



楚文娟,纪朋,韩路,等.滤嘴参数对细支烟主要理化指标及感官品质的影响[J].轻工学报,2022,37(3): 65-73.
CHU W J,JI P,HAN L,et al. Effects of filter parameters on main physical and chemical indexes and sensory quality of slim cigarette[J]. Journal of Light Industry,2022,37(3):65-73. DOI:10. 12187/2022. 03. 009

滤嘴参数对细支烟主要理化指标及感官品质的影响

楚文娟¹,纪朋¹,韩路¹,孙培健¹,孙学辉²,邱建华¹,田海英¹,聂聪²

1. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心,河南 郑州 450000;
2. 中国烟草总公司郑州烟草研究院,河南 郑州 450001

摘要:采用 6.0Y/17000 规格丝束制备了不同滤嘴参数(滤嘴通风率、滤棒压降)的细支烟样品,并考查了滤嘴参数对其主要理化指标(烟支吸阻、烟碱过滤效率、焦油释放量、烟碱释放量、CO 释放量、主流烟气 pH 值)及感官品质的影响。结果表明:烟支吸阻与滤棒压降正相关,与滤嘴通风率负相关,相同的滤棒压降变化,细支烟烟支吸阻的变化幅度约为常规烟的 1/2,相同滤嘴通风率变化,细支烟烟支吸阻的变化幅度约为常规烟的 1.7 倍。细支烟滤嘴对烟碱的过滤效率与滤棒压降和滤嘴通风率均正相关,且过滤效率低于常规烟。焦油、烟碱的释放量与滤嘴通风率和滤棒压降均显著负相关,且滤嘴参数变化对细支烟常规成分的影响幅度低于常规烟。细支烟主流烟气中 CO 的单位焦油释放量随滤嘴通风率的增加而减小,烟碱的单位焦油释放量随滤嘴通风率的增加而增加。分别建立了个理化指标与滤嘴参数的回归方程,预测精度良好。细支烟感官评价得分随滤棒压降的增加而降低,随滤嘴通风率的增加呈先升高后降低的趋势,滤嘴通风率设定为 40%时感官品质最优。

关键词:滤嘴参数;细支烟;理化指标;感官品质;回归方程

中图分类号:TS411.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2022)03-0065-09

0 引言

近年来,国内细支烟销量快速增长,已成为行业新的研究热点。与常规卷烟相比,细支卷烟具有以下特点:一是烟支细长,吸阻较大;二是横截面小,抽吸时气流速度较快;三是滤嘴通风率普遍较高。这些物理特征导致细支烟主流烟气化学成分释放量及感官品质与常规烟有较大差异。因此,系统研究滤嘴参数对细支烟主要理化指标及感官品质的影响规律,对于细支烟产品开发具有重要意义。

卷烟材料设计参数的改变对常规烟烟气常规成分、香味成分、有害成分释放量,以及卷烟的燃烧性能、感官品质的影响等研究已有较多报道^[1-10];而对于细支烟,目前已有研究则多集中于适宜成型为细支滤棒的丝束,卷烟纸参数及圆周变化对细支烟主流烟气常规成分、香味成分释放量的影响等^[11-14]。如高明奇等^[15]研究发现,高单旦、低总旦的二醋酸纤维丝束适宜成型低压降细支滤棒;C. M. Bundren 等^[16]指出高单旦、低总旦的二醋酸纤维丝束所成型的细支滤棒压降变异系数远高于常规滤棒;W. D.

收稿日期:2021-09-07;**修回日期:**

基金项目:中国烟草总公司重大专项项目(110201601013(xz-04));河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(AW202103)

作者简介:楚文娟(1983—),女,河南省平顶山市人,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,博士,主要研究方向为烟草化学和烟用材料。E-mail:chuwenjuan6@126.com

通信作者:田海英(1978—),女,河南省南阳市人,河南中烟工业有限责任公司研究员,主要研究方向为烟草化学和烟用材料。E-mail:haiyingflying@163.com

E. Irwin^[17] 研究发现,随卷烟圆周的减小,单位质量烟丝与空气接触的面积增大,烟草燃烧更加充分,焦油、烟碱、CO 的释放量呈降低的趋势;李超等^[18] 研究发现,在圆周 23.0~27.0 mm 范围内,卷烟主流烟气总粒相物(TPM)和焦油对应的的单位烟碱释放量随烟支长度的增加而减小,且随烟支圆周的增大,负相关的趋势愈加明显。

楚文娟等^[19] 考查了不同丝束规格下,滤棒压降、滤嘴通风率对细支烟烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气常规成分的影响,结果显示烟支吸阻、烟碱过滤效率等指标在 5 种丝束规格间的差异分别达到显著和极显著水平。常规烟滤嘴中,普遍使用 3.0Y/35000 规格的丝束成型滤棒,这种常规滤棒对卷烟烟气常规指标和感官品质的影响方面已有报道,但细支烟常用的丝束规格为 6.0Y/17000,其成型的细支滤棒对细支烟相关指标和感官品质的影响却鲜有报道。鉴于此,本研究拟选用国内细支烟常用的 6.0Y/17000 规格丝束,在其适宜范围内成型细支滤棒,考查滤嘴参数对细支烟烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气常规成分释放量、主流烟气 pH 值及感官品质的影响,并建立相应的预测模型,以期对细支烟滤嘴的数字化设计提供参考与借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

主要材料:6.0Y/17000 规格丝束,南通醋酸纤维有限公司提供;滤棒(圆周 16.9 mm,长度 120 mm),焦作市卷烟材料有限公司提供;接装纸(定量 40 g/m²,宽度 74 mm),河南省新郑金芒果实业总公司提供;卷烟纸(定量 28 g/m²,宽度 19 mm,透气度 50 CU),牡丹江恒丰纸业有限公司提供;细支烟专用烟丝(黄金叶品牌),河南中烟工业有限责任公司提供。

主要仪器:XSE204 型电子天平(感量 0.000 1 g),瑞士 Mettler Toledo 公司产;KDF2 滤棒成型机,沈阳飞机制造公司产;Quantum Neo 综合测试台,英国 Cerulean 公司产;RM200A 型转盘吸烟机,德国 Borgwaldt 公司产;Agilent 7890A 气相色谱仪,美国 Agilent 公司产;Metrohm848 型自动电位滴定仪,瑞士万通中国有限公司产。

1.2 实验方法

1.2.1 细支烟样品的设计与制备 选用 6.0Y/17000 规格丝束,根据其适宜的成型范围,结合滤棒实际使用情况,设计并制备 16 种细支烟样品,具体物理参数见表 1。由表 1 可知,细支烟样品的滤

表 1 细支烟样品的物理参数
Table 1 Physical parameters of cigarette samples

样品编号	滤棒压降/Pa		滤嘴通风率/%		单支质量/g	
	设计值	实测平均值	设计值	实测平均值	平均值	变异系数/%
1	4100	4187±169	0	0.51	0.55	3.1
2			20	19.73	0.54	3.3
3			40	39.37	0.55	2.4
4			58	55.98	0.55	2.7
5	4500	4513±148	0	0.26	0.55	1.9
6			20	21.27	0.55	1.9
7			40	39.50	0.56	2.3
8			58	57.92	0.56	2.1
9	4900	4918±179	0	0.16	0.54	2.1
10			20	20.66	0.56	2.9
11			40	42.97	0.56	1.9
12			58	58.46	0.57	2.1
13	5200	5173±183	0	0.30	0.56	2.1
14			20	21.90	0.56	2.9
15			40	40.32	0.57	3.1
16			58	59.22	0.54	2.1

嘴参数(滤棒压降、滤嘴通风率)和单支质量均能满足实验设计的需要。

1.2.2 细支烟样品的平衡与筛选 参考文献[21]规定的方法平衡细支烟,按照(平均吸阻±30)/Pa、(平均质量±0.02)/g、(滤嘴通风率设计值±3)/%的标准筛选细支烟,作为待测样品。

1.2.3 细支烟样品主要理化指标的检测 首先按文献[22]规定的方法抽吸细支烟,通过综合测试台对烟支吸阻进行直接测定;参考文献[23]测定与计算滤嘴对烟碱的过滤效率;参考文献[24-25]测定细支烟主流烟气中焦油、烟碱、CO的释放量;参考文献[26]测定主流烟气的pH值。

1.2.4 滤嘴参数与细支烟样品主要理化指标回归方程的建立 根据检测结果,将各理化指标(烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气常规成分释放量、主流烟气pH值)与滤棒压降(X_1)和滤嘴通风率(X_2)的关系进行拟合,建立回归方程。另外设定不同的滤嘴参数,制备5支细支烟作为验证样品,测量验证样品主要理化指标,以验证样品的平均预测相对偏差(RDAP)来考查回归方程的预测精准度。

$$RDAP = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{|C''_i - C_i|}{C_i}}{m} \times 100\%$$

式中: C''_i 为模型预测值, C_i 为实测值, m 为预测样品数。

1.2.5 细支烟样品感官品质评价 为保证评吸样品的一致性,采用筛选后的待测样品进行感官品质评价,按照文献[27]的规定对细支烟感官品质进行评价,评吸人员共11人,参与评吸的人员均具有省级以上评吸资质。

2 结果与讨论

2.1 细支烟样品主要理化指标测定结果

细支烟样品主要理化指标测定结果见表2。从表2可以看出,在滤棒压降一定时,随着滤嘴通风率的增加,烟支吸阻、焦油、烟碱、CO释放量呈下降趋势,烟碱过滤效率、主流烟气pH值呈增加趋势;在滤嘴通风率一定时,随着滤棒压降的增加,烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气pH值呈增加趋势,焦油、烟碱释放量呈下降趋势,CO释放量变化不大。

2.2 滤嘴参数对烟支吸阻的影响

滤嘴参数对烟支吸阻的影响结果见表3,其中PV为滤嘴通风率每增加10%烟支吸阻的降低值;PD为滤棒压降每增加100Pa烟支吸阻的增加值。

由表3可以看出,在滤棒压降一定的条件下,烟支吸阻与滤嘴通风率呈负相关关系($R^2>0.98$);在

表2 细支烟样品主要理化指标测定结果

Table 2 Determination results of main physical and chemical indexes of cigarette samples							
滤棒压降/ Pa	滤嘴通风率/ %	烟支吸阻/ Pa	烟碱过滤 效率/%	焦油释放量/ (mg·支 ⁻¹)	烟碱释放量/ (mg·支 ⁻¹)	CO释放量/ (mg·支 ⁻¹)	主流烟气 pH值
4187	0.51	2020	18.40	9.14	0.83	0.78	5.67
	19.73	1660	19.80	8.38	0.75	0.70	5.92
	39.37	1300	22.31	6.87	0.68	0.53	6.10
	55.98	1080	23.20	5.10	0.51	0.35	6.20
4513	2100	18.97	8.96	0.80	0.76	5.69	
	21.27	1750	20.12	8.23	0.74	0.67	5.94
	39.50	1370	23.05	6.62	0.63	0.50	6.16
	57.92	1160	24.85	4.87	0.50	0.34	6.24
4918	2230	21.80	8.74	0.78	0.78	5.71	
	20.66	1840	22.35	8.17	0.71	0.66	5.97
	42.97	1450	24.63	6.35	0.60	0.52	6.22
	58.46	1250	27.26	4.74	0.48	0.39	6.27
5173	2280	21.75	8.53	0.76	0.76	5.72	
	21.90	1910	23.42	8.03	0.69	0.69	6.01
	40.32	1550	25.79	6.16	0.58	0.51	6.26
	59.22	1270	27.58	4.44	0.44	0.33	6.32

表 3 滤嘴参数对烟支吸阻的影响
Table 3 Effect of filter ventilation on draw resistances

滤棒压降/ Pa	烟支吸阻-滤嘴 通风率拟合方程	R^2	PV/Pa	滤嘴通风率/ %	烟支吸阻-滤嘴 压降拟合方程	R^2	PD/Pa
4187	$y = -15.900x + 1992$	0.988	159	0	$y = 0.265x + 908$	0.999	26
4513	$y = -16.000x + 2075$	0.987	160	20	$y = 0.240x + 656$	0.988	24
4918	$y = -16.650x + 2192$	0.981	166	40	$y = 0.234x + 316$	0.951	23
5173	$y = -16.950x + 2261$	0.996	170	58	$y = 0.190x + 294$	0.977	19

滤嘴通风率增加幅度相同时,滤棒压降越大,烟支吸阻降低值越大。彭斌等^[28]对常规烟的研究表明,当滤嘴通风率变化 10% 时,常规烟吸阻的变化幅度为 91.9~103.1 Pa。在滤嘴通风率变化一致时,本文中细支烟的烟支吸阻变化幅度约为彭斌等^[28]研究的常规烟的 1.7 倍,这可能是因为随着烟支圆周减小、长度增加,细支烟轴向阻力增加,因此相同的滤嘴通风率的变化对细支烟烟支吸阻影响程度更大。

当滤嘴通风率相同时,烟支吸阻与滤棒压降呈显著正相关($R^2>0.95$);在滤棒压降增加幅度相同时,滤嘴通风率越高,烟支吸阻增加值越小。高铭等^[29]对常规卷烟的研究表明,滤棒压降与烟支吸阻之间存在正相关关系,固定滤嘴通风率,滤棒压降改变 100 Pa,烟支吸阻改变约 54 Pa。在滤棒压降变化一致时,本文细支卷烟烟支吸阻的变化量约为常规烟的 1/2,这可能是因为常规烟多采用低单旦、高总旦的丝束,与常规烟相比,细支烟纤维丝束间的空隙较大,因此改变相同的滤棒压降,细支烟的变化幅度相对较小。

2.3 滤嘴参数对烟碱过滤效率的影响

滤嘴参数对烟碱过滤效率的影响结果见表 4,其中 EV 为滤嘴通风率每增加 10% 滤嘴对烟碱过滤效率的增加值;ED 为滤棒压降每增加 100 Pa 滤嘴对烟碱的过滤效率增加值。由表 4 可以看出,烟碱的过滤效率与滤嘴通风率显著正相关($R^2>0.97$),这与高明奇等^[23,30]的研究结果一致。在本文研究

的滤棒压降范围内,滤嘴通风率每增加 10%,细支烟滤嘴对烟碱的过滤效率增加 1% 左右。魏玉玲等^[31]的研究表明,滤嘴长度为 30 mm 的常规烟,烟碱过滤效率均高于 40%,本文中同样滤嘴长度的细支烟,在所研究的滤嘴通风率范围内,烟碱过滤效率均低于 30%,明显低于常规烟。这可能是由于细支烟横截面相对较小,抽吸时气流速度较快,烟气在滤嘴中驻留时间较短,使得滤嘴对烟气的截留效率降低^[23]。烟碱的过滤效率与滤棒压降呈显著正相关($R^2>0.85$),这与于川芳等^[10]对常规烟的研究结果一致。在本文研究的滤嘴通风率范围内,滤棒压降每增加 100 Pa,细支烟滤嘴对烟碱的过滤效率增加 1.20%~1.56%。

2.4 滤嘴参数对主流烟气常规成分释放量的影响

2.4.1 滤嘴通风率对主流烟气常规成分释放量的影响 滤嘴通风率对主流烟气常规成分释放量的影响如表 5 所示。由表 5 可知,在滤棒压降一定的条件下,主流烟气焦油、烟碱、CO 的释放量与滤嘴通风率均呈负相关关系($R^2>0.95$)。该趋势与连芬燕等^[32]对常规烟的研究结果一致。在本文所研究的滤棒压降范围内,滤嘴通风率每增加 10%,烟气焦油、烟碱和 CO 释放量的降低量分别为 0.68~0.71 mg/支、0.05 mg/支和 0.65~0.73 mg/支。连芬燕等^[32]针对常规烟的研究,得到 1.07 mg/支、

表 4 滤嘴参数对烟碱过滤效率的影响
Table 4 Effect of filter ventilation on nicotine filtration efficiency

滤棒吸阻/Pa	烟碱过滤效率-滤嘴 通风率拟合方程	R^2	$EV/\%$	滤嘴通风率/%	烟碱过滤效率-滤棒 压降拟合方程	R^2	$ED/\%$
4187	$y = 0.085x + 18.391$	0.971	0.85	0	$y = 1.288x - 17.010$	0.854	1.29
4513	$y = 0.103x + 18.662$	0.976	1.03	20	$y = 1.309x - 18.150$	0.933	1.31
4918	$y = 0.093x + 21.211$	0.973	0.93	40	$y = 1.202x + 20.940$	0.983	1.20
5173	$y = 0.099x + 21.656$	0.996	0.99	58	$y = 1.555x - 21.835$	0.934	1.56

0.44 mg/支和 1.25 mg/支的结果,约为本文细支烟的 1.5~9 倍。这可能是由于细支烟烟支圆周相对较小,单位质量烟丝与空气的接触面积较大,烟丝燃烧相对充分,导致滤片截留的常规烟气成分的变化量较小。

2.4.2 滤棒压降对主流烟气常规成分释放量的影响 滤棒压降对主流烟气常规成分释放量的影响见表 6。由表 6 可知,滤嘴通风率相同时,主流烟气焦油、烟碱的释放量与滤棒压降均显著负相关($R^2 > 0.91$),CO 释放量与滤棒压降没有相关性,该趋势与于川芳等^[10]对常规烟的研究结论相同。在本

文研究的滤嘴通风率范围内,滤棒压降每增加 400 Pa,细支烟烟气焦油、烟碱的释放量分别降低 0.12~0.28 mg/支、0.024~0.040 mg/支。于川芳等^[10]针对常规烟的研究,得到 0.56 mg/支、0.04 mg/支的结果,约为本文细支烟的 2~5 倍。

2.4.3 滤嘴参数对主流烟气中各成分释放量比值的影响 不同滤棒压降下滤嘴通风率对 CO 与焦油的释放量比值(CO/焦油)和烟碱与焦油的释放量比值(烟碱×10/焦油)的影响见图 1。从图 1 可以看出,不同滤棒压降下,CO/焦油(即 CO 的单位焦油

表 5 滤嘴通风率对主流烟气常规成分释放量的影响

Table 5 Effect of filter ventilation on the deliveries of conventional components in mainstream smoke					
滤棒压降/Pa	焦油-滤嘴通风率拟合方程	R^2	烟碱-滤嘴通风率拟合方程	R^2	CO-滤嘴通风率拟合方程 R^2
4187	$y = -0.068x + 9.417$	0.972	$y = -0.005x + 0.845$	0.951	$y = -0.073x + 8.071$ 0.976
4513	$y = -0.069x + 9.252$	0.971	$y = -0.005x + 0.820$	0.979	$y = -0.072x + 7.850$ 0.985
4918	$y = -0.069x + 9.073$	0.962	$y = -0.005x + 0.794$	0.980	$y = -0.065x + 7.816$ 0.999
5173	$y = -0.071x + 8.911$	0.954	$y = -0.005x + 0.779$	0.976	$y = -0.073x + 7.923$ 0.972

表 6 滤棒压降对主流烟气常规成分释放量的影响

Table 6 Effect of filter rod pressure drop on the deliveries of conventional components in mainstream smoke					
滤嘴通风率/%	焦油-滤棒压降拟合方程	R^2	烟碱-滤棒压降拟合方程	R^2	CO-滤棒压降拟合方程 R^2
0	$y = -6.000 \times 10^{-4}x + 11.687$	0.992	$y = -1.000 \times 10^{-4}x + 1.114$	0.999	$y = -1.000 \times 10^{-4}x + 8.114$ 0.146
20	$y = -3.000 \times 10^{-4}x + 9.728$	0.952	$y = -6.000 \times 10^{-5}x + 1.001$	0.984	$y = -2.000 \times 10^{-4}x + 7.652$ 0.195
40	$y = -7.000 \times 10^{-4}x + 9.848$	0.999	$y = -1.000 \times 10^{-4}x + 1.100$	0.974	$y = -1.000 \times 10^{-4}x + 5.410$ 0.035
58	$y = -6.000 \times 10^{-4}x + 7.679$	0.948	$y = -7.000 \times 10^{-5}x + 0.825$	0.913	$y = -5.000 \times 10^{-5}x + 3.301$ 0.006

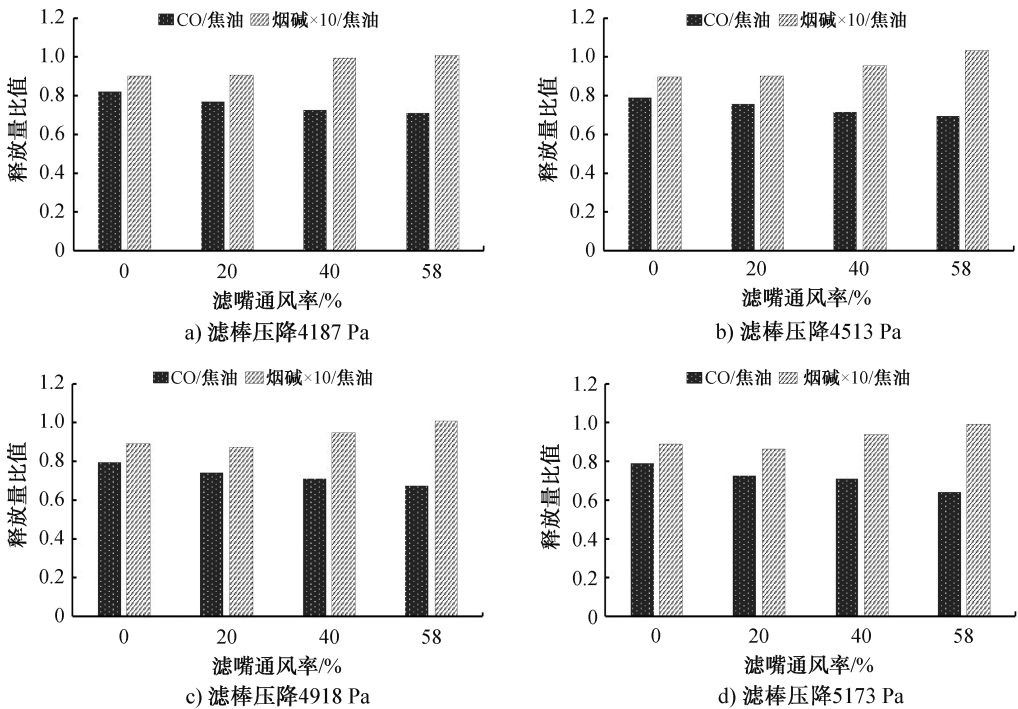


图 1 不同滤棒压降下滤嘴通风率对 CO/焦油和烟碱/焦油比值的影响

Fig. 1 Effect of filter ventilation on the ratios of CO/tar and nicotine/tar under different filter rod pressure drop

释放量)随着滤嘴通风率的增加而减小,烟碱×10/焦油(即烟碱的单位焦油释放量)随着滤嘴通风率的增加而增大,这与 R. Baker^[33]关于常规烟的研究结论一致。这是因为滤嘴通风率增大导致烟气流速减小,增加了烟气在烟支段的驻留时间,导致 CO 气体的扩散增加,焦油在烟丝段的截留增加,使得 CO、焦油降低相对较多,而对于半挥发性成分烟碱来说,仅影响了其冷凝和再蒸发过程,因而烟碱的减少量相对较小。

2.5 滤嘴参数对主流烟气 pH 值的影响

滤嘴参数对主流烟气 pH 值的影响如表 7 所示,其中 HV 为滤嘴通风率每增加 10%主流烟气 pH 值的增加值;HD 为滤棒压降每增加 100 Pa 主流烟气 pH 值的增加值。由表 7 可以看出,当滤棒压降相同时,主流烟气 pH 值与滤嘴通风率显著正相关($R^2>0.93$);在滤嘴通风率增加幅度相同时,滤棒压降越大,主流烟气 pH 值增加值越大。这可能是因为增加滤嘴通风率,主流烟气的径向扩散增强,分子量小、沸点低的酸性成分更易于发生测流逸散,使得游离态烟碱含量增加,进而形成主流烟气 pH 值增加值呈增大的趋势^[26]。当滤嘴通风率相同时,主流烟气 pH 值与滤棒压降显著正相关($R^2>0.93$)。这可能是因为当滤棒压降增加,主流烟气中对烟气 pH 值贡献较大的非挥发性有机酸更易于被滤嘴截留,使得主流烟气中非质子化烟碱含量增加,因此主流烟气 pH 值呈上升趋势^[26]。

表 7 滤嘴参数对主流烟气 pH 值的影响

Table 7 Effect of filter ventilation on mainstream smoke pH

滤棒吸阻/Pa	主流烟气 pH-滤嘴通风率拟合方程	R^2	HV	滤嘴通风率/%	主流烟气 pH-滤棒压降拟合方程	R^2	HD
4187	$y=0.008\ 9x+5.707$	0.965	0.089	0	$y=5.000\times10^{-5}x+5.459$	0.993	0.005
4513	$y=0.009\ 4x+5.716$	0.957	0.094	20	$y=9.000\times10^{-5}x+5.547$	0.933	0.009
4918	$y=0.009\ 7x+5.753$	0.936	0.097	40	$y=2.000\times10^{-4}x+5.431$	0.983	0.020
5173	$y=0.010\ 2x+5.770$	0.936	0.102	58	$y=1.000\times10^{-4}x+5.721$	0.934	0.010

表 8 细支烟各理化指标与滤嘴参数的回归方程

Table 8 Regression equation between cigarette physical and chemical indexes and filter parameters

理化指标	回归方程	R^2
烟支吸阻	$Y=998+0.241X_1-16.400X_2$	0.986
烟碱过滤效率	$Y=1.090+4.020\times10^{-3}X_1+0.095X_2$	0.964
焦油释放量	$Y=11.544-5.060\times10^{-4}X_1-0.069X_2$	0.968
烟碱释放量	$Y=1.137-6.995\times10^{-5}X_1-5.056\times10^{-3}X_2$	0.971
CO 释放量	$Y=7.913-6.997\times10^{-2}X_2$	0.979
主流烟气 pH 值	$Y=5.206+1.034\times10^{-4}X_1+0.017X_2-1.188\times10^{-4}X_2^2$	0.991

2.6 细支烟样品主要理化指标与滤嘴参数的预测模型

细支烟烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气常规成分释放量、主流烟气 pH 值等理化指标均同时受滤嘴通风率(X_1)和滤棒压降(X_2)的影响,其与滤嘴参数的回归方程如表 8 所示。由表 8 可知,各理化指标与滤嘴参数之间均有较强的相关性。

以回归方程为预测模型,预测 5 个验证样品的主要理化指标。细支烟主要理化指标的预测值和实测值结果如表 9 所示。由表 9 可知,验证样品各理化指标的平均预测相对偏差均在 0.36%~3.89%范围内,说明所建立的 6 个预测模型预测精度良好,具有一定的适用性。

2.7 滤嘴参数对细支烟样品感官品质的影响

滤嘴参数对细支烟样品感官品质的影响如图 2 所示。由图 2 可知,感官评价得分随滤嘴通风率的增加均呈现先升高后降低的趋势,滤嘴通风率为 40%时感官品质较佳。滤嘴通风率较小,烟支吸阻较大,影响细支烟抽吸的轻松感;滤嘴通风率过大,烟气稀释程度较大,对烟气浓度、香气量、满足感均有不利影响。随着滤棒压降的增加,细支烟感官评价得分呈降低趋势,对于不同压降细支滤棒,均为最低压降时感官评价得分最高。因此,细支烟设计可优先选择低压降滤棒,再搭配适宜的滤嘴通风率,可使细支烟抽吸时具有较好的轻松感、满足感和舒适感。

表 9 细支烟主要理化指标的预测值和实测值结果

验证样 品编号	滤棒压 降/Pa	滤嘴通 风率/%	烟支吸阻/Pa		烟碱过滤效率/%		焦油/(mg·支 ⁻¹)		烟碱/(mg·支 ⁻¹)		CO/(mg·支 ⁻¹)		主流烟气 pH 值	
			实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值
1	4485	20.72	1765	1739	20.12	20.09	8.23	7.84	0.75	0.72	6.53	6.46	5.95	5.97
2	4485	42.59	1359	1380	22.68	23.17	6.29	6.34	0.65	0.61	5.01	4.93	6.16	6.18
3	4936	0.21	2215	2184	21.80	20.95	8.74	9.03	0.78	0.79	7.97	7.90	5.71	5.72
4	4936	41.79	1468	1502	24.63	24.90	6.35	6.16	0.60	0.58	4.61	4.99	6.20	6.22
5	4936	57.53	1270	1244	26.26	26.40	4.84	5.08	0.48	0.50	4.02	3.89	6.26	6.30
RDAP/%			1.76		1.59		3.36		3.89		2.91		0.36	

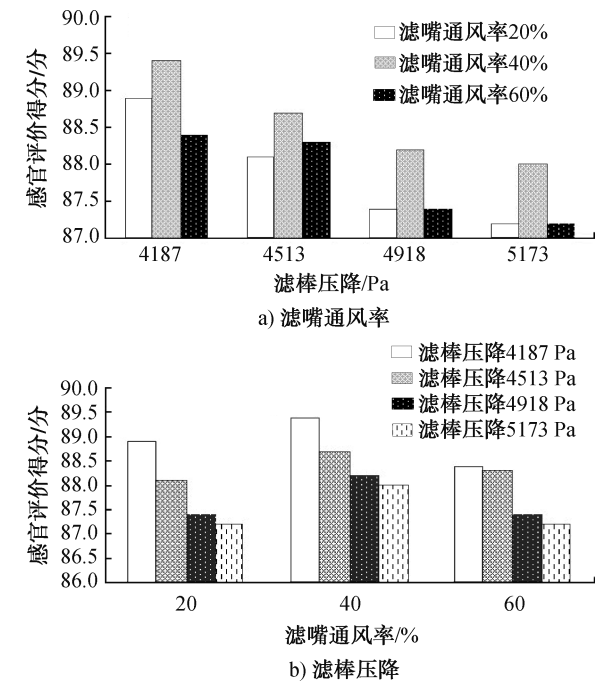


图 2 滤嘴参数对细支烟感官品质的影响
Fig. 2 Effect of filter parameters on sensory quality of slim cigarettes

3 结论

本研究系统考查了利用 6.0Y/17000 规格丝束制备细支烟时,滤嘴参数(滤嘴通风率、滤棒压降)对细支烟烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气常规成分释放量、主流烟气 pH 值等主要理化指标,以及感官品质的影响,得到如下结论:

1)烟支吸阻与滤嘴通风率负相关,且随着滤棒压降的增加,滤嘴通风率对烟支吸阻的影响逐渐变大;烟支吸阻与滤棒压降正相关,且随着滤嘴通风率的增加,滤棒压降对烟支吸阻的影响逐渐变小;相同滤嘴通风率变化,细支烟烟支吸阻的变化幅度大于常规烟,相同的滤棒压降变化,细支烟烟支吸阻的变

化幅度小于常规烟。
2)细支烟滤嘴对烟碱的过滤效率与滤棒压降和滤嘴通风率均呈正相关,过滤效率低于常规烟;滤嘴通风率与焦油、烟碱、CO 的释放量均负相关;滤棒压降与焦油、烟碱释放量负相关、与 CO 释放量无相关性;滤嘴参数变化对细支烟常规成分释放量的影响幅度低于常规烟;CO 的单位焦油释放量随滤嘴通风率的增大而减小,烟碱的单位焦油释放量随滤嘴通风率的增大而增大。
3)主流烟气 pH 值与滤棒压降和滤嘴通风率均呈正相关;细支烟感官评价得分随滤棒压降的增加而降低,随滤嘴通风率的增加先升高后降低,滤嘴通风率为 40%时感官品质最优。
4)分别建立了烟支吸阻、烟碱过滤效率、焦油、烟碱、CO、主流烟气 pH 的回归方程,且回归方程 R^2 均大于 0.96,预测精度良好。

本文仅针对 6.0Y/17000 规格丝束滤嘴参数对细支烟主要理化指标的影响进行了研究,后续工作中将开展滤嘴参数对短支烟、中支烟主要理化指标的影响研究,旨在为细支烟产品主要理化指标的精准调控及数字化设计提供技术支撑。

参考文献:

[1] 谢卫,黄朝章,苏明亮,等. 辅助材料设计参数对卷烟 7 种烟气有害成分释放量及其危害性指数的影响[J]. 烟草科技,2013(1):31-38.
[2] 许春平,曾颖,汪洁,等. 水松纸通风度对卷烟主流烟气中常规成分及香味成分的影响[J]. 轻工学报,2016,31(1):35-39.
[3] 戴莉,邱宝平,梁娅,等. 滤嘴稀释度对卷烟主

- 流烟气香味释放量研究述评[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2014, 29(4): 33-37.
- [4] 朱先约, 崔迟, 谢玉龙, 等. 滤嘴通风对卷烟主流烟气主要氮杂环类碱性香味成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(8): 52-59.
- [5] 潘立宁, 王冰, 刘绍锋, 等. 辅助材料参数对卷烟主流烟气中酸性香味成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2014(3): 46-50.
- [6] 谢玉龙, 朱先约, 蔡君兰, 等. 滤嘴通风率对卷烟酸性成分的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(3): 30-36.
- [7] 赵乐, 彭斌, 于川芳, 等. 辅助材料设计参数对卷烟7种烟气有害成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2012(10): 46-50.
- [8] 彭斌, 孙学辉, 尚平平, 等. 辅助材料设计参数对烤烟型卷烟烟气焦油、烟碱和CO释放量的影响[J]. 烟草科技, 2012(2): 61-82.
- [9] 于川芳, 罗登山, 王芳, 等. 卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官品质的影响(一)[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2): 1-7.
- [10] 于川芳, 罗登山, 王芳, 等. 卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官品质的影响(二)[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(3): 6-10.
- [11] 葛畅, 赵明月, 胡有持, 等. 细支与常规卷烟主流烟气常规指标及中性致香成分对比分析[J]. 烟草科技, 2017, 50(4): 43-50.
- [12] 董艳娟, 田海英, 高明奇, 等. 卷烟纸参数对细支卷烟烟气常规化学成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(6): 51-57.
- [13] 张亚平, 张晓宇, 周顺, 等. 卷烟纸组分对常规和细支卷烟烟气释放量及感官品质的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(11): 48-57.
- [14] 丁美宙, 刘欢, 刘强, 等. 梗丝形态对细支卷烟加工及综合质量的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(9): 197-202.
- [15] 高明奇, 马宇平, 顾亮, 等. 细支烟用二醋酸纤维素丝束的应用性能[J]. 烟草科技, 2017, 50(11): 75-80.
- [16] BUNDREN C M, SANDERSON W S, BUSBY P, et al. Products of high denier per filament and low total denier tow bands: US8967155 B2[P]. 2015-03-03.
- [17] IRWIN W D E. The effects of circumference on mainstream delivers and composition: Progress report 2[EB/OL]. (1989-02-22) [2017-11-15]. <http://industrydocuments.library.ucsf.edu/tobacco/docs/qhng0207>.
- [18] 李超, 崔柱文, 蔡洁云, 等. 不同长度、圆周、切丝宽度卷烟主流烟气常规指标释放量及其变化[J]. 烟草科技, 2021, 54(3): 40-49.
- [19] 楚文娟, 孟祥士, 许旭, 等. 滤嘴参数对细支烟主要理化指标的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(8): 60-66.
- [20] 杨松, 赵晓东, 田海英, 等. 细支和常规卷烟主流烟气常规成分和5种关键烤甜香味成分逐口释放量的差异分析[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(5): 1-9.
- [21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境: GB/T 16447—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 常规分析用吸烟机 定义和标准条件: GB/T 16450—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [23] 高明奇, 田海英, 冯晓民, 等. 细支烟滤嘴参数对烟碱过滤效率的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(12): 72-76.
- [24] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 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.
- [25] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 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.
- [26] 楚文娟, 田海英, 李耀光, 等. 滤嘴参数对细支

烟主流烟气 pH 和感官品质的影响[J]. 烟草科技,2019,52(2):47-55.

[27] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 卷烟 第 4 部分:感官技术要求:GB 5606.4—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.

[28] 彭斌,孙学辉,尚平平,等. 辅助材料设计参数对烤烟型卷烟烟气焦油、烟碱和 CO 释放量的影响[J]. 烟草科技,2012(2):61-65.

[29] 高铭,冯银龙,张永江. 滤棒压降与烟支吸阻关系的模型建立[J]. 河南科技,2013(2):26-27.

[30] NORMAN V, IHRIG A, SHOFFNER R, et al. The effect of tip dilution on the filtration efficiency of upstream and downstream segments of cigarette filters [J]. Contributions to Tobacco Research,1984,12(4):178-185.

[31] 魏玉玲,徐金和,廖臻,等. 卷烟材料多因素对卷烟通风率及过滤效率的影响[J]. 烟草科技,2008(11):9-13.

[32] 连芬燕,李斌,黄朝章,等. 滤嘴通风率对卷烟燃烧温度及主流烟气中七种有害成分的影响[J]. 湖北农业科学,2014,53(17):4074-4078.

[33] BAKER R. The effect of ventilation on cigarette combustion mechanisms [J]. Recent Advances in Tobacco Science,1984(10):88-150.

Effects of filter parameters on main physical and chemical indexes and sensory quality of slim cigarette

CHU Wenjuan¹,JI Peng¹,HAN Lu¹,SUN Peijian¹,SUN Xuehui²,QIU Jianhua¹,TIAN Haiying¹,NIE Cong²
1. Technology Center,China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd.,Zhengzhou 450000,China;
2. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC,Zhengzhou 450001,China

Abstract: Slim cigarette samples with different filter parameters (filter ventilation and filter rod pressure drop) were prepared with 6.0Y/17000 tow, and the effects of filter parameters on its main physical and chemical indexes (cigarette draw resistance, nicotine filtration efficiency, tar release, nicotine release, CO release, mainstream smoke pH) and sensory quality were investigated. The results showed that the cigarettes draw resistance showed a positive correlation with filter rod pressure drop, and a negative correlation with filter ventilation, changing the same filter rod pressure drop, the change range of slim cigarette draw resistance was about 1/2 that of conventional cigarette, changing the same filter ventilation, the change range of slim cigarette draw resistance was about 1.7 times that of conventional cigarette. The filter efficiency of slim cigarette for nicotine had positive correlation with the filter rod pressure drop and the filter ventilation and the filtration efficiency of slim cigarette was lower than that of the conventional cigarettes. The deliveries of tar and nicotine had negative correlation with filter rod pressure drop and filter ventilation, and the influence of filter parameters on slim cigarette was lower than that of conventional cigarette. The unit tar release of CO in mainstream smoke of slim cigarette decreased with the increase of filter ventilation, while the unit tar release of nicotine increased with the increase of filter ventilation. The regression equations of cigarette draw resistance, nicotine filtration efficiency, tar, nicotine, CO and mainstream smoke pH and filter parameters were established respectively, and the prediction accuracy of the model was good. Cigarette sensory evaluation score decreased with the increase of filter rod pressure drop, and increased at first then decreased with the increase of filter ventilation, the sensory quality was the best for slim cigarettes with 40% filter ventilation.

Key words:filter parameters;slim cigarette;physical and chemical indexes;sensory quality;regression equation
(责任编辑:吴晓亭)