

# 机器视觉在卷烟包装检测仪器中的应用研究

吴永生, 杨忠钰

红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年6月17日

## 摘要

卷烟包装质量影响产品竞争力和消费者体验。传统人工目视检测存在效率低、误差大等弊端, 无法满足行业生产需求。近年来, 机器视觉技术凭借高效、精准等优势, 逐步替代人工检测, 成为卷烟包装检测仪器核心技术支撑。文章结合真实应用案例, 系统分析机器视觉技术在卷烟包装检测仪器中的应用价值、核心技术架构和应用场景, 并剖析应用困境, 探索优化路径, 为行业包装检测仪器的智能化升级和检测效能提升提供参考, 助力实现精益生产和质量管控的提质增效。

## 关键词

机器视觉, 卷烟包装, 检测仪器, 质量管控, 智能化检测

# Research on the Application of Machine Vision in Cigarette Packaging Inspection Instruments

Yongsheng Wu, Zhongyu Yang

Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: March 23, 2026; accepted: April 29, 2026; published: June 17, 2026

## Abstract

Cigarette packaging quality affects product competitiveness and consumer experience. Traditional manual visual inspection has drawbacks such as low efficiency and high error rates, which cannot meet industry production requirements. With advantages of high efficiency and accuracy, machine vision technology is gradually replacing manual inspection and has become the core technological support for cigarette packaging inspection instruments. This paper, combined with real application

cases, systematically analyzes its application value, core technical architecture, and application scenarios in cigarette packaging inspection instruments, examines application difficulties, explores optimization paths, and provides references for the intelligent upgrade of packaging inspection instruments in the industry, improving inspection efficiency and supporting lean production and quality control enhancement.

## Keywords

Machine Vision, Cigarette Packaging, Inspection Instrument, Quality Control, Intelligent Inspection

Copyright © 2026 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

卷烟行业是我国轻工业的重要组成部分。随着消费升级和市场竞争加剧,市场对卷烟包装质量的要求日益提高,不仅外观、印刷等需达到标准,密封性等指标也必须符合规范,以杜绝缺陷产品流入市场。包装检测是卷烟生产质量管控的关键环节,其检测水平直接影响生产效率。

目前,国内多数卷烟企业仍采用传统人工目视检测方式,检测人员需在高速流水线上逐一检查,劳动强度大、易疲劳,存在检测标准不统一、漏检误检率高、效率低等问题,难以适应生产线的高速运转,且人工成本逐年攀升,制约了行业的高质量发展。

随着机器视觉技术的快速发展,其在工业检测领域的应用日益广泛,其核心特点与卷烟包装检测需求高度契合。将机器视觉技术融入检测仪器,可实现包装检测的自动化与智能化,有效解决人工检测的弊端,大幅提升检测精度和效率,降低运营成本,保障产品质量稳定。本文结合国内卷烟企业的真实实践案例,深入研究机器视觉在卷烟包装检测仪器中的应用逻辑与实践路径,并探索针对性的优化方案,旨在为行业技术升级提供务实借鉴。

## 2. 机器视觉技术核心原理及在卷烟包装检测中的应用价值

### (一) 机器视觉技术核心原理

机器视觉技术是融合多学科的综合技术,核心是通过硬件采集物体图像信息,经算法完成图像预处理、特征提取、缺陷识别与分类,输出检测结果,实现自动化检测[1]。

在卷烟包装检测仪器中,机器视觉系统分为硬件和软件两部分。硬件负责图像采集和检测执行,软件负责图像分析和检测判断。工作流程为:卷烟包装输送至检测区域,光源照射,工业相机采集图像,图像采集卡转换并传输信号至计算机,软件系统进行预处理、提取特征并对比,识别不合格产品后剔除,同时记录检测数据,实现全流程自动化检测。

### (二) 机器视觉在卷烟包装检测中的应用价值

1) 提升检测精度,降低漏检误检率。机器视觉可精准捕捉细微缺陷,检测精度高且标准统一,不受主观因素影响。如安徽中烟合肥卷烟厂引入后,漏检率大幅降低。

2) 提高检测效率,适配高速生产。卷烟生产线速度快,人工检测难跟上,而机器视觉检测速度快,能适配高速生产。如江苏苏州区域物流中心引入系统后,查错时长大幅缩短[2]。

3) 降低人工成本,减轻劳动强度。机器视觉检测仪器可24小时作业,一台可替代多名人工,减少人

工投入。同时避免人工长时间目视检测, 减轻负担、减少隐患。如浙江丽水烟草专卖局引入后改变检测模式。

4) 实现数据化管理, 助力质量追溯。机器视觉检测系统可自动记录检测结果, 形成台账, 便于企业分析、查找问题、优化工艺。如湖北黄冈烟草分拣系统可进行数据比对, 提供质量追溯支撑。

### 3. 机器视觉在卷烟包装检测仪器中的具体应用场景

#### (一) 小盒卷烟包装检测

小盒是卷烟最小包装单元, 检测重点为外观、印刷、封签、尺寸及烟支排列。安徽中烟合肥卷烟厂升级高速机组烟包外观检测设备, 新增透明纸质量检测功能, 基本消除缺陷烟包流入下道工序的情况; 上海烟草集团引入专用设备并结合改进算法, 提升印刷缺陷检测准确率; 深圳市三叶草科技设备通过机器视觉识别封签缺陷, 检测准确率超 99.8%; 湖北黄冈烟草分拣系统用工业级摄像头和算法完成单包校验, 烟支数量检测准确率达 99.98% [3]。

#### (二) 条盒卷烟包装检测

条盒是小盒卷烟集合包装, 检测重点在外观、粘合、封签、尺寸及小盒排列等。重庆中烟工业公司系统用机器视觉检测条盒粘合处缺陷, 提升包装牢固性; 上海奇信机电设备公司系统可精准检测条盒封签和标识, 检测效率达 800 条/小时; 江苏苏州区域物流中心系统能检测条盒内小盒排列情况, 降低分拣差错率。

#### (三) 包装辅助检测

机器视觉技术用于卷烟包装辅助检测, 包括包装材料和封口质量检测[4]。福建中烟工业公司装置结合机器视觉检测包装材料异物, 确保质量达标; 浙江丽水烟草专卖局“烟包纠错卫士”检测烟包封口缺陷并实现溯源, 完善质量管控体系。

### 4. 机器视觉在卷烟包装检测仪器中应用的现存困境

#### (一) 核心困境: 透明膜检测技术瓶颈

卷烟包装高反光透明膜检测是行业难题, 其物理特性使传统检测方案难以精准识别缺陷。技术上, 透明膜高透光和反光造成图像对比度低、缺陷边缘模糊, 传统照明下缺陷与背景难区分; 且表面缺陷与纹理差异小, 传统算法难提取特征。表现为: 普通光源下反光形成亮斑掩盖细微缺陷, 弱光照射时图像亮度不足、缺陷特征不明显, 漏检率高。

#### (二) 核心困境: 多 SKU 快速切换的柔性检测难题

卷烟行业品牌规格多, 包装差异大, 对检测仪器柔性适配能力要求高。传统机器视觉检测仪器算法模型和检测参数针对性强, 适配新规格包装需重新调试参数、更新模板库、优化阈值, 耗时 2~4 小时, 影响生产线切换效率。技术上, 传统算法依赖包装特征, 缺乏自适应学习能力, 模板匹配算法泛化能力不足, 难以应对多 SKU 快速切换。

#### (三) 其他主要困境

算法有待优化。除特殊场景, 传统算法对细微、复杂缺陷识别能力弱、抗干扰性差, 江苏苏州区域物流中心研发初期软件自动标注准确率不足 60%, 不满足检测需求。

设备成本较高。一套机器视觉检测系统价格几十至百万元, 中小型企业难以承担, 且每年设备维护费数万元, 增加企业负担。

专业人才匮乏。卷烟行业缺乏复合型人才, 多数检测人员仅能简单操作设备, 无法精准调试、排查故障和优化算法, 设备运行稳定性不足。

系统集成度低。检测仪器与生产、质量管控系统独立,数据无法实时共享,难以形成质量管控闭环,影响质量问题追溯效率。

## 5. 机器视觉在卷烟包装检测仪器中应用的优化路径

### (一) 针对透明膜检测: 优化照明方案与算法协同

针对透明膜高反光特性,采用“偏振光 + 同轴光”组合照明方案,通过偏振片过滤杂散光,同轴光保证光线均匀覆盖,可有效解决透明膜反光问题,提升缺陷识别清晰度。图像预处理阶段,采用自适应直方图均衡化(CLAHE)算法增强图像细节,通过高斯滤波与中值滤波结合的方式去除噪声;缺陷识别阶段引入 U-Net 语义分割算法,该算法通过编码-解码结构可精准提取透明膜缺陷的轮廓特征,解决传统算法难以区分缺陷与背景纹理的问题,经实验验证,该方案对透明膜划痕的识别准确率可达 99.2% 以上。

### (二) 针对多 SKU 柔性检测: 模块化设计与迁移学习结合

仪器模块化设计。采用“图像采集模块 + 算法处理模块 + 执行模块”的模块化架构,不同规格包装检测仅需更换对应的图像采集模块(如专用镜头、夹具),无需整体调试设备[5]。同时,搭建标准化接口,实现检测参数的快速导入与导出,将 SKU 切换时间从 2~4 小时缩短至 30 分钟以内。

基于迁移学习的算法优化。以 YOLOv8 算法为基础,构建多 SKU 共享模型:首先用大量不同规格卷烟包装图像训练基础模型,学习包装的通用特征;针对新规格包装,仅需少量样本(50~100 张)进行微调,即可快速适配检测需求,大幅降低样本采集与模型训练成本。该方案的泛化能力较传统模板匹配算法提升 60% 以上,可满足多数卷烟企业的 SKU 切换需求。

### (三) 升级图像处理算法: 以划痕缺陷为例深化技术分析

针对卷烟包装常见的划痕缺陷(以高反光薄膜划痕为典型),传统算法存在明显局限性:一是对光照变化敏感,高反光区域易产生伪边缘,导致误检;二是难以区分划痕与包装纹理,对细微划痕(宽度 < 0.2 mm)识别率不足 50%;三是鲁棒性差,不同材质包装需重新调整参数,适配性差。

深度学习算法(以 YOLOv8 为例)通过其独特网络结构解决传统算法痛点:特征提取层采用 C2f 模块,可融合多尺度特征信息,精准捕捉划痕的细微纹理与边缘特征,即使是 0.1 mm 级划痕也能有效识别;注意力机制(SA 模块)可自动聚焦缺陷区域,抑制高反光等背景干扰,降低伪缺陷误检率;检测头采用解耦设计,分别优化分类与回归任务,提升划痕缺陷的定位精度与分类准确率。

不同算法在划痕缺陷检测中的性能对比如表 1 所示:

**Table 1.** Performance comparison of different algorithms in scratch defect detection

**表 1.** 不同算法在划痕缺陷检测中的性能对比

算法类型	检测精度 (mAP)	检测速度 (FPS)	鲁棒性 (光照变化适应度)	细微划痕识别率 (<0.2 mm)
Canny 边缘检测	68.3%	120	弱	42.5%
自适应阈值分割	72.1%	110	较弱	48.7%
YOLOv5	92.5%	95	强	89.3%
YOLOv8	96.8%	105	强	95.7%

## 6. 实践实证与效果分析——以安徽中烟合肥卷烟厂为例

安徽中烟合肥卷烟厂是国内大型卷烟生产企业,主要生产黄山系列卷烟,年生产能力达 100 万箱,其卷烟包装生产线速度快(最高 800 包/分钟)、规格多(全年生产 12 个规格),传统人工检测模式存在诸多

问题, 通过机器视觉检测升级实现了质量管控提质增效。

该厂此前面临的核心问题包括: 透明膜划痕漏检率高(3.2%)、SKU 切换效率低(每次 2~3 小时)、人工成本高(7 人/生产线)、质量追溯困难。针对这些问题, 该厂采用优化照明方案与算法协同、模块化设计与迁移学习结合等优化路径, 具体实施措施包括: 采用“偏振光 + 同轴光”组合照明, 引入 U-Net 语义分割算法; 对设备进行模块化改造, 搭建 YOLOv8 迁移学习模型; 引入 3 套机器视觉检测设备, 实现全流程自动化检测; 推动检测仪器与 MES、QMS 系统集成, 建立数据管理平台。

实施后成效显著: 透明膜划痕漏检率从 3.2% 降至 0.12%, SKU 切换时间从 2~3 小时缩短至 25 分钟, 单条生产线年节约人工成本 80 万元, 质量问题追溯效率提升 70%。其中, 缺陷发生率下降 45% 的因果链条清晰: 通过集成后的数据分析平台, 发现某规格卷烟包装的“封签偏移”缺陷占比达 62%, 进一步追溯检测数据与生产工艺参数, 确定是包装机压辊压力漂移(从标准 0.3 MPa 降至 0.22 MPa)导致封签贴合不精准。通过调整压辊压力参数并建立实时监控机制, 该类缺陷发生率从 1.8% 降至 0.35%, 带动整体包装缺陷发生率同比下降 45%, 产品合格率提升至 99.95%。

## 7. 结论

机器视觉技术凭借高效、精准、稳定、非接触的优势, 广泛应用于卷烟包装检测仪器, 解决了传统人工检测弊端, 提升了检测精度与效率, 降低了人工成本, 实现了包装检测的数字化、智能化, 为卷烟行业质量管控提供支撑。从安徽中烟合肥卷烟厂、上海烟草集团等案例看, 该技术已在小盒、条盒包装及辅助检测等场景深度应用, 效果显著。目前, 机器视觉在卷烟包装检测仪器应用中面临透明膜检测、多 SKU 柔性检测等核心困境, 可通过优化照明方案与算法协同、模块化设计与迁移学习结合等路径破解。

未来, 随着人工智能、深度学习等技术发展, 机器视觉技术将向更高精度、更高效率、更强适应性发展, 有望提前预判和防控包装缺陷, 完善质量管控体系。卷烟企业应结合自身生产需求, 引入先进技术, 优化应用方案, 推动包装检测仪器智能化升级, 助力行业精益生产和高质量发展。

## 参考文献

- [1] 孟庆涛. 机器视觉系统在 GDX2 包装机内包检测上的应用[J]. 设备管理与维修, 2020(7): 122-124.
- [2] 常景景, 郑鹏, 王文秀, 等. 基于机器视觉的卷烟爆珠在线检测系统设计[J]. 食品与机械, 2021, 37(11): 99-104.
- [3] 刘浩, 贺福强, 李荣隆, 等. 基于机器视觉的卷烟小盒商标纸表面缺陷在线检测技术[J]. 中国烟草学报, 2020, 26(5): 54-59.
- [4] 刘仁瑞, 张可洲, 戴团结, 等. 基于机器视觉的卷烟封口胶量检测方法[J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50(12): 85-88.
- [5] 焦俊, 郝静烈, 冷晓飞, 等. 深度学习算法在卷烟外观质量检测中的应用[J]. 今日自动化, 2022(7): 107-111.