

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). XU Dayong, DENG Guodong, LIU Chaoxian, et al. Particle size analysis of tobacco puncturing cigarette[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2021, 27(1). doi: 10.16472/j.chinatobacco.2020.148

烟支刺破梗签粒度分析

徐大勇¹, 邓国栋¹, 刘朝贤¹, 舒芳誉², 严剑凡², 邹泉³, 刘泽³, 郝喜良⁴, 堵劲松^{*1}

1 中国烟草总公司郑州烟草研究院烟草行业烟草工艺重点实验室, 郑州高新技术产业开发区枫杨街2号 450001;

2 厦门烟草工业有限责任公司, 福建省厦门市海沧新阳工业区新景路1号 361022;

3 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南省玉溪市红塔大道118号 653100;

4 江苏中烟工业有限责任公司, 南京市建邺区梦都路30号 210019

摘要: 为合理控制烟丝中梗签粒度及其含量, 减少烟支刺破概率, 通过大量收集刺破不同圆周烟支的梗签, 分析刺破烟支梗签粒度分布规律。结果表明: (1) 卷制过程中较大尺寸梗签基本能被卷烟机剔除; (2) 宽度小于 0.7 mm 或长度小于 1.0 mm 的细梗签和梗粒造成烟支刺破的概率较小; (3) 常规烟、中支烟、细支烟刺破烟支梗签的宽度主要集中在 1.0 mm~3.0 mm 之间, 占 80% 以上, 平均宽度分别为 2.12 mm、1.74 mm 和 1.69 mm, 约为对应烟丝宽度的 2 倍; 长度分别主要集中在 6 mm~9 mm、4 mm~7 mm 和 3 mm~6 mm 范围内, 占 70% 以上, 平均长度分别为 7.39 mm、5.89 mm 和 5.12 mm, 与对应烟支直径基本相当; (4) 为减少刺破概率, 叶中含梗应重点控制直径 1.0 mm 以上含梗比例, 提高切丝宽度的均匀性, 常规、中支、细支卷烟应分别重点控制长度 >6 mm、>4 mm、>3 mm 的梗签。

关键词: 卷烟; 刺破; 梗签; 粒度

烟叶中的梗和叶脉在制丝加工过程中易形成梗签或梗块, 在卷制前需将烟丝中的梗签进行剔除, 减少烟丝中的含签量。卷制到烟支中的梗签一方面容易造成烟丝填充松紧不均匀, 进而影响烟支重量、吸阻的稳定性; 另一方面也是造成烟支刺破、漏气的主要原因; 并且梗签在燃烧时易产生燃烧端爆口现象, 从而影响烟支的燃烧性和感官质量, 因此梗签控制一直是卷烟企业过程控制的重点和难点。

卷烟加工过程一般通过打叶复烤叶中含梗的控制、制丝环节的风选和卷烟机的梗签分离系统来减少卷烟中的梗签含量, 提高卷烟质量。行业内有关梗签的相关研究主要集中在打叶复烤叶中含梗率的控制^[1-2]和梗签分离或剔除装置的研究与开发^[3-11]。目前燃烧端爆口的现象基本得到有效控制, 但刺破现象仍然存在, 尤其是细支烟的刺破率较高, 调研发现常规卷烟、中支烟、细支烟烟支刺破率分别为 0.12%、0.32% 和 0.69%。不同圆周规格的卷烟, 在不同加工

环节如何合理地控制、降低梗签的含量尚缺乏依据和统一的控制标准, 因此在实际生产过程中, 不同企业对梗签有各自不同的控制标准。

本文通过大量收集刺破不同圆周烟支梗签, 分析刺破烟支梗签粒度分布规律, 获得刺破烟支概率较高的梗签粒度, 为合理控制烟丝中梗签尺寸及其含量, 减少烟支刺破概率, 提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样品与仪器

3 种不同圆周规格卷烟的刺破烟支, 其中: 常规烟 8 个牌号 1244 支 (福建中烟、云南中烟), 圆周 (24±1) mm, 切丝宽度 (1.0±0.1) mm; 中支烟 3 个牌号 893 支 (福建中烟), 圆周 (20±1) mm, 切丝宽度 (0.9±0.1) mm; 细支烟 7 个牌号 913 支 (江苏中烟、福建中烟、云南中烟), 圆周 (17±1) mm, 切丝宽度 (0.8±0.1) mm。卷烟机剔除物、裁纸刀;

作者简介: 徐大勇 (1982—), 硕士, 高级工程师, 主要从事卷烟加工工艺研究。Email: xdyong@126.com

通讯作者: 堵劲松 (1970—), Email: djsdxx@126.com

收稿日期: 2020-05-23; **网络出版日期:** 2021-02-04

镊子；片烟大小及其分布测定系统（昆明船舶设计研究院、郑州烟草研究院，分辨率 $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ ）。

1.2 方法

1.2.1 梗签收集

刺破烟支梗签：用裁纸刀将烟支刺破处割开，镊出刺破梗签，并将不同圆周规格卷烟的刺破梗签分别收集。本文着重讨论不同圆周规格卷烟刺破梗签粒度差异，因此虽然不同牌号/规格卷烟原料叶中含梗率、加工工艺有所差异，但不单独分类收集，仅按其烟支圆周进行分类。

卷烟机剔除梗签：随机选择不同圆周规格卷烟各一个牌号，在其正常加工时任一卷烟机台的梗签剔除出口各接取 30 kg ，合并为一个样品。

1.2.2 梗签粒度检测

刺破烟支梗签：利用片烟大小及其分布测定系统，采用图像法检测出每根梗签的最小外接矩形的长和

宽，视为梗签的长度和宽度。

卷烟机剔除梗签：用四分法选择一份并挑选出剔除物中的烟丝后，利用片烟大小及其分布测定系统检测卷烟机剔除梗签的长度和宽度。

2 结果与分析

2.1 刺破烟支梗签及剔除物梗签尺寸分布比较

卷烟机剔除梗签和常规烟、中支烟、细支烟刺破梗签尺寸分布见图 1~4 所示。可以直观看出刺破烟支（常规、中支、细支）的梗签尺寸分布较卷烟机剔除梗签尺寸短且窄，剔除物梗签中个别梗签最大长度达 50 mm ，最大宽度达 14.7 mm ；常规烟、中支烟、细支烟刺破梗签最大长度均在 25 mm 以内，常规烟、中支烟刺破梗签宽度均在 10 mm 以内，细支烟刺破梗签宽度在 6.5 mm 以内。由此表明卷制过程中较大尺寸的梗签（或梗块）基本能被卷烟机剔除，且由于

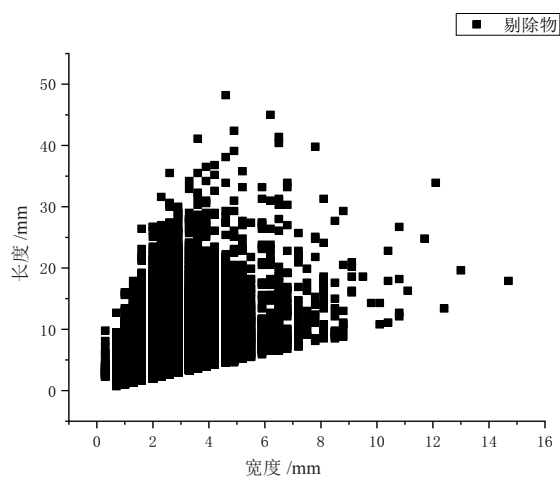


图 1 被剔除梗签的尺寸分布

Fig. 1 The size distribution of rejected cigarette-puncturing slivers

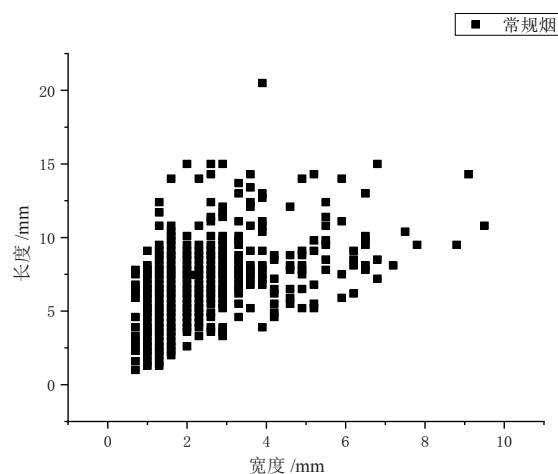


图 2 常规烟刺破梗签尺寸分布

Fig. 2 The size distribution of cigarette-puncturing slivers in conventional cigarette

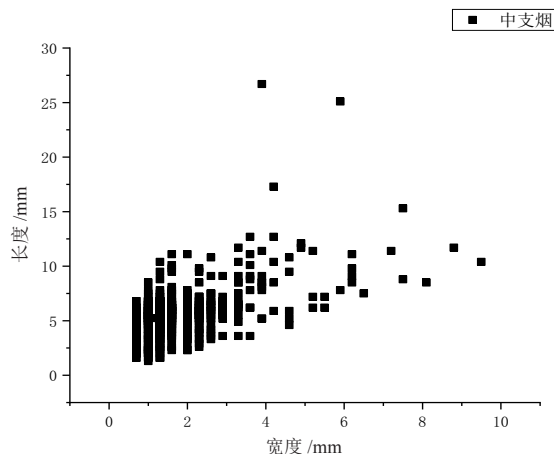


图 3 中支烟刺破梗签尺寸分布

Fig. 3 The size distribution of cigarette-puncturing slivers in medium cigarette

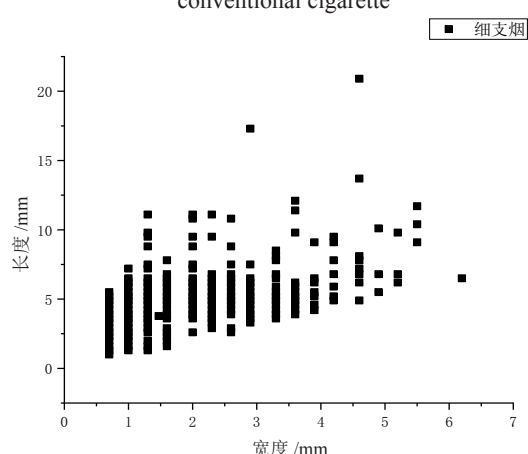


图 4 细支烟刺破梗签尺寸分布

Fig. 4 The size distribution of cigarette-puncturing slivers in slim cigarette

细支烟在卷制时梗签剔除比例较高且尺寸越大越易剔除，因此细支烟刺破梗签尺寸分布范围小于常规烟和中支烟。

为进一步分析刺破梗签长度与宽度的相关关系，按梗签长度和宽度两个维度统计不同尺寸梗签量占总梗签量比例，进行卡方检验，并计算 lambad 关联度系数和相关性系数，统计结果分别见表 1、2。

表 1 刺破梗签长度和宽度卡方检验结果

Tab. 1 Chi-square test results for length and width of cigarette-puncturing sliver

卷烟类型	值	自由度	渐进显著性（双侧）	
常规烟	皮尔逊卡方	759.528	135	0.000
	似然比 (L)	411.630	135	0.000
	线性关联	220.734	1	0.000
	有效个案数	1243		
细支烟	皮尔逊卡方	527.385	70	0.000
	似然比 (L)	237.071	70	0.000
	线性关联	153.346	1	0.000
	有效个案数	913		
中支烟	皮尔逊卡方	1342.938	144	0.000
	似然比 (L)	313.099	144	0.000
	线性关联	215.098	1	0.000
	有效个案数	893		

表 2 刺破梗签长度和宽度关联度分析结果

Tab. 2 Correlation analysis results of length and width of cigarette-puncturing sliver

卷烟类型			值	渐进标准误差	近似 T	渐进显著性
常规烟	Lambda	对称	0.074	0.011	6.431	0.000
		长度因变量	0.043	0.015	2.790	0.005
		宽度因变量	0.113	0.017	6.485	0.000
细支烟	Lambda	对称	0.068	0.022	2.924	0.003
		长度因变量	0.010	0.005	1.894	0.058
		宽度因变量	0.125	0.043	2.725	0.006
中支烟	Lambda	对称	0.034	0.009	3.749	0.000
		长度因变量	0.015	0.009	1.708	0.088
		宽度因变量	0.059	0.015	3.826	0.000

由表 1 卡方检验结果可以看出，卡方检验的概率 P 值均小于显著性水平 0.05，表明刺破烟支的梗签长度和宽度存在关联性。但由表 2 可以看出，Lambda 系数远远小 1，由此可见刺破梗签长度与宽度的相关性一般。

2.2 烟支刺破梗签宽度分布规律

不同圆周烟支刺破梗签宽度统计结果见表 3 所示。由统计结果可以看出，不同圆周卷烟烟支刺破梗签最小宽度均为 0.7 mm，说明 0.7 mm 以下梗签刺破烟支的概率较小，其主要原因是宽度 0.7 mm 以下梗签一般呈粒状或厚度较薄的丝状，对于丝状而言，其硬度较小，即使梗签长度较长，卷制时也不易产生刺破。

常规烟、中支烟、细支烟刺破烟支梗签的平均宽度存在明显差异，分别为 2.12 mm、1.74 mm 和 1.69 mm，约为对应周长烟支切丝宽度（常规烟 1 mm、中支烟 0.9 mm、细支烟 0.8 mm）的 2 倍。

表 3 不同类型烟支刺破梗签宽度描述统计结果

Tab. 3 Description statistics of width of cigarette-puncturing slivers in different types of cigarettes

不同类型烟支	最小值/mm	最大值/mm	平均值/mm	标准偏差/mm
常规烟	0.7	9.5	2.12	1.12
中支烟	0.7	9.5	1.74	1.03
细支烟	0.7	6.2	1.69	0.89

以 1 mm 为区间间隔，统计不同圆周卷烟烟支刺破梗签宽度的区间频率，结果见图 5 所示。由统计结果可知，不同圆周烟支刺破梗签宽度均集中在 1 mm~3 mm 范围内，占刺破烟支梗签的 80% 以上，其中，由于中支烟和细支烟切丝宽度较小，宽度在 1 mm~2 mm 范围内的梗签占 60% 以上。因此，为减少该宽度范围内的梗签含量，降低烟支刺破概率，叶中含梗应重点控制直径 1.0 mm 以上含梗比例，同时提高切丝宽度的均匀性。

2.3 烟支刺破梗签长度分布规律

不同圆周烟支刺破梗签长度统计结果见表 4 所示。由统计结果可以看出，常规烟、中支烟、细支烟烟支刺破梗签最小长度分别为 1.00 mm、1.30 mm 和 1.00 mm，表明虽然烟丝汇总长度在 1.0 mm 以下的梗签大量存在，但通常长度 1 mm 以下的梗签呈颗粒状，其刺破烟支的概率较小。

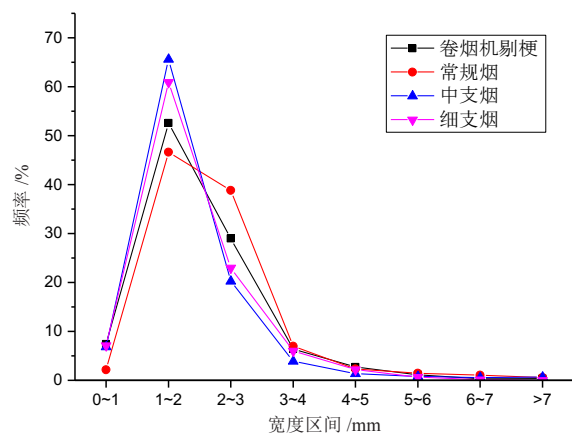


图 5 不同类型烟支刺破梗签宽度区间频率统计结果

Fig. 5 Frequency statistics of width of cigarette-puncturing slivers in different types of cigarettes

常规烟、中支烟、细支烟刺破梗签的平均长度分别为 7.39 mm、5.89 mm 和 5.12 mm，与对应周长烟支直径基本相当（常规烟 7.6 mm、中支烟 6.4 mm、细支烟 5.4 mm），表明烟支圆周越小，刺破烟支的梗签长度越小。并且由于烟丝中尺寸越小的梗签数量越多，因此造成卷烟生产加工过程中烟支刺破的概率，细支烟 > 中支烟 > 常规烟。

表 4 不同圆周卷烟烟支刺破梗签长度描述统计结果

Tab. 4 Description statistics of length of cigarette-puncturing slivers in cigarettes with different circumference

不同圆周 烟支	最小值 / mm	最大值 / mm	平均值 / mm	标准偏差 / mm
常规烟	1.00	20.50	7.39	2.06
中支烟	1.30	26.70	5.89	1.95
细支烟	1.00	20.90	5.12	1.57

以 1 mm 为区间间隔，统计不同圆周卷烟烟支刺破梗签长度的区间频率，结果见图 6 所示。由统计结果可知，常规烟、中支烟和细支烟刺破烟支梗签长度分别主要集中在 6 mm~9 mm、4 mm~7 mm 和 3 mm~6 mm 范围内，占刺破烟支梗签的 70% 以上，因此为减少烟支刺破概率，常规烟、中支烟和细支烟在制丝和卷制过程中应分别减少长度 6 mm、4 mm 和 3 mm 以上，宽度 1.0 mm 以上梗签比例。

2.4 烟支刺破梗签长宽比分布规律

不同圆周卷烟烟支刺破梗签长宽比统计结果见表 5 所示。由统计结果可以看出，常规烟、中支烟、细支烟烟支刺破梗签长宽比分别分布在 1.0~11.1、

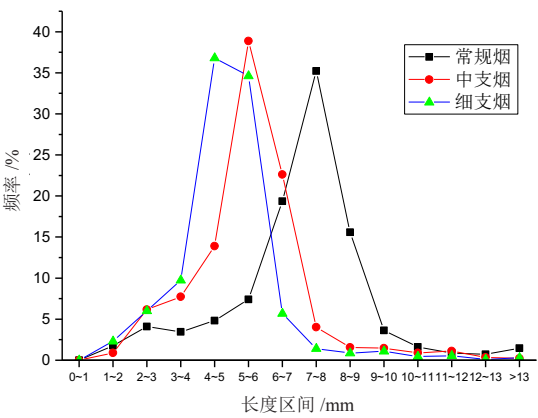


图 6 烟支刺破梗签长度区间频率统计结果

Fig. 6 Frequency statistics of length range of cigarette-puncturing slivers in different types of cigarettes

1.0~9.7 和 1.0~8.5 范围内，平均长宽比分别为 3.8、3.9 和 3.3，细支烟烟支刺破梗签长宽比相对较小。

表 5 不同圆周卷烟烟支刺破梗签长宽比统计结果

Tab. 5 Description statistics of aspect ratio of cigarette-puncturing slivers in cigarettes with different circumference

不同圆周烟支	最小值	最大值	平均值	标准偏差
常规烟	1.0	11.1	3.8	1.5423
中支烟	1.0	9.7	3.9	1.5260
细支烟	1.0	8.5	3.3	1.3741

不同圆周卷烟烟支刺破梗签长度的区间频率统计结果见图 7 所示，常规烟和中支烟长宽比主要分布在 2~6 之间，细支烟长宽比主要分布在 1~5 之间，占

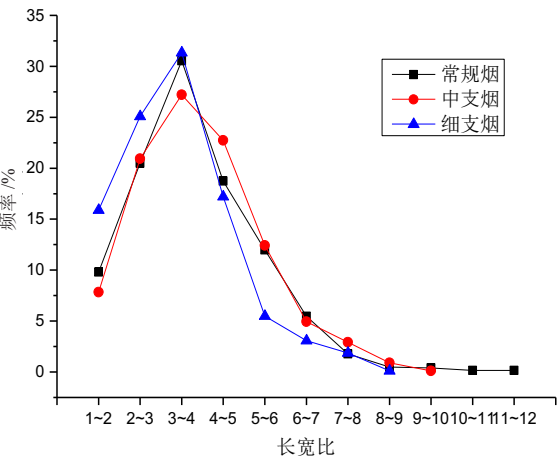


图 7 烟支刺破梗签长宽比区间频率统计结果

Fig. 7 Frequency statistics of aspect ratio range of cigarette-puncturing slivers in different types of cigarettes

80% 以上。通过对刺破梗签形态的观察发现, 该长宽比范围内的梗签呈圆柱状, 通常硬度较大, 在烟支中易垂直或基本垂直轴向分布, 从而卷制时出现刺破现象, 对于长宽比较小的梗签, 通常长度较短, 仅对直径相对较小的细支烟影响较大, 而对于长宽比较大的梗签 (一般是长度大于烟支直径), 即使未被剔除, 卷制时梗签受卷烟纸边界条件约束, 与烟支轴向形成一定夹角, 且梗签长度越长轴向夹角越小, 梗签受卷烟纸胁迫产生的径向反作用力越小, 因此发生刺破的

概率较小。

按图 7 对直径在 1 mm-9 mm 之间的烟支刺破梗签长宽比分布与不同规格卷烟区间频率进行方差分析, 并对显著差异因子作 Duncan 事后检验 ($\alpha=0.05$), 结果分别见表 6、表 7。由表 6 可知, 不同长宽的梗签刺破的概率存在显著差异。由表 7 可以看出, 刺破烟支梗签中长宽比为 3~4 的梗签比例最多, 其次是长宽比为 2~3 与 4~5 和 1~2 与 5~6 的梗签, 长宽比在 6 以上的梗签刺破概率差异不大且刺破的概率最小。

表 6 刺破梗签频率方差分析

Tab. 6 Variance analysis of the frequency of cigarette-puncturing slivers

差异源	SS	df	MS	F	P-value	F crit
长宽比区间	2280.201	6	380.0335	66.546	1.64E-08	2.99612
卷烟直径规格	4.664467	2	2.332233	0.408387	0.67362	3.885294
误差	68.53007	12	5.710839			
总计	2353.395	20				

表 7 长宽比同类子集

Tab. 7 Similar subsets of aspect ratio

长宽比	个案数	同类子集			
		1	2	3	4
8~9	3	0.4967			
7~8	3	2.1800			
6~7	3	4.4900			
5~6	3		9.9633		
1~2	3		11.1767		
4~5	3			19.5533	
2~3	3			22.1733	
3~4	3				29.6967
显著性		0.093	0.576	0.235	1.000

3 结论

(1) 卷制过程中较大尺寸梗签基本能被卷烟机剔除; 宽度小于 0.7 mm 或长度小于 1.0 mm 的细梗签和梗粒造成烟支刺破的概率较小。

(2) 常规烟、中支烟、细支烟刺破烟支梗签的宽度主要集中在 1.0 mm~3 mm 之间, 占 80% 以上, 平均宽度分别为 2.12 mm、1.74 mm 和 1.69 mm, 约为对应周长烟支切丝宽度的 2 倍。

(3) 常规烟、中支烟和细支烟刺破烟支梗签长度分别主要集中在 6 mm~9 mm、4 mm~7 mm 和

3 mm~6 mm 范围内, 占 70% 以上。刺破梗签的平均长度为: 常规烟 (7.39 mm) > 中支烟 (5.89 mm) > 细支烟 (5.12 mm), 与对应烟支直径基本相当。

(4) 刺破烟支梗签中长宽比为 3~4 的梗签比例最多, 其次是长宽比为 2~3 与 4~5 和 1~2 与 5~6 的梗签, 长宽比在 6 以上的梗签刺破概率差异不大且刺破的概率最小。

(5) 为减少烟支丝刺破概率, 对于梗签的控制: 一是叶中含梗应重点控制直径 1.0 mm 以上含梗比例; 二提高切丝宽度的均匀性; 三进一步提高烟丝中梗签的剔除效果, 常规、中支、细支卷烟分别重点控制长度 >6 mm、>4 mm、>3 mm 的梗签含量。

参考文献

[1] 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(7):11-13.
LUO Haiyan, FANG Wenqing, YANG Linbo, et al. Relationship between Stem Content in Lamina and Tobacco Breakage[J]. Tobacco science & technology, 2005(7):11-13.

[2] 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.
SHAO Minwei, ZHOU Liangming, LU Youxiang, et al. Adjustment and Optimization of Technological Parameters of Tobacco Purity for Threshing and Removing Stems[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2017, 23(17): 125-126,131.

[3] 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):177-179.
WANG Shengzhi, REN Zhili, CAI Peiliang, et al. Study on Structural Parameters of Secondary Separator in Cigarette Machines[J]. Value Engineering, 2018(37): 177-179.

- [4] 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.
HU Zhongjun, LI Jiang, CHEN Zhiming, et al. Reducing Sliver Content in Cigarettes by Improving parameters of ZJ17 Cigarette Maker [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2017(8): 79-80.
- [5] 王爱霞, 杨耀伟, 熊安言. PROTOS 70 卷接机组梗签风选系统参数优化 [J]. 中国科技纵横, 2011(23): 351-357.
WANG Aixia, YANG Yaowei, XIONG Anyan. Optimization on parameters of air separation system of PROTOS 70 Cigarette Maker [J]. China Science & Technology Panorama Magazine, 2011(23): 351-357.
- [6] 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(1):50-55.
PENG Yonggang, LIU Dekai, YANG Hualun, et al. Reducing the Amount of Tobacco Shred in Cigarette during Removal of Cigarette-Puncturing Slivers by Cigarette Machine [J]. Journal of Shandong Institute of Light Industry (Natural Science Edition), 2015(1):50-55.
- [7] 李晓, 熊安言. FX6 型就地风选器在梗签风选中的应用 [J]. 烟草科技, 2006, (8):9-11.
LI Xiao, XIONG Anyan. Application of In Site Pneumatic Sliver Classifier FX6[J]. Tobacco science & technology, 2006(8):9-11.
- [8] 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, (8):26-28.
BAI Shixiu, FU Bao, ZHANG Dongfu. Improvement of Secondary Pneumatic Separating Floating Chamber in ZJ17 Cigarette Maker[J]. Tobacco science & technology, 2012, (8):26-28.
- [9] 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.
ZHANG Haotian, LI Zhekun, CAI Peiliang, et al. Design of standalone sliver separating device for cigarette maker[J]. Tobacco science & technology, 2018, 51(10):97-103.
- [10] 王声扬. 改进 PROTOS 风选系统降低烟支的含梗签量 [J]. 烟草科技, 2000, (7):13-15.
WANG Shenyang. Reduce Sliver Content in Cigarettes by Improving PROTOS air separation system[J]. Tobacco science & technology, 2000, (7):13-15.
- [11] 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.
KANG Jinling, WEI Xiaoling, WANG Jiansheng, et al. Optimization on key parameters of tobacco flexible winnowing machine[J]. Food & Machinery, 2017, 33(7):100-103.

Particle size analysis of cigarette-puncturing slivers

XU Dayong¹, DENG Guodong¹, LIU Chaoxian¹, SHU Fangyu², YAN Jianfan²,
ZOU Quan³, LIU Ze³, HAO Xiliang⁴, DU Jinsong^{*1}

1 Key Laboratory of Tobacco Processing Technology of CNTC, Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC,
Zhengzhou 450001, China;

2 Xiamen Tobacco Industrial Co., Ltd., Xiamen 361022, Fujian, China;

3 Technology Center, China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Yuxi 653100, Yunnan, China;

4 China Tobacco Jiangsu Industrial Co., Ltd., Nanjing 210019, China

Abstract: In order to reasonably control the particle size and content of stalks in shredded tobacco and reduce the probability of puncturing a cigarette, a large number of cigarette-puncturing slivers in cigarette with different circumferences were collected to analyze the particle size distribution of cigarette-puncturing slivers. The results show that: (1) Large-sized stalks can basically be removed by the cigarette machine during the rolling process; (2) Thin stalks and stalk particles with a width less than 0.7 mm or a length less than 1.0 mm have a lower probability of puncturing a cigarette (3) The width of the cigarette-puncturing slivers of conventional cigarettes, medium cigarettes and thin cigarettes is mainly concentrated between 1.0 mm and 3 mm, accounting for more than 80%, and the average widths are 2.12 mm, 1.74 mm and 1.69 mm, respectively, which are approximately 2 times the width of the corresponding tobacco shred; (4) The length of the cigarette-puncturing slivers of conventional cigarettes, medium cigarettes and thin cigarettes is mainly concentrated in the range of 6 mm~9 mm, 4 mm~7 mm, and 3 mm~6 mm, accounting for more than 70%, and the average length is 7.39 mm, 5.89 mm and 5.12 mm, respectively, which are basically equal to the diameter of corresponding cigarette; (5) In order to reduce the probability of shredded tobacco puncturing, the proportion of stalks with a diameter of 1.0mm or more contained in leaves should be controlled, and the uniformity of tobacco shred tobacco width should be improved. Stalk with lengths of >6 mm, > 4 mm, >3 mm should be mainly controlled for regular, medium, and thin cigarettes, respectively.

Keywords: cigarette; puncture; sliver; particle size

*Corresponding author. Email: djsdxx@126.com