

烟支通风率控制参数研究

黄晓飞^{1,2}, 姚二民²

(1. 广西中烟工业有限责任公司 柳州卷烟厂, 广西 柳州 545005;
2. 郑州轻工业学院 食品与工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 通过对影响烟支通风率的控制参数进行单因素试验, 结合3因素3水平曲面响应分析法, 研究了各工艺参数对烟支通风率的影响。结果表明, 烟支质量、接装纸的动摩擦系数、接装纸的无胶区面积对烟支通风率影响显著。在生产通风率为48.0%的卷烟时, 烟支质量为0.88 g, 接装纸的动摩擦系数为0.36, 接装纸的无胶区面积为165 mm², 此时, 烟支通风率控制最优。试验建立的回归方程模型有效且显著, 可用于指导机台操作人员进行通风率稳定性的控制。

关键词: 烟支通风率; 动摩擦系数; 烟支质量; 响应曲面法

中图分类号: TS411 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-476X.2013.05.010

Research of controlling parameters of cigarette ventilation rate

HUANG Xiao-fei^{1,2}, YAO Er-min²

(1. Liuzhou Cigarette Factory Guangxi Tobacco Industry Co., Ltd. Liuzhou 545005, China;
2. College of Food and Bioengineering Zhengzhou University of Light Industry Zhengzhou 450001, China)

Abstract: By the single factor test on the controlling parameter which influences the ventilation rate of cigarette, combined with the response surface methodology with three factors at three levels, the influence of process parameters on the ventilation rate of cigarette was studied. The results showed that the cigarette weight and the coefficient of kinematic friction of tipping paper, as well as the no-glue area of tipping paper, had significant influence on the ventilation rate of cigarette. When process parameters as follows: ventilation rate 48.0%, cigarette weight 0.88 g, coefficient of kinematic friction of tipping paper 0.36 and no-glue area of tipping paper 165 mm², the optimal control effect was obtained. The regression equation model that established in test was effective and significant, it could guide control the stability of the ventilation rate.

Key words: cigarette ventilation rate; the coefficient of dynamic friction; cigarette weight; response surface method

0 引言

卷烟接装纸打孔是目前各卷烟企业广泛采用的一种降焦减害方式。烟支通风率是接装纸打孔后

卷烟的一项重要考量指标, 它主要影响卷烟的烟气浓度。人们在吸食卷烟时, 外部气流通过孔洞对主流烟气进行稀释, 使吸入人体的焦油量相对减少。因此, 打孔卷烟的开发过程中, 在保证卷烟香气的

收稿日期: 2013-05-06

作者简介: 黄晓飞(1979—), 男, 广西壮族自治区柳州市人, 广西中烟工业有限责任公司柳州卷烟厂助理工程师, 郑州轻工业学院硕士研究生, 主要研究方向为卷烟工艺及工艺管理。

同时,应尽可能提高烟支通风率,以保证人们吸食满足感的同时降低对人体的危害性。

目前烟草行业对烟支通风率的研究,多集中在通风率对卷烟焦油、烟气成分、烟香等的影响^[1-4],主要用于产品的研发与设计,而针对实际生产过程中通风率稳定性的控制,影响通风率参数的设置及调整,为保证通风率符合指标要求需对设备进行的调整与改造等方面的研究较少见。有研究表明,烟支质量与通风率呈正相关关系,据此,本文通过卷烟通风率单因素试验,同时利用响应曲面法对实际生产过程中影响烟支通风率的控制参数——烟支质量、接装纸的动摩擦系数(以下文中简称动摩擦系数)和接装纸的无胶区面积进行综合分析,以期实现不同通风率条件下的最优控制参数组合,为生产控制和参数的设置提供操作指导。

1 实验

1.1 材料与设备

A 牌号配方烟丝,广西中烟工业有限责任公司产;透气度(500±50)CU 打孔接装纸,广西甲天下水松纸有限公司产;OM—II 综合测试台,北京欧美利华科技有限公司产;MC—1 摩擦系数测试仪,济南钟驰测试技术有限公司产;Protos70 卷烟机,常德烟草机械有限责任公司产;接装纸上胶辊,柳州创志环保设备有限责任公司产。

1.2 实验方法

1.2.1 样品的制备 1) 各项参数控制稳定后,按实验次序每次进行一组实验并取样,每次取样 4 000 支,作为实验样品。

2) 根据《GB/T 16447—2004/ISO 3402:1999 烟草及烟草制品·调节和测试的大气环境》要求进行样品平衡。

1.2.2 样品的检测方法 按照《GB 22838.15—2009/ISO 9512:2002 卷烟和滤棒物理性能的测定》要求进行通风率的检测。

1.2.3 工艺参数的选择 在固定配方烟丝的前提下,通过改变烟支的质量、接装纸的动摩擦系数、无胶区面积 3 个工艺变量,以烟支通风率作为依据,确定最佳的通风率控制参数。

2 结果与分析

2.1 卷烟通风率的单因素试验

2.1.1 烟支质量对卷烟通风率的影响 本文研究

的目的是寻求烟支质量对通风率影响的极限点,即在某个烟支质量点烟支通风率将保持基本不变。根据前人经验数据及实际工作要求,在机速 7 000 支/min 动摩擦系数 0.35 无胶区面积 160 mm² 的条件下,研究烟支质量对烟支通风率的影响,结果见图 1。

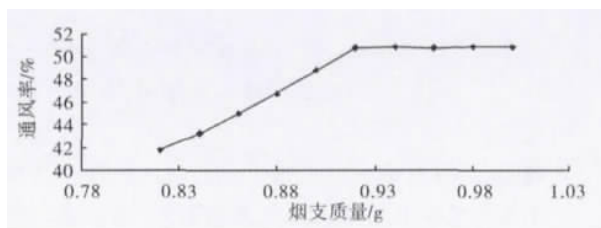


图1 烟支质量对通风率影响的折线图

由图 1 可见,烟支通风率随着烟支质量的增加呈上升趋势,当烟支质量 > 0.91 g 后通风率趋于稳定,烟支通风率在 0.82 g ~ 0.91 g 区间内的增加幅度较大,因此烟支质量选择为 0.91 g。

2.1.2 动摩擦系数对烟支通风率的影响 接装纸胶面的摩擦起毛程度会影响烟支通风率。首先,毛絮过多将会堵塞卷烟纸的孔洞,导致通风率降低;其次,根据抛锚效应,摩擦起毛程度越大,需要的胶水量越少,可以提高通风率。因此,研究打孔卷烟纸起毛程度对烟支通风率的控制尤为必要,而摩擦起毛程度可以通过动摩擦系数来表征。在机速 7 000 支/min,烟支质量 0.91 g,无胶区面积 160 mm² 的条件下,研究动摩擦系数对烟支通风率的影响,结果见图 2。

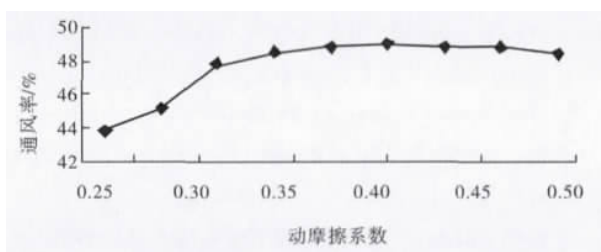


图2 动摩擦系数对通风率的影响折线图

由图 2 可见,烟支通风率随着动摩擦系数的增加而增加。当动摩擦系数 > 0.35 后,烟支通风率趋于稳定,因此动摩擦系数选择为 0.35。

2.1.3 无胶区面积对烟支通风率的影响 在恒定打孔卷烟纸(孔径、孔数相同),机速 7 000 支/min,动摩擦系数 0.35,烟支质量 0.91 g 的条件下,研究无胶区面积对卷烟通风率的影响,结果见图 3。

由图 3 可见,烟支通风率随着无胶区面积的增

加而增加,当无胶区面积 $>165 \text{ mm}^2$ 后,烟支通风率趋于稳定,因此无胶区面积选择为 165 mm^2 。

2.2 曲面响应法优化各控制参数

在以上单因素试验的基础上,运用 Box-Behnken 设计,对影响烟支通风率的 3 个因素,采用 3 因素 3 水平的中心组合试验设计,利用 Minitab 分析软件进行试验设计及分析,编码设计、计算结果及方差分析分别见表 1、表 2 和表 3。

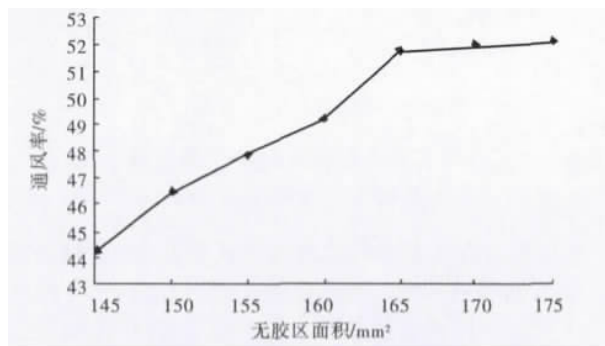


图3 无胶区面积对通风率的影响折线图

表1 Box-Behnken 试验设计因素水平及编码表

编码水平	无胶区面积 X_1/mm^2	烟支质量 X_2/g	动摩擦系数 X_3
-1	160	0.85	0.30
0	165	0.91	0.35
1	170	0.97	0.40

2.2.1 试验各因素对烟支通风率的影响分析 以通风率为评价指标 (Y), 利用 Minitab 分析软件对表 2 结果进行分析, 从试验结果得到以下回归方程:

$$Y = 49.125 + 2.954X_1 + 0.834X_2 + 0.408X_3 - 20.78X_1^2 - 4.143X_2^2 + 0.888X_3^2 - 0.271X_1X_2 + 0.376X_1X_3 + 1.188X_2X_3$$

表2 Box-Behnken 试验设计和结果

试验号	X_1	X_2	X_3	烟支通风率/%
1	-1	-1	0	38.92
2	1	-1	0	45.01
3	-1	1	0	41.34
4	1	1	0	46.35
5	-1	0	-1	44.68
6	1	0	-1	50.19
7	-1	0	1	44.93
8	1	0	1	51.94
9	0	-1	-1	46.01
10	0	1	-1	45.10
11	0	-1	1	44.27
12	0	1	1	48.10
13	0	0	0	49.52
14	0	0	0	48.85
15	0	0	0	49.00

表3 响应值方差分析表

来源	自由度	平方和	修正平方和	均方和	F	P	显著性
回归	9	76.696	164.692	18.2991	139.39	0.000	**
线性	3	69.800	76.696	25.5653	194.75	0.000	**
无胶区面积	1	5.563	69.800	69.8001	531.71	0.000	**
烟支质量	1	1.333	5.563	5.5628	42.37	0.001	**
动摩擦系数	1	81.495	1.333	1.3329	10.15	0.024	*
平方	3	12.719	81.495	27.1649	206.93	0.000	**
无胶区面积* 无胶区面积	1	65.862	12.719	15.9475	121.48	0.000	**
烟支质量* 烟支质量	1	2.913	65.862	63.3650	482.69	0.000	**
动摩擦系数* 动摩擦系数	1	6.501	2.913	2.9132	22.19	0.005	**
交互作用	3	0.295	6.501	2.1670	16.51	0.005	**
无胶区面积* 烟支质量	1	0.565	0.295	0.2946	2.24	0.194	
无胶区面积* 动摩擦系数	1	5.642	0.565	0.5648	4.30	0.093	
烟支质量* 动摩擦系数	1	0.656	5.642	5.6418	42.98	0.001	**
残差误差	5	0.410	0.656	0.1313			
失拟	3	0.247	0.410	0.1366	1.11	0.507	
纯误差	2	76.696	0.247	0.1233			
合计	14	69.800	164.692	18.2991	139.39	0.000	

注: ** 表示高度显著 $P < 0.01$; * 表示显著 $P < 0.05$ 。

由表 3 可见,回归模型的回归项 $P < 0.05$,说明模型总体有效.从拟合总效果来看,本试验的失拟值 > 0.05 ,说明试验并没有失拟现象,可以利用该方程代替真实的试验进行数据分析.由显著性可以看出:无胶区域面积和烟支质量高度显著,动摩擦系数显著,各参数所对应的平方项也高度显著,所以,3 个参数对卷烟通风率均有显著影响.

2.2.2 各影响因素及交互作用对烟支通风率的影响 各影响因素及交互作用对通风率的影响见图 4—图 6.图 4 表明无胶区域面积与动摩擦系数的交互作用对烟支通风率的影响程度相对较弱;图 5 中无胶区域面积参数的曲面更陡,说明其对烟支通风率的影响比烟支质量更显著;图 6 表明烟支质量对通风率的影响高于动摩擦系数.

2.2.3 最佳响应量的工艺条件优化及效果验证 为确定最佳工艺参数,利用 Minitab 软件对方程进行最优解,根据 A 牌号卷烟通风率指标 48.0% 的要求,

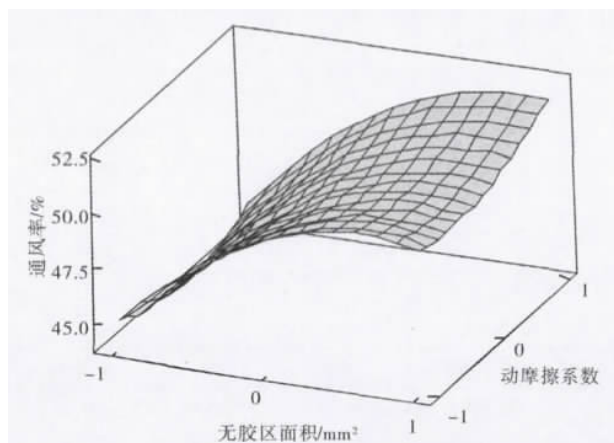


图 4 无胶区域面积与动摩擦系数对卷烟通风率的响应曲面图

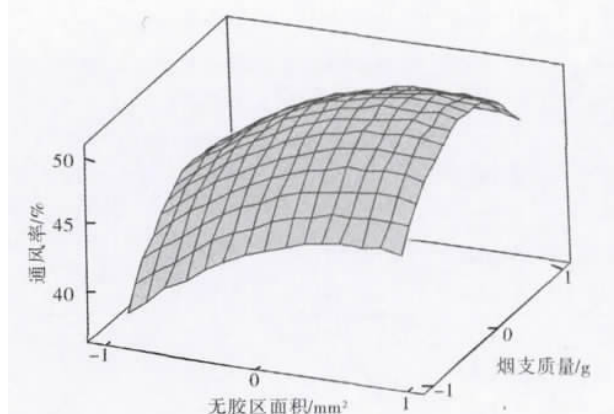


图 5 无胶区域面积与烟支质量对卷烟通风率的响应曲面图

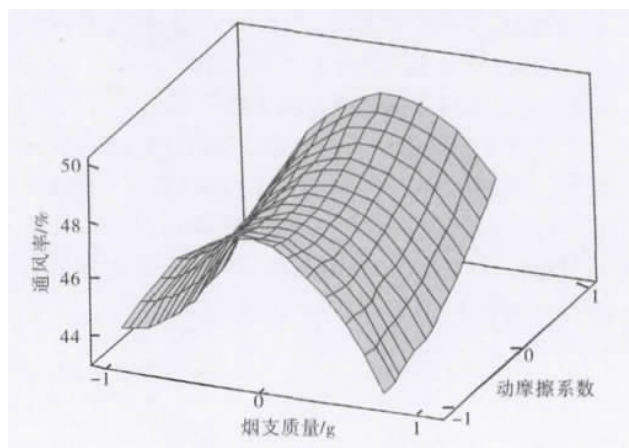


图 6 烟支质量与动摩擦系数对卷烟通风率的响应曲面图

最优解对应的各参数值为烟支质量 0.88 g,接装纸的动摩擦系数 0.36,接装纸的无胶区域面积 165 mm².在该参数条件下进行了 3 次效果验证实验,卷烟通风率平均值为 47.3%,与理论值基本一致,说明试验回归方程可靠.

3 结论

本文通过对影响烟支通风率的控制参数进行单因素试验,结合 3 因素 3 水平曲面响应分析法,研究了各工艺参数对烟支通风率的影响.结果表明,烟支质量、接装纸的动摩擦系数、接装纸的无胶区域面积 3 个控制参数,均对卷烟通风率有显著影响,其中,接装纸的无胶区域面积影响最大,烟支质量其次.根据 A 牌号卷烟通风率 48.0% 的指标要求,控制烟支质量为 0.88 g,接装纸的动摩擦系数为 0.36,接装纸的无胶区域面积为 165 mm²,能够实现指标的最优控制,说明得到的回归方程模型能够有效指导生产车间进行烟支通风率指标控制的操作.此模型还可以为以后卷烟通风率指标的设置及过程控制提供一定的理论参考.

参考文献:

- [1] 魏玉玲,徐金和,廖臻,等.卷烟材料多因素对卷烟通风率及过滤效果的影响[J].烟草科技,2008(11):9.
- [2] 李翔,尚平平,赵乐,等.接装纸透气度和滤棒吸阻对卷烟烟气细胞毒性的影响[J].烟草科技,2010(11):32.
- [3] 吴志英,李力,李东亮,等.卷烟单支重量、吸阻、通风率与感官质量的关系分析[J].中国烟草科学,2010,31(2):49.
- [4] 冯文,廖臻,徐世涛,等.接装纸激光、静电打孔方式对卷烟烟气影响的对比研究[J].云南大学学报,2010,32(S1):115.