

七种卷烟材料对卷烟通风率的效应分析^①

陈昆燕^{1,2}, 周学政^{1,2}, 杨文敏^{1,2}, 陶文生^{1,2}, 戴 亚^{1,2},
冯广林^{1,2}, 谭兰兰^{1,2}, 袁 月^{1,2}, 肖克毅^{1,2}, 汪长国^{1,2}

1. 卷烟减害降焦四川省重点实验室, 成都 610066;

2. 川渝中烟工业有限责任公司技术研发中心, 成都 610066

摘要: 为确定卷烟材料不同组合对卷烟通风率的影响效应, 采用均匀设计试验方法, 建立了卷烟纸透气度、成型纸透气度、接装纸透气度、烟丝端丝束特性参数、滤嘴端丝束特性参数、滤棒添加剂 A、滤棒添加剂 B 等 7 种卷烟材料要素对卷烟通风率的二次多项式逐步回归模型, 并对模型进行了因素主效应分析、单因素效应分析、边际效应分析和因素交互作用效应分析。结果表明: 不同材料组合卷烟通风率最大相对变幅达 84.59%; 各因素对通风率的贡献率大小依次为: 成型纸透气度, 卷烟纸透气度, 滤嘴端丝束特性参数, 接装纸透气度, 烟丝端丝束特性参数, 滤棒添加剂 A。高水平背景下, 成型纸透气度、接装纸透气度、烟丝端丝束特性参数、滤棒添加剂 A 与卷烟通风率均呈正相关性; 卷烟纸透气度与卷烟通风率呈负相关性。中水平背景下, 接装纸透气度、烟丝端丝束特性参数、滤棒添加剂 A 与卷烟通风率呈正相关; 卷烟纸透气度取值 55 cu, 成型纸透气度取值 5 500 cu 时, 卷烟通风率分别取得最大值; 低水平背景下, 卷烟纸透气度取值 62 cu 时, 卷烟通风率取得最大值; 除滤嘴端丝束特性参数增大会促使卷烟通风率降低外, 其余因子变化对卷烟通风率影响不显著。卷烟纸透气度与接装纸透气度、接装纸透气度与成型纸透气度、接装纸透气度与滤嘴端丝束特性参数、成型纸透气度与烟丝端丝束特性参数、成型纸透气度与滤棒添加剂 A 之间存在交互作用影响卷烟通风率。运用该模型的分析结果, 可在限定的实验区域内快捷、准确地确定卷烟材料多因素对卷烟通风率的影响规律, 为低害卷烟设计开发提供卷烟材料组合参考。

关键词: 卷烟材料及特性; 均匀设计; 数学模型; 卷烟通风率效应

中图分类号: S377

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2014)12-0129-08

卷烟材料, 即卷烟纸、成型纸、接装纸及滤棒丝束等的合理组合不仅可实现卷烟产品的特定风格, 对卷烟通风率物理指标、烟气指标等亦有较大影响^[1-2]。卷烟通风率是衡量卷烟通风稀释程度的重要指标, 在当前烟草行业的研究领域中, 卷烟通风稀释是降低焦油较为直接有效的途径, 其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^[3]。因此, 材料组合对卷烟通风率的影响在材料研究领域显得较为重要。目前国内利用卷烟材料进行相关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质量特性的影响方面, 对材料多因素之间交互作用对卷烟通风率、烟气特性指标的影响相关也有相应的研究^[4-10], 但在实验设计上主要采用单因素循环的方法, 虽有组合性的研究, 所建立的模型却存在一定的局限性, 不能全面反映因素间与通风率的

① 收稿日期: 2013-10-28

基金项目: 中国烟草总公司 2012 年度科技面上项目(中烟办[2012]122 号); 中国烟草总公司“卷烟减害技术”重大专项项目(110201101034)。

作者简介: 陈昆燕(1980-), 女, 四川大竹人, 硕士, 主要从事烟草工艺技术的研究。

通信作者: 汪长国, 硕士。

作用效应.

本研究选定某一叶组品牌,结合常规卷烟材料中三纸、滤棒丝束不同组合及川渝中烟自主减害材料在滤棒中的添加(添加剂 A 与添加剂 B),综合考核以上各因素对卷烟通风率的相关影响,建立相应数学模型,采用因子主效应分析、边际效应分析等方法,以期在卷烟设计开发中能够利用该数学模型测算出卷烟材料参数改变对卷烟通风率的影响,为低危害卷烟开发过程中卷烟材料的选择提供帮助.

1 材料与方法

1.1 材料与设备

烟丝:川渝中烟涪陵分厂生产某一品牌配方烟丝.

材料:卷烟纸、成型纸、滤棒、添加剂 A、添加剂 B.

滤棒成型设备:YL43 型复合滤棒成型机(许昌烟草机械有限责任公司).

检测设备:D49 型 SODIM 综合测试台(法国索定公司).

1.2 方 法

1.2.1 试验设计

选取卷烟纸透气度(X_1)、接装纸透气度(X_2)、成型纸透气度(X_3)、烟丝端丝束特性参数(X_4)、滤嘴端丝束特性参数(X_5)、滤棒添加剂 A(X_6)、滤棒添加剂 B(X_7)7 个因素,采用均匀设计方法^[11]进行试验设计,共 12 个组合,每组设 3 次重复实验,试验因素水平取值以公司实际生产所用水平为标准,其中滤棒丝束指标进行了特性参数转化^[12],试验参数水平表见表 1.

表 1 因素水平范围

参数	卷烟纸透气度 X_1/cu	接装纸透气度 X_2/cu	成型纸透气度 X_3/cu	烟丝端丝束特 性参数 X_4	滤嘴端丝束特 性参数(X_5)	滤棒添加 剂 A/mg	滤棒添加 剂 B/mg
范围	50~70	100~800	3 000~26 000	13 416~20 207	13 416~20 207	0~6.125	0~4.375

由于各因素的量纲与数量级不一致,为便于统计分析,采用极差归一化变换^[13]对试验涉及的各因素进行变换,结果见表 2.

表 2 规格化后的实际参数

样品编号	卷烟纸 透气度 X_1	接装纸 透气度 X_2	成型纸 透气度 X_3	烟丝端丝束 特性参数 X_4	滤嘴端丝束 特性参数 X_5	滤棒添加剂 A X_6	滤棒添加剂 B X_7
CL-1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.700 6	0.700 6	0.192 3	0.425 5
CL-2	0.611 5	0.137 8	1.000 0	1.000 0	0.764 1	0.114 3	0.226 1
CL-3	1.000 0	0.137 8	0.272 9	0.764 1	0.329 3	0.312 9	0.666 7
CL-4	0.611 5	1.000 0	0.000 0	0.488 4	0.488 4	0.163 3	0.173 9
CL-5	1.000 0	1.000 0	0.272 9	0.329 3	0.488 4	0.346 9	0.369 6
CL-6	0.000 0	0.000 0	0.129 5	0.745 0	1.000 0	0.632 7	0.000 0
CL-7	0.611 5	0.423 8	1.000 0	0.000 0	0.745 0	0.438 8	0.467 4
CL-8	1.000 0	0.423 8	0.009 8	0.764 1	0.700 6	0.000 0	1.000 0
CL-9	0.611 5	0.262 9	0.009 8	0.329 3	0.000 0	0.000 0	0.347 8
CL-10	1.000 0	0.262 9	0.129 5	0.488 4	0.764 1	0.326 5	0.000 0
CL-11	0.000 0	0.712 0	0.009 8	0.745 0	0.329 3	1.000 0	0.000 0
CL-12	0.611 5	0.712 0	0.129 5	0.700 6	0.745 0	0.000 0	0.760 9

1.2.2 样品制备

采用川渝中烟涪陵分厂某一确定品牌,按照表 1 试验材料表卷制试验样品,烟支的圆周、硬度及单支重量均在规定的允差范围内.

1.2.3 样品检测

根据 GB/T 16450—2004,样品卷烟在温度(22 ± 1)℃和相对湿度(60 ± 2)%条件下平衡 48 h,以填充

烟丝质量(0.674 7±0.020 0)g 限制条件筛选,各样品 30 支/组,依据国标 GB/T22838.15-2009《卷烟和滤棒物理性能的测定第 15 部分:卷烟 通风的测定 定义和测量原理》^[14] 上机进行通风率检测,数据取各组平均值。

1.2.4 数据处理

1) 回归分析. 以规格化后的参数(表 2)作为自变量,卷烟通风率作为因变量,采用二次多项式逐步回归方法^[11] 得到相应数学模型,公式如下:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^m b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{i \leq j} b_{ij} x_i x_j$$

x 为试验设计中的卷烟材料规格化的参数数据, y 为卷烟通风率数据, b_0 为常数项, b 为系数。

2) 因子主效应分析. 采用因子主效应分析法^[15] 计算模型中各因子的贡献率,考察各卷烟材料对通风率的影响。

3) 单因素分析. 在其他因素置于高、中、低水平时,得到通风率对各单因素效应方程,对方程进一步分析,考察回归模型中单一材料变化对卷烟通风率的影响。

4) 双因素分析. 选定模型中两个因素,将其他因素分别置于高、中、低水平,共得到等高线方程 45 个,通过进一步对建立的回归模型中回归系数进行 t 检验,交互项中, X_1 和 X_2 , X_2 和 X_3 , X_2 和 X_5 , X_3 和 X_4 , X_3 和 X_6 有较强的交互作用,其他因子间的交互作用不明显。

5) 边际效应分析. 为进一步比较卷烟通风率随各因子投入水平变化的速率与方向,对模型中各因子求偏导,分析模型中各因子的边际效应。

2 结果与分析

2.1 不同卷烟材料组合卷烟通风率数量特征

将测定的不同卷烟材料组合的卷烟通风率进行了描述统计分析,结果见表 3。

表 3 各样品通风率的描述统计分析

指标	变幅/%	均值	标准差	变异系数/%	峰度系数	偏度系数
通风率	5.5~35.7	19.7	8.21	41.67	0.107 889	0.193 901

由表 3 可知,通风率存在广泛变异,变异系数 41.67%,说明不同卷烟材料组合对卷烟通风率的影响较大;从其分布状况看,其峰度系数大于 0,为尖峭峰,数据大多集中在平均值附近,其偏度系数大于 0,为正向偏态峰。

2.2 回归分析结果

回归方程: $Y = 12.0 + 15.4X_1 - 9.31X_5 - 12.5X_1^2 - 23.2X_3^2 - 16.9X_1X_2 + 71.4X_2X_3 + 44.7X_2X_5 + 20.6X_3X_4 - 2.08X_3X_5 + 11.5X_3X_6$

方程复相关系数 $R=0.999\ 9$, $P=0.003\ 5$,并对该模型进行 F 检验, $F=49\ 999.925$,大于 $F_{0.01}(9, 2)=99.4$ 表明二次回归方程本身达到显著水平,说明模型对试验结果拟合较好,在统计上有意义。

进行模型的残差独立性检验, Durbin-Watson 统计量 $d=2.54$,说明残差无自相关,表明模型具有很强的解释能力。

2.3 因子主效应分析结果

各因素贡献率分别为 $X_1=2.464$, $X_2=1.491$, $X_3=2.863$, $X_4=0.497$, $X_5=1.886$, $X_6=0.485$;在实验范围内,各因素对卷烟通风率的影响程度由大到小依次为成型纸透气度,卷烟纸透气度,滤嘴端丝束特性参数,接装纸透气度,烟丝端丝束特性参数,材料 A 添加量,其中,添加剂 B 在本次试验范围内对卷烟通风率的影响不显著。

2.4 单因素效应分析结果

将其余因素置于高、中、低水平时,得到各因素对卷烟通风率的单因素效应方程,见表 4。

表 4 单因素效应方程

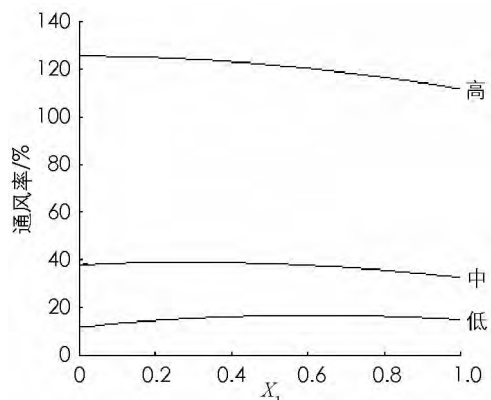
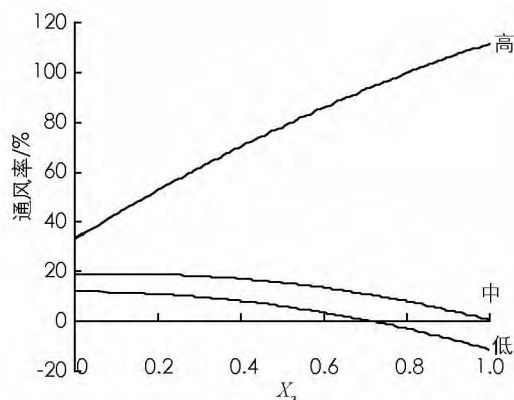
因子	高(1)	中(0.5)	低(0)
X_1	$Y = -12.5X_1^2 - 1.5X_1 + 125.61$	$Y = -12.5X_1^2 + 6.95X_1 + 38.075$	$Y = -12.5X_1^2 + 15.4X_1 + 12$
X_2	$Y = 12.41 + 99.2X_2$	$Y = 13.625 + 49.6X_2$	$Y = 12$
X_3	$Y = 33.39 - 23.2X_3^2 + 101.42X_3$	$Y = 18.87 - 23.2X_3^2 + 5.071X_3$	$Y = 12 - 23.2X_3^2$
X_4	$Y = 20.6X_4 + 91.01$	$Y = 30.1175 + 10.3X_4$	$Y = 12$
X_5	$Y = 33.31X_5 + 78.3$	$Y = 32.425 + 12X_5$	$Y = 12 - 9.31X_5$
X_6	$Y = 100.11 + 11.5X_6$	$Y = 35.55 + 5.75X_6$	$Y = 12$

注: X_1 : 卷烟纸透气度; X_2 : 接装纸透气度; X_3 : 成型纸透气度; X_4 : 烟丝端丝束特性参数; X_5 : 滤嘴端丝束特性参数; X_6 : 滤棒添加剂 A.

从表 4 可知: 将其他因素置于高、中水平时, X_2, X_4, X_5, X_6 4 个因素的效应方程都是一元一次方程, 说明其与卷烟通风率呈线性相关; 且均为正相关. 将其他因素置于低水平时, X_2, X_4, X_6 这 3 个因素的效应方程均为常数方程, 说明其对卷烟通风率影响不显著, 因素 X_5 与卷烟通风率呈线性负相关.

根据表 4 中 X_1 和 X_3 与卷烟通风率的抛物线方程作图, 分别如图 1, 图 2 所示. 由图 1 可知: 当其余因素置于高值时, 随着 X_1 值的增大, 卷烟通风率整体呈下降趋势; 而当其他因素置于中、低水平时, 卷烟通风率随着 X_1 的增加呈先升高再下降的趋势, 通过反归一化计算, 分别在 X_1 取 55.65 cu(中), 62.32 cu(低)时取得最大值.

由图 2 可知: 当其他因素置于高值时, 随着 X_3 取值的增大; 卷烟通风率呈上升趋势; 其他因素置于低水平时; 随着 X_3 取值的增大, 卷烟通风率呈下降趋势; 而当其他因素置于中水平时, 卷烟通风率的增加呈先升高再下降的趋势, 通过反归一化计算, X_3 取 5.500 cu 时取得最大值.

图 1 X_1 对卷烟通风率的影响图图 2 X_3 对卷烟通风率的影响图

2.5 各因素交互作用分析结果

进一步对等高线方程作图发现, 5 对具有较强交互作用的因素的等高线图, 在其余因子分别取高、中、低值时, 等高线的基本变化趋势相同, 以其他因子分别取 0.5 水平为例, 采用等高线分析法分析两因子的交互作用及对卷烟通风率的影响, 如图 3 所示.

由图 3(a)可知: X_1 与 X_2 交互作用中, 等高线分布表明, 当 X_2 较大时, X_1 与 X_2 交互作用较强, 当 X_2 增大, X_1 减小时, 卷烟通风率增大; 图 3(b)可知, X_2 与 X_3 交互作用中, 当 X_3 较大时, 等高线分布较为密集, 因子间交互作用较强, 当 X_2 增大时, 卷烟通风率较大; 图 3(c)可知: X_2 与 X_5 交互作用中, X_2, X_5 均较大时, 交互作用较强, X_2 与 X_5 同时增大, 卷烟通风率较大; 图 3(d)可知: 等高线图分别分布于纵向轴线上、下两侧区域, 当 X_4 较大时, 与 X_3 交互作用均较强, 当 X_4, X_3 同时增大, 卷烟通风率较大, X_4 较小, X_3 较大时, 通风率值较小; 图 3(e)可知: X_3 与 X_6 交互作用中, 当 X_3, X_6 均较大时, 等高线沿 X_6 增大方向分布较为密集, 两因子交互作用较强, X_3, X_6 同时增大, 卷烟通风率较大, X_3 较大, X_6 较小时, 卷烟通风率较小.

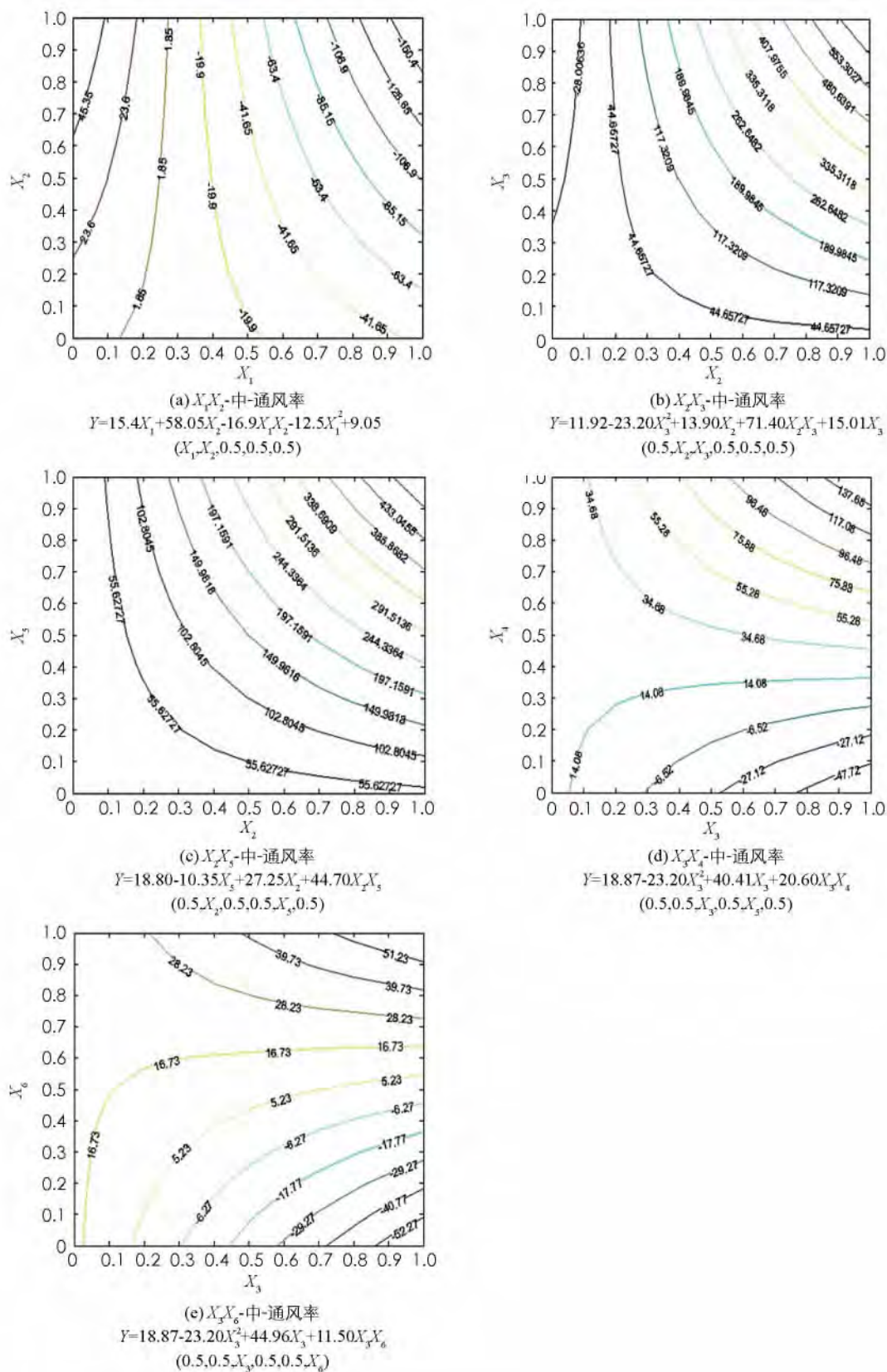


图 3 其余因子取中值时各因子交互作用等高曲线图

2.5 边际卷烟通风率效应结果

各模型中因子求偏导, 结果见表 5。

表 5 模型中各因子偏导分析结果

因 子	偏 导 方 程	因 子	偏 导 方 程
X_1	$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 15.4 - 25X_1 - 16.9X_2$	X_4	$\frac{\partial Y}{\partial X_4} = 20.6X_3$
X_2	$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = -16.9X_1 + 71.4X_3 + 44.7X_5$	X_5	$\frac{\partial Y}{\partial X_5} = -9.31 + 44.7X_2 - 2.08X_3$
X_3	$\frac{\partial Y}{\partial X_3} = -46.4X_3 + 71.4X_2 + 20.6X_4 - 2.08X_5 + 11.5X_6$	X_6	$\frac{\partial Y}{\partial X_6} = 11.5X_3$

由表 5 可知: 当其余因素为高、中、低(1, 0.5, 0)水平时, X_2, X_4, X_6 的边际释放量均为 0 至正的常数, X_5 的边际释放量为正的常数至负的常数, X_1, X_3 的边际释放量是两组斜率为负值的直线。

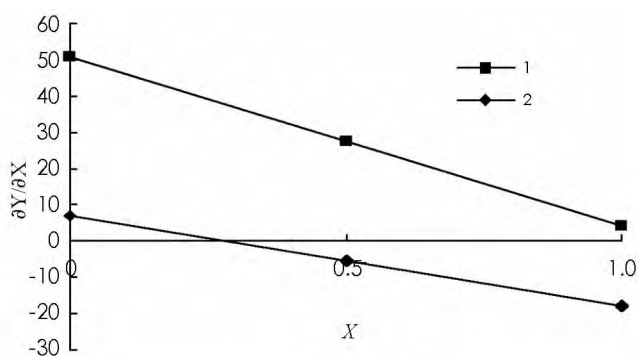
当其余因素为 0 水平时, X_2, X_4, X_6 的卷烟通风率的边际释放量为 0, 说明其对卷烟通风率影响均不显著; 在其余因素为 0.5, 1 水平时, X_2, X_4, X_6 对卷烟通风率的边际释放量均为正值, 说明卷烟通风率随因子 X_2, X_4, X_6 的增加而增大;

当其余因子同时取 0 水平时, 因子 X_5 的卷烟边际释放量取值为负值, 卷烟通风率随因子 X_5 增大而减小; 当其余因子取 0 水平以外时, 因子 X_5 的卷烟边际释放量取值均为正值, 此时, 卷烟通风率随因子 X_5 增大而增大。

因子 X_1, X_3 的卷烟边际通风率均是斜率为负值的直线, 其卷烟边际通风率的变化取决于因子 X_1, X_3 不同水平下的取值, 以其余因子均为 0.5 水平为例, X_1, X_3 的卷烟边际通风率变化如图 4。

卷烟纸透气度 X_1 与成型纸透气度 X_3 对卷烟通风率效应图, 为斜率陡峭直线, 说明卷烟纸透气度与成型纸透气度的变化对卷烟通风率的影响甚大, 尤其成型纸透气度 X_3 边际通风率效应直线斜率大于因子 X_1 边际通风率直线斜率, 这与因子主效应分析结果一致。

由图 4 可知: 其余因子取 0.5 水平时, 随着 X_1, X_3 水平的改变, 边际卷烟通风率含量的变化速率也不同。卷烟通风率变化率随因素 X_3 变化速率更快, 且在取值范围内为正效应, 说明卷烟通风率随因子 X_3 增大而增大; 而因素 X_1 在取值 0.278, 通过反归一化计算即 $X_1 = 55.56$ cu 时, 对卷烟通风率的影响将由正效应转变为负效应, 这与单因素分析结果一致。



$$1: (X_1, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5) \frac{\partial Y}{\partial X_1} = 6.95 - 25X_1$$

$$2: (0.5, 0.5, X_3, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5) \frac{\partial Y}{\partial X_3} = -46.4X_3 + 50.71$$

图 4 因素 X_1, X_3 在其他变量为 0.5 水平的边际通风率效应

3 结 论

本文通过均匀设计安排实验, 采用二次多项式逐步回归方法建立了卷烟材料 7 要素对卷烟通风率的数学模型。在实验范围内, 各材料组合对卷烟通风率影响较大, 最大相对变幅为 84.59%。模型的因素主效应分析结果表明, 各因素对卷烟通风率影响程度由大到小为: 成型纸透气度, 卷烟纸透气度, 滤嘴端丝束特性参数, 接装纸透气度, 烟丝端丝束特性参数, 滤棒添加剂 A。单因素效应分析发现: 其余因子取高水平时, 成型纸透气度、接装纸透气度、烟丝端丝束特性参数、滤棒添加剂 A 与卷烟通风率均呈正相关性; 卷烟纸透气度与卷烟通风率呈负相关性; 其余因子取中水平时, 卷烟通风率均随卷烟纸透气度、成型纸透气度增大先升高后下降趋势, 在两因素分别取 55 cu 与 5 500 cu 时卷烟通风率取得最大值; 接装纸透气度、烟丝端丝束特性参数、滤棒添加剂 A 与卷烟通风率呈正相关; 其余因子处于低水平时, 卷烟通风率随卷烟纸透气度增大先增大后减小, 当卷烟纸透气度取值 62 cu 时, 卷烟通风率取得最大值; 滤嘴端丝束特性参数与卷烟通风率呈负相关; 其余因子变化对卷烟通风率影响不显著。双因素交互作用分析结果表明: 卷烟

纸透气度与接装纸透气度、接装纸透气度与成型纸透气度、接装纸透气度与滤嘴端丝束特性参数、成型纸透气度与烟丝端丝束特性参数、成型纸透气度与滤棒添加剂 A 之间存在较强交互作用影响卷烟通风率。边际效应分析结果进一步验证了单因素效应与因子主效应分析结果。

由于本次试验仅就某一特定烟丝样品上进行了分析研究, 试验结果是否对其他卷烟品牌有相同应用效果还有待进一步考证; 但在卷烟新产品开发与老产品改良时, 使用该方法可以高效、准确地寻找到卷烟材料多因素组合对卷烟通风率的影响规律, 可进一步针对目标产品的特点, 确定显著且具有重要影响的材料变量, 使整个设计、生产工艺得到优化; 随着研究的深入开展, 相信此技术将为卷烟减害研究方面提供更多参考。

参考文献:

- [1] 闰克玉. 烟气化学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002.
- [2] 胡 群. 卷烟辅料研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2001.
- [3] 李 斌, 于川芳, 罗登山. 卷烟材料对烟气特征影响的预测模型的研究 [C]. 中国烟草学会 2004 年学术年会论文集, 2004: 227—234.
- [4] 杨红燕, 杨 柳, 朱文辉, 等. 卷烟材料组合对主流烟气中 7 种有害成份释放量的影响 [J]. 中国烟草学报, 2011, 17(1): 8—13.
- [5] 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率的影响 [J]. 烟草科技, 2008(11): 9—13.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 魏玉玲, 徐金和, 胡 群, 等. 卷烟材料组合搭配对主流烟气流及过滤效率的影响 [J]. 数学的实践与认识, 2008, 38(23): 91—100.
- [9] 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: 158—163.
- [10] 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.
- [11] 唐启义, 冯明光. DPS © 数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [12] 汪长国, 周学政, 杨文敏, 等. 一种评价丝束纵向表面积的方法及其应用: 中国, 201210197595.5 [P]. 2012—09—26.
- [13] 谢中华. MATLAB 统计分析与应用: 40 个案例分析与应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [14] GB/T22838.15-2009 卷烟和滤棒物理性能的测定 第 15 部分: 卷烟 通风的测定 定义和测量原理 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [15] 包和平, 刘士彪, 王晓波, 等. N,P,K 三要素对水稻产量的效应分析 [J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(2): 5—8.

On Effects of Seven Factors of Cigarette Materials on Ventilation of Cigarette Products

CHEN Kun-yan^{1,2}, ZHOU Xue-zheng^{1,2}, YANG Wen-min^{1,2},
TAO Wen-sheng^{1,2}, DAI Ya^{1,2}, FENG Guang-lin^{1,2},
TAN Lan-lan^{1,2}, YUAN Yue^{1,2}, XIAO Ke-yi^{1,2}, WANG Chang-guo^{1,2}

1. Technology Research Center of China Tobacco Chuanyu Industrial Co. LTD., Chengdu 610066, China;

2. Research and Development Center of China Tobacco Chuanyu Industrial Limited Liability Corporation, Chengdu 610066, China

Abstract: In this study, a mathematical model for computing cigarettes ventilation has been established by regression analysis of the seven factors of materials including porosity of cigarette paper, porosity of mold-

ing paper, porosity of tipping paper, characteristic parameter of the front-end tow of the dual filter, characteristic parameter of the back-end tow of the dual filter, the filter rod additive A, and the filter rod additive B. The principal-factor effect, single-factor effect, marginal effect and double-factor effect of the model have also been analyzed. The results show that the maximum relative change rate of the cigarette ventilation rate among different material-factor combinations achieved 84.59%. The contribution order for the degree of ventilation is the porosity of tipping paper > porosity of cigarette paper > the characteristic parameter of the back-end tow of the dual filter > the porosity of molding paper > the characteristic parameter of the front-end tow of the dual filter > the addition amount of the filter rod additive A. In high level backgrounds, the elements, including porosity of Molding paper, porosity of tipping paper, the tow characteristic parameters of the filter rod, or the addition amount of the filter rod additive A, positively correlated to the cigarette ventilation rate; while the porosity of cigarette paper negatively correlated to that. In moderate level backgrounds, the elements, including porosity of tipping paper, the tow characteristic parameters of the filter rod, or the filter rod additive A, positively correlated to the cigarette ventilation rate. Moreover, when the porosity of cigarette paper is 55cu and that of molding paper is 5500cu, the cigarette ventilation rate reaches the maximum respectively. In low level backgrounds, the cigarette ventilation rate reaches the maximum when the porosity of cigarette paper is 62cu. Except that the addition of the characteristic parameter of the back-end tow of the dual filter lowered the cigarette ventilation rate, the influence of the other factors' changes on that is not significant. In addition, interactive influence on degree of ventilation exists between porosity of cigarette paper and porosity of tipping paper, porosity of tipping paper and porosity of molding paper, porosity of tipping paper and characteristic parameter of the back-end tow of the dual filter, porosity of molding paper and characteristic parameter of the front-end tow of the dual filter, porosity of molding paper and the filter rod additive A. Based on the results of this model, the influence regularity of different cigarette materials to cigarette ventilation could be quickly and accurately determined within limited test range, which could provide a good combinations of cigarette materials for the reduced-harm cigarette design.

Key words: cigarette materials and their characteristics; uniform design; mathematical model; ventilation effect

责任编辑 周仁惠