

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.02.033

# 切丝宽度对细支烟卷制质量、主流烟气及感官质量的影响

Influences of cut tobacco width on physical indexes, mainstream smoke and sensory quality of slim cigarette

郭华诚<sup>1</sup> 吴艳艳<sup>1</sup> 张峻松<sup>2</sup> 朱远洋<sup>2</sup>

GUO Hua-cheng<sup>1</sup> WU Yan-yan<sup>1</sup> ZHANG Jun-song<sup>2</sup> ZHU Yuan-yang<sup>2</sup>

郜海民<sup>1</sup> 邹严颀<sup>2</sup> 李瑞丽<sup>2</sup>

GAO Hai-min<sup>1</sup> ZOU Yan-xie<sup>2</sup> LI Rui-li<sup>2</sup>

(1. 河南中烟工业有限责任公司黄金叶生产制造中心, 河南 郑州 450000;

2. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001)

(1. Golden Leaf Production and Manufacturing Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Zhengzhou, Henan 450000, China; 2. School of Food and Bio-engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450001, China)

**摘要:**在其他制丝工序加工参数和卷制参数相同的条件下,分别按0.6,0.7,0.8,0.9,1.0 mm切丝宽度制丝并卷制细支烟,探索切丝宽度对细支烟烟丝结构、卷制质量、烟气成分及感官质量的影响。结果表明:①切丝宽度为0.6~1.0 mm时,整丝率与切丝宽度显著正相关,碎丝率与切丝宽度显著负相关。②吸阻、总通风率、焦油量与切丝宽度间均呈显著负相关关系。切丝宽度为0.6~0.8 mm时,细支烟单支重、吸阻、硬度、总通风率及焦油量与设计值的相对残差较接近于0。③随切丝宽度降低,细支烟感官质量整体表现逐渐向好。综合不同切丝宽度细支烟卷制质量、烟气成分和感官质量,兼顾烟丝结构,细支烟适宜切丝宽度为0.7~0.8 mm。

**关键词:**细支烟;切丝宽度;烟丝结构;感官质量

**Abstract:** Under the same other manufacturing conditions, cut tobacco structure, slim cigarette physical quality, mainstream smoke components and sensory quality were analyzed with different cutting widths such as 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 mm. The influence of cutting width on cut tobacco structure, physical indexes, mainstream smoke content and sensory quality of slim cigarette

was explored. The results were showed as follows: ① In the range of 0.6~1.0 mm, whole cut rate was positively correlated with cutting width, and broken cut rate was negatively with cutting width. ② There were all significant negative correlations between draw resistance, total ventilation rate, tar content and cutting width. At the cutting width of 0.6~0.8 mm, and the residual or relative residuals between slim cigarette weight, draw resistance, hardness, total ventilation rate, tar content value and corresponding design value were relatively close to 0. ③ Slim cigarette sensory quality was gradually improved as the cutting width decreases. Combined with the physical indexes, mainstream smoke content, sensory quality and cut tobacco structure, shredding and cost under the different cutting widths, cutting width of 0.7~0.8 mm was suitable to slim cigarette.

**Keywords:** slim cigarette; cutting width; cut tobacco structure; sensory quality

细支烟周长[标准为(17±1) mm]低于传统卷烟,使得其具有单箱耗丝量少、焦油量相对较低、细长美观等优势,在国内外市场中产销量及消费认可度均呈上升态势<sup>[1]</sup>。目前对于细支烟适配技术的研究主要有卷烟机设备的改造与研发、卷烟材料对细支烟主流烟气的影响等<sup>[2-4]</sup>。由于细支烟的突出特点是圆周小、烟支长、烟丝消耗量小等,对烟丝与烟支规格的适配性提出了更高的要求。烟丝结构对填充能力、卷制质量等均有重要影响,进而影响烟支主流烟气成分和感官质量<sup>[5-9]</sup>。而切丝宽

**基金项目:**河南中烟工业有限责任公司科技项目(编号:2019410003340213)

**作者简介:**郭华诚,男,河南中烟工业有限责任公司工程师,硕士。

**通信作者:**李瑞丽(1978—),女,郑州轻工业大学副教授,博士。

E-mail: 80302018@qq.com

**收稿日期:**2020-08-07

度作为制丝关键工序参数之一,是烟丝结构的主要影响因素,切丝宽度的改变会引起烟丝结构、填充能力、卷制质量、主流烟气及感官质量等发生相应的变化<sup>[10-15]</sup>。如王旭峰等<sup>[9]</sup>采用正交设计试验优化卷烟制丝关键工序工艺参数。在0.85~1.05 mm范围内干燥后烟丝挥发性香味物质含量、常规卷烟感官质量随切丝宽度增加均呈降低趋势<sup>[12-13]</sup>。低切丝宽度会增加烟气香味成分含量,提高卷烟香气量和满足感,也会导致卷烟产品燃烧锥温度、焦油以及危害性指数的上升<sup>[14]</sup>。在0.7~1.1 mm范围内主流烟气常规成分随切丝宽度增加呈逐渐降低趋势,气溶胶质量中值直径减小,气溶胶总量降低<sup>[15]</sup>。现有文献<sup>[7,9-14]</sup>多集中在切丝宽度对常规烟支的影响研究,对细支烟质量的影响鲜见报道。细支烟的固有特点对烟丝与烟支规格的适配性提出了更高的要求,试验拟以细支烟为研究对象,设置切丝宽度梯度,研究切丝宽度对烟丝结构、细支烟卷制质量及主流烟气成分的影响,以期优化细支烟加工参数提供参考和指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和仪器

原料:河南中烟工业有限责任公司黄金叶制造中心某细支卷烟全配方叶组;

纯叶片:河南中烟工业有限责任公司黄金叶制造中心;

滤棒:120 mm/16.9 mm,河南省新郑金芒果实业总公司;

卷烟纸:28 g/m<sup>2</sup>,50 CU,恒丰纸业股份有限公司;

接装纸:40 g/m<sup>2</sup>,河南省新郑金芒果实业总公司;

滚刀式切丝机:SQ213B型,秦皇岛烟机厂;

管道式烘丝机:SH96 SH962型,秦皇岛烟机厂;

筛分仪:Retsch AS400型,德国 Retsch公司;

细支烟卷接机组:ZJ17型,常州烟草机械有限责任公司;

综合测试台:QTM型,英国 FLTRONA公司;

激光长度仪:JCD-III型,沈阳科学仪器研制中心;

烟支硬度测定仪:WYC-1型,成都科学仪器厂;

转盘式吸烟机:RM200A型,德国 Brogwaldt KC公司;

气相色谱—质谱联用仪:7890B-5977A型,美国 Agilent公司;

恒温恒湿箱:KBF240型,德国 Binder公司;

电子天平:EL204型,精确至0.000 1 g,瑞士 Mettler Toledo公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 烟丝加工 将5 400 kg全配方叶组(加料后)均分为5等份,控制切丝条件(刀门压力28 kN、刀辊转速260 r/min)、烘丝条件(滚筒转速10 r/min,筒壁温度Ⅰ、Ⅱ区均为128℃,热风温度115℃,热风风速0.65 m/s)等其他制丝工艺参数和技术指标一致,切丝工序分别设

置切丝宽度为0.6,0.7,0.8,0.9,1.0 mm 5个梯度,制备不同切丝宽度配方烟丝。

1.2.2 细支烟样品的卷制 使用相同的卷烟材料,控制车速及其他卷接参数一致,将5种不同切丝宽度制备的烟丝分别在同一卷接机组由相同操作人员加工卷制成同一规格[17 mm×(30+67) mm]的细支烟样品,待设备运行稳定后,参照GB/T 22838—2009分别对卷制后的烟支等时间间隔取样3次,并将细支烟样品在温度(22±1)℃、相对湿度(60±3)%的恒温恒湿环境中平衡48 h,备用。

1.2.3 烟丝结构的测定 不同切丝宽度加工参数下,在烘丝机出口分别取样并检测其填充值、烟丝结构指标。

1.2.4 卷制质量测定 分别按GB/T 22838.5—2009、GB/T 22838.3—2009、GB/T 22838.6—2009、GB/T 22838.4—2009、GB/T 22838.2—2009、GB/T 22838.15—2009标准方法对不同切丝宽度烟丝卷制的细支烟样品的吸阻、圆周、硬度、单支重、长度、总通风率等卷制质量指标进行测定。

1.2.5 常规烟气指标测定 检测焦油、烟碱、CO量、抽吸口数、总粒相物等主流烟气常规成分。

1.2.6 感官质量评价 组织15位省级评委采用整体循环评吸法按YC/T 415—2011对不同切丝宽度烟丝制备细支烟样品的香气特性、烟气特性和口感特性进行感官评价,对比评价优选切丝宽度,并对优选切丝宽度细支烟样品再次进行评吸,验证感官评价结果。

### 1.3 数据处理

采用SPSS 21.0、Excel 2010等软件对不同切丝宽度下的烟丝结构,不同切丝宽度烟丝卷制细支烟的卷制质量及感官质量进行差异分析,探索随切丝宽度变化烟丝结构、卷制质量及感官质量的变化趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 切丝宽度对烘后烟丝物理质量的影响

由表1可知,在切丝宽度为0.6~1.0 mm时,随着切丝宽度增加,烟丝整丝率逐渐增大,碎丝率逐渐降低。这是因为切丝宽度增加,中长丝比例显著增加,短丝、碎丝比例显著降低<sup>[16]</sup>。切丝宽度从0.6 mm增至0.8 mm,整丝率提升了6.57%,碎丝率降低了1.47%;切丝宽度从0.8 mm增至1.0 mm,整丝率提升了2.99%,碎丝率降低了0.82%;即当切丝宽度超过0.8 mm后,随切丝宽度增加,整丝率、碎丝率的变化幅度均相对变小。填充值随切丝宽度增大呈先增后减的变化趋势,切丝宽度为0.8,0.9 mm时,烟丝填充能力相对较大。

整丝率、碎丝率与切丝宽度的回归分析结果(见图1、2)表明,整丝率与切丝宽度正相关,碎丝率与切丝宽度负相关。整丝率、碎丝率与切丝宽度回归模型的决定系数均在0.95以上,模型拟合度高,预测性能好,说明切丝宽

度对整丝率、碎丝率影响较大。从回归方程显著性检验结果(见表 2)可知,整丝率、碎丝率的回归方程具有统计学意义( $P < 0.01$ ),保持其他加工工艺参数不变,可通过切丝宽度预测烟丝结构的整丝率和碎丝率,或者通过整丝率、碎丝率设定目标值控制切丝宽度的设计值。常规

卷烟加工过程中,切丝宽度从 0.96 mm 增至 1.20 mm,A 规格配方碎丝率从 4.48% 降至 2.95%,B 规格配方碎丝率从 9.35% 降至 3.20%,即不同配方原料碎丝率均随切丝宽度增加呈降低趋势,只是碎丝率降幅与配方原料存在相关关系<sup>[14]</sup>。

表 1 不同切丝宽度烘后烟丝物理质量检测结果

Table 1 Physical quality test results of dried cut tobacco with different cutting width

切丝宽度/mm	含水率/%	填充值/ ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ )	整丝率/%	碎丝率/%
0.6	12.95	4.12	68.20	3.25
0.7	12.90	4.15	71.56	2.48
0.8	12.91	4.20	74.77	1.78
0.9	12.92	4.26	75.24	1.40
1.0	12.91	4.12	77.76	0.96

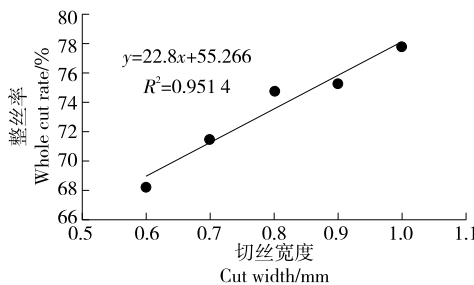


图 1 整丝率与切丝宽度的相关关系

Figure 1 The relationship between whole cut rate and cut width

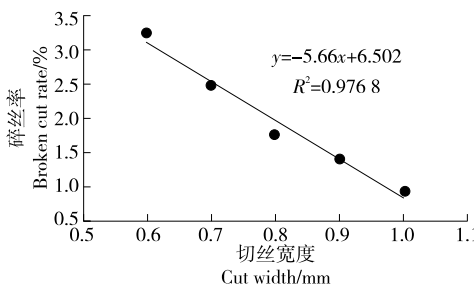


图 2 碎丝率与切丝宽度的相关关系

Figure 2 The relationship between broken cut rate and cut width

### 2.2 切丝宽度对细支烟卷制质量的影响

由表 3 可知,在 0.6~0.9 mm 范围内,随切丝宽度增大,细支烟的单支重、吸阻、总通风率和硬度等指标均大致呈降低趋势,含末率及端部落丝量随切丝宽度变化的规律并不明显。

切丝宽度与细支烟卷制质量的回归分析(见图 3、4)及显著性检验结果(见表 4)表明,细支烟卷制质量指标中,吸阻受切丝宽度影响最大,总通风率次之,两者均与切丝宽度呈显著负相关关系。切丝宽度减小,耐加工性变差,导致烟支内中短丝、碎丝及烟末比例增加,碎丝、烟末填充空隙导致烟支内填充更密实,吸阻也就越大<sup>[17]</sup>。这一结论与常规<sup>[11]</sup>、中支卷烟<sup>[17]</sup>的研究结果一致。由图 5 可知,细支烟单支重、吸阻、硬度及总通风率与设计值的相对残差在切丝宽度为 0.6~0.8 mm 时较接近于 0。因此,细支烟适宜切丝宽度为 0.6~0.8 mm。

### 2.3 切丝宽度对细支烟常规烟气成分的影响

该细支烟焦油、烟碱、CO 的设计值分别为 7.0,0.6,5.0 mg/支。由表 5 可知,焦油量与切丝宽度间呈显著负相关关系( $y_{\text{焦油量}} = 8.28 - 2.10x$ ),CO 量、烟碱量与切丝

表 2 切丝宽度对烘后烟丝物理质量指标的回归分析检验结果

Table 2 Regression analysis test results about physical quality index of dried cut tobacco and cutting width

指标	来源	平方和	自由度	均方	F	P	R
填充值	回归	0.001	1	0.001	0.275	0.636	0.290
	残差	0.013	3	0.004			
整丝率	回归	51.984	1	51.984	58.683	0.005	0.975
	残差	2.658	3	0.886			
碎丝率	回归	3.204	1	3.204	126.523	0.002	0.988
	残差	0.076	3	0.025			

表 3 不同切丝宽度烟丝卷制细支烟的卷制质量检测结果

Table 3 Test results of slim cigarette physical quality with different cutting width

切丝宽度/mm	单支重/mg	吸阻/Pa	硬度/%	圆周/mm	长度/mm	总通风率/%	含末率/%	水分/%	单支端部落丝/mg
0.6	535.4	1 208.1	62.213	16.938	95.342	51.693	3.35	12.23	4.1
0.7	536.9	1 158.6	61.467	16.983	96.813	52.043	2.99	12.01	3.2
0.8	531.8	1 170.3	61.993	16.924	96.900	51.017	2.30	12.17	5.3
0.9	521.2	1 145.4	59.087	16.927	96.810	49.303	1.80	12.53	2.4
1.0	527.5	1 111.9	61.090	16.976	96.856	49.710	2.62	11.99	6.1

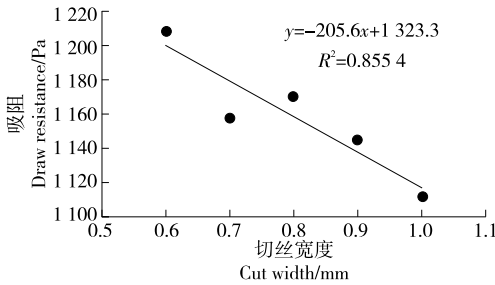


图3 吸阻与切丝宽度的相关关系

Figure 3 The relationship between draw resistance and cut width

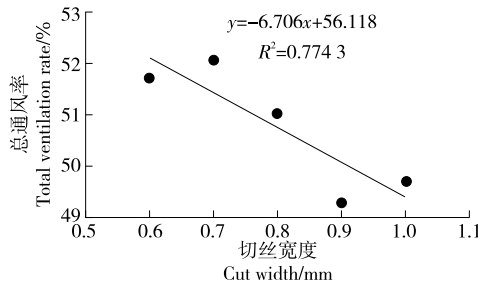


图4 总通风率与切丝宽度的相关关系

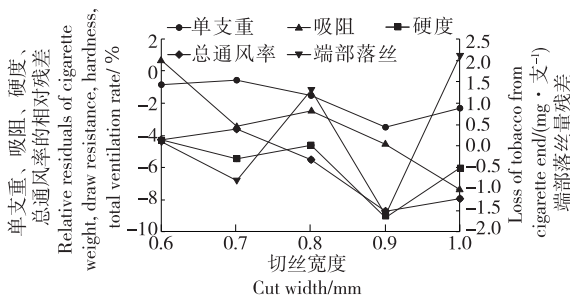
Figure 4 The relationship between total ventilation rate and cut width

表4 切丝宽度对细支烟物理质量指标的回归分析显著性检验结果<sup>†</sup>

Table 4 Regression analysis test results of slim cigarette physical quality and cutting width

指标	来源	平方和	自由度	均方	F	P	R
吸阻	回归	4 227.136	1	4 227.136	17.741	0.024	0.925
	残差	714.796	3	238.265			
总通风率	回归	4.497	1	4.497	10.293	0.049	0.880
	残差	1.311	3	0.437			

<sup>†</sup> 单支重、硬度、圆周、长度、含末率、水分、端部落丝量指标回归 F 检验 P 值均大于 0.1。



相对残差 = (指标值与设计值的残差/设计值) × 100%

图5 不同切丝宽度烟丝卷制细支烟卷制质量指标与设计值的差异分析

Figure 5 Difference analysis between slim cigarette physical index value and design value with different cutting width

宽度的相关关系均未达到显著水平,即切丝宽度主要影响烟气指标中的焦油量。由表 6 可知,随着切丝宽度增加,焦油量逐渐降低。切丝宽度增加,烟支内部密度减少,空隙率增加,抽吸过程中烟支燃烧更为充分,焦油量相对降低<sup>[18]</sup>。随切丝宽度增加,焦油量与设计值的残差逐渐增大。GB 5606.5—2005 规定焦油量设计值在 5~10 mg 的卷烟,实测与设计值残差 ≤ 2.0 mg,2011 年调整为焦油量设计值在 5~9 mg 的卷烟,实测与设计值残差 ≤ 1.5 mg。严控产品焦油量与设计值残差,残差超出允差范围则为 A 类质量缺陷,可判定该批卷烟为不合格品<sup>[19]</sup>。切丝宽度为 0.6~0.8 mm 时,焦油量与设计值的残差相对较小,且烟碱残差在 0.05 mg/支以下,明显低于 GB 5605.5—2005 标准允差(±0.20 mg/支),CO 残差在 1.5 mg/支以下,符合 GB 5605.5—2005 标准对 CO 量的允差要求(±2.0 mg/支)。因此,以焦油量残差为主要衡量指标,兼顾 CO、烟碱残差,切丝宽度取 0.6~0.8 mm 相对较为适宜。

#### 2.4 切丝宽度对细支烟感官质量的影响

15 位专家对不同切丝宽度烟丝卷制的细支烟样品进行感官质量对比评价。与 0.6 mm 相比,切丝宽度为 0.7 mm 时,细支烟的香气量、丰满程度和甜度略有增加,干净程度略有改善;切丝宽度为 0.8 mm 时,细支烟刺激性和干燥感略增,杂气、细腻程度、干净程度和回味略差;感官质量整体表现优劣排序为 0.7 mm 优于 0.6 mm,0.6 mm 略优于 0.8 mm。与 0.8 mm 相比,切丝宽度为 0.9 mm 时,细支烟杂气明显增大,刺激性和干燥感略有增大,甜度和回味略有变差;切丝宽度为 1.0 mm 时,细支烟刺激性和干燥感明显增大,杂气略有增大,回味略有变差;感官质量整体表现优劣排序为 0.8 mm 优于 0.9 mm,0.9 mm 优于 1.0 mm。研究<sup>[8,12]</sup>表明,其他工艺条件一致时,随切丝宽度增加,干燥后挥发性香味物质的总体含量呈降低趋势,这可能是导致细支烟感官质量随切丝宽度增加而整体感官表现变差的主要原因。如烟气中糠醛在切丝宽度为 0.6,0.8 mm 时的含量明显高于 1.0 mm 的;糠醇、5-羟甲基糠醛、2-环戊烯-1,4-二酮、氧化异佛尔酮等

表5 切丝宽度对细支烟烟气成分指标(焦油量)的回归分析显著性检验结果<sup>†</sup>

Table 5 Regression analysis test results between slim cigarette smoking composition and cutting width

来源	平方和	自由度	均方	F	P	R
回归	0.441	1	0.441	13.364	0.035	0.904
残差	0.099	3	0.033			
总计	0.540	4				

<sup>†</sup> 抽吸口数、总粒相物、CO 量、烟碱量指标回归分析的 F 检验 P 值分别为 0.408,0.430,0.867,0.674,均大于 0.05,回归方程无统计学意义。

表 6 不同切丝宽度烟丝所卷细支烟的烟气成分分析结果

Table 6 Analysis results of smoking composition of slim cigarette prepared by different cutting width

切丝宽度/mm	单支总粒相物/mg	单支焦油/mg		单支烟碱/mg		单支 CO 量/mg	
		检测值	残差	检测值	残差	检测值	残差
0.6	8.42	7.0	0.0	0.61	0.01	4.3	-0.7
0.7	7.12	7.0	0.0	0.55	-0.05	3.5	-1.5
0.8	7.70	6.4	-0.6	0.56	-0.04	3.7	-1.3
0.9	7.19	6.3	-0.7	0.58	-0.02	3.9	-1.1
1.0	7.62	6.3	-0.7	0.62	0.02	4.0	-1.0

均随切丝宽度增加呈明显降低趋势<sup>[8]</sup>,这会导致高切丝宽度下细支烟刺激性、干燥感、杂气、回味等感官体验变差。且保持其他工艺条件一致的前提下,在一定范围内,切丝宽度减小会导致抽吸时燃烧锥温度升高,烟草中糖类物质裂解更加充分<sup>[8]</sup>,可提升烟气回甜感,同时有降低抑杂、使回味舒适的作用。

由于切丝宽度过小时,烟丝造碎增加,消耗增加,从降本增效角度出发,选择 0.7 mm 样品和 0.8 mm 样品进行对比评吸验证。相对于 0.8 mm 样品,0.7 mm 样品的杂气和刺激性略有减轻;整体表现为 0.7 mm 样品稍优于 0.8 mm 样品。综上,切丝宽度为 0.7~0.8 mm 时细支烟感官质量表现相对较好。

### 3 结论

切丝宽度设计值为 0.6~1.0 mm 时,整丝率与切丝宽度正相关,碎丝率与切丝宽度负相关。保持其他加工工艺参数不变,可通过切丝宽度设计值预测烟丝结构的整丝率和碎丝率。随切丝宽度降低,细支烟样品感官质量整体表现基本逐渐向好。细支烟吸阻和总通风率与切丝宽度呈显著负相关关系。切丝宽度为 0.6~0.8 mm 时,细支烟单支重、吸阻、硬度及总通风率与设计值的相对残差较接近于 0,且焦油量与设计值的残差较小。综合不同切丝宽度下细支烟卷制质量、烟气成分和感官质量表现,兼顾烟丝造碎和成本消耗,细支烟适宜切丝宽度为 0.7~0.8 mm。切丝宽度直接影响烟丝结构,进而影响细支烟卷制质量、烟气成分及感官质量,感官质量是烟草消费的终极体验,下一步工作应细化完善切丝宽度对细支烟感官质量的影响研究。

#### 参考文献

[1] 王金棒,邱纪青,郑新章,等.中国细支烟专利技术研究热点及趋势分析[J].烟草科技,2018,51(12):65-71.  
 [2] 向军,李莲喜.一种细支烟通用型切纸轮的设计与研究[J].机械工程师,2019(3):120-124.  
 [3] 董艳娟,田海英,高明奇,等.卷烟纸参数对细支卷烟烟气常规成分释放量的影响[J].烟草科技,2018,51(6):51-57.  
 [4] 楚文娟,胡少东,田海英,等.滤嘴参数对细支烟主流烟气中代表性香味成分释放量的影响[J].中国烟草学报,2020,

26(1):1-7.  
 [5] 刘德强,贾洋,王乐军,等.烟丝结构对烟支卷制质量的影响[J].安徽农业科学,2010,38(32):18589-18590.  
 [6] 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):177-180,191.  
 [7] 黄宇航.制丝工序不同工艺参数对卷烟质量的影响研究[D].长沙:湖南农业大学,2016:22-23.  
 [8] 田忠,陈闯,许宗保,等.制丝关键工序对细支卷烟燃烧温度及主流烟气成分的影响[J].中国烟草学报,2015,21(6):19-26.  
 [9] 王旭锋,刘蒙蒙,李向阳,等.制丝关键工序对卷烟感官质量和卷制质量的影响[J].安徽农业科学,2016,44(8):96-97,112.  
 [10] 肖克毅,戴亚,杨文敏,等.制丝工艺参数对卷烟主流烟气苯并芘释放量的效应分析[J].湖北农业科学,2018,57(17):70-74,105.  
 [11] 杨洋,高辉,王慧,等.不同宽度烟丝组合对卷烟物理指标及其综合稳定性的影响[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(3):488-497.  
 [12] 刘静,赵佳成,高辉,等.不同切丝宽度烟丝在干燥过程中挥发性香味物质的变化[J].云南农业大学学报(自然科学),2018,33(1):79-89.  
 [13] 赵佳成,高辉,王慧,等.滚筒干燥过程中不同切丝宽度烟丝挥发性有机酸的变化[J].食品工业科技,2016,37(24):144-148,152.  
 [14] 王艳丽,崔龙吉,金哲,等.切丝宽度对卷烟烟丝结构和主流烟气的影响[J].延边大学学报(自然科学版),2016,42(2):147-150.  
 [15] 司晓喜,朱瑞芝,杨建云,等.切丝宽度对卷烟主流烟气的溶胶粒径分布的影响[J].烟草科技,2019,52(2):88-95.  
 [16] 赵佳成,高辉,王慧,等.切丝宽度对烟丝结构及其分布稳定性的影响[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(4):668-677.  
 [17] 王宗英,史建新,王永红,等.切丝宽度对支卷烟烟丝结构、烟支理化指标及感官质量的影响[J].烟草科技,2020,53(1):81-88.  
 [18] 司晓喜,朱瑞芝,杨建云,等.切丝宽度对卷烟主流烟气的溶胶粒径分布的影响[J].烟草科技,2019,52(2):88-95.  
 [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.卷烟第5部分:主流烟气:GB5606.5—2005[S].北京:中国标准出版社,2005:1-2.