



引用格式:张炜,毛多斌,江家森,等. 滚筒干燥不同控制变量对卷烟产品质量的影响研究[J]. 轻工学报,2016,31(2):41-46.

中图分类号:TS452.3 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2016.2.006

文章编号:2096-1553(2016)02-0041-06

滚筒干燥不同控制变量对卷烟产品质量的影响

The effects of different control variables of cylinder dryer on cigarette product quality

张炜^{1,2},毛多斌¹,江家森²,常明彬^{1,2},郭剑华³,邓宏博²,江石河³
ZHANG Wei^{1,2}, MAO Duo-bin¹, JIANG Jia-sen², CHANG Ming-bin^{1,2},
GUO Jian-hua³, DENG Hong-bo², JIANG Shi-he³

1. 郑州轻工业学院 食品与生物工程学院,河南 郑州 450001;
2. 福建中烟工业有限责任公司 技术中心,福建 厦门 361021;
3. 龙岩烟草工业有限责任公司 制丝车间,福建 龙岩 364021

1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;
2. Technology Center, China Tobacco Fujian Industrial Co., Ltd., Xiamen 361022, China;
3. Primary Processing Workshop, China Tobacco Longyan Industrial Co., Ltd., Longyan 364021, China

关键词:

滚筒干燥控制变量;
筒壁温度;热风风速;
入口物料流量;卷烟
产品质量

Key words:

cylinder dryer control
variable; cylinder tem-
perature; hot air speed;
entrance material flow;
cigarette product quality

摘要:以滚筒干燥设备中筒壁温度、热风风速、入口物料流量作为控制变量,分别从烟丝物理质量、常规化学成分、感官品质、过程响应速度及稳定性等方面对比分析了不同控制变量对卷烟产品综合质量的影响.结果表明:1)不同控制变量对叶丝整丝率、碎丝率和填充值无明显规律性影响;2)热风风速变量相比其他变量,其所控制的水溶性总糖和水溶性还原糖含量高,总氮、总植物碱、钾和氯的含量无明显规律性影响;3)热风风速控制变量的感官品质评价效果最优,筒壁温度的波动对产品感官品质的影响程度较大,入口物料流量的波动对感官品质影响最小;4)热风风速调节变量对出口叶丝含水率的响应速度较快且稳定性较好,入口物料流量调节变量对于出口叶丝含水率的响应速度较慢且稳定性较差.

收稿日期:2015-05-19

基金项目:国家自然科学基金项目(21576217)

作者简介:张炜(1981—),男,福建省龙岩市人,郑州轻工业学院硕士研究生,福建中烟工业有限责任公司工程师,主要研究方向为烟草工艺.

通信作者:毛多斌(1962—),男,河南省郑州市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为烟草化学与香精香料.

Abstract: With the cylinder temperature, the hot air speed and the entrance material flow in the cylinder dryer as control variables, the comparative analysis was made on the influence of different control variables on the physical quality, chemical conventional ingredients, sensory quality, response speed and stability of the cigarette products. The results showed that: 1) No regularly difference was found between different control variables on the physical quality like silk rate, broken rate and filling value. 2) Total water soluble sugar and total reducing sugar in hot air speed control mode were higher than others, while total nitrogen, total vegetable base, potassium and chlorine content had no regularly difference. 3) The sensory quality of the hot air speed control mode was the best, and the cylinder temperature fluctuation was very easy to have impact on the sensory quality of the product, while the entrance of material flow fluctuation had little effect on the sensory quality. 4) The hot air speed control mode had a fast response and a good stability of outlet moisture, and the entrance material flow control mode had a slow response and a poor stability.

0 引言

滚筒干燥设备是卷烟制丝生产过程中的关键设备之一,其工艺任务是将切丝后的叶丝烘干,使其含水率符合工艺要求^[1].为满足滚筒干燥出口叶丝含水率的指标要求,滚筒干燥设备设计了多种控制变量参数^[2],不同的控制变量参数经过一段时间的自适应调节,均能满足出口叶丝含水率的指标要求,但其响应时间及对卷烟产品质量的影响程度各不相同.对于滚筒烘丝机,烟草行业有较多的研究和分析^[3-6];但对筒壁温度、热风风速、入口物料流量这3种控制变量的对比研究,尚未检索到相关报道.因此,本文设定筒壁温度、热风风速、入口物料流量3种调节参数作为不同控制变量,设计不同梯度的叶丝干燥入口含水率的重复性试验,分析不同控制变量对卷烟产品综合质量的影响,并给予评价,旨在为卷烟产品工艺加工过程的优化和提高卷烟产品的质量稳定性提供参考.

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

材料:某牌号二类烤烟型叶组配方,龙岩烟草工业有限责任公司生产.

仪器:KLD2-3型两段式滚筒烘丝机(设计干物质流量500 kg/h),德国HAUNI公司产;

TM710型在线水分仪,美国NDC红外技术公司产;MX2型红外测温仪,美国Raytek公司产;H110型电子天平(感量0.000 1 g),德国沙多利斯公司产;LC-213烘箱,日本ESPEC公司产;D51型填充值测定仪,德国Factory Densimeter公司产;YQ-2型烟丝振动分选筛,YQ-32型碎丝机,郑州烟草研究院产.

1.2 方法

1.2.1 试验设计 取滚筒干燥设备的筒壁温度、热风风速、入口物料流量3种不同的控制变量进行试验,在试验过程中让其中1个控制变量进行反馈自动控制,固定其他2个变量,以满足叶丝干燥出口含水率的指标要求.为更好地验证试验结果,设计了A、B两组不同梯度条件的入口叶丝含水率进行重复性试验,其中A组为试验1[#]—3[#],B组为试验4[#]—6[#];试验1[#],4[#]为筒壁温度控制方式,试验2[#],5[#]为热风风速控制方式,试验3[#],6[#]为入口物料流量控制方式,分别从物理质量、常规化学成分、感官品质3方面对比分析不同控制变量对卷烟产品综合质量的影响.同时,设计20组相同条件重复性验证试验,进一步对比分析3种不同控制变量对于过程响应速度及出口含水率稳定性的影响程度.20组相同条件的重复性试验参数与A组参数设置一致.

试验参数设置见表1.

表1 试验参数设置表

Table 1 Parameter design of experiment

试验序号	入口叶丝含水率/%	筒壁温度/°C	热风风速/(m·s ⁻¹)	入口物料流量/(kg·h ⁻¹)
1 [#]		自动调节	0.2	550
2 [#]	19.2	温度 A	自动调节	550
3 [#]		温度 A	0.2	手动调节
4 [#]		自动调节	0.2	550
5 [#]	19.7	温度 B	自动调节	550
6 [#]		温度 B	0.2	手动调节

注:温度 A 为试验 1[#] 稳定后的筒壁温度值,温度 B 为试验 4[#] 稳定后的筒壁温度值。

1.2.2 测试方法 物理质量:按照文献[7—10]的方法,分别测定烘丝机入口、出口物料的含水率及烘丝机出口的烟丝结构、填充值等值,每次试验在稳态后取 3 个样本进行测量,并取其平均值作为检测结果。

化学成分:按照文献[11—14]规定的方法,分别测定烘丝后各叶丝样品的总氮、总植物碱、水溶性总糖、水溶性还原糖、钾、氯含量,每次试验在稳态后取 3 个样本进行测量,并取其平均值作为检测结果。

感官评吸:由福建中烟工业有限责任公司技术中心组织评吸委员 11 人,按照文献[15]的要求,采用 9 分制评价标准对卷烟样品品质进行感官评价。评吸过程中,先确定其中 1 个样品的基准得分,其余 2 个样品与基准样品进行各单项指标比较评价,最后取所有评吸员得分均值作为感官评价结果。

2 结果与讨论

2.1 物理质量

滚筒干燥试验后叶丝的物理质量检测结果见表 2。从表 2 中可以看出:1)对于整丝率指标,A 组试验 1[#]—3[#]数据较为接近,B 组试验 4[#]—6[#]数据较为接近,两组试验的物理质量检测结果无明显规律性;对于碎丝率指标,A 组试验 1[#]—3[#]数据较为接近,B 组试验 4[#]—6[#]数据

较为接近,说明筒壁温度、热风风速与入口物料流量 3 个控制变量对于整丝率与碎丝率没有明显的规律性影响。2)对于填充值指标,A 组试验 1[#]—3[#]的检测数据较为接近,B 组试验 4[#]—6[#]的检测数据较为接近,但 B 组填充值数据明显大于 A 组,表明填充值指标与控制变量无明显规律性,而与脱水量影响相关,随着入口含水量的增加,填充值呈明显的上升趋势。

表2 试验物理质量检测结果

Table 2 Physical quality examination results %

试验序号	入口叶丝含水率	出口叶丝含水率	填充值/(cm ³ ·g ⁻¹)	整丝率	碎丝率
1 [#]		12.66	4.82	76.87	2.70
2 [#]	19.42	12.72	4.88	77.70	2.57
3 [#]		12.52	4.88	76.53	2.63
4 [#]		12.81	5.04	77.93	2.67
5 [#]	20.01	12.71	5.09	78.50	2.77
6 [#]		12.64	5.11	79.07	2.50

2.2 常规化学成分

滚筒干燥试验后叶丝常规化学成分检测结果见表 3。从表 3 可以看出,对于总氮、总植物碱、钾和氯,A 组试验 1[#]—3[#]和 B 组试验 4[#]—6[#]均无明显规律性;对于水溶性总糖和水溶性还原糖,热风风速控制变量的试验(2[#],5[#])的含量相比其他控制变量试验的含量较高。

2.3 感官品质

不同控制模式烘后叶丝感官品质对比评吸结果见表 4。由表 4 可知:1)筒壁温度控制变量

表3 试验常规化学成分检测结果

Table 3 Chemical detection results %

试验序号	总氮	总植物碱	水溶性总糖	水溶性还原糖	钾	氯
1 [#]	2.21	2.20	21.00	18.90	2.23	0.43
2 [#]	2.18	2.24	21.70	20.50	2.11	0.44
3 [#]	2.27	2.18	20.20	18.40	2.17	0.44
4 [#]	2.10	2.29	20.80	19.70	2.26	0.44
5 [#]	2.20	2.25	21.10	20.40	2.28	0.47
6 [#]	2.10	2.21	20.70	19.70	2.25	0.46

的试验(1[#],4[#])品质感官评价得分差异较大,主要体现在香气量、透发性、细腻程度、刺激性及回味等影响因素较大;2)热风风速控制变量的试验(2[#],5[#])品质感官评价得分差异较小,且基本高于其余两种控制变量的感官品质得分;3)入口物料流量控制变量的试验(3[#],6[#])品质感官评价得分存在一定的差异,但其总分的差异程度小于筒壁温度控制感官质量总分的差异程度,试验3[#],6[#]感官品质差异主要体现在香气

量、浓度、劲头及细腻程度等方面.

2.4 过程响应速度与稳定性

分别对筒壁温度控制、热风风速控制、入口物料流量控制3种控制模式进行20批次的重复性试验,以评价过程响应速度与稳定性.出口含水率的标偏数据见图1.

对3种控制模式的含水率标偏进行误差值统计,描述结果见表5.由表5可知,热风控制的出口含水率标偏均值和标准差均最小,物料

表4 不同控制模式烘后叶丝感官品质对比评吸结果

Table 4 Sensory quality of different control variables

试验序号	香气特性				烟气特性				口感特性				总分
	香气质	香气量	透发性	杂气	浓度	劲头	细腻程度	成团性	刺激性	干燥感	干净程度	回味	
1 [#]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
2 [#]	7	7	7.5	7.5	7	6.5	6.5	7	7	7.5	7	7.5	85
3 [#]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
4 [#]	7	7.5	7.5	6.5	6.5	7	6	7	6	6.5	7	6.5	81
5 [#]	7	7.5	7.5	7	7	7	6.5	7	6.5	6.5	7	7	83.5
6 [#]	7	7.5	7	7	6.5	6.5	6	7	6.5	7	7	7	82

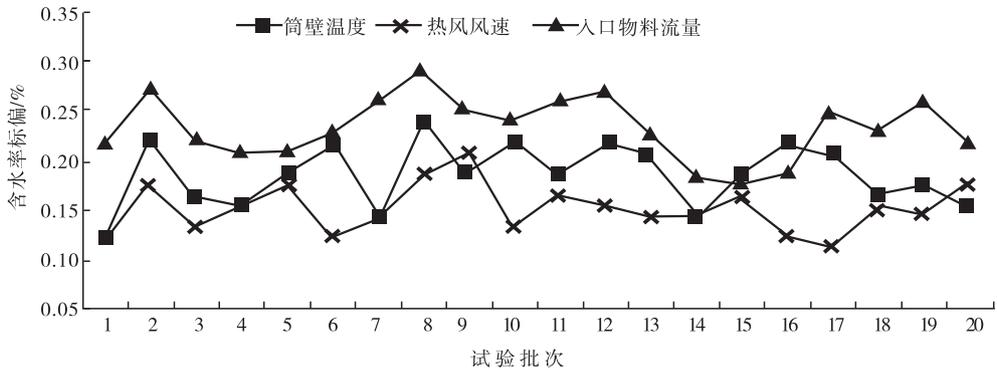


图1 出口含水率标偏数据

Fig. 1 Moisture standard partial data

表5 不同控制变量的出口含水率标偏描述

Table 5 Moisture standard partial data of different control variables

控制变量	样本数量	均值	标准差	标准误差	均值的95%置信区间		极小值	极大值
					下限	上限		
筒壁温度	20	0.189 5	0.030 17	0.006 75	0.175 4	0.203 6	0.13	0.24
热风风速	20	0.157 5	0.023 14	0.005 17	0.146 7	0.168 3	0.12	0.21
入口物料流量	20	0.234 0	0.029 81	0.006 66	0.220 1	0.247 9	0.18	0.29
总数	60	0.193 7	0.041 86	0.005 40	0.182 9	0.204 5	0.12	0.29

控制的出口含水率标偏均值最大,即表明热风控制的出口含水率稳定性较高,物料流量控制的出口含水率稳定性较差。

对3种控制模式的结果进行方差齐性检验,结果见表6。由表6可知,检验结果 $P = 0.369 > 0.05$,即表明不同控制模式结果的方差是齐性的。对3种控制模式的含水率标偏结果进行单因素方差检验,并进行两两比较,结果分别见表7和表8。

由表7和表8可知,单因素方差检验结果 $P < 0.05$,即说明3种不同控制模式的烘丝出口含水率标偏的差异是显著的。从两两比较结果可知,热风风速控制模式误差小于筒壁温度控制和入口物料流量模式,筒壁温度控制模式又优于入口物料流量控制模式,即对于出口含水率的稳定性而言,热风风速控制效果最优,筒壁温度控制效果其次,入口物料流量控制效果

最差。

对于3种控制变量的调节,其批内极差值见图2。其中,物料流量极差值为最大值和最小值的差值与最小值的比值。

对图2数据进行统计分析,其结果见表9。

表6 方差齐性检验

Table 6 Test of homogeneity variance

Levene 统计量	df_1	df_2	显著性(P 值)
1.015	2	57	0.369

表7 不同控制变量的出口含水率标偏单因素方差检验

Table 7 One-way anova of moisture standard partial data

来源	平方和	Df	均方	F	显著性(P 值)
组间	0.059	2	0.030	37.942	0.000
组内	0.044	57	0.001		
总数	0.103	59			

表8 不同控制变量的出口含水率标偏多重比较

Table 8 Multiple comparison of moisture standard partial data

(I) 组别	(J) 组别	均值差 (I - J)	标准误	显著性	95% 置信区间	
					下限	上限
筒壁温度	热风风速	0.032 00*	0.008 82	0.001	0.014 3	0.049 7
	入口物料流量	-0.044 50*	0.008 82	0.000	-0.062 2	-0.026 8
热风风速	筒壁温度	-0.032 00*	0.008 82	0.001	-0.0497	-0.0143
	入口物料流量	-0.076 50*	0.008 82	0.000	-0.094 2	-0.058 8
入口物料流量	热风风速	0.076 50*	0.008 82	0.000	0.058 8	0.094 2
	筒壁温度	0.044 50*	0.008 82	0.000	0.026 8	0.062 2

注: * 均值差的显著性水平为0.05。

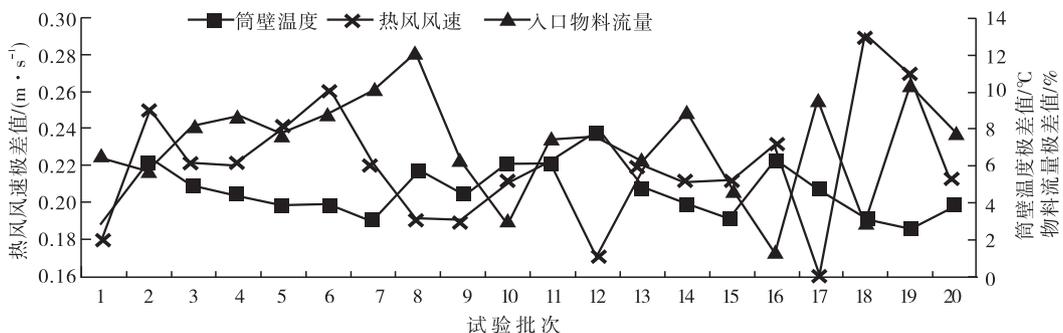


图2 调节变量批内极差值数据

Fig. 2 Range data of variable batch

由表9可知:对于调节变量的批内极差值,筒壁温度调节变量的变异系数与热风风速调节变量的变异系数接近,入口物料流量调节变量的变异系数最大,即表明入口物料流量调节变量的波动相对较大,对于出口叶丝含水率的响应速度较慢。

表9 3种调节变量批内极差值对比

Table 9 Comparison of three variables within the range value

变量	均值	最大值	最小值	变异系数
筒壁温度	7.388	9.66	5.98	13.36
热风风速	0.219	0.29	0.16	14.94
入口物料流量	9.226	12.64	5.11	20.48

结合上述出口叶丝含水率标偏的方差分析及调节变量批内极差值的变异系数统计结果可知:热风风速调节变量对于出口叶丝含水率的响应速度较快且稳定性较好,入口物料流量调节变量对于出口叶丝含水率的响应速度较慢且稳定性较差。

3 结论

将滚筒干燥设备中筒壁温度、热风风速、入口物料流量作为控制变量,研究其对卷烟产品的物理质量、常规化学成分、感官品质、过程响应速度与稳定性的影响,得出如下结论。

1)物理质量方面:不同控制变量对叶丝填充值、整丝率及碎丝率指标无明显规律性影响,但填充值与脱水量影响相关,随着入口含水量的增加,填充值呈明显的上升趋势。

2)常规化学成分方面:相比其他变量,热风风速变量所控制的水溶性总糖和水溶性还原糖含量较高,总氮、总植物碱、钾和氯的含量无明显规律性影响。

3)感官品质方面:热风风速控制变量的感官品质评价效果最优且差异较小;筒壁温度的波动对产品感官品质的影响程度较大,主要体

现在香气量、透发性、细腻程度、刺激性及回味等;入口物料流量的波动对感官品质有一定的影响,但其影响程度小于筒壁温度控制变量波动产生的影响。

4)过程响应速度及稳定性方面:热风风速调节变量对于出口叶丝含水率的响应速度较快且稳定性较好,入口物料流量调节变量对于出口叶丝含水率的响应速度较慢且稳定性较差。

通过滚筒干燥不同控制变量对产品质量及响应速度等方面的影响研究,可以为卷烟产品的工艺加工过程优化提供参考,提高卷烟产品的质量稳定性。

参考文献:

- [1] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范[M]. 北京: 中央文献出版社, 2003.
- [2] 陈良元. 卷烟生产工艺技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2002.
- [3] 林天勤, 钟文焱, 郭剑华, 等. 滚筒烘丝机烟丝含水率控制系统的改进[J]. 烟草科技, 2013(12): 14.
- [4] 张炜, 刘江生, 王道宽, 等. KLD2-3 两段式滚筒烘丝机不同控制模式研究[J]. 烟草科技, 2013(11): 8.
- [5] 卢彦华, 张峻松, 于录, 等. 滚筒烘丝工艺参数优化研究[J]. 郑州轻工业学院学报, 2009, 24(1): 5.
- [6] SHIN J H, HWANG K S, JANG S P, et al. Flow and thermal characteristics of condensing steam in a single horizontal mini-channel of a multiport cylinder dryer[J]. Drying technology, 2011, 29(1): 47.
- [7] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品 试样的制备和水分测定 烘箱法: YC/T 31—1996 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [8] 中国国家标准化管理委员会. 卷烟 烟丝填充值的测定: YC/T 152—2001 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2001. (下转第 65 页)

- [40] 邱剑,王慧芳,陈志光,等. 智能变电站自动化系统有效度评估模型研究[J]. 电力系统自动化,2013,37(9):1.
- [41] 祖卫华,刘莉. 智能微电网控制策略浅析[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版),2012,8(3):204.
- [42] 刘科研,盛万兴,张东霞,等. 智能配电网大数据应用需求和场景分析研究[J]. 中国电机工程学报,2015,35(2):287.
- [43] 刘小聪,王蓓蓓,李扬,等. 智能电网下计及用户侧互动的发电日前调度计划模型[J]. 中国电机工程学报,2013,33(1):30.
- [44] Executive Office of the President, National Science and Technology Council. U. S. A policy framework for the 21st century grid: a progress report[EB/OL]. (2013 - 01 - 10) [2015 - 05 - 10]. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/2013_nstc_grid.pdf.
- [45] 王思彤,周晖,袁瑞铭,等. 智能电表的概念及应用[J]. 电网技术,2010(4):17.
- [46] 田世明,王搭宿,张晶. 智能电网条件下的需求响应关键技术[J]. 中国电机工程学报,2014,34(22):3576.
- [47] 史梦洁,韩笑,程志艳,等. 面向电力需求侧的大数据应用研究分析[J]. 供用电,2014,31(12):20.
- [48] 张钦,王锡凡,王学建. 需求侧实时电价下供电商购售电风险决策[J]. 电力系统自动化,2010,34(3):22.
- [49] 张新昌,周逢权. 智能电网引领智能家居及能源消费革新[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(5):59.
- [50] 高志远,曹阳,朱力鹏. 智能变电站未来发展的分析方法研究[J]. 电网与清洁能源,2013,29(2):11.
- [51] 张健,蒲天骄,王伟,等. 智能电网示范工程综合评价指标体系[J]. 电网技术,2011,35(6):5.
- [52] 王益民. 坚强智能电网技术标准体系研究框架[J]. 电力系统自动化,2010,34(22):1.

(上接第46页)

- [9] 中国国家标准化管理委员会. 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,2003.
- [10] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺测试与分析大纲[M]. 成都:四川大学出版社,2004.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法:YC/T 159—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品 钾的测定 火焰光度法:YC/T 173—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法:YC/T 162—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [15] 中国国家标准化管理委员会. 烟草在制品 感官评价方法:YC/T 415—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.