

加香筛网规格优化及其对卷烟物理指标影响研究

董兰芬¹ 尤霞² 阎峰¹ 李进周¹ 周献礼^{3*}

(1. 河北白沙烟草有限责任公司, 河北 石家庄 050035)

(2. 张家口卷烟厂有限责任公司, 河北 张家口 075000)

(3. 陕西中烟工业有限责任公司宝鸡卷烟厂, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: [目的] 为解决烟丝加香前筛网筛分效率低、卷烟端部落丝量和烟支含末率超标的问题。[方法] 以振筛筛分效率为考察指标, 选取振筛筛网长度、筛孔孔径、筛网孔形和物料工艺流量四个因素三个水平进行试验。[结果] 找到振筛最佳参数是: 长度 240cm、筛网孔径 1.4mm、筛孔采用圆形孔、工艺流量 4800kg/h。改进后的烟丝的筛分率平均提高 0.31%, 烟丝整丝率提高 0.72%, 碎丝率降低 0.37%, 烟丝填充值无明显变化; 卷烟单支重量无明显变化, 但单支重量标偏有微幅下降, 端部落丝量降低 1.06mg/支, 烟支含末率降低 0.44%, 烟支物理指标稳定性明显提高。[结论] 通过优化调整筛网孔径, 起到了显著提高烟丝筛分率的效果, 提高了烟丝结构和烟支物理指标。该方法简单易实施, 费用较低, 具有较好的推广使用价值。

关键词: 烟丝加香; 筛网孔径; 筛分率; 碎丝率; 烟支物理指标

0 引言

制丝加香工序是卷烟生产的重要环节, 加香工序的工艺任务是依据产品配方设计的要求, 将香精准确均匀地施加到烟丝上, 使物料组分进一步混合均匀。加香对于丰富和矫正烟香, 改善吸味以及赋予卷烟产品独特的香气风格均有重要的意义^[1-3]。在制丝线加工生产过程中, 由于贮存、输送、加工等环节的造碎, 烟丝中会有一些的烟末存在。在烟丝加香工序常采用振动筛分机对混合后的烟丝进行筛分。振动筛的筛分过程本质上是一个分离的过程, 即让物料颗粒与筛孔的尺寸进行比较, 比筛孔小的物料颗粒可以透过筛孔, 比筛孔大的物料颗粒无法透筛成为筛上物, 最后由出料端排出。筛分过程中有一些与筛孔尺寸相近的颗粒没有排出而是埋进了筛孔里, 造成堵孔, 导致了筛分效率的降低。赵环帅等^[4]研究了单振源共振筛筛孔尺寸对工艺效果的影响, 王振乾等^[5]对振动筛的动力学特性进行了分析。

混丝加香前对烟丝进行的筛分, 目的是除去烟丝中 1.0mm 以下碎末, 防止碎末在加香过程中造成滚筒内壁黏附量大或阻塞加香喷嘴, 进而影响加香精度和均匀性^[6]。但是由于烟丝筛分机筛网自身孔径较小 (1.0mm), 在实际生产中筛网容易被碎丝、碎末等严重堵塞, 导致烟丝筛分率较低, 从而影响烟丝卷制过程的烟支物理指标的稳定。针对此问题, 国内有采用压缩空气喷吹, 或安装自动清理筛面装置来解决^[7-8]。本研究通过试验设计, 找到最优振筛参数, 进而对加香前筛网进行改造, 以期达到稳定烟支物理指标的目的。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

某三类卷烟成品烟丝。

1.1.2 主要仪器设备

烟丝震动分选筛: YQ-2 型, 郑州嘉德公司;

烟丝填充值测定仪: DD60AS 型, Brogwaldt KC 公司;

烟支物理质量综合测试台: DT 型, 德国 KC 公司;

电子天平: AX504 电子天平 (感量 0.001g), 瑞士 Mettler Toledo 仪器公司。

1.2 方法

①根据前期试验情况, 以振筛长度 (A)、孔径大小 (B)、筛网孔形 (C)、工艺流量 (D) 为影响因素, 以烟丝筛分率 (Y) 为考察指标, 选择正交设计 $L_{18}(3^7)$ 表进行试验设计, 正交试验因素与水平见表 1;

表 1 试验因素和水平

因素	水平		
	1	2	3
A 振筛长度 / (cm)	160	200	240
B 孔径大小 / (mm)	1.0	1.2	1.4
C 孔形	鱼鳞形	圆形	方形
D 工艺流量 / (kg/h)	4600	4800	5000

②烟丝物理指标的检测: 根据标准 (文献 [9] 和 [10]) 规定的方法检测烟丝结构和填充值;

③筛分率的计算: 接出筛分出的烟沫并称重, 按照公式 (1) 计算烟丝筛分率。

$$R = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (1)$$

式中:

R—筛分率, %;

m_1 —每批次经振筛筛出的烟末重量, kg;

m_2 —每批次物料累积重量, kg;

④烟支物理指标的检测：用试验烟丝进行卷制，卷制重量控制在各牌号技术标准范围内，使用烟支物理质量综合测试台，按照 GB/T22838-2009 标准（文献 [11]）规定的方法检测烟支物理指标。

2 结果与分析

2.1 筛分率试验结果与分析

2.1.1 按 $L_{18}(3^7)$ 正交设计表安排试验，试验结果见表 2

表 2 正交试验

试验 编号	因素				Y 筛分 率 / %
	A 振筛长 度 / cm	B 孔径大 小 / mm	C 孔形	D 流量 / ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	
1	1 (160)	1 (1.0)	1 (鱼鳞形)	1 (4600)	1.72
2	1 (160)	2 (1.2)	2 (圆形)	2 (4800)	1.77
3	1 (160)	3 (1.4)	3 (方形)	3 (5000)	1.80
4	2 (200)	1 (1.0)	1 (鱼鳞形)	2 (4800)	1.74
5	2 (200)	2 (1.2)	2 (圆形)	3 (5000)	1.78
6	2 (200)	3 (1.4)	3 (方形)	1 (4600)	1.83
7	3 (240)	1 (1.0)	2 (圆形)	1 (4600)	1.76
8	3 (240)	2 (1.2)	3 (方形)	2 (4800)	1.80
9	3 (240)	3 (1.4)	1 (鱼鳞形)	3 (5000)	1.83
10	1 (160)	1 (1.0)	3 (方形)	3 (5000)	1.70
11	1 (160)	2 (1.2)	1 (鱼鳞形)	1 (4600)	1.76
12	1 (160)	3 (1.4)	2 (圆形)	2 (4800)	1.86
13	2 (200)	1 (1.0)	2 (圆形)	3 (5000)	1.70
14	2 (200)	2 (1.2)	3 (方形)	1 (4600)	1.81
15	2 (200)	3 (1.4)	1 (鱼鳞形)	2 (4800)	1.89
16	3 (240)	1 (1.0)	3 (方形)	2 (4800)	1.77
17	3 (240)	2 (1.2)	1 (鱼鳞形)	3 (5000)	1.78
18	3 (240)	3 (1.4)	2 (圆形)	1 (4600)	1.85

2.1.2 极差分析

极差分析法又称直观分析法，它具有计算简单、形象直观等优点，是正交试验结果分析的常用方法。该方法用 R_j 表示各因素对试验指标的影响幅度， R_j 越大，说明该因素对试验指标影响越大。根据正交方案计算结果，以筛分率为试验指标进行极差分析，结果见表 3。

表 3 极差分析结果

试验结果	A	B	C	D
T1	10.61	10.39	10.72	10.73
T2	10.75	10.7	10.72	10.83
T3	10.79	11.06	10.71	10.59
m1	1.768	1.732	1.787	1.788
m2	1.792	1.783	1.787	1.805
m3	1.798	1.843	1.785	1.765
R	0.030	0.112	0.002	0.040
排序	3	1	4	2

由表 3 极差分析可知，在筛分率影响因素水平变化范围内，筛网孔径（B）的极差最大，说明筛网孔径对筛分率影响最大，其次是工艺流量（D）和振筛长度（A），孔型（C）的极差最小，其对筛分率影响小。各因素与筛分率直观图如图 1 所示。

由表 3 和图 1 可以看出，四个因素影响程度依次是 $B > D > A > C$ 。最佳组合是 A3B3C2D2，即 A 取 240cm，B 取 1.4mm，C 取圆形孔，D 取 4800kg/h。此时筛分效率最高。

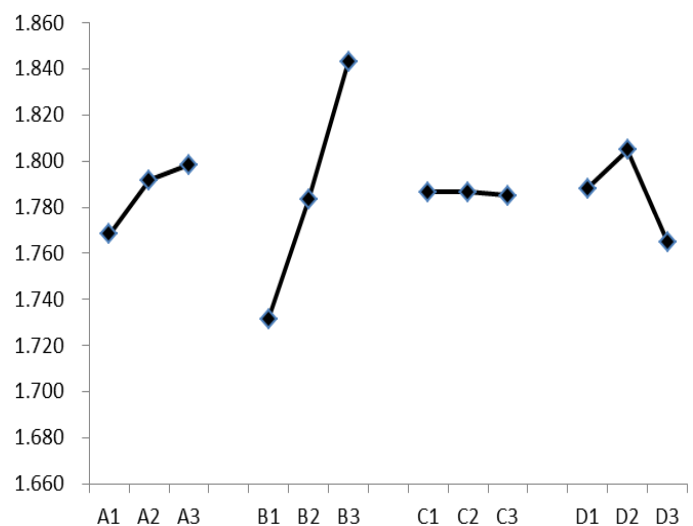


图 1 筛分率与四因素关系图

2.1.3 方差分析

对各因素试验方案进行方差分析，方差分析结果如表 4。由方差分析结果可知，烟丝加香振动筛分各因素对烟丝筛分率影响程度排序为：孔径大小 > 工艺流量 > 长度 > 孔形，与极差分析的结果一致。查 F 分布表得到不同 F 对应的置信区间，根据置信区间将各因素的显著性进行分类，临界值分布如表 5，各因素显著性水平如表 6。

可知在试验范围内，筛网孔径和工艺流量显著性水平最高，筛网长度显著，而孔形对筛分率无显著影响。

表 4 各因素方差结算结果

因变量：筛分率					
源	III 型平方和	df	均方	F	显著性
校正模型	0.045	8.000	0.006	16.356	0.000
截距	57.423	1.000	57.423	165821.791	0.000
A	0.003	2.000	0.001	4.299	0.049
B	0.037	2.000	0.019	54.112	0.000
C	0.000	2.000	0.000	0.016	0.984
D	0.005	2.000	0.002	6.995	0.015
误差	0.003	9.000	0.000		
总计	57.472	18.000			
校正的总计	0.048	17.000			
R2=0.936 (调整后 R2=0.878)					

表 5 临界值 F_{α} (F_r , F_c)

置信度 α	0.01	0.05	0.1
F_{α} (218)	6.01	3.55	2.62

表 6 各因素的显著性水平分类

因素	显著水平
A 筛网长度	显著
B 筛网孔径	极显著
C 筛孔形状	不显著
D 工艺流量	极显著

2.1.4 振筛参数优化结果

当前使用的振筛参数: 长度是 240cm, 孔径 1.0mm, 圆形孔, 工艺流量 5000kg/h。因而需要调整振筛孔径和工艺流量, 在筛网的长度和孔形参数不动的情况下就可以达到提高筛分率的效果。据此对加香前筛网孔径进行改造: 长度 240cm 不变, 孔径调整为 1.4mm, 圆孔形不变, 工艺流量调整为 4800kg/h。在此条件下进行三次重复性试验, 筛分率平均 1.96%, 调整后筛分效果较好。

2.2 改造前后烟丝物理指标对比

以 a、b、c 三个牌号进行验证, 烟丝结构指标、筛分率统计如表 7 所示。加香前筛网改造后, 烟丝的整丝率 a 牌号提高 0.85%, b 牌号提高 0.60%, c 牌号提高 0.60%; 碎丝率三个牌号分别下降 0.4%, 0.3%, 0.4%; 烟丝填充值变化不明显, 但有提高趋势。说明优化后对烟丝结构指标有改善作用。

表 7 改造前后烟丝物理检测指标对比

牌 号		筛分率 /%	整 丝 率 /%	碎 丝 率 /%	填充值 / (cm ³ ·g ⁻¹)
a	改造前	1.71	81.25	2.1	4.04
	改造后	1.97	82.10	1.7	4.08
b	改造前	1.63	80.40	2.4	3.95
	改造后	1.94	81.00	2.1	3.98
c	改造前	1.55	78.40	2.8	3.99
	改造后	1.90	79.10	2.4	4.05

2.3 改造前后烟支物理指标对比

加香前筛网改造前后, 烟支物理指标统计见表 8。改造前后烟支物理指标中的单支质量、吸阻指标无明显变化。单支重量略有增加, 质量标偏有下降趋势; 吸阻和吸阻标偏变化不一; 烟支硬度 a、b 牌号有所增加, 但 c 牌号略有降低。

表 8 烟支物理指标

牌 号		单支 质量 /g	质量 标偏 /g	吸阻 /Pa	吸阻 标偏 /Pa	硬度 /%	含末 率 /%	端部落 丝量 / (mg/支)
a	改造前	0.874	0.024	1098	43	65.0	2.05	5.23
	改造后	0.880	0.022	1105	43	66.7	1.61	4.17
b	改造前	0.750	0.020	1115	42	59.7	2.30	5.26
	改造后	0.751	0.017	1108	47	61.4	1.90	4.38

c	改造前	0.504	0.014	1613	79	55.7	3.56	2.98
	改造后	0.507	0.014	1614	75	55.1	3.07	1.73
	改造后	0.507	0.014	1614	75	55.1	3.07	1.73

含末率、端部落丝量变化明显: 含末率三个牌号分别下降 0.44%, 0.40%, 0.49%; 端部落丝量分别下降 1.06mg/支、0.88mg/支和 1.25mg/支。说明通过筛网孔径调整后, 可以在一定范围内提高烟支物理指标的稳定性。

3 结论

①加香前筛网孔径改造后, 烟丝的筛分率得以提高, 参试各牌号烟丝的结构指标有所提升, 烟支的物理指标的稳定性得到进一步保障;

②筛网改造后, 批次筛分烟末增加, 烟丝的单箱消耗会出现上升, 如何平衡质量指标和消耗的关系, 应结合具体生产实际情况进行分析;

③在试验所选的筛网孔形中, 筛网孔形对筛分率的影响不显著, 但其他孔形是否对筛分率有显著影响, 需进一步研究。

参考文献:

- [1] 编委会. 机械工程师手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 陈良元. 卷烟生产工艺技术 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2003.
- [3] 国家烟草专卖局颁发. 卷烟工艺规范 [M]. 北京: 中央文献出版社, 2003.
- [4] 赵环帅, 黄勇. 单振源共振式筛孔尺寸对工艺效果影响实验研究 [J]. 矿产综合利用, 2021(02):168-173.
- [5] 王振乾, 王琳, 开春琪, 葛亚存. ZK0916 型直线振动筛动力学特性分析 [J]. 煤矿机械, 2021(04).
- [6] 胡建军, 周冀衡, 等. 基于稳健性设计的筛分加料工序质量评价和参数优化 [J]. 中国烟草学报, 2006(05).
- [7] 朱东风. 混丝加香前振动筛分机筛网的改进 [J]. 企业技术开发, 2010(29):37-38.
- [8] 秦钱浩, 刘朝贤, 戴晓军. 卷烟工艺测试分析大纲 [M]. 成都: 四川大学出版社, 2004.
- [9] YC/T 178-2003. 烟丝整丝率、碎丝率的测定方法 [S]. 北京: 国家烟草专卖局, 2003.
- [10] YC/T 152-2001. 卷烟烟丝填充值的测定 [S]. 北京: 国家烟草专卖局, 2001.
- [11] GB/T 22838-2009. 卷烟卷烟和滤棒物理性能的测定 [S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2009.

作者简介:

董兰芬 (1984-), 女, 研究生, 河北白沙烟草有限责任公司工程师, 主要从事制丝工艺管理工作。

通讯作者:

周献礼 (1979-), 男, 本科, 宝鸡卷烟厂工程师, 主要从事烟草工艺及质量管理工作。