

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.03.025

# 卷烟机参数对细支烟卷制的影响

Effects of the parameter variations of the cigarette-making machine  
on slim cigarette producing

周凯敏 张浩博 何晋 斯勇 束茹欣

ZHOU Kai-min ZHANG Hao-bo HE Jin SI Yong SHU Ru-xin

(上海烟草集团有限责任公司技术中心, 上海 200082)

(Technology Center, Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 200082, China)

**摘要:**研究了卷烟机针辊回丝量电压值、大风机压力、小风机压力等卷烟机关键工艺参数对细支烟机台运行情况和烟支物理质量的影响规律。结果表明:①针辊回丝量、大风机压力、小风机压力对细支卷烟机台设备运行情况和细支烟物理质量指标均有不同程度的影响;②回丝量对平整盘位置和空头率影响显著( $P < 0.05$ );③随着回丝量的增大,平整盘位置减小,压实量增大,空头率减小;④大风机压力对平整盘位置影响显著( $P < 0.05$ );⑤随着大风机负压的增大,平整盘位置减小。综上,增加回丝量可以减小细支烟空头率,改善细支烟的质量。

**关键词:**细支烟;卷烟机;工艺参数;卷烟质量

**Abstract:** In order to improve the production efficiency of slim cigarette, the stability of cigarette physical characteristics and further understand the variations between operating parameters and cigarette making condition, influence of needle roller overfeed, air fan pressure and stem separation air pressure on slim cigarette making machine operating conditions and cigarette physical characteristics were studied by the methods of 3 factors and 3 levels orthogonal design and mathematical statistics. The results are as follows: ① needle roller overfeed, air fan pressure and stem separation air pressure, the three cigarette making machine operating parameters, have different effects on slim cigarette making machine operating conditions and cigarette physical characteristics; ② Needle roller overfeed has significant difference with trimmer disc position, loose and rate and end density amount ( $P < 0.05$ ); ③ With the needle roller overfeed increased, trimmer disc position decreased, end density amount increased, loose and rate decreased, and content of loss of tobacco from the ends de-

creased; ④ Air fan pressure has significant difference with trimmer disc position ( $P < 0.05$ ); ⑤ With the negative air fan pressure increase, trimmer disc position decreased. In summary, with the needle roller overfeed increased, loose and rate of slim cigarette making machine will decreased and the quality of slim cigarettes will be improved.

**Keywords:** slim cigarette; cigarette making machine; parameter setting; cigarette quality

细支烟作为中式卷烟新品类,其销量和销售收入呈迅猛发展趋势,已成为中式卷烟发展的新亮点<sup>[1-3]</sup>。目前,关于细支烟的研究主要集中于烟机设备研制改造、制丝工艺及烟丝结构、烟用辅材及烟气化学指标等方面。袁海霞等<sup>[4]</sup>设计了适应细支卷烟大流量叶丝风选的三级柔性风选系统,提升了细支烟产品的质量和原料综合利用率。李洪涛等<sup>[5]</sup>基于混料均匀设计,提出了适应细支烟的烟丝优化尺寸结构。楚文娟等<sup>[6]</sup>考察了不同滤嘴参数对细支烟烟支吸阻、烟碱过滤效率、主流烟气常规成分的影响。朱成文等<sup>[7]</sup>研究了定长切丝对细支卷烟烟丝结构、物理指标、主流烟气化学成分等的影响。

常规卷烟中卷烟机参数变化对卷烟物理质量稳定性、空头率影响等的研究较多<sup>[8-11]</sup>,而目前针对卷烟机参数对细支卷烟机台运行情况及烟支物理质量的影响尚未见报道。与常规卷烟相比,细支烟呈现烟支圆周小、烟支较长、吸阻较大、焦油量低等特点,对常规卷烟的研究结论不适用于细支卷烟。试验拟重点分析大风机压力、小风机压力、针辊回丝量电压值等参数变化对细支卷烟机台运行情况、细支卷烟物理质量及其稳定性的影响规律,以期对细支烟的设计开发和维护提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料、设备和仪器

某细支烟牌号成品烟丝:上海卷烟厂;

细支烟烟支:97(30+67)mm×17.0mm,上海卷

**基金项目:**上海烟草集团有限责任公司科技项目(编号:K2017-1-035P)

**作者简介:**周凯敏,男,上海烟草集团有限责任公司技术中心工程师,硕士。

**通信作者:**束茹欣(1974—),男,上海烟草集团有限责任公司技术中心高级工程师。E-mail:shurx@sh.tobacco.com.cn

**收稿日期:**2019-12-20

烟厂；

细支烟卷烟机：ZJ17 型，常德烟草机械公司；

综合测试台：QTM0835U7 型，英国 Cerulean 公司；

端部落丝测量仪：YDZ-II 型，中国科学院安徽光学精密机械研究所；

烟支含末率测量仪：JMZ-V 型，中国科学院安徽光学精密机械研究所。

### 1.2 试验方法

在卷烟烟丝及其他参数不变的前提下，改变卷烟机针辊回丝量电压值、小风机压力、大风机压力，开展三因素三水平正交试验<sup>[12]</sup>，分析卷烟机参数变化对细支卷烟物理质量（总通过率、吸阻、硬度、端部落丝量、含末率、吸阻标准偏差、质量标准偏差、圆周标准偏差）和机台运行情况（平整盘位置、压实量、空头率）的变化规律。

固定同一机台、同一操作人员，按照不同的卷烟机参数组合进行烟支卷制，待卷烟机连续稳定生产 15 min 后开始取样，每个参数组合取样 900 支，并观察记录卷烟机平整盘位置、压实量、废品剔除等指标。该牌号烟丝卷接试验的烟支重量标准为  $(0.605 \pm 0.050)$  g/支，烟支圆周标准为  $(17.0 \pm 0.2)$  mm。

### 1.3 数据处理

由 Minitab 16.0 数据分析软件对正交试验数据采用直观分析、方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 针辊回丝量电压值与细支烟卷烟机回丝量的关系

对于设定的卷烟机回丝量电压值，分别对跑条烟丝和卷烟机后身回送烟丝进行收集和称重，计算卷烟机的回丝量。由表 1 可知，随着针辊回丝量电压值的升高，针辊转速提高，烟丝供丝量增加，烟丝在吸丝带中堆积的厚度升高，回丝量增大。

表 1 细支烟回丝量电压值与回丝量实际值的关系

Table 1 Relationship between slim cigarette needle roller voltage pressure and needle roller overfeed

| 回丝量电压值/mV | 回丝量实际值/% |
|-----------|----------|
| 1 900     | 55.5     |
| 900       | 49.4     |
| -100      | 39.0     |

表 2 试验因素水平表

Table 2 Experiment factors and levels table

| 水平 | A 针辊回丝量电压值/mV | B 大风机压力/kPa | C 小风机压力/kPa |
|----|---------------|-------------|-------------|
| 1  | 1 900         | -8          | 1.0         |
| 2  | 900           | -9          | 1.1         |
| 3  | -100          | -10         | 1.2         |

### 2.2 卷烟机参数对细支烟机台运行情况的影响

针对细支烟卷烟机规格，以卷烟机针辊回丝量电压值、大风机压力、小风机压力为影响因素，机台运行情况（平整盘位置、压实量、空头率）为测定指标，设计三因素三水平正交试验，试验因素水平表见表 2，试验设计及结果见表 3。

表 3 正交试验设计及结果 I

Table 3 Orthogonal experiment design and results I

| 试验号 | A | B | C | 平整盘位置/V | 压实量/% | 空头率/% |
|-----|---|---|---|---------|-------|-------|
| 1   | 1 | 1 | 1 | -0.6    | 19.5  | 0.54  |
| 2   | 1 | 2 | 2 | -1.2    | 18.5  | 0.31  |
| 3   | 1 | 3 | 3 | -2.4    | 20.6  | 0.18  |
| 4   | 2 | 1 | 2 | 0.2     | 18.8  | 0.56  |
| 5   | 2 | 2 | 3 | -1.6    | 19.9  | 0.34  |
| 6   | 2 | 3 | 1 | -2.6    | 18.6  | 0.48  |
| 7   | 3 | 1 | 3 | 0.9     | 16.8  | 1.71  |
| 8   | 3 | 2 | 1 | -0.4    | 15.6  | 2.20  |
| 9   | 3 | 3 | 2 | -1.2    | 17.1  | 1.91  |

由表 4 可知，平整盘位置受大风机压力影响最大，压实量和空头率受回丝量影响最大；由表 5 可知，回丝量对平整盘位置、空头率有显著性影响 ( $P < 0.05$ )；大风机压力对平整盘位置影响显著 ( $P < 0.05$ )。

由表 4 还可知，随着回丝量的增加，平整盘位置减小，压实量增大，空头率减小。卷烟机回丝量会影响烟丝的造碎程度、尺寸结构和填充性能，随着回丝量的增加，卷烟机后身的烟丝造碎增加，填充性能降低，卷烟机平整盘位置减小（上移），压实量增大。同时，烟枪中烟丝长丝减小，烟丝结构可能更加均匀，烟支端部更加饱满，卷烟

表 4 正交试验直观分析 I

Table 4 Intuitive analysis of orthogonal experiment I

| 指标    | A     | B     | C     |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平整盘位置 | $k_1$ | -1.40 | 0.17  | -1.20 |
|       | $k_2$ | -1.33 | -1.07 | -0.73 |
|       | $k_3$ | -0.23 | -2.07 | -1.03 |
|       | R     | 1.17  | 2.23  | 0.47  |
| 压实量   | $k_1$ | 19.53 | 18.37 | 17.90 |
|       | $k_2$ | 19.10 | 18.00 | 18.13 |
|       | $k_3$ | 16.50 | 18.77 | 19.10 |
|       | R     | 3.03  | 0.77  | 1.20  |
| 空头率   | $k_1$ | 0.34  | 0.94  | 1.07  |
|       | $k_2$ | 0.46  | 0.95  | 0.93  |
|       | $k_3$ | 1.94  | 0.86  | 0.74  |
|       | R     | 1.60  | 0.09  | 0.33  |

表 5 正交试验方差分析 I

Table 5 Variance analysis of orthogonal experiment I

| 指标    | 变异来源 | 自由度 | 均方    | F      | P     |
|-------|------|-----|-------|--------|-------|
| 平整盘位置 | A    | 2   | 1.288 | 23.65  | 0.041 |
|       | B    | 2   | 3.754 | 68.96  | 0.014 |
|       | C    | 2   | 0.168 | 3.08   | 0.245 |
|       | 误差   | 2   | 0.054 |        |       |
|       | 总和   | 8   |       |        |       |
| 压实量   | A    | 2   | 8.074 | 14.22  | 0.066 |
|       | B    | 2   | 0.441 | 0.78   | 0.563 |
|       | C    | 2   | 1.214 | 2.14   | 0.319 |
|       | 误差   | 2   | 0.568 |        |       |
|       | 总和   | 8   |       |        |       |
| 空头率   | A    | 2   | 2.377 | 142.51 | 0.007 |
|       | B    | 2   | 0.008 | 0.46   | 0.686 |
|       | C    | 2   | 0.082 | 4.92   | 0.169 |
|       | 误差   | 2   | 0.017 |        |       |
|       | 总和   | 8   |       |        |       |

机空头率下降,与向虎等<sup>[13]</sup>的研究结论一致。随着大风机负压的增大,平整盘位置显著减小(上移)。大风机压力会影响卷烟机吸丝带烟丝束的紧实程度,大风机压力越大,吸丝带烟丝束越紧实,平整盘位置减小(上移)。

由表 7、8 可知,对于吸阻标准偏差而言,回丝量电压值第 2 个水平为最佳参数;大风机压力第 1 个水平为最佳参数,小风机压力第 2 个水平为最佳参数;3 个工艺参数对吸阻标准偏差的影响顺序为小风机压力>大风机压力>回丝量。

2.3 卷烟机参数对细支烟物理指标的影响规律

针对细支烟卷烟机规格,以卷烟机针辊回丝量电压值、小风机压力、大风机压力为影响因素,细支卷烟物理质量(总通风率、吸阻、硬度、端部落丝量、含末率、吸阻标准偏差、质量标准偏差、圆周标准偏差)为测量指标,设计三因素三水平正交试验,试验因素水平表见表 2,试验设计及结果见表 6。

由图 1 可知,回丝量电压值主要影响总通风率、硬度、端部落丝量、质量标准偏差;大风机压力主要影响吸阻、含末率;小风机压力主要影响吸阻标准偏差、圆周标准偏差。

表 6 正交试验设计及结果 II

Table 6 Orthogonal experiment design and results II

| 试验号 | A | B | C | 总通风率/% | 吸阻/Pa | 硬度/% | 端部落丝量/(mg · cigarette <sup>-1</sup> ) | 含末率/% | 吸阻标准偏差/Pa | 质量标准偏差/g | 圆周标准偏差/mm |
|-----|---|---|---|--------|-------|------|---------------------------------------|-------|-----------|----------|-----------|
| 1   | 1 | 1 | 1 | 54.5   | 1 060 | 54.5 | 0.93                                  | 2.79  | 40.0      | 0.013    | 0.071     |
| 2   | 1 | 2 | 2 | 55.4   | 1 080 | 54.6 | 0.97                                  | 3.02  | 41.7      | 0.012    | 0.066     |
| 3   | 1 | 3 | 3 | 54.6   | 1 047 | 53.4 | 0.87                                  | 2.15  | 49.0      | 0.014    | 0.079     |
| 4   | 2 | 1 | 2 | 54.5   | 1 083 | 54.9 | 1.13                                  | 2.48  | 39.0      | 0.013    | 0.070     |
| 5   | 2 | 2 | 3 | 54.0   | 1 090 | 55.1 | 1.30                                  | 2.66  | 47.3      | 0.011    | 0.082     |
| 6   | 2 | 3 | 1 | 54.0   | 1 067 | 55.6 | 1.17                                  | 2.18  | 41.7      | 0.014    | 0.059     |
| 7   | 3 | 1 | 3 | 52.9   | 1 080 | 56.5 | 2.47                                  | 2.08  | 46.7      | 0.014    | 0.067     |
| 8   | 3 | 2 | 1 | 52.2   | 1 053 | 55.6 | 1.73                                  | 2.34  | 52.3      | 0.017    | 0.077     |
| 9   | 3 | 3 | 2 | 54.0   | 1 053 | 56.1 | 2.13                                  | 2.25  | 42.7      | 0.015    | 0.080     |

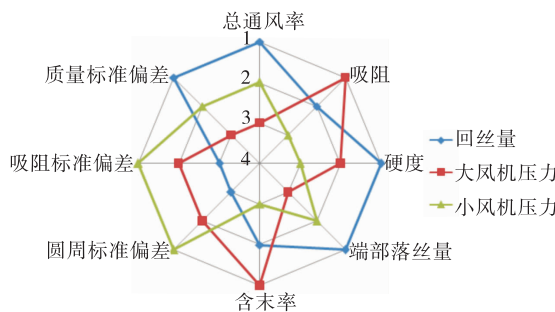


图 1 卷烟机参数对细支烟物理质量的影响秩图

Figure 1 Rank of cigarette making machine parameters on physical characteristics of slim cigarette

由表 8 可知,回丝量电压值、大风机压力、小风机压力对烟支物理质量指标均无显著影响(P>0.05)。

3 结论

通过研究回丝量电压值、大风机压力、小风机压力对卷烟机台运行情况和烟支物理质量的影响规律,得出:回丝量电压值对平整盘位置值和空头率影响显著(P<0.05),随着卷烟机回丝量电压值的增大,平整盘位置值减小,压实量增大,空头率减小;大风机压力对平整盘位置值影响显著(P<0.05),随着大风机负压的增大,平整盘位置值减小。

细支卷烟开发过程中回丝量、大风机压力、小风机压

表 7 正交试验直观分析 II

Table 7 Intuitive analysis of orthogonal experiment II

| 指标        |       | A       | B       | C       | 指标         | A     | B     | C     |       |
|-----------|-------|---------|---------|---------|------------|-------|-------|-------|-------|
| 总通风率      | $k_1$ | 54.8    | 54.0    | 53.6    | 含末率        | $k_1$ | 2.7   | 2.5   | 2.4   |
|           | $k_2$ | 54.1    | 53.9    | 54.6    |            | $k_2$ | 2.4   | 2.7   | 2.6   |
|           | $k_3$ | 53.0    | 54.2    | 53.8    |            | $k_3$ | 2.2   | 2.2   | 2.3   |
|           | $R$   | 1.8     | 0.3     | 1.1     |            | $R$   | 0.4   | 0.5   | 0.3   |
| 吸阻        | $k_1$ | 1 062.3 | 1 074.3 | 1 060.0 | 吸阻标<br>准偏差 | $k_1$ | 43.6  | 41.9  | 44.7  |
|           | $k_2$ | 1 080.0 | 1 074.3 | 1 072.0 |            | $k_2$ | 42.7  | 47.1  | 41.1  |
|           | $k_3$ | 1 062.0 | 1 055.7 | 1 072.3 |            | $k_3$ | 47.2  | 44.4  | 47.7  |
|           | $R$   | 18.0    | 18.7    | 12.3    |            | $R$   | 4.6   | 5.2   | 6.6   |
| 硬度        | $k_1$ | 54.2    | 55.3    | 55.2    | 质量标<br>准偏差 | $k_1$ | 0.013 | 0.013 | 0.014 |
|           | $k_2$ | 55.2    | 55.1    | 55.2    |            | $k_2$ | 0.013 | 0.013 | 0.013 |
|           | $k_3$ | 56.1    | 55.0    | 55.0    |            | $k_3$ | 0.015 | 0.014 | 0.013 |
|           | $R$   | 1.9     | 0.3     | 0.2     |            | $R$   | 0.003 | 0.001 | 0.001 |
| 端部落<br>丝量 | $k_1$ | 0.9     | 1.5     | 1.3     | 圆周标<br>准偏差 | $k_1$ | 0.072 | 0.069 | 0.069 |
|           | $k_2$ | 1.2     | 1.3     | 1.4     |            | $k_2$ | 0.070 | 0.075 | 0.072 |
|           | $k_3$ | 2.1     | 1.4     | 1.5     |            | $k_3$ | 0.075 | 0.073 | 0.076 |
|           | $R$   | 1.2     | 0.2     | 0.3     |            | $R$   | 0.004 | 0.006 | 0.007 |

表 8 正交试验方差分析 II

Table 8 Variance analysis of orthogonal experiment II

| 指标        | 变异来源 | 自由度 | 均方    | F     | P     | 指标         | 变异来源 | 自由度 | 均方      | F    | P     |
|-----------|------|-----|-------|-------|-------|------------|------|-----|---------|------|-------|
| 总通风率      | A    | 2   | 2.484 | 18.03 | 0.053 | 含末率        | A    | 2   | 0.139   | 3.10 | 0.244 |
|           | B    | 2   | 0.088 | 0.64  | 0.611 |            | B    | 2   | 0.173   | 3.87 | 0.205 |
|           | C    | 2   | 0.924 | 6.71  | 0.130 |            | C    | 2   | 0.062   | 1.38 | 0.421 |
|           | 误差   | 2   | 0.138 |       |       |            | 误差   | 2   | 0.045   |      |       |
|           | 总和   | 8   |       |       |       |            | 总和   | 8   |         |      |       |
| 吸阻        | A    | 2   | 318.1 | 1.97  | 0.337 | 吸阻标<br>准偏差 | A    | 2   | 17.55   | 1.50 | 0.399 |
|           | B    | 2   | 348.4 | 2.15  | 0.317 |            | B    | 2   | 20.28   | 1.74 | 0.365 |
|           | C    | 2   | 148.1 | 0.92  | 0.522 |            | C    | 2   | 32.08   | 2.75 | 0.267 |
|           | 误差   | 2   | 161.8 |       |       |            | 误差   | 2   | 11.67   |      |       |
|           | 总和   | 8   |       |       |       |            | 总和   | 8   |         |      |       |
| 硬度        | A    | 2   | 2.714 | 4.04  | 0.198 | 质量标<br>准偏差 | A    | 2   | 6.3E-06 | 2.71 | 0.269 |
|           | B    | 2   | 0.058 | 0.09  | 0.921 |            | B    | 2   | 1.0E-06 | 0.43 | 0.700 |
|           | C    | 2   | 0.048 | 0.07  | 0.934 |            | C    | 2   | 2.3E-06 | 1.00 | 0.500 |
|           | 误差   | 2   | 0.671 |       |       |            | 误差   | 2   |         |      |       |
|           | 总和   | 8   |       |       |       |            | 总和   | 8   |         |      |       |
| 端部落<br>丝量 | A    | 2   | 1.156 | 16.87 | 0.056 | 圆周标<br>准偏差 | A    | 2   | 1.4E-05 |      |       |
|           | B    | 2   | 0.024 | 0.36  | 0.737 |            | B    | 2   | 2.4E-05 | 0.09 | 0.918 |
|           | C    | 2   | 0.055 | 0.80  | 0.556 |            | C    | 2   | 3.7E-05 | 0.15 | 0.868 |
|           | 误差   | 2   | 0.069 |       |       |            | 误差   | 2   | 1.6E-04 | 0.23 | 0.813 |
|           | 总和   | 8   |       |       |       |            | 总和   | 8   |         |      |       |

(下转第 142 页)

### 3 结论

酸奶在改性薄膜和未改性薄膜上的接触角表明,改性防黏薄膜的接触角大于未改性聚丙烯薄膜的,疏水性极佳,且防黏连性能测试进一步验证了改性薄膜的最佳配方为 7% 硅油+93% 聚丙烯和 8% 聚四氟乙烯+92% 聚丙烯;经两种方法测试酸奶在改性薄膜的残留量得出:改性薄膜的性能均优于市面已有防黏薄膜的,且最佳配方的薄膜的防黏效果优于原杯膜;薄膜的卫生性能表明,改性薄膜符合 GB/T 5009.71—2003 的规定,其安全性高,对包装物无影响,可应用于实际食品的包装。后续可将改性薄膜进行多次造粒流延,使改性剂更加充分地同聚丙烯母粒进行融合;可将改性薄膜应用于酸奶的包装,并与原杯酸奶进行风味比较及酸奶成分的变化等。

#### 参考文献

- [1] 侯彩云, 郭秀兰, 彭家宣, 等. 芦丁对低脂酸奶品质和抗氧化能力的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(4): 37-41.
- [2] 蔡惠平. 乳制品包装[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 151.
- [3] 曾凤彩, 张媛媛, 韩雪光. 低碳环保设计理念在乳制品包装中的应用分析与思考[J]. 包装世界, 2011, 26(3): 90-91.
- [4] AGGARWAL, A, SCHMID M, PATEL M K, et al. Function-driven investigation of non-renewable energy use and

greenhouse gas emissions for material selection in food packaging applications: Case study of yoghurt packaging[J]. Procedia CIRP, 2018, 69(27): 728-733.

- [5] 吴小鸣. 仿生荷叶薄膜不沾水自清洁[J]. 中小企业科技, 2005(3): 43.
- [6] 郝利荣. 有机氟、硅改性聚苯乙烯包装容器的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010: 14-15.
- [7] 刘炎. 聚合物微纳结构界面的构筑及骨细胞相容性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018: 16-17.
- [8] 贺力诚. 紫外臭氧提高金属薄膜与聚合物结合强度研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2017: 21-22.
- [9] ALEKSEI N. ALEXANDER I. Bulavchenko contact angle and free surface energy of CdS films on polystyrene substrate[J]. Applied Surface Science, 2019, 463(11): 820-828.
- [10] 陆新宗, 肖生苓, 王全亮, 等. 漆酶介体体系对纸模材料强度与疏水性的影响[J]. 包装工程, 2018, 39(11): 81-87.
- [11] 桂泰江. 有机硅氟低表面能防污涂料的制备和表征[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008: 21-23.
- [12] 魏丽娟. 防雾抗菌聚乙烯薄膜的制备及对生鲜香菇保鲜包装应用的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017: 28-29.
- [13] ESHAGHI A, MOJAB M. Fabrication of antireflective antifogging nano-porous silica thin film on glass substrate by layer-by-layer assembly method[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2014, 405(23): 148-152.

(上接第 132 页)

力的参数设置建议如下:① 当细支烟空头率较高时,在烟条不堵塞烟枪的前提下,可采取提高回丝量的方式来降低细支烟空头率;② 当细支烟卷烟机平整盘位置不理想或超出工作范围时,可通过调整大风机压力来保障细支烟卷烟机正常运行;③ 小风机压力可根据机台运行和烟支物理指标的设计要求进行优化。为进一步提高细支烟生产效率和生产稳定性,后续还需对制丝工艺、细支烟烟丝结构等方面进行研究。

#### 参考文献

- [1] 王金棒, 洪广峰, 高健, 等. 细支烟研究综述[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(5): 91-101.
- [2] 国家烟草专卖局. 关于启动细支卷烟升级创新重大专项的通知(国烟科[2016]154号)[Z]. 北京: 国家烟草专卖局, 2014.
- [3] 赵宸楠. 细支烟开发研究进展[J]. 轻工科技, 2017, 10: 12-13.
- [4] 袁海霞, 郑茜, 张胜化, 等. 适应细支卷烟加工特性的柔性风选系统优化设计[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 122-126.

- [5] 李洪涛, 杨成. 基于混料均匀设计的细支烟烟丝尺寸优化[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2018, 32(2): 146-149.
- [6] 楚文娟, 孟祥士, 许旭, 等. 滤嘴参数对细支烟主要理化指标的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(8): 60-66.
- [7] 朱成文, 郝喜良, 沈晓晨, 等. 定长切丝技术在细支卷烟生产中的应用[J]. 烟草科技, 2019, 52(3): 86-91.
- [8] 朱尊权, 郁源培, 孙瑞申, 等. 卷烟工艺[M]. 北京: 北京出版社, 2000: 260-276.
- [9] 姚二民, 邵宁, 李晓. 卷烟机运行参数对卷烟成品率影响研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 206-208.
- [10] 刘杰, 张晋, 高云, 等. 卷烟机 VE 供丝部的有关工艺参数对卷烟质量稳定度的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(4): 56-58.
- [11] 胡芳平, 刘舞, 郭志琨. ZJ17 卷烟机工艺参数对烟支质量的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(14): 121-122.
- [12] 马逢时, 周晔, 刘传冰, 等. 六西格玛管理统计指南[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 268-331.
- [13] 向虎, 何孝强, 王龙, 等. 基于烟丝特性和卷制原理的卷烟机最佳回丝量计算模型[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 223-226.