

SQ3 切丝机柔性化切削技术的研究与应用

张攀英

(安徽中烟工业有限责任公司阜阳卷烟厂 安徽 阜阳 236000)

摘要: 为解决 SQ3 切丝机切丝宽度均匀性差及切丝“并条”现象,研究了 SQ3 切丝机切丝宽度均匀性的各影响因素及其之间的相关性。通过优化切丝机刀辊系统及相关配套设施,从而破解了切丝宽度均匀性差、切丝“并条”现象显著的难题。结果表明:SQ3 切丝机刀辊系统及相关配套设施优化后,切丝宽度标偏均值较项目实施前降低 19.2%,切丝后叶丝“并条”现象基本消除。

关键词: 宽度均匀性;“并条”现象;影响因素;相关性;刀辊系统

1 项目概述

本项目以 SQ3 切丝机的设备保障性能、工艺保障能力为出发点,以提高切丝质量为本目标,立足 SQ3 切丝机开展柔性化切削技术研究。针对 SQ3 切丝机存在切丝宽度均匀性差、切丝“并条”现象显著的问题,项目组系统梳理影响 SQ3 切丝机切丝宽度均匀性的各个因素以及各影响因素之间的相关性,通过优化切丝机刀辊系统及相关配套设施,破解了切丝宽度均匀性差、切丝“并条”现象显著的难题。项目实施后,切丝宽度标偏均值较项目实施前降低 19.2%,切丝后叶丝“并条”现象基本消除,有效提高了 SQ3 切丝机切丝宽度均匀性,解决了 SQ3 切丝机切丝“并条”现象。

2 研究背景

SQ3 切丝机是制丝生产线切叶丝的重要关键设备,切叶丝宽度是影响烘丝质量的关键因素,其均匀性直接影响烘后叶丝的实物质量和感官质量等内在品质,直接影响卷烟产品的质量稳定性。相关研究表明:切丝宽度对烟丝结构及分布均匀性有显著影响,切丝宽度不均匀会导致香烟在燃烧中烟气成分的变异,影响卷烟的香气特性和口感特征。

随着企业高质量发展要求,对切叶丝宽度的均匀性提出了更高的要求。开展切叶丝宽度的均匀性研究工作有利于切丝机的精准控制,有利于充分发挥切丝机的生产效能。切丝机切削系统作为影响切丝机的重要因素,对切丝宽度均匀性起到关键作用。因此,开展切丝机切削系统的研究具有重要意义。

3 研究内容

3.1 进料系统研究

3.1.1 切丝前定量喂料装置实物流量稳定性控制

切丝前定量喂料装置实物流量的稳定性是切丝工

序切丝稳定的前提条件,定量喂料系统由喂料仓、计量管组成,喂料仓和计量管对叶片进行体积流量控制,为切丝前物料流量的稳定控制提供保障,从而保障切丝质量稳定性。

3.1.2 切丝机进料装置实物流量稳定性控制

物料经过喂料提升机,通过振动输送机将物料输送到切丝机进料装置。物料进入进料装置后进入切丝前叶片输送装置,其主要由下排链部件、上排链部件、传动系统和压实装置等组成。其功能是将输入切丝机的物料,以调定的运动速度通过由上、下排链及机架构成的楔形通道,并在输送中以恒定的压力逐步压实,形成具有一定密度的“烟饼”输出刀门。

3.1.3 实际物料流量控制与切丝机体积流量关系研究

为保证恒定的物料流量,保障前后工序的流量匹配,通过控制切丝机体积流量实现。当切丝机来料增加时,切丝机处刀门升高,通过降低刀辊转速稳定切丝机体积流量;反之,当切丝机来料减少时,切丝机处刀门降低,通过增加刀辊转速稳定切丝机体积流量。

3.1.4 切丝机进料装置实物流量稳定性控制对切丝机切丝效果的影响

切丝机喂料装置安装有上、下两个光电管,在切丝机正常运转过程中,当物料高度低于下光电管时,进料装置开始启动进料,上光电管检测到有物料时,进料装置停止进料。当物料堆积高度超过调定的低位监测光电管时,上下排链按所调定的速比输送物料。在恒流量、恒体积、刀门压力恒定的条件下,切丝机进料装置物料的多少会影响“烟饼”的压实程度,进而影响切丝效果。

3.2 当前切丝系统问题分析

3.2.1 切丝机刀辊转速的运行情况

SQ3 切丝机在额定生产能力下,刀辊转速的额定工作区间为 300 ~ 500r/min。而当下保用的 SQ3 切丝

机刀辊转速为 280r/min，低于切丝机的额定运转区间，难以充分发挥切丝机的设备性能。

3.2.2 切丝机切丝的质量稳定性

在实际生产中，SQ3 切丝机刀辊转速为 280r/min，在低速运转状态下，易出现切丝宽度不均匀以及“并条”现象，影响烟丝结构、烟丝填充值、烟丝化学指标及烟丝感官品质的稳定性。

4 SQ3 切丝机控制现状的研究

目前使用的 SQ3 切丝机（以下简称“切丝机”），在实际生产使用过程中发现其存在以下问题：

4.1 切丝机切丝宽度均匀性差

切丝机切丝宽度均匀性差的原因分析如下。

4.1.1 切丝机刀辊转速偏低

650mm 的大直径刀辊在转速低于 300r/min 时，增加了切削阻力，刀辊电机电流也随之增大，旋转惯性不够，刀辊转速与实际设定值会发生微小波动，对切丝宽度均匀性会有影响。

4.1.2 切丝机进料装置进料不均匀

在入口振槽运行频率稳定的情况下，切丝机压实速度和行程调整至最大，仍送料不均匀。在切丝机的实际生产能力低于额定生产能力的情况下，没有进行相应的推料板预压实装置的改进，造成在压叶片压实的过程中烟叶内部容易出现“空穴”现象，使烟丝在刀门处的烟饼不结实，导致切丝宽度不均匀。

4.1.3 上、下铜排链之间的物料密度不均匀

由于预压过程（时间）过长，烟饼输送过程中与机架两内侧不锈钢衬板、上下刀门盖板之间的摩擦力加大，物料输送不均匀、不顺畅，烟饼两侧相对于排链偶有打滑现象，切后烟丝两侧偏细；打滑现象出现后，不断进入料仓的烟叶在推料板连续向前推动的过程中，此段烟饼密度较前一段要高，烟饼密度不一致，忽大忽小，造成烟饼向前无序窜动，出现比设定值偏宽的烟丝。

4.2 切丝“并条”现象显著

原因分析：物料在上、下排链压实腔中的预压过程（时间）延长，使切后烟丝色泽加深、不松散，出现“并条”现象，不能实现柔性切削。

5 切丝机切削系统的改进

项目组以切丝机切削系统为立足点，辅以电气系统进行改进与应用，通过工艺质量检测，对项目实施后的成果进行验证。项目组分别从优化刀辊装置、辊刀安装角度、排链速比、切丝机进料推料板驱动装置、切丝机进料高、低位光电管位置等多方面进行改进，并开展了导辊转速适应性评价，进一步验证导辊转速的适应性。

5.1 优化刀辊装置

在相同生产能力下，为切实提高切丝机的刀辊转速，项目组拟通过降低刀辊数量来提高刀辊转速。通过查阅资料分析，在切丝流量为 4200kg/h 时，将切丝机辊刀数量降低至四刃刀辊时，刀辊速度可由 280 r/min 提高至 380r/min，刀辊转速可提高 35.71%。为此，项目组设计并安装八刃四刃刀辊，以满足生产需要。项目实施前六刃刀辊呈 60° 分布，如图 1 所示；项目实施后四刃刀辊呈 90° 分布，如图 2 所示。

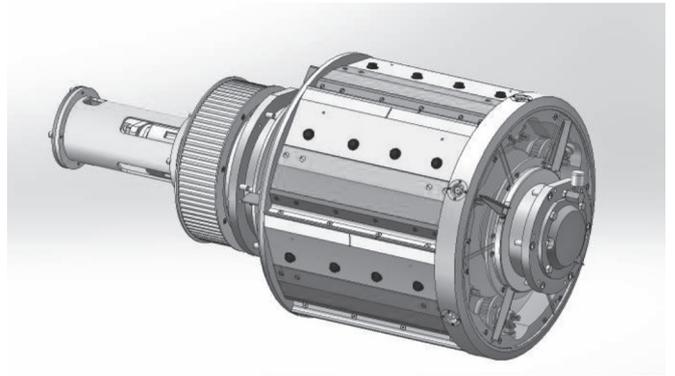


图 1 六刃刀辊示意图

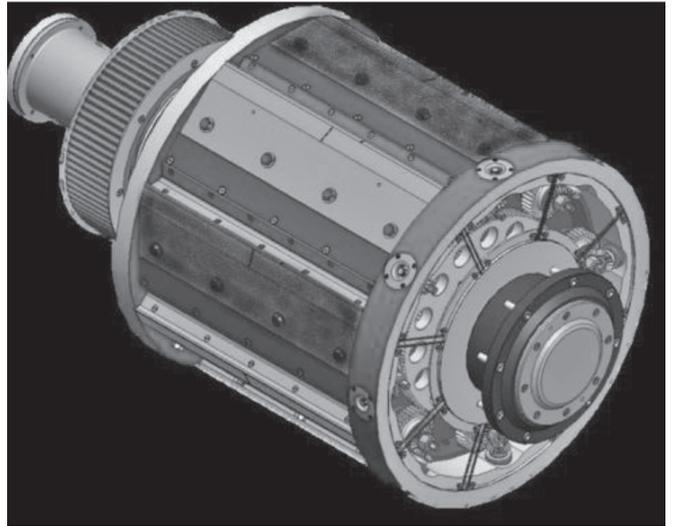


图 2 四刃刀辊示意图

5.2 优化排链速比

刀辊和排链的动态响应速度和高精度运行是切丝机电气控制系统的关键。输送物料的上、下排链在生产过程中是同时运行、同时停止的，那么刀辊和上、下排链究竟是怎样的同步关系，又是如何保证切丝精度的？下面用数据和公式来说明排链速度和刀辊转速的关系。单位时间内排链所走的距离和刀辊切削烟丝的总长度是一致的。即：

$$B = \frac{V_{\text{排链}}}{n_{\text{刀辊}} \cdot N}$$

式中：B 为切丝宽度；N 为刀辊上刀片数量；V_{排链}

为上、下排链的平均输送速度； $n_{刀辊}$ 代表刀辊转速。

切丝宽度与刀辊排链速度成正比，与刀辊转速和刀片数量成反比。在刀片数量和切丝宽度一定的情况下，刀辊转速与刀辊排链速度的比值为一定值。

假设六刃导辊的刀辊转速为 n_2 r/min，切丝宽度为 1.0mm/min，四刃导辊的刀辊转速为 n_3 r/min，切丝宽度为 1.0mm/min，六刃刀辊的刀辊转速与排链速度的速比 a ，四刃刀辊的刀辊转速与排链速度的速比为 b ：

$$a = 1/6$$

$$b = 1/4$$

切丝机排链的输送速度与刀辊转速之间的匹配是由 PLC 对排链电机变频调速器和刀辊电机变频器进行集中控制的。

以刀辊电机为主机，排链电机为被动电机，当切丝宽度设定后，给刀辊电机设定一定的转速，PLC 即按照预存的公式进行高速运算，并通过对排链电机变频器输出的控制，使排链电机获得相应的速度。为此，项目实施后我们在 PLC 中将刀辊转速与排链速度之比提高至原来的 1.5 倍，从而实现排链电机与刀辊电机按固定比例跟踪运转获得均匀的切丝宽度。切丝宽度 PLC 控制图见图 3。

5.3 切丝机进料推料板的改进

改进推料板推料装置，项目实施前由电动螺杆推进器驱动推料板工作，项目实施过程中改切丝机推料板电动螺杆推进器为机械减速机构，由电机和机械变速机构组成。相比螺旋推进器，机械减速机构具有降低转速、增加扭矩、启动性好、加速时间短、运行平稳、噪音低、控制精准的优点。其中，推料板推料角度可由推料板锁紧套的安装位置进行选择，推料板推料行程可根据推料板曲臂的安装位置进行选择，推料板驱动电机驱动频率可由驱动电机调整，根据现场试验切丝效果，来确定最佳推料板推料角度、推料行程以及推料板工作频率。

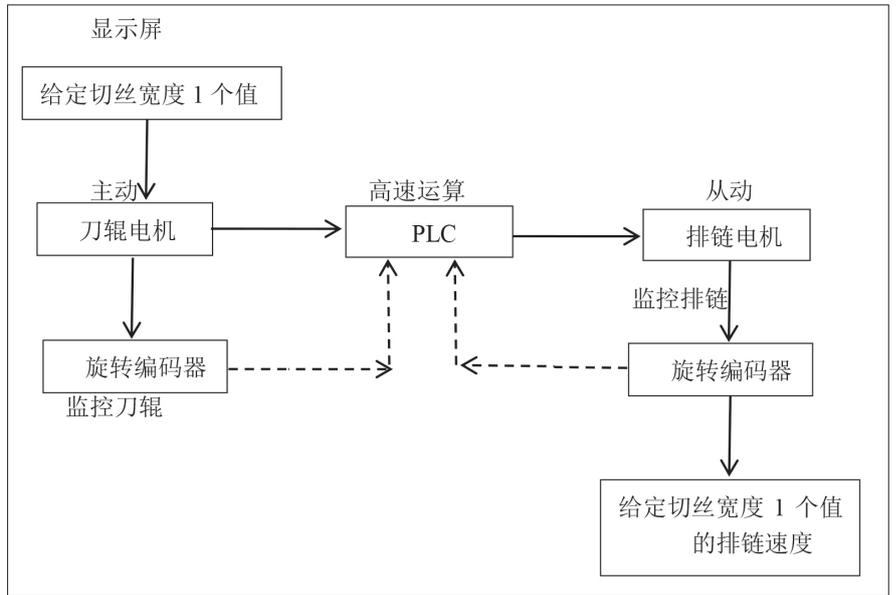


图 3 切丝宽度 PLC 控制图

切丝机推料板的变速机构和推料板驱动电机如图 4、图 5 所示。

切丝机驱动杆锁紧套不同安装位置的切丝宽度标偏均值见表 1；驱动杆曲臂不同安装位置的切丝宽度标偏均值见表 2。

结合表 1 和表 2 数据，项目组确定驱动杆锁紧套安装位置 4、曲臂安装位置 1 为最佳组合，根据切丝机来料流量、来料水分、料仓大小、摆杆距离与减速电机的匹配性选择适宜的减速电机。SEW MM300-503-00 减



图 4 切丝机推料板变速机构

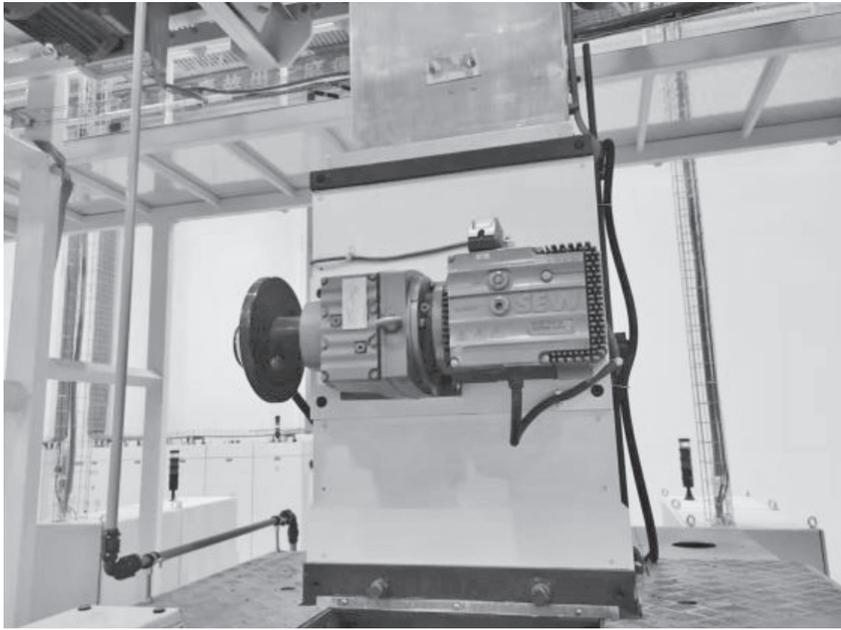


图5 切丝机推料板驱动电机

表1 驱动杆锁紧套不同安装位置的切丝宽度标偏均值

驱动杆锁紧套 安装位置	安装 位置 1	安装 位置 2	安装 位置 3	安装 位置 4
切丝宽度标偏 均值	0.090	0.087	0.084	0.081

表2 驱动杆曲臂不同安装位置的切丝宽度标偏均值

驱动杆曲臂安装位置	安装位置 1	安装位置 2	安装位置 3
切丝宽度标偏均值	0.077	0.079	0.085

速机的工作频率范围 30 ~ 80Hz 可用, 为确保切出的烟丝不跑片、不出毛烟, 选择工作频率为 70Hz。

5.4 优化高、低位光电管的位置

切丝机高、低位光电管通过光电管对物料的检测进行电气控制。当切丝机进料端低料位光电管检测不到叶片时开始进料, 当切丝机进料端高料位光电管检测到叶片后, 切丝机会停止进料, 所以高、低位光电管的高度直接影响进入切丝机内部物料密度。

为此, 项目组进一步研究切丝机进料高、低位光电管高度对切丝效果的影响。切丝机进料口高、低位光电管位置如图 6 所示。

表 3 为低位光电管不同安装高度时切丝宽度标偏均值; 表 4 为高位光电管不同安装高度时切丝宽度标偏均值。

试验数据表明, 适当提高切丝机进料口物料密度, 有助于提高切丝机进料仓压实程度, 提高切丝宽度均匀性。为此, 项目组将低位光电管高度由 34cm 提高至 54cm, 高位光电管高度由 90cm 提高至 105cm。

6 结语

通过该项目的实施, 将 SQ3 切丝机切削系统改进后, 显著提高了切丝宽度均匀性, 有效解决了切丝“并条”现象。项目实施前、后取一定量的同牌号切丝样品切丝宽度进行检测, 切丝宽度标偏均值分别为 0.078、0.063, 切丝宽度标偏均值降低 19.2%, 有效提高了切丝机的切丝宽度均匀性。随着刀辊转速的提高, 排链输送速度加快, 物料在上下排链压实腔中的预压过程(时间)缩短, 切后烟丝色泽不发生变化, 切条松散, 切丝“并条”现象基本消除。

参考文献:

- [1] 殷儒鸿. 不同切丝宽度对卷烟质量的影响[J]. 中国科技纵横, 2016(17):212-213.
- [2] 司晓喜, 朱瑞芝, 杨建云, 等. 切丝宽度对卷烟主流烟气气溶胶粒径分布的影响[J]. 烟草科技, 2019, 52(02):88-95.
- [3] 邱玉春, 林志平, 黄朝章, 等. 切丝宽度对卷烟主

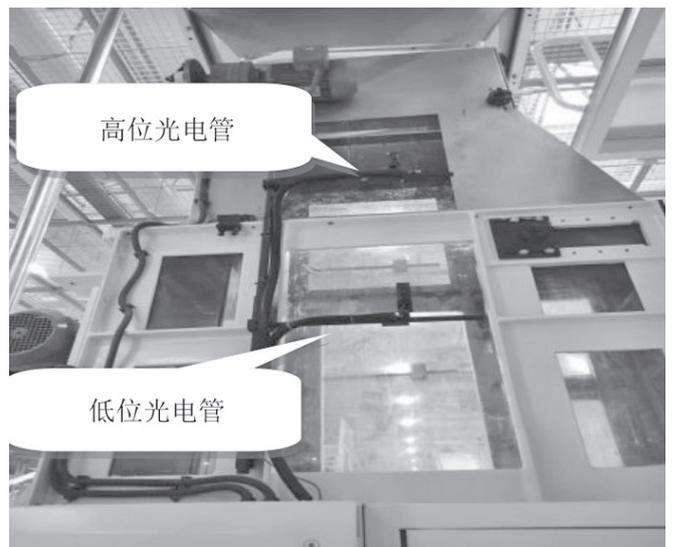


图6 切丝机进料口光电管

表3 低位光电管安装高度对切丝宽度标偏均值的影响

低位光电管安装高度	34	39	44	49	54	59
切丝宽度标偏均值	0.086	0.083	0.081	0.080	0.075	0.083

表4 高位光电管安装高度对切丝宽度标偏均值的影响

高位光电管安装高度	85	90	95	100	105	110
切丝宽度标偏均值	0.086	0.083	0.079	0.076	0.073	0.075

流烟气7种Hoffmann成分释放量的影响[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2013(06):9-13.

[4] 赵佳成, 高辉, 王慧, 等. 切丝宽度对烟丝结构及其分布稳定性的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(04). 668-677.

[5] 李建潜, 欧坚, 王万康. 卷烟厂SQ341切丝机压实装置的改造[J]. 轻工科技, 2012(11):63-65.

[6] 周玉生, 杨彬, 李辉, 等. 滚刀式切丝机上排链运动对切丝宽度稳定性的影响[J]. 烟草科技, 2010(04):21-23+29.

[7] 王凯. 烟草切丝机推料装置的改进[J]. 商品与质

量, 2019(34):110.

[8] 杨晓春. SQ3A系列烟草切丝机刀辊系统的研制[J]. 机电产品开发与创新, 2006, 19(01):58-60.

[9] 桂腾跃, 叶志晖. 卷烟切丝设备中的SIMOTION电气控制技术[J]. 现代商贸工业, 2016, 37(23):215.

[10] 张磊, 孙凯, 姜志科. SIMOTION运动控制系统在烟草切丝机中的应用[J]. 自动化博览, 2014(06):60-61+64.

作者简介: 张攀英(1990.03-), 女, 河南周口人, 助理工程师, 本科, 研究方向: 从事制丝设备、工艺。

广告征订



版位 Format	价格 Price (RMB)
特殊版位 Specified Ads. Position	
封面	25,000
封二	16,000
封三	12,000
封底	18,000
扉一	15,000
扉二	10,000
后扉一	12,000
后扉二	9,000

版位 Format	价格 Price (RMB)
正常版位 Editorial Page	
编辑页	10,000
编辑页跨页	15,000
1/2编辑页	5,000
1/3编辑页	3,500
1/4编辑页	2,500

注: 所有特殊版位广告均为4C广告, 正常版位广告均为黑白; 所有广告需提供成熟设计稿, 如需编辑部制作需单独收费。

优惠说明:

在原价格基础上, 连续预定3期, 优惠**8%**; 连续预定6期, 优惠**15%**; 连续预定12期, 优惠**20%**; 连续预定18期, 优惠**30%**; 连续预定36期, 优惠**40%**。另, 如提前一次性付款, 可在享受优惠的基础上享受**8%**的额外折扣。

广告预定热线: 010-6741 0664 / 1368 332 6370