

卷烟材料多因素对卷烟通风率及过滤效率的影响

魏玉玲¹, 徐金和², 廖 臻¹, 胡 群^{1*}, 李 斌¹

1. 云南烟草科学研究院, 云南省昆明市科医路41号 650106

2. 红河集团红河卷烟厂, 云南省弥勒县桃园路50号 652300

关键词: 卷烟材料; 搭配; 通风率; 过滤效率

摘要: 为探讨卷烟纸、成型纸、接装纸及滤嘴组合搭配对纸通风率、滤嘴通风率、总通风率及卷烟过滤效率的影响规律, 采用 $L_{27}(3^{13})$ 裂区正交设计方法进行在线试验和取样。检测结果经过直观分析、方差分析及贡献率分析, 结果表明: 滤嘴长度、吸阻及接装纸透气度是影响试验指标的显著因素和重要因素; 滤嘴长度为27 mm, 吸阻为794 Pa 卷烟的纸通风率及总通风率最大; 滤嘴长度或吸阻越大, 卷烟的滤嘴通风率及过滤效率也越大; 接装纸透气度越大, 滤嘴通风率、总通风率及过滤效率也越大, 而纸通风率则越小。

中图分类号: TS457; TS761.2 文献标识码: B 文章编号: 1002-0861(2008)11-0009-05

Effects of Cigarette Materials on Ventilation Rate and Filtration Efficiency of Cigarette

WEI YU-LING(1), XU JIN-HE(2), LIAO ZHEN(1), HU QUN(1), and LI BIN(1)

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

2. Honghe Cigarette Factory of Honghe Group, Honghe 652300, Yunnan, China

Keywords: Cigarette material; Combination; Ventilation rate; Filtration efficiency

Abstract: For investigating the influence of the combination of cigarette paper, plug wrapper, tipping paper and filter on the filtration efficiency of cigarette, the ventilation rates of paper and filter, and total ventilation rate, $L_{27}(3^{13})$ split-plot orthogonal design was used in online experiment and sampling. The test data were analyzed with intuitive analysis, variance analysis and contribution analysis, the results showed that: 1) the length of filter, draw resistance, and air permeability of tipping paper were significant and important factors affecting the experimental indexes; 2) the paper and total ventilation rates were the highest when the length of filter was 27 mm and draw resistance was 794 Pa; 3) the filter ventilation rate and filtration efficiency of cigarette were positively correlated with filter length and draw resistance; 4) the filter and total ventilation rates and filtration efficiency were positively correlated with the air permeability of tipping paper, while paper ventilation rate was contrary.

基金项目: 云南中烟工业公司重点科技攻关项目“物理及化学手段综合减害降焦研究”(2006FL01)及云南省科技厅重点科技攻关项目“高端嘴棒的研制及辅料优化在卷烟中的应用”(2006GG16)。

作者简介: 魏玉玲(1973-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事卷烟材料、烟草工艺及烟草化学研究。E-mail: ylwei@cyats.com

电话: 0871-8323208; *通讯作者: 胡群 E-mail: huqun@cyats.com

收稿日期: 2008-05-02

责任编辑: 周雅宁 E-mail: zyn0626@126.com

电话: 0371-67672778

通风稀释是降焦最有效的方法之一。其降焦原理是将空气引入主流烟气, 使烟气中所有成分的相对量降低, 同时还可降低经燃烧锥进入烟支中的气流速率, 从而提高滤嘴的过滤效率^[1]。国内对通风技术的研究, 大多停留在材料单因素对卷烟通风率的影响研究方面^[2]。此类研究不能使卷烟设计者在选择材料时直接加以利用, 尤其无法对不同配方的卷烟产品进行针对性地材料选择。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”通风率及过滤效率的影响规律, 作者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、接装纸及滤嘴组合搭配对卷烟通风率及过滤效率的影响。

1 材料与方

1.1 材料

接装纸原纸、成型纸、卷烟纸(云南红塔蓝鹰纸业有限公);透气度为 200、400、600 CU 3 种类型的接装纸由云南玉溪水松纸厂在接装纸原纸上采用双排激光打孔的方式制备(两排孔之间的距离为 1 mm,孔大小及孔密度由设计的透气度决定);滤嘴成型及烟支卷制由红河集团红河卷烟厂及红塔集团玉溪卷烟厂完成。

1.2 方法

由于滤嘴长度和吸阻是两个协变量,为满足试验设计的要求,将滤嘴单位长度的吸阻定为 29.4 Pa/

mm,从而将滤嘴长度及吸阻当作一个因素。另外,受丝束能力曲线的限制,能满足试验设计要求的常用丝束规格选两种水平 3.0 Y/35000 及 3.3 Y/35000,并将 3.0 Y/35000 拟作第 3 水平。

由于卷烟材料的生产分别属于不同的工序,在卷烟的卷制过程中又涉及诸多材料的更替,根据裂区正交设计的基本思想及正交表交互作用列的规则^[3],采用 $L_{27}(3^{13})$ 裂区正交设计^[3](表 1)进行试验和取样。27 次处理所用烟丝及香精香料配方不变(采用 HH 牌卷烟烟丝及香精香料配方),烟支长度 84 mm,圆周 24.29 mm。按相关国标对烟用接装纸原纸透气度^[4]、打孔接装纸透气度^[5-6]、卷烟纸透气度^[6]、成型纸透气度^[6]、滤嘴长度^[7]、滤嘴吸阻^[7]、纸通风率^[8]、滤嘴通风率^[8]、总通风率^[8]和卷烟滤嘴烟碱过滤效率^[9-10]进行检测及计算(表 1)。烟蒂长度为滤嘴长 + 8 mm。

表 1 $L_{27}(3^{13})$ 裂区正交试验设置及试验结果

编号	A ^①	B ^②	C ^③	D ^④	E ^⑤	F ^⑥	G ^⑥	H ^⑦	I ^⑧	J ^⑨	K ^⑩	L ^⑪	M ^⑫	纸通风率 (%)	滤嘴通风率 (%)	总通风率 (%)	过滤效率 ^⑬ (%)
1	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1	K1	L1	M1	7.0	18.0	25.0	33.3
2	A1	B1	C1	D1	E2	F2	G2	H2	I2	J2	K2	L2	M2	9.0	17.0	26.0	29.4
3	A1	B1	C1	D1	E3	F3	G3	H3	I3	J3	K3	L3	M3	10.0	20.0	30.0	31.2
4	A1	B2	C2	D2	E1	F1	G1	H2	I2	J2	K3	L3	M3	8.0	24.0	32.0	29.4
5	A1	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H3	I3	J3	K1	L1	M1	9.0	29.0	38.0	33.3
6	A1	B2	C2	D2	E3	F3	G3	H1	I1	J1	K2	L2	M2	5.0	29.0	34.0	31.2
7	A1	B3	C3	D3	E1	F1	G1	H3	I3	J3	K2	L2	M2	8.0	34.0	42.0	33.3
8	A1	B3	C3	D3	E2	F2	G2	H1	I1	J1	K3	L3	M3	5.0	34.0	39.0	31.2
9	A1	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H2	I2	J2	K1	L1	M1	6.0	38.0	44.0	33.3
10	A2	B1	C2	D3	E1	F2	G3	H1	I2	J3	K1	L2	M3	8.0	30.0	38.0	37.5
11	A2	B1	C2	D3	E2	F3	G1	H2	I3	J1	K2	L3	M1	9.0	33.0	42.0	40.0
12	A2	B1	C2	D3	E3	F1	G2	H3	I1	J2	K3	L1	M2	12.0	30.0	42.0	37.5
13	A2	B2	C3	D1	E1	F2	G3	H2	I3	J1	K3	L1	M2	9.0	35.0	44.0	35.7
14	A2	B2	C3	D1	E2	F3	G1	H3	I1	J2	K1	L2	M3	10.0	37.0	47.0	40.0
15	A2	B2	C3	D1	E3	F1	G2	H1	I2	J3	K2	L3	M1	7.0	43.0	50.0	43.8
16	A2	B3	C1	D2	E1	F2	G3	H3	I1	J2	K2	L3	M1	16.0	13.0	29.0	31.2
17	A2	B3	C1	D2	E2	F3	G1	H1	I2	J3	K3	L1	M2	9.0	18.0	27.0	35.3
18	A2	B3	C1	D2	E3	F1	G2	H2	I3	J1	K1	L2	M3	11.0	22.0	33.0	35.3
19	A3	B1	C3	D2	E1	F3	G2	H1	I3	J2	K1	L3	M2	4.0	37.0	41.0	46.7
20	A3	B1	C3	D2	E2	F1	G3	H2	I1	J3	K2	L1	M3	5.0	39.0	44.0	50.0
21	A3	B1	C3	D2	E3	F2	G1	H3	I2	J1	K3	L2	M1	7.0	45.0	52.0	50.0
22	A3	B2	C1	D3	E1	F3	G2	H2	I1	J3	K3	L2	M1	9.0	18.0	27.0	47.1
23	A3	B2	C1	D3	E2	F1	G3	H3	I2	J1	K1	L3	M2	11.0	20.0	31.0	43.8
24	A3	B2	C1	D3	E3	F2	G1	H1	I3	J2	K2	L1	M3	6.0	20.0	26.0	43.8
25	A3	B3	C2	D1	E1	F3	G2	H3	I2	J1	K2	L1	M3	9.0	23.0	32.0	43.8
26	A3	B3	C2	D1	E2	F1	G3	H1	I3	J2	K3	L2	M1	5.0	29.0	34.0	40.0
27	A3	B3	C2	D1	E3	F2	G1	H2	I1	J3	K1	L3	M2	8.0	32.0	40.0	50.0

注:①A:滤嘴长度及吸阻,A1、A2、A3 分别代表 24 mm,706 Pa、27 mm,794 Pa、30 mm,882 Pa;②B:接装纸打孔位置距唇端距离,B1、B2、B3 分别代表 11、12 mm,14、15 mm,17、18 mm;③C:接装纸透气度,C1、C2、C3 分别代表 200、400、600 CU;④D:裂区后第一大组中的空白列,用于估计试验一次误差;⑤E:成型纸透气度,E1、E2、E3 分别代表 3300、6000、8000 CU;⑥F、G、K、L:裂区后第二大组

中的空白列,用于估计试验二次误差;⑦H:卷烟纸透气度,H1、H2、H3 分别代表 40、60、80 CU;⑧I:接装纸和成型纸交互列 a;⑨J:丝束规格,J1、J2、J3 分别代表 3.0Y/35000、3.3Y/35000、3.0Y/35000;⑩M:接装纸和成型纸交互列 b(下同);⑪过滤效率 = 100 × 滤嘴中烟碱的含量/(滤嘴中烟碱的含量 + 总颗粒物中烟碱的含量)。

2 结果与分析

为简便、直观地寻找材料对卷烟通风率及过滤效率的影响规律,对表 1 中的试验结果进行各因素水平均值计算(表 2)。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(表 3)。在方差分析中,把空列 D 的偏差平方和作为试验一次误差偏差平方和,相应的自由度作为一次误差自由度。空列 F、G、K、L 的偏差平方和及拟水平的偏差平方和并入二次误差偏差平方和,相应的自由度也并入二次误差自由度。在进行 F 检验时,同次因素要用同次误差进行比较。至于一次误差能否与二次误差进行合并,需要进行误差检验。为了提高 F 检验的灵敏度,还常常将 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^[11],从而得到试验误差的偏差平方和及自由度,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的比称为因素的贡献率^[3,11]。通过贡献率的计算(表 3),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^[3,11]。

2.1 纸通风率

纸通风率分析结果(表 3)表明,滤嘴长度及吸阻、接装纸透气度、卷烟纸透气度是影响纸通风率的高度显著因素。其中滤嘴长度及吸阻的水平变化引起的纸

通风率波动占总波动的 27.323%,接装纸透气度占 22.740%,卷烟纸透气度占 40.689%,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^[3,11]。由表 2 可知:滤嘴长 27 mm,吸阻为 794 Pa 时,纸通风率最大;接装纸透气度越大,纸通风率越小;卷烟纸透气度越大,纸通风率也越大。

2.2 滤嘴通风率

滤嘴通风率分析结果(表 3)表明,接装纸打孔位置距唇端距离、接装纸透气度、成型纸透气度是影响滤嘴通风率的高度显著因素,滤嘴长度及吸阻、丝束规格是影响滤嘴通风率的显著因素。其中接装纸透气度的水平变化引起的滤嘴通风率波动占总波动的 86.773%,成型纸透气度占 5.982%,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。由表 2 可知:接装纸透气度及成型纸透气度越大,滤嘴通风率也越大。

2.3 总通风率

总通风率分析结果(表 3)表明,滤嘴长度及吸阻、接装纸透气度、成型纸透气度、卷烟纸透气度是影响总通风率的高度显著因素,接装纸打孔位置距唇端距离、丝束规格是影响总通风率的显著因素。其中滤嘴长度及吸阻的水平变化引起的总通风率波动占数据总波动的 6.026%,接装纸透气度占 78.680%,成型纸透气度占 5.685%,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。由表 2 可知:滤嘴长 27 mm,吸阻为 794 Pa 时,总通风率最大;接装纸及成型纸透气度越大,总通风率

表 2 各因素水平均值计算结果

试验 指标	纸通风率(%)			滤嘴通风率(%)			总通风率(%)			过滤效率(%)		
	均值 1	均值 2	均值 3	均值 1	均值 2	均值 3	均值 1	均值 2	均值 3	均值 1	均值 2	均值 3
A	7.444	10.111	7.111	27.000	29.000	29.222	34.444	39.111	36.333	31.733	37.367	46.133
B	7.889	8.222	8.556	29.889	28.333	27.000	37.778	36.556	35.556	39.511	38.678	37.044
C	9.778	8.111	6.778	18.444	28.778	38.000	28.222	36.889	44.778	36.711	38.078	40.444
D	8.222	8.222	8.222	28.222	28.444	28.556	36.444	36.667	36.778	38.578	38.044	38.611
E	8.667	8.000	8.000	25.778	28.444	31.000	34.444	36.444	39.000	37.556	38.111	39.567
F	8.222	8.556	7.889	28.778	28.333	28.111	37.000	36.889	36.000	38.489	38.011	38.733
G	8.000	8.333	8.333	29.000	28.111	28.111	37.000	36.444	36.444	39.456	38.678	37.100
H	6.222	8.222	10.222	28.667	28.667	27.889	34.889	36.889	38.111	38.089	38.911	38.233
I	8.556	8.222	7.889	27.778	28.667	28.778	36.333	36.889	36.667	39.056	38.478	37.700
J	8.111	8.444	8.111	28.778	27.222	29.222	36.889	35.667	37.333	38.256	36.811	40.167
K	8.222	8.222	8.222	29.222	27.889	28.111	37.444	36.111	36.333	39.244	38.500	37.489
L	8.000	8.000	8.667	27.778	29.000	28.444	35.778	37.000	37.111	38.444	38.200	38.589
M	8.333	8.333	8.000	29.556	28.000	27.667	37.889	36.333	35.667	39.111	38.100	38.022

表3 方差及贡献率分析结果

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(%)	
纸通风率	滤嘴长度及吸阻	48.667	2	24.334	50.182	3.980	7.200	** ^①	47.697	27.323
	打孔距唇端距离	2.000	2	1.000	2.062	3.980	7.200		1.030	0.590
	接装纸透气度	40.667	2	20.334	41.933	3.980	7.200	**	39.697	22.740
	一次误差(空列 D)	0.000	2	0.000	—	—	—		—	—
	成型纸透气度	2.667	2	1.334	2.750	3.980	7.200		1.697	0.972
	卷烟纸透气度	72.000	2	36.000	74.241	3.980	7.200	**	71.030	40.689
	丝束规格	0.567	1	0.567	1.169	4.840	9.650		0.082	0.047
	接装纸和成型	2.667	4	0.667	1.375	3.360	5.670		0.727	0.417
	纸交互作用	0.000	1	0.000	—	—	—	—	—	—
	拟水平	0.000	1	0.000	—	—	—	—	—	—
	二次误差	5.334	9	0.593	—	—	—	—	—	—
	误差检验		(2,9)		0.000	$F_{0.05}(2,9) = 4.26$				
	误差	5.334	11	0.485	—	—	—	—	—	7.222
	总和	174.569								
滤嘴通风率	滤嘴长度及吸阻	26.963	2	13.482	6.310	3.800	6.700	* ^②	22.690	1.146
	打孔距唇端距离	37.630	2	18.815	8.806	3.800	6.700	**	33.357	1.684
	接装纸透气度	1722.741	2	861.371	403.133	3.800	6.700	**	1718.468	86.773
	一次误差(空列 D)	0.519	2	0.260	—	—	—	—	—	—
	成型纸透气度	122.741	2	61.371	28.722	3.800	6.700	**	118.468	5.982
	卷烟纸透气度	3.630	2	1.815	—	—	—	—	—	—
	丝束规格	18.854	1	18.854	8.824	4.670	9.070	*	16.717	0.844
	接装纸和成型	23.703	4	5.926	2.773	3.180	5.200		15.156	0.765
	纸交互作用	0.887	1	0.887	—	—	—	—	—	—
	拟水平	0.887	1	0.887	—	—	—	—	—	—
	二次误差	23.628	9	2.625	—	—	—	—	—	—
	误差检验		(2,9)		0.099	$F_{0.05}(2,9) = 4.26$				
	误差	27.777	13	2.137	—	—	—	—	—	2.805
	总和	1980.409								
总通风率	滤嘴长度及吸阻	99.185	2	49.593	19.692	3.980	7.200	**	94.148	6.026
	打孔距唇端距离	22.296	2	11.148	4.427	3.980	7.200	*	17.259	1.105
	接装纸透气度	1234.296	2	617.148	245.059	3.980	7.200	**	1229.259	78.680
	一次误差(空列 D)	0.519	2	0.260	—	—	—	—	—	—
	成型纸透气度	93.852	2	46.926	18.634	3.980	7.200	**	88.815	5.685
	卷烟纸透气度	47.630	2	23.815	9.457	3.980	7.200	**	42.593	2.726
	丝束规格	12.584	1	12.584	4.997	4.840	9.650	*	10.066	0.644
	接装纸和成型	24.814	4	6.204	2.463	3.360	5.670		14.741	0.943
	纸交互作用	0.887	1	0.887	—	—	—	—	—	—
	拟水平	0.887	1	0.887	—	—	—	—	—	—
	二次误差	27.183	9	3.020	—	—	—	—	—	—
	误差检验		(2,9)		0.086	$F_{0.05}(2,9) = 4.26$				
	误差	27.702	11	2.518	—	—	—	—	—	4.191
	总和	1562.359								
过滤效率	滤嘴长度及吸阻	947.847	2	473.924	101.058	3.590	6.110	**	938.468	79.898
	打孔距唇端距离	28.340	2	14.170	3.022	3.590	6.110		18.961	1.614
	接装纸透气度	64.220	2	32.110	6.847	3.590	6.110	**	54.841	4.669
	一次误差(空列 D)	1.820	2	0.910	—	—	—	—	—	—
	成型纸透气度	19.416	2	9.708	2.070	3.590	6.110		10.037	0.854
	卷烟纸透气度	3.469	2	1.735	—	—	—	—	—	—
	丝束规格	35.035	1	35.035	7.471	4.450	8.400	*	30.346	2.584
	接装纸和成型	14.971	4	3.743	—	—	—	—	—	—
	纸交互作用	16.434	1	16.434	—	—	—	—	—	—
	拟水平	16.434	1	16.434	—	—	—	—	—	—
	二次误差	59.464	9	6.607	—	—	—	—	—	—
	误差检验		(2,9)		0.138	$F_{0.05}(2,9) = 4.26$				
	误差	79.724	17	4.690	—	—	—	—	—	10.381
	总和	1174.582								

注:① **: $\alpha = 0.01$, 高度显著影响因素;② *: $\alpha = 0.05$, 显著影响因素。

也越大。

2.4 过滤效率

过滤效率方差分析结果(表 3)表明,滤嘴长度及吸阻、接装纸透气度是影响过滤效率的高度显著因素,丝束规格是影响过滤效率的显著因素。其中滤嘴长度及吸阻的水平变化引起的过滤效率波动占总波动的 79.898%,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。由表 2 可知:滤嘴越长,吸阻越大,过滤效率也越大。

3 结论

根据直观分析、方差分析及贡献率分析结果,可以得出:滤嘴长度、吸阻及接装纸透气度是影响纸通风率、滤嘴通风率、总通风率及过滤效率的显著因素和重要因素。滤嘴长 27 mm,吸阻为 794 Pa 卷烟的纸通风率及总通风率最大;滤嘴长度或吸阻越大,卷烟的滤嘴通风率及过滤效率也越大;接装纸透气度越大,滤嘴通风率、总通风率及过滤效率也越大,而纸通风率则越小。据此,可针对目标产品的特点,使整个设计、生产工艺得到优化。

参考文献

[1] 任静霞,孟庆华,曾波,等. 通风率及测试仪关键技术的研究[C]//2004 年烟草机械学术研讨会论文集. 2004: 440-444.

[2] 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. 2005:158-163.

[3] 茆诗松,周纪芳,陈颖. 试验设计[M]. 北京:中国统计出版社,2004.

[4] YC 170-2002 烟用接装纸 原纸[S].

[5] YC 171-2002 烟用接装纸[S].

[6] YC 172-2002/ISO 2965: 1997 卷烟纸、成型纸、接装纸及具有定向透气带的材料 透气度的测定[S].

[7] GB/T 5605-2002 烟草和烟草制品 醋酸纤维滤棒[S].

[8] GB/T 19610-2004/ISO 9512: 2002 卷烟 通风的测定 定义和测量原理[S].

[9] YC/T 154-2001 卷烟 滤嘴中烟碱的测定 气相色谱法[S].

[10] YC/T 156-2001 卷烟 总粒相物中烟碱的测定 气相色谱法[S].

[11] 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.

· 广告索引	
玉溪红塔(集团)有限责任公司	封二
广州市利硕分离科学研究所	彩色插页
鄂西卷烟材料厂	黑白插页
大亚科技股份有限公司丹阳滤嘴材料分公司	彩色插页
北京东方天得科技有限公司	彩色插页
常德芙蓉大亚化纤有限公司	彩色插页
江苏新天地生物肥料工程中心有限公司	彩色插页
南京菲尼克斯电气有限公司	封三
珠海斯尼克科技有限公司	封底