

制造技术

王建民, 李峰骁, 王晓斌, 等. 逐口锥高变化规律及卷烟机参数对其稳定性的影响[J]. 中国烟草学报, 2022, 28(6). WANG Jianmin, LI Fengxiao, WANG Xiaobin, et al. The changing law of Puff-by-Puff cone height and the influence of cigarette maker Parameters on its stability [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2022, 28(6). doi:10.16472/j.chinatobacco.2021.244

逐口锥高变化规律及卷烟机参数对其稳定性的影响

王建民¹, 李峰骁¹, 王晓斌², 马晓伟^{3*}, 程传玲¹

1 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 郑州高新区科学大道 136 号 450000;

2 红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 玉溪市红塔区红塔大道 118 号 653100;

3 红塔烟草(集团)有限责任公司昭通卷烟厂, 昭通市昭阳区环湖南路 0001 号 657000

摘要:【目的】为探究表征卷烟抽吸过程稳定性的方法。【方法】开展了卷烟逐口锥高测定、曲线拟合研究, 提出了评价逐口锥高稳定性的指标, 并研究了烟丝及卷烟机参数对逐口锥高稳定性的影响。【结果】(1) 逐口锥高呈先快速升高然后逐渐趋于稳定的变化规律, 且变化主要发生于前 3 口之间; 根据 1~3 口变化率占比可以表征逐口锥高变化的程度, 1~3 口变化率占比越低、逐口锥高越稳定。(2) 不同牌号卷烟的 1~3 口变化率占比介于 53.09%~96.37%之间。(3) 卷烟机平准器凹槽深度、宽度和风室正、负压力是影响 1~3 口变化率占比的主要因素, 通过上述参数优化可明显提高逐口锥高稳定性。【结论】逐口锥高可用于表征、评价卷烟抽吸过程的稳定性。

关键词: 卷烟; 逐口锥高; 稳定性; 卷烟机参数

卷烟以逐口抽吸方式被消费, 其烟气特征则通过逐口烟气呈现出来, 因此, 逐口烟气质量稳定性是衡量产品设计及加工质量的重要依据。随着高透气度卷烟纸、滤嘴通风等降焦减害技术的应用, 逐口烟气质量波动问题开始凸显并受到关注。如早期研究表明, 随着卷烟纸透气度升高逐口抽吸时的烟条通风率及耗烟长度波动均增大, 表现为烟条通风率逐口降低、耗烟长度逐口增加, 并导致烟气浓度逐口升高^[1], 于涛等^[2]的研究表明逐口抽吸时滤嘴对总粒相物、焦油的过滤效率呈升高趋势, 对烟碱的过滤效率则呈降低趋势, 说明逐口滤嘴过滤效率也是影响烟气浓度波动的重要因素。近年来, 围绕特定烟气成分逐口释放量的研究逐渐增多, 一类是针对滤嘴加香卷烟如爆珠卷烟^[3-4]、香线滤嘴卷烟^[5]进行的研究, 第二类是针对常规加香卷烟进行的研究。如 K.A. Wagner 等^[6]研究了 20 余种主流烟气成分的逐口释放规律, 结果表明总粒相物、烟气水分、烟碱、焦油等常规烟气成分以及

NAB、NAT、NNK、NNN 等 4 种烟草特有亚硝胺类物质呈逐口升高趋势, 1,3-丁二烯等 6 种挥发性有机物和甲醛等 8 种羰基化合物则表现为由第一口到第二口呈不同程度降低趋势、然后呈现逐口升高的变化趋势, 李超等^[7]研究了不同卷烟纸及滤棒搭配模式对主流烟气中焦油、烟气烟碱、苯酚逐口抽吸释放量的影响, 黄延俊^[8]等研究了卷烟主流烟气中 4 种树苔特征成分的逐口释放规律, 以及卷烟圆周、吸阻、滤嘴通风率等对释放规律的影响, 杨松等^[9]对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进行了差异分析和稳定性分析, 沈晓晨等研究了烟丝分布^[10]和卷烟档次^[11]对卷烟主流烟气中氨和焦油逐口释放规律的影响, 王珂清等^[12]研究了定长切丝对细支卷烟烟气焦油及 NNK 逐口释放规律的影响。综合国内外针对常规加香卷烟进行的研究结果来看, 随着抽吸过程的进行各种烟气成分释放量总体呈逐口升高的趋势, 这就直接解释了烟气浓度逐口升高的原因。

基金项目: 红塔烟草(集团)有限责任公司科技项目“基于卷烟综合燃烧特性的卷烟纸与烟丝间匹配度研究”(2021CP02)

作者简介: 王建民(1963—), 硕士, 教授, 主要研究方向为烟草加工技术, Tel: 135-13803186, Email: wjm63@163.com

通讯作者: 马晓伟(1972—), Tel: 135-77757666, Email: 01002631@hongta.com

收稿日期: 2021-11-26; 网络出版日期: 2022-09-02

综上所述,逐口烟气质量的波动本质上是随着抽吸过程的进行烟支逐渐变短、抽吸条件或燃烧状况逐渐变化、导致各种烟气成分的逐口释放量发生变化造成的,而变化的程度则会受到卷烟叶组配方、烟丝结构、卷烟纸、滤嘴通风以及烟支规格、卷制质量等一系列复杂因素的综合影响,因此,找到一种能够综合表征卷烟逐口燃烧状况及其稳定性的方法十分必要。已有研究表明,抽吸条件或燃烧状况的变化还会体现在卷烟燃烧锥高度的变化上,如穆林等^[13]研究了卷烟静燃时锥高与自由燃烧速度间的关系,结果表明随着自由燃烧速度加快燃烧锥增高,许艳冉等^[14]的研究则表明随着烟丝及卷烟机参数的变化,静燃锥高发生显著变化。可以预见,抽吸条件或燃烧状况的改变也会导致逐口锥高发生变化,而通过逐口锥高变化规律研究则可能从一个新的视角探究卷烟的燃吸过程。为此,本文开展了卷烟逐口锥高变化规律研究,提出了评价

逐口锥高稳定性的指标,并研究了烟丝及卷烟机参数对逐口锥高稳定性的影响。希望能为卷烟燃吸过程的稳定性评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及仪器

材料:市售常规规格卷烟 27 种,以及不同烟丝及卷烟机参数卷制的同牌号卷烟 12 种。

仪器:自行设计搭建的卷烟包灰性能测试箱^[15],KBF240 恒温恒湿箱(德国 Binder 公司);佳能 EOS70D 数码相机(佳能(中国)有限公司);刻度尺;洗耳球等。

1.2 实验方法

1.2.1 不同卷烟机参数的卷烟样品制备方法

参考文献[14]设计均匀试验方案并制备卷烟样品,烟丝及卷烟机参数组合方案见表 1。

表 1 均匀实验设计表
Tab.1 Uniform experimental design table

样品	烟丝含水率/%	切丝宽度/mm	槽深/mm	槽宽/mm	风室正压/kPa	风室负压/kPa	回丝量/%	二次剔梗/(g·min ⁻¹)
1	12.2	1	2.5	24	8	120	40	90
2	12.6	0.8	2.5	24	6	105	35	90
3	12.2	1	2.5	22	10	90	30	90
4	12.6	0.8	2.5	22	8	120	30	90
5	11.8	1.2	2.8	18	6	105	40	65
6	12.6	0.8	2.8	18	10	90	35	65
7	11.8	1.2	2.8	24	6	120	35	65
8	12.6	0.8	2.8	24	10	105	30	65
9	11.8	1.2	3.0	22	8	90	40	40
10	12.2	1	3.0	22	6	120	40	40
11	11.8	1.2	3.0	18	10	105	35	40
12	12.2	1	3.0	18	8	90	30	40

1.2.2 逐口锥高测定方法

(1) 样品制备。随机选取某卷烟样品 2 盒共 40 支,在温度(22±1)℃,相对湿度(60±3)%的环境下平衡 48 h 后备用。

(2) 逐口锥高图片获取及测量。将卷烟竖直插入包灰性能测试箱下部的烟支架上,利用玻璃导管、柔性导管连接 35 mL 针筒,与烟支共同组建抽吸气路系统,按照 ISO 抽吸模式抽吸卷烟。第一口边点燃边抽吸,第 2 口抽吸完后立即用试管隔绝空气使其熄灭,吹去表面浮灰,拍下燃烧锥形态照片。依次类推,分别获取抽吸 2 口、3 口、4 口、5 口、6 口后的燃烧锥图片,如图 1 所示。参照文献^[13]的方法对图片进行分

析、测量逐口锥高,每口锥高重复测量 5 支卷烟。

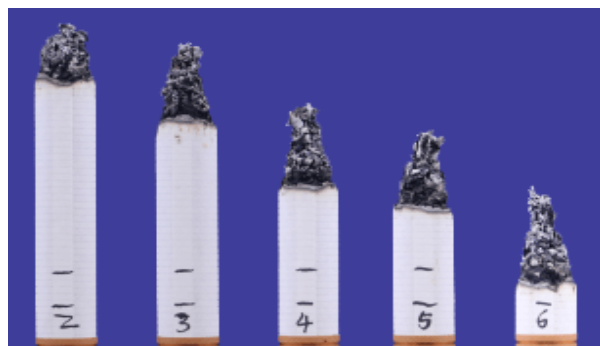


图 1 逐口锥高示意图

Fig.1 Schematic diagram of Puff-by-Puff cone height

2 结果与分析

2.1 卷烟逐口锥高变化规律分析

2.1.1 逐口锥高变化曲线

表 2 所示是 39 个卷烟样品逐口锥高统计结果,同规格卷烟逐口锥高的重复测量结果表明,第 2~6 口的 RSD 分别介于 3.81~25.9、3.36~22.68、2.43~18.15、3.59~19.34、3.72~16.61%, 平均 RSD 分别为 14.79、

13.07、9.36、9.56、9.54%, 除个别规格、口数外整体重复性较好。图 2 是根据逐口平均锥高绘制的变化曲线,随着抽吸过程进行锥高呈增加趋势,且在 2~3 口间变化明显、第 3 口后开始趋于稳定。表 3 所示 SNK 多重比较结果表明,锥高在第 2 与第 3、第 3 与第 4 口间存在极显著差异,第 4 口以后逐口间差异不显著,说明上述变化趋势具有统计学意义。

表 2 卷烟逐口锥高统计结果
Tab.2 Statistics results of cigarette Puff-by-Puff cone height

统计量	第 2 口		第 3 口		第 4 口		第 5 口		第 6 口	
	锥高/mm	RSD/%	锥高/mm	RSD/%	锥高/mm	RSD/%	锥高/mm	RSD/%	锥高/mm	RSD/%
最小值	5.15	3.81	8.56	3.36	10.13	2.43	9.53	3.59	10.17	3.72
最大值	9.04	25.79	13.25	22.68	14.81	18.15	14.69	19.34	15.80	16.61
平均	7.13	14.79	10.80	13.07	12.26	9.36	12.48	9.56	12.61	9.54

表 3 逐口锥高间的 SNK 比较结果
Tab.3 SNK comParison results of Puff-by-Puff cone height

口数	$\alpha=0.01$ 的子集		
	1	2	3
2	7.4544		
3			
4	11.2673		
5			
6	12.5645		
显著性 (P 值)	1	1	0.267

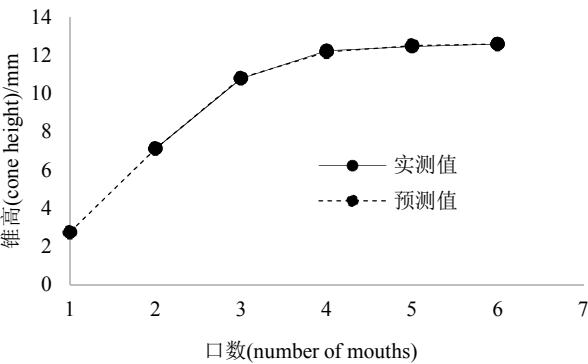


图 2 逐口锥高变化曲线
Fig.2 Curve of Puff-by-Puff cone height

2.1.2 逐口锥高变化曲线的拟合

根据图 2 所示逐口锥高变化曲线的特征,用式 1 所示皮尔模型^[16-17]对曲线进行拟合,结果表明当参数 $K=12.624$ 、 $a=1.538$ 、 $b=16.727$ 时,决定系数 $R^2 \approx 1$,根据模型计算出的逐口锥高预测值与实测值高度吻合

(见图 1),可见皮尔模型能够较好的拟合逐口锥高变化曲线。利用皮尔模型分别对 39 个样品的逐口锥高变化曲线进行拟合,结果见表 4, R^2 介于 0.927~0.999 之间,进一步证明皮尔模型能够较好地表征卷烟逐口锥高变化规律。不同卷烟样品的参数 K 、 a 、 b 分别介

于 10.844~15.857 mm、0.598~2.910、2.661~215.822 之间, 可见, 虽然所有卷烟样品的逐口锥高变化曲线均满足皮尔模型所描述的基本特征, 但不同卷烟样品

的逐口锥高变化曲线并不完全相同。

$$y = \frac{K}{1+be^{-ax}}, \quad a > 0, \quad b > 0 \quad (1)$$

表 4 模型参数及决定系数
Tab.4 Model Parameters and coefficient of determination

统计量	K	a	b	R^2
最小值	10.844	0.598	2.661	0.927
最大值	15.857	2.910	215.822	0.999
平均	12.820	1.520	29.650	0.974

2.2 卷烟逐口锥高稳定性评价

2.2.1 评价指标的选取

由于第 1 口抽吸时燃烧锥尚未完全形成、无法对锥高进行实测, 因此利用皮尔模型预测第 1~6 口锥高, 则可通过涵盖第 1 口的逐口锥高变化曲线(见图 1)评价卷烟逐口锥高的整体变化情况。根据 39 个样品 1~6 口逐口锥高预测值, 分别计算第 1 口至第 2~6 口的锥高变化率, 依次记为 P_{1-2} 、 P_{1-3} 、 P_{1-4} 、 P_{1-5} 、

P_{1-6} , 结果见表 5。① P_{1-6} 反映了逐口锥高的总变化率, 不同卷烟样品的 P_{1-6} 介于 55.61%~92.12%之间、差异巨大。②由 P_{1-2} 至 P_{1-6} 的平均值可以看出, 在 P_{1-3} 处出现了明显的转折, 变化开始趋于平缓, 说明逐口锥高的变化主要发生于 1~3 口之间; 不同卷烟样品的 P_{1-3} 介于 42.61%~91.85%之间、同样差异巨大。综上所述, 不同卷烟逐口锥高变化曲线的差异不仅表现在总变化率方面、还体现在 1~3 口变化率方面。

表 5 第 1 口至第 2~6 口的锥高变化率统计结果
Tab.5 The statistical results of the cone height change rate from the 1st Puff to the 2nd-6th Puff %

统计量	P_{1-2}	P_{1-3}	P_{1-4}	P_{1-5}	P_{1-6}	前 3 口占比
最小值	27.92	42.61	49.966	53.70	55.61	53.09
最大值	87.08	91.85	92.11	92.12	92.12	96.37
平均	59.45	72.44	75.86	76.92	77.30	78.68

表 6 所示 Pearson 相关分析结果表明, P_{1-3} 、 P_{1-6} 均与第 1 口锥高呈极显著负相关关系, P_{1-3} 与 P_{1-6} 之间则呈极显著正相关关系, 可见, 第一口锥高对逐口锥高稳定性的影响很大, 这可能是由于不同卷烟“紧头”的程度不同, 导致第一口锥高存在较大差异所致。为了综合考虑上述 3 项指标, 并体现逐口锥高变化主要发生于前三口的特征, 建议用第 1、3 口锥高之差占

第 1、6 口锥高之差的百分比表征逐口锥高的稳定性, 称为 1~3 口变化率占比。如表 5 所示, 不同卷烟的 1~3 口变化率占比介于 53.09%~96.37%之间, 差异十分明显; 如表 6 所示, 1~3 口变化率占比与第 1 口锥高呈极显著负相关关系, 与 P_{1-3} 、 P_{1-6} 均呈极显著正相关关系, 可见, 1~3 口变化率占比越小逐口锥高稳定性越好。

表 6 指标间简单相关分析结果
Tab.6 Simple correlation analysis results between indicators

指标	第 1 口锥高	第 3 口锥高	第 6 口锥高	P_{1-3}	P_{1-6}	1~3 口变化率占比
第 1 口锥高	1	-0.133	0.387*	-0.971**	-0.972**	-0.765**
第 3 口锥高	-0.133	1	0.703**	0.339*	0.298	0.510**
第 6 口锥高	0.387*	0.703**	1	-0.211	-0.170	-0.227
P_{1-3}	-0.971**	0.339*	-0.211	1	0.986**	0.841**
P_{1-6}	-0.972**	0.298	-0.170	0.986**	1	0.747**
1-3 口变化率占比	-0.765**	0.510**	-0.227	0.841**	0.747**	1

注: *表示在 0.05 水平上差异显著, **表示在 0.01 水平上差异显著。

Note: *indicates a significant difference at the 0.05 level, ** indicates a significant difference at the 0.01 level.

2.2.2 评价指标与模型参数间的关系

如图 3 所示,随着参数 a、b 增大,1~3 口变化率占比均以对数关系升高,可见,根据皮尔模型的参

数 a、b 也可定性评价卷烟逐口锥高的稳定性,a、b 越小,逐口锥高稳定性越好。

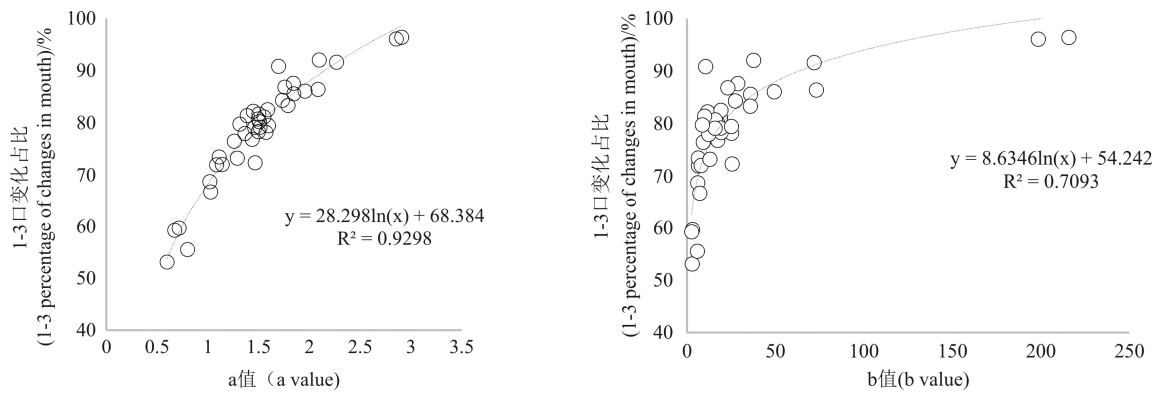


图 3 参数 a、b 与 1~3 口变化率间的关系
Fig.3 The relationship between the Parameters a, b and the rate of change of Puffs 1-3

2.2.3 基于文献数据的卷烟逐口烟碱释放量变化趋势分析

利用皮尔模型对文献[7、10、11]中 16 种卷烟样品的逐口烟气烟碱释放量检测数据进行拟合,结果见表 7,皮尔模型能够拟合所有样品的逐口烟气烟碱量变化趋势, R^2 介于 0.948~0.999,1~3 口变化率占比

则介于 50.7%~75.0%之间,可见逐口烟碱释放量与逐口锥高变化规律高度相似。由于烟气烟碱释放量是反映烟气浓度高低的重要指标,因此可以间接证明逐口锥高变化曲线可以综合评价抽吸条件或燃烧状况的变化对逐口烟气质量稳定性的影响,合理控制逐口锥高变化程度,则有助于提高逐口烟气感官品质的稳定性。

表 7 逐口烟碱释放量的皮尔模型拟合结果
Tab.7 Peel model fitting results of Puff-by-Puff nicotine release

样品编号	K	a	b	R ²	1~3 口变化率占比/%
L1	0.166	0.829	3.013	0.988	63.9
L2	0.173	0.630	2.704	0.974	50.7
L3	0.183	0.672	2.918	0.986	52.0
L4	0.172	0.614	2.768	0.979	50.7
L5	0.179	0.701	3.008	0.996	61.8
S1	0.158	0.850	2.744	0.985	66.7
S2	0.173	0.751	2.915	0.993	60.0
S3	0.159	0.911	2.519	0.989	75.0
s1	0.178	0.730	3.025	0.989	60.0
s2	0.184	0.894	2.959	0.974	63.6
s3	0.180	1.049	3.224	0.948	63.6
s4	0.157	0.751	2.617	0.996	62.5
s5	0.209	0.575	2.167	0.985	54.5
s6	0.137	0.824	2.588	0.962	62.5
s7	0.211	0.691	2.434	0.978	58.3
s8	0.165	0.757	3.734	0.999	60.0

注: L1~L5 引自李超等^[7]的数据,样品为不同卷烟纸透气度和滤棒压降组合卷烟,抽吸口数均为 7 口; S1~S3 引自沈晓晨等^[10]的数据,样品为不同前后端紧头的卷烟,抽吸口数均为 6 口; s1~s8 引自沈晓晨等^[11]的数据,8 个卷烟样品为市售不同档次卷烟,抽吸口数均为 6 口。
Note: L1~L5 are quoted from the data of Li Chao et al.^[7]. The samples are combination cigarettes with different Paper Permeability and filter rod Pressure drop, and the number of Puffs was 7; S1~S3 are quoted from the data of Shen Xiaochen et al.^[10], the samples are cigarettes with different tight front and rear ends, the number of Puffs is 6; s1~s8 are quoted from the data of Shen Xiaochen et al.^[11]. The 8 cigarette samples are commercially available cigarettes of different grades, and the number of Puffs is 6.

2.3 卷烟机参数对逐口锥高稳定性的影响

2.3.1 描述性统计

表 8 所示是不同烟丝及卷烟机参数组合时 12 个卷烟样品 2~6 口锥高实测值,以及根据皮尔模型预测值计算的 1~3 口变化率占比。参数 a 介于 1.142~1.598、 b 介于 8.030~25.513, 1~3 口变化率占比介于

66.60%~82.53%,与全部 39 个样品的统计结果相比,各项参数或指标的变化范围明显要小,说明相同牌号卷烟因烟丝及卷烟机参数变化导致的逐口锥高变化程度小于牌号间的变化程度,同时说明影响不同牌号卷烟逐口锥高变化程度的因素更复杂。

表 8 不同烟丝及卷烟机参数样品逐口锥高测定结果

Tab.8 Measurement results of Puff-by-Puff cone height of cigarettes made of different cut tobacco under different cigarette maker Parameters

样品	逐口锥高/mm					1~3 口变化率/%
	2	3	4	5	6	
1#	6.238	10.709*	10.912	10.959	11.352	82.53
2#	7.195	10.531	13.033	12.536	12.581	80.74
3#	7.156	9.842	11.656	10.668	11.934	81.41
4#	5.152	9.536	10.939	12.857	11.849	72.37
5#	6.256	9.398	10.706	11.082	11.315	77.96
6#	6.604	11.617*	12.347	12.077	13.116	79.18
7#	6.278	9.865	11.063	11.51	11.844	79.13
8#	6.448	8.563	13.434*	12.948	12.696	66.60
9#	7.181	9.536	12.328	12.74	12.078	72.04
10#	5.375	9.222	10.128	11.409	10.724	79.48
11#	6.000	8.757	11.429	9.527	11.305	80.14
12#	6.737	9.047	10.562	11.343	10.171	79.76

注: *表示进行皮尔模型拟合时该数据因异常被删除。

Note: *indicates that the data was deleted due to abnormality when the Peel model was fitted

2.3.2 回归分析

以 1~3 口变化率占比为因变量、烟丝及卷烟机参数为自变量进行多元回归分析,结果表明平准盘凹槽深度(x_1)、宽度(x_2)以及风室正压(x_3)、负压(x_4)是影响 1~3 口变化率占比的主要因素,回归模型达到

了显著水平($P=0.032$)、决定系数 $R^2=0.935$ 。表 9 所示回归模型及标准化回归系数表明,平准盘凹槽深度与宽度间存在交互作用,风室正压与负压间也存在交互作用,平准盘凹槽深度、宽度的影响大于风室正、负压力。

表 9 回归系数及 t 检验结果

Tab.9 Regression coefficient and t test result

模型	非标准化回归系数		标准回归系数	t 值	P 值
	回归系数	标准误差			
常量	-772.638	182.971	/	-4.223	0.008
x_1	235.813	54.398	10.671	4.335	0.007
x_2	30.554	6.979	16.785	4.378	0.007
x_3	25.053	5.996	9.010	4.178	0.009
x_4	1.973	0.461	5.323	4.277	0.008
x_1x_2	-11.147	2.463	-15.261	-4.526	0.006
x_3x_4	-0.249	0.057	-8.202	-4.363	0.007

图 4 所示是平准盘凹槽深度与宽度间的交互作用图,浅、窄槽有利于降低 1~3 口变化率占比,这是因

为随着凹槽变浅、变窄,烟支两端烟丝填充量减少、中段填充量相应增加,整支卷烟烟丝填充更均匀;深、

宽槽也有利于降低 1~3 口变化率占比,这可能是因为随着凹槽变深、变宽,虽然烟支两端烟丝填充量增加会导致整支卷烟烟丝填充均匀降低,且由于燃烧端紧头部分长度增加、密度增大会导致前几口锥高降低,但由于接嘴端紧头部分长度增加、密度增大,增强了

对卷烟抽吸过程中的吸阻平衡能力。可见,随着平准盘凹槽深度、宽度的变化,烟支内烟丝填充均匀性及抽吸过程中吸阻的稳定性均会发生变化,进而影响逐口锥高的稳定性。

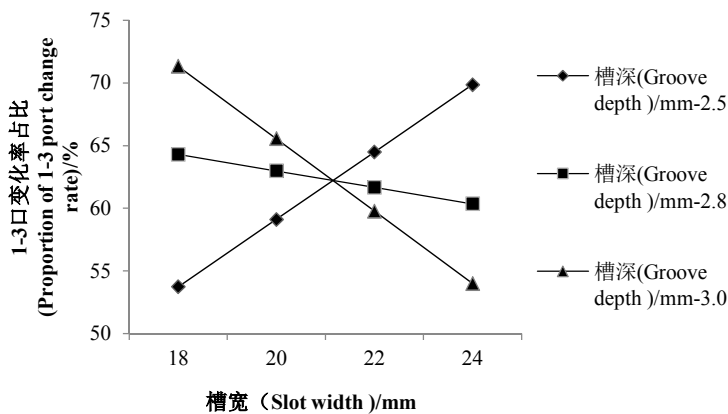


图 4 平准盘凹槽深、宽度间的交互作用图

Fig.4 Interaction diagram between the depth and width of the leveling disc groove

图 5 所示是风室正、负压力间的交互作用图,高正压与高负压组合有利于降低 1~3 口变化率占比,这可能是因为随着风室正、负压力升高,吸丝成形后烟丝束密度增大、吸丝带对其吸附力也增大,降低了烟

丝束发生打滑、错位的倾向,从而提高了卷制后烟丝填充的均匀性,这与减小平准盘凹槽深、宽的作用类似。

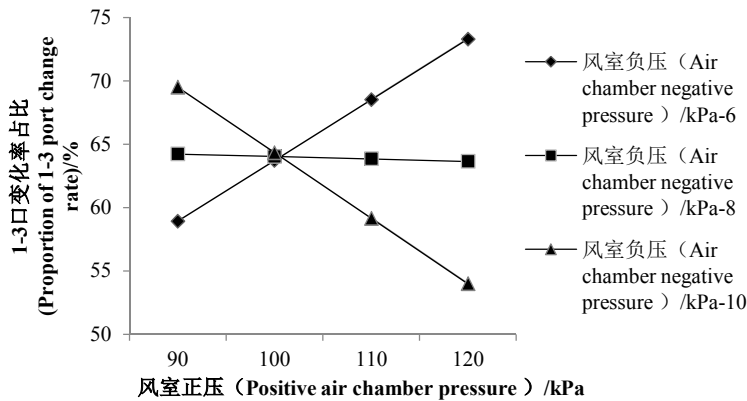


图 5 风室正、负压压力间的交互作用图

Fig.5 Diagram of the interaction between the Positive and negative Pressures of the wind chamber

3 结论

(1) 卷烟逐口锥高呈先快速升高然后逐渐趋于稳定的变化规律,且变化主要发生于前 3 口之间。利用皮尔模型能够较好地拟合逐口锥高变化曲线,根据拟合值计算 1~3 口变化率占比则可评价逐口锥高变化

的程度,1~3 口变化率占比越低、逐口锥高越稳定,反之,1~3 口变化率占比越高、逐口锥高波动越大。

(2) 逐口锥高与逐口烟气烟碱释放量变化曲线高度相似,预示着通过提高逐口锥高稳定性有助于提高逐口烟气浓度的稳定性。

(3) 不同牌号卷烟的 1~3 口变化率占比介于

53.09%~96.37 之间,表明逐口锥高稳定性因牌别不同差异十分明显。而针对同一牌号、不同卷烟机参数的卷烟样品进行的研究结果则表明,平准器凹槽深度、宽度和风室正、负压力是影响 1~3 口变化率占比的主要因素,通过上述参数优化有利于提高烟丝填充均匀性、平衡卷烟逐口抽吸时的吸阻,从而提高逐口锥高稳定性。

综上所述,随着卷烟抽吸过程的进行烟支逐渐变短、抽吸条件或燃烧状况必然会发生变化,而逐口锥高的变化则是其具体表现形式。因此,从逐口锥高检测、稳定性评价与控制技术等方面进行深入研究,形成一套行之有效的卷烟抽吸过程稳定性评价体系十分必要。

参考文献

- [1] 张槐苓,马林,姚光明,等.卷烟工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1997.
- ZHANG Kuiling, MA Lin, YAO Guangming, et al. Cigarette Technology[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1997.
- [2] 于涛,张杰,曹建华,等.卷烟抽吸过程中滤嘴过滤效率的变化[J].烟草科技,2009(05):14-17.
- YU Tao, ZHANG Jie, CAO Jianhua, et al. Change of filtration efficiency of filter during cigarette smoking[J]. Tobacco Science and Technology, 2009(05):14-17.
- [3] 刘秀彩,蓝洪桥,林艳,等.薄荷类爆珠卷烟中薄荷醇的分布与转移[J].中国烟草学报,2020,26(06):25-31.
- LIU Xiucui, LAN Hongqiao, LIN Yan, et al. Distribution and transfer of menthol in mentholated cigarette with breakable capsule in filter[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2020, 26(06):25-31.
- [4] 楚文娟,孟祥士,纪朋,等.爆珠中柠檬烯、薄荷醇在卷烟中的转移行为[J].烟草科技,2020,53(08):59-64.
- CHU Wenjuan, MENG Xiangshi, JI Peng, et al. Transfer behavior of limonene and menthol in breakable capsules during cigarette smoking[J]. Tobacco Science and Technology, 2020,53(08):59-64.
- [5] 郭华诚,朱远洋,赵琪,等.薄荷型香线滤棒特征成分及其在卷烟中的转移行为[J].烟草科技,2019,52(10):62-67.
- GUO Huacheng, ZHU Yuanyang, ZHAO Qi, et al. Characteristic components in filter rod containing menthol cotton thread and their transfer in cigarette smoke[J]. Tobacco Science and Technology, 2019,52(10):62-67.
- [6] Wagner K A, Higby R, Stutt K. Puff-by-puff analysis of selected mainstream smoke constituents in the kentucky reference 2r4f cigarette[J]. Beiträge zur Tabakforschung International/ Contributions to Tobacco Research, 2014, 21(5):273-279.
- [7] 李超,张健,姜黎,等.卷烟主流烟气中 6 种化学成分的逐口释放量分析[J].烟草科技,2015,48(03):39-46.
- LI Chao, ZHANG Jian, JIANG Li, et al. Analysis of puff-by-puff release of six chemical components in mainstream cigarette smoke[J]. Tobacco Science and Technology, 2015,48(03):39-46.
- [8] 黄延俊,周培琛,林艳,等.卷烟主流烟气中树苔特征成分的逐口释放分析[J].烟草科技,2018,51(06):42-50.
- HUANG Yanjun, ZHOU Peishen, LIN Yan, et al. Puff-by-puff releases of characteristic treemoss components in mainstream cigarette smoke[J]. Tobacco Science and Technology, 2018, 51(06):42-50.
- [9] 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(05):1-9.
- YANG Song, ZHAO Xiaodong, TIAN Haiying, et al. Differential analysis of puff-by-puff deliveries of routine chemical analyses and five key roasted sweet aroma components in mainstream smoke of slim cigarettes and normal cigarettes[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019,25(05):1-9.
- [10] 沈晓晨,刘献军,庄亚东,等.烟丝分布对卷烟主流烟气中氨和焦油释放量的影响[J].烟草科技,2013(06):37-39.
- SHEN Xiaochen, LIU Xianjun, ZHUANG Yadong, et al. Influence of cut rag distribution in cigarette on deliveries of ammonia and tar in mainstream smoke[J]. Tobacco Science and Technology, 2013(06):37-39.
- [11] 沈晓晨,张映,庄亚东,等.逐口主流烟气粒相物中氨与烟气常规成分的相关性[J].烟草科技,2012(09):41-46.
- SHEN Xiaochen, ZHANG Ying, ZHUANG Yadong, et al. Correlation between ammonia and routine analytes in particulate matters of mainstream cigarette smoke puff by puff[J]. Tobacco Science and Technology, 2012(09):41-46.
- [12] 王珂清,朱成文,李炜,等.逐口分析定长切丝对细支卷烟烟气 NNK 释放量的影响[J].烟草科技,2021,54(05):47-53.
- WANG Keqing, ZHU Chengwen, LI Wei, et al. Effects of controlled cutting strand length on puff-by-puff release of NNK in slim cigarette smoke[J]. Tobacco Science and Technology, 2021,54(05):47-53.
- [13] 穆林,惠建权,陶世春,等.卷烟燃烧锥形态参数测定及与燃烧速度间的关系[J].中国烟草学报,2019,25(01):25-32.
- MU Lin, HUI Jianquan, TAO Shichun, et al. Determination of cigarette burning cone state parameters and their relationship with burning velocity[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019,25(01):25-32.
- [14] 许艳冉,刘舒畅,穆林,等.烟丝和卷烟机参数对卷烟包灰性能的影响[J].烟草科技,2020,53(12):67-74.
- XU Yanran, LIU Shuchang, MU Lin, et al. Effects of cut tobacco parameters and cigarette maker on ash integrity of cigarette[J]. Tobacco Science and Technology, 2020, 53(12):67-74.
- [15] 冯亚婕,王建民,梁淼,等.基于 ImageJ 的卷烟包灰值定量测定方法优化[J].食品与机械,2018,34(03):216-219.
- FENG Yajie, WANG Jianmin, LIANG Miao, et al. Optimization of the quantitative determination method of the burning cigarette ash integration based on ImageJ[J]. Food and Machinery, 2018, 34(03):216-219.
- [16] 刘云川,张龙生,严绍洋,等.路堤沉降的皮尔模型预测[J].中国水运:理论版,2007,5(8):110-111.
- LIU Yunchuan, ZHANG Longsheng, YAN Shaoyang, et al. Pearl model prediction of embankment settlement[J]. China Water Transport: Theoretical Edition, 2007, 5(8):110-111.
- [17] 叶宗裕.皮尔曲线模型的推广及其应用[J].数学的实践与认识,2004,34(7):72-76.
- YE Zongyu. The popularization of the pearl curve model and their application[J]. Mathem Atics In Practice And Theory, 2004, 34(7):72-76.

The changing law of Puff-by-Puff cone height and the influence of cigarette maker Parameters on its stability

WANG Jianmin¹, LI Fengxiao¹, WANG Xiaobin², MA Xiaowei^{3*}, CHENG Chuanling¹

¹ College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450000, China;

² Cigarette Factory, Yuxi Tobacco (Group) Company Limited, Yuxi 653100, China;

³ Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Company Limited, Zhaotong 657000, China

Abstract: [Background] This study aims to explore the method to characterize the stability of cigarette smoking process. [Methods] In this study, the puff-by-puff cone height of cigarette was measured, the curve fitting was analyzed, the index for evaluating the stability of cigarette's puff-by-puff cone height was put forward, and the influences of tobacco shreds and cigarette maker parameters on the puff-by-puff cone height stability of cigarettes were studied. [Results] The results showed that: (1) The puff-by-puff cone height increased rapidly and then gradually became stable, and the change mainly occurred in the first 3 puffs; according to the rate of change of puffs 1-3, the degree of puff-by-puff cone height change can be characterized, that is, the lower the rate of change of puffs 1-3, the more stable the puff-by-puff cone height. (2) The change rate of puffs 1-3 of different brands of cigarettes was between 53.09%-96.37%. (3) The depth and width of the leveler groove of the cigarette maker and the positive and negative pressure of the air chamber are the main factors affecting the rate of change of puffs 1-3. The optimization of the above parameters can significantly improve the high stability of the puff-by-puff cone height. [Conclusion] The puff-by-puff cone height can be used to characterize and evaluate the stability of the cigarette smoking process.

Keywords: cigarette; puff-by-puff cone height; stability; parameters of cigarette maker

*Corresponding author. Email: 01002631@hongta.com

《烟草科技》2022年第11期目次

· 烟草农学

烟草甲气味受体基因的鉴定和组织表达谱

..... 王桂瑶, 杨萌萌, 常延斌, 等

海南雪茄烟叶霉变微生物鉴定及拮抗菌株筛选

..... 宋嘉宝, 王明锋, 罗昭标, 等

烟草种子附生细菌群落结构与多样性分析

..... 蔡刘体, 谢红炼, 刘文锋, 等

4种生防菌对烟草黑胫病的防治效果及对根际土壤微生物群落结构的影响

..... 王亚月, 贾方方, 常栋, 等

过表达三七 *PnSS* 基因对烟草蒴类物质含量及生长发育的影响

..... 罗崇玉, 张利娜, 姜茜, 等

· 烟草化学

加热卷烟呼出气溶胶主要成分的测定及与吸入气溶胶的比较

..... 王予, 华辰凤, 赵俊伟, 等

烤烟烟梗原料化学成分的差异

..... 范兴, 李博宇, 杨蕾, 等

两种木质容器醇化处理对雪茄烟挥发性成分的影响

..... 刘利平, 潘勇, 谭再钰, 等

基于闭环回路气提法的吸烟者唾液成分分析

..... 周妍, 吴秉宇, 费婷, 等

· 烟草工艺

卷烟燃吸状态下的气体流量分配

..... 刘瑞红, 郭吉兆, 吴桂周, 等

装箱密度对异地配送烟丝质量的影响

..... 何文婕, 李春光, 纪晓楠, 等

叶丝气流干燥过程中水分和丙三醇迁移特性

..... 赵美丽, 王乐, 吴键, 等

· 设备与仪器

MIR-01型雪茄卷制机离线式茄衣茄套切刀磨刀机的研制

..... 张阁, 孙东亮, 常月勇, 等

切丝机铜排链整体拆装辅助装置的设计与应用

..... 黎志国, 彭建虎, 段宁东

· 信息技术

融合 BiLSTM 和注意力机制的卷烟消费者评价情感分类方法

..... 王锐, 郑新章, 宗国浩等