



郭华诚,胡仙妹,高尊华,等. 针辊式烟丝结构调控设备参数变化对细支烟卷制品质的影响[J]. 轻工学报, 2024,39(2):122-126.  
GUO H C, HU X M, GAO Z H, et al. Influences of the pin-roll tobacco structure control equipment parameters on the rolling quality of slim cigarette[J]. Journal of Light Industry, 2024,39(2):122-126.  
DOI:10.12187/2024.02.016

# 针辊式烟丝结构调控设备参数变化对细支烟卷制品质的影响

郭华诚<sup>1</sup>, 胡仙妹<sup>2</sup>, 高尊华<sup>1</sup>, 李金周<sup>1</sup>, 王红霞<sup>1</sup>

1. 河南中烟工业有限责任公司, 河南 郑州 450016;
2. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001

**摘要:**以单支质量标准差、吸阻标准差、总通风率标准差、端部落丝量、含末率等为指标,选取选丝针辊电机频率、断丝针辊电机频率和选丝针辊间距3个参数设计正交试验,研究针辊式烟丝结构调控设备参数变化对细支烟卷制品质的影响。结果表明:选丝针辊电机频率是影响细支烟单支质量和总通风率标准差的关键因素,断丝针辊电机频率是影响吸阻标准差和端部落丝量的关键因素,选丝针辊间距是影响含末率的关键因素;调控设备最优参数为选丝针辊电机频率33 Hz、断丝针辊电机频率45 Hz、选丝针辊间距45 mm;调控后烟丝长丝率降低了14.39%、中丝、短丝率增加了26.01%和20.09%,碎丝率变化较小。卷制后细支烟物理指标无显著变化,但单支质量、吸阻、总通风率等标准差均下降30%以上,端部落丝量、含末率分别降低了61.79%和36.42%,细支烟卷制稳定性明显提高。

**关键词:**烟丝结构;针辊式烟丝结构调控设备;电机频率;针辊间距;细支烟;卷制品质

**中图分类号:**TS452 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2024)02-0122-05

## 0 引言

近年来,随着细支烟市场份额的增加,卷烟企业细支烟的生产规模也快速扩大。细支烟生产过程中出现的长丝、超长丝质量占比过高等烟丝结构不合理的现象,影响了卷制后烟支的物理特性及化学品质,并导致成品卷烟单支质量和吸阻波动大、空头烟支多等诸多问题<sup>[1-2]</sup>。目前,已有一些针对卷烟烟丝结构和卷制品质的相关研究报道,孙东亮等<sup>[3]</sup>研

究发现,降低配方中长丝的占比对烟支质量均值有明显提升;李善莲等<sup>[4]</sup>研究发现,提高中长丝率、减少造碎占比可以稳定卷烟物理指标;楚晗等<sup>[5]</sup>也发现,增加短丝与中长丝比例可以提升烟支物理指标及其稳定性。对于细支烟,李洪涛等<sup>[6]</sup>采用带有约束条件的混料均匀设计法对细支烟的烟丝结构进行优化实验,发现当超长丝、长丝、中丝和短丝的质量占比分别为1.67%、21.72%、30.38%和27.14%时,吸阻最为稳定,且细支烟的其他物理指标稳定性也

收稿日期:2023-04-19;修回日期:2023-07-07;出版日期:2024-04-15

基金项目:国家烟草总公司重点研发项目(110202102020);河南中烟工业有限责任公司科技项目(ZW201905)

作者简介:郭华诚(1980—),男,河南省周口市人,河南中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为卷烟工艺。E-mail:517389082@qq.com

通信作者:王红霞(1971—),女,河南省许昌市人,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,主要研究方向为卷烟品质管控。E-mail:654908756@qq.com

得以提高。朱成文等<sup>[7]</sup>采用细支烟定长技术进行切丝,发现切后烟丝的中丝率、短丝率明显上升,碎丝率变化不大,烟丝均匀性明显得到改善,卷制过程中总剔除率和空头剔除率明显下降,卷制后烟支物理指标均匀性和常规烟气指标批间稳定性显著提升。

但上述研究对于细支烟卷制品质的提升非常有限,对此,郭华诚等<sup>[8]</sup>开发了一种针辊式烟丝结构调控设备,中、短烟丝经调控设备针辊间隙落下,长烟丝则在选丝针辊钢钉挑动作用下逐级传递到断丝机构,在选丝针辊和断丝针辊差速旋转拉扯作用下柔性断丝,实现对长烟丝比例的靶向调控。该设备的主要参数为选丝针辊间距、选丝针辊电机频率、断丝针辊电机频率,前期已经对这些参数进行了简单研究,但实验过程中未考虑成品卷烟的卷制品质。鉴于此,本研究拟以单支质量标准差、吸阻标准差、总通风率标准差、端部落丝量、含末率等为考查指标,采用正交试验研究以上3个参数对成品细支烟卷制品质的影响程度,以期获得适宜的针辊式烟丝结构调控设备生产参数,并为细支烟卷制品质稳定性的提高提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

主要材料:黄金叶(爱尚)细支卷烟配方烟丝,由河南中烟工业有限责任公司黄金叶生产制造中心提供。

主要仪器:YQ-2型烟丝振动分选筛,中国烟草总公司郑州烟草研究院;B-KC型综合测试台,郑州海意科技有限公司;CFP800A型卷烟燃烧锥落头倾向测试仪,合肥众沃仪器技术有限公司;AL204型电子天平(感量0.000 1 g),瑞士Mettler Toledo公司;自制针辊式差速柔性烟丝调控设备(安装在加香工序的中间位置),河南中烟工业有限责任公司黄金叶生产制造中心。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 取样方法** 烟丝取样:在河南中烟工业有限责任公司黄金叶生产制造中心5000 kg/h生产线上于加香环节后取样4000 g,以四分法缩至1000 g,单

次取样时间间隔30 min,连续取样10次,将取得的样品置于温度(22±1)℃、相对湿度(60±2)%的恒温恒湿箱中平衡24 h,然后放进密封袋,标记,备用。

烟支取样:在卷烟机烟支出口处取样,每次100支,单次取样时间间隔30 min,连续取样10次,将取得的样品同样置于恒温恒湿箱中平衡24 h,然后放进密封袋,标记,备用。

**1.2.2 烟丝结构分布测定** 按照文献[9]的方法检测烟丝结构分布。具体方法为:使用振动分选筛对烟丝进行分层筛分,其中1~2层为长丝,烟丝长度≥3.35 mm;3~5层为中丝,烟丝长度为2.50~3.35 mm;6层为短丝,烟丝长度为1.00~2.50 mm;7层及以上为碎丝,烟丝长度≤1.00 mm。计算各层筛网上累积烟丝质量占烟丝总质量的比例,每次测定后取平均值。

**1.2.3 烟支物理指标测定** 烟支单支质量、端部落丝量、含末率、吸阻、通风率根据文献[10~14]系列标准由同一操作人员分别进行测定。每次测定后取平均值,平行3次,计算相对标准差。

**1.2.4 正交试验设计** 以未进行调控的烟丝为对照组,选取选丝针辊电机频率(A)、断丝针辊电机频率(B)、选丝针辊间距(C)3个因素设计正交试验,因素水平表见表1,正交试验具体参数见表2。

表1 正交试验因素水平表

水平	因素		
	A/Hz	B/Hz	C/mm
1	21	45	35
2	27	47	40
3	33	50	45

表2 正交试验参数表

试验号	A/Hz	B/Hz	C/mm
1	1	1	1
2	2	3	1
3	3	2	1
4	1	2	2
5	2	1	2
6	3	3	2
7	1	3	3
8	2	2	3
9	3	1	3

## 2 结果与分析

### 2.1 设备参数变化对烟丝结构分布的影响

加香机出口处烟丝结构分布如表3所示。由表3可以看出,与对照组相比,试验组长丝率均有所下降,中、短丝率上升,碎丝率变化不大。其中长丝率降低了14.39%,中丝、短丝率增加了26.01%和20.09%。王震等<sup>[15]</sup>运用柔性断丝技术使长丝率降低约7%,相比而言本文研究结果更好,说明针辊式烟丝结构调控设备对烟丝结构调控效果更明显。

### 2.2 设备参数变化对细支烟卷制品质的影响

各组细支烟卷制品质如表4所示。由表4可以看出,调控后细支烟单支质量、吸阻及总通风率变化均较小,说明设备参数变化对烟支物理指标无明显影响。细支烟单支质量、吸阻、总通风率的标准差分

别最高降低了61.51%、66.49%和35.28%,端部落丝量、含末率分别最高增加了61.79%和36.42%,以上结果表明,调控后烟支卷制品质稳定性大幅提升。

### 2.3 极差分析结果

本文采用SPSS分析软件对正交试验结果进行极差分析,结果如表5所示。由表5可知,影响单支质量标准差、总通风率标准差的因素按影响程度大小排序依次均为:选丝针辊电机频率>断丝针辊电机频率>选丝针辊间距;影响吸阻标准差、端部落丝量的因素按影响程度大小排序依次均为:断丝针辊电机频率>选丝针辊电机频率>选丝针辊间距;影响含末率的因素按影响程度大小排序依次为:选丝针辊间距>断丝针辊电机频率>选丝针辊电机频率。若分别以单支质量标准差、吸阻标准差、总通风率标准差、端部落丝量和含末率为参考指标,则对应最优组合分别为: $A_3B_1C_2$ 、 $A_3B_1C_1$ 、 $A_3B_3C_3$ 、 $A_3B_3C_2$ 和 $A_2B_1C_3$ 。

前文中根据不同指标得出的最优参数组合并不完全一致,因此本文采用综合平衡法,通过分析各指标与各因素之间的影响程度确定参数的最优水平组合。

因素A是影响单支质量标准差和总通风率标准差两个指标的重要因素,是影响吸阻标准差和端部落丝量的次要因素,而对含末率的影响最小,因此,综合来看取 $A_3$ 为最优,即选丝针辊电机频率应选择33 Hz。

因素B是影响吸阻标准差和端部落丝量的重要因素,是影响其他3个指标的次要因素。以吸

表3 加香机出口处烟丝结构分布

Table 3 Distribution of cut tobacco structure at the exit of the incense machine %

试验号	长丝率	中丝率	短丝率	碎丝率
1	57.08	17.94	22.63	2.19
2	55.20	18.20	23.70	2.70
3	56.90	18.04	22.63	2.17
4	52.56	20.54	23.81	1.93
5	53.16	19.93	24.15	2.29
6	52.49	20.03	24.62	2.18
7	51.28	19.73	25.96	2.33
8	52.11	19.54	25.68	2.44
9	53.88	18.31	26.18	2.28
对照组	59.90	16.30	21.80	2.00

表4 各组细支烟卷制品质

Table 4 Rolling quality of each slim cigarette

试验号	单支质量/g			吸阻/Pa			总通风率/%			端部落丝量/(mg·支 <sup>-1</sup> )	含末率/%
	均值/g	标准差/mg	变异系数/%	均值/Pa	标准差/Pa	变异系数/%	均值/%	标准差/%	变异系数/%		
1	0.549	3.32	0.606	1 106.3	16.2	1.462	50.5	0.888	1.757	1.88	2.19
2	0.548	4.42	0.807	1 117.1	33.4	2.990	50.0	0.953	1.904	1.18	2.75
3	0.548	3.86	0.704	1 100.7	20.5	1.866	50.1	1.029	2.053	1.67	3.16
4	0.548	3.74	0.683	1 106.1	19.0	1.719	50.7	0.865	1.705	1.51	2.83
5	0.547	3.70	0.677	1 099.9	20.9	1.896	50.6	1.266	2.502	1.36	2.74
6	0.545	3.22	0.591	1 054.5	20.8	1.974	52.7	0.913	1.734	0.81	3.24
7	0.546	4.85	0.888	1 181.9	12.7	1.074	51.6	0.656	1.269	1.04	2.63
8	0.556	6.60	1.186	1 182.3	22.2	1.875	51.5	0.712	1.383	1.98	2.06
9	0.546	2.86	0.524	1 180.1	16.9	1.435	51.9	0.633	1.219	0.89	2.24
对照组	0.551	7.43	1.348	1 197.0	37.9	3.091	51.3	0.978	1.906	2.12	3.24

表5 正交试验极差分析结果  
Table 5 Range analysis and processing results of orthogonal experiments

指标	极差	A	B	C
单支质量标准差	$k_1$	3.97	3.29	3.87
	$k_2$	4.91	4.73	3.56
	$k_3$	3.31	4.16	4.77
	R	1.59	1.44	1.21
	最优水平	3	1	2
吸阻标准差	$k_1$	23.37	15.96	17.99
	$k_2$	20.23	25.48	20.57
	$k_3$	17.26	19.43	22.3
	R	6.11	9.52	4.32
	最优水平	3	1	1
总通风率标准差	$k_1$	0.80	0.92	0.96
	$k_2$	0.98	0.87	1.01
	$k_3$	0.67	0.84	0.67
	R	0.31	0.17	0.09
	最优水平	3	3	3
端部落丝量	$k_1$	1.48	1.37	1.58
	$k_2$	1.51	1.72	1.23
	$k_3$	1.12	1.01	1.30
	R	0.39	0.71	0.35
	最优水平	3	3	2
含末率	$k_1$	2.55	2.39	2.70
	$k_2$	2.52	2.68	2.94
	$k_3$	2.88	2.87	2.31
	R	0.36	0.48	0.63
	最优水平	2	1	3

阻标准差、单支质量标准差和含末率为指标时,取  $B_1$  为最优,以端部落丝量和总通风率标准差为指标时,取  $B_3$  为最优。但取  $B_1$  水平时,端部落丝量降幅仅次于  $B_3$  水平,且对总通风率标准差的影响相对其他指标较小,整体变化幅度不大,结合生产实际、能耗等问题,取  $B_1$  为最优,即断丝针辊电机频率选择 45 Hz。

因素 C 是影响含末率的重要因素,对于其他 4 个指标的影响都是次要的,而以含末率为指标时,取  $C_3$  为最优,即选丝针辊间距选择 45 mm。

综上,结合实验数据及卷制品质量重要性排序,确定最优参数组合为  $A_3B_1C_3$ (第 9 组试验),即选丝针辊电机频率为 33 Hz、断丝针辊电机频率为 45 Hz、选丝针辊间距为 45 mm,该参数符合生产实际需要。与对照组相比,其单支质量标准差、吸阻标准差、总通风率标准差、端部落丝量和含末率分别下降了

61.51%、55.41%、35.28%、58.02%和 30.86%,这表明在最优参数下,针辊式烟丝结构调控设备可大幅提升细支烟卷制稳定性,进而提高细支烟卷制品质。

### 3 结论

本研究采用正交试验设计分析了烟丝结构调控设备中选丝针辊电机频率、断丝针辊电机频率和选丝针辊间距 3 个参数对细支烟单支质量标准差、吸阻标准差、总通风率标准差、端部落丝量、含末率等卷制品质的影响。结果表明,选丝针辊电机频率是影响细支烟单支质量和总通风率标准差的关键因素,断丝针辊电机频率是影响吸阻标准差和端部落丝量的关键因素,选丝针辊间距是影响含末率的关键因素;设备最优参数为:选丝针辊电机频率 33 Hz、断丝针辊电机频率 45 Hz、选丝针辊间距 45 mm。该参数条件下针辊式烟丝结构调控设备可明显降低长丝率、提高中短丝率。调控后的细支烟单支质量、吸阻和总通风率的标准差降低均超过 30%,烟支端部落丝量和含末率也明显下降。因此,采用自主设计的针辊式烟丝结构调控设备并在最优参数下运行可有效提升细支烟卷制品质,降低生产消耗。

### 参考文献:

- [1] 王夏婷,潘文,邹泉,等. 2 种叶片成丝方式对细支卷烟质量的影响[J]. 安徽农业科学,2018,46(23):177-180.
- [2] FORD A, MOODIE C, MACKINTOSH A M, et al. Adolescent perceptions of cigarette appearance[J]. European Journal of Public Health,2014,24(3):464-468.
- [3] 孙东亮,张大波,李艳,等. 烟丝长度及其混料配比对细支卷烟质量特性的影响[J]. 烟草科技,2019,52(11):87-95.
- [4] 李善莲,申晓锋,李华杰,等. 烟丝结构对卷烟端部落丝量的影响[J]. 烟草科技,2010(2):5-7.
- [5] 楚晗,范磊,王天怡,等. 基于短支卷烟物理质量稳定的烟丝尺寸优化设计[J]. 食品与机械,2019,35(6):212-215.
- [6] 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.
- [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] 郭华诚,杨雪鹏,郭海民,等. 一种新型烟丝结构靶向

- 调控设备研发及运行参数优化[J]. 轻工学报, 2023, 38(4): 122-126.
- [9] 国家烟草专卖局. 卷烟烟丝结构的测定: YC/T 289—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 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. 卷烟和滤棒物理性能的测定第4部分 卷烟质量: GB/T 22838. 4—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [11] 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. 卷烟和滤棒物理性能的测定第17部分: 卷烟 端部落掉烟丝的测定 振动法: GB/T 22838. 17—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [12] 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. 卷烟和滤棒物理性能的测定第7部分 卷烟含末率: GB/T 22838. 7—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [13] 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. 卷烟和滤棒物理性能的测定第5部分 卷烟吸阻和滤棒: GB/T 22838. 5—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 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. 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: GB/T 22838. 15—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [15] 王震, 游敏, 李青, 等. 柔性断丝技术在细支卷烟生产中的应用[J]. 烟草科技, 2021, 54(10): 63-69.

## Influences of the pin-roll tobacco structure control equipment parameters on the rolling quality of slim cigarette

GUO Huacheng<sup>1</sup>, HU Xianmei<sup>2</sup>, GAO Zunhua<sup>1</sup>, LI Jinzhou<sup>1</sup>, WANG Hongxia<sup>1</sup>

1. China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China;

2. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China

**Abstract:** Using single quality standard deviation, suction resistance standard deviation, total ventilation rate standard deviation, end thread amount, and end content as indicators, an orthogonal experiment was designed with three parameters: wire selection needle roller motor frequency, wire breakage needle roller motor frequency, and wire selection needle roller spacing, to study the effect of parameter changes in pin-roll tobacco structure control equipment on the rolling quality of fine cigarette production. The results showed that the frequency of the wire selection needle roller motor was a key factor affecting the standard deviation of the total ventilation rate and single cigarette weight; the frequency of the wire breakage needle roller motor was a key factor affecting the standard deviation of suction resistance and the amount of wire at the end; the distance between the wire selection needle rollers was a key factor affecting the end content. The optimal parameters for regulating the equipment were the frequency of the wire selection needle roller motor at 33 Hz, the frequency of the wire breakage needle roller motor at 45 Hz, and the spacing between the wire selection needle rollers at 45 mm. After regulation, the long cut tobacco rate decreased by 14.39%, while the medium and short cut tobacco rates increased by 26.01% and 20.09%, with little change in the broken tobacco rate. After rolling, there was no significant change in the physical indicators of fine cigarettes, but the standard deviation of single cigarette quality, suction resistance, and total ventilation rate decreased by more than 30%. The end tobacco content and end tobacco content decreased by 61.79% and 36.42%, respectively. The stability of fine cigarette rolling was efficiently improved.

**Key words:** cut tobacco structure; pin-roll tobacco structure control equipment; motor frequency; needle roller spacing; slim cigarette; rolling quality

[责任编辑: 吴晓亭]