



引用格式:韩路,田海英,楚文娟,等.卷烟纸参数对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响[J].轻工学报,2020,35(1):79-84.

中图分类号:TS411.2 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.01.010

文章编号:2096-1553(2020)01-0079-06

# 卷烟纸参数对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响

## Effects of cigarette paper parameters on combustion coal fallout propensity of burning slim cigarettes

韩路,田海英,楚文娟,李耀光,高明奇,郝辉,李国政,曹珂,付瑜峰

HAN Lu, TIAN Haiying, CHU Wenjuan, LI Yaoguang, GAO Mingqi, HAO Hui, LI Guozheng, CAO Ke, FU Yufeng

河南中烟工业有限责任公司技术中心,河南 郑州 450000

Technology Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China

**摘要:**选取不同参数(定量、透气度、麻浆质量分数、灰分质量分数、助燃剂质量分数、助燃剂中钾盐占比等)的卷烟纸制作细支卷烟样品,考察卷烟纸性状对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响,并对参数设置进行优化.结果表明:细支卷烟的燃烧锥落头倾向随卷烟纸定量的增大而迅速降低;卷烟纸的透气度、麻浆质量分数和灰分质量分数的增大均引起细支卷烟燃烧锥落头倾向的显著上升,其中卷烟纸的透气度与燃烧锥落头倾向正相关;助燃剂质量分数的变化对降低燃烧锥落头倾向无显著效果,但助燃剂中钾盐占比过高则会引起燃烧锥落头倾向的迅速增大;对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响大小依次为透气度>定量>助燃剂中钾盐占比>助燃剂质量分数,卷烟纸最优参数组合为透气度 50 CU,定量  $34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,助燃剂中钾盐占比 50%,助燃剂质量分数 1.5%,在该参数设置下,燃烧锥落头倾向由优化前的 6.3% 降至 2.5%.

### 关键词:

细支卷烟;卷烟纸参数;燃烧锥落头倾向

### Key words:

slim cigarette; cigarette paper parameter; combustion coal fallout propensity

收稿日期:2019-09-17

作者简介:韩路(1990—),女,河南省商丘市人,河南中烟工业有限责任公司助理工程师,博士,主要研究方向为烟草化学.

通信作者:付瑜峰(1987—),男,江西省新余市人,河南中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为烟草化学及卷烟产品设计.

**Abstract:** In order to investigate the effects of cigarette paper properties on the combustion coal fallout propensity of burning slim cigarette, cigarette paper with different parameters ( grammage, air permeability, hemp pulp content, ash content, burn promoter content and proportion of potassium salts in burn promoter ) was selected and the samples of fine cigarette were made. The parameters were set optimization. The results showed that the combustion coal fallout propensity of slim cigarettes decreased rapidly with the increase of paper grammage. The presence of air permeability, hemp pulp content and ash content in cigarette papers was able to promote the fallout propensity of combustion coal, in a content-dependent manner. Meanwhile, air permeability of cigarette paper exhibited a positive correlation to the combustion coal fallout propensity. The change of burn promoter content had no significant effect on reducing the tendency of the fallout propensity of combustion coal, while the excessively high proportion of potassium salts in burn promoter would cause the tendency of the fallout propensity of combustion coal to fall rapidly. The four parameters of air permeability, grammage, burn promoter content and proportion of potassium salts in burn promoter were sorted in descending order of the influence on the combustion coal fallout propensity as below: air permeability > grammage > proportion of potassium salts in burn promoter > burn promoter content. The combustion coal fallout propensity decreased from 6.3% to 2.5% with the optimum cigarette paper parameters of air permeability 50 CU, grammage 34 g · m<sup>-2</sup>, proportion of potassium salts in burn promoter 50%, burn promoter content 1.5%.

## 0 引言

随着国内烟草市场卷烟降焦减害工程的实施和低焦油、低危害卷烟理念的推广,细支卷烟越来越受到消费者的青睐和市场的认可,并逐渐发展成为行业的重要经济增长点<sup>[1-2]</sup>。然而,细支卷烟的烟支较长且横截面积较小,燃吸过程中易发生燃烧锥落头现象,俗称“掉火头”。近年来,因燃烧锥掉落影响消费者体验的市场反馈日益增多,已成为制约细支卷烟进一步发展的技术瓶颈。

当卷烟纸与烟丝的燃烧行为不匹配时,易导致熄火或燃烧锥脱落<sup>[3]</sup>。考虑到细支卷烟在烟支物理性质、燃烧性能等方面与常规卷烟存在较大差异,业界部分学者针对细支卷烟的燃烧锥落头现象进行了研究。王亮等<sup>[4]</sup>分析了细支卷烟烟丝结构分布与燃烧锥落头之间的相关性,发现烟丝配方中中短丝比例越高,烟支轴向密度分布越均匀,燃烧锥落头率越低。喻赛波等<sup>[5]</sup>研究发现,烟丝含水率会影响烟丝结构分布,进而影响细支卷烟燃烧锥落头率,随着烟支单重增加、烟丝含水率提升和烟丝中梗签量的

减少,燃烧锥落头率均呈下降趋势。以上研究多是分析烟丝对细支烟燃烧落锥的影响,而卷烟纸作为卷烟的主要辅料,在细支卷烟中占据烟支质量的9%左右,几乎是常规卷烟中所占比例的两倍<sup>[6]</sup>,却鲜见关于卷烟纸对细支卷烟燃烧落锥影响的研究成果。喻赛波<sup>[7]</sup>考察了卷烟纸中助燃剂含量对细支卷烟燃烧锥落头率的影响,发现其落头率随卷烟纸助燃剂用量的减少而降低。鉴于此,本文拟系统考察卷烟纸诸参数对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响规律,通过正交试验分析各参数对燃烧锥落头倾向的影响程度,确定卷烟纸最优参数组合,旨在改善细支卷烟产品的燃烧锥落头问题,为细支卷烟的设计开发提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

根据国内外细支烟用卷烟纸参数设计特点与实际使用情况,设计23种不同的卷烟纸样品,并由恒丰纸业股份有限公司按设计要求提供。卷烟纸参数设计如下:定量 26 g · m<sup>-2</sup>, 28 g · m<sup>-2</sup>, 30 g · m<sup>-2</sup>, 32 g · m<sup>-2</sup>和 34 g · m<sup>-2</sup>;透

气度 30 CU, 40 CU, 50 CU, 60 CU, 70 CU 和 80 CU; 麻浆质量分数 0%, 20%, 60% 和 100%; 灰分质量分数 15%, 18%, 21% 和 24%; 助燃剂质量分数 0.9%, 1.2%, 1.5% 和 2.0%; 钾钠比(助燃剂中柠檬酸钾与柠檬酸钠的质量比) 1:0, 3:1, 1:1, 1:3 和 0:1, 即助燃剂中钾盐占比为 100%, 75%, 50%, 25% 和 0%。

CFP800A 卷烟落锥测试分析仪, 合肥众沃仪器技术有限公司产; KBF 型恒温恒湿箱, 德国 Binder 公司产; ME204 电子天平, 瑞士 Mettler Toledo 公司产; DionexICS - 3000 离子色谱仪, 美国 ThermoFisher 公司产; TYQ500 纸张透气度自动测量仪, 中国科学院安徽光学精密机械研究所提供。

## 1.2 实验方法

**1.2.1 单因素试验** 在单因素试验前需对实验用卷烟纸进行检测, 以确定所有卷烟纸的物理参数实测值与设计值基本一致, 可以满足实验要求。以卷烟纸定量  $28 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 透气度 50 CU, 助燃剂中钾盐占比 100%, 麻浆质量分数 20%, 灰分质量分数(即 CaO 质量分数) 18% 和助燃剂质量分数 1.5% 为基准, 制备基准卷烟纸样品 0<sup>#</sup>。固定烟丝配方和其他辅料, 按照每次只变化一种卷烟纸参数的原则制备细支卷烟, 作为单因素试验样品, 其参数设置见表 1。

**1.2.2 正交试验设计** 在单因素试验的基础上, 选择卷烟纸的透气度(A)、定量(B)、助燃剂质量分数(C)和助燃剂中钾盐占比(D) 4 个因素, 以燃烧锥落头倾向为指标(Y), 选用  $L_{16}(4^5)$  正交表进行正交试验设计, 因素水平表见表 2。

**1.2.3 卷烟燃烧锥落头倾向的测定** 按照《卷烟 燃烧锥落头倾向的测试》(YC/T 558—2018)<sup>[8]</sup> 的规定, 采用卷烟落锥测试分析仪进行卷烟燃烧锥落头倾向的测定。每个样品测试 2 组, 每组 40 支, 以落头样品的个数占检测样品

表 1 单因素试验卷烟纸样品参数设计

Table 1 Parameter design of cigarette paper in single factor experiment

样品编号	麻浆质量分数/%	定量 / ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	透气度 / CU	灰分质量分数/%	助燃剂质量分数/%	助燃剂中钾盐占比/%
0 <sup>#</sup>	20	28	50	18	1.5	100
1 <sup>#</sup>	20	26	50	18	1.5	100
2 <sup>#</sup>	20	30	50	18	1.5	100
3 <sup>#</sup>	20	32	50	18	1.5	100
4 <sup>#</sup>	20	34	50	18	1.5	100
5 <sup>#</sup>	20	28	30	18	1.5	100
6 <sup>#</sup>	20	28	40	18	1.5	100
7 <sup>#</sup>	20	28	60	18	1.5	100
8 <sup>#</sup>	20	28	70	18	1.5	100
9 <sup>#</sup>	20	28	80	18	1.5	100
10 <sup>#</sup>	0	28	50	18	1.5	100
11 <sup>#</sup>	60	28	50	18	1.5	100
12 <sup>#</sup>	100	28	50	18	1.5	100
13 <sup>#</sup>	20	28	50	15	1.5	100
14 <sup>#</sup>	20	28	50	21	1.5	100
15 <sup>#</sup>	20	28	50	24	1.5	100
16 <sup>#</sup>	20	28	50	18	0.9	100
17 <sup>#</sup>	20	28	50	18	1.2	100
18 <sup>#</sup>	20	28	50	18	2.0	100
19 <sup>#</sup>	20	28	50	18	1.5	75
20 <sup>#</sup>	20	28	50	18	1.5	50
21 <sup>#</sup>	20	28	50	18	1.5	25
22 <sup>#</sup>	20	28	50	18	1.5	0

表 2 正交试验因素水平表

Table 2 The factor level of orthogonal experiment

水平	因素			
	A/CU	B/ ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	C/%	D/%
1	40	28	0.9	100
2	50	30	1.2	75
3	60	32	1.5	50
4	70	34	2.0	25

总数的百分数来计算落头倾向, 并取两组结果的平均值作为检测结果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单因素试验结果分析

**2.1.1 卷烟纸的透气度对燃烧锥落头倾向的影响** 卷烟纸的透气度对燃烧锥落头倾向的影响如图 1 所示。由图 1 可知, 随着透气度的增

加,卷烟燃烧锥落头倾向呈上升趋势.对卷烟燃烧锥落头倾向平均值和卷烟纸透气度平均值进行线性拟合,可得到拟合方程  $y = 0.0857x - 1.381$ ,二者存在一定的正相关关系 ( $R^2 = 0.8816$ ).这可能是因为卷烟纸透气度的增加促进了空气向燃烧锥内部扩散,燃烧过程加剧,从而使燃烧锥的体积增大<sup>[9]</sup>,导致燃烧锥的稳固性下降.

**2.1.2 卷烟纸的定量对燃烧锥落头倾向的影响** 卷烟纸的定量对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响如图2所示.由图2可知,随着定量的增大,卷烟燃烧锥落头倾向呈现下降趋势.有研究<sup>[10]</sup>表明,增加定量会使卷烟纸的组织结构更疏松,均匀性和自然孔隙度得到改善,纸张燃烧速度加快.因此,推断在  $26 \sim 34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  范围内,纸张定量的增加可以提高卷烟纸与烟丝燃烧性能的匹配度,从而降低细支卷烟燃烧锥的落头倾向.

**2.1.3 卷烟纸中麻浆质量分数对燃烧锥落头倾向的影响** 卷烟纸的纸浆类型包括木浆和麻浆,在木浆中添加麻浆可以增加卷烟纸中麻浆纤维的含量,麻浆纤维可以改善纸张松厚性,有助于提高卷烟纸的透气度,进而调节烟支的燃烧性能<sup>[11-12]</sup>.细支卷烟燃烧锥落头倾向随卷烟纸中麻浆质量分数的变化情况如图3所示.由图3可知,随着纸浆中麻浆纤维添加量的增加,

燃烧锥落头倾向显著增大.

**2.1.4 卷烟纸中灰分质量分数对燃烧锥落头倾向的影响** 卷烟纸的主要组分是天然纤维和无机填料(如  $\text{CaCO}_3$ ),其中无机填料的添加比重约为  $30\% \sim 40\%$ .常用的填料  $\text{CaCO}_3$  具有助燃作用,灼烧后分解为  $\text{CaO}$ ,适量添加  $\text{CaCO}_3$  可调节卷烟纸的燃烧速率;随着  $\text{CaCO}_3$  添加量的增加,卷烟纸的透气度也会相应增大<sup>[10-11]</sup>.卷烟纸中灰分质量分数对燃烧锥落头倾向的影响如图4所示.由图4可知,随着卷烟纸中灰分质

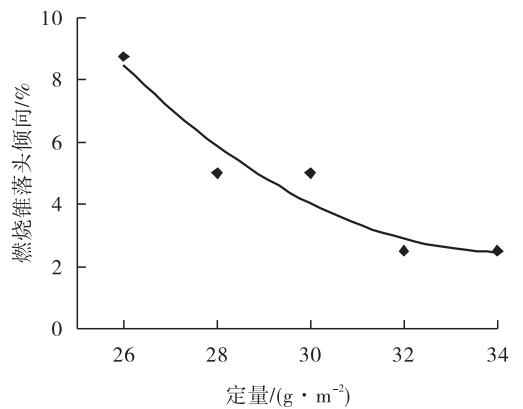


图2 卷烟纸的定量对燃烧锥落头倾向的影响

Fig. 2 Effect of cigarette paper grammage on the combustion coal fallout propensity

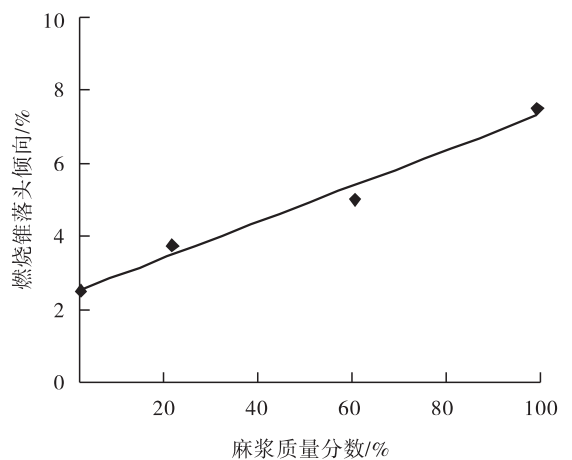


图3 卷烟纸中麻浆质量分数对燃烧锥落头倾向的影响

Fig. 3 Effect of hemp pulp content in cigarette paper on the combustion coal fallout propensity

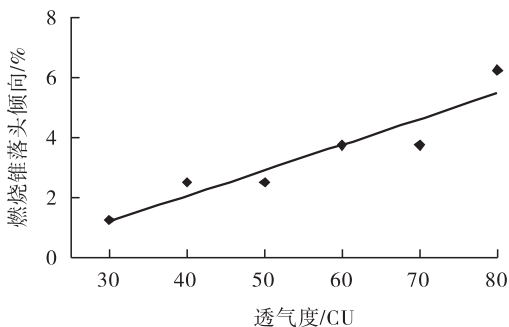


图1 卷烟纸的透气度对燃烧锥落头倾向的影响  
Fig. 1 Effect of cigarette paper air permeability on the combustion coal fallout propensity

量分数(即 CaO 质量分数)的增加,细支卷烟燃烧锥落头倾向整体呈上升趋势。

### 2.1.5 卷烟纸中助燃剂质量分数和助燃剂中钾盐占比对燃烧锥落头倾向的影响

在卷烟纸中加入助燃剂,可以通过放热反应增加烟支燃烧时的温度,从而提高纸张燃烧速度,目前大多采用柠檬酸盐(柠檬酸钾和柠檬酸钠)作为助燃剂<sup>[11-13]</sup>。卷烟纸中助燃剂质量分数和助燃剂中钾盐占比对燃烧锥落头倾向的影响分别如图 5 和图 6 所示。由图 5 可知,随着助燃剂质量分数的增加,细支卷烟燃烧锥落头倾向稍有降低。该现象与喻赛波<sup>[7]</sup>的报道不符,可能是因为助燃剂配方不同所致。

由图 6 可知,卷烟燃烧锥落头倾向会随着助燃剂中钾盐占比的增加出现先减小后增大的现象。这可能是因为金属离子的种类与用量不同,也会影响纸张的燃烧性能:钾离子可以促进燃烧,而钠离子则易导致卷烟纸燃烧后灰片的粘结<sup>[3]</sup>。当助燃剂中钾盐占比逐渐增大时,钠盐占比则相应降低,卷烟纸的燃烧速率随之增大,但同时包灰性能下降。

### 2.2 正交试验结果分析

正交试验结果与数据分析见表 3。由表 3 中

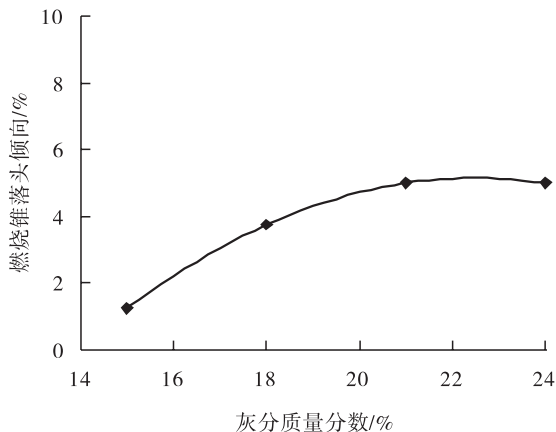


图 4 卷烟纸中灰分质量分数对燃烧锥落头倾向的影响

Fig. 4 Effect of ash content in cigarette paper on the combustion coal fallout propensity

各因素的极差  $R$  值可知,4 个因素在取值范围内对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响大小依次是透气度 > 定量 > 助燃剂中钾盐占比 > 助燃剂质量分数。卷烟纸各参数较优组合是透气度 50 CU,定量  $32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  或  $34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,助燃剂中钾盐占比 50%,助燃剂质量分数 1.2% 或 1.5%。

### 2.3 卷烟纸参数优化验证结果

以卷烟纸透气度 50 CU,定量  $34 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,钾盐占比 50%,麻浆、灰分和助燃剂质量分数

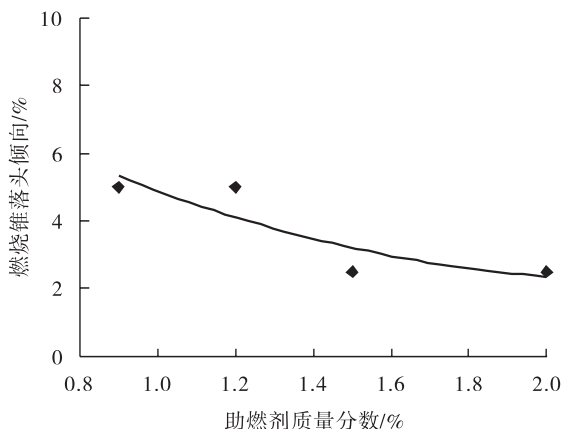


图 5 卷烟纸助燃剂质量分数对燃烧锥落头倾向的影响

Fig. 5 Effect of burn promoter content in cigarette paper on the combustion coal fallout propensity

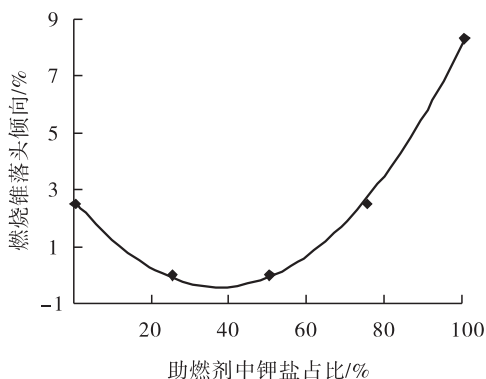


图 6 卷烟纸助燃剂中钾盐占比对燃烧锥落头倾向的影响

Fig. 6 Proportion of potassium salts in burn promoter of cigarette paper on the combustion coal fallout propensity

表3 正交试验结果与数据分析

Table 3 The results and data analysis of orthogonal experiment

试验号	因素				Y/%
	A/CU	B/ ( $g \cdot m^{-2}$ )	C/%	D/%	
1	1	1	1	1	6.3
2	1	2	2	2	6.3
3	1	3	3	3	3.8
4	1	4	4	4	3.8
5	2	1	2	3	3.8
6	2	2	1	4	7.5
7	2	3	4	1	2.5
8	2	4	3	2	2.5
9	3	1	3	4	7.5
10	3	2	4	3	6.3
11	3	3	1	2	3.8
12	3	4	2	1	5.0
13	4	1	4	2	11.3
14	4	2	3	1	7.5
15	4	3	2	4	6.3
16	4	4	1	3	5.0
$k_1$	20.2	28.9	22.6	21.3	
$k_2$	16.3	27.6	21.4	23.9	
$k_3$	22.6	16.4	21.3	18.9	
$k_4$	30.1	16.3	23.9	25.1	
R	13.8	12.6	2.6	6.2	

分别为 20%、18% 和 1.5% 的最优参数制备卷烟纸并卷制烟支样品,测定其燃烧锥落头倾向,与基准样品进行对照,结果如图 7 所示。由图 7 可知,基准样品的燃烧锥落头倾向为 6.3%,调整至最优卷烟纸参数后,细支卷烟的燃烧锥落头倾向降至 2.5%,说明优化卷烟纸参数对改善细支卷烟燃烧锥落头倾向有积极的影响。

### 3 结论

本文采用单因素试验研究了卷烟纸参数(定量、透气度、麻浆质量分数、灰分质量分数、助燃剂质量分数和助燃剂中钾盐占比)对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响。在此基础上,采用正交试验对卷烟纸参数设置进行了优化。结果表明:在所考察的卷烟纸各参数中,透气度、麻浆质量分数和灰分质量分数的增大均可导致细支卷烟燃烧锥落头倾向的显著上升;卷烟纸定

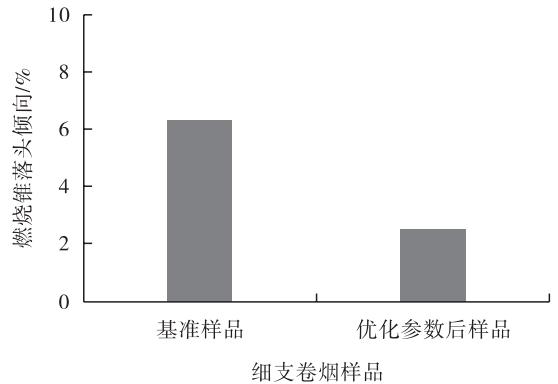


图7 卷烟纸参数调整前后细支卷烟的燃烧锥落头倾向

Fig. 7 Combustion coal fallout propensity of slim cigarettes with different cigarette papers

量的增加则可以降低燃烧锥的落头倾向;改变助燃剂质量分数对燃烧锥落头倾向无显著影响,而随着助燃剂中钾盐占比的增加,燃烧锥落头倾向呈先降低后上升的趋势,钾盐占比过高可使燃烧锥落头倾向迅速增大;对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响大小依次为透气度 > 定量 > 助燃剂中钾盐占比 > 助燃剂质量分数,卷烟纸最优参数组合为透气度 50 CU, 定量  $34 g \cdot m^{-2}$ , 助燃剂中钾盐占比 50%, 助燃剂质量分数 1.5%, 以该参数准备卷烟纸并卷制烟支样品,与基准样品相比,燃烧锥落头倾向由优化前的 6.3% 降至 2.5%, 细支卷烟的“掉火头”现象明显改善。

### 参考文献:

- [1] 王金棒,洪广峰,高健,等. 细支卷烟研究综述[J]. 中国烟草学报,2018,24(5):91.
- [2] 周振罗. 聚焦细支烟培育——为行业创新发展添动力[EB/OL]. (2018-01-16)[2019-09-13]. [http://www.eastobacco.com/zxbk/wzst/2018qgh/hyjsdjt/201801/t20180116\\_473631.html](http://www.eastobacco.com/zxbk/wzst/2018qgh/hyjsdjt/201801/t20180116_473631.html).

- 技,2008(11):9.
- [7] 陈昆燕,周学政,杨文敏,等.七种卷烟材料对卷烟通风率的效应分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2014,39(12):129.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.卷烟和滤棒物理性能的测定 第15部分:卷烟 通风的测定定义和测量原理:GB/T 22838.15—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.卷烟 总粒相物中烟碱的测定气相色谱法:GB/T 23355—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油:GB/T 19609—2004[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.卷烟 烟气相中一氧化碳的测定非散射红外法:GB/T 23356—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [12] 曹伏军,解晓翠,汪旭,等.在线激光打孔参数对卷烟通风率及常规烟气成分释放量的影响[J].烟草科技,2014(11):45.
- [13] 尧珍玉,徐济仓,沈妍,等.接装纸透气度对卷烟燃烧温度和烟气指标的影响[J].中国造纸学报,2016,31(3):18.
- [14] 吴泽河,熊双丽.响应面-主成分分析法优化低糖菊芋饼干配方[J].核农学报,2018,32(3):539.
- [15] 淡玄玄,李小敏.亚麻对染料甲基紫吸附的响应面法分析[J].环境监测管理与技术,2017,29(6):68.
- [16] 戴知友,莫创荣,张金莲,等.基于响应面分析法研究  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  对多氯联苯的降解效果[J].广西大学学报(自然科学版),2017,42(5):1943.

(上接第84页)

- [3] 王道宽,连芬燕,刘雯,等.卷烟包灰性能的影响因素[J].烟草科技,2013(4):12.
- [4] 王亮,夏平宇,罗玮,等.烟丝结构分布对细支卷烟燃烧锥落头的影响[J].烟草科技,2018,51(11):79.
- [5] 喻赛波,谭超,王诗太,等.烟丝含水率对细支卷烟的影响[J].食品与机械,2018,34(5):216.
- [6] 董艳娟,田海英,高明奇,等.卷烟纸参数对细支卷烟烟气常规成分释放量的影响[J].烟草科技,2018,51(6):51.
- [7] 喻赛波.细支卷烟燃烧锥落头影响因素研究[J].湖南烟草,2019(3):57.
- [8] 国家烟草专卖局.卷烟 燃烧锥落头倾向的测试:YC/T 558—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [9] 谢国勇,李斌,银董红,等.卷烟纸透气度对卷烟燃吸温度分布特征的影响[J].烟草科技,2013(10):35.
- [10] 王世刚.应用卷烟纸降低香烟焦油量的工艺措施[J].黑龙江造纸,2005,33(3):53.
- [11] 王耀.卷烟燃吸中掉火头现象原因分析及解决方案[J].金田,2013(10):438.
- [12] 黄敏.含麻卷烟纸的试制[D].南京:南京林业大学,2005.
- [13] 赵宏.卷烟纸对卷烟燃烧性能的影响[J].黑龙江造纸,2006,34(2):42.