,并且通过相应的程序自动进行数据处理,易于同设计信息及加工控制信息集成,因此,在现代自动化生产过程中,机器视觉系统被广泛用于工况监视、成品检验和质量控制等领域,在高速自动化的产品生产线中扮演着重要的角色。

视觉检测系统的基本原理是:通过专业的摄像头在工业生产现场采样待检测对象的图像,通过相应的算法将图像信号数字化传输到上位机内,在上位机内执行数字图像处理算法对数字化后的信号进行加工、处理,提取各种待检测对象的特征值,同时在此基础上进行模式识别,坐标计算,得到灰度分布图、明暗度/对比度图等结果信息[1][2]。

视觉检测系统通过生成的结果信息输出数据,同时向下游的机构发出控制信号,将输出结果传送到用户界面,整个流程实现了完全的自动化,无需人工干预。与传统的人工产品检测进行对比,基于机器视觉的自动化产品质量检测系统具有快速性(检测结果完成时间通常达到毫秒级别)、精确性(通过设定相应的阈值可以实现对产品质量的精细化控制)、可靠性(整个控制系统在实际工业场合得到验证,具有较强的抗干扰性以及长时间持续工作的能力)、数字化(输出结果清晰直观,便于操作、维护人员快速地对出现的问题进行溯源及处理)[3]。

目前华龙迅达的视觉检测系统在红塔集团玉溪卷烟厂的 ZB45 细支包装机组上得到了广泛的应用,对产品质量的保障起到了重要的作用。

1.3. 业内对于剔除缺卡纸烟包技术的研究简介

目前各家中烟机构对于缺卡纸烟包的检测剔除仍然以视觉检测系统的运用为主,针对 GDX2 原机自带光电开关检测器剔除局限性问题,古劲声、曾建针对采用拍照图像对比的视觉检测技术对缺卡纸烟包进行识别剔除[4],李华文、曾京威、张鸿等针对卡纸与铝箔纸颜色图案相近时视觉检测装置剔除不完全的问题,使用激光探测器通过卡纸和铝箔纸的反射程度不同加强剔除[5],陶栩、薄立朗、代怡等选用高灵敏度光泽度检测器以高频率红外光作为检测媒介,依靠卡纸表面光滑度、反光度与相邻其他材料的差异,来实现缺卡纸检测[6]。

实际生产应用中,激光探测器与光泽度检测器检测范围有限,对于局部卡纸破损缺失检出率较低且受 LED 光源干扰下误剔率较高,行业内普遍采用视觉检测系统,利用图像对比灰度值、几何形状的方式剔除缺卡纸烟包[7]。

2. ZB45 包装机华龙迅达视觉检测系统存在的问题

2.1. ZB45 型细支卷烟包装机华龙迅达视觉检测系统简介

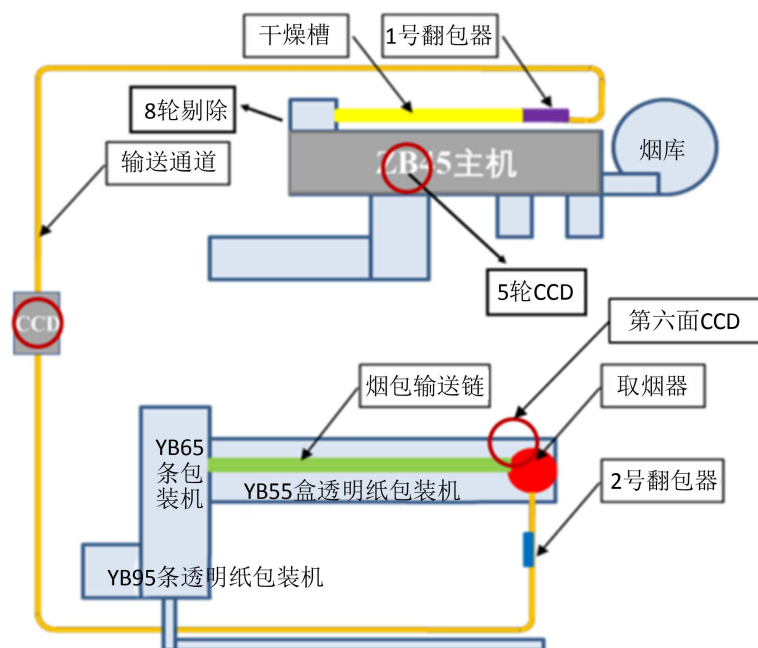


Figure 1. ZB45 packaging machine Hualong Schindler vision inspection system
图 1. ZB45 包装机华龙迅达视觉检测系统

如图 1 所示, ZB45 型细支卷烟包装机主要由 YB45 硬盒包装机、小包输送系统、YB55 盒包透明纸包装机、YB65 条盒包装机及 YB95 条盒透明纸包装机组成。华龙迅达视觉检测系统主要通过 YB45 硬盒包装机五轮顶部、小包输送系统输送通道、YB55 盒包透明纸包装机入口处三个部位加装相机进行在线检测并在其他部位进行剔除。

ZB45 型细支卷烟包装机组加装的华龙迅达视觉检测系统对质量缺陷烟包的检测剔除原理是: 通过加装的三个部位的硬件相机实时拍照记录小盒六个面图片并传输到软件系统, 软件系统采用像素点、灰度值、直方图、找边等工具识别产品图片, 找出具有质量缺陷的烟包, 并精确地发出相应的剔除控制信号传输到剔除机构, 剔除机构接收到剔除控制信号后立即动作, 实现对相应缺陷烟包的快速、准确剔除。

2.2. 华龙迅达视觉检测系统对缺卡纸烟包剔除原算法原理

华龙迅达视觉检测系统采用直线检测(找边)工具、对比度/亮度工具、像素点工具来分析烟包的卡纸是否存在, 并将具有缺陷的烟包进行控制剔除。

其系统的具体原理是: 当直线工具检测到烟包卡纸开口的三条直线(边)中任意一条时, 视觉检测系统即判定该烟包的卡纸存在, 系统不判定剔除, 反之则进行剔除[8]。

像素计算、对比度/亮度两个工具都是通过计算图片的像素点、对比度、亮度并与预先设定的区间值进行比较而进行剔除的。当没有卡纸的烟包出现时, 像素计算以及对对比度/亮度工具输出的结果与正常烟包的输出结果存在较大的差异, 通过对大量图片数据进行分析, 选取合适的阈值, 在理论上可以实现对缺卡纸烟包的完全剔除[9]。



Figure 2. Picture of four fine cigarette products in the industry

图 2. 四款行业内细支烟产品图



Figure 3. Fine count maker box, inner frame paper and inner liner paper

图 3. 细支创客小盒、内框纸、内衬纸图

如图 2 所示为行业内多款细支烟产品,其卡纸、铝箔纸材料普遍采用单色、无图案或者固定图案的方式包装。由于颜色团单图案单调可简单,比较容易检测识别。

如图 3 所示为玉溪创客产品,其卡纸、铝箔纸材料普遍采用多色、多图案包装。

在实际工作中,通过大量的生产现场数据得知,当卷烟牌号采用单色印刷、无图案、无花纹的卡纸以及内衬纸时,华龙迅达视觉检测系统对缺卡纸烟包的剔除率较高,接近 100%剔除,而当卷烟牌号的卡纸、内衬纸上印有复杂图案时,由于上述工具的局限性,输出结果具有较大的不稳定性,与视觉检测系统剔除判定算法本身缺陷以及卡纸、内衬纸的印刷质量有关,其剔除率始终无法做到 100%。

通过对生产现场进行试验得知,华龙迅达视觉检测系统对具有复杂图案、色彩的玉溪(创客)缺卡纸烟包的剔除率仅为 96%,未能完全剔除缺卡纸烟包,无法满足现代卷烟工业对产品质量的严苛要求。

2.3. 华龙迅达视觉检测系统对玉溪(创客)品牌缺卡纸烟包的剔除分析

玉溪(创客)牌号卷烟的内衬纸上印刷有大量不同颜色、不同形状图案。当视觉检测系统采用找边工具来对缺卡纸烟包进行判定时,通过研究发现,这些图案存在一定的几率被视觉检测系统误识别。

当卡纸缺失时,找边工具仍存在一定的几率在创客彩色内衬纸上找到相应边,此时系统仍然判定该烟包的卡纸完整,产品合格,从而导致卡纸缺失的烟包无法完全剔除,因此,找边工具具有一定几率将卡纸缺失的烟包判定为合格烟包,因此采用找边工具其剔除率无法做到 100%。

与普通牌号卷烟比较而言,玉溪(创客)有八种不同类型、不同颜色的卡纸,同时内衬颜色和图案多样化。当视觉检测系统采用像素计算、对比度/亮度两个工具来对缺卡纸的烟包进行判定时,由于这两种工具均为彩色检测工具,在色彩变动较大时检测效果波动较大,同时无法使用彩色滤波工具对拍摄到的产品照片进行颜色过滤,因此在使用这两种工具时,预设定的区间值需很大才能进行使用,效果往往不理想,通过在生产现场的大量试验发现,视觉检测系统使用像素计算、对比度/亮度两个工具仍然无法实现对缺卡纸烟包的完全剔除。

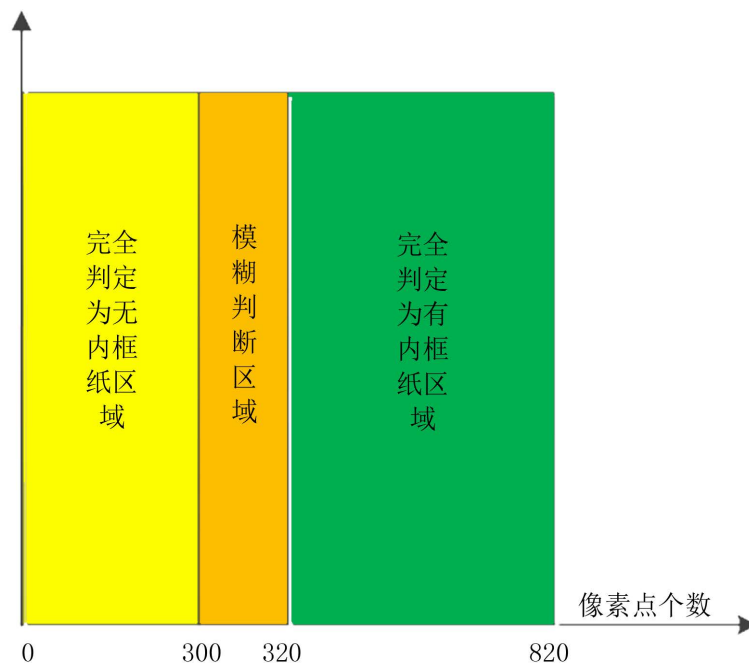


Figure 4. The Pixels tool in production outputs an interval plot
图 4. 生产环境下像素点工具输出区间图

如图 4 所示为实际生产环境下生产玉溪(创客)牌号卷烟时,视觉检测系统采用像素点工具时的输出区间图,其中黄色为完全剔除区,即系统绝对判定烟包的卡纸缺失;绿色为合格品区域,即系统完全判断烟包卡纸完整;橙色为交叉区,此时视觉检测系统算法没有固定的输出,存在误检或者漏检情况,当处于橙色区时,视觉检测系统无法有效剔除。因此,采用像素点、对比度/亮度工具时,视觉检测系统输出波动较大,存在模糊判断区,因此采用所述两种工具时其剔除率无法做到 100%。综上所述,华龙迅达视觉检测系统对缺卡纸烟包剔除原算法存在一定的缺陷,需要重新设计检测算法来对具有缺卡纸缺陷的烟包进行判定剔除,同时该算法的运行时间需要进行控制,若算法运行超时,则缺陷烟包已经脱离剔除机构,剔除无效。

3. 玉溪(创客)牌号卷烟缺卡纸烟包剔除算法

结合玉溪(创客)牌号卷烟包装材料的特殊性,可以考虑通过识别内衬纸或者上的图案来分析判定烟包卡纸是否缺失。

3.1. 基于内衬模板匹配的缺卡纸烟包判定算法



Figure 5. Yuxi (Chuangke) lining pattern and algorithm detection area
图 5. 玉溪(创客)内衬图案及算法检测区域

结合图 5 通过分析发现,玉溪(创客)内衬纸上印刷的图案主要有:房子、高楼、塔、飞机、袋鼠、公交、汽车、地球、风车、花、时钟、云朵、树、相机、帆船、指路牌、椰子树、公文包、仙人掌箭头等二十多个图案。图案颜色主要包括蓝色、绿色、棕色、黄色四种。

如图 3 所示,设定红色框范围为剔除检索区域,如果在剔除检索区域内匹配到内衬图案模板,则表示该烟包卡纸缺失,内衬裸露,不符合产品质量要求。

基于内衬模板匹配的缺卡纸烟包判定算法的数学表达式:

本文所述符号“+”表示逻辑运算中的“或”。

设 $X_i (i=1,2,3,4,\dots)$ 表示所选用的 N 个检测模板, $f(x)$ 为自变量大于 0 而输出为 1 的函数,则视觉检测系统判定卡纸缺失,进行剔除的条件如下所示:

$$\sum f(X_i) < 1$$

即 $f(X_1) + f(X_2) + f(X_3) + f(X_4) + \dots + f(X_{21}) < 1$ 。

通过在生产现场的实际运行发现,由于出现在相机计算识别区域(红色框范围)的内衬上图案种类繁多、色彩复杂,随机性较强,因此需要设置二十个以上模板,难度大且容易降低机器灵敏度,同时算法的时间复杂性也较高,当设备处于高速运行工况时,容易出现漏剔现象。

3.2. 基于内框纸模板匹配的缺卡纸烟包判定算法

如图 6 所示, 玉溪(创客)共计使用八种图案内容的卡纸。因此出现在相机计算识别区域内的图案固定为八种, 因此编写判定算法时需要设定的模板数较少, 难度较低。



Figure 6. 8 kinds of jammed paper template pictures of Yuxi (Chuangke)
图 6. 玉溪(创客)8 种卡纸模板图片

基于内框纸模板匹配的缺卡纸烟包判定算法的数学表达式:

设 $X_i (i = 1, 2, 3, 4, \dots)$ 表示所选用的 N 个检测模板, $f(x)$ 为自变量大于 0 而输出为 1 的函数, 则视觉检测系统判定卡纸缺失, 进行剔除的条件如下所示:

$$\sum f(X_i) < 0$$

即 $f(X_1) + f(X_2) + f(X_3) + f(X_4) + \dots + f(X_8) < 0$ 。

基于内框纸模板匹配的缺卡纸烟包判定算法的原理为只要检测到一个模板便不进行剔除。



Figure 7. Select the missing paper detection retrieval area and the template area
图 7. 选择缺卡纸检测检索区域以及模板区域

如图 7 所示, 选择红色框内范围作为检索区域, 使模板匹配范围与五轮检测器检测范围一致。选择蓝色框内范围为模板区域, 能够精准识别和区分八张卡纸特征。通过设定相同的检索区域和八个模板区域, 可以实现完全覆盖。由于所需要检索的模板数比较少, 因此相较于基于内衬模板匹配的缺卡纸烟包判定算法而言, 基于内框纸模板匹配的认识算法时间复杂性较低, 可靠性较高, 比较适合应用于生产实际。

综上所述, 本文选择基于内框纸模板匹配的缺卡纸烟包判定算法作为最终结果。

4. 算法应用与结论

本文作者将基于内框纸模板匹配的缺卡纸烟包判定算法运用到华龙迅达视觉检测系统并验证升级后的系统剔除有效性。为了验证改进效果, 对生产玉溪(创客)的 ZB45 包装机进行改进前后对比实验并记录相关数据, 得到如表 1 所示实验结果:

Table 1. Vision inspection systems improve the rejection rate of missing paper cigarette packs before and after
表 1. 视觉检测系统改进前后缺卡纸烟包剔除率

实验序号	1	2	3	4
改进前剔除率	97%	98%	93%	96%
改进后剔除率	100%	100%	100%	100%

通过实验可以看出, 通过改进视觉检测系统的相关剔除算法, 使得视觉检测系统对玉溪(创客)缺卡纸烟包的剔除率从 96% 提升到了 100%, 实现了完全剔除, 验证了改进后的剔除算法的有效性。

参考文献

- [1] 韩芳芳. 表面缺陷视觉在线检测关键技术研究[D]: [博士论文]. 天津: 天津大学, 2011.
- [2] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津: 天津大学出版社, 2000.
- [3] 刘崧, 戚小平, 钟双英. CCD 摄像机原理及应用[J]. 中国有线电视, 2005(14): 1417-1419.
- [4] 梁吉, 蒋式勤, 沈立纬. 视觉检测系统及其应用[J]. 微计算机信息(测控仪表自动化), 2003(12): 44-45.
- [5] 陈洋, 张林. 工业视觉检测系统及应用[J]. 科技展望, 2015(16): 119-119, 121.
- [6] 张明琰, 张楠. 工业视觉检测器在 ZB45 型卷烟封装机质量检测系统中的嵌入式应用[J]. 工业控制计算机, 2019, 32(4): 158, 160.
- [7] 古劲声, 曾建. GDX2 包装机内框纸检测装置的研制[C]//中国烟草学会. 中国烟草学会 2015 年年会论文集. 北京: 中国烟草学会, 2011: 1-9.
- [8] 李华文, 京威, 张鸿, 等. 一种包装机内框纸缺失检测装置[P]. 中国专利, 2020224496298. 2021-09-28.
- [9] 陶栩, 薄立朗, 代怡, 等. 硬盒包装机内框纸检测装置[P]. 中国专利, 2019216167258. 2020-07-28.