



唐军,何邦华,易斌,等. 国内卷烟加工过程烟草异物除杂技术研究进展[J]. 轻工学报,2022,37(2):94-101.  
TANG J, HE B H, YI B, et al. Research progress of tobacco foreign material eliminating technology for cigarette processing in China[J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(2): 94-101.  
DOI: 10. 12187/2022. 02. 013

# 国内卷烟加工过程烟草异物除杂技术研究进展

唐军,何邦华,易斌,林文强,马宁,唐丽,陈文,周冰

云南中烟工业有限责任公司 技术中心,云南 昆明 650231

**摘要:** 烟草异物除杂是卷烟生产过程中的重要环节,对近年来国内卷烟加工过程烟草异物除杂技术研究进行综述,指出:打叶复烤、制丝、卷制和废烟处理过程中的烟草异物存在明显差异;国内卷烟加工过程中烟草异物除杂方法有风选除杂、光电除杂、激光除杂等,不同除杂方法均有其优缺点及适用条件,但目前这些除杂方法和技术基本上都是单独使用的,难以在满足除杂效果的同时兼顾其他指标要求。今后应着重从明确各种除杂方法的特点和适用条件、优化和升级现有普遍应用的除杂方法及开展多项除杂技术相融合的复合除杂技术研究三个方面开展深入研究,全面提升卷烟加工过程烟草异物除杂工艺水平,以提升卷烟产品加工质量。

**关键词:** 卷烟加工;烟草异物除杂;风选除杂;光电除杂;激光除杂

**中图分类号:** TS452   **文献标识码:** A   **文章编号:** 2096-1553(2022)02-0094-08

## 0 引言

烟草在加工过程中不可避免地会混入麻绳、木屑、泡沫、纸片、羽毛、塑料、橡胶、金属、石块,或产生霉变烟叶和梗签等多种异物<sup>[1-2]</sup>,这些异物与烟草有着本质上的区别或差异,若不能将其去除,将对卷烟制造过程和卷烟产品分别产生极大的安全和质量隐患<sup>[3-4]</sup>,因而需采取各种方法和工艺剔除这些烟草异物,以提升烟草纯净度。

烟草异物除杂一直是卷烟生产过程的重要工序,主要分布在上游打叶复烤、中游制丝和下游卷制三大加工环节,并广泛应用于废烟回收烟丝处理工艺中。目前,国内卷烟加工过程中烟草异物除杂方法主要有风选除杂<sup>[5-6]</sup>、光电除杂<sup>[7-8]</sup>、激光除杂<sup>[9-10]</sup>等,每种除杂方法均有各自的优缺点,且在烟

草异物选择、除杂原理及剔除效果上也各不相同。因此,本文拟围绕打叶复烤、制丝、卷制和废烟处理4个方面,对近年国内卷烟加工过程烟草异物除杂技术研究进行综述,对其发展趋势进行展望,旨在为卷烟生产各加工环节选择适宜的烟草异物除杂工艺和技术提供参考。

## 1 打叶复烤过程烟叶异物除杂

打叶复烤作为卷烟生产的第一道工序,是剔除烟草异物的重要环节。在打叶复烤生产过程中,烟叶主要含有麻绳、塑料膜、沙石、毛发、捆扎带、虫茧、铝箔、金属、木块、橡胶、纸条等异物,不但种类多,形态和性质差异也较大。目前打叶复烤烟叶异物除杂方法主要有手工挑拣、筛沙机、金属探测仪、风选除杂、光电除杂等,而烟草企业生产线基本采用多级串

收稿日期:2021-06-03

基金项目:云南省科技人才与平台计划项目(202005AD160011);云南中烟工业有限责任公司科技项目(2020GY05)

作者简介:唐军(1984—),男,广西壮族自治区桂林市人,云南中烟工业有限责任公司高级工程师,博士,主要研究方向为卷烟工艺。E-mail:juntang2013@163.com

通信作者:周冰(1984—),女,河南省周口市人,云南中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为卷烟工艺。E-mail:zhoubingshan@126.com

行除杂方式<sup>[11]</sup>。这些方法虽可去除烟叶中的异物,但存在诸多弊端,例如人工挑拣除杂法所需人力物力投入较大,且剔除效率较低;筛沙机除杂法仅适用于沙土除杂,且容易对烟叶造碎;金属探测仪除杂法仅适用于金属除杂;风选除杂对于杂物的去除能力较强,但除杂精度相对较低;光电除杂精度高,但烟叶需要摊薄,除杂处理能力受限。

近年来,国内研究者对打叶复烤过程烟叶异物除杂开展了一些研究,郑博文等<sup>[12]</sup>对打叶复烤生产线风选除杂系统气料分离器进行了改进,有效解决了风选除杂系统在运转过程中风选效率较低的问题,除杂效果较改进前提升了73%。周良明等<sup>[13]</sup>研究了打叶复烤不同工艺路径、工艺参数对烟叶纯净度的影响,发现对烟叶进行切把头处理有利于烟叶异物的剔除,而风选除杂风机频率过大或过小均不利于烟叶异物的剔除。为改善风选除杂精度不高的问题,刘洪标等<sup>[14]</sup>开展了风选除杂与光电除杂工艺相结合进行复合除杂技术研究,发现先通过风选除杂方式使杂物尽可能被分离出来,然后再通过光电除杂方式精确地将异物进行二次分离,能有效提升烟叶杂物剔除效率。马亚等<sup>[15]</sup>基于风选和光电除杂原理研发了一种垂直风送烟叶异物剔除系统,试验测试发现,该系统对烟叶含水率、大中片率、碎片率和碎末率基本无影响,对轻异物的剔除率大于85%,对重异物的剔除率大于96%,杂物总剔除率达到了89%。何玉丹等<sup>[16]</sup>研发了一种新型打叶复烤纤维丝状杂物剔除装置,能有效剔除烟叶中的麻丝、毛发等纤维丝状杂物,剔除率达到55%以上。

综上所述,打叶复烤过程烟叶异物种类多样,目前国内打叶复烤生产线普遍采用的人工挑拣、金属剔除、风选除杂和光电除杂多级串行除杂方式,存在加工流程长、加工工序多及烟叶造碎量大等现象,进而导致生产成本较高。近年来对打叶复烤过程烟叶异物除杂的研究主要集中在风选除杂和光电除杂两个方面,但杂物剔除不完全,总体杂物剔除率低于90%,需突破当前多级串行除杂方式的局限,简化除杂工艺流程,系统开展多项除杂技术融合除杂研究,提升烟叶异物除杂效果,同时降低生产成本。

## 2 制丝过程烟草异物除杂

制丝过程按加工流程分为烟叶加工段和烟丝加工段,烟叶加工段烟叶主要含有绵绳、虫卵、霉变烟叶、饼烟、纸片、植物纤维等异物,烟丝加工段烟丝主要含有梗签、梗块、湿团、烟垢、金属等异物。制丝过程作为决定卷烟加工质量高低的关键环节,对烟草异物除杂有较高的要求。

### 2.1 烟叶加工段异物除杂

近年来,国内研究者对烟叶加工段烟叶异物除杂的研究主要集中在图像识别除杂和激光除杂两个方面。

在图像识别除杂方面,高铁功等<sup>[17]</sup>对烟草异物智能剔除系统中的相机识别系统进行了优化,提出了图像系统中一拖六的相机设置,采用一台高配置的工作站代替原有的上下位工控机控制系统,明显提升了烟草异物剔除系统的处理速度。张绍堂等<sup>[18]</sup>研究了烟草异物剔除系统中实时低照度图像的增强算法,发现采用优化的高斯同态滤波算法可有效校正低照度图像的颜色、对比度和亮度,对光照不均有很好的均衡作用,能较好满足实时增强彩色图像的需求。吴亚成<sup>[19]</sup>设计了一种将卷积神经网络应用于颜色分类器进行烟叶除杂的方法,能明显提升基于图像识别的除杂精度。李阳萱<sup>[20]</sup>基于颜色特征和梯度能量特征进行烟草异物图像检测技术研究,其中基于颜色特征的方法能够达到99%的异物除杂率,而基于梯度能量特征的方法也能够达到85%的除杂率。沈文超<sup>[21]</sup>基于颜色模型的烟草异物识别算法,提出了适合烟叶图像的背景分割算法,有效解决了过分割现象,并能够适应图像质量的变化,建立了相应的颜色模型;又进一步提出了基于颜色特征类间标准差识别算法和基于SVDD与查找表相结合的异物识别算法,试验验证结果表明,烟草异物识别率达95%以上。李亚召等<sup>[22-23]</sup>研究了基于卷积神经网络的霉变烟叶图像识别方法,先建立烟叶数据集,构建卷积神经网络模型,然后利用卷积神经网络模型提取和筛选霉变和正常烟叶特征,进而实现快速、准确识别霉变烟叶图像和正常烟叶图像,识别准确率可达96.12%。龚未<sup>[24]</sup>提出了一种

基于分层聚类的烟叶颜色空间分布建模方法,主要将烟叶 RGB 颜色空间沿 B 方向分为若干个子空间,在子空间内对烟叶像素进行投影降维、排序等处理,并根据像素对应数目这一分层属性将子空间内烟叶像素进行分层,然后采用改进的分层 K-均值聚类算法对各个 B 子空间内烟叶颜色进行聚类,从而建立烟叶颜色空间分布的有效模型,为烟叶异物识别提供一种新方法。

在激光除杂方面,杨俊杰等<sup>[25]</sup>研究发现,基于激光除杂技术的烟草异物除杂系统具有除颜色除杂之外的结构除杂和荧光除杂功能,在较低误剔率情况下除杂率达到 96% 以上,具有其他异物剔除技术无法比拟的优势。陈福<sup>[26]</sup>对 HELIUS 型激光除杂设备在制丝生产线异物剔除方面的应用进行了研究,发现激光除杂技术能显著提升烟叶含杂率的控制水平,对后续工序的质量稳定起到关键作用。张晓峰<sup>[27]</sup>对如何减少制丝线激光除杂机的堵料次数进行了试验研究,发现通过查找和分析激光除杂机堵料原因、对储叶预混柜采取定量出料控制、完善激光除杂机通道模式运行前后设备运行的信号连锁、增加堵料检测光电开关和完善堵料报警这 4 种措施,可明显提高激光除杂机除杂的效率。

综上所述,与图像识别除杂相比,激光除杂具有较高的除杂率。然而,当前激光除杂技术和设备主要依靠进口,国内还未开发出具有自主知识产权的激光除杂产品,投资成本较大,限制了该设备的推广使用。

## 2.2 烟丝加工段异物除杂

在烟丝加工段烟丝异物除杂研究方面,左丽等<sup>[28]</sup>研究了一种循环烟丝除杂系统,发现在正常工作作风速 14.5~15.5 m/s 范围内,风选除杂率保持在 96% 左右。钟林等<sup>[29]</sup>设计了一种多级风分除梗签机,主要由风分箱、进料皮带机、三通管、一级风分进风管、二级风分进风管、烟丝打散辊组、梗签输送机等组成,该机型的梗签剔除率达到 82%,剔除物中含丝率为 4.7%,可有效提高烟丝纯净度,降低烟丝消耗。王胜枝等<sup>[30]</sup>设计了一种梗签二次分离装置,主要包括真空发生器、气流调节器及梗签二次分离装置等,通过实验验证,当风选风速为 3.0~4.5 m/s 时,烟丝和梗签的分离效率达到 99.5% 以上,可有

效减少烟丝原料消耗。戈方等<sup>[31]</sup>设计了一种新型叶丝风选装置,在烘丝之后、掺配加香之前使用,首先对烘丝后叶丝进行筛分,将丝团、长丝与中短丝、碎丝分离开,然后将丝团和长丝打断,打断后的叶丝再和中短丝、碎丝混合进入风选箱体进行风选,可有效剔除梗签、丝团等异物,提升叶丝纯净度,改善烟丝结构。郑新虎<sup>[32]</sup>对梗签分离装置中烟丝混合物悬浮分离腔体内部进行了 CFD 数值模拟,得到了分离腔体内部梗签和烟丝颗粒的运行轨迹,统计分析发现在风分气压在 -220 kPa 下烟丝和梗签的分离率为 68.23%。此外,韩明等<sup>[33]</sup>对基于 X 光检测的烟丝异物在线剔除系统进行研究,发现该系统能有效实现对各类金属、非金属异物的识别和剔除,对烟丝异物平均识别率达到 99.5% 以上,平均剔除率达到 95.8% 以上。

综上所述,制丝过程烟丝加工段异物除杂的研究对象主要为烟叶切丝后产生的梗签,即叶含梗。由于梗签在密度属性上与烟丝差异相对较小,单级风选除杂将其剔除较为困难,目前多采用多级风选除杂以达到较高的除杂效果。然而,采用多级风选除杂方式势必会造成烟丝含水率的损失,进而影响烟丝物理质量;同时,风选除杂级数越多,剔除的烟丝量相应也越多,造成烟丝损耗。因此,今后可考虑开展风选除杂与图像识别除杂联合除杂研究,例如,先采用风选除杂将与烟丝密度属性差异较大的大或长梗签剔除,后基于颜色和结构尺寸差异采用图像识别除杂,将与烟丝密度属性差异较小的小或短梗签剔除。

## 3 卷制过程烟丝异物除杂

卷制过程是卷烟加工的最后一道环节,剔除烟丝异物非常重要。经打叶复烤和制丝环节烟草异物除杂后,卷制过程烟丝异物主要为成品烟丝中的梗签,来源于制叶丝和制梗丝过程中产生的梗签,即叶丝含梗和梗丝含梗。近年来,国内研究者对卷制过程烟丝异物除杂已开展了大量研究,袁海霞等<sup>[34]</sup>对适应细支卷烟加工特性的柔性风选系统进行了优化设计,发现改进后的叶丝柔性风选系统能够有效降低烟丝中梗签含量,同时使剔除梗签中的含丝量减少(损耗减少),烟支含梗率由 1.06% 降低到 0.74%,烟支物理指标均有不同程度提升,烟支刺破

等外观质量缺陷问题得到了有效改善。康金岭等<sup>[35]</sup>采用全因子试验并应用响应曲面法对柔性风选机关键工艺参数进行了优化研究,发现风速和风门开度对梗签剔除率有显著影响,确定了风速和风门开度的最佳参数组合为 19.0 m/s 和 11.5%,梗签剔除率稳定在 90% 以上。陈河祥等<sup>[36]</sup>对卷烟机二次风分除梗除杂风速自动控制系统进行了改进,在二次风分风道中增装了风速传感器,改造了二次风分风道的调整机构,通过 PLC 实现了二次风分风速的自动控制,提升了风分除梗和除杂效率。胡利波等<sup>[37]</sup>采用正交试验对卷烟机 VE 梗丝分离系统部分控制参数进行了优化研究,发现小风机正压和挡流板高度对含梗签率影响较为明显,吸风室大风机负压对剔除物含丝量影响较为明显,确定了 VE 梗丝分离系统优化参数组合为小风机正压 0.8 kPa,大风机负压 -10 kPa,挡流板高度 67 mm,参数优化后使烟支含梗率从原来的 4.4% 降低到 2.1%。韩龙等<sup>[38]</sup>对 ZJ112 卷烟机组异物剔除二次分切轮气路进行了改进,在保证配气相位不变及配气出口在同一直线的前提下,将前排烟支气路改为与后排烟支气路一致的线型通路,发现剔除异物烟支的准确率由改进前的 93.33% 提高到改进后的 100%。彭永刚等<sup>[39]</sup>研究发现,ZJ15 卷烟机对烟丝的梗签剔除程度最低,ZJ17 卷烟机略高,ZJ19 卷烟机最大;不同卷烟机可通过综合调控工艺风压、挡板高度和回丝量等参数来降低卷烟机剔除梗签中的含丝量。胡中军等<sup>[40]</sup>对优化 ZJ17 卷烟机参数以降低烟支中梗签含量进行了试验研究,发现小风机正压与烟支中梗签含量呈正相关关系,梗导流板高度与烟支中梗签含量呈负相关关系。许建勇等<sup>[41]</sup>研发了一种卷烟机剔除梗签物中烟丝在线分离回用装置,应用研究发现,该装置适用于各种机型的卷烟机,能实现在线回收和利用卷烟机剔除梗签物中 85% 以上的烟丝,显著降低了卷烟机的烟丝消耗。

综上所述,目前对卷制过程烟丝异物除杂研究主要集中在卷烟机组优化改造上,多围绕工艺参数优化、柔性风选设计、分离系统改造及卷烟机型等对烟丝异物除杂效果的影响开展研究。然而,采用柔性或多级风选除杂方式势必会影响烟丝含水率,造

成烟丝损耗,而对卷烟机组进行优化改造也会进一步增加对卷烟机组及场地空间等的要求。因此,今后可考虑在卷制前,例如在烟丝输送过程开展风选除杂与图像识别除杂联合除杂,降低卷制过程烟丝异物除杂难度。

## 4 废烟处理过程烟丝异物除杂

国内卷烟企业为节约卷烟生产成本,往往会对卷制过程中产生的有瑕疵、不满足产品质量要求的废烟支进行烟丝回收处理。废烟处理的基本工艺流程<sup>[42]</sup>为:废烟喂料—废烟增温增湿—废烟处理烟丝分离—烟丝除杂提纯—烟丝装箱。废烟处理后的回收烟丝主要含有碎纸片、碎纸屑、滤嘴、丝束、麻丝、胶块等杂物,相对烟丝密度可分为较轻和较重两类杂物。近年来,国内研究者对废烟处理过程烟丝异物除杂已开展了一些研究,河南中烟工业有限责任公司<sup>[43]</sup>开发了一种残烟支柔性处理系统,包括机架和机架上设置的梳理摊薄振槽,梳理摊薄振槽出料端衔接设置有柔性揉撕机构,可提高残烟支处理的出丝率和烟丝纯净度,降低烟丝的造碎和烟纸的破损,实现提高烟丝回收利用率和纯净度的目标。付航等<sup>[44]</sup>基于智能相机开发了残烟丝异物智能剔除系统,主要包括智能相机系统、高速阀剔除系统、电气控制系统,智能相机通过软件平台实时采集残烟丝图像,通过软件算法实时分析杂物信息,通过光源系统拉大色差,通过高速阀实时剔除杂物,处理后烟丝纯净度达到 99.0% 以上。河南中烟工业有限责任公司<sup>[45]</sup>发明了一种去除残烟烟丝中卷烟纸片的装置,该装置通过在剥残烟机后输送残烟烟丝的振槽上方加装与振槽宽度一致的吸头,在振槽输送烟丝的同时,利用除尘器给吸头以吸力对烟丝中的卷烟纸片进行吸除,可有效提升残烟丝的纯净度。浙江中烟工业有限责任公司<sup>[46]</sup>发明了一种回用烟丝加工装置及方法,包括喂料机、两级分离器组和末端烟丝碎屑分离振槽,该装置在将烟丝从坏烟支中分离出来的同时,利用风选原理和光电除杂设备将回收烟丝中的杂物处理干净,配置纸屑提取系统,可提高回收烟丝纯净度。深圳市联君科技股份有限公司<sup>[47]</sup>发明了一种残烟支烟丝在线分选装置,包括接

料斗、主体筛分机构和收集器,该装置能有效地将废烟进行分选,进而提高烟丝回收再利用率和烟丝质量。张家口市东力机械制造有限公司<sup>[48]</sup>发明了粗细废烟支纸丝分离处理机,包括振动排序板、烟支滚压拉伸机构、滚筛分离机构和烟丝筛选机构,能高效实现烟丝与异物的分离,提升回收烟丝质量。北京天申正祥科技有限公司<sup>[49]</sup>发明了一种在线废烟支烟丝回收系统,包括废烟支刨切装置、废烟支松散装置、废烟振动筛分装置、回收烟丝在线添加装置等,主要通过废烟振动筛分装置实现烟丝与碎纸片等异物的分离。云南中烟工业有限责任公司<sup>[50-51]</sup>发明了一种废烟烟丝正反面除杂除尘装置,包括变频振动输送装置、静电板、静电发射机、刮板等,采用静电板对来料废烟烟丝正面和背面中的杂物、飞尘进行吸附,能彻底去除废烟烟丝中杂物、烟末和飞尘,处理后烟丝纯净度能达到99.99%,且处理前后烟丝含水率变化率 $\leq 0.3\%$ 。云南中烟工业有限责任公司<sup>[52-53]</sup>发明了一种回收烟丝除杂装置及其对回收烟丝进行除杂的方法,包括第一风分单元、回收烟丝输送单元、轻杂物收集单元、第二风分单元、重杂物收集单元及烟丝回收单元,采用风力风选原理并借助固定床的作用分步有效剔除回收烟丝中的较轻和较重杂物,同时还具有对回收烟丝补湿的功能,处理后烟丝纯净度达到99.99%,且处理后烟丝含水率满足 $(12.0\pm 0.5)\%$ 指标要求。郑州格兰高环境工程有限公司<sup>[54-55]</sup>发明了一种废烟支烟丝回收装置、一种用于烟丝回收的除杂净化装置,包括烟支理顺装置、烟支剖切装置、烟丝-杂物分离装置、烟丝净化装置等,能够较彻底地去除烟丝中的杂质,并具有机械化程度高、适用不同规格烟支、烟丝回收效率高等特点。

综上所述,废烟处理过程烟丝异物除杂的对象主要明显不同于卷烟加工过程中的烟草异物。目前国内研究者对废烟处理过程回收烟丝异物除杂研究主要集中在基于风选、图像识别及静电吸附原理的除杂装备研发上,但大多缺乏有效的除杂效果验证及基础数据支撑,以及除杂处理后对回收烟丝的结构、含水率等质量指标的影响研究。

## 5 结论与展望

本文综述了国内卷烟加工过程打叶复烤、制丝、卷制和废烟处理4个环节烟草异物除杂研究进展,发现,卷烟加工过程中烟草异物除杂方法有人工挑拣、筛砂机、金属探测仪、风选除杂、光电除杂、图像识别除杂、激光除杂和静电除杂等,不同烟草异物除杂方法均有其优缺点及适用条件,但当前国内卷烟加工过程中除杂技术和工艺基本都是单独使用的,难以去除掉烟草中的所有异物,或以影响烟草物理质量及增加烟草损耗为代价来保证除杂效果。针对当前国内卷烟加工过程烟草异物除杂研究进展,未来可在以下3个方面展开研究:1)进一步明确各种除杂方法的自身特点、使用条件及适用范围,通过系统分析各种除杂方法的除杂对象、除杂效果、使用成本及对烟草质量和损耗的影响等,为不同卷烟加工环节、不同烟草异物种类及不同除杂要求选择适宜的除杂方法和工艺提供指导;2)对各种除杂方法和工艺开展深入研究和升级研究,特别是当前普遍应用的风选除杂、图像识别除杂和激光除杂,要提升除杂效果,拓宽适用范围,同时尽可能弥补除杂技术自身的不足,例如,图像识别除杂要进一步提升杂物识别精度和剔除准确性,同时提升除杂效果与处理量;激光除杂要形成具有自主知识产权的技术和产品,加快推进激光除杂技术和装备的国产化,降低使用成本;3)系统开展多项除杂技术融合的复合除杂技术研究,充分发挥各项除杂方法和技术的协同效应,以弥补单项除杂技术的缺陷,提升卷烟加工过程烟草异物除杂工艺水平。

### 参考文献:

- [1] 张长华,赵红枫,胡伟,等.烟叶原料中主要非烟物质的成因分析[J].中国烟草科学,2013,34(1):90-93.
- [2] 程桃英.卷烟制丝线在线轻质异物和饼烟剔除的研究[D].昆明:昆明理工大学,2009.
- [3] 喻继伟.打叶复烤提高烟叶纯净度的工艺技术和措施[J].低碳世界,2017(35):32-33.
- [4] 刘配文,温圣贤.打叶复烤等环节中非烟杂物的

- 控制措施[J]. 作物研究,2013,27(S1):51-53.
- [5] 卢幼祥,周良明,杨继福,等. 打叶复烤风选除杂烟叶质量分析[J]. 安徽农学通报,2014,20(3/4):134-135.
- [6] 卢幼祥,周良明,丁乃红,等. 打叶复烤风选除杂烟叶分离对烟叶原料质量的影响[J]. 安徽农业科学,2014,12(9):2739-2740.
- [7] 张龙,马啸宇,王锐亮,等. 高光谱成像技术在烟叶和杂物分类中的应用[J]. 烟草科技,2020,53(8):72-78.
- [8] 李海杰. 基于机器视觉的烟草异物检测和烟叶分类分级方法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2018.
- [9] 河南中烟工业有限责任公司. 一种烟草制丝生产线除杂输送装置及其控制方法:201910700065. X[P]. 2019-07-31.
- [10] 江西中烟工业有限责任公司. 一种用于烟草激光除杂机防误判堵料装置:201922174164. 7[P]. 2019-12-07.
- [11] 罗晓峰. 打叶复烤非烟杂物剔除工艺研究[J]. 轻工科技,2016(3):97-98.
- [12] 郑博文,王涛,尹利东. 打叶复烤生产线风选除杂系统气料分离器的改进[J]. 湖北农机化,2021(11):96-98.
- [13] 周良明,卢幼祥,徐其敏,等. 打叶复烤不同工艺路径及工艺参数对烟叶纯净度等指标的影响[J]. 安徽农业科学,2017,4(28):92-94.
- [14] 刘洪标,赵广仁,黄晶,等. 烟草碎片异物复合分拣技术研究与应用[J]. 中国设备工程,2017(22):205-207.
- [15] 马亚,杨白凡,杭建军. 垂直风送片烟多光谱异物剔除系统的设计[J]. 烟草科技,2015,48(6):76-81.
- [16] 何玉丹,秦文平,杨小雨,等. 打叶复烤纤维丝状杂物剔除装置的研究[J]. 轻工科技,2019,35(10):43-44.
- [17] 高铁功,蒋太耕,甘建军. 烟草异物智能剔除系统中相机优化系统的研究[J]. 科技创新导报,2019(27):83,85.
- [18] 张绍堂,宁德琼,王磊. 烟草异物剔除系统中实时低照度图像增强算法[J]. 烟草科技,2015,48(1):96-100.
- [19] 吴亚成. 烟草除杂中图像传输与处理的研究[D]. 南京:南京理工大学,2017.
- [20] 李阳萱. 烟草异物图像检测技术研究及仿真[D]. 绵阳:西南科技大学,2018.
- [21] 沈文超. 基于颜色模型的烟草异物识别算法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2018.
- [22] 李亚召. 基于卷积神经网络的霉变烟叶图像识别方法研究[D]. 昆明:云南师范大学,2021.
- [23] 李亚召,云利军,叶志霞,等. 基于卷积神经网络的霉变烟叶图像识别方法研究[J]. 计算机工程与科学,2021,43(3):473-479.
- [24] 龚未. 基于聚类算法的烟叶颜色空间分布建模研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2017.
- [25] 杨俊杰,陶文华. 基于激光分拣技术的烟草异物剔除系统[J]. 机械制造与自动化,2019,48(6):214-216.
- [26] 陈福. HELIUS 激光除杂在制丝生产线异物剔除中的应用[J]. 工业设计,2016(1):152-153.
- [27] 张晓峰. 减少制丝线激光分选机堵料次数[J]. 设备管理与维修,2020(13):83-84.
- [28] 左丽,梅芳. 一种循环烟丝除杂系统试验研究[J]. 中国新技术新产品,2021(2):48-50.
- [29] 钟林,陈占民,徐晓伟. 多级风分除梗签机的设计[J]. 烟草科技,2019,52(9):102-108.
- [30] 王胜枝,肖伟忠,蔡培良,等. 卷烟生产中梗签二次分离装置的设计[J]. 机械制造,2018,56(651):64-66,70.
- [31] 戈方,范本华,孙奎,等. 一种新型的叶丝风选装置[J]. 科技创新导报,2017(15):109,111.
- [32] 郑新虎. 梗签分离装置中气流的流动分析及仿真研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2018.
- [33] 韩明,吴雪芹,韩慧丹,等. 基于 X 光检测的烟丝异物在线剔除系统[J]. 食品与机械,2021,37(5):126-130.
- [34] 袁海霞,郑茜,张胜华,等. 适应细支卷烟加工

- 特性的柔性风选系统优化设计[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 122-126.
- [35] 康金岭, 韦小玲, 王建生, 等. 柔性风选机关键工艺参数优化[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 100-103.
- [36] 陈河祥, 刘志平, 李跃锋, 等. 卷烟机风分除杂系统的改进[J]. 烟草科技, 2005(1): 16-17.
- [37] 胡利波, 吴传绪, 孙意然, 等. VE梗丝分离系统部分控制参数的优化研究[J]. 设备管理与维修, 2019(5): 160-161.
- [38] 韩龙, 任科明, 杨鸣. ZJ112 卷烟机组异物剔除二次分切轮气路的改进[J]. 烟草科技, 2016, 49(8): 99-102.
- [39] 彭永刚, 刘德凯, 杨华伦, 等. 降低卷烟机剔除梗签中含丝量[J]. 齐鲁工业大学学报(自然科学版), 2015, 29(1): 50-55.
- [40] 胡中军, 李江, 陈智鸣, 等. 优化 ZJ17 卷接机参数降低烟支中梗签含量研究[J]. 科技创新导报, 2017(8): 79-80.
- [41] 许建勇, 陶智麟, 杨志雄, 等. 卷烟机剔除梗签物中烟丝在线分离回用装置的设计与应用[J]. 成组技术与生产现代化, 2015, 32(2): 56-60.
- [42] 高雪峰, 张青松, 陆成飞, 等. 回用烟丝净化工艺研究[J]. 轻工科技, 2019, 35(8): 57-58.
- [43] 河南中烟工业有限责任公司. 一种残烟支柔性处理系统: 201310645089. 2 [P]. 2014-04-09.
- [44] 付航, 李果, 许成, 等. 基于智能相机的残烟支异物智能剔除系统的研究[J]. 科技创新导报, 2016(9): 8-10.
- [45] 河南中烟工业有限责任公司. 一种去除残烟烟丝中卷烟纸片的装置: 201720869060. 6 [P]. 2018-05-08.
- [46] 浙江中烟工业有限责任公司. 一种回用烟丝加工装置及方法: 201711296914. 7 [P]. 2018-05-08.
- [47] 深圳市联君科技股份有限公司. 一种残烟支烟丝在线分选装置: 201720194187. 2 [P]. 2017-11-24.
- [48] 张家口市东力机械制造有限公司. 粗细废烟支纸丝分离处理机: 201720419400. 5 [P]. 2017-11-28.
- [49] 北京天申正祥科技有限公司. 一种在线废烟支烟丝回收系统: 201520769567. 5 [P]. 2016-01-20.
- [50] 云南中烟工业有限责任公司. 一种废烟烟丝正反面除杂除尘装置及其除杂除尘方法: 201910804209. 6 [P]. 2019-11-22.
- [51] 云南中烟工业有限责任公司. 一种废烟烟丝正反面除杂除尘装置: 201921413363. 2 [P]. 2020-06-16.
- [52] 云南中烟工业有限责任公司. 一种回收烟丝除杂装置: 202022659172. 3 [P]. 2021-08-06.
- [53] 云南中烟工业有限责任公司. 一种回收烟丝除杂装置及其对回收烟丝进行除杂的方法: 202011289385. X [P]. 2020-11-17.
- [54] 郑州格兰高环境工程有限公司. 一种废烟支烟丝回收装置: 201811326080. 4 [P]. 2019-02-15.
- [55] 郑州格兰高环境工程有限公司. 一种用于烟丝回收的除杂净化装置: 201821836563. 4 [P]. 2019-07-05.

## Research progress of tobacco foreign material eliminating technology for cigarette processing in China

TANG Jun, HE Banghua, YI Bin, LIN Wenqiang, MA Ning, TANG Li, CHEN Wen, ZHOU Bing  
Technology center, China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming 650231, China

**Abstract:** Tobacco foreign material eliminating is an important step in the process of cigarette production. Through combing the research progress of tobacco foreign material eliminating technology in cigarette processing in China, it

was pointed out that there were significant differences of tobacco foreign material in threshing and redrying, tobacco primary processing, rolling and wrapping process and waste cigarette treatment process. The tobacco foreign material eliminating methods in domestic cigarette processing included air purification removal, photoelectric impurity removal, laser impurity removal, etc. Different impurity removal methods had their advantages, disadvantages and applicable conditions. However, these impurity removal methods and technologies for tobacco were basically used alone, which made it difficult to meet the impurity removal efficiency while taking into account other index requirements. In the future, it should focus on in-depth research from three aspects: clarifying the characteristics and service conditions of various impurity removal methods, optimizing and upgrading the existing commonly used impurity removal methods, and carrying out research on multiple impurity removal and integrated composite impurity removal technologies. This would comprehensively improve the level of tobacco foreign material eliminating technology in the cigarette processing process, and then improve the cigarette product processing quality.

**Key words:** cigarette processing; tobacco foreign material eliminating; air purification removal; photoelectric impurity removal; laser impurity removal

(责任编辑:吴晓亭)

(上接第 74 页)

## Characterization of physical properties of aerosol from electrically heated cigarette

CUI Huapeng<sup>1</sup>, CHEN Li<sup>1</sup>, FAN Meijuan<sup>1</sup>, CHEN Mantang<sup>1</sup>,

LIU Ruihong<sup>1</sup>, WANG Hongbo<sup>1</sup>, LIU Shaofeng<sup>1</sup>, SI Xiaoxi<sup>2</sup>

1. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China;

2. Technology Center, China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming 650231, China

**Abstract:** 20 kinds of electrically heated cigarettes from 5 brands in the market were collected to characterize and compare the physical properties (number concentration, count median diameter and volume concentration) of total and puff-by-puff released aerosol. The results showed that the particle number concentration of the total aerosol released from the electrically heated cigarette was mainly in the order of  $10^9/\text{cm}^3$ , and the particle volume concentration was in the order of  $10^5 \mu\text{m}^3/\text{cm}^3$ . The particle size distribution profiles of aerosol were unimodal or bimodal, and the count median diameter was mainly in the range of 30~60 nm. There were obvious differences in physical properties of total and puff-by-puff release of the aerosol from different brands of electrically heated cigarettes. The particle number concentration, count median diameter and volume concentration of the aerosol puff-by-puff released from the electrically heated cigarettes showed a certain degree of instability.

**Key words:** electrically heated cigarette; aerosol physical properties; particle number concentration; particle size distribution; volume concentration

(责任编辑:吴晓亭)