



唐习书,田德兴,方瑞萍,等. 卷烟制造过程梗签分离工艺及装备研究进展[J]. 轻工学报,2024,39(4): 109-117.
TANG X S, TIAN D X, FANG R P, et al. Research progress on stem sliver separation process and equipment in cigarette manufacturing[J]. Journal of Light Industry, 2024, 39(4): 109-117.
DOI: 10. 12187/2024. 04. 014

卷烟制造过程梗签分离工艺及装备研究进展

唐习书¹, 田德兴¹, 方瑞萍¹, 普云伟¹, 杨露¹, 王仕宏¹, 马加平¹, 资文华²

1. 红云红河烟草(集团)有限责任公司 会泽卷烟厂, 云南 曲靖 654200;

2. 云南师范大学 能源与环境科学学院, 云南 昆明 650500

摘要: 针对卷烟中过多梗签会损害其物理属性并影响吸食体验的问题, 对卷烟制造过程主要梗签分离工艺和装备进行了综述, 认为: 卷烟制造过程中梗签分离集中在制丝和卷包两个关键工段, 分离工艺主要有风选、振筛及复合工艺, 其中风选为梗签分离的主流工艺。通过装备改进和参数优化能提高梗签风选分离效率, 但烟丝损耗与纯净度间的平衡关系仍面临挑战; 振筛易受筛网阻塞和清洁等问题影响, 但将其与风选等工艺进行结合的复合工艺逐渐受到重视; 光选识别与风选相结合的复合工艺为卷烟工业带来更为精准和智能的梗签分离解决方案, 但目前尚未在实际生产线得到广泛应用。未来, 可加强风选技术的研发, 并将其与振筛、光选识别等技术进行深入、系统的融合, 以提高梗签分离效率和烟丝回收利用率, 并实现卷烟产品品质与物料消耗的平衡发展。

关键词: 梗签分离; 装备; 风选; 振筛; 光选识别

中图分类号: TS452; TS43 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2024)04-0109-09

0 引言

近年来, 随着卷烟规格多元化创新发展, 中支烟、细支烟等产品已成为中式卷烟的重要品类分支^[1-2], 但多元化发展对卷烟制造品质提出了新的要求和挑战^[3-4]。烟梗在打叶复烤过程中会残留在复烤片烟中^[5], 并于后续制丝加工环节与烟叶支脉相互交织形成梗签, 成为卷烟制造过程中的异物^[6-8]。研究^[9-10]表明, 卷烟品质易受梗签含量的影响, 过多的梗签会损害其物理属性并影响吸食体

验。与常规卷烟相比, 中、细支卷烟烟丝中的梗签更容易引起烟支刺破、热塌陷、爆花等问题^[10-11], 进而给产品品质带来风险和隐患。因此, 降低卷烟产品中梗签的含量一直是卷烟制造过程控制的重点和难点^[10]。梗签剔除过程容易夹杂烟丝, 过度剔除梗签会造成烟丝物料浪费, 损害企业经济效益^[12-13], 因此, 选择合适的梗签分离工艺成为平衡卷烟品质 and 经济效益的一大挑战。卷烟制造过程的梗签分离主要集中在制丝和卷包两个关键工段^[14], 其中制丝工段的梗签分离可以有效降低烟丝梗签含量、改善烟

收稿日期: 2023-10-25; 修回日期: 2023-11-29; 出版日期: 2024-08-15

基金项目: 红云红河烟草(集团)有限责任公司科技计划项目(HYHH2021GY03); 云南省兴滇英才支持计划“产业创新人才”专项项目(YNWR-CYJS-2020-041)

作者简介: 唐习书(1973—), 男, 云南省曲靖市人, 红云红河烟草(集团)有限责任公司高级工程师, 主要研究方向为卷烟工艺及产品维护。E-mail: 13508815979@139.com

通信作者: 资文华(1977—), 男, 云南省曲靖市人, 云南师范大学教授, 博士, 主要研究方向为农产品加工及废弃资源综合利用。E-mail: kgclxwh@163.com

丝品质,而卷包工段的梗签分离则可以确保卷烟产品品质达到预期水平。

目前,梗签分离工艺主要包括风选、振筛及复合工艺。风选是一种传统的梗签分离方法,主要通过气流作用将梗签从烟丝中分离出来;振筛是通过振动筛分将烟丝与梗签分开;复合工艺则是近年来基于梗签分离工艺的物理原理和机制,衍生出的振筛-风选、光选识别-风选等新型梗签分离工艺。本文着重围绕风选、振筛及复合工艺,归纳总结卷烟制造过程梗签分离工艺及装备研究进展,以期更好地探究梗签分离相关技术与设备的科学性和实际应用效果,为烟草工业的持续发展提供技术支持和参考。

1 风选梗签分离工艺及装备

1.1 风选梗签分离工艺

风选,即风力分选,又称为气流分选,主要基于流体力学原理,通过特定的气流吹力作用将烟丝中的湿团、梗签和异物等物料分离出来^[15-16]。该技术的核心在于利用物料的密度和形态差异,通过飘选和浮选使较重的湿团、梗签等物料下落至分离箱,而较轻的烟丝则被气流送出箱体,具有操作简便、分选效率高等优点。风选不易造成烟丝破损或变形^[15-17],这对于保持烟丝完整性,进而保证卷烟品质尤为重要。近年来,风选工序的精密控制不断创新,已较好地满足了多元化卷烟市场需求,为确保卷烟的高品质生产提供了支持^[18-19]。

1.2 风选梗签分离装备

目前,常用的风选梗签分离装备主要有XA风

选机、FX/FX6就地风选机、VAS叶丝冷却装置、两级风选一体机和卷烟机梗签风选分离器五大类^[20-27](见表1)。虽然各种装备均依赖于物料悬浮速度差异来实现分离^[28],但装备的设计构造、操作原理及具体安装工段存在显著差异,这为不同的生产需求和工艺条件设置提供了多种选择方案。

经典风选装备包括XA型风选装备与FX型就地风选装备^[20],与XA型风选装备相比,FX型风选装备侧重风选过程,其风速相对较低,有助于保留物料水分,且能够避免因风速过快导致的物料损伤^[21-22]。梗签分离后的烟丝既需有较高的纯净度,又要具备优异的弹性和填充性能,以适应卷烟较高的内在品质要求^[29-30]。为此,德国HAUNI公司设计并生产了VAS叶丝冷却装置,该装置不仅可以降低烟丝温度,使干燥烟丝快速冷却,增强其卷曲度和填充性能,还可以通过筛分剔除烟丝中的梗签和烟末,提升烟丝纯净度(达99.81%),以满足高品质卷烟生产要求^[23]。此外,风选分离装备的设计开发也经历了一系列创新,如开发两级或多级风选一体机,将烟丝进行多次风选,以提升烟丝纯净度,并最大限度降低烟丝损耗^[26]。

风选工艺装备早期主要应用于制丝工段,为尽量减少梗签对卷烟品质的影响,近几年烟草工业生产已将卷烟机梗签风选分离器引入卷包工段。卷烟机梗签风选分离器的工作原理是基于低压空气射流使进入卷包机的烟丝在流化床中具有适宜的抛射速度^[31],实现二次分选。在进行一次分选时较重的梗签滞留于流化床下方闸辊上,烟丝被气流直接吹入

表1 梗签分离工艺常用风选装备

Table 1 Air separation equipment commonly used in sliver separation process

工段	装备型号	特点	适用场景	参考文献
制丝	XA风选机	基于物料形状和堆积密度差异,形成不同悬浮速度,调控风选器中气流速度,实现梗块、梗签等杂质的分离	需要高效分离梗块、梗签的中大规模生产环境	[20]
	FX/FX6就地风选机	提供垂直进风和侧向进风,针对物料进行风选,不涉及风送	需要独立风选而不风送的生产场合	[21-22]
	VAS叶丝冷却装置	冷却烘后烟丝,降低烟丝温度并提高其卷曲度,筛分和剔除烟丝中的梗签和烟末,改善烟丝纯净度	卷烟制丝生产线,保障烟丝具有较高纯净度,以提高卷烟产品内在品质	[23-24]
	两级风选一体机	基于风选原理,增设两级风选箱,进一步提高分选效果	高要求分选场合,可进一步剔除烟梗或其他杂质	[25]
卷包	卷烟机梗签风选分离器	基于烟丝与梗签在气流中的悬浮速度和抛物线物理原理进行高效分离	卷烟机生产线,要求精确分离梗签,确保产品品质	[5,26-27]

流化床;在二次分选时,利用上升气流使较轻的烟丝进入流化床,而较重的梗签落入下方通道进行分离、收集^[31]。目前,绝大部分的卷包工段风选分离装备都围绕该核心原理不断进行优化和创新。

1.3 风选梗签分离工艺优化与装备改进

1.3.1 工艺优化 风选工艺参数直接影响梗签的分离效果,对其进行精确调整和优化是提高梗签分离效率的关键。目前,梗签风选工艺优化多集中于风阀、风机及其控制系统,通常通过调节风速以达到最佳分离效果。姚佳等^[32]通过调整风机与电机传动比、风机转速和风阀开度,优化 PROTOS2-2 卷接机组循环风机工艺条件,使单箱卷烟剔除梗签量由 697 g 降低至 558 g,有效解决了单箱耗丝偏大的问题。郭景会等^[33]通过调整卷接机二次风选装置的挡板角度、优化落料斗内气流速度,使剔除梗签的含丝量降低了 0.5%。张崑^[34]针对 FX 型叶丝风选装备,根据一级风选机筛除梗签量来调整二级风选风机频率,将梗签剔除率控制在 1.0%~1.5%,剔除梗签中含丝量控制在 10%以内,实现对叶丝风选出口梗签率和含丝量的精准控制。

卷烟制丝工段的主要任务是生产品质稳定的烟丝。然而,风选过程中较高的风速会造成烟丝水分含量降低,直接影响卷烟的抽吸品质^[35]。近年来,柔性风选工艺为保证烟丝含水率开辟了新思路,其核心理念是降低风速、加强风选效果、减弱风送过程,从而在最大程度上保持烟丝的原始属性^[36-37]。此外,采用数学模型预测柔性风选的参数和约束条件,为平衡烟丝纯净度和水分含量提供了新方法。康金玲等^[38]采用响应曲面法建立了柔性风机工艺风速、风门开度和针辊频率的最佳参数组合模型,梗签剔除率达到了 90%。陈勇进^[39]通过正交试验探究了柔性风选机工艺参数,确定了风选机导向板角度、风机频率、侧向挡板高度的优化组合,使风选后烟丝含梗签率由 0.57%降低为 0.35%。

随着数字化和智能化技术的快速发展,梗签风选工艺参数优化已经从初期的单纯风速调节发展到更为复杂和细致的智能控制,其中涉及风机、电机、控制系统、策略选择等多方面的调整和优化。未来,梗签风选工艺将更加依赖于数据驱动模型和智能控

制策略,通过实时数据分析和反馈调整,实现更加精确的控制。此外,一味追求烟丝纯净度而忽略烟丝水分含量对产品品质影响的风选工艺参数优化手段已难以满足卷烟产品精细化加工要求,未来烟草工业生产中将会倾向于选择既可保证烟丝品质又能确保风选效率的柔性风选。

1.3.2 装备改进 当前,仅进行梗签风选装备参数优化存在较大的局限性,随着梗签分离技术的进步,改进梗签风选装备内部结构和增加外置式梗签分离器已逐渐受到研究者的关注^[40-41]。内部结构改进的核心目标是通过调整装备风场和雷诺系数提升烟丝梗签分离效果,外置式梗签分离器的增加则是为了促进梗签的有效分离并降低损耗。

1) 改进梗签风选装备内部结构

通过改进梗签风选装备内部结构,可以显著提升烟丝梗签分离效果。柏世绣等^[42]将 ZJ17 卷接机组的漂浮室由直通型改为上部倾斜下部竖直型,并增加导弧板将漂浮室的气流通道变成“S”型,使每个折弯处形成大小不同的漩涡,腔内梗签混合物在漩涡的作用下产生旋转、撞击,促进梗签、结团烟丝分离。龚道平^[43]在 ZJ17 机组供丝系统中添加摊铺辊,以均匀处理长烟丝,然后通过气流输送减少流化床装置的烟丝造碎,并利用螺旋回丝系统取代传统皮带回丝方式,避免漏灰、漏烟丝及堵丝问题。刘澜波等^[44]将 PROTOS70 卷接机组的二次分离漂浮室改进为“之”字型结构,并在其上方加装能将烟丝、梗签、结团烟丝打散的梗签打散装置,实现了烟丝与梗签的彻底分离。李荣等^[45]针对 VAS 叶丝冷却装置中梗签与烟丝分离不彻底的问题,通过调节阻尼板角度,使烟丝回收率由 24.1%提高至 38.3%,实现梗签与烟丝的分级分离及烟丝的回收再利用。

近年来,计算机仿真模拟技术快速发展为烟草工业带来了前所未有的机遇^[46],先进的计算方法不仅可以精确地模拟风选装备内部风场流体行为,还可以节约研发成本^[47]。有关计算机仿真模拟风场的软件众多,而计算流体力学(Computational Fluid Dynamics, CFD)仿真模拟软件已经成为了业界主流软件^[48-49],并且 FLUENT 作为 CFD 的一个重要组

件,也逐渐受到研究者的青睐^[50-51]。张鸿强等^[52]采用 FLUENT 进行风选装置模拟分析,设计并开发了新型梗签二次风选装置,通过改变导流块和通道截面积使局部风选装置内气流速度和流向发生改变,剔除梗签的含丝率由 7.2% 降低到 3.4%,有效实现了梗签分离。李贝贝等^[53]基于悬浮分离和惯性分离原理,运用 CFD 数值模拟原理设计了一种特殊的悬浮分离腔体结构,通过仿真解析悬浮腔体内部气流流动轨迹、颗粒相运动轨迹,在进风口处设定不同的气流速度,当送风速度为 10.0 m/s 时,烟丝和梗签捕捉效率分别为 82.77% 和 100%,可将烟丝和梗签有效分离,提升烟丝纯净度。也有学者运用 CFD 对改进后的 VAS 叶丝冷却装置回收烟丝效果进行数值模拟分析,发现气流从进料口进入 VAS 装置,遇到阻尼板后会向上分流,并在阻尼板周围形成小漩涡,加快梗签与烟丝的悬浮分离^[45]。

梗签风选装备内部结构改进能够显著影响风场和梗签分离效果,计算机仿真模拟技术则能够让研究者更深入地解析风场、烟丝及梗签的运动轨迹,CFD 的应用为梗签分离效果优化提供了有力支持^[49-50]。因此,未来可以在仿真技术上进行更深入的探索,以提高梗签风选装备分离效率。

2) 增加外置梗签分离器

通过增加外置梗签分离器可有效分离梗签并降低损耗。卢淦^[54]基于梗签和烟丝的密度、形态差异,设计了一个含有 2~3 个悬浮室的外置式分离器,可通过改变风速、分流器形状实现风力浮选梗签,使梗签颗粒捕集效率达到 99.709%,烟丝中含梗率仅为 1.217%~3.565%,有效降低了梗签剔除过程中合格烟丝的损耗。张皓天^[55]设计了一个适用于 ZJ17 卷接机组的外置式梗签分离装置,采用多级分离技术实现梗签和烟丝的高效分离,将梗签中含丝率降低至 1.80%,并将每级剔除梗签中的烟丝回收并直接送入制烟环节,提高了烟丝的再利用率。许建勇等^[56]在卷烟机剔梗装置后增加了一个烟丝连续在线回用装置,将塔式和旋风分离器相结合以提高梗签和烟丝的高效分离,并将分离出的烟丝直接送入卷烟机进行在线回收利用,其烟丝回收率达

到了 85% 以上。

研究^[54]表明,外置式梗签分离器的设计开发能够有效降低烟丝中的梗签含量、提高烟丝再利用率,同时保证卷烟品质。多级风分方式、旋风与塔式分离器的组合应用等创新手段为梗签分离问题提供了有效的解决策略。然而,当前大部分研究还处于理论或模拟阶段,其工业化应用仍有一定距离。随着卷烟制造技术的不断进步,未来将会涌现更多风分组合式工艺,诞生更加高效、经济和环保的梗签分离方法,突破现有风选梗签分离技术瓶颈。

2 振筛梗签分离工艺及装备

2.1 振筛梗签分离工艺

振筛,即振动筛分,其作为梗签分离的传统技术已有较长应用历史,该技术主要利用筛孔尺寸差异实现烟丝、梗签及烟末的有效分离^[57]。振筛工艺较风选工艺的梗签分离效率更显著,同时具有物料处理量大、筛分准确性高等优点,被广泛应用于卷烟制造的多个环节。

振筛筛网的特定尺寸和形状主要根据烟丝结构进行设计,筛分时烟丝可顺利通过筛网,而大于筛孔尺寸的梗签则被有效隔离。但该方法也存在一定的局限性,当梗签直径与筛网尺寸相近时,容易导致筛网堵塞,影响筛净率和误筛率^[58]。振筛工艺改进原理主要涉及筛网的振动频率和幅度,但相关参数计算比较复杂^[42],因此有关振筛工艺优化的研究少见报道,本文对此不再详细阐述。

2.2 振筛梗签分离装备

振筛梗签分离装备的核心是振筛机,其主要是基于烟草物料的外形尺寸差异,通过筛面振动实现物料的除杂及分级筛选^[59]。该装备在卷烟生产过程中单独应用的案例相对较少,通常以组合工艺的形式存在,但打叶复烤过程采用的烟梗筛分装备大多仍然是振筛机,其筛面为孔筛,结构简单,筛孔尺寸单一^[60]。近年来涌现出一些新型振筛装备,如鼠笼式筛分机、旋转式多面筛分机和光学成像筛分机等,其中鼠笼式筛分机和旋转式多面筛分机可有效剔除梗头,但筛孔尺寸单一,当筛分细梗、短梗时,其筛分效果并不理想;而有关光学成像筛分机的研究

尚不成熟且初期投资相对较高,但其应用前景较广阔^[61-62]。

2.3 振筛梗签分离装备改进

2.3.1 多级振筛装备

卷烟生产过程中,梗签与烟丝易出现团聚现象,且部分梗签与烟丝尺寸相近,单级振筛装备常常难以满足生产需求。为更高效地分离烟丝中的梗签和其他杂质,通常采用多级组合筛分装备,以实现精细筛选,确保烟丝品质。Z. K. Li 等^[63]采用双层振筛装备可有效筛出烟丝中的梗签和碎烟末,减少卷烟粉尘含量和误筛率,使可用烟丝质量整体损失降低 41%。A. Natora 等^[64]设计了一套更为复杂的烟丝杂质分离系统,该系统包含三个净化区,前两个区域均装配了水平式振筛,第 3 区域则采用旋转式振筛,通过这 3 个净化区的相互协作可有效实现烟丝、梗签和灰尘的分离,分离效率达到 60%。

多级组合振筛装备有效解决了梗签与烟丝的团聚及与烟丝尺寸相近的问题,并在实际生产中取得了显著的筛分效果,加强多级振筛工艺装备优化和设计创新将是多级筛分技术与装备未来发展的关键。

2.3.2 筛网结构及尺寸改进

筛网作为筛分的核心部件,其结构和尺寸直接决定了筛分的效果。当梗签直径与筛网尺寸接近时,会导致筛网阻塞,从而降低生产效率。现有的振筛筛网结构比较固定,难以适应烟丝中各种不同直径梗签的有效筛分要求^[65]。为解决该问题,朱忠等^[66]设计了一种筛网下方带有弹簧的筛分装置,在筛网振动过程中可以击打筛网,防止筛网堵塞,并在筛网上方增加一个孔径 4.0 mm 的筛网,对物料进行初筛,提高了烟丝整丝率并降低了碎丝率。唐允等^[67]提出了具有可变间距筛栏的螺旋式烟梗剔除机,其筛栏结构如图 1a) 所示,具有较高的剔除精度和自动化程度。郑红艳等^[68]研发了具有异形筛网(如图 1b) 所示)的烟梗筛分机,其中一级振筛剔除规则短梗,二级振筛剔除直径 ≥ 8 mm 的超大楔形梗,三级振筛同时剔除规则短梗和楔形梗签,使长梗率得以提高,规则短梗率和楔形短梗率则均明显降低。

尽管调整筛网设计能够在一定程度上缓解梗签

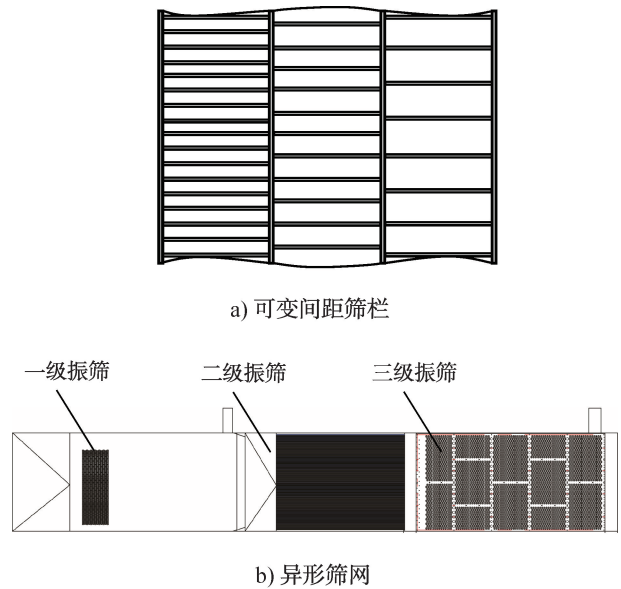


图 1 改进筛网结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of improved screen structure
阻塞筛网、筛净率低和误筛率低等问题,但实际应用中仍然存在筛分效率和精度无法满足生产需求的问题。相比风选工艺,单一使用振筛工艺仍存在较大局限性,未来可考虑将振筛工艺与其他工艺(如风选)相结合,以更好发挥各自优势,实现更加高效、准确的梗签分离效果。

3 复合式梗签分离工艺及装备

3.1 风选-振筛复合梗签分离工艺及装备

风选与振筛是两种主流的梗签分离工艺,各自有其独特的优点和局限性。风选作为一种成熟且稳定的工艺,凭借其稳定的筛分效果被广泛采纳,但在烟丝消耗与品质保证间存在较难平衡的问题^[69-70]。振筛在剔除特定长度的梗签方面具有不可替代的优势,但在筛分效率提高上存在局限。风选工艺中的关键点是风速控制,风速过大会导致物料失水过多,进而影响卷烟品质,风速过小则会降低分离效率和烟丝纯净度。为解决这一问题,研究者们将风选工艺与振筛工艺相结合,在保证物料含水率的前提下,提高烟丝的纯净度。毕可健等^[71]研发了一种自动振筛与风选耦合装置,将梗签中烟丝回收率从 50~60% 提高到 90%。杨露等^[72]设计了风选-振筛复合工艺,通过风选与振筛的有机结合提高了 VAS 叶丝冷却装置的梗签剔除率及烟丝回收率。

风选与振筛结合的复合式梗签分离工艺为卷烟制造过程中烟丝和梗签分离带来了新的思路和可能性。实际生产过程中综合应用梗签分离工艺,充分发挥不同梗签分离工艺的优点,已经成为必然趋势。

3.2 光学识别-风选复合梗签分离工艺及装备

随着计算机技术的迅猛进展,光学图像识别技术在卷烟工业中的应用也日益广泛^[73]。目前,卷烟加工逐渐从传统方式向精细化和智能化转变,基于光学图像识别的精细化梗签风选技术也越来越受到研究者的关注^[74]。光学梗签剔除的核心原理是利用光学传感器对烟丝、梗签和其他杂物进行检测和识别,随后配合风选工艺,实现梗签的高效剔除^[75]。该技术具有分离效率高、精度高,且能减少烟丝结构和成分被破坏、降低烟尘产生等优点^[76-77]。李阳萱^[78]、邓辉等^[79]采用风选与光选结合的除杂方式,先通过风力浮选分类,再进行光电除杂机智能剔杂和人工挑选除杂,使杂物剔除率由 64.85% 提升至 86.25%。沈文超^[80]提出基于颜色特征的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,对烟草异物识别的精确度达到 95% 以上。尚伟^[81]利用图像法设计了烟丝和梗签检测系统,并借助 Matlab7.0 开发了基于自动视觉检测的烟丝梗签图像识别算法,为评价烟丝中梗签含量提供了技术支持。陶发展等^[82]采用高光谱成像技术结合机器学习建立了 SNV-SPA-XGBoost 烟丝中掺杂梗签分类快速识别模型,实现了直径为 1.0~1.5 cm、0.5~1.0 cm、<0.5 cm 梗签的识别,准确率分别可达 100%、95.50% 和 86%。

综上,虽然风选仍是梗签分离的核心工艺,但结合光学技术的复合风选梗签分离技术逐渐展现出巨大的潜力,可以预见其将会在卷烟制造行业中发挥越来越重要的地位。虽然现阶段图像识别算法繁多,但在卷烟生产实际中的应用仍较为缺乏,未来可着重进行光学识别技术的进一步完善和工业化应用推广。

4 结论与展望

卷烟制造过程中,梗签分离是影响生产品质与

效率的关键环节。本文综述的风选、振筛工艺,在实际应用中都展现出其独特的优势与局限性。风选工艺是梗签分离主流工艺,经过多年的技术迭代、装备改进和参数优化已取得显著进步,但其在烟丝品质与损耗平衡方面仍面临挑战。振筛工艺因筛网容易受到梗签阻塞被视为次要或辅助工艺,但可通过改进筛网尺寸和形状来提高筛分效果。复合梗签分离工艺装备将是未来发展的趋势,尤其是光选识别与风选的结合,将为卷烟工业带来更为精准和智能的梗签分离解决方案。

卷烟制造业面临的梗签分离挑战是多方面的,这一复杂问题的解决要求综合采纳和适应各种先进技术。信息化技术(如物联网、人工智能和大数据)的迅速发展将为卷烟制造业提供更多的智能化解决思路 and 方向。结合先进的信息技术,梗签分离过程可以更加自动化、精确和高效。更重要的是,信息化技术可以实现实时监控和反馈,从而进一步优化生产过程、减少浪费,并提高整体生产效率。为了确保卷烟制造过程的梗签分离效率和品质,卷烟制造研究人员应不断加强梗签分离工艺装备创新研发,并融合先进的信息化技术从而有效应对未来的挑战和变革:1) 深化风选装备研发,特别是对装备内部结构优化、工艺参数调整及外置梗签分离器的研发,寻求在梗签分离效率与烟丝回收之间的最佳平衡。2) 将振筛工艺与主流工艺结合,利用振筛的特性来适度降低风选负荷,提高卷烟产品品质,保证烟丝的高效回收。3) 加强光选识别-风选组合工艺研究,尤其是梗签和烟丝物料识别精度、算法优化及风选过程精准控制等相关研究,推动和促进该复合工艺在卷烟工业领域的广泛应用。

参考文献:

- [1] 王宗英,史建新,王永红,等.切丝宽度对中支卷烟烟丝结构、烟支理化指标及感官质量的影响[J].烟草科技,2020,53(1):81-88.
- [2] 祁林,范兴,唐习书,等.两段式烘丝控制模式对中支卷烟烟丝理化特性及感官质量的影响[J].烟草科技,2022,55(3):88-97.
- [3] 唐军,何邦华,温亚东,等.国内细支卷烟加工工艺与

- 加工装备研究进展[J]. 轻工学报, 2020, 35(6): 41-49.
- [4] 卢幼祥, 叶浩, 邵名伟, 等. 切丝宽度对细支卷烟质量影响分析[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2023, 35(1): 53-57, 88.
- [5] 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.
- [6] 邵名伟, 周良民, 卢幼祥, 等. 打叶去梗叶片纯净度提升工艺参数的调整与优化[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(17): 125-126, 131.
- [7] 罗海燕, 方文青, 杨林波, 等. 叶中含梗率与相关打叶质量指标的关系[J]. 烟草科技, 2005, 38(7): 11-13.
- [8] 江威, 张国智, 冯志斌, 等. 利用烟丝含签率检测仪研究加工工艺对烟支含签率的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 161-166, 228.
- [9] 王胜枝, 任志立, 蔡培良, 等. 卷烟机梗签二次分离装置结构参数的研究[J]. 价值工程, 2018, 37(28): 177-179.
- [10] 徐大勇, 邓国栋, 刘朝贤, 等. 烟支刺破梗签粒度分析[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(1): 37-42.
- [11] 曾静, 李斌, 冯志斌, 等. 卷烟机剔除梗签物中含丝量的检测[J]. 烟草科技, 2012, 45(8): 5-7, 11.
- [12] 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.
- [13] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
- [14] 关丽芬. 卷烟烟丝纯度影响因素分析[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(6): 161-163.
- [15] 杨耀伟, 高尊华, 李金学. 叶丝就地风选工艺技术研究[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(S1): 114-115.
- [16] 王宇, 程德强, 胡九宇, 等. 叶丝就地风选机参数对卷烟综合质量影响的研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(2): 77-78, 83.
- [17] 赵淑华, 朱建新. 烟梗风选自动除麻系统的研制[J]. 中国设备工程, 2016(1): 66-68.
- [18] 邓宏博. 就地风选机温湿度控制技术[J]. 山东工业技术, 2016(11): 229.
- [19] 丁伟, 李斌, 于川芳. 烟丝在水平管气力输送过程中起动力速度研究[J]. 烟草科技, 2009, 42(4): 9-13.
- [20] 姚光明, 刘朝贤, 尤长虹, 等. FX型就地风选器在制丝线上的应用试验[J]. 烟草科技, 2003, 36(8): 3-5.
- [21] 李春光, 孙觅, 刘强, 等. 叶丝风选工艺实用性评价[J]. 烟草科技, 2010, 43(3): 5-7.
- [22] 李世勇. 柔性风选工艺技术研究及应用[R]. 郑州: 河南新郑烟草, 2006.
- [23] 何邦华, 夏非, 彭开宝, 等. VAS流化床对叶丝质量的影响[J]. 烟草科技, 2013, 46(9): 14-16, 26.
- [24] 易浩, 黄振军, 陈刚, 等. 取消制叶丝工序中VAS的可行性[J]. 烟草科技, 2005, 38(10): 22-24.
- [25] 解广雷, 陈忠华, 张辉, 等. 一种两级风选一体机的应用[J]. 科技创新导报, 2017, 14(6): 106, 108.
- [26] 魏步建, 周跃飞. 烟支含签率的影响因素探讨[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2002, 17(1): 18-20.
- [27] 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(11): 64-66, 70.
- [28] 吴磊, 胡天群, 康瑛, 等. 烟丝气力输送风洞试验[J]. 烟草科技, 2009, 42(1): 18-21.
- [29] BAHBLAH R, DIFRANZA J R, FOUAD F M, et al. Early symptoms of nicotine dependence among adolescent water-pipe smokers[J]. Tobacco Control, 2016, 25(2): 127-134.
- [30] BOLD K W, SUSSMAN S, O' MALLEY S S, et al. Measuring E-cigarette dependence: Initial guidance[J]. Addictive Behaviors, 2018, 79: 213-218.
- [31] 潘恒乐, 王俊, 陈锴, 等. ZJ116B型卷接机组梗签二次分选装置的改进设计[J]. 烟草科技, 2020, 53(12): 83-88.
- [32] 姚佳, 张华富, 邓光华. PROTOS2-2卷接机组梗丝分离系统分析与改进[C]//云南省烟草学会2014年学术年会优秀论文集. 云南省烟草学会, 昆明: [出版者不详], 2015: 38-46.
- [33] 郭景会, 陈迎春. 关于降低卷烟机剔除梗中烟丝含量的研究[J]. 黑龙江科技信息, 2012(14): 49.
- [34] 张崧. FX型叶丝风选设备控制系统的优化设计分析[J]. 粘接, 2021, 45(2): 146-148.
- [35] 郑俊立, 王根旺, 宋克强, 等. 柔性风选对卷烟质量的影响[J]. 中国高新技术企业, 2013(1): 68-69.
- [36] 赵序勇, 王瑞. 叶丝就地风选风速对叶丝质量稳定性的研究与优化[J]. 科技创新导报, 2018, 15(34): 82-85.
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] 陈勇进. 基于正交试验法的柔性风选机参数优化研究[J]. 海峡科学, 2022(7): 93-96.
- [40] 张皓天, 李浙昆, 蔡培良, 等. 外置式卷接机组梗签分离装置的设计[J]. 烟草科技, 2018, 51(10): 97-103.
- [41] 徐敏, 章敏, 孙科雷, 等. S400型残烟机烟丝回用工艺的优化与应用[J]. 烟草科技, 2023, 56(1): 99-104, 112.
- [42] 柏世绣, 付保, 张东甫. ZJ17卷接机组二次风选漂浮室的改进[J]. 烟草科技, 2012, 45(8): 26-28.
- [43] 龚道平. ZJ17卷接机组供丝系统设计参数分析及改进[J]. 烟草科技, 2014, 47(10): 24-27.
- [44] 刘澜波, 韩艳军, 陈恩, 等. PROTOS70卷接机组烟梗打散型漂浮室的设计[J]. 烟草科技, 2016, 49(5): 90-

- 93.
- [45] 李荣,杨力,石涛,等. VAS冷床烟丝回收装置的改进[J]. 烟草科技, 2021, 54(8): 95-99, 112.
- [46] 李博宇,范兴,乔俊峰,等. 数值模拟在烟草领域中的应用与展望[J]. 烟草科技, 2022, 55(4): 89-100.
- [47] 黄英,张涛,居桂林,等. 滚筒式叶丝回潮机的优化试验研究[J]. 科学技术创新, 2021(22): 161-162.
- [48] ZHANG T N, WAN Z, LU Y J. Particle convective heat transfer near the wall in a supercritical water fluidized bed by single particle model coupled with CFD-DEM[J]. Particuology, 2023, 73: 47-58.
- [49] ZHANG X B, LUO Z H. Bubble size modeling approach for the simulation of bubble columns[J]. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2023, 53: 194-200.
- [50] 李荣,王甫,李城云. 柔性喂丝机均分盘 CFD 分析和优化设计[J]. 烟草科技, 2020, 53(10): 108-112.
- [51] 任志立,李浙昆,王胜枝,等. ZJ17 卷烟机悬浮腔外形及内部挡块的设计优化: 基于梗签分离效果的研究[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 36-41, 49.
- [52] 张鸿强,吴晓刚,潘佳月. 基于 FLUENT 的梗签二次风选装置的设计与应用[J]. 甘肃科技, 2020, 36(23): 9-11.
- [53] 李贝贝,戴石良,谢海. 梗签分离腔体内气固两相流数值模拟研究[J]. 建筑热能通风空调, 2022, 41(2): 97-100.
- [54] 卢淦. 梗签剔除中梗丝分离装置的研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2015.
- [55] 张皓天. 梗签二次分离装置内气固两相流的数值模拟研究及结构设计[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2019.
- [56] 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.
- [57] 焦红光,布占文,赵继芬,等. 筛分技术的研究现状及发展趋势[J]. 煤矿机械, 2006, 27(10): 8-10.
- [58] 任亚琳. 双质体高频振动筛动力学分析及参数优化[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2018.
- [59] 谭兆衡. 国内筛分设备的现状和展望[J]. 矿山机械, 2004, 32(1): 34-37.
- [60] 王献友,黄文勇,李瑞东,等. 闭式五面筛滚烟梗分选机长梗筛分性能试验研究[J]. 山东工业技术, 2016(1): 8, 10.
- [61] 安徽中烟机械有限公司. 鼠笼式烟梗筛分机: 201020682587. 6[P]. 2011-11-9.
- [62] 陆俊平,徐雯熙,杨小雨,等. 烟草工业新型短梗、细梗筛分设备的研究[J]. 现代农机, 2019(1): 50-52.
- [63] LI Z K, XU Y K, LI G, et al. Research on the key technology to guarantee the quantity of tobacco production for removing dust by the vibration screen[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 536/537: 1650-1653.
- [64] NATORA K. A system for removal of impurities from shredded tobacco recovered from defective cigarette: EP2084977[P]. 2012-06-20.
- [65] 韩喜庆,贾涛,张志坚. 烟拐剔除筛的改进及烟梗分选筛清理装置的设计[J]. 烟草科技, 2005, 38(11): 12-13, 15.
- [66] 朱忠,李春光,王海滨,等. 烟草混丝加香前振动筛分机的技术改进设计与试验[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 1166-1168.
- [67] 唐允,张爱忠,郭永,等. 一种新型旋转式烟拐剔除机[J]. 科技创新导报, 2011, 8(23): 2-3.
- [68] 郑红艳,赵剑,邹泉,等. 异形筛网烟梗筛分机的设计与应用[J]. 机械制造, 2020, 58(1): 9-12.
- [69] 黄浩,谢晋,苏诏,等. 二次分选对云南烟叶等级质量和均质化复烤加工的影响[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(6): 157-160.
- [70] 金彩洪,李勇,张文平,等. 残次品卷烟无损伤回收烟丝技术的研究与实践[J]. 中国设备工程, 2022(9): 12-15.
- [71] 毕可健,黄建军. 自衡振动与风选联合装置在烟草薄片生产中的应用[J]. 中国设备管理, 1997(11): 20.
- [72] 杨露,田德兴,刘兵,等. 基于精细化加工的卷烟叶丝回收装置优化研究[J]. 今日制造与升级, 2022(7): 142-144.
- [73] 张鑫,李哲,翟天一,等. 一种基于图像识别与文字识别技术的自动化测试架构[J]. 电力信息与通信技术, 2022, 20(11): 74-83.
- [74] 张焕家,吴敬华,刘志旺,等. 梗拐剔除系统的设计应用[J]. 轻工科技, 2020, 36(2): 47-49.
- [75] 陆俊平,杨小雨,袁玉通,等. 打叶复烤中梗拐剔除设备的研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2018, 8(14): 18-20, 23.
- [76] 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, 2016.
- [77] 刘迪清. 基于机器视觉的杂物识别的关键技术研究与应用[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [78] 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.
- [79] 邓辉,文靖. 风选与光选结合除杂模式在打叶复烤线的应用[J]. 化纤与纺织技术, 2022, 51(6): 51-53.
- [80] 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.
- [81] 尚伟. 自动视觉检测系统相关算法及应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2013.
- [82] 陶发展,杨栋,洪伟龄,等. 基于高光谱成像的烟丝中梗签分类识别研究[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2024, 45(3): 32-42.

Research progress on stem sliver separation process and equipment in cigarette manufacturing

TANG Xishu¹, TIAN Dexing¹, FANG Ruiping¹, PU Yunwei¹, YANG Lu¹,
WANG Shihong¹, MA Jiaping¹, ZI Wenhua²

1. Huize Cigarette Factory, Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Qijing 654200, China;

2. College of Energy and Environmental Science, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China

Abstract: Regarding to the problem that excessive stem sliver in cigarettes could damage their physical properties and affect the smoking sensation, the separation technology and equipment for stem sliver removing in the cigarette manufacturing process were reviewed in this study. It was summarized that the separation of stem sliver was concentrated in two key stages including cut tobacco making and cigarette packaging. The main technologies for stem sliver separation including air separation, vibrating screen, and composite processes. Among them, air separation was the main process. The separation efficiency could be improved through equipment improvement and parameter optimization. However, the balance between tobacco loss and purity still faced challenges. The vibrating screen was easily affected by the shortcomings of screen blocking and cleaning, but the composite process combining it with air separation were gradually receiving attention. The composite process of stem sliver separation combined optical identification selection and air separation had showed more accurate and intelligent separation solutions for the cigarette industry, but it was not been widely applied in actual production lines. In the future, the research and development of air separation technology can be strengthened, and it can be deeply and systematically integrated with vibration screen, light identification separation and other technologies. These will achieve the balanced development of cigarette product quality and material consumption.

Key words: stem sliver separation; equipment; air selection; vibrating screen; optical recognition selection

[责任编辑:吴晓亭]

(上接第 96 页)

utilize soluble sugar and protein in the reconstituted tobacco extract. It was identified that Y-1 was *Pichia kudriavzevii*, and after fermentation under the cultivation of 25 °C, pH=5, and 80% concentration in reconstituted tobacco extract for 24 hours, it could significantly improve the contents of volatile aroma substances in the extract, with esters, ketones, alcohols, and acids increasing by 2.31-fold, 12.15-fold, 0.66-fold and 2.74-fold, respectively. In addition, 16 new volatile aroma components were detected after fermentation. When the fermented extract containing Y-1 was added to reconstituted tobacco leaves, it significantly enhanced the fruity, sweet aroma and aroma layering, improving the smoking quality.

Key words: Baijiu Daqu; aroma-producing microorganism; *Pichia kudriavzevii*; reconstituted tobacco extract; flavor

[责任编辑:吴晓亭]