

27 种滤嘴长卷烟材料多因素对主流烟气递送量及过滤效率的影响

魏玉玲¹, 冯洪涛², 代家红³, 陈永宽¹, 胡 群¹

1 云南烟草科学研究院, 云南省昆明市科医路 41 号 650106;

2 红河卷烟厂, 弥勒 652300; 3 云南玉溪水松纸厂, 玉溪 653100

摘 要: 采用正交试验设计的方法研究 27 种滤嘴长卷烟之卷烟纸、成型纸、接装纸及嘴棒组合搭配对国标规定的卷烟主流烟气递送量(包括焦油量、烟气烟碱量、烟气焦油及烟气水分)及过滤效率的影响。结果表明: 接装纸透气度及嘴棒吸阻是影响卷烟主流烟气递送量的高度显著因素及重要因素; 成型纸透气度及嘴棒吸阻是影响过滤效率的高度显著因素及重要因素。重点对接装纸透气度、成型纸透气度及嘴棒吸阻进行调整和控制, 可以很好地实现对 27 种滤嘴长卷烟主流烟气递送量及过滤效率的控制, 减少产品质量波动, 降低产品成本。使用该方法可快捷、高效、经济、准确地确定卷烟材料多因素对卷烟主流烟气递送量及过滤效率的影响规律。

关键词: 卷烟材料; 搭配; 主流烟气递送量; 过滤效率; 质量

中图分类号: TQ626

文献标识码: 特

文章编号: 1004-5708(2008)05-0015-07

卷烟材料多因素对主流烟气递送量及过滤效率的影响
27 种滤嘴长卷烟材料多因素对主流烟气递送量及过滤效率的影响

魏玉玲¹, 冯洪涛², 代家红³, 陈永宽¹, 胡 群¹

1 云南省烟草科学研究院, 云南省昆明市科医路 41 号 650106, 魏玉玲

2 红河卷烟厂, 弥勒 652300, 冯洪涛

3 云南玉溪水松纸厂, 玉溪 653100, 代家红

摘要: 采用正交试验设计的方法研究 27 种滤嘴长卷烟之卷烟纸、成型纸、接装纸及嘴棒组合搭配对国标规定的卷烟主流烟气递送量(包括焦油量、烟气烟碱量、烟气焦油及烟气水分)及过滤效率的影响。结果表明: 接装纸透气度及嘴棒吸阻是影响卷烟主流烟气递送量的高度显著因素及重要因素; 成型纸透气度及嘴棒吸阻是影响过滤效率的高度显著因素及重要因素。重点对接装纸透气度、成型纸透气度及嘴棒吸阻进行调整和控制, 可以很好地实现对 27 种滤嘴长卷烟主流烟气递送量及过滤效率的控制, 减少产品质量波动, 降低产品成本。使用该方法可快捷、高效、经济、准确地确定卷烟材料多因素对卷烟主流烟气递送量及过滤效率的影响规律。

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, 但大多停留在卷烟材料单因素对卷烟烟气质量特性的影响研究方面^[1-3]。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。

为了快捷、高效、经济、准确地寻找并确定卷烟材料多因素对 27 种滤嘴长“中式卷烟”烟气量及过滤效率的影响规律, 结合具体的卷烟品牌, 尝试采用正交试验设计的方法研究 27 种滤嘴长卷烟之卷烟纸、成型纸、接装纸及嘴棒组合搭配对国标规定的卷烟主流烟

作者简介: 魏玉玲, 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。电话: 0871-8323208; 邮箱: weiyuling@ynrti.cn

胡群(通讯作者), 男, 博士, 副研究员, 主要从事卷烟材料研究。电话: 0871-8323286; 邮箱: hucun@ynrti.cn

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”(2006-2008)。

收稿日期: 2007 12 14

气递送量(包括焦油量、烟气烟碱量、烟气糖害、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, 确定试验指标为国标规定的卷烟主流烟气中的焦油量、烟气烟碱量、烟气糖害量、烟气水分及过滤效率。
- (2) 挑因素、选水平, 制定因数水平表: 受丝束能力曲线的限制, 且嘴棒吸阻和丝束规格是 2 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 1 个因素。确定的试验因素和水平见表 1。

表 1 因素水平

因素水平	嘴棒吸阻, 丝束规格	接装纸透气度/μm	接装纸打孔位置距唇端距离/μm	成型纸透气度/μm	卷烟纸透气度/μm
1	686 Pa, 3.5Y/34000 丝	200	11, 12	3300	40
2	785 Pa, 3.3Y/35000 丝	400	14, 15	6000	60
3	883 Pa, 3.0Y/35000 丝	600	17, 18	8000	80

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递送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。为了将因素水平或交互作用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

(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 $L_8(3^7)$ 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 L_8 卷烟烟丝及香精香料配方), 滤嘴长度 27 mm, 烟支长度 84 mm, 圆周 24.29 mm。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 1 mm, 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 + 8 mm。

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 1~5)。从图上可以更直观地看出试验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。

2 2 方差、贡献率及试验水平分析

由于所选取的 $L_8(3^7)$ 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^[4]; 由正交表空列得到的误差称为模型误差。为了提高 t 检验的灵敏度, 将列外误差、模型误差及 t 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^[4], 并进行试验方差分析和显著性检验。

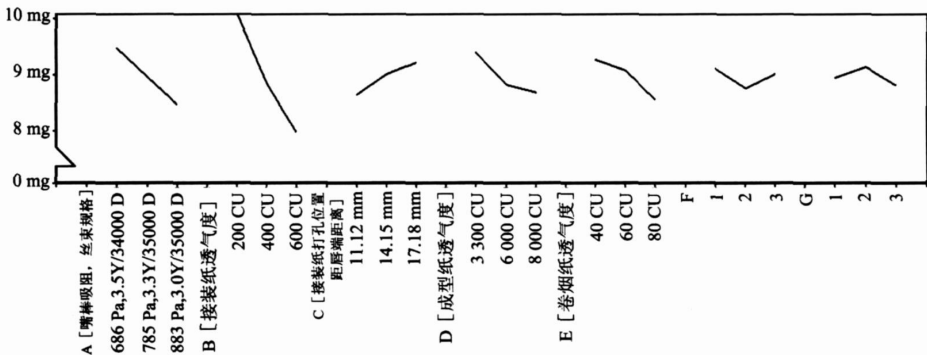


图 1 焦油量效应曲线图

表 2 L₁₈(3⁷)正交试验设置及试验结果

编号	A 嘴棒吸阻, 丝束规格	B 接装纸透气度	C 接装纸打孔位置 距唇端距离	D 成型纸透气度	E 卷烟纸透气度	F	G	焦油量/ (mg/支)	烟气 烟碱量/ (mg/支)	烟气 一氧化碳量/ (mg/支)	烟气 水分/ (mg/支)	过滤 效率 a/ %
1	A1[686 Pa, 3.5Y/34000 D]	B1[200 CU]	C1[11, 12 mm]	D1[3300 CU]	E1[40 CU]	F1	G1	11.100	1.200	12.600	1.500	29.400
2	A1	B2[400 CU]	C2[14, 15 mm]	D2[6000 CU]	E2[60 CU]	F2	G2	9.300	1.000	9.500	1.000	33.300
3	A1	B3[600 CU]	C3[17, 18 mm]	D3[8000 CU]	E3[80 CU]	F3	G3	7.900	0.900	7.300	0.700	40.000
4	A2[785 Pa, 3.3Y/35000 D]	B1	C1	D2	E2	F3	G3	9.800	1.100	11.100	1.100	35.300
5	A2	B2	C2	D3	E3	F1	G1	8.500	1.000	9.000	1.000	41.200
6	A2	B3	C3	D1	E1	F2	G2	9.100	1.000	9.800	1.000	33.300
7	A3[883 Pa, 3.0Y/35000 D]	B1	C2	D1	E3	F2	G3	9.400	1.000	10.600	1.100	33.300
8	A3	B2	C3	D2	E1	F3	G1	8.900	1.000	10.300	0.900	41.200
9	A3	B3	C1	D3	E2	F1	G2	7.400	0.800	8.300	0.800	46.700
10	A1	B1	C3	D3	E2	F2	G1	10.500	1.100	10.600	1.100	35.300
11	A1	B2	C1	D1	E3	F3	G2	9.300	1.000	9.600	1.100	33.300
12	A1	B3	C2	D2	E1	F1	G3	8.700	1.000	9.100	0.800	33.300
13	A2	B1	C2	D3	E1	F3	G2	10.200	1.100	11.800	1.200	38.900
14	A2	B2	C3	D1	E2	F1	G3	9.400	1.000	10.400	1.000	33.300
15	A2	B3	C1	D2	E3	F2	G1	6.700	0.800	7.200	1.300	42.900
16	A3	B1	C3	D2	E3	F1	G2	9.500	1.000	10.800	1.100	41.200
17	A3	B2	C1	D3	E1	F2	G3	7.600	0.900	9.300	0.800	43.800
18	A3	B3	C2	D1	E2	F3	G1	8.000	0.900	9.200	0.900	35.700

注: a 过滤效率 = 100 × 嘴棒上截留的烟碱量 / (剑桥滤片上截留的烟碱量 + 嘴棒上截留的烟碱量)

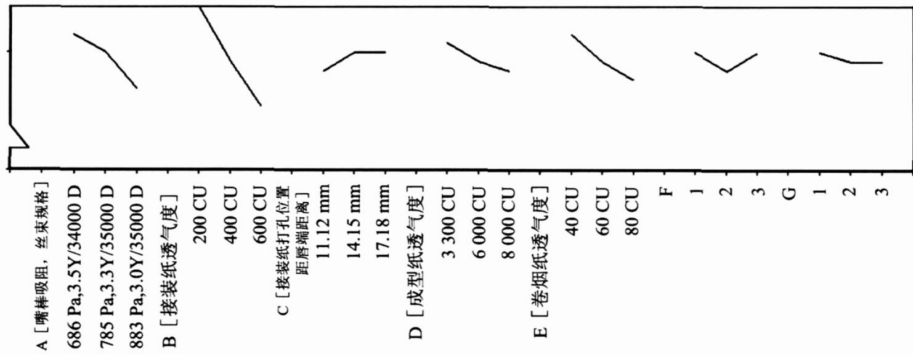


图 2 烟气烟碱量效应曲线图

表 3 各因素水平均值计算结果

试验指标	均值	培 [嘴棒吸阻, 丝束规格]	犮 [接装纸 透气度]	植 [接装纸打孔位 置距唇端距离]	犐 [成型纸 透气度]	犍 [卷烟纸 透气度]	惇	假
焦油量 /(mg/支)	均值 1	9 467	10 083	8 650	9 383	9 267	9 100	8 950
	均值 2	8 950	8 833	9 017	8 817	9 067	8 767	9 133
	均值 3	8 467	7 967	9 217	8 683	8 550	9 017	8 800
烟气烟碱量 /(mg/支)	均值 1	1 033	1 083	0 967	1 017	1 033	1 000	1 000
	均值 2	1 000	0 983	1 000	0 983	0 983	0 967	0 983
	均值 3	0 933	0 900	1 000	0 967	0 950	1 000	0 983
烟气一氧化 碳量/(mg/支)	均值 1	9 783	11 250	9 683	10 367	10 483	10 033	9 817
	均值 2	9 883	9 683	9 867	9 667	9 850	9 500	9 967
	均值 3	9 750	8 483	9 867	9 383	9 083	9 883	9 633
烟气水分 /(mg/支)	均值 1	1 033	1 183	1 100	1 100	1 033	1 033	1 117
	均值 2	1 100	0 967	1 000	1 033	0 983	1 050	1 033
	均值 3	0 933	0 917	0 967	0 933	1 050	0 983	0 917
过滤效率 /%	均值 1	34 100	35 567	38 567	33 050	36 650	37 517	37 617
	均值 2	37 483	37 683	35 950	37 867	36 600	36 983	37 783
	均值 3	40 317	38 650	37 383	40 983	38 650	37 400	36 500

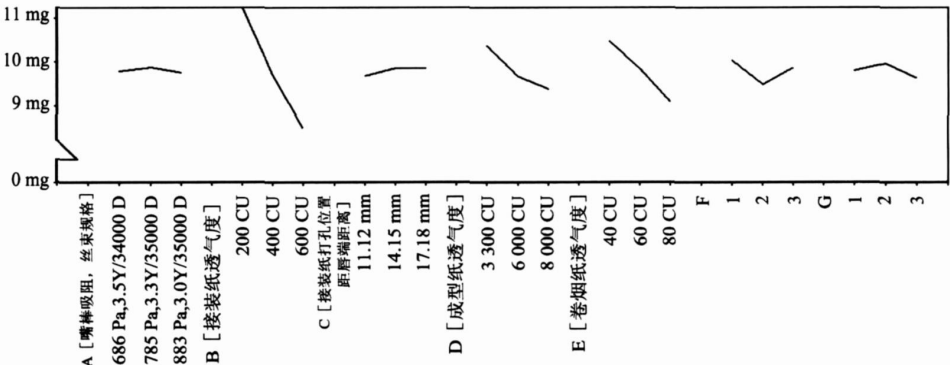


图 3 烟气一氧化碳量效应曲线图

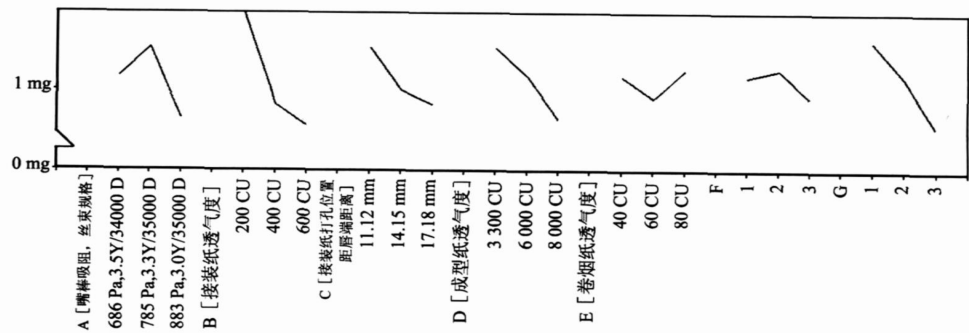


图 4 烟气水分效应曲线图

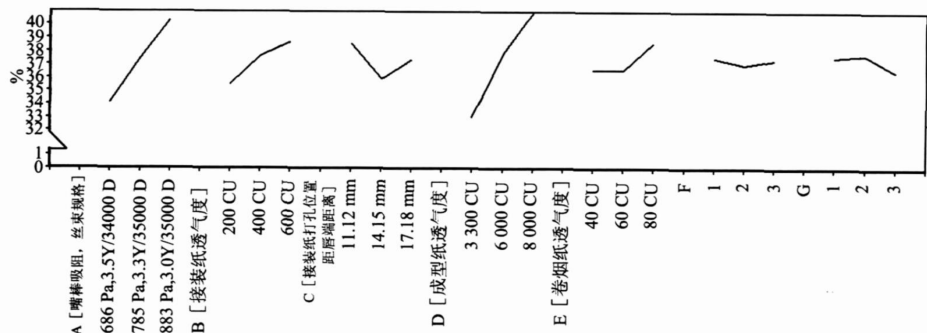


图 5 过滤效率效应曲线图

由于因素的偏差平方和 $\sum SS_{\text{因素}}$ 中除了因素的效应外,还包含误差,从而称 $\sum SS_{\text{因素}}$ (其中, ν 为因素的自由度, $\sum SS_{\text{误差}}$ 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 $\sum SS_{\text{总}}$ 的比称为因素的贡献率^[4,5]。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 CV 在试验中基本保持为常数, 称 CV 为变异系数, 并用 CV 衡量试验水平的高低。一般而言, $\text{CV} < 5\%$ 属于优等, $\text{CV} = 5\% \sim 10\%$ 属于一般水平, $\text{CV} > 10\%$ 属于不良^[4]。

2.2.2.1 焦油量

焦油量方差及各因素对焦油量的贡献率分析结果(表 4) 表明, 嘴棒吸阻、丝束规格、接装纸透气度是影响卷烟焦油量的高度显著因素, 成型纸透气度、卷烟纸透气度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数据总波动的 60.948%, 嘴棒吸阻、丝束规格占总波动的 12.478%, 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^[4,5]。试验变异系数 CV 为 4.141%, 试验水平优等。

2.2.2.2 烟气烟碱量

烟气烟碱量方差及各因素对烟气烟碱量的贡献率分析结果(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、丝束规格及卷烟纸透气度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数据总波动的 54.759%, 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 CV 为 4.320%, 试验水平优等。

2.2.2.3 烟气 CO 量

烟气 CO 量方差及各因素对烟气 CO 量的贡献率分析结果(表 4) 表明, 接装纸透气度、成型纸透气度、卷烟纸透气度是影响烟气 CO 量的高度显著因素。其中接装纸透气度的水平变化引起的烟气 CO 量波动占数据总波动的 68.046%, 成型纸透气度占总波动的 8.361%, 卷烟纸透气度占总波动的 16.778%, 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 CV 为 3.740%, 试验水平优等。

表 4 方差、贡献率及试验水平分析结果

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	3 001	2	1 501	10 898	4 740	9 550		2 726	12 478
	接装纸透气度	13 588	2	6 794	49 345	4 740	9 550		13 313	60 948
	接装纸打孔位置距唇端距离	0 991	2	0 496	3 599	4 740	9 550		0 716	3 276
	成型纸透气度	1 658	2	0 829	6 021	4 740	9 550		1 383	6 330
	卷烟纸透气度	1 641	2	0 821	5 959	4 740	9 550		1 366	6 252
	空列悖	0 361	2	0 181	—	—	—	—	—	—
	空列假	0 334	2	0 167	—	—	—	—	—	—
	列外误差	0 269	3	0 090	—	—	—	—	—	—
	误差	0 964	7	0 138	—	—	—	—	—	10 716
	误差均方差	0 371	—	—	—	—	—	—	—	—
	η^2 /%	4 141	—	—	—	—	—	—	—	—
	总和	21 843	—	—	—	—	—	—	—	—
烟 气 碱 量	嘴棒吸阻,丝束规格	0 031	2	0 016	8 491	4 740	9 550		0 027	15 384
	接装纸透气度	0 101	2	0 051	27 665	4 740	9 550		0 097	54 759
	接装纸打孔位置距唇端距离	0 004	2	0 002	1 096	4 740	9 550		0 000	0 196
	成型纸透气度	0 008	2	0 004	2 191	4 740	9 550		0 004	2 446
	卷烟纸透气度	0 021	2	0 011	5 752	4 740	9 550		0 017	9 759
	空列悖	0 004	2	0 002	—	—	—	—	—	—
	空列假	0 001	2	0 001	—	—	—	—	—	—
	列外误差	0 008	3	0 003	—	—	—	—	—	—
	误差	0 013	7	0 002	—	—	—	—	—	17 455
	误差均方差	0 043	—	—	—	—	—	—	—	—
	η^2 /%	4 320	—	—	—	—	—	—	—	—
	总和	0 178	—	—	—	—	—	—	—	—
烟 气 一 氧 化 碳 量	嘴棒吸阻,丝束规格	0 058	2	0 029	—	—	—	—	—	—
	接装纸透气度	23 098	2	11 549	85 869	3 980	7 200		22 829	68 046
	接装纸打孔位置距唇端距离	0 134	2	0 067	—	—	—	—	—	—
	成型纸透气度	3 074	2	1 537	11 428	3 980	7 200		2 805	8 361
	卷烟纸透气度	5 898	2	2 949	21 926	3 980	7 200		5 629	16 778
	空列悖	0 908	2	0 454	—	—	—	—	—	—
	空列假	0 334	2	0 167	—	—	—	—	—	—
	列外误差	0 045	3	0 015	—	—	—	—	—	—
	误差	1 479	11	0 134	—	—	—	—	—	6 815
	误差均方差	0 367	—	—	—	—	—	—	—	—
	η^2 /%	3 740	—	—	—	—	—	—	—	—
	总和	33 549	—	—	—	—	—	—	—	—
烟 气 水 分	嘴棒吸阻,丝束规格	0 084	2	0 042	2 053	4 260	8 020		0 043	6 617
	接装纸透气度	0 241	2	0 121	5 890	4 260	8 020		0 200	30 730
	接装纸打孔位置距唇端距离	0 058	2	0 029	1 418	4 260	8 020		0 017	2 624
	成型纸透气度	0 084	2	0 042	2 053	4 260	8 020		0 043	6 617
	卷烟纸透气度	0 014	2	0 007	—	—	—	—	—	—
	空列悖	0 014	2	0 007	—	—	—	—	—	—
	空列假	0 121	2	0 061	—	—	—	—	—	—
	列外误差	0 035	3	0 012	—	—	—	—	—	—
	误差	0 184	9	0 020	—	—	—	—	—	53 411
	误差均方差	0 143	—	—	—	—	—	—	—	—
	η^2 /%	13 992	—	—	—	—	—	—	—	—
	总和	0 651	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 4

过 滤 效 率	嘴棒吸阻,丝束规格	116 243	2	58 122	35 019	4 740	9 550	112 924	29 223
	接装纸透气度	29 843	2	14 922	8 990	4 740	9 550	26 524	6 864
	接装纸打孔位置距唇端距离	20 603	2	10 302	6 207	4 740	9 550	17 284	4 473
	成型纸透气度	191 703	2	95 852	57 752	4 740	9 550	188 384	48 751
	卷烟纸透气度	16 410	2	8 205	4 944	4 740	9 550	13 091	3 388
	空列悖	0 943	2	0 472					
	空列假	5 843	2	2 922					
	列外误差	4 832	3	1 611					
	误差	11 618	7	1 660					7 302
	误差均方差	1 288							
	悖% 总和	3 454							
		386 420							

注：,α=0.01,高度显著影响因素；,α=0.05,显著影响因素。

2.2.4 烟气水分

烟气水分方差及各因素对烟气水分的贡献率分析结果(表 4)表明,接装纸透气度是影响烟气水分的显著因素。试验变异系数悖为 13.992%,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的贡献率分析结果(表 4)表明,嘴棒吸阻、丝束规格及成型纸透气度是影响过滤效率的高度显著因素,接装纸透气度、接装纸打孔位置距唇端距离及卷烟纸透气度是影响过滤效率的显著因素。其中嘴棒吸阻、丝束规格水平变化引起的过滤效率波动占总波动的 29.223%,成型纸透气度占总波动的 48.751%。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。试验变异系数悖为 3.454%,试验水平优等。

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:对于 27 筛滤嘴长的 号卷烟而言,嘴棒吸阻、丝束规格是影响卷烟焦油量及过滤效率的高度显著因素及重要因素;接装纸透气度是影响卷烟焦油量、烟气烟碱量、烟气悖的高度显著及重要因素;成型纸透气度是影响烟气悖量及过滤效率的高度显著因素及重要因素。卷烟纸透气度仅仅是影响烟气悖的高度显著因素及重要因素。接装纸透气度及嘴棒吸阻越

大,卷烟主流烟气递送量越小;卷烟纸及成型纸透气度越大,烟气悖量越小;成型纸透气度及嘴棒吸阻越大,过滤效率也越高。

所以重点通过对接装纸透气度及嘴棒吸阻的调整和控制,可以很好地实现对 号卷烟产品主流烟气递送量的控制;通过对成型纸透气度及嘴棒吸阻的控制,可很好地实现对 号卷烟产品过滤效率的控制。

在进行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递送量的影响规律,并针对目标产品的特点,寻找显著的且具有重要作用的材料工艺输入变量,使整个设计、生产工艺得到优化。

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) 阅. 中国烟草学报,2001, 7(2): 17

[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) 阅. 中国烟草学报,2001, 7(3): 610

[3] 王理珉,马静,胡群,等. 通风技术对卷烟性能的影响研究 阅. 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: 158-163

[4] 任露泉. 试验优化设计与分析[悖]. 2 版. 北京: 高等教育出版社,2003: 101-109

[5] 茆诗松,周纪芄,陈颖. 试验设计[悖]. 北京: 中国统计出版社,2004: 135-136