

# 材料多因素对 30 mm 滤嘴长卷烟 主流烟气流及过滤效率的影响

魏玉玲<sup>1</sup>, 胡群<sup>1</sup>, 牟定荣<sup>2</sup>, 王建<sup>1</sup>, 桂永发<sup>2</sup>, 刘强<sup>2</sup>

(1. 云南烟草科学研究院, 云南 昆明 650106 2 红塔集团玉溪卷烟厂, 云南 玉溪 653100)

**摘要:** 采用正交试验设计的方法研究 30 mm 滤嘴长卷烟的卷烟纸、成型纸、接装纸及嘴棒组合搭配对卷烟主流烟气流中焦油量、烟气流碱量、烟气流一氧化碳量、烟气流水分及卷烟过滤效率的影响。结果表明: 接装纸透气度、嘴棒吸阻及丝束规格分别是影响卷烟主流烟气流、过滤效率的高度显著因素及重要因素。重点对其进行调整和控制, 可以很好地实现 30 mm 滤嘴长卷烟主流烟气流及过滤效率的控制, 减少产品质量波动, 降低产品成本。使用该方法可根据试验指标的特征, 并结合卷烟感官质量、具体的设备性能、工艺及生产成本等因素综合平衡, 以快捷、高效、经济、准确地确定卷烟材料的最优搭配方案。

**关键词:** 卷烟材料; 主流烟气流; 过滤效率; 焦油

中图分类号: TS426 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2008)04-0084-07

## Effects of Cigarette Materials on Mainstream Smoke Delivery and Filtration Efficiency of Cigarette with 30 mm Filter Rod

WEI Yu-ling<sup>1</sup>, HU Qun<sup>1</sup>, MOU Ding-rong<sup>2</sup>, WANG Jian<sup>1</sup>, GUI Yong-fa<sup>2</sup>, LIU Qiang<sup>2</sup>

(1. Yunnan Academy of Tobacco Science, Kunming 650106, China

2. Yuxi Cigarette Factory, Hongta Group, Yuxi, Yunnan 653100, China)

**Abstract** The orthogonal test, which deals with different cigarette paper, tipping paper, wrapping paper and filter, is designed and applied to study the effects of these factors on the mainstream smoke delivery and filtration efficiency of the cigarette with 30 mm filter rod. It is indicated through the results that the air permeability of tipping paper and the pressure drop of filter rod are the most prominent and important influencing factors. Therefore, the adjustments and controls of these factors are the keystones of the cigarette quality control, which is one of the best channels to reduce the costs of the products. The orthogonal test is proved to be a shortcut, efficient, economical and veracious one to seek the optimized scheme to arrange cigarette materials in pairs or groups.

**Key words** cigarette materials; mainstream smoke; filtration efficiency; tar

### 0 引言

国内利用卷烟材料进行降焦、控焦的研究已取得一定的进展, 但大多停留在材料单因素对卷烟烟气流质量特性的影响研究方面<sup>[1~3]</sup>。此类研究不能使卷烟设计者在选择材料时直接加以利用, 尤其是无法对不同配方的卷烟产品进行针对性的材料选择。

法国 PDM 公司根据大量的实验结果总结出一个简单的关于滤嘴通风率的数学模型<sup>[3]</sup>; 美国 Celanese 总结出关于烟气流过滤效率的数学模型<sup>[4]</sup>。但实践证明, 如果将此类公式用于预测中式卷烟的滤嘴通风率

收稿日期: 2007-12-12 基金项目: 云南中烟工业公司重点科技攻关项目 (项目编号: 2006FL01); 云南省科技厅重点科技攻关项目 (项目编号: 2006GG16)。

第一作者简介: 魏玉玲 (1973-), 女, 硕士, 助理研究员。主要研究方向: 卷烟材料、烟草工艺及烟草化学。

E-mail: ylw@cyats.com

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

或烟气过滤效率, 其精度不高, 不具直观性、简易实用性。

为了快捷、高效、经济、准确地寻找并确定卷烟材料多因素对“中式卷烟”主流烟气流的影响规律, 结合具体的卷烟品牌, 尝试采用正交试验设计的方法研究卷烟纸、成型纸、接装纸及嘴棒组合搭配对 30 mm 滤嘴长卷烟主流烟气流中焦油量、烟气烟碱量、烟气一氧化碳量、烟气水分及过滤效率的影响。

## 1 试验方案与方法

(1) 确定试验指标: 根据研究目的, 确定试验指标为卷烟主流烟气流中焦油量、烟气烟碱量、烟气一氧化碳量、烟气水分及卷烟过滤效率。

(2) 挑因素、选水平, 制定因数水平表: 受丝束能力曲线的限制, 嘴棒吸阻和丝束规格是两个协变量, 为满足试验设计的要求, 将嘴棒吸阻及丝束规格当作一个因素, 确定的试验因素和水平见表 1。

表 1 因素水平

Tab 1 Design factors and levels

因素水平	嘴棒吸阻, 丝束规格	成型纸透气度	接装纸透气度	接装纸打孔位置距唇端距离	卷烟纸透气度
		/CU	/CU	/mm	/CU
1	785 Pa 3 5Y /34000 D	3 300	200	11, 12	40
2	883 Pa 3 0Y /35000 D	6 000	400	14, 15	60
3	981 Pa 2 7Y /35000 D	8 000	600	17, 18	80

(3) 选正交表、设计表头、编制试验方案: 按照选定的因素水平表(表 1), 采用  $L_{18}(3^7)$  正交设计(表 2) 进行试验和取样。18 次处理所用烟丝及香精香料配方不变(采用 B、Y 卷烟烟丝及香精香料配方), 滤嘴长度 30mm, 烟支长度 84mm, 圆周 24.09mm。接装纸都采用双排激光打孔, 打孔位置距唇端距离由设计的试验水平决定, 两排孔之间的距离为 1mm, 孔大小及孔密度由设计的接装纸透气度决定。按相关国标对样品进行试验指标的分析检测和计算, 烟蒂长度为滤嘴长度 + 8mm。

表 2  $L_{18}(3^7)$  正交试验设置及试验结果

Tab 2  $L_{18}(3^7)$  design and results

编号	A [嘴棒吸阻, 丝束规格]	B [成型纸 透气度]	C [接装纸 透气度]	D [接装纸打 孔位置距唇 端距离] /mm	E [卷烟纸 透气度]	F G	焦油量 /mg	烟气烟 碱量 /mg	烟气一 氧化碳 量 /mg	烟气 水分 /mg	过滤 效率 %
	1	A 1 [ 785 Pa 3 5Y /34000 D]	B 1 [ 3300 CU]	C 1 [ 200 CU]	D 1 [ 11, 12 ]	E 1 [40 CU]	F1 G1	9.9	1.0	11.6	1.3
2	A 1	B 2 [ 6000 CU]	C 2 [ 400 CU]	D 2 [ 14, 15 ]	E 2 [60 CU]	F2 G2	7.8	0.9	8.1	0.8	47.1
3	A 1	B 3 [ 8000 CU]	C 3 [ 600 CU]	D 3 [ 17, 18 ]	E 3 [80 CU]	F3 G3	6.8	0.8	6.4	0.5	50.0
4	A 2 [ 883 Pa 3 0Y /35000 D]	B 1	C 1	D 2	E 2	F3 G3	8.9	0.9	10.6	1.2	50.0
5	A 2	B 2	C 2	D 3	E 3	F1 G1	8.2	0.9	8.8	1.0	47.1
6	A 2	B 3	C 3	D 1	E 1	F2 G2	6.2	0.8	6.6	0.5	50.0
7	A 3 [ 981 Pa 2 7Y /35000 D]	B 1	C 2	D 1	E 3	F2 G3	6.5	0.7	7.9	0.7	53.3
8	A 3	B 2	C 3	D 2	E 1	F3 G1	6.5	0.8	8.0	0.7	50.0
9	A 3	B 3	C 1	D 3	E 2	F1 G2	8.9	1.0	11.6	1.2	50.0
10	A 1	B 1	C 3	D 3	E 2	F2 G1	8.2	0.9	8.4	1.0	43.8
11	A 1	B 2	C 1	D 1	E 3	F3 G2	8.6	1.0	9.7	1.2	41.2
12	A 1	B 3	C 2	D 2	E 1	F1 G3	8.4	1.0	9.0	0.7	44.4
13	A 2	B 1	C 2	D 3	E 1	F3 G2	8.3	0.9	10.2	1.1	50.0
14	A 2	B 2	C 3	D 1	E 2	F1 G3	6.5	0.8	7.0	0.7	50.0
15	A 2	B 3	C 1	D 2	E 3	F2 G1	8.6	1.0	9.4	0.8	47.4
16	A 3	B 1	C 3	D 2	E 3	F1 G2	6.3	0.7	7.2	0.6	53.3
17	A 3	B 2	C 1	D 3	E 1	F2 G3	9.0	1.0	11.7	1.1	50.0
18	A 3	B 3	C 2	D 1	E 2	F3 G1	6.8	0.8	8.2	0.7	50.0

## 2 结果与分析

为简便、直观地寻找卷烟材料对卷烟主流烟气量及过滤效率的影响规律,对表 2 中的试验结果进行各因素水平均值计算,并根据计算结果绘制各因素效应曲线图.为了将因素水平变化引起的试验结果间的差异与误差引起的试验结果间的差异区分开来,对试验结果进行方差分析,并通过计算各因素的贡献率来衡量各因素作用的大小;通过计算变异系数来衡量试验水平的高低.

### 2.1 各因素水平均值计算及各因素效应曲线图

根据各因素水平均值计算结果(表 3)绘制各因素效应曲线图(图 1~图 5).从图上可以更直观地看出指标随因素水平的变化而变化的趋势,也可以看出每个因素水平间的最大差异.

表 3 各因素水平均值计算结果

Tab 3 Mean value of each factorial level

试验指标	均值	A[嘴棒吸阻, 丝束规格]	B[成型纸 透气度]	C[接装纸 透气度]	D[接装纸打孔位 置距唇端距离]	E[卷烟纸 透气度]	F	G
焦油量 /mg	均值 1	8.283	8.017	8.983	7.417	8.050	8.033	8.033
	均值 2	7.783	7.767	7.667	7.750	7.850	7.717	7.683
	均值 3	7.333	7.617	6.750	8.233	7.500	7.650	7.683
烟气烟碱量 /mg	均值 1	0.933	0.850	0.983	0.850	0.917	0.900	0.900
	均值 2	0.883	0.900	0.867	0.883	0.883	0.883	0.883
	均值 3	0.833	0.900	0.800	0.917	0.850	0.867	0.867
烟气一氧化碳量 /mg	均值 1	8.867	9.317	10.767	8.500	9.517	9.200	9.067
	均值 2	8.767	8.883	8.700	8.717	8.983	8.683	8.900
	均值 3	9.100	8.533	7.267	9.517	8.233	8.850	8.767
烟气水分 /mg	均值 1	0.917	0.983	1.133	0.850	0.900	0.917	0.917
	均值 2	0.883	0.917	0.833	0.800	0.933	0.817	0.900
	均值 3	0.833	0.733	0.667	0.983	0.800	0.900	0.817
过滤效率 /%	均值 1	45.150	49.133	47.167	48.150	48.133	48.200	47.117
	均值 2	49.083	47.567	48.650	48.700	48.483	48.600	48.600
	均值 3	51.100	48.633	49.517	48.483	48.717	48.533	49.617

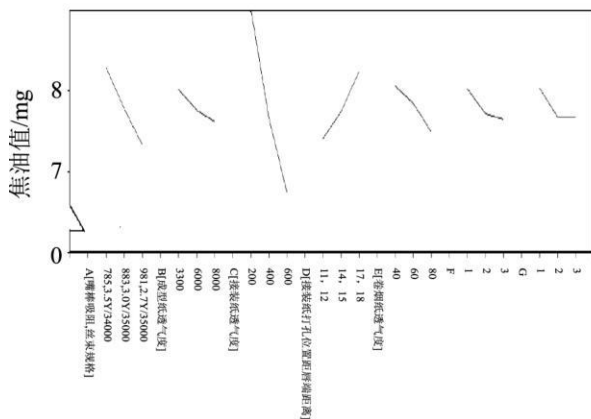


图1 焦油量效应曲线图

Fig.1 Tar effect plot

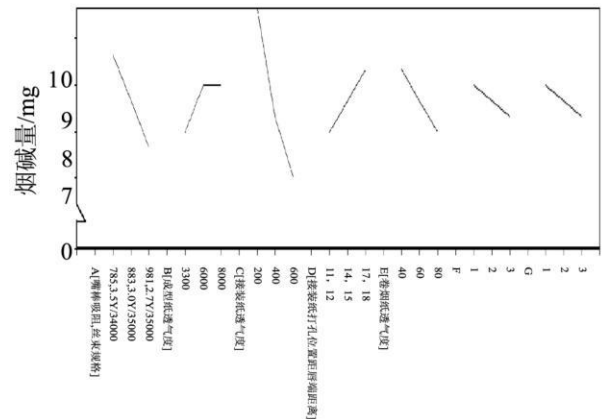


图2 烟气烟碱量效应曲线图

Fig.2 Nicotine effect plot

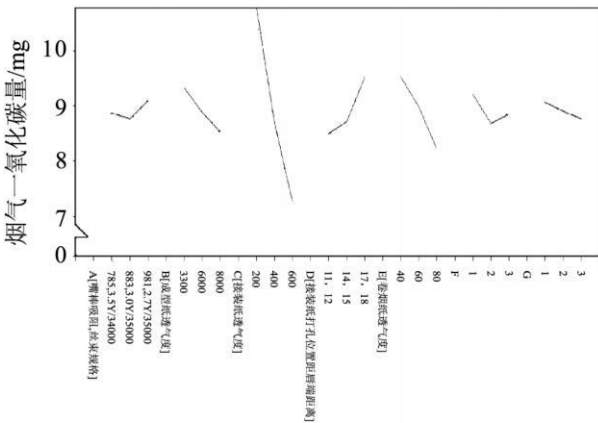


图3 烟气一氧化碳量效应曲线图  
Fig.3 CO effect plot

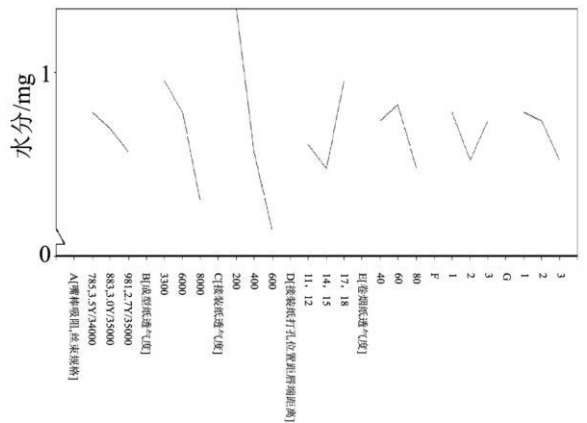


图4 烟气水分效应曲线图  
Fig.4 Water effect plot

### 2 2 方差、贡献率及试验水平分析

由于所选取的  $L_{18}(3^7)$  正交表属于非饱和表, 在进行方差分析时, 将自由度非饱和正交表产生的误差称为列外误差<sup>[5]</sup>; 由正交表空列得到的误差称为模型误差. 为了提高  $F$  检验的灵敏度, 将列外误差、模型误差及  $F$  比值小于或等于 1 的因素或交互作用的效应归并于试验误差<sup>[5]</sup>, 并进行试验方差分析和显著性检验.

由于因素的偏差平方和  $S_j$  中除了因素的效应外, 还包含误差, 从而称  $S_j - f_j \cdot MS_e$  (其中,  $f_j$  为因素的自由度,  $MS_e$  为试验误差的偏差平方和) 为因素的纯平方和, 将因素的纯平方和与总偏差平方和  $S_T$  的比值为因素的贡献率<sup>[5,6]</sup>. 通过贡献率的计算, 可衡量各因素、交互作用以及误差对各试验指标总波动所作贡献大小.

实践表明, 试验误差的均方差与试验指标的平均值之比  $C_v$  在试验中基本保持为常数, 称  $C_v$  为变异系数, 并用  $C_v$  衡量试验水平的高低. 一般而言,  $C_v < 5\%$  属于优等,  $C_v = 5\% \sim 10\%$  属于一般水平,  $C_v > 10\%$  属于不良<sup>[5]</sup>.

#### 2 2 1 焦油量

焦油量方差及各因素对焦油量贡献率分析结果(表 4)表明, 接装纸透气度是影响卷烟焦油量的高度显著因素, 嘴棒吸阻、丝束规格、接装纸打孔位置距唇端距离是影响卷烟焦油量的显著因素. 其中接装纸透气度的水平变化引起的卷烟焦油量波动占总波动的 66.249%, 其它因素的水平变化引起的数据波动都比误差引起的数据波动小, 因此可以认为其它因素不重要<sup>[5,6]</sup>. 试验变异系数  $C_v$  为 5.045%, 试验水平一般.

#### 2 2 2 烟气烟碱量

烟气烟碱量方差及各因素对烟气烟碱量贡献率分析结果(表 4)表明, 接装纸透气度是影响烟气烟碱量的高度显著因素, 嘴棒吸阻、丝束规格是影响烟气烟碱量的显著因素. 其中接装纸透气度的水平变化引起的烟气烟碱量波动占总波动的 53.203%, 其它因素的水平变化引起的数据波动都比误差引起的数据波动小, 因此可以认为其它因素不重要. 试验变异系数  $C_v$  为 5.412%, 试验水平一般.

#### 2 2 3 烟气一氧化碳量

烟气一氧化碳量方差及各因素对烟气一氧化碳量贡献率分析结果(表 4)表明, 接装纸透气度、接装纸打孔位置距唇端距离、卷烟纸透气度是影响烟气一氧化碳量的高度显著因素, 成型纸透气度是影响烟气一

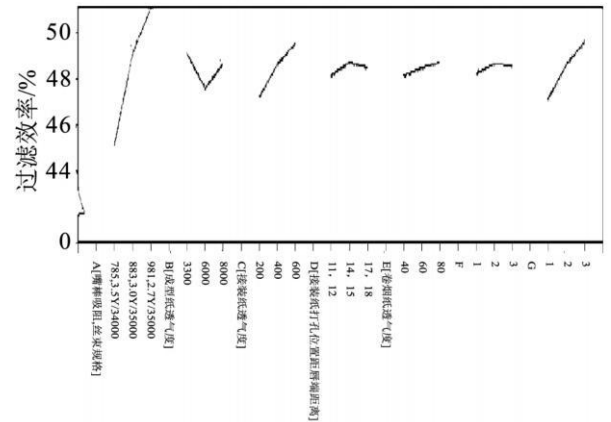


图5 过滤效率效应曲线图  
Fig.5 Filtration efficiency effect plot

氧化碳量的显著因素. 其中接装纸透气度的水平变化引起的烟气一氧化碳量波动占数据总波动的 74.833%, 卷烟纸透气度占总波动的 9.378%, 其它因素的水平变化引起的数据波动都比误差引起的数据波动小, 因此可以认为其它因素不重要. 试验变异系数  $C_v$  为 4.891%, 试验水平优等.

### 2.2.4 烟气水分

烟气水分方差及各因素对烟气水分贡献率分析结果(表 4)表明, 接装纸透气度是影响烟气水分的高度显著因素, 成型纸透气度、接装纸打孔位置距唇端距离是影响烟气水分的显著因素. 其中接装纸透气度的水平变化引起的烟气水分波动占总波动的 56.108%, 其它因素的水平变化引起的数据波动都比误差引起的数据波动小, 因此可以认为其它因素不重要. 试验变异系数  $C_v$  为 12.772%, 试验水平不良.

### 2.2.5 过滤效率

过滤效率方差及各因素对过滤效率贡献率分析结果(表 4)表明, 嘴棒吸阻、丝束规格是影响过滤效率的高度显著因素, 其水平变化引起的过滤效率波动占总波动的 56.339%, 其它因素的水平变化引起的数据波动都比误差引起的数据波动小, 因此可以认为其它因素不重要. 试验变异系数  $C_v$  为 4.191%, 试验水平优等.

表 4 方差、贡献率及试验水平分析结果

Tab 4 Analysis of variances, contributions and the levels of the tests

试验指标	因素	偏差平方和	自由度	均方和	F 比值	$F_{0.05}$ 临界值	$F_{0.01}$ 临界值	显著性	纯平方和	贡献率 /%
焦油量	嘴棒吸阻, 丝束规格	2.710	2	1.355	8.750	4.740	9.550	*	2.400	10.735
	成型纸透气度	0.490	2	0.245	1.582	4.740	9.550	-	0.180	0.806
	接装纸透气度	15.123	2	7.562	48.829	4.740	9.550	**	14.813	66.249
	接装纸打孔位置距唇端距离	2.023	2	1.012	6.532	4.740	9.550	*	1.713	7.662
	卷烟纸透气度	0.930	2	0.465	3.003	4.740	9.550	-	0.620	2.774
	空列 F	0.503	2	0.252	-	-	-	-	-	-
	空列 G	0.490	2	0.245	-	-	-	-	-	-
	列外误差	0.091	3	0.030	-	-	-	-	-	-
	误差	1.084	7	0.155	-	-	-	-	-	11.774
	误差均方差	0.394	-	-	-	-	-	-	-	-
	$C_v$ /%	5.045	-	-	-	-	-	-	-	-
	总和	22.360	-	-	-	-	-	-	-	-
烟气碱量	嘴棒吸阻, 丝束规格	0.030	2	0.015	6.562	4.740	9.550	*	0.025	13.745
	成型纸透气度	0.010	2	0.005	2.187	4.740	9.550	-	0.005	2.934
	接装纸透气度	0.103	2	0.052	22.531	4.740	9.550	**	0.098	53.205
	接装纸打孔位置距唇端距离	0.013	2	0.007	2.844	4.740	9.550	-	0.008	4.556
	卷烟纸透气度	0.013	2	0.007	2.844	4.740	9.550	-	0.008	4.556
	空列 F	0.003	2	0.002	-	-	-	-	-	-
	空列 G	0.003	2	0.002	-	-	-	-	-	-
	列外误差	0.010	3	0.003	-	-	-	-	-	-
	误差	0.016	7	0.002	-	-	-	-	-	21.004
	误差均方差	0.048	-	-	-	-	-	-	-	-
	$C_v$ /%	5.412	-	-	-	-	-	-	-	-
	总和	0.185	-	-	-	-	-	-	-	-
烟气一氧化碳量	嘴棒吸阻, 丝束规格	0.351	2	0.176	0.924	-	-	-	-	-
	成型纸透气度	1.848	2	0.924	4.864	4.260	8.020	*	1.468	2.988
	接装纸透气度	37.151	2	18.576	97.778	4.260	8.020	**	36.771	74.833
	接装纸打孔位置距唇端距离	3.441	2	1.721	9.056	4.260	8.020	**	3.061	6.230
	卷烟纸透气度	4.988	2	2.494	13.128	4.260	8.020	**	4.608	9.378
	空列 F	0.834	2	0.417	-	-	-	-	-	-
	空列 G	0.271	2	0.136	-	-	-	-	-	-
	列外误差	0.254	3	0.085	-	-	-	-	-	-
	误差	1.710	9	0.190	-	-	-	-	-	6.572
	误差均方差	0.436	-	-	-	-	-	-	-	-
	$C_v$ /%	4.891	-	-	-	-	-	-	-	-
	总和	49.138	-	-	-	-	-	-	-	-

(续表 4)

试验指标	因素	偏差平方和	自由度	均方和	F 比值	$F_{0.05}$ 临界值	$F_{0.01}$ 临界值	显著性	纯平方和	贡献率 %
烟 气 水 分	嘴棒吸阻, 丝束规格	0.021	2	0.011	-	-	-	-	-	-
	成型纸透气度	0.201	2	0.101	7.997	4.260	8.020	*	0.176	15.278
	接装纸透气度	0.671	2	0.336	26.695	4.260	8.020	**	0.646	56.108
	接装纸打孔位置距唇端距离	0.108	2	0.054	4.297	4.260	8.020	*	0.083	7.199
	卷烟纸透气度	0.058	2	0.029	2.307	4.260	8.020	-	0.033	2.855
	空列 F	0.034	2	0.017	-	-	-	-	-	-
	空列 G	0.034	2	0.017	-	-	-	-	-	-
	列外误差	0.024	3	0.008	-	-	-	-	-	-
	误差	0.113	9	0.013	-	-	-	-	-	18.561
	误差均方差	0.112	-	-	-	-	-	-	-	-
$C_v$ %	12.772	-	-	-	-	-	-	-	-	
总和	1.151	-	-	-	-	-	-	-	-	
过 滤 效 率	嘴棒吸阻, 丝束规格	109.881	2	54.941	13.331	3.810	6.700	**	101.639	56.339
	成型纸透气度	7.684	2	3.842	-	-	-	-	-	-
	接装纸透气度	16.948	2	8.474	2.056	3.810	6.700	-	8.706	4.826
	接装纸打孔位置距唇端距离	0.921	2	0.461	-	-	-	-	-	-
	卷烟纸透气度	1.034	2	0.517	-	-	-	-	-	-
	空列 F	0.551	2	0.276	-	-	-	-	-	-
	空列 G	18.968	2	9.484	-	-	-	-	-	-
	列外误差	24.417	3	8.139	-	-	-	-	-	-
	误差	53.575	13	4.121	-	-	-	-	-	38.835
	误差均方差	2.030	-	-	-	-	-	-	-	-
$C_v$ %	4.191	-	-	-	-	-	-	-	-	
总和	180.404	-	-	-	-	-	-	-	-	

注: \*\* 表示  $\alpha = 0.01$ , 高度显著影响因素; \* 表示  $\alpha = 0.05$ , 显著影响因素。

### 3 优水平的选取及结论

根据直观分析、方差分析及贡献率分析结果, 并结合各种试验指标的特征 (望大、望小、望目) 确立各因素的优水平, 分析结果见表 5。

表 5 卷烟材料多因素显著性、贡献率与因素优水平结果表

Tab 5 Results of factorial significances contributions and the optimized levels

试 验 指 标	A		B		C		D		E		优水平				
	[嘴棒吸阻, 丝束规格]		[成型纸 透气度]		[接装纸 透气度]		[接装纸打孔位 置距唇端距离]		[卷烟纸 透气度]		A	B	C	D	E
	显著 性	贡献 率 %	显著 性	贡献 率 %	显著 性	贡献 率 %	显著 性	贡献 率 %	显著 性	贡献 率 %					
焦油量 (望小)	*	-	-	-	**	66.249	*	-	-	-	A3	-	C3	D1	-
烟气的碱量 (望小)	*	-	-	-	**	53.205	-	-	-	-	A3	-	C3	-	-
一氧化碳量 (望小)	-	-	*	-	**	74.833	**	-	**	9.378	-	B3	C3	D1	E3
烟气的湿度 (望大)	-	-	*	-	**	56.108	*	-	-	-	-	B1	C1	D3	-
过滤效率 (望大)	**	56.339	-	-	-	-	-	-	-	-	A3	-	-	-	-

注: ① \* 表示  $\alpha = 0.01$ , 高度显著影响因素; \* 表示  $\alpha = 0.05$ , 显著影响因素;

② 比误差贡献率小的因素的贡献率均未标出。

根据卷烟材料多因素显著性、贡献率与因素优水平结果综合平衡, 最后得出: B1J 卷烟材料搭配最优组合为 A3B1C3D3E3 即嘴棒吸阻 981 Pa, 丝束规格 2.7Y /35000 D, 成型纸透气度 3300 CU, 接装纸透气度 600 CU, 接装纸打孔位置距唇端距离 17 mm, 18 mm, 卷烟纸透气度 80 CU。

在实际生产过程中, 欲确定具体某品牌卷烟材料的最佳组合搭配, 还需结合烟气指标的目标设计值、卷烟感官质量和具体的设备性能、工艺及生产成本等进行综合平衡。

由于接装纸透气度是影响卷烟焦油量、烟气烟碱量、烟气一氧化碳量、烟气水分的高度显著因素及重要因素;嘴棒吸阻、丝束规格是影响卷烟过滤效率的高度显著因素及重要因素,所以重点通过对接装纸透气度及嘴棒吸阻、丝束规格的调整和控制,可以很好地实现对 BJV 卷烟产品的质量的控制,减少产品质量波动,降低产品成本。

在卷烟产品开发或改良的时候,使用该方法可快捷、高效、经济、准确地寻找并确定卷烟材料多因素对卷烟主流烟气流及过滤效率的影响规律,并针对目标产品的特点,寻找显著且具有重要作用的卷烟材料工艺输入变量,使整个设计、生产工艺得到优化,满足烟草企业的实际需求。

#### 参考文献:

- [1] 于川芳,罗登山,王芳,等. 卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(一)[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2): 1-7.
- [2] 于川芳,罗登山,王芳,等. 卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(二)[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(3): 6-10
- [3] 王理珉,马静,胡群,等. 通风技术对卷烟性能的影响研究[C]. 中国烟草学会工业专业委员会烟草化学学术研讨会论文集, 2005, 11: 158-163
- [4] 寿柳峰. 高透成型纸在卷烟中的应用试验[J]. 西南造纸, 2001, 30(3): 12-13
- [5] 任露泉. 试验优化设计与分析·第二版[M]. 北京:高等教育出版社, 2003
- [6] 茆诗松,周纪芄,陈颖. 试验设计[M]. 北京:中国统计出版社, 2004

(上接第 83 页)

#### 参考文献:

- [1] 陈可可,朱宏涛,王东,等. 普洱熟茶后发酵加工过程中曲霉菌的分离和鉴定[J]. 云南植物研究. 2006 28(2): 123-126
- [2] 梁名志,夏丽飞,陈林波,等. 普洱茶渥堆发酵过程中理化指标的变化研究[J]. 中国农学通报, 2006 22(10): 321-325
- [3] 李敏. 普洱茶品质形成的研究[D]. 广州:华南农业大学, 2006
- [4] 龚淑英,周树红. 普洱茶贮藏过程中主要化学成分含量及感官品质变化的研究[J]. 茶叶科学, 2002 22(1): 51-56
- [5] 周红杰,李家华,甘月明,等. 普洱茶渥堆过程中化学成分变化与品质形成的关系[J]. 茶苑, 2004, (1): 6-8
- [6] 陈宗道,刘勤晋,周才琼. 微生物与普洱茶发酵[J]. 中国茶叶, 1988 11(4): 4-7
- [7] 李咏梅. 茶叶中茶多酚的提取方法研究[J]. 广州化学, 2003 28(1): 59-62
- [8] 杨贤强. 茶多酚化学[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2003
- [9] 李连喜. 不同制法普洱茶茶褐素及其在贮存中变化的研究[D]. 重庆:西南大学, 2005