

切丝机出料流量精细化控制分析与实现

Analysis and Realization of Fine Control of Discharging Flow of Cutting Machine

曾钦城 李惊宇

Qincheng Zeng Liangyu Li

江西中烟有限责任公司赣州卷烟厂 中国·江西 赣州 341000

Ganzhou Cigarette Factory, China Tobacco Jiangxi Industrial Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

摘要: 论文为解决赣州卷烟厂切丝机转速与 SIROX 进料流量不匹配, 从而导致该生产线段的切丝机及辅联皮带群反复启停, 造成不必要的设备损耗等问题。首先, 根据切丝机工作原理, 建立切丝机出料数学模型。其次, 利用数学模型, 结合实际生产情况, 计算出切丝机转速理论值。最后, 对理论值进行测试、优化, 有效解决了设备反复启停问题。

Abstract: This paper is to solve the problem that the speed of the cut tobacco cutter in Ganzhou cigarette factory does not match the sirox feed flow, which leads to the repeated start and stop of the wire cutter and auxiliary belt group in the production section, resulting in unnecessary equipment loss. Firstly, according to the working principle of the cut tobacco cutter, the discharge mathematical model of the cut tobacco cutter is established. Secondly, the theoretical value of the speed of the cut tobacco cutter is calculated by using the mathematical model and combined with the actual production situation. Finally, the theoretical value is tested and optimized, which effectively solves the problem of repeated start and stop of the equipment.

关键词: 切丝机; SIROX; 转速; 烟丝流量; 运行时长

Keywords: cut tobacco cutter; SIROX; rotation speed; cut tobacco flow; running time

DOI: 10.12346/etr.v4i10.7200

1 引言

切丝工序在烟丝加工制造中具有举足轻重的地位。在烟丝制造生产中, 切丝作为制叶丝段的第一道工序, 该工序将经处理的烟叶制切成符合制丝工艺要求(主要为烟丝宽度、长度)的烟丝。切丝工序获得的烟丝经过增温增湿、叶丝干燥等工序后, 再进入混丝掺配工序按比例掺入梗丝、膨丝和残丝等, 经过混丝加香工序施加香精香料后, 入柜贮丝, 等待卷接为成品香烟^[1]。在增温增湿和叶丝干燥工序中, 烟丝来料量直接影响工序后烟丝水分, 流量的波动会给各项参数调节带来巨大挑战, 所以严格要求来料流量稳定, 与之对应的就是切丝机出料流量。

为实现增温增湿工序中的流量稳定, 在 SIROX (增温增湿设备) 前配置了电子皮带秤、限量管和喂料仓等设备。喂料仓主要作用为平衡切丝机出料流量与 SIROX 来料流量。当切丝机出料流量小于 SIROX 来料流量时, 烟丝供应不足,

存在断料风险, 这是绝不允许的质量事故^[2]。所以在生产时, 一般待喂料仓烟丝达到最大设定容量才开始向 SIROX 供料, 且会有意加大切丝机切丝速度。当切丝机出料流量大于 SIROX 来料流量时, 过多的烟丝将储蓄在喂料仓中, 超出喂料仓最大设定容量时, 程序将中止切丝机工作, 待达到安全容量后, 继续切丝出料。如此, 会造成切丝机、皮带输送机、振动输送机等设备的频繁启停, 频繁的启停将对设备性能造成不良影响, 同时也加大了设备的损耗, 降低了设备的有效使用寿命, 增大设备维修压力^[3]。另外, 烟丝在输送通道上等待时间较长, 易受到环境温湿度的影响, 从而影响烟丝工艺质量。

2 现状调查与分析

江西中烟赣州卷烟厂配置有三千和五千两条制丝生产线, 由于五千生产线产量远高于三千生产线, 论文将以五千

【作者简介】曾钦城(1994-), 男, 中国江西赣州人, 硕士, 助理工程师, 从事机械工程研究。

生产线为例进行论述。五千切丝机至 SIROX 间设备分布情况如图 1 所示。



图 1 设备分布情况

目前，江西中烟工业有限责任公司赣州卷烟厂加工的烟丝牌号高达 16 种。这 16 种牌号烟丝共有多种切丝宽度要求：0.8 mm、0.9 mm、0.93 mm、0.95 mm、1.0 mm 等；3 种 SIROX 来料流量要求：5400 kg/h、5600 kg/h、3300 kg/h。由于不同牌号烟叶预处理后水分、切丝宽度等参数不尽相同，所以相同切丝机转速下，切丝出料流量存在差别。切丝机操作人员会凭借经验将切丝机初始转速设置在较高水平，待喂料仓满后，生产期间再根据实际生产情况适时调整切丝机转速。在不同流量影响因素的多种组合情况下，操作人员很难凭借经验来实现较精准控制切丝机转速，从而达到降低启停次数的目的^[4]。

在生产过程中，切丝机及图 1 辅联皮带群等设备的单批次生产中的启停现象一直存在，且启停次数较多。表 1 列举了部分常见牌号的有关数据。

表 1 部分常见牌号的有关数据

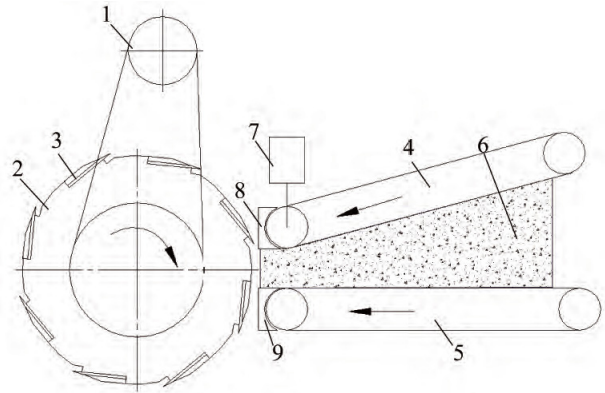
牌号	投料重量 /kg	切丝宽度 /mm	SIROX 流量 /kg × h ⁻¹	切丝机初始转速 / r × min ⁻¹	启停次数
A	4800	0.9	3300	386	9
B	5960	1.0	3300	385	11
C	8900	0.93	5400	380	8
D	8150	0.95	5400	381	9
E	4750	0.95	5600	380	6

3 建立数学模型

欲消除切丝机及辅联皮带群在单批次生产中的启停现象，或有效降低启停次数，最根本问题在于确定合适的切丝机转速，以匹配 SIROX 来料流量。论文将根据切丝机生产工作原理，建立切丝机切丝数学模型，通过数学模型计算出合适的切丝机转速理论值，再通过实验对理论值进行修正优化^[5]。

3.1 切丝机工作原理介绍

上、下排链和压实缸将上游输送来的烟叶压实并输送至刀门，导辊电机带动刀辊旋转，刀辊旋转过程中，刀辊上的刀片完成烟叶的切割。目前，赣州卷烟厂所使用的切丝机均安装有 8 块切丝刀片，即刀辊旋转一周，完成 8 次切丝动作^[6]。图 2 为滚刀式切丝机切削原理示意图。



1—刀辊电机；2—刀辊；3—刀片；4—上排链；5—下排链；6—烟饼；7—压实缸；8—上刀门；9—下刀门。

图 2 滚刀式切丝机切削原理示意图

3.2 建立数学模型

假设经刀门压实后的烟饼线密度为 ρl ，由于生产同牌号烟时，压实气缸的压力设定值相同，且正常生产过程中烟叶的来料较为均匀。故在正常生产过程中，可将同牌号的烟饼线密度 ρl 视为定值。

①根据切丝机工作原理，建立以下切丝机出料数学模型：

$$M = \rho l l \quad (1)$$

单批次烟丝总重量为 M kg，烟饼总长度为 l m。

在生产过程中，操作人员可能会根据生产情况适当调节切丝机转速，若单批次生产中操作人员使用 r 种不同切丝机转速，则烟饼总长度可通过以下公式计算：

$$l = \sum_{i=1}^j 8n_i t_i d = 8d \sum_{i=1}^j n_i t_i \quad (2)$$

其中， n_i 表示为第 i 个转速设定值， t_i 表示为第 i 个转速设定值下切丝机运行时间， d 表示烟丝宽度(单位转换为 m)。在介绍切丝机工作原理时提到，赣州卷烟厂所使用的切丝机均安装有 8 块切丝刀片，刀辊旋转一周，完成 8 次切丝动作，这就是式 (2) 中数字 8 的含义。

结合式 (1)、式 (2) 可得：

$$M = 8d \rho l \sum_{i=1}^j n_i t_i \quad (3)$$

②切丝机的出料与 SIROX 的进料是同一批物料，总量相同。所以，当切丝机出料流量与 SIROX 进料流量相匹配时，切丝机和 SIROX 的运行时长应当是一致的。反之，亦成立。故，将 SIROX 运行时长作为切丝机运行时长时，可以推算出与 SIROX 流量相匹配的切丝机转速理论值^[7]。

假设 SIROX 单批次运行时长为 t_s ，正常生产过程中，同牌号烟的 SIROX 流量和烟叶投料量是固定的。故，在正常生产过程中，可将同牌号的 SIROX 单批次运行时长 t_s 视为定值。在这种情况下，套用式 (3) 可得：

$$M = 8d \rho l n_s t_s \quad (4)$$

其中, n_s 表示为与 SIROX 流量相匹配的切丝机转速理论值。结合式(3)、式(4)求解 n_s :

$$\begin{cases} M = 8d\rho_l \sum_{i=1}^j n_i t_i \\ M = 8d\rho_l n_s t_s \end{cases} \quad (5)$$

可得:

$$n_s = \frac{\sum_{i=1}^j n_i t_i}{t_s} \quad (6)$$

其中, n_i 、 t_i 和 t_s 均可在正常生产过程中进行测量统计得到。

切丝机转动总圈数为:

$$N = \sum_{i=1}^j n_i t_i \quad (7)$$

则将式(6)变换为:

$$n_s = \frac{N}{t_s} \quad (8)$$

3.3 统计求解

对表1中的5个牌号,采集各个牌号 N 、 t_s 数据,以其作为计算样本,计算切丝机转速理论值。表2为统计求解切丝机转速理论值。

表2 统计求解切丝机转速理论值

牌号	切丝机转动总圈数 $N/10^4 r$	SIROX 运行时长 t_s/min	切丝机转速理论值 $n_s/r \times \text{min}^{-1}$
A	3.43	95	361
B	4.33	121	358
C	4.03	111	363
D	3.58	98	365
E	3.02	82	368

4 参数验证与优化

通过上机过料测试,验证计算所得的切丝机转速理论值是否与实际生产要求匹配。对应不同牌号,将切丝机转速设定为计算所得的理论值,测试过程严格检视喂料仓物料状态,若发现断料风险,立刻将切丝机转速调高,防止断料。同时,记录切丝启停次数^[8]。表3为过料测试结果。

测试过程中,未出现断料风险,且启停次数得到了有效控制,除牌号D外,其他4个牌号在批次生产过程中均未出现设备启停情况。针对牌号D出现1次设备启停情况问题,本文对其切丝机设定转速进行微调后再次测试,发现当其切

丝机转速设定为 362 r/min 时,设备启停次数降为 0 次。故,将 362 r/min 作为牌号 D 后续生产过程的切丝机设定转速。

表3 过料测试结果

牌号	SIROX 流量 / $\text{kg} \times \text{h}^{-1}$	切丝机设定转速 / $r \times \text{min}^{-1}$	是否存在断料风险	启停次数
A	3300	361	否	0
B	3300	358	否	0
C	5400	363	否	0
D	5400	365	否	1
E	5600	368	否	0

5 结语

论文针对切丝机转速与 SIROX 进料流量不匹配,从而导致该生产线段的切丝机及辅联皮带群反复启停问题,分析其不良影响,并通过现场统计,发现启停次数较大。为解决该问题,找到与 SIROX 进料流量相匹配的切丝机转速,论文从切丝机工作原理出发,建立切丝机出料数学模型,通过数学模型计算出切丝机转速理论值,并上机过料测试,根据测试效果,再次优化切丝机转速。

最终通过反复实验证明,论文方法计算并优化切丝机转速,能够有效减少切丝机转速至 SIROX 生产线段相关设备反复启停次数,并确保生产安全,不存在断料风险,有效降低了设备损耗,同时进一步保障了制丝工艺质量。

参考文献

- [1] 石倩倩.制丝过程中美拉德反应关键产物的分析研究[D].昆明:昆明理工大学,2017.
- [2] 王根旺,朱令宇,郑俊立,等.制丝过程中烟叶损耗降低措施探讨[J].中国高新技术企业,2010(4):62-63.
- [3] 洪凯强,陈荣峰.喂料机提升带速度控制模式的改进[J].烟草科技,2017,50(9):97-102.
- [4] 张梓冰.烟草柜式喂料机出柜自动调速系统的设计[J].烟草科技,2014(12):19-22.
- [5] 付永民,范磊.物料流量控制系统的改进[J].烟草科技,2013(12):21-24.
- [6] 张东岳.PLC控制在烟草制丝工艺中的应用及问题分析[J].科技创新导报,2018,15(25):42-46.
- [7] 刘赐德,刘忠胤,陈健,等.精细化控制预混柜片烟出柜流量的研究与应用[J].新技术新工艺,2020(4):50-53.
- [8] 刘广洲.滚刀式切丝机切削角度的研究[J].机械制造与自动化,2019,48(4):77-78.