



徐德龙,米强,付立伟,等. 基于烟丝填充值提升的滚筒干燥工艺参数优化[J]. 轻工学报,2021,36(1):45-50.
XU D L, MI Q, FU L W, et al. Optimization of cylinder drying process parameters based on improvement of tobacco filling value[J]. Journal of Light Industry, 2021, 36(1):45-50. DOI:10.12187/2021.01.006
中图分类号:TS452 文献标识码:A 文章编号:2096-1553(2021)01-0045-06

基于烟丝填充值提升的滚筒干燥工艺参数优化

Optimization of cylinder drying process parameters based on improvement of cut tobacco filling value

徐德龙¹, 米强¹, 付立伟¹, 周显生², 刘杰¹, 孙连江¹, 岳珩¹,
孔德望¹, 刘伟¹

XU Delong¹, MI Qiang¹, FU Liwei¹, ZHOU Xiansheng², LIU Jie¹, SUN Lianjiang¹,
YUE Heng¹, KONG Dewang¹, LIU Wei¹

1. 山东中烟工业有限责任公司 济南卷烟厂, 山东 济南 250104;

2. 山东中烟工业有限责任公司 技术中心, 山东 青岛 266101

1. Ji'nan Cigarette Factory, China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Ji'nan 250100, China;

2. Technology Center, China Tobacco Shandong Industrial Co., Ltd., Qingdao 266101, China

关键词:

滚筒干燥; 工艺参数;
填充值; 含水率; 感官
品质

Key words:

cylinder drying;
process parameter;
filling value;
water content;
sensory quality

摘要:采用正交试验极差分析的方法研究了滚筒干燥工艺参数(筒壁温度、切丝后含水率和 HT(隧道式烟丝增温增湿装置)蒸汽压力)对烟丝填充值、烟丝结构和感官品质的影响,并对 3 个滚筒干燥工艺参数进行了优化. 结果表明:对干燥后烟丝填充值影响的主次顺序为 HT 蒸汽压力 > 切丝后含水率 > 筒壁温度;对干燥后烟丝结构影响的主次顺序为 HT 蒸汽压力 > 筒壁温度 > 切丝后含水率;对干燥后烟丝感官品质影响的主次顺序为切丝后含水率 > 筒壁温度 > HT 蒸汽压力;HT 蒸汽压力对烟丝填充值和整丝率的影响最大,对感官品质的影响最小;增大烟丝填充值的最优组合为切丝后含水率 21.0%, HT 蒸汽压力 0.40 MPa, 筒壁温度 140 °C,在该最优组合下,烟丝填充值增大了 0.21 cm³/g.

收稿日期:2020-04-22

基金项目:山东中烟科技项目(201801001)

作者简介:徐德龙(1988—),男,河南省洛阳市人,山东中烟工业有限责任公司济南卷烟厂助理工程师,主要研究方向为制丝工艺.

通信作者:刘杰(1970—),男,山东省济南市人,山东中烟工业有限责任公司济南卷烟厂高级工程师,主要研究方向为卷烟工艺.

Abstract: The range analysis of orthogonal experiment method was used to study the effects of cylinder drying process parameters (drying temperature in cylinder, water content after cutting and HT (tunnel type tobacco temperature and humidification device) vapor pressure) on cut tobacco filling value, structure and sensory quality. And the three cylinder drying process parameters were optimized. The results showed that the importance ranking of key process parameters on filling value was established, which was HT vapor pressure > water content after cutting > drying temperature in cylinder. The individual degree of influence on structure of cut tobacco was ranked, which was HT vapor pressure > drying temperature in cylinder > water content after cutting. The influence degree that each factor works on sensory quality was sorted, which was water content after cutting > drying temperature in cylinder > HT vapor pressure. The effect of HT vapor pressure on filling value and structure of cut tobacco was the most significant, but on sensory quality was the least significant. In order to increase filling value and reduce the influence on sensory quality, the HT vapor pressure could be set on 0.40 MPa, the water content after cutting 21.0%, and the drying temperature in cylinder on 140 °C. Under this optimal combination, the filling value of cut tobacco was increased by 0.21 cm³/g.

0 引言

滚筒干燥是卷烟生产加工过程中的重要工艺流程,其工艺参数是影响烟丝物理指标和感官品质的重要因素^[1],对提升卷烟品质有重要作用.为了提升滚筒干燥过程中卷烟的各项物理指标和感官品质,行业内开展了很多相关研究^[2-13].段鹏等^[11]采用方差分析和多重比较的方法对烘丝机筒壁温度与烟丝填充值、烟丝弹性、整丝率、石油醚提取物等的相关性进行了分析,结果表明,烟丝填充值随烘丝机筒壁温度的升高呈增大的趋势,而烟丝弹性、整丝率、石油醚提取物、香味物质总量则随烘丝机筒壁温度的升高而减小.王岩等^[12]分析了滚筒分段变温干燥方式下叶丝含水率、物理特性及叶丝香味成分的变化规律,结果表明,与高温恒温干燥过程相比,采用第一阶段高温、第二阶段低温的变温干燥方式有利于提高烟丝弹性和填充值.崔升^[13]采用稳健设计法研究了热风温度、热风风速、筒壁温度、负压等对烟丝加工后叶丝含水率和温度的影响,结果表明,随着 HT(隧道式烟丝增温增湿装置)蒸汽压力或筒壁温度的增加,烟丝填充值呈增大的趋势.

目前,滚筒干燥的相关研究主要集中在烘丝过程中各关键参数对烟丝品质的影响,但关

于烘丝关键参数对烟丝品质的影响程度并未排序,同时,实际生产过程中参数的调整顺序也不明确.本研究拟选取烟丝填充值较小的“泰山”牌某规格卷烟的全配方烟叶,在满足卷烟企业产品设计需求,并保证对烟丝结构和感官品质影响较小的前提下,优化筒壁温度、切丝后含水率和 HT 蒸汽压力这 3 个滚筒干燥工艺参数,并对其进行排序,以探索滚筒干燥工艺参数的最优组合,增大烟丝填充值,进而提高卷烟产品品质的稳定性.

1 材料与方法

1.1 实验材料

“泰山”牌某规格卷烟的全配方烟叶,济南卷烟厂产;香精香料,颐中(青岛)实业有限公司产.

1.2 主要仪器与设备

KLD-22Z 型两段式滚筒烘丝机(流量 500 kg/h),德国 HAUNI 公司产;JB285 型电子天平,瑞士 METTLER TOLEDO 公司产;DD60A 型填充仪,德国 BURGHART 公司产;FD115 型干燥箱,德国 BINDER 公司产;YQ-2 型烟丝振动分选筛,郑州烟草研究院产.山东中烟工业有限责任公司济南卷烟厂 500 kg/h 生产线.

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备 选取“泰山”牌某规格卷烟全配方烟叶共3个试样,生产过程中松散回潮的热风温度、出口水分、加料回潮的热风温度和加料比例均保持一致,分别设置加料出口含水率为20.0%、21.5%和23.0%(根据实际经验,加料出口含水率比切丝后含水率高0.5%),通过加料机加水功能进行自动调节,以保证切丝后含水率能达到正交试验的设计要求.每个试样加料结束后平均分成3等份,共计9个小样.

1.3.2 正交试验设计 采用正交试验设计表 $L_9(3^4)^{[14-15]}$ 考查切丝后含水率(A)、HT蒸汽压力(B)、筒壁温度(C)这3个因素对干燥后烟丝填充值、整丝率和碎丝率的影响,试验设计见表1和表2.烘丝机热风温度设置为100℃,出口水分设置为12.5%,热风风速由控制系统根据烘丝机出口水分进行自动调节,各试验条件均保持不变.待烘丝流量和含水率稳定后,在烘丝机出口风选后进行取样,并在恒温恒湿

表1 正交试验的因素水平表

Table 1 The orthogonal experimental factor level table

水平	因素		
	$A/\%$	B/MPa	$C/^\circ\text{C}$
1	19.5	0.20	130
2	21.0	0.30	140
3	22.5	0.40	150

表2 正交试验设计表

Table 2 The design table of the orthogonal experiment

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

((22±2)℃,(60±5)%)环境中平衡48h,按照文献[16-17]的方法分别测定烘丝机出口风选后样品的烟丝填充值、整丝率和碎丝率.

1.3.3 感官评吸 以上试样分别进行掺配加香和卷制.由山东中烟工业有限责任公司技术中心和济南卷烟厂组织评烟委员,按照文献[18]的要求,对各组卷烟样品的感官品质进行对比评吸.

2 结果与分析

2.1 正交优化对烟丝填充值的影响

烟丝填充值测试结果(折标后)见表3.对表3中各试验方案进行极差分析,结果见表4.由表4可知,三因素对干燥后烟丝填充值影响的主次顺序为 $B>A>C$,即HT蒸汽压力对烟丝填充值的影响最显著.根据 k 值可初步确定增大烟丝填充值的最优组合为 $A_2B_3C_2$,即切丝后含水率为21.0%,HT蒸汽压力为0.40MPa,筒壁温度为140℃.HT蒸汽压力与烟丝填充值

表3 烟丝填充值测试结果(折标后)

Table 3 Test results of cut tobacco filling value

(after conversion) cm^3/g			
试验号	烟丝填充值	试验号	烟丝填充值
1	4.74	6	5.00
2	5.10	7	5.10
3	5.02	8	5.05
4	5.15	9	5.12
5	5.43		

表4 工艺参数与烟丝填充值正交试验的极差分析结果

Table 4 The range analysis results of orthogonal experiment of process parameters and cut tobacco filling values cm^3/g

物理指标	评价指标	A	B	C
烟丝填充值	k_1	4.95	4.93	5.00
	k_2	5.19	5.12	5.19
	k_3	5.09	5.19	5.05
	R	0.24	0.26	0.19

的关系如图 1 所示. 由图 1 可以看出, 当切丝后含水率相同时, 随着 HT 蒸汽压力的增大, 烟丝填充值整体上均呈变大的趋势.

2.2 正交优化对烟丝结构的影响

烟丝结构测试结果见表 5. 对表 5 中各试验方案进行极差分析, 结果见表 6. 由表 6 可知, 三因素对干燥后烟丝整丝率影响的主次顺序为 $B > C > A$, 但三因素对碎丝率的影响并不显著. HT 蒸汽压力与整丝率的关系如图 2 所示. 由图 2 可以看出, 当切丝后含水率为 19.5% 时, 整丝率随着 HT 蒸汽压力的增大而增大; 当切丝后含水率为 21.0% 时, 整丝率随着 HT 蒸汽压力的增大先增大后减小; 当切丝后含水率为 22.5% 时, HT 蒸汽压力对整丝率的影响并不明显. 这可能是因为在一定范围内, HT 蒸汽压力越大, 对烟丝的吸湿效果越好, 进入滚筒干燥过程中的烟丝造碎越少, 但当 HT 蒸汽压力

增大到超过烟丝骨架所能承受的强度时, 烟丝的耐加工性会降低, 整丝率开始减小.

2.3 正交优化对烟丝感官品质的影响

工艺参数与感官指标正交试验的极差分析结果见表 7. 由表 7 可知, 三因素对烟丝感官品质的影响各不相同: 对香气影响的主次顺序为 $A > B = C$; 对协调影响的主次顺序为 $B > A > C$; 对杂气影响的主次顺序为 $A > C > B$; 对刺激性影响的主次顺序为 $A > C > B$; 对余味影响的主次顺序为 $B > A > C$. 综上可知, 三因素对烟丝感

表 6 工艺参数与烟丝结构正交试验的极差分析结果

Table 6 The range analysis results of orthogonal experiment of process parameters and cut tobacco structure %				
物理指标	评价指标	A	B	C
整丝率	k_1	86.33	84.00	86.67
	k_2	86.33	87.00	86.33
	k_3	85.67	87.33	85.33
	R	0.66	3.33	1.34
碎丝率	k_1	0.10	0.13	0.10
	k_2	0.13	0.10	0.10
	k_3	0.10	0.10	0.13
	R	0.03	0.03	0.03

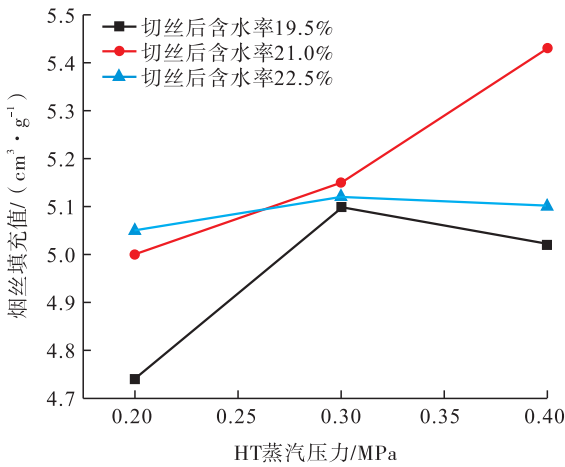


图 1 HT 蒸汽压力与烟丝填充值的关系

Fig.1 The relationship between HT steam pressure and cut tobacco filling values

表 5 烟丝结构测试结果

Table 5 Test results of cut tobacco structure %

试验号	整丝率	碎丝率	试验号	整丝率	碎丝率
1	84.00	0.10	6	82.00	0.20
2	86.00	0.10	7	86.00	0.10
3	89.00	0.10	8	86.00	0.10
4	90.00	0.10	9	85.00	0.10
5	87.00	0.10			

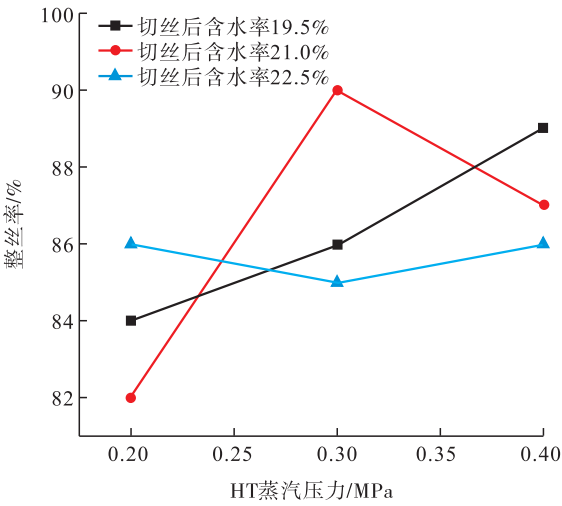


图 2 HT 蒸汽压力与整丝率的关系

Fig.2 The relationship between HT steam pressure and whole yarn ratio

表7 工艺参数与感官指标正交
试验的极差分析结果

Table 7 The range analysis results of orthogonal experiment of process parameters and sensory indexes					分
感官指标	评价指标	A	B	C	
香气	k_1	28.16	28.25	28.32	
	k_2	28.32	28.27	28.25	
	k_3	28.35	28.32	28.27	
	R	0.19	0.07	0.07	
谐调	k_1	5.04	5.05	5.06	
	k_2	5.07	5.03	5.04	
	k_3	5.05	5.07	5.05	
	R	0.03	0.04	0.02	
杂气	k_1	10.27	10.29	10.39	
	k_2	10.37	10.38	10.35	
	k_3	10.40	10.37	10.29	
	R	0.13	0.08	0.10	
刺激性	k_1	17.45	17.52	17.53	
	k_2	17.57	17.52	17.51	
	k_3	17.59	17.57	17.57	
	R	0.14	0.05	0.06	
余味	k_1	22.15	22.29	22.27	
	k_2	22.24	22.15	22.20	
	k_3	22.27	22.22	22.19	
	R	0.12	0.14	0.08	
合计	k_1	83.06	83.39	83.59	
	k_2	83.56	83.35	83.33	
	k_3	83.67	83.55	83.37	
	R	0.61	0.16	0.26	

官品质总体影响的主次顺序为 $A > C > B$, 即在一定试验范围内, HT 蒸汽压力对烟丝填充值和整丝率的影响最大, 对感官品质的影响最小. 因此, 在保证较大的烟丝填充值和较小的感官品质影响前提下, 可设定 HT 蒸汽压力为 0.40 MPa, 切丝后含水率为 21.0%, 筒壁温度

为 140 ℃.

2.4 验证结果分析

将优化后的滚筒干燥工艺参数在生产线上进行了验证, 结果见表 8. 由表 8 可知, 参数优化前后烟丝的整丝率、碎丝率和感官品质得分基本保持一致, 其中, 烟丝填充值变化显著 ($P = 0.002 < 0.05$), 增大了 $0.21 \text{ cm}^3/\text{g}$. 统计该牌号的单箱消耗后发现, 滚筒干燥工艺参数优化后, 2020 年与 2019 年同期相比, 单箱消耗降低了 0.365 kg.

3 结论

本研究优化了滚筒干燥工艺参数(筒壁温度、HT 蒸汽压力和切丝后含水率), 通过极差分析对上述 3 个关键工艺参数进行了排序: 对干燥后烟丝填充值影响的主次顺序为 HT 蒸汽压力 > 切丝后含水率 > 筒壁温度; 对干燥后烟丝结构影响的主次顺序为 HT 蒸汽压力 > 筒壁温度 > 切丝后含水率; 对干燥后烟丝感官品质影响的主次顺序为切丝后含水率 > 筒壁温度 > HT 蒸汽压力. 在一定试验范围内, HT 蒸汽压力对烟丝填充值和整丝率的影响最大, 对感官品质的影响最小. 增大烟丝填充值的最优组合为切丝后含水率 21.0%, HT 蒸汽压力 0.40 MPa, 筒壁温度 140 ℃, 经验证, 滚筒干燥工艺参数优化后的烟丝填充值增大了 $0.21 \text{ cm}^3/\text{g}$. 在实际生产中, 烟丝填充值的改变可能会影响卷烟的物理和化学性质, 在今后的研究中, 可进一步明确制丝工序与卷接工序之间的相关性, 为增加卷烟品质稳定性提供理论参考和技术支持.

表8 参数优化前后烟丝相关试验指标对比结果

Table 8 The comparison results of related experiment indexes of cut tobacco before and after parameters optimization							
项目	A/%	B/MPa	C/℃	烟丝填充值(折标后)/($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	整丝率/%	碎丝率/%	感官品质总分/分
优化前	20.5	0.20	130	4.82 ^b	86.00 ^a	0.10 ^a	88.00 ^a
优化后	21.0	0.40	140	5.03 ^a	86.00 ^a	0.10 ^a	87.70 ^a

注: 相同小写字母肩标表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母肩标表示差异显著 ($P < 0.05$).

参考文献:

- [1] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 李旭, 陈良元, 韩李峰, 等. 红外-对流滚筒干燥方式下烤烟叶丝质量的变化特征[J]. 南方农业学报, 2017, 48(12): 2240.
- [3] 姚二民, 周利军, 李晓, 等. 干燥方式对微波膨胀烟梗梗丝综合质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(12): 145.
- [4] 资文华, 何邦华, 刘坚, 等. 滚筒干燥叶丝过程工艺参数优化[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2012(4): 85.
- [5] 刘国栋, 王旭锋, 李向阳. 制丝工艺参数对烟叶叶丝耐加工性和填充值的影响[J]. 河南农业科学, 2015(8): 145.
- [6] 段鹄, 赵永振, 芦昶彤, 等. 对流干燥对烟丝表面温度及理化特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(10): 184.
- [7] 张迪, 张乾, 朱建新, 等. 烘丝工艺参数对叶丝弹性和填充值的影响[J]. 云南化工, 2015(6): 6.
- [8] 崔升, 韦小玲. 烘丝工艺参数对烟丝加工质量的影响[J]. 南方农业学报, 2014, 45(12): 2248.
- [9] 张炜, 刘江生, 王道宽, 等. KLD2-3 两段式滚筒烘丝机控制模式研究[J]. 烟草科技, 2013(3): 8.
- [10] 崔升, 李日南. 基于稳健设计的滚筒烘丝机叶丝干燥工艺的优化[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(11): 130.
- [11] 段鹄, 王冰, 陈孟起, 等. 滚筒干燥过程中筒壁温度对烟丝理化品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(12): 200.
- [12] 王岩, 朱文魁, 刘楷丽, 等. 滚筒分段变温干燥方式下烤烟叶丝质量的变化特征[J]. 烟草科技, 2015, 48(8): 60.
- [13] 崔升. HXD 工艺参数优化及其对烟丝质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(12): 128.
- [14] 郑松锦, 段海涛, 刘柏松, 等. 滚筒式梗丝干燥加工参数的优化[J]. 烟草科技, 2015, 48(1): 59.
- [15] 方开泰, 马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [16] 国家烟草专卖局. 卷烟烟丝填充值的测定: YC/T 152—2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [17] 国家烟草专卖局. 烟丝整丝率、碎丝率测定方法: YC/T 178—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [18] 国家烟草专卖局. 卷烟 第4部分 感官技术要求: GB 5606.4—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.