

Discussion on machine vision based leaf roasting debris online detection technology

Xiao Zhang

Xiangyang Roasting Factory, Hubei Tobacco Golden Leaf Roasting Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441000, China

Abstract

As a critical stage in tobacco primary processing, the leaf beating and curing process is significantly impacted by foreign matter contamination, which severely affects product quality and downstream process stability. Traditional detection methods demonstrate notable limitations in both efficiency and accuracy, failing to meet modern continuous production requirements for real-time foreign matter removal. To address this challenge, this study proposes an online machine vision-based detection system that integrates image acquisition, feature recognition, and intelligent classification technologies. The proposed system achieves rapid detection and accurate identification of contaminants during leaf beating and curing processes. Through a well-structured system architecture combined with optimized image preprocessing, target segmentation, and classification algorithms, the detection system demonstrates enhanced stability and adaptability in complex backgrounds. Research findings indicate that this technology effectively reduces residual foreign matter while maintaining processing efficiency, demonstrating significant potential for widespread application and engineering implementation.

Keywords

leaf roasting; debris detection; machine vision; online recognition; image processing

基于机器视觉的打叶复烤杂物在线检测技术探讨

张晓

湖北烟草金叶复烤有限责任公司襄阳复烤厂，中国·湖北 襄阳 441000

摘要

打叶复烤过程作为烟草初加工的重要环节，其杂物混入问题严重影响产品质量与后续工序稳定性。传统检测方法在识别效率和准确性方面存在明显短板，难以满足现代化连续生产对异物剔除的实时性和精确性要求。针对该问题，本文提出构建基于机器视觉的在线检测系统，融合图像采集、特征识别与智能判别等技术手段，实现对打叶复烤生产流程中杂物的快速检测与准确识别。通过搭建结构合理的系统架构，结合图像预处理、目标分割与分类算法优化，提高检测系统在复杂背景下的稳定性与适应性。研究表明，该技术可在保障烟叶加工效率的同时有效减少异物残留，具备良好的推广价值和工程应用前景。

关键词

打叶复烤；杂物检测；机器视觉；在线识别；图像处理

1 引言

随着烟草工业智能化进程的不断加快，对打叶复烤工序质量控制的精度与响应速度提出了更高要求。其中，杂物混入问题已成为制约烟叶加工纯度与产品一致性的重要因素。传统人工检测依赖经验判断，效率低、易疲劳，机械筛分手段则受限于杂物种类复杂、外形多变，常常无法实现高效剔除。在此背景下，机器视觉技术因具备非接触、自动化、可连续运行等优势，逐渐成为解决该问题的关键突破口。本文聚焦打叶复烤生产环境特征，结合杂物识别的实际需求，

系统分析机器视觉在图像采集、预处理、特征提取及目标识别等环节的技术应用路径，旨在探索构建一套集实时性、准确性和稳定性于一体的在线杂物检测解决方案。

2 打叶复烤生产过程中杂物检测的实际需求

打叶复烤生产线在原料输送、叶片剥离、筛分与叶丝复烤等多个工序中均存在杂物混入的风险，主要来源包括原烟原料夹带的非烟组分、运输环节产生的塑料膜条与绳线残留、设备磨损产生的金属碎片以及人员操作不当带来的异物投入。这些杂物在形态上存在明显差异，既包括可见体积较大的硬质异物，也包含柔性、色彩接近烟叶的小型杂质，常表现为不规则条块、片状、线状或粉末状，分布位置分散且嵌入性强，在高速连续输送过程中容易被烟叶覆盖或遮挡，

【作者简介】张晓（1997-），男，中国河南南阳人，硕士，从事电气自动化，嵌入式开发，烟叶杂物控制研究。

增加检测难度。不同类型杂物在外观、质地和光学特性上的复杂性，构成对识别系统提出精细化、多维度适配的基础需求。

3 机器视觉技术在杂物检测中的原理与适配性分析

3.1 打叶复烤场景下图像采集与光学系统的配置策略

图像采集是机器视觉系统中的核心前端，直接决定杂物识别精度与系统响应速度。在打叶复烤生产线上，由于烟叶堆积松散、异物遮挡频繁、光线条件多变，采集装置需具备高速、高分辨率与宽视野特性，同时能适应强振动、高粉尘与高温高湿等复杂环境。针对目标物的材质与形状差异，可选用多光谱或红外成像设备增强对低对比度目标的响应能力，搭配工业镜头、偏振片与滤光器实现光学干扰最小化。光源设计需考虑异物反光特性与烟叶本体背景反差，在布光角度、强度与色温选择上进行优化配置，形成稳定、高信噪比的成像条件，为后续图像处理与识别建模提供高质量原始数据支撑^[1]。

3.2 杂物图像特征提取与噪声抑制的关键方法

在图像采集完成后，需要通过特征提取算法将目标物与背景有效区分，形成描述性强、区分度高的图像表达。在打叶复烤场景中，杂物与烟叶在纹理、边缘、颜色等维度上存在微弱差异，因此必须采用多尺度滤波、梯度增强、边缘检测等手段综合提取关键视觉特征，同时引入颜色空间变换、形态学处理与局部对比增强方法提升目标清晰度。为减少烟叶纹理、光照波动与动态背景带来的误判干扰，需应用区域分割、背景建模与图像去噪等算法建立鲁棒性强的预处理流程。有效的特征提取不仅提升分类器训练效果，也为后续模型推理提供高质量输入，有助于实现高复杂度场景下的精准识别与分类响应。

4 打叶复烤杂物检测系统的整体结构与功能分区

4.1 系统架构设计及各子模块之间的数据流关系

杂物在线检测系统由图像采集单元、图像处理单元、识别分析模块、剔除控制装置及数据管理接口组成，各功能模块以总线协议实现高速联通。在结构配置上，图像采集设备安装于输送带上方，实时捕获烟叶图像信息，经由处理平台进行去噪、增强与特征抽取，随后通过目标识别模块判断图像中是否存在杂物，并生成对应的空间坐标信息。识别结果与控制信号同步传输至剔除执行机构，通过气流、拨杆或电磁剔除装置实现精准分离。系统同时将识别数据上传至后台管理平台，用于统计分析、故障追踪与模型优化，形成闭环控制的数据链路。各模块在数据格式、通信协议与时间响应上实现高度协调，确保识别与剔除操作在毫秒级内完成。

4.2 前端采集、实时处理与反馈控制的联动机制

系统运行以图像实时采集为起点，触发处理链路进入

高频率的数据解析状态。采集单元以高速相机与光源协同工作，输出标准化图像流供处理模块调用。处理单元部署于嵌入式工业控制平台上，运行图像预处理与目标识别算法，通过 GPU 加速实现毫秒级响应。识别模块输出识别结果与剔除位置参数，传送至控制逻辑中枢，调度相应时间窗内的剔除指令。剔除执行装置接收精准控制信号后，完成机械动作与杂物分离操作。整套机制以时间同步为核心，通过时间戳记录、帧号对齐与控制延迟补偿机制保持各环节稳定衔接，有效支撑高速连续生产条件下的精准检测与快速响应能力^[2]。图 1 为均值化生产控制型打叶复烤的流程图

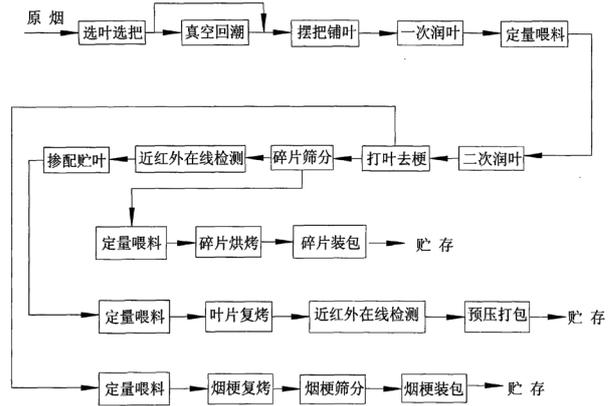


图 1 均值化生产控制型打叶复烤的流程图

5 基于机器视觉的杂物检测性能评价与优化手段

5.1 检测精度、识别速度与系统响应时间的评价方法

杂物检测系统的性能评估需从识别准确率、处理效率与反馈时延三个维度展开。检测精度反映系统对各类杂物的识别能力，可通过混淆矩阵对真阳性、假阳性与漏检率进行量化分析。识别速度是图像处理与目标识别算法的运行时间，通常以单帧图像处理耗时衡量，控制在毫秒级以内为佳。系统响应时间则涵盖图像采集至剔除执行的完整时序，需在识别结果生成后迅速完成剔除动作指令下发与执行，以保障高速产线连续性^[3]。实验中可通过对典型杂物设定不同检测场景，在恒定光照、不同背景干扰与多样杂物混合状态下进行检测精度与响应延迟的比对测试，验证系统性能的稳定性与实用性。

5.2 复杂背景下算法鲁棒性提升路径与泛化能力分析

打叶复烤生产环境中的图像背景通常包含大量纹理、色彩渐变与动态遮挡，易对识别算法构成干扰，导致误检与漏检现象频发。算法鲁棒性提升可从数据扩增策略、特征抽取能力与网络结构优化等方面进行。通过引入不同光照、角度、遮挡程度下的图像样本，构建多样性强的训练数据集，有助于提升模型对复杂场景的适应性。加强多尺度特征融合与边缘细节提取能力，有利于弱边界异物的显现。泛化能力评价可在不同产线、不同杂物组合中验证模型识别稳定性与

抗干扰能力,结合交叉验证与迁移学习技术,实现模型跨环境部署的性能一致性,确保系统在多变工况下依然具备高可用性。

6 打叶复烤杂物在线检测系统的工程化部署与发展方向

6.1 生产线集成实施的技术关键点与调试方法

将杂物检测系统部署于实际打叶复烤产线中需解决设备匹配、安装布设、节拍同步与控制接口对接等关键问题。图像采集单元的安装位置需避开高反射区域与强震源点,并对采集角度与光源分布进行现场校准,确保图像覆盖区域完整且无死角。系统与现有输送带速度保持一致,通过脉冲编码器实时获取传输节奏信息,建立时间戳与图像帧号的精准对应关系。剔除装置的响应时序需根据传输带长度与运行速度反复调试,以实现杂物定位与剔除位置的准确匹配。系统联调过程中需进行稳定性连续测试与功能完整性验证,确保各子模块在整线运行中无干扰、无冲突、无丢帧,实现高效无缝集成。

6.2 系统运行中的故障诊断、维护与人机界面优化

系统在长期运行中可能出现采集延迟、图像失真、识别中断、剔除误动作等故障,为提升设备可维护性需建立完整的自诊断与预警机制。图像处理模块可配置状态监控程序实时判断数据流是否异常并自动记录错误日志,控制系统可设定阈值触发机制,对动作执行异常发出声光报警。维护策略包括模块化更换、高频接头防护与定期校准操作,确保系统关键部件始终处于最佳工作状态。人机交互界面设计应简洁直观,涵盖状态监控、故障诊断、手动干预与参数配置等功能,并提供权限管理、操作记录与远程调控能力,便于操作者掌握系统运行状态并快速应对突发问题,提升运行效率与管理便利性^[4]。

6.3 面向智能制造的技术拓展与产业化前景分析

随着烟草行业向数字化、自动化、智能化深度转型,基于机器视觉的杂物检测系统在工业场景中的应用边界不

断拓展。未来可通过与MES系统、数据中台与质量追溯平台集成,实现杂物数据的实时上传、趋势分析与质量异常溯源,为企业提供数据驱动的精益管理支撑。检测模型可通过边缘计算与云端协同优化策略实现自学习与远程迭代,适应不断变化的生产工况与杂物特征,增强系统智能化水平。在产业链层面,该系统具备高适配性、高扩展性与良好的经济性,能够在卷烟加工、农产品处理、食品分选等多个领域复制推广,推动工业视觉检测技术在更广泛领域实现价值落地与规模化发展。

7 结语

基于机器视觉的打叶复烤杂物在线检测技术在提高杂物识别效率、保障烟叶加工质量、推动智能制造升级方面展现出显著优势。通过对图像采集、特征提取、目标识别与控制响应等核心环节的系统优化,可实现复杂工况下对多类型杂物的高效精准剔除,突破传统检测手段在精度、速度与稳定性上的瓶颈。该技术不仅提升了生产线的自动化与数字化水平,也为构建智能质控体系奠定了技术基础,具有良好的工程推广价值与应用前景。未来可结合数据融合、远程运维与模型自进化机制,持续拓展系统功能,实现更高层次的产业赋能与管理协同。

参考文献

- [1] 张元,孙惟刚,李汉尧,宁佳宏,丁国忠.浅谈打叶复烤工艺中除杂研究进展[J].中国设备工程,2023,(16):120-123.
- [2] 杨家琪,何晓健,潘志玲,郭宇锋,何锦,刘跃荣,张晓皎,王发勇.打叶复烤均质化加工核心指标控制的研究进展[J].农产品加工,2022,(12):88-91+100.
- [3] 李锐洪,张照德,李雁,王荣康,段学通,苏吉传,周龙辉.红塔烟草(集团)有限责任公司,打叶复烤除麻丝设备在线实时自清理技术的开发应用[Z].项目立项编号:2020GY04.鉴定单位:云南中烟工业有限责任公司.鉴定日期:2022-05-25.
- [4] 杨波,彭振兴,卢幼祥,杨继福,王绍林,尹良余,潘红源.打叶复烤不同工艺路径对烟叶基部处理的影响研究[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2021,33(03):91-94.