

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)03-0133-05

基于机器视觉的条盒缺包检测设计

崔向东, 王生飞, 李峰, 张金钢, 李运腾

(山东中烟工业有限责任公司济南卷烟厂, 山东 济南 250100)

摘要:针对 YB65A 型“双铝包”中支异形包装机生产阶段频发的缺包条盒漏检难题,设计一套基于机器视觉的在线检测系统。系统以基恩士图像处理器为核心硬件,对进入 CT 成型仓的烟包组执行触发式图像采集,通过二值化滤波算法完成图像预处理,依托处理器内置算法提取烟包组轮廓与数量特征,以单条盒烟包组满额 10 盒为判定阈值,实现缺包条盒的精准识别。当检测到烟包组数量未达标时,系统检测相位迅速接收信号,驱动剔除机构完成不合格品在线分拣,同时将剔除数据上传至上位机实时显示。为验证系统可靠性,在成型仓各烟包预设位置依次取走单盒烟包,经复位开机开展全工况准确性测试。实验结果表明,该系统可实现烟包组数量的实时动态监控,缺包条盒识别与剔除准确率达 100%,有效解决了该机型缺包漏检技术瓶颈,为卷烟包装装备的质量管控升级提供了工程化解决方案。

关键词:机器视觉;条盒缺包检测;YB65A 包装机;基恩士 CV5000;二值化;图像处理;在线质量检测

中图分类号: TP277;TS438

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2026)03-0133-05

Design of carton missing packet detection based on machine vision

CUI Xiangdong, WANG Shengfei, LI Feng, ZHANG Jingang, LI Yunteng

(Jinan Cigarette Factory, Shandong China Tobacco Industry Co., Ltd., Jinan 250100, Shandong, China)

Abstract: Aiming at the persistent problem of missed detection of cartons with missing packets during the production process of the YB65A "double aluminum-wrapped" medium-sized special-shaped packaging unit, this study establishes an online detection system based on machine vision. Taking the Keyence image processor as the core hardware, the system performs triggered image acquisition on the cigarette packet groups entering the CT forming bin, completes image preprocessing through the binarization filtering algorithm, extracts the contour and quantity features of the cigarette packet groups relying on the built-in algorithm of the processor, and takes the full quantity of 10 packets per carton as the judgment threshold to achieve accurate identification of cartons with missing packets. When the detection result shows that the quantity of the cigarette packet group fails to meet the standard, the detection phase of the system quickly receives the signal, drives the rejection mechanism to complete the online sorting of unqualified products, simultaneously uploads the rejection data to the upper computer for real-time display, and triggers sound and light alarms synchronously. To verify the reliability of the system, single cigarette packets are successively taken away from the preset positions of each cigarette packet in the forming bin, and full-condition accuracy tests are carried out after resetting and starting the machine. Experimental results show that the system can realize real-time dynamic monitoring of the quantity of cigarette packet groups, with the accuracy rate of identifying and rejecting cartons with missing packets reaching 100%. It effectively overcomes the technical bottleneck of missed detection of missing packets of this model, and provides an engineering solution for the quality control upgrading of cigarette packaging equipment.

Keywords: machine vision; carton missing packet detection; YB65A packing equipment; KEYENCE CV5000; binarization; image processing; online quality control

在现代烟草工业中,包装技术的革新对于提升产品质量、增强市场竞争力具有至关重要的作用。YB65A 型“双铝包”中支异形包装机,作为上海烟草机械有限责任公司基于 YB65 型高速卷接包机组创新开发的新型设备,其独特的封装方式在行业内引起了广泛关注。该机组最大的特色在于,一个烟盒内含有两个独立的铝箔烟包,并且条盒封装方式采用 10 盒烟包竖立平行排列,这种非传统的“五包平列,上下两层”卧式封装方式^[1],不仅提升了包装的视觉效果,还对传统的缺包检测技术提出了新的挑

战。传统的电感式、光子透射式、负压式等条烟缺包检测装置^[2],在面对这种新型封装方式时,由于无法准确识别烟包间的细微差异,导致检测效果并不理想。原机自带的电容式缺包检测虽然在一定程度上能够识别烟包的存在与否,但受到车间温湿度变化和金属镀膜材料的影响,误检率频发,严重影响了生产效率和产品质量。随着机器视觉技术的日益成熟,其在自动化检测领域的应用也越来越广泛。机器视觉系统通过工业相机捕捉被检对象的图像^[3],利用数字图像处理技术提取有效特征,实现非接触

收稿日期:2024-07-08;录用日期:2024-07-24

作者简介:崔向东(1989—),男,本科,助理工程师,研究方向:自动化控制,仪器计量检定。

引用本文:崔向东,王生飞,李峰,等.基于机器视觉的条盒缺包检测设计[J].自动化技术与应用,2026,45(3):133-137.(CUI Xiangdong, WANG Shengfei, LI Feng, et al. Design of carton missing packet detection based on machine vision[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026,45(3): 133-137.)

式的尺寸测量、产品定位和缺陷识别。金怀国^[4]等人曾针对烟包检测系统进行了机器视觉技术的研究。通过对堆叠烟包组进行滤波处理,判断连续五个堆叠烟包中是否存在烟包缺失。然而,由于检测位置到烟包组封条之间还存在多项传输工序,这种方法并不能完全避免缺包条盒的漏检。为了解决这一问题,利用 YB65A 型包装机成型仓处 10 盒烟包竖立排列的特点。在此处对即将进入条盒内的烟包组图像进行滤波处理^[5],并运用机器视觉处理技术,精确识别并剔除出缺包条烟。这一创新性的解决方案,不仅有效减少了机械设备生产过程中的条盒缺包质量隐患,还提高了整个生产线的稳定性和效率。

1 系统方案设计

1.1 整体构架设计

如图 1 所示,视觉缺包检测系统主要由四个核心部分组成,分别是图像采集组件、图像处理器、触发检测开关及外围设备。在这个系统中,各部分协同工作,实现了对包装过程中烟包缺包问题的精准检测。当包装机开始运行时,最终推烟杆触发光电检测开关,工控板一旦接收到信号,就会向图像采集组件发出拍照指令。位于成型仓^[6]下方的相机拍摄到即将推入条盒内的一组烟包。图像处理器会根据预先设置的检测框,在图像中寻找特征较为明显的区域,并使用阈值分割及形态学算法对图像进行识别处理。当检测框内烟包的二值化识别结果超出识别阈值^[7]时,处理器就会判断该烟包为不合格品。然后,处理器向包装机组发出剔除信号。接收到剔除信号的包装机组控制柜将对应缺包的条盒从生产线中剔除,确保了产品质量。同时,包装机的人机界面会显示剔除原因,方便操作人员了解问题所在。经过调整和试运行,整套视觉缺包检测系统能够准确有效地检测出条盒缺包问题。此外,该系统还具有一定的补充检测功能,即对检测范围内的小盒破损、褶皱等外观问题也能进行检测剔除。这大大提高了包装过程的质量控制水平,保证了产品的合格率。

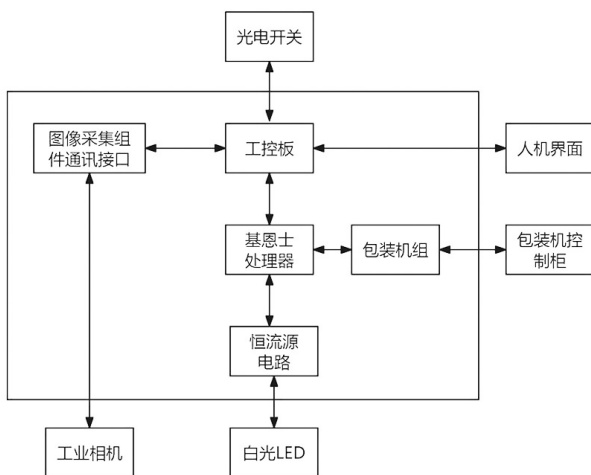
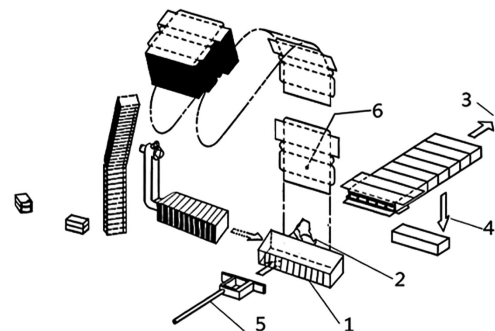


图 1 视觉缺包检测原理图

Fig. 1 Schematic diagram of visual defect detection

1.2 系统硬件设计

视觉缺包检测系统的图像采集组件是整个检测系统的核心,它包括照明系统、工业相机。照明系统采用 CA-DC20E 照明扩展系统,旨在提供均匀且稳定的照明环境,以确保相机准确捕捉烟包图像。工业相机选用基恩士 CV-H500M 系列 CCD 工业相机^[8],它具有高分辨率、高灵敏度、低噪声等优点。相机安装于 YB65A 包装机成型仓下方,由下向上拍摄即将进入条盒内的烟包组。具体位置如图 2 所示。采集卡将相机捕捉到的图像数据传输给图像处理器。图像处理器选用基恩士 CV5000 系列处理器,它具有强大的图像处理功能和高速数字信号处理器。通过使用两个数字信号处理器^[9],可以实现并行处理,提高检测速度和精度。触发间隔为 30 ms,可执行检测次数为 2 000 次/min。完全能够满足 YB65A 机型的运行速度。该处理器还具有丰富的输入输出接口,可以方便地与其他设备进行连接和控制。



1—成型仓烟包组;2—相机位置;3—最终推烟杆位置;
4—剔除位置;5—推烟杆;6—条盒包装纸

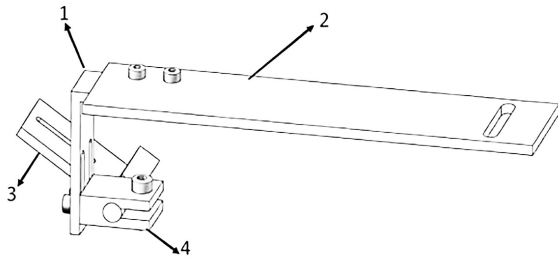
图 2 相机安装位置图

Fig. 2 Camera installation location diagram

接近开关安装位置关乎着相机能否采集到完整的烟包组图像。在生产线上,烟包组在推烟杆的推动下由成型仓向前运动进入条盒。将相机触发时间放置在烟包组从成型仓到被条盒完全封装之前的这一小段过程中。因此,需要选择一个合适的位置来触发相机拍摄。根据 YB65A 条盒包装机的传动结构,推烟杆与最终推烟杆的动作有对应关系。选用接近开关 NJ4-12GM40-E2-V1,用于检测最终推烟杆的移动。在推烟杆将成型仓内烟包全部推入条盒前,利用传感器产生触发信号,完成对条盒内烟包的拍摄,可以保证缺包检测能够识别烟包组所有烟包^[10]。通过对不同相位拍摄的烟包仓内烟包组成像效果筛选,触发时刻为条盒包装机相位 40 度时,相机拍摄的烟包组图像最为理想,图像滤波能够涵盖到进入条盒内所有烟包。此时,接近开关会向图像处理器发出高电平信号,触发图像采集组件拍照和照明系统补光^[11]。

外围设备包括相机支架、中间继电器、闪光灯功率放大器辅助器材。相机支架用于固定工业相机和照明系统,保证拍摄角度和位置的准确性。中间继电器用于将图像处理器的坏烟信号传递给条盒包装机,实现计数、剔除

功能。闪光灯功率放大器利用图像处理器给出的补光信号驱动光源^[12]。如图3所示,相机固定支架选用铝质材料制成,具有较高的稳定性和耐用性。该支架通过支撑板1安装在YB65A包装机机身上,相机安装板3用于固定相机,并添加了防震垫和缓冲层,既能够稳定地固定相机,又减少了机器振动带来的位移。转轴座4能够使相机上下左右移动,可以使相机由下向上拍摄推入条盒前的烟包组运行过程^[13]。支架整体结构为悬臂式支架,具有较好的调节性,确保在拍摄过程中不会出现晃动或振动。



1—支撑板; 2—L型支架板; 3—相机安装板; 4—转轴座

图3 检测相机安装支架

Fig. 3 Camera mounting bracket

1.3 系统软件设计

视觉缺包检测系统的程序主要分为3个部分:拍照与照明控制、图像处理设计和包装机程序设计。视觉缺包检测装置整体安装于包装机小盒推烟成型料仓部位,包装机组开机运行后,位于小盒烟包料仓后部的推烟杆开始推烟,当光电开关检测到最终推烟杆向前推动条盒时,光电开关向图像处理器发出高电平信号,触发图像采集组件拍照和照明系统补光,基恩士图像处理器对采集图像数据进行二值化滤波处理^[14]。当处理器判定推入条盒烟包组不足10盒时,处理器通过中间继电器向下游机发出剔除信号并报警。整体控制流程如图4所示。

1.3.1 拍照与照明控制

拍照与照明控制程序其主要是精确操控工业相机与照明系统。其主要工作流程是:当接近开关检测到最终推烟杆向前推动条盒的瞬间,拍照与照明控制程序便会立即启动。程序触发相机进行拍摄,并同时激活照明系统进行补光。补光信号与拍照信号在光电子开关输入为高电平时被置位,以确保图像采集的清晰度。在完成一次图像采集后,拍照与照明控制程序会输出信号,使补光与拍照信号同时复位。这一过程为下一次图像采集作好准备,保障检测过程的连续性与稳定性。随后,图像数据将由基恩士CV5000图像处理器进行处理,得出判定结果。

1.3.2 图像处理程序设计

图像处理程序主要负责对接收到的图像数据进行深度处理和精确分析。通过运用先进的算法,程序能够对图像中的特征进行高效提取和对比,从而实现缺包条盒的检测。当检测到推入条盒的烟包组不足10盒时,程序会自动判定该条盒为不合格品。此时,程序立即输出剔除信号和报警信号,以通知生产线工作人员及时采取措施。

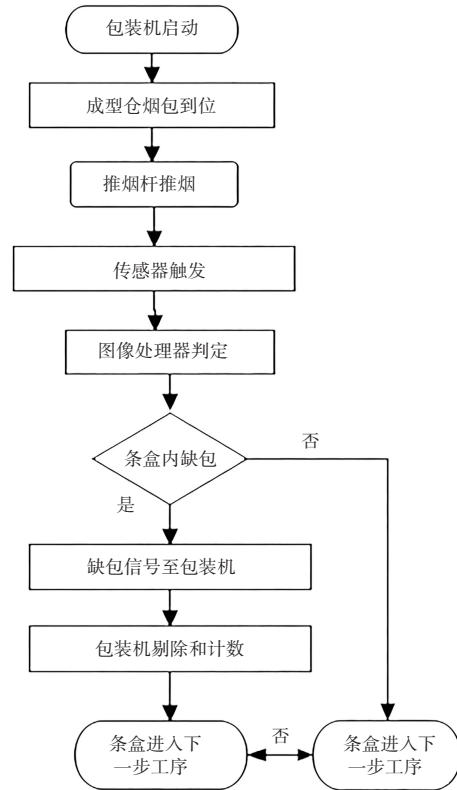


图4 视觉缺包检测整体控制流程图

Fig. 4 Overall control flow chart of visual packet loss detection

基恩士 CV5000 图像处理器接收到的推入条盒烟包组拍摄图像如图5所示。图像的整体处理方式是通过对拍摄图片进行区域划分。具体而言,基恩士 CV5000 图像处理器将烟包组中的每一盒烟包划分为一个独立的检测区域。在单次图像处理过程中,总共划分为10组检测框,每组检测框负责检测一个烟包。为确保每个检测框能够准确地对应到固定的烟包位置,处理器通过X轴和Y轴对其位置进行校正。这种位置校正技术能自动调整检测框的位置,使其与实际的烟包位置完全吻合,从而提高检测准确性,并有助于减少因位置偏差而引发的误检现象。检测程序采用的是二值化滤波处理方法。将拍摄到的小盒烟包图像进行二值化处理,使图像中的烟包部分呈现为白色,背景部分呈现为黑色。当所有检测框均成功检测到烟包时,相应的检测框也会显示为白色。处理器将检测到的烟包组判定为合格烟包组,否则,则将相对应条盒判定为缺包条盒并予以剔除。



1~10—缺包检测框; 11—X轴定位框; 12—Y轴定位

图5 视觉检测系统处理图

Fig. 5 Processing diagram of visual inspection system

图像二值化其主要目的是将灰度图像转换为二值图像,使得图像中的像素点呈现出只有黑色和白色两种视觉效果。在这个过程中,灰度值被设定为0或255。二值化滤波器会设定一个灰度均值,然后根据这个均值对图像中的每个像素点的灰度值进行判断,从而实现图像的二值化。在二值化滤波过程中,目标像素点的灰度值会被分为两个值。这两个值分别代表了像素点高于和低于灰度均值的灰度值。接下来,将每个像素点的灰度值与设定的灰度均值进行比较。如果像素点的灰度值高于灰度均值,那么它的灰度值会被设置为255,此时图像显示为白色;反之,如果像素点的灰度值低于灰度均值,那么它的灰度值会被设置为0,此时图像显示为黑色。这个过程可以用公式(1)来表示。

$$g(x,y) = \begin{cases} 255 & f(x,y) \geq T \\ 0 & f(x,y) < T \end{cases} \quad (1)$$

式中, $f(x,y)$ 为图像矩阵灰度值, $g(x,y)$ 为二值化后的图像矩阵, T 为灰度均值。

由于烟包仓内缺少烟包时空槽灰度值远小于烟盒存在时的灰度值,因此,将烟包存在灰度值的最小值作为灰度均值 T ,而空槽灰度值必然小于灰度均值 T 。对于单个小盒检测框来说,当检测区域因为缺少烟包出现空槽时,会呈现出有烟包部分显示为白色,空槽部分显示为黑色。处理图像如图6所示。将检测方式设置为检测黑色,并设定检测阈值“ G ”。当检测图像二值化滤波黑色部分超过设定阈值“ G ”时,检测框判定检测区域内无烟包,条盒为缺包状态。图像处理器的OR端子输出坏烟信号,利用中间继电器将坏烟判定信号传输至包装机N21J42的CH1,此时输出信号为高电平。



图6 检测框图像二值化滤波图

Fig. 6 Image binarization filter map of detection box

1.3.3 包装机程序设计

当条盒被判定为缺包时,条盒缺包检测相位接收到缺包检测输入信号,自动将缺包条盒从生产线上剔除,并将剔除信息显示在上位机屏幕中,向操作员发出报警信号,提示条盒缺包。同时条盒计数器加1,避免对其他产品造成影响。在执行这些操作时,包装机程序会通过中间继电器将信号传递给条盒包装机,实现计数、剔除功能。此外,视觉缺包检测系统还具有自检功能,当检测到自身故障时,会向包装机发送停机信号,避免对生产造成影响。

如图7所示,YB65A包装机在缺包检测相位时,通过接收来自视觉缺包检测系统的输入信号来判断烟包组是否存在缺包现象。当检测到信号为高电平,即说明推烟杆推入的烟包组时存在缺包。包装机应将缺包的烟包组剔除。当烟包组被判定为缺包条盒时,包装机根据预先设

定的工位顺序,继续完成条盒成型过程。具体来说,推烟杆会将工位号为123的烟包组推入,完成条盒成型。然而,由于存在缺包现象,这个烟包组会被标记为剔除产品。同时,条盒缺包计数器会加1,以记录这一次的缺包情况。随着设备运行的持续,烟包组会在127工位被剔除。在上位机中,可对条盒缺包的相关参数进行调整。

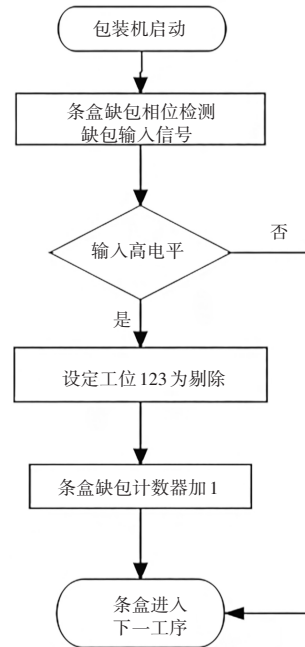


图7 包装机程序结构

Fig. 7 Package machine program structure

2 应用效果

2.1 试验设计

材料“泰山”牌小盒及条盒卷烟包装材料,产品规格为异型双铝包中支烟。均由山东中烟工业有限责任公司济南卷烟厂提供。

设备,YB65A异型卷接包装机组(上海烟草机械有限责任公司),包装机组额定生产能力20条/min。机器视觉缺包检测装置。

测试方法分为两步进行,第1步是检测剔除装置的准确性,测试机器视觉缺包检测是否存在漏检和漏剔的问题。第2步是统计机器视觉缺包检测拍摄照片张数,并补充人工称重检测进行验证,观察正常工况下视觉缺包检测装置的检测有效性。

测试方法1。在烟包成型仓内各个烟包位置分别取出一盒烟包,复位开机测试检测系统的报警剔除准确性。拿出顺序由检测框1-10对应的烟包位置依次循环拿出,检测框点位对应烟包如图4所示。每个烟包部位循环测试5次。共测试50次。

测试方法2。选用条盒称重电子天平对机器视觉缺包检测装置验证。称重要求为产品单条重2500g,上下浮动正负240g。当单条产品重量低于2260g时判定为缺包。选取时间按照视觉缺包检测装置安装后的7d为

测试时间。检查7d内机器视觉检测装置存储缺陷图像,统计出其中的误检测图像和漏检测图像,视觉缺包检测准确率利用式(2)计算。

$$\text{准确率} = \frac{\text{条盒缺失烟包剔除次数}}{\text{测试条盒缺失烟包次数}} \times 100\% \quad (2)$$

2.2 数据分析

由表1可见在非正常工况下从烟仓内分别拿出小盒烟包,人工制造不同位置缺包缺陷时,视觉缺包检测装置能够100%检测出条盒缺包故障。各个检测点能够准确识别出在烟包进入条盒时,各自位置对应的小盒烟包是否存在。

由表2可见,在正常工况下,视觉缺包检测装置对条盒缺包检出准确率为100%。平均班次检测条盒缺包数为3.7条,误检测率小于0.033%。误触发现象多为推烟杆空推造成,通过筛查分析检测照片未发现漏检测图像,视觉缺包检测漏剔除为0条。通过称重未检测出缺包条盒。

表1 缺包检测装置剔除准确性记录表

Tab.1 Elimination accuracy record of packet missing detection device

检测点	测试次数	剔除次数	剔除准确率/%
0 1	5	5	100
0 2	5	5	100
0 3	5	5	100
0 4	5	5	100
0 5	5	5	100
0 6	5	5	100
0 7	5	5	100
0 8	5	5	100
0 9	5	5	100
1 0	5	5	100

表2 检测装置剔除数量统计对比

Tab.2 Statistical comparison of the number of rejection of detection device

日期	当班产量/条	检测图像/张	检测缺陷图像/张	误检测图像/张	漏检测图像/张	人工称重检测/条	误检测率/%
4月17日	5 410	5 411	5	1	0	0	0.018
4月18日	5 817	5 818	3	1	0	0	0.017
4月19日	5 618	5 618	6	0	0	0	0.000
4月20日	5 998	6 000	1	2	0	0	0.033
4月21日	5 653	5 654	4	1	0	0	0.018
4月24日	5 219	5 219	4	0	0	0	0.000
4月25日	6 184	6 184	3	0	0	0	0.000

3 结论

在YB65A双铝包机型中增加机器视觉缺包检测系统,实现了对进入条盒的烟包的实时监控,解决了缺包条盒进入下一道工序的问题。以YB65A异型包装机组为对象进行测试,结果表明。机器视觉缺包检测系统应用后,检测装置各检测点剔除准确率为100%,错检率低于0.033%。条盒缺包检出率较未安装前明显增加。并且在连续7天的运行过程中,视觉缺包检测系统表现稳定,没有出现任何故障或异常情况。这表明该系统的设计和制造质量得到了良好的保证,能够满足长期稳定运行的需求。未来可以进一步优化研究更加智能的图像处理算法,接入数据采集系统,扩展处理图像的保存时限及大数据分析能力,以提高检测的准确性和有效率,为烟草行业的发展提供更加智能化的支持。

参考文献

[1] 吕小波, 马立, 桑丛, 等. 基于侧开式预制条盒卷烟装填设备的开发与应用[J], 包装工程, 2022, 43(17): 282-288.
 [2] 王蔚. GD 包装机型加装条包缺包检测器的改进[J]. 山东工业技术, 2015(2): 62.

[3] 孟庆涛. 机器视觉系统在 GD X2 包装机内包检测上的应用[J] 设备管理与维修, 2020 (4): 122-124.
 [4] 金怀国, 周学斌, 曾雄伟. 基于机器视觉技术的条烟缺包检测系统[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2016(3): 44-47.
 [5] 徐青青. 基于机器视觉的工业机器人智能分拣系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2019(8): 92-95, 100.
 [6] 《ZB25 型包装机组》编写组. ZB25 型包装机组[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
 [7] 何婷婷, 姚继超, 张钟莉莉, 等. 基于图像局部方差的亮度校正下番茄表面缺陷检测方法[J]. 食品与机械, 2023, 39(9): 128-133, 161.
 [8] 黄俊杰. 基于 USB3.0 接口的超高分辨率高速工业相机设计[D]. 杭州: 浙江大学, 2020.
 [9] 于殿泓. 图像检测与处理技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.
 [10] 汪冬冬, 侯加文, 李帆, 等. 基于阴影检测的传送带烟丝堵料视觉检测系统设计[J]. 轻工学报, 2020, 35(5): 41-47.
 [11] 黄松涛. 基于机器视觉的电力巡检机器人自动化系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(1): 35-38, 43.
 [12] 吕宜光, 郝明, 孙凯明, 等. 基于 .NET 框架的轮对轴端标记识别软件的设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(12): 172-174.
 [13] 付永民, 范磊, 李长进, 等. 基于计算机视觉与机器学习的烟丝杂质图像级联检测方法[J]. 轻工学报, 2023, 38(4): 113-121.
 [14] 郝瑞林, 周利杰, 蔡国庆, 等. 基于机器视觉与 RobotStudio 的饼干包装生产线仿真[J]. 包装与食品机械, 2022, 40(1): 64-69.