

卷烟抽吸口数与其常规物理指标的相关性研究

杨 洋, 蒋佳磊, 汤晓东, 赵 丹, 裘雨灿, 陈晓水, 朱书秀, 林 垦, 潘 力, 陆明华*

(浙江中烟工业有限责任公司技术中心, 浙江杭州 310024)

摘要 [目的]研究卷烟抽吸口数与7项卷烟常规物理指标的相关性。[方法]采用相关分析和通径分析探讨了卷烟抽吸口数与7项常规物理指标(烟支重量、圆周、总通风率、滤嘴通风率、纸通风率、开吸阻和闭吸阻)的关系,并探讨这些影响因素的交互作用和作用机理。[结果]分析表明,7项常规物理指标中,卷烟主要通过烟支重量(水松纸打孔与不打孔共有)和滤嘴通风率(仅水松纸打孔卷烟)的直接作用,纸通风率和闭吸阻的间接作用对抽吸口数产生正向效应;通过调控7项常规物理指标控制抽吸口数从而调控焦油,主要通过控制卷烟烟丝重量和水松纸透气度的稳定性来实现。[结论]在卷烟加工过程中严格控制烟支重量和滤嘴通风率这2项指标,一定程度上能稳定卷烟抽吸口数和焦油量。

关键词 卷烟;抽吸口数;重量;吸阻;通风率;相关分析;通径分析

中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)30-227-03

Research on the Correlation of Cigarette Puff Numbers and Its Conventional Physical Indexes

YANG Yang, JIANG Jia-lei, TANG Xiao-dong, LU Ming-hua* et al (Technology Centre, China Tobacco Zhejiang Industrial Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310024)

Abstract [Objective] To study the correlation of cigarette puff numbers and 7 conventional physical indexes. [Method] Using correlation analysis and path analysis, this paper discussed the relationship between cigarette puff numbers and its seven conventional physical indexes (cigarette weight, circumference, total ventilation rate, ventilation rate of filter tip, ventilation rate of cigarette paper, opened and closed draw resistance). The interaction and action mechanism of these influencing factors were discussed. [Result] The results showed that: among the seven conventional physical indexes, cigarette was mainly through the directly positive effect of cigarette weight (the punched on/off-tipping paper tobacco) and ventilation rate of filter tip (only the punched on-tipping paper tobacco), and the indirectly positive effect of ventilation rate of cigarette paper and closed draw resistance on the puff number; through regulating seven conventional physical indexes to control the puff number, thus control tar, was mainly by controlling the stability of the tobacco weight and the tipping paper's porosity. [Conclusion] In cigarette processing strictly controlling the weight of a cigarette and filter ventilation rate, can stabilize cigarette puff number and tar in a certain extent.

Key words Cigarette; Puff number; Cigarette weight; Draw resistance; Ventilation rate; Correlation analysis; Path analysis

焦油是卷烟产品最重要的化学指标,控制焦油波动是质量控制的主要内容之一。但焦油并非一手数据,其是通过总粒相物减烟碱,再减水分所得。当卷烟焦油出现波动时,由于不了解各种影响的交互作用和作用机理,因而无法及时查找主要原因。卷烟焦油的产生量与抽吸口数直接相关^[1],稳定抽吸口数可以对稳定焦油起到一定的作用。从日常吸烟机抽吸口数数据来看,同一牌号同一批次20支卷烟甚至会有相差2口的情况,这种现象不仅造成强烈的焦油波动,而且会影响消费者抽吸感受,不利于卷烟品牌的树立;另外,按照逐口抽吸的数据经验,烟支抽吸到后期,每口产生的焦油量会增加,导致抽吸口数对焦油的影响进一步增大。因此,找到影响抽吸口数的因素,稳定抽吸口数,对控制焦油波动和稳定消费者感受均十分重要。笔者采用相关分析和通径分析较为系统地研究了7项卷烟常规物理指标(烟支重量、圆周、总通风率、滤纸通风率、纸通风率、开吸阻、闭吸阻)与抽吸口数的关系,并探讨了这些影响因素的交互作用和作用机理。

1 材料与方法

1.1 材料 RM200转盘型吸烟机,92 mm直径剑桥滤片,德国 Borgwaldt-KC 公司; QTM 综合测试台,英国 Cerulean 公司;恒温恒湿箱,德国 Binder 公司;1#、2#(水松纸不打孔卷烟)和3#(水松纸打孔卷烟)卷烟样品,由浙江中烟工业有限

责任公司提供。

1.2 方法 样品在温度为 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(60 \pm 3)\%$ 的条件下调节48 h以上。挑选外形规整,端部烟丝填充完整的3个样品卷烟各100支,编号后,通过QTM综合测试台检测卷烟的烟支重量、圆周、总通风率、滤嘴通风率、纸通风率、开吸阻和闭吸阻7个常规物理指标。然后按照编号顺序通过RM200转盘型吸烟机按照标准抽吸方法抽吸卷烟,检测抽吸口数。数据处理采用Excel 2007,并通过matlab 7.0进行相关性分析和通径分析。

2 结果与分析

2.1 卷烟物理指标与抽吸口数检测数据的数量特征 对3个样品卷烟的7项常规物理指标及其抽吸口数数据通过PauTa准则^[2]剔除异常值后,进行了描述性统计分析。均值(Mean)、标准偏差(SD)、变异系数(CV)、最小值(Min)、最大值(Max)、偏度(Pd)、峰度(Fd)和Jarque-Bera假设检验^[3]的概率值(JB-P)结果见表1。

由表1可知,Jarque-Bera检验表明样品各指标数据均呈正态分布。对于水松纸不打孔卷烟(1#和2#),开吸阻和闭吸阻基本没有区别,其总通风率主要由纸通风率提供(分别占97.5%和94.0%);而水松纸打孔卷烟(3#),吸阻明显降低,开吸阻比闭吸阻小18.3%,滤嘴通风率相对纸通风率显著增大,总通风率主要由前者提供(占78.2%)。可见水松纸打孔对于卷烟烟支气体动力学产生了较大的影响。圆周的变异性最小,均在0.3%以下,这种变异性对烟支横截面积

作者简介 杨洋(1982-),男,河南南阳人,工程师,从事烟草化学分析研究。*通讯作者,工程师,从事烟草化学分析研究。

收稿日期 2015-09-17

和烟丝填充量的影响可能小于 0.000 9%,导致其对焦油和抽吸口数的影响可能十分微弱;而总通风率变异性较大,3 个样品卷烟总通风率和纸通风率变异性均在 9%~10%,而滤嘴通风率的变异性比较大,可能会对抽吸口数产生一定的影响。抽吸口数在 5~7 口,变异性在 5%~6%。其余指标变异性均小于 5%,其影响性需要进一步计算。

表 1 3 个牌号卷烟常规物理指标与抽吸口数描述性统计分析

牌号	指标	均值	标准偏差	相对标准偏差	最小值	最大值	偏度	峰度	JB-P [*]
1#	重量	0.865	0.020	2.306	0.813	0.915	0.154	-0.172	0.713
	圆周	24.539	0.045	0.181	24.420	24.630	-0.225	-0.042	0.648
	总通风率	9.413	0.918	9.749	7.100	12.200	0.178	0.348	0.728
	滤嘴通风率	0.370	0.104	28.054	0.100	0.600	0.176	-0.499	0.398
	纸通风率	9.177	0.886	9.658	7.100	11.600	0.165	-0.069	0.760
	开吸阻	1.068	0.043	4.064	0.985	1.184	0.170	-0.155	0.698
	闭吸阻	1.068	0.043	4.031	0.985	1.184	0.187	-0.064	0.720
	抽吸口数	5.941	0.263	4.434	5.300	6.700	0.090	1.265	0.103
2#	重量	0.892	0.017	1.883	0.844	0.926	-0.090	0.235	0.923
	圆周	24.501	0.055	0.223	24.360	24.650	-0.011	-0.311	0.711
	总通风率	8.686	0.832	9.580	6.900	10.500	0.218	-0.621	0.260
	滤嘴通风率	0.620	0.109	17.532	0.300	0.900	-0.002	0.113	0.999
	纸通风率	8.164	0.800	9.793	6.600	9.900	0.154	-0.606	0.324
	开吸阻	1.076	0.032	2.931	1.014	1.169	0.210	-0.281	0.532
	闭吸阻	1.076	0.032	2.930	1.014	1.169	0.208	-0.281	0.536
	抽吸口数	5.663	0.299	5.275	5.000	6.300	-0.194	-0.833	0.148
3#	重量	0.916	0.019	2.108	0.866	0.959	-0.035	0.039	0.976
	圆周	24.570	0.057	0.231	24.440	24.740	0.251	-0.015	0.601
	总通风率	27.141	2.585	9.526	20.200	34.400	0.359	0.480	0.307
	滤嘴通风率	20.217	2.632	13.017	13.000	26.900	0.147	0.028	0.835
	纸通风率	7.000	0.661	9.447	5.300	8.500	-0.088	0.051	0.933
	开吸阻	0.849	0.039	4.554	0.746	0.935	-0.401	0.046	0.296
	闭吸阻	1.039	0.042	4.085	0.924	1.116	-0.314	-0.465	0.257
	抽吸口数	6.431	0.353	5.482	5.500	7.000	0.133	-0.693	0.270

注: * 显著性水平 $\alpha=0.05$, “ $P>\alpha$ ”表示呈正态分布, “ $P\leq\alpha$ ”表示不呈正态分布;其中,重量单位“g”,圆周单位“mm”,总通风率、滤嘴通风率、纸通风率单位均为“%”,开吸阻、闭吸阻单位为“kPa”,抽吸口数单位“口/支”。

2.2 相关性分析 相关系数(r)^[3]用以反映变量之间相关关系密切程度。卷烟各指标间的相关性可以用相关性系数 r 来表示:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{100} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{100} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{100} (y_i - \bar{y})^2}}$$

式中, x, y 表示 8 项指标 (7 项物理指标和抽吸口数), $\bar{x} =$

$$\frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} x_i, \bar{y} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} y_i。$$

一般地,相关系数(r) (-1 ~ 1) 的绝对值越大表明相关性越强,但对于样本量较大的数据, r 值往往不能真实地反映两组数据之间的相关性,还需要通过检验判断其是否具有显著性。通过 matlab 软件中的 corrcoef 函数可以直接得到相关性系数 r 和 t 检验 p 值,如表 2。

表 2 卷烟各指标间的相关系数 r 及其显著性

牌号	指标	圆周	总通风率	滤嘴通风率	纸通风率	开吸阻	闭吸阻	抽吸口数
1#	重量	0.443 **	0.402 **	0.178	0.377 **	0.679 **	0.677 **	0.630 **
	圆周		0.212 *	0.083	0.169	0.256 *	0.257 *	0.241
	总通风率			0.062	0.980 **	0.501 **	0.501 **	0.354 **
	滤嘴通风率				0.073	0.165	0.165	0.007
	纸通风率					0.473 **	0.474 **	0.344 **
	开吸阻						0.999 **	0.366 **
	闭吸阻							0.364 **
2#	重量	0.204 *	0.496 **	0.053	0.500 **	0.573 **	0.568 **	0.631 **
	圆周		0.131	0.013	0.200 *	0.091	0.085	0.065
	总通风率			0.204 *	0.974 **	0.469 **	0.470 **	0.440 **
	滤嘴通风率				0.156	0.119	0.119	-0.032
	纸通风率					0.481 **	0.482 **	0.450 **
	开吸阻						0.999 **	0.298 **
	闭吸阻							0.293 **
3#	重量	0.230 *	0.202 *	0.077	0.476 **	0.432 **	0.565 **	0.749 **
	圆周		0.134	0.124	0.042	-0.021	0.061	0.101
	总通风率			0.966 **	0.069	-0.415 **	0.281 **	0.358 **
	滤嘴通风率				-0.181	-0.543 **	0.149	0.269 **
	纸通风率					0.488 **	0.452 **	0.381 **
	开吸阻						0.744 **	0.161
	闭吸阻							0.392 **

注: “ ** ”表示 t 检验的 $P<0.01$; “ * ”表示 t 检验的 $P<0.05$ 。

表 2 的结果表明,对于水松纸不打孔卷烟,其烟支重量、总通风率、纸通风率、闭吸阻均与抽吸口数极显著正相关;而圆周、滤嘴通风率与其相关性不显著。对于水松纸打孔卷烟,其抽吸口数除了与上述 4 项极显著正相关外,还与滤嘴通风率高度线性相关。这在一定程度上说明打孔可能只是

对一些化学指标起到了稀释作用,而并没有显著影响烟支的燃烧性。考虑到总通风率本身与纸通风率(1#和 2#)和滤嘴通风率(3#)呈良好的线性(图 1),故在抽吸口数的影响因素中不考虑总通风率。

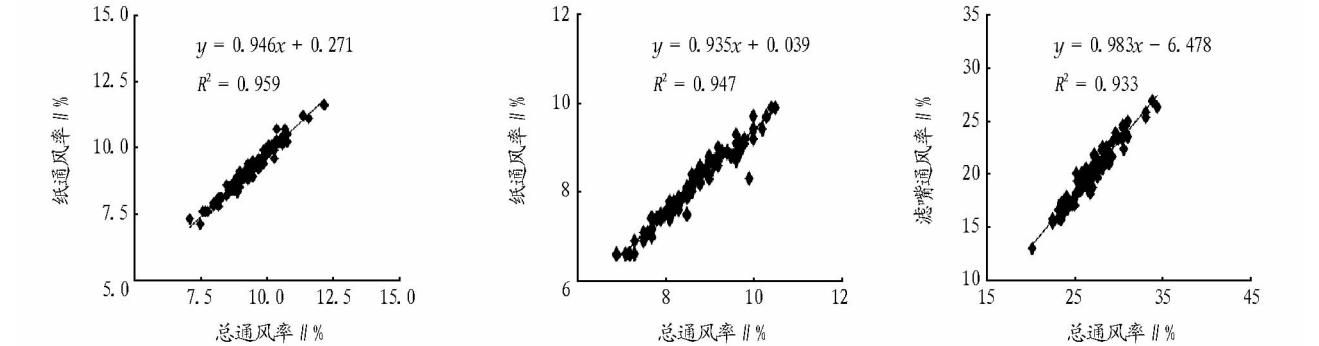


图 1 卷烟滤嘴通风率、纸通风率与总通风率的线性关系

2.3 通径分析 由表 2 可知各物理指标之间本身存在复杂的相关性,导致无法以数量关系说明这些物理指标如何影响抽吸口数,因此需要通过一定的分析方法来分析各物理指标对抽吸口数的直接作用和间接作用影响。

通径分析是在相关分析和回归分析的基础上应用通径系数分析方法将自变量对依变量的作用分解为直接作用和间接作用,以揭示各自变量对依变量的作用机理^[4]。通径系数(p)的表达式如下:

$$r_{y \cdot x_i} = \sum_{j=1}^n r_{ij} p_{y \cdot x_j}$$

通常可以得出 3 个方面的信息:①某因素对考察指标的直接或本质作用。②某因素对考察指标的间接作用,即某因素通过其他因素对考察指标的协同作用。③某因素影响考察指标的最佳路径。试验对 3 个样品的抽吸口数进行通径分析和显著性检验,结果见表 3、4、5。

1#	r_{y-x_i}	表 3 1#牌号样品通径分析				
		直接作用 (p_{y-x_i})	间接作用 [$r_{ij} \times p_{y-x_j}$ ($i \neq j$)]			
			x_1	x_3	x_4	总计
x_1	0.630 **	0.690 **		0.065	-0.125	-0.060
x_3	0.344 **	0.172	0.260		-0.087	0.172
x_4	0.364 **	-0.185	0.467	0.081		0.548

注:“*”表示 t 检验的 $P < 0.01$;“**”表示 t 检验的 $P < 0.05$ 。 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别代表烟支重量、滤嘴通风率、纸通风率、闭吸阻。

2#	r_{y-x_i}	表 4 2#牌号样品通径分析				
		直接作用 (p_{y-x_i})	间接作用 [$r_{ij} \times p_{y-x_j}$ ($i \neq j$)]			
			x_1	x_3	x_4	总计
x_1	0.631 **	0.635 **		0.075	-0.079	-0.004
x_3	0.400 **	0.149	0.318		-0.067	0.250
x_4	0.293 **	-0.139	0.361	0.072		0.433

注:“*”表示 t 检验的 $P < 0.01$;“**”表示 t 检验的 $P < 0.05$ 。 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别代表烟支重量、滤嘴通风率、纸通风率、闭吸阻。

表 3、4 和 5 的结果表明,对于水松纸不打孔卷烟(1#和 2#),通径分析显示只有烟支重量的直接作用达到了极显著性水平(0.690 ** 和 0.635 **),纸通风率和闭吸阻直接作用

均不显著,且前者为正(0.172 和 0.149),后者为负(-0.185 和 -0.139);烟支重量通过纸通风率和闭吸阻对抽吸口数产生的间接作用均较小,且前者为正(0.065 和 0.075),后者为负(-0.125 和 -0.079);纸通风率(0.260 和 0.318)和闭吸阻(0.467 和 0.361)主要通过烟支重量的间接作用对抽吸口数产生影响,且闭吸阻尤为明显。

3#	r_{y-x_i}	表 5 3#牌号样品通径分析					
		直接作用 (p_{y-x_i})	间接作用 [$r_{ij} \times p_{y-x_j}$ ($i \neq j$)]				
			x_1	x_2	x_3	x_4	总计
x_1	0.749 **	0.735 **		0.020	0.063	-0.068	0.014
x_2	0.269 **	0.254 *	0.057		-0.024	-0.018	0.015
x_3	0.381 **	0.132	0.350	-0.046		-0.055	0.249
x_4	0.392 **	-0.121	0.416	0.038	0.060		0.513

注:“*”表示 t 检验的 $P < 0.01$;“**”表示 t 检验的 $P < 0.05$ 。 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别代表烟支重量、滤嘴通风率、纸通风率、闭吸阻。

对于水松纸打孔卷烟(3#),通径分析显示烟支重量对抽吸口数的直接作用达到了极显著性水平(0.735 **),滤嘴通风率对抽吸口数的直接作用达到显著性水平(0.254 *),而纸通风率和闭吸阻对抽吸口数的直接作用均不显著,且前者为正(0.132),后者为负(-0.121),与水松纸不打孔卷烟结果类似;烟支重量(0.014)和滤嘴通风率(0.015)通过间接作用对抽吸口数的影响很小,两者主要通过直接作用对后者产生影响;而纸通风率和闭吸阻对抽吸口数的直接作用较小,其主要通过烟支重量的间接作用对抽吸口数产生影响(0.350 和 0.416),且闭吸阻尤为明显。

通过相关分析和通径分析结果,发现对于水松纸不打孔卷烟,3 个常规物理指标:烟支重量、纸通风率和闭吸阻与抽吸口数呈极显著正相关,而纸通风率和闭吸阻主要通过烟支重量对抽吸口数产生间接影响,即对于水松纸不打孔卷烟来说,烟支重量是影响抽吸口数最重要的因素(此 7 项常规物理指标中)。对于水松纸打孔卷烟,除了烟支重量对抽吸口数的最重要影响之外,滤嘴通风率也是一个重要影响因素。

酸浸 pH,防止酸性蛋白质溶解在菲汀溶液中。

2.3.2 硫酸根离子检测。硫酸根含量为 0.003%,一次摄入硫酸根的含量过高时会迅速结合重金属,在人体内形成沉积,长时间的重金属盐的沉积将会使人发生慢性中毒的现象,该试验测定结果符合药典标准硫酸含量 0.006% 以下。

2.3.3 钙离子检测。试验测得植酸中含钙量为 23%。该试验中钙的含量适中,符合药典中规定钙的含量 $\geq 12\%$ 。

2.3.4 铁离子检测。试验测得铁离子的含量为 0.000 3%,符合药典中规定的 0.000 5% 以下。铁离子含量过高时会造成铁中毒,该试验中铁的含量适中,长期给药后并未对小鼠造成毒害作用。

2.3.5 氯离子检测。试验测得氯化物的含量为 0.002%,符合药典中规定氯化物的含量 0.005% 以下。氯离子本身是一种消毒剂,含量过高时,会破坏人体内的正常菌群,严重的会造成菌群失衡,使正常菌群成为条件致病菌而造成内源性的感染。

2.3.6 磷检测。试验测得植酸中磷的含量为 34%,符合药典中规定磷含量 $\geq 31\%$,磷的含量适中,小鼠未出现高磷病。

2.3.7 水分检测。试验测得水分含量为 12%,符合植酸中水分含量在药典中要求低于 18%。水分是很多微生物作用的介质环境,水分过高会导致植酸容易变质。

2.3.8 外观检测。经观察植酸为白色粉末,符合药典中规定的植酸的颜色标准。

2.3.9 植酸的色谱分析。酒糟中提取的是植酸的二磷酸结构,与样品中的峰形和峰值相通。从酒糟中提取的植酸中还有其他的峰存在,表明了还有另外一种结构,相关资料表明是植酸的六磷酸结构。

(上接第 229 页)

因此,控制卷烟抽吸口数主要通过控制烟支重量和滤嘴通风率来实现。烟支重量受滤棒重量和卷烟纸重量的影响一般较小,卷烟重量主要由所填充烟丝的重量来决定^[5],在卷烟实际生产加工过程中要控制烟丝的水分,填充值和整丝率等因素及烟支卷制过程来稳定所填充烟丝的重量。打孔滤嘴使部分空气在卷烟抽吸时通过通风孔进入烟气,其实质是减少了每次抽吸时消耗的烟丝量,抽吸口数会因通风度的升高而增加^[6]。控制滤嘴通风度主要通过控制水松纸透气度来实现,另外卷烟卷制过程中须严格按照标准控制滤棒端的上胶量及上胶位置,确保通风孔通畅。

3 结论

卷烟的抽吸口数直接影响卷烟焦油量的产生,并会影响消费者对卷烟的抽吸感受。在卷烟配方、规格、材料相对稳定的条件下,上述 7 项常规物理指标中,抽吸口数主要受烟

3 讨论

采用离子交换树脂法制备植酸既可除去菲汀中的阳离子(Ca^{2+} 等)也可除去菲汀中的阴离子(Cl^- 等)。菲汀经过离子交换后即为粗植酸溶液。粗植酸中还含有大量的杂质(色素等)可通过活性炭进行脱色。通过观察确定温度在 60 ℃ 条件下脱色效果最好。水浴搅拌进一步缩短脱色的时间,并要严格控制温度和流速。

浓缩应在减压下进行,因为植酸与二价以上金属离子有极强的螯合力,浓缩时采用玻璃仪器,不能使用金属反应罐,否则金属离子会超标。对于植酸指标检测可采用国家药典中的检测方法检测,并确定了植酸的各种检测指标都在药典允许的范围之内。

参考文献

- [1] 刘巧如.由菲汀制取植酸钠及植酸的生产工艺研究[J].河南师范大学学报(自然科学版),2004,32(4):130-132.
- [2] DE BOLAND A R,GAMER G B,O'DEEL B L. Identification and properties of "phytate" in cereal grains and oilseed producers[J]. J Agric Food Chem,1975,23:1186.
- [3] 戴传波,李建桥,李健秀.植酸制取的研究进展[J].食品工业科技,2007,28(2):239-242.
- [4] 赵玉生,于然.植酸的食品保鲜机理及应用[J].中国食品添加剂,2007(1):147-151.
- [5] 王强,时维振,罗根祥.植酸对 16 锰钢缓蚀性能的研究[J].化工文摘,2006(1):36-39.
- [6] 刘延奇,杨留枝,李素云,等.植酸淀粉酯的制备工艺研究[J].食品工艺,2007,28(1):100-103.
- [7] 施安辉,王光玉,李桂杰,等.目前国内外植酸酶研究进展[J].中国酿造,2005,146(5):5-11.
- [8] TAKASU N,KOMIYA T,ASAWA T,et al. Streptozocin-and-allxon-induced H_2O_2 generating and DNA fragmentation in pancreatic islets [J]. Diabetes,1991,40:1141-1145.
- [9] 何学令.四氧嘧啶剂量给药途径对制作大鼠糖尿病模型的影响[J].四川动物,2003,22(4):255-257.
- [10] 邓近平,范志勇,贺建华.植酸酶磷当量的研究[J].饲料工业,2007,28(6):18-23.

支重量和滤嘴通风率影响,纸通风率和闭吸阻对抽吸口数的直接作用影响较小,其主要通过烟支重量的间接作用对抽吸口数产生影响。因次,在卷烟加工过程中严格控制烟支重量和滤嘴通风率这 2 项指标,一定程度上能稳定卷烟抽吸口数和焦油量。

参考文献

- [1] 刘丁伟,胡建军,熊燕,等.总颗粒物与烟支重量、吸阻和抽吸口数的相关分析、通径分析[J].烟草科技,2005(8):3-5.
- [2] 王岩,隋思涟.试验设计与 matlab 数据分析[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [3] 李柏年,吴礼斌. MATLAB 数据分析方法[M].北京:机械工业出版社,2012.
- [4] 明道绪.通径分析的原理与方法(续)[J].西南农业学报,1986,1(4):40-45.
- [5] 朱令李,李永杰.滤棒重量、压降稳定性对卷烟重量、吸阻稳定性的影响[J].福建分析测试,2009,18(2):83-85.
- [6] 张槐零,马林,姚光明,等.卷烟工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1997.