

切叶丝含水率精准控制模式在卷烟制丝中的应用

李思源, 华一崑, 刘继辉, 胡东东, 赵佳成, 马晓龙, 王玉真, 杨晶津*

(红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南昆明 650231)

摘要 [目的] 研究制丝过程二次回潮加料、加料工序补水的控制模式对制叶丝切叶丝含水率控制稳定性的影响, 为该控制模式在制丝线的应用提供数据支撑。[方法] 通过对比制丝过程中 2 种切叶丝含水率的控制模式, 用过程能力指数 Cpk 评价切叶丝含水率的稳定性及精准控制水平, 分析不同控制模式对下游烘丝工序稳定性、精准控制水平以及卷烟感官品质的影响。[结果] 采用两级加料合并为二次回潮加料并通过加料工序出料水分自动闭环控制补水来满足切叶丝含水率工艺需求的控制模式, 可有效提高切叶丝含水率 Cpk 和烘丝工序筒壁温度 Cp。采用新控制模式的试验样品与大生产样品香气风格特征无明显差异, 试验样品的香气清晰度、烟气润感、细腻度好于大生产样品。[结论] 加料工序补水的控制模式可以有效提升制丝过程中切叶丝含水率的精准控制水平, 且有助于提升后续工序稳定性控制水平。

关键词 切叶丝含水率; 加料工序补水; 精准控制

中图分类号 TS452+.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)14-0156-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.14.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Precision Control Mode of Water Content in Tobacco Leaf in the Cutting Process of Cigarette

LI Si-yuan, HUA Yi-kun, LIU Ji-hui et al (Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650231)

Abstract [Objective] To investigate the influences of the control mode of twice moisture recharging and feeding moisture recharging in the cutting process on the control stability of water content in tobacco leaf, and provide data supports for the application of this control mode in the tobacco leaf-making line. [Method] By comparing two control modes of water content in the tobacco leaf-making process, the stability and precision control level of water content in tobacco leaves were evaluated by using process capability index Cpk, and the effects of different control modes on the stability, precision control level of downstream tobacco leaf-drying process, and the sensory quality of cigarettes were studied. [Result] The water content Cpk of the tobacco leaf-cutting and cylinder wall temperature Cp of silk-drying process could be effectively increased by using the control mode of combining two stages of feeding into a primary moisture recovery feeding and automatic closed loop control of water refill through the secondary moisture recovery process. There was no significant difference in aroma style characteristics between the test samples in new control mode and large production samples. The test samples were better than large production samples in terms of aroma clarity, smoke moistening, and smoothness. [Conclusion] The control mode of water replenishment in the feeding process can effectively improve the precision control level of water content of the tobacco leaf in the filament-making process. And it can help to improve the stability control level of the subsequent processes.

Key words Water content of tobacco leaf; Refill water in feeding process; Precise control

烟片在切丝工序前需要进行相应处理, 特别是切叶丝含水率的控制等^[1]。切叶丝含水率作为叶丝膨胀与干燥工序的关键指标, 其控制水平对叶丝干燥过程中物料加工强度的均匀性有直接影响, 进而影响成品卷烟内在质量的均质化水平^[2-3]。为了保证切丝后叶丝的含水率保持相对稳定(标准偏差小、过程能力指数 Cpk 在 1.33 以上等)。现有工艺均是针对第一次松散回潮前叶片含水率的不同, 控制加水量, 即采用阶梯式加水方式在松散回潮工序对烟叶水分进行控制。当烟叶经过一次回潮、叶片含水率相对高时应减少加水量, 当叶片含水率低时应增加补水量; 在一次回潮后, 直接进行二次回潮微调叶片含水率, 并且将薄片松散后与二次回潮后的叶片按相应的配方比例进行掺配, 经过一级贮叶后, 再经过加料工序进入二级贮叶工段, 最后进行切丝^[4-5]。切叶丝含水率传统控制流程如图 1 所示。现有的生产工艺能够通过松散回潮和二次回潮工序进行加水, 以保证切丝后含水率的稳定。烟片经过松散回潮和二次回潮后, 根据生产实际情况, 烟片与薄片之间的水分交换时间过短, 且经过加料工序,

不能很好地调整烟片含水率, 从而造成切后烟丝含水率的稳定性差(标准偏差过大、Cpk 低于 1.33 等)。如何精准控制切丝后含水率的稳定性是烟草行业制丝过程的重点和难点。笔者开展了切叶丝含水率精准控制模式研究, 探究制丝过程中不同加水模式对切叶丝含水率精准控制水平的影响, 通过对卷烟制丝过程全批次数据的稳态数据样本分析, 判定切叶丝工序控制的稳定性^[6-7]。创新性地通过松散回潮工序恒加水, 将此前的二次加料变为一次加料, 在二次回潮工序完成加料任务, 而加料工序仅作为补水工序, 对前工序的物料水分在加料工序进行微调, 进而达到精准控制切叶丝含水率的目的。切叶丝含水率新型控制流程如图 2 所示。该研究的目的是为卷烟制造企业在制丝过程稳定性控制和精准性控制、减少制丝过程非稳态时间占比等方面提供数据支撑和参考, 为产品质量的稳定提供技术保障。

1 材料与方法

1.1 材料 红云红河烟草(集团)有限责任公司会泽卷烟厂云烟牌号 A 完整批次包括全批次烟片原料、薄片以及配套的全部糖香料。此外, 烟草专用糖香料均通过特定高压均质技术处理, 以保证糖香料的均质化和稳定性^[8-10]。

1.2 方法

1.2.1 试验样品的制备。 备料投料: 烟片、薄片备料投料按

基金项目 红云红河集团科技项目(HYHH2018GY06, HYHH2019GY07)。
作者简介 李思源(1988—), 男, 云南昆明人, 工程师, 硕士, 从事烟草工艺技术及设备研究。* 通信作者, 高级工程师, 从事烟草工艺技术研究。

收稿日期 2021-09-17

云烟牌号 A 大生产要求执行,薄片掺配方式和批次掺配定量按大生产要求执行。

烟片松散回潮:采用定量加水模式,松散回潮加水比例为 4.0%~4.5%,即在试验批次料头根据出料含水率的要求对加水比例进行适当调整。加水比例确定后,试验过程中不需要进行频繁调整,对试验批次松散回潮出料含水率不作稳定

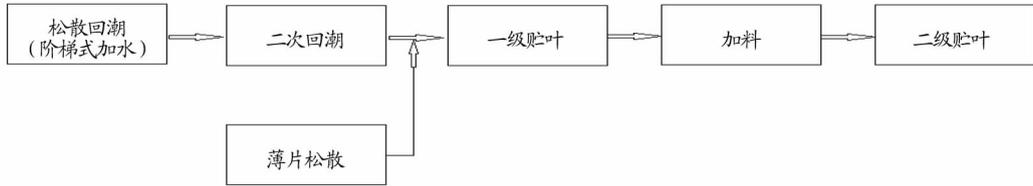


图 1 切叶丝含水率传统控制流程

Fig.1 The traditional control process of the moisture content of tobacco leaves

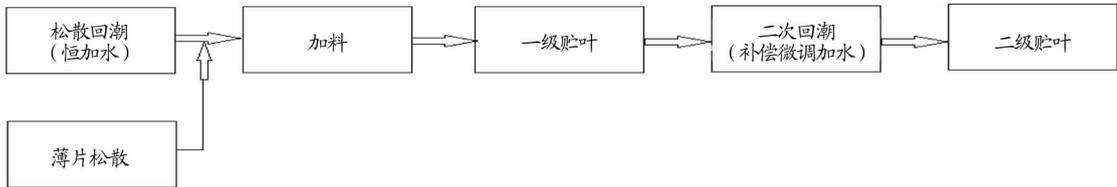


图 2 切叶丝含水率新型控制流程

Fig.2 New control process of the moisture content of tobacco leaves

箱式贮叶:将柜贮时间前移至箱贮,贮叶时间按 36~72 h 设置。

加料工序:作为试验批次烟片的水分调控工序,采用闭环控制模式对烟片含水率进行精准调控,以满足切叶丝含水率要求。加料工序出料含水率中心值按 21.0%进行设置,批内含水率允许误差调整为 ± 0.5 ;出料温度按 $(50.0 \pm 3.0)^\circ\text{C}$ 设置。

烟片经加料工序后放入贮叶柜进行混配及平衡水分,柜贮时间控制在 1 h 以内。

切叶丝含水率以及后序叶丝干燥、加香掺配等工序加工参数和质量指标均按大生产标准执行。

根据试验样品检测及评价要求,按云烟牌号 A 正常大生产卷包标准对试验烟丝进行卷制取样,对试验样品进行感官评价及相关检测,剩余试验烟丝根据检测评价结果进行处理。

1.2.2 取样检测及过程数据分析。出料含水率检测:取样点为薄片松散回潮、一级松散回潮、二次回潮、加料、切叶丝、叶丝增温增湿、薄板干燥、叶丝冷却、加香、贮丝工序出料口(3 个样品),每个工序检测 5 个样品,使用在线水分仪记录水分数据,检测方法为烘箱失重法。

出料温度检测:取样点为薄片松散回潮、一级松散回潮、二次回潮、加料、叶丝增温增湿、薄板干燥、叶丝冷却出料口,每个工序检测 5 个样品,使用在线温度仪记录温度数据,检测方法为手持红外测温仪在线检测。

烟丝结构及填充值:取样点为混丝加香出料口,检测 3 个样品,分别使用烟丝振动分选筛、填充值检测仪进行检测。

烟支物理指标的测定按照成品烟支物理指标取样和检测方法进行;主流烟气指标的测定按照卷烟主流烟气分析取

性要求。其他工艺参数、质量指标按大生产要求执行。

一次回潮:将原一次/二次回潮工序施加料液合并到一次回潮工序添加,加料比例按 5.0%设置;此工序不加水,出料含水率以实际显示值为准。其余工艺参数、质量指标按大生产要求执行。

样和检测方法进行。

制丝在线数据:从 MES 系统提报,分别是基于原始数据的“制丝历史数据分析表”(数采频率 6 s/个)和基于绝对稳态数据的“制丝参数/指标统计分析”。

过程能力指数(Cpk):当生产过程处于受控状态时,Cpk 反映过程波动的大小和均值偏离的程度^[11]。

$$C_{pk} = \frac{(USL - LSL) - 2|\mu - \bar{X}|}{6\sigma} \quad (1)$$

C_p 是假定过程输出的均值与规格中心重合时的过程能力之比^[12],计算公式如下:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2)$$

式中,USL 为指标设定上限值;LSL 为指标设定下限值;μ 为指标设定中心值;σ 为指标标准偏差。

2 结果与分析

2.1 不同控制流程切叶丝含水率的变化 按照切叶丝含水率传统控制流程,切叶丝含水率实际中心值波动大,且偏离标准中心值且贴近下限(图 3),C_{pk} 值为 1.35;按照切叶丝含水率新型控制流程,切叶丝含水率实际中心值控制范围波动较小,围绕标准中心值附近小幅波动(图 4),C_{pk} 值为 2.90。比较 2 种控制模式下切叶丝含水率的精准控制水平,新型切叶丝含水率控制流程将切叶丝含水率 C_{pk} 值提高了 1.55。

造成 2 种模式下切叶丝含水率 C_{pk} 产生差异的原因主要是过程控制中加水模式的改变。传统控制流程是在松散回潮和一次回潮工序进行加水,而二次回潮工序仅进行加料;新型控制流程是在松散回潮工序进行恒加水,在一次回潮工序进行加料,而二次回潮工序仅进行补水。由于烟片来

料本身水分存在差异,且本身在加料过程中也会混入一些水分,因而当来料水分差异较大时,传统控制流程很难缩小烟片之间的水分变化,或者说整批烟叶的水分波动很难控制。然而,新型控制流程在二次回潮进行补水相当于在水分控制

的最后一个环节增加了对水分调控的可能性,缩小了整批烟片水分的差异。此外,新型控制流程将薄片加入点前移,也减小了因薄片吸湿带来的批内水分差异^[13-14]。



图3 按照传统控制流程的切叶丝含水率控制情况

Fig.3 The control of water content of tobacco leaf according to the traditional control process

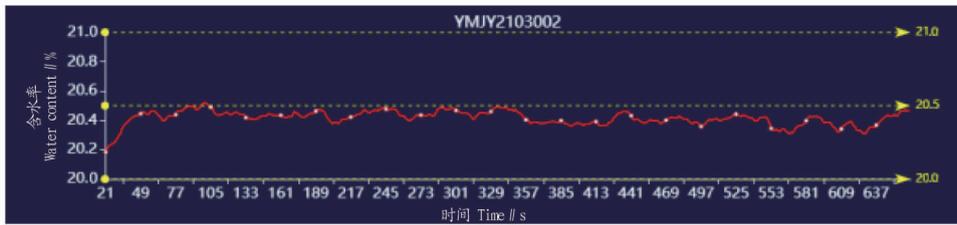


图4 按照新型控制流程的切叶丝含水率控制情况

Fig.4 Control of water content of tobacco leaf according to the new control process

2.2 不同控制流程薄板干燥筒壁温度的变化 不同控制流程下薄板干燥工序筒壁温度的控制情况如图5~6所示。由于筒壁温度的稳定性与前一个工序物料的水分密切相关^[15-16],因而采用传统控制流程的筒壁温度波动较大,尤其在料头阶段。采用新型控制流程的筒壁温度稳定性波动较小,基本在标准中心值附近,且料头阶段波动也较小。

由于新型控制流程减小了物料水分的波动,提高了物料水分的均匀性,因而在薄板干燥工序筒壁温度的稳定性提升是由于控制模式的改变。由于筒壁温度反映了该工序的干燥强度,因而采用新型控制流程的薄板干燥工序加工强度更加稳定。

2.3 试验样品烟支综合质量检测和评价结果 试验样品烟

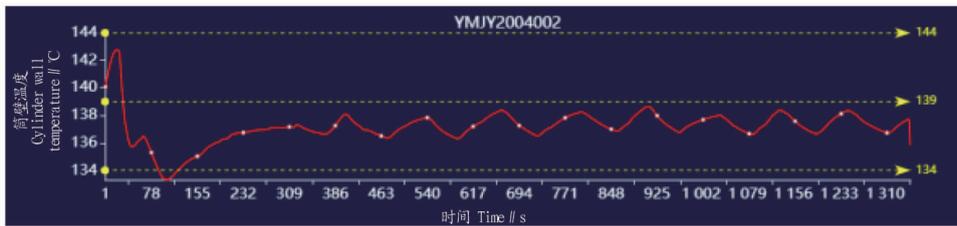


图5 按照传统控制流程的薄板干燥筒壁温度控制情况

Fig.5 The control of cylinder wall temperature of thin-plate drying according to traditional control process

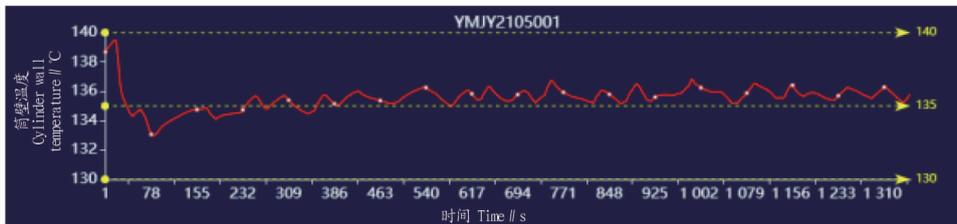


图6 按照新型控制流程的薄板干燥筒壁温度控制情况

Fig.6 The control of cylinder wall temperature of thin-plate drying according to new control process

支物理指标检测结果表明,试验样品重量 0.659 mg、圆周 20.0 mm、长度 87.8 mm、吸阻 1 300 Pa、硬度 63.5%。试验样品烟支烟气指标检测结果如表 1 所示。试验样品烟支物理指标与烟气指标均符合标准要求。工艺主管部门专家评委对试验样品进行感官质量评价^[17-19],结果表明试验样品与大

生产样品香气风格特征无明显差异,试验样品的香气清晰度、烟气润感和细腻度略好于大生产样品。由于新型控制流程批内切叶丝含水率控制稳定性、薄板干燥筒壁温度控制稳定性以及薄板干燥工序加工强度的稳定性均优于传统控制流程,因而新型控制流程下生产的样品在感官品质方面优于

传统控制流程。新型控制流程对物料化学成分的影响有待进一步研究。

表 1 试验样品烟支烟气指标检测结果

项目 Item	烟碱含量 Nicotine content//mg	焦油含量 Tar content mg	一氧化碳含量 Carbon monoxide content//mg
设计值 Designed value	1.0±0.2	10.0±2.0	11.0±3.0
实际值 Actual value	1.03	10.7	10.7

3 讨论

在烟丝制造过程中,烟丝的水分和温度是整个制造环节中最重要的 2 个关键指标。准确把控水分和温度,关系到烟丝的内在品质及外观表现。随着烟草行业装备技术水平的整体提升,制丝过程控制理念已由稳定性控制向精准控制方向转变,主要体现在对烟丝水分和温度的精准控制。该研究通过改变制造工艺流程,通过加水模式的改变,实现对切叶丝含水率的精准控制,即实现制丝过程中关键工序关键点的水分控制,为后面工序的稳定性、精准性控制提供了可能。然而,整个制丝过程是复杂的,除了与设备、工艺等密切相关外,与整个生产环境也关系密切。在工艺上实现对切叶丝含水率的精准控制后,下一步需要结合设备、环境等信息,对制丝过程最适合的切叶丝含水率进行预测^[20-21],这将会是行业智能控制的未来方向。

4 结论

该研究通过采用新型制丝过程控制流程,通过一次回潮、二次回潮工序进行水分闭环调控后,试验样品切叶丝含水率 Cpk 值为 2.90,有效提高了过程控制精准控制水平,实现了切叶丝含水率的精准控制,同时试验样品综合质量均满足产品设计要求。

(上接第 115 页)

- [13] 黎裕,王天宇,刘成,等.玉米抗旱品种的筛选指标研究[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):210-215.
- [14] 李忠旺,陈玉梁,罗俊杰,等.棉花抗旱品种筛选鉴定及抗旱性综合评价方法[J].干旱地区农业研究,2017,35(1):240-247.
- [15] 谢寅峰,沈惠娟.水分胁迫下 3 种针叶树幼苗抗旱性与硝酸还原酶和超氧化物歧化酶活性的关系[J].浙江林学院学报,2000,17(1):24-27.
- [16] 韩文萍,丁贵杰,鲍斌.不同种源马尾松对干旱胁迫的生理生态响应[J].中南林业科技大学学报,2012,32(5):25-29.
- [17] 施积炎,丁贵杰,袁小凤.不同家系马尾松苗木水分参数的研究[J].林业科学,2004,40(3):51-55.
- [18] 张甘霖,龚子同.土壤调查实验室分析方法[M].北京:科学出版社,

参考文献

- [1] 赵汉文,张军,李纳.含水率平行移动法稳定叶丝干燥工序工艺参数的研究[J].烟草科技,2012,45(10):13-15.
- [2] 唐军,何邦华,孔维玲,等.叶丝滚筒干燥过程复杂网络关系研究与应用[J].烟草科技,2020,53(10):88-95.
- [3] 徐维华,罗登山,雷樟泉,等.卷烟工艺规范[M].北京:中国轻工业出版社,2016:57-58.
- [4] 董海涛,师小琴,齐建军.浅谈提高叶丝加香出口水分过程能力的方法[J].中国科技信息,2013(24):160-163.
- [5] 何毅,李斌,普轶,等.基于梯度提升树的烟草回潮机出料含水率预测[J].软件,2020,41(6):151-157.
- [6] 刘继辉,许磊,马晓龙,等.基于随机森林回归的制丝过程参数影响权重分析[J].烟草科技,2017,50(2):63-71.
- [7] 金发岗,王雅琳,张鹏程,等.随机森林和 DE-ELM 的烘丝机入口含水率预测[J].控制工程,2020,27(3):532-539.
- [8] 李思源,李佳男,刘继辉,等.高压均质技术提高烟用料液稳定性[J].中国烟草学报,2019,25(2):14-20.
- [9] 李思源,刘继辉,汪显国,等.高压均质对烟用料液中微生物杀菌效果分析[J].烟草科技,2019,52(3):56-62.
- [10] 李思源,卢洪林,张博,等.高压均质压力对烟用料液中致香物质含量的影响[J].中国烟草学报,2019,25(5):31-39.
- [11] 颜斌,王斌会,徐锋.过程能力指数样本估计及置信区间构建方法[J].统计与决策,2020,36(10):37-41.
- [12] 王斌会.过程能力指数统计推断的大数据方法研究[J].统计与决策,2019,35(11):22-26.
- [13] 王迅键.烟草薄片保润研究[D].无锡:江南大学,2017.
- [14] 郑松锦,李斌,王宏生,等.薄片高温吸湿规律及其模型的试验研究[J].安徽农业科学,2013,41(9):4075-4076,4079.
- [15] 林斌,刘兴乐,温延,等.烘丝机筒壁温度异常波动原因分析及解决措施[J].设备管理与维修,2019(1):79-80.
- [16] 程书根.基于稳定筒温的薄片烘丝出口水分控制分析[J].设备管理与维修,2021(21):152-153.
- [17] 刘钟祥,罗登山,雷樟泉,等.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,2006.
- [18] 王明锋,赵建华,兰海强,等.卷烟感官评价中小组得分的两阶段统计法[J].烟草科技,2014,47(5):13-16.
- [19] 余江,詹建波,王浩,等.卷烟感官评价结果的统计分析方法研究[J].新型工业化,2017,7(6):19-24.
- [20] 钟文焱,陈晓社,马庆文,等.基于多因素分析的烘丝机入口含水率预测模型的建立与应用[J].烟草科技,2015,48(5):67-73.
- [21] 成帅帅.基于 BP 神经网络的烟叶回潮加水量预测模型[J].电子技术与软件工程,2018(20):166.

2012:1-254.

- [19] 徐超,吴小芹,张红岩.D-精氨酸对菌根化马尾松植株内源多胺和抗旱能力的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2009,33(4):19-23.
- [20] 赵永锋,王亚卿,贾晓艳,等.玉米杂交种苗期抗旱性鉴定与评价[J].安徽农业科学,2018,46(9):51-53.
- [21] SUPRUNOVA T, KRUGMAN T, FAHIMA T, et al. Differential expression of dehydrin genes in wild barley, *Hordeum spontaneum*, associated with resistance to water deficit[J]. Plant cell & environment, 2004, 27(10):1297-1308.
- [22] 李芳花,尹刚吉,刘迪.黑龙江省旱田节水灌溉信息系统土壤干旱指数分级标准的确定[J].黑龙江水利科技,2003(4):11-12.