

基于烟丝特性和卷制原理的卷烟机最佳回丝量计算模型

The optimal quantity of cut tobacco rolling back calculating model for cigarette machine based on its feature and the principle of cigarette processing

向虎 何孝强 王龙 邹玉胜

XIANG Hu HE Xiao-qiang WANG Long ZOU Yu-sheng

刘戈弋 杨涛 李绍臣

LIU Ge-yi YANG Tao LI Shao-chen

(红河红河烟草〔集团〕有限责任公司曲靖卷烟厂, 云南 曲靖 655001)

(Qujing Cigarette Factory, HongyunHonghe Tobacco〔Group〕Co., Ltd., Qujing, Yunnan 655001, China)

摘要:为确定卷烟机最佳回丝量,根据烟支卷制原理,结合烟支重量、规格、密度和平准盘凹槽规格、卷烟机吸丝道导轨规格等因素建立了卷烟机最佳回丝量计算模型。通过实例验证,该模型推算出的卷烟机回丝量是合适的,不仅能提供满足烟支质量要求的烟丝量,而且能最大程度减少因回丝量过大造成的烟丝造碎,降低烟支含末率,提升产品质量。该模型确定卷烟机最佳回丝量的方法实施方便,且不受卷烟机机型、烟支规格、原辅材料等因素限制,具有一般适用性。

关键词:回丝量;卷制原理;平准盘;烟支密度

Abstract: In order to find out the optimal quantity of cut tobacco rolling back for cigarette machine, a model was built according to cigarette features, creteur specifications and the track of cut tobacco adsorbed specifications based on the principle of cigarette processing. The quantity of tobacco rolling back which calculated by this model could be appropriate through application cases, and this quantity of tobacco rolling back could provide the enough cut tobacco for cigarette. Moreover, it also could reduce the cigarette dust content and promote the quality of cigarette. The method calculating the quantity of cut tobacco rolling back promoted by this model was convenient to

implement with no limiting of machine type, specifications of cigarette and materials.

Keywords: quantity of cut tobacco rolling back; principle of cigarette processing; creteur; cigarette density

为提高卷烟机供丝的均匀性和稳定性,保证烟支重量符合设计要求,在吸丝成型过程中,要求经过针辊的供丝量大于烟支需要的烟丝量,多余的烟丝经过平准盘修整后形成回丝,通过回丝装置返回供丝系统,一般要求回丝量为供丝量的25%~40%。回丝量不足则会导致烟支空头率增加、烟支重量不稳定等问题,回丝量过大会造成过多的烟丝造碎,增加烟支含末率^[1],而烟支含末率的增加,又会使烟支空头率和端部落丝量增加^[2-3],并影响卷烟吸阻^[4],同时有可能造成烟丝堵塞^[5],影响生产效率,因此合适的回丝量对卷烟物理、感官质量、烟丝消耗和生产效率都至关重要。目前,确定卷烟机最佳回丝量的方法主要有:利用一元线性回归和三次趋势预测模型,对卷烟机不同供丝量下的烟支空头率、烟支重量标偏和烟机堵塞停机次数进行分析,确定最佳回丝量^[5];通过设定不同回丝量进行大量试验,根据空头烟支数量和烟支重量标偏来确定不同来料烟丝对应的回丝量^[6];运用均匀设计和回归分析的方法研究使烟支重量标偏最小的卷烟机回丝量^[7];利用控制图研究不同回丝量对卷烟单支重量的影响,确定最佳回丝量^[8]。以上方法均是以烟支质量或烟丝堵塞次数为目标变量,通过调整不同回丝量进行试验,根据试验结果采用不同分析方法确定最佳回丝量,该方法受随机因素干扰较大,当机型和烟丝特性发生变化时,需要重

基金项目:红河红河烟草〔集团〕有限责任公司科技项目(编号:HYHH2018JC02)

作者简介:向虎,男,红河红河烟草〔集团〕有限责任公司曲靖卷烟厂工程师,本科。

通信作者:何孝强(1988—),男,红河红河烟草〔集团〕有限责任公司曲靖卷烟厂质量工程师,硕士。

E-mail: chu785072922@qq.com

收稿日期:2018-07-17

新进行试验确定,适用范围存在一定局限性。本研究从烟支卷制的工艺原理出发,结合烟丝特性、卷烟规格和设备特征,建立一种具有一般适用性的确定卷烟机最佳回丝量的方法,为卷烟机设定合理回丝量提供参考。

1 模型建立

在吸丝成型过程中,烟丝在负压作用下吸附在吸丝带上,在吸丝轨道的作用下形成烟丝束,经平准盘削减后进入烟枪,卷烟纸包裹后形成烟条,其中平准盘一般设计有凹槽,在削减烟丝束时使烟支两端的烟丝量略多于中部烟丝量,形成紧头,这样的设计能避免烟支产生空头的同时减少烟丝用量^[9]。

吸丝带下方形成的烟丝束厚度由烟支设计重量和供丝量决定,供丝量不足会造成烟丝束较薄,平准盘在削减丝束时凹槽内就可能无法填满烟丝,从而造成烟支紧头位置烟丝量的波动,进一步导致烟支重量的波动;如果供丝量过大,又会造成过多的烟丝被削减形成回丝,导致更多的烟丝造碎,增加烟丝消耗,使烟支含末率增加,影响卷烟品质。因此最佳的回丝量应该是在满足卷烟重量设计要求的同时,当平准盘削减丝束时深槽填满烟丝的最小供丝量对应的回丝量。

根据以上最佳回丝量需要满足的条件可以构建最佳回丝量的计算模型。假设削减盘削减的烟丝束密度是均匀的,从烟条形成的过程可以发现,平准盘削减后吸附在吸丝带上的烟丝量就等于成品烟丝的烟丝量加上烟条在切割和输送过程中两端掉落的烟丝量,而且烟条紧头和中段的烟丝含量与烟丝束对应位置的烟丝含量相同,因此有以下关系式:

$$\begin{cases} mt_a = ms_a; \\ mt_b = ms_b, \end{cases} \quad (1)$$

式中:

- t ——烟条切割前的单倍长无嘴烟条(裸烟条);
- s ——平准盘削减后单倍长烟丝束(烟丝束);
- mt_a ——裸烟条紧头位置的烟丝量,g;
- ms_a ——烟丝束紧头位置的烟丝量,g;
- mt_b ——裸烟条中段烟丝量,g;
- ms_b ——烟丝束中段烟丝量,g。

裸烟条紧头位置和烟支中段位置烟丝含量可以通过测量成品烟支的密度得到;当平整盘削减烟丝束时凹槽内填满烟丝时,烟丝束紧头位置的密度和中段密度相等,烟丝束紧头位置的体积包括凹槽体积和等同于凹槽弧长的烟丝束中段体积,为便于计算,裸烟条和烟丝束的中段长度取平准盘深槽弧长的1/2,因此有:

$$\begin{cases} mt_a = \frac{l_1}{2} \times \pi \times r^2 \times \rho_1; \\ mt_b = \frac{l_1}{2} \times \pi \times r^2 \times \rho_2; \\ ms_a = \left(v_c + \frac{l_1}{2} \omega \times h \right) \times \rho_x; \\ ms_b = \frac{l_1}{2} \omega \times h \times \rho_x, \end{cases} \quad (2)$$

式中:

- l_1 ——平准盘深槽弧长,mm;
- r ——烟支半径,mm;
- ρ_1 ——烟条紧头位置的密度,g/mm³;
- ρ_2 ——烟条中段密度,g/mm³;
- v_c ——平准盘深槽体积,mm³;
- ω ——吸丝带下端吸丝轨道宽度,mm;
- h ——平准盘削减后的烟丝束中段厚度,mm;
- ρ_x ——烟丝束密度,g/mm³。

将式(2)代入式(1)得到:

$$\frac{l_1}{2} \times \pi \times r^2 \times \rho_1 = \left(v_c + \frac{l_1}{2} \omega \times h \right) \times \rho_x, \quad (3)$$

$$\frac{l_1}{2} \times \pi \times r^2 \times \rho_2 = \frac{l_1}{2} \omega \times h \times \rho_x. \quad (4)$$

联立式(3)、(4)可以推出烟丝束密度和厚度:

$$\rho_x = \frac{l_1 \pi r^2 (\rho_1 - \rho_2)}{2v_c}, \quad (5)$$

$$h = \frac{2v_c \rho_2}{l_1 \omega (\rho_1 - \rho_2)}. \quad (6)$$

式(6)计算出的 h 表示为满足卷烟设计重量烟丝束非紧头位置所需的厚度,为使烟丝填满平准盘凹槽,还需在此厚度基础上加上凹槽深度,同时为确保平准盘能充分削减烟丝,还要考虑平准盘本身材质的厚度,因此平准盘削减前烟丝束的最佳厚度为: $h + d_1 + T$,此烟丝束厚度对应的单支卷烟供丝量为:

$$G = (h + d_1 + T) l \omega \rho_x, \quad (7)$$

式中:

- G ——单支卷烟最佳供丝量,g;
- d_1 ——平准盘深槽深度,mm;
- T ——平准盘材质厚度,mm;
- l ——无嘴烟支长度,mm;
- ω ——吸丝带下端吸丝轨道宽度,mm;
- ρ_x ——烟丝束密度,g/mm。

此供丝量对应的回丝量就是最佳回丝量:

$$H = \frac{G - m}{G} \times 100\%, \quad (8)$$

式中:

- H ——最佳回丝量,%;
- G ——单支卷烟最佳供丝量,g;
- m ——单支卷烟烟丝量,其计算方法为平均单支卷烟重量减去平均单支卷烟用材料重量,g。

综合以上推导过程得到式(9)为最佳回丝量的计算公式:

$$H = \left(1 - \frac{2mv_c}{l\pi r^2 [2v_c \rho_2 + (d_1 + T) \omega l_1 (\rho_1 - \rho_2)]} \right) \times 100\%. \quad (9)$$

平准盘深槽体积 v_c 根据凹槽截面形状不同,采用积分方式进行计算:

$$v_c = \int_0^{d_1} s(x) dx, \quad (10)$$

式中:

d_1 ——平准盘深槽深度, mm;

$s(x)$ ——平准盘凹槽关于槽深 x 的截面面积, mm^2 。

计算烟支紧头、中段平均密度 ρ_1 、 ρ_2 时,首先在卷烟机出口随机选取 200 支烟支,利用烟支密度测量仪器 MW4430 型对烟支密度进行测量,根据测量结果计算烟支紧头和中段的平均密度,烟支密度测量结果如图 1 所示。

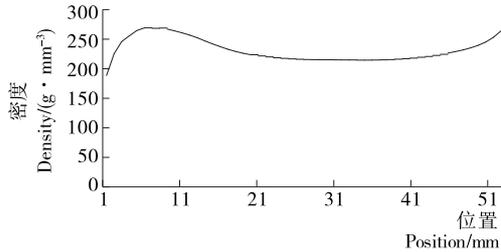


图 1 烟支密度示意图

Figure 1 Diagram of cigarette density

从图 1 可以看出,烟支紧头位置密度整体大于中段密度,但是紧头位置呈现从低到高再逐渐降低的趋势。由于烟条切割位置位于平准盘凹槽中部,理论上烟支最大密度应该是烟支端面处,但是由于烟条切割和输送过程中端面会发生部分烟丝掉落,造成烟支端面密度降低,因此在切割前烟条紧头的平均密度宜采用成品烟支紧头段的最大密度值来代替;烟支中段密度为除去紧头位置的烟支中段各位置密度的平均值。

烟支紧头的平均密度:

$$\rho_f = \frac{\sum_{i=1}^{200} \max_{0 \leq j \leq \frac{l_1}{2}} \rho_{ij}}{200}, \quad (11)$$

式中:

ρ_f ——紧头端平均密度, g/mm^3 ;

l_1 ——平准盘点燃端凹槽弧长, mm;

ρ_{ij} ——第 i 支烟距离点燃端 j 处的实测烟支密度, g/mm^3 。

烟支中段平均密度:

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^{200} \frac{\sum_{j=\frac{l_1}{2}+1}^{\frac{l_2}{2}-1} \rho_{ij}}{l - \frac{l_2}{2} - \frac{l_1}{2} - 2}}{200}, \quad (12)$$

式中:

ρ_m ——烟支中段平均密度, g/mm^3 ;

l ——无嘴烟支长度, mm;

l_1 ——平准盘点燃端凹槽弧长, mm;

l_2 ——平准盘接嘴端凹槽弧长, mm。

此外,用于测量密度的烟支需满足以下 2 个条件:

(1) 卷烟重量满足设计标准值。

(2) 选取的烟支是在平准盘削减烟丝束时凹槽内可以填满烟丝的情况下生产的。如果平准盘凹槽内未填满烟丝,则平准盘削减时烟丝束紧头位置的密度与中段密度不相等,导致最终计算结果不准确。根据以下方法判断平准盘削减烟丝束时凹槽是否填满烟丝:

① 记录当前卷烟机正常生产时的回丝量,在卷烟机出口随机抽取 200 支成品烟支,保持卷烟重量及卷烟机其他参数不变,适当增加回丝量(5%~10%),在相同位置随机抽取 200 支成品烟支,测量 2 次抽取的烟支密度;

② 按式(11)、(12)分别计算不同回丝量下烟支点燃端紧头平均密度和中段平均密度,记当前回丝量下烟支密度为 ρ_{fa} 和 ρ_{ma} ,增加回丝量后的烟支密度为 ρ_{fb} 和 ρ_{mb} ;

③ 根据密度值判断平准盘凹槽是否填满烟丝:如果 $\rho_{fb} > \rho_{fa}$ 且 $\rho_{mb} < \rho_{ma}$,则判断当前回丝量下平准盘削减烟丝时因烟丝高度不够未能填满平准盘点燃端凹槽;如果 ρ_{fa} 、 ρ_{ma} 和 ρ_{fb} 、 ρ_{mb} 分别相差不大,则判断平准盘凹槽填满烟丝。

2 实例分析

以下通过实例对模型进行验证。

以云产卷烟 A 牌号为例,对应的卷烟机为 ZJ17 型,卷烟规格和设备部分相关参数如表 1、2 所示。

首先判断平准盘削减烟丝束时凹槽是否填满烟丝。通过测量,当前卷烟机回丝量为 40%,调整回丝量为 45%,分别选取 2 次回丝量下对应的烟支进行密度测量,根据式(11)、(12)分别计算烟支紧头和中段密度,结果如表 3 所示。

根据烟支密度检测结果发现,回丝量增大后烟支紧头和中段密度变化不大,因此判断当前回丝量已经可以确保平准盘削减烟丝束时凹槽填满烟丝,在计算回丝量时可以直接利用当前测量的回丝量。

然后计算平准盘凹槽体积。该平准盘凹槽平面近似梯形,根据积分计算出平准盘凹槽体积约为 150 mm^3 。

根据式(9)计算卷烟机最佳回丝量为 36%,以此回丝量为基准,设置不同回丝量对比对应烟支空头率、含末率和烟支重量波动情况,如表 4 所示。

表 1 卷烟指标

Table 1 Index of cigarette

平均重量/g	辅料平均重量/g	圆周/mm	长度/mm	滤棒长度/mm
0.895	0.24	24.3	84	25

表 2 设备部件规格

Table 2 Specification of equipment component

平准盘凹 槽数	平准盘材质 厚度/mm	平准盘深 槽深/mm	平准盘深槽 弧长/mm	平准盘浅 槽深/mm	平准盘浅槽 弧长/mm	吸丝槽导轨 宽度/mm
6	1	3.5	20	2.5	20	9

表3 烟支密度检测结果

Table 3 Density measuring result of cigarette

回丝量/%	烟支平均重量/g	烟支前段平均最大密度/(mg·cm ⁻³)	中段25~35平均密度/(mg·cm ⁻³)
45	0.90	271.8	214.8
40	0.90	271.6	214.5

表4 不同回丝量下烟支相关指标检测结果

Table 4 Detection result of cigarette in different quantity of cut tobacco rolling back

回丝量/%	平均烟支空头剔除率/%	烟支含末率/%	烟支平均重量/g	烟支重量标偏/g
42	0.11	1.17	0.90	0.021
40	0.12	1.15	0.90	0.020
38	0.12	1.13	0.90	0.021
36	0.13	1.12	0.90	0.020
34	0.14	1.11	0.90	0.021
32	0.19	1.08	0.90	0.023
30	0.30	1.05	0.90	0.025

通过表4可知,以36%回丝量为基准,当回丝量增加时,烟支空头率和重量标偏变化不大,但是烟支含末率呈逐渐增加趋势;当回丝量减小时,烟支含末率有所降低,但是烟支空头率和重量标偏明显增加,因此可以认为卷烟机最佳回丝量为36%左右,根据模型计算出的回丝量是合适的,在保证烟支质量的同时,减少了回丝过程的烟丝造碎,降低了烟支含末率。

3 结论

根据烟支吸丝成型原理,结合烟支需要烟丝量、烟支规格、烟支密度和平准盘凹槽规格、卷烟机吸丝道导轨宽度等

因素建立了卷烟机最佳回丝量计算模型,可以推算出适宜的卷烟机回丝量。根据该模型推算出的卷烟机回丝量是在确保烟支质量情况下卷烟机所需的最小回丝量,不仅保证了烟支质量,而且减少了因回丝量过大造成的烟丝造碎,进而降低烟支含末率,提升产品质量。一般情况下吸丝带负压吸风相对稳定,因此本研究建立的回丝量计算模型暂将负压作为固定因子,但是当负压调整时,吸丝带下方烟丝密度会发生改变,进而对卷烟机回丝量产生一定影响,下一步将对吸丝带负压与卷烟机回丝量的影响关系进行研究,进一步完善卷烟机回丝量计算模型。

参考文献

- [1] 陈智鸣,吴敬华,杜媚,等. 卷接机回丝量与卷烟卷制质量的相关性研究[J]. 大众科技, 2011(11): 96-97, 107.
- [2] 贺万华,曹兴洪,范康君,等. 卷烟制丝和卷制过程中主要质量指标与消耗指标的关系及评价方法[J]. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 17-22.
- [3] 叶侠英,刘娟娟. 卷烟端部落丝量与烟丝含末率关系研究[J]. 江西食品工业, 2009(2): 34-35.
- [4] 倪建彬. 卷烟吸阻稳定性的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008: 7-10.
- [5] 郭妮,杨维平,李明. PASSIM 卷接机组供丝量的统计分析[J]. 烟草科技, 2014(3): 21-23, 28.
- [6] 孙宇,初杰. 卷接机组烟丝最佳回丝量的确定[J]. 烟草科技, 2000(10): 10-11.
- [7] 菅威,杨时政,宋金华,等. PROTOS70 卷烟机工艺参数与烟支重量控制稳定性的关系研究[J]. 安徽农学通报, 2013(20): 95-96, 109.
- [8] 吕祥敏,赵朋贤,李秋彤,等. 控制图在卷烟质量稳定性中的应用[J]. 安徽农业科学, 2012(10): 6 171-6 172, 6 215.
- [9] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 258-261.

《食品与机械》

中国食品科学技术学会会刊
CSCD 核心期刊 中文核心期刊

更专业 权威论坛 基础研究 研究进展

更实用 安全与检测 提取与活性 开发应用
包装与机械 贮藏与保鲜 市场分析

月刊 国内邮发代号:42-83 每期 20 元
国际邮发代号:DK43003 每期 12 美元

地址:长沙市天心区赤岭路 45 号长沙理工大学内

电话:0731-85258200 85258201

邮编:410076

网址:http://ifoodmm.com

E-mail:foodmm@vip.sina.com

2019年《食品与发酵工业》征订启事

邮发代号:2-331(月刊)

《食品与发酵工业》创刊于1970年,由中国轻工业联合会主管,中国食品发酵工业研究院、全国食品与发酵工业信息中心主办。

《食品与发酵工业》是北大中文核心期刊、科技部中国科技核心期刊和中科院中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,被美国化学文摘(CA)、英国食品科技及工艺文摘(FSTA)等数据库收录。

刊载内容:食品与发酵工业相关的原辅料、工艺、包装、机械、检测、安全、流通、综合利用等方面的研究报告以及国内外食品与发酵科技发展动态和产业创新等综述性文章。

定价:50元/期,在编辑部订阅全年享8折优惠。

地址:北京市朝阳区酒仙桥中路24号院6号楼111室

电话:010-53218337/8/9

邮编:100015

E-mail:ffeo@vip.sina.com

http://sf1970.cnif.cn

国内统一刊号:CN11-1802/TS

国际标准刊号:ISSN0253-990X

广告发布登记号:京朝工商广登字第20170155号

