

# 节能型循环风式多级叶丝风选系统的研发与应用

## Development and application of energy-saving multiple-silk air separation system

朱国成<sup>1</sup> 魏甲欣<sup>1</sup> 郭宏敏<sup>1</sup> 李书芳<sup>1</sup>

ZHU Guo-cheng<sup>1</sup> WEI Jia-xin<sup>1</sup> GUO Hong-min<sup>1</sup> LI Shu-fang<sup>1</sup>

曹利红<sup>1</sup> 范磊<sup>1</sup> 宋伟民<sup>2</sup>

CAO Li-hong<sup>1</sup> FAN Lei<sup>1</sup> SONG Wei-min<sup>2</sup>

(1. 河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂, 河南 许昌 461000;

2. 河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南 郑州 450000)

(1. Xuchang Cigarette Factory, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Xuchang, Henan 461000, China;

2. Technology Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China)

**摘要:**为了解决现有风选设备存在的能耗高、物料水分损失大、温度散失大等问题,研制节能型多级叶丝风选系统。该系统主要由匀料摊薄装置、一级循环风选系统、二级循环风选系统、除尘管路等组成。通过对物料进行均布摊薄,采用二级风选系统侧进风及垂直进风进行飘选及浮选,以提高风选效果,利用 90% 的循环风降低能耗及温度水分散失,采用密闭输送网带+出杂气锁装置对系统进行密封,防止扬尘。对比试验结果表明:与传统多级风选相比,采用节能型多级叶丝风选机,温度提高 6.2 °C,含水率提高 0.3%,能耗降低 50% 以上,卷烟品质接近。改进后有效减少了叶丝水分及温度散失,节约了能源消耗。

**关键词:**多级风选;叶丝;梗签剔除;循环风;能耗

**Abstract:** In order to solve the existing problems of air separation equipment of high energy consumption, loss of moisture and temperature, circulating air was used to reduce energy consumption, moisture and temperature dissipation, and the energy-saving multiple-silk air separation system was developed. The system was composed of material uniform and dilution, first and second cycle the air separation systems, dust extraction pipe and other devices. Through uniform thinning of the material, both the side and vertical air entered and floated to improve wind effect, by the first and second cycle air separation systems. 90% of the circulated air were utilized to reduce the energy consumption and water loss. Moreover, system

sealed with a closed conveyer belt combined with a miscellaneous gas locking device was used to prevent dust. The processing and product quality and energy consumption for the Energy-saving between both the circulation wind type of multi-stage winnowing and traditional air separation device were compared. The results show that, compared with the later, the former resulted in the temperature increasing by 6.2 °C, the moisture content increasing by 0.3 percentage points, and energy consumption reducing by more than 50%, with the almost similar cigarette quality.

**Keywords:** Multistage air separation; cut strip; terrier sign removed; circulating air; energy consumption

目前中国烟草企业使用的单级或多级风选设备多为开放式风选机,即直接从车间环境抽风,回风直接进入除尘设备除尘后排入大气,存在风选效果差、能耗高和风选后烟丝的水分、温度损失大等诸多问题<sup>[1]</sup>。多年来,对风选机已进行了许多改进和创新,如从来料松散打断、风选机风量<sup>[2]</sup>、风选箱体结构<sup>[3]</sup>、风选机风量、湿度控制、抽风管道<sup>[4-5]</sup>等方面。但上述研究都是侧重于解决某一方面的问题,未能系统解决烟丝风选过程中存在的诸多问题。为此,开发了一种节能型循环风式多级叶丝风选系统,该系统采用烟丝匀料摊薄、二级风选、除尘风本地循环利用、改进风选箱体结构及应用双转网出风装置,改善了烟丝结构,提高了风选效果,降低了系统的能耗,减少了烟丝温度、水分的散失。

### 1 系统结构

节能型循环风式多级风选机由进料装置、一级循环风选系统、二级循环风选系统、除尘管路及电控系统等组成,见

**基金项目:**河南中烟工业有限责任公司科技项目(编号:2012012)

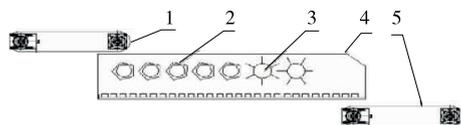
**作者简介:**朱国成,男,河南中烟工业有限责任公司工程师,硕士。

**通信作者:**宋伟民(1975—),男,河南中烟工业有限责任公司工程师,

本科。E-mail: gongyishi@126.com

**收稿日期:**2017-05-11

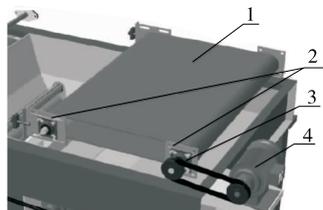
图1。进料装置由松散均料装置、振槽及高速皮带组成,其作用是将物料松散、丝团打散,保证物料均匀分布和流量均匀稳定;一级风选器风选箱体采用循环式就地风选机对叶丝进行初选、松散;初选落下的梗签约10%、成团烟丝等物料进入二级分离器进行精选,出风采用双转网对称出风装置,均匀风选箱体风力分布,降低风压损失,避免烟丝损耗;二级风选系统由振槽、进料气锁、风选箱体、密封网带+出杂气锁及旋风落料器等组成,振槽上设置导流板保证物料均匀分布,进料气锁防止气体及粉尘溢出,倒锥形+方形组合风选器提高风选效率;采用密封网带+出杂气锁系统实现系统的密封及风量的均衡;采用切向落料器获得更好的分离效果;系统采用循环风减少烟丝温度、水分散失及降低能耗。



1. 送料皮带 2. 输送辊 3. 拨辊 4. 振槽 5. 高速皮带

图2 匀料松散装置示意图

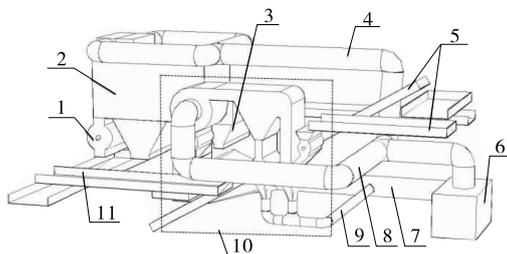
Figure 2 Diagram of loose unit



1. 高速皮带 2. 皮带张紧装置 3. 皮带轮 4. 驱动电机

图3 高速皮带机示意图

Figure 3 Diagram of high speed belt conveyor



1. 一级风选器出料气锁 2. 一级风选箱体 3. 一级风选输送带+出杂气锁系统 4. 一级风选回风管道 5. 二级风选器进料振槽 6. 循环风机 7. 进风管道 8. 二级风选回风管道 9. 二级风选进风管道 10. 二级风选器 11. 二级风选出料振槽

图1 节能型循环风式多级风选机示意图

Figure 1 Diagram of energy-saving multiple-silk air separation system

接近风选机进口烟丝温度,设备内湿度高于环境湿度的原理减少烟丝温度、水分散失,其中90%风量自循环,10%的风量用于除尘,降低能耗;② 风选器出风采用双转网对称出风装置(见图5),试验表明,风选箱体内部风力分布更加均匀,同时风速由原来的18~20 m/s降低到10 m/s左右,吸风口位置的压损由1 200 Pa减少到400 Pa。有效降低了噪音,减少了能耗;③ 设置密闭输送网带+出杂气锁系统,密闭输送网带网孔为16目,具有匀风、密封循环风及气料分离的作用,见图6。

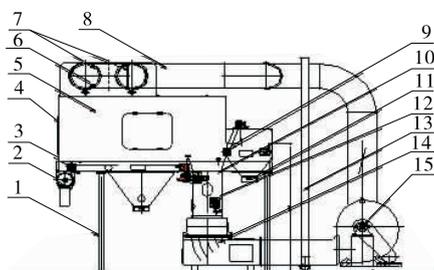
## 2 技术实现

### 2.1 匀料摊薄装置

为保证物料流量均匀稳定,主要采取以下措施:① 设置匀料松散装置,防止来料由于“雪崩”效应<sup>[6]</sup>使输出物料厚度不均,同时将丝团打散;② 采用振动输送机及导流板对物料进行横向拉宽和均布;③ 使用高速皮带机实现物料的摊薄及抛扬。匀料摊薄装置主要由匀料松散装置、振动输送机及高速皮带组成,见图2。匀料装置安装在振动输送机的前上方,由5个输送辊、2个拨辊等组成,工作时5个辊子组件以相同的转速向同一方向转动,使物料均匀分布,2个拨辊将烟丝团打散。振动输送机振槽宽度1 200 mm,上部设有导流板,以“/”、“<”形状排布,对振动输送的物料进行横向均铺。高速摊薄及抛料主要由高速皮带机实现,安装在振动输送机的下方,速度在2~5 m/s可调,试验表明,在带宽1 200 mm,额定生产能力5 000 kg/h,高速皮带机的输送带速度为2,3,4,5 m/s时,对应的料层厚度分别为7.0,5.3,3.7,2.8 mm。高速皮带机主要由高速皮带、皮带张紧装置、皮带轮、驱动电机等组成,见图3。

### 2.2 一级循环风选系统

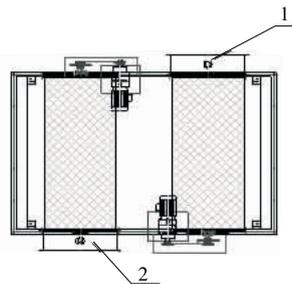
一级风选系统在传统风选器基础上进行改进,见图4。主要采用以下改进措施:① 采用循环风系统,利用循环风温



1. 支腿 2. 出料气锁 3. 输送底带 4. 中箱检修门 5. 中箱 6. 上箱 7. 双转网 8. 循环管路 9. 进料皮带 10. 除杂斗 11. 接灰斗 12. 梳丝辊 13. 除尘管 14. 导风板 15. 循环风机

图4 一级风选示意图

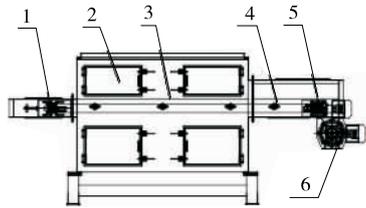
Figure 4 Diagram of election of the first-level wind



1. 左出风口 2. 右出风口

图5 一级风选双转网对称出风装置示意图

Figure 5 Diagram of level wind selected double switch, symmetrical wind out device



1. 网带被动辊组件 2. 清理门 3. 出杂网带 4. 拖动辊组件  
5. 网带主动辊组 6. 出杂气锁组件

图 6 密封网带+出杂气锁

Figure 6 Diagram of seal belt + miscellaneous gas lock

### 2.3 二级循环风选系统

二级循环风选系统主要由振动输送机、进料气锁、风选箱体、密封网带+出杂气锁及旋风落料器等组成,见图 7。一级风选系统选下约 10% 的烟丝通过输送网带+出杂气锁系统输出至二级循环风选系统的喂料机,喂料机上设置有拨辊,保证物料厚度的均匀。振动输送机上设置有导流板保证物料横向均铺;进料气锁保证物料的连续输送及防治漏风;采用方形垂直风管对烟丝进行松散及输送;风选器采用倒锥形+方形组合风选器,采用变风速风选技术保证风选效率。风选箱体上设置有观察窗可观察风选状态;方形风选器设置有两对梳丝棍,对烟丝进一步松散(见图 8);倒锥形风选箱体上设置有调风板调节风量,箱体上部风速约 4 m/s,实现低风速风选,有利于减小造碎,降低能耗;采用切向落料器获得更好的分离效果<sup>[7-8]</sup>;循环风与一级风选系统共用一个风机,在回风、进风处设置有风门可实现风量的调节。

## 3 对比实验结果

试验牌号为黄金叶(YDH),分别对卷制后的烟支进行取样,各种样品等时间间隔分别取样 3 次,所有取样和检测均按相关标准<sup>[9-11]</sup>执行,结果取平均值;评吸样品置于 RH(60±2)%、温度(22±1)℃的恒温恒湿箱中平衡 48 h,采用对比评吸的方法进行评价。

### 3.1 叶丝质量指标对比

黄金叶(YDH)经不同方式风选叶丝前后质量指标检测

表 1 不同风选方式叶丝质量指标

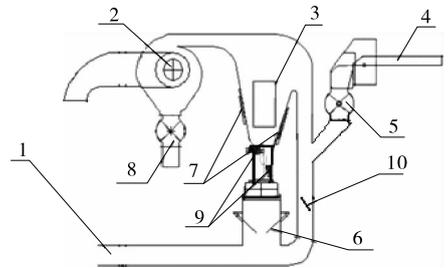
Table 1 Different air separation ways of cut strip quality indexes changes

样品	叶丝含水率/ %	一级出口叶丝 温度/℃	叶丝中梗签 含量/%	整丝率/ %	碎丝率/ %	填充值/ (cm <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> )
不风选	12.98	45.2	1.72	80.6	2.4	3.76
节能型风选机	12.81	38.5	0.83	80.0	2.6	4.04
传统多级风选机	12.51	32.3	0.84	79.8	2.6	4.05

表 2 不同风选方式卷烟物理指标对比

Table 2 Different air separation ways of the Physical index of cigarettes

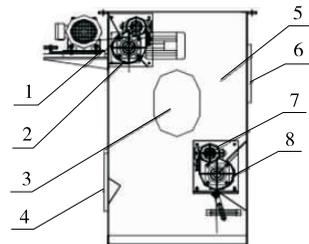
样品	卷烟机梗签 剔除率/%	单支质量 标偏/mg	吸阻标偏/ Pa	圆周/ mm	硬度/ %	端部落丝/ (mg·Pcs <sup>-1</sup> )
不风选	4.14	21.1	57	24.32	69.25	3.7
节能型风选机	2.14	19.4	48	24.31	70.12	4.3
传统多级风选机	2.29	19.5	47	24.31	70.11	4.4



1. 进风管道 2. 切向落料器 3. 风选器 4. 进料振槽 5. 进料气锁  
6. 调风板 7. 调风板 8. 落料气锁 9. 梳丝机构 10. 风门

图 7 二级风选示意图

Figure 7 Diagram of second-tier air separation



1. 驱动电机 2. 上梳丝棍 3. 观察门 4. 检修门 5. 风选箱体  
6. 检修门 7. 驱动电机 8. 下梳丝棍

图 8 方形风选箱体示意图

Figure 8 Diagram of square air separation tank

结果见表 1。由表 1 可知,风选后叶丝含水率降低 0.17%,叶丝温度降低 6.7℃,整丝率降低 1.48%,碎丝率增加 0.2%,填充值增加 0.28 cm<sup>3</sup>/g;与传统多级风选机相比,烟丝温度提高 6.2℃,含水率提高 0.3%,其他指标接近。

### 3.2 产品品质对比

产品品质检测结果见表 2~4。由表 2~4 可知,采用节能型循环风式多级叶丝风选系统与不风选相比:① 卷烟机梗签剔除率降低 2%,单支质量标偏降低 0.5 mg,吸阻标偏降低 9 Pa,控制精度有明显改善;② 卷烟的焦油量、烟碱量和 CO 量均略有降低趋势,但不明显;③ 卷烟感官质量有所

表3 不同风选方式卷烟(单支)烟气指标

Table 3 Mainstream smoke components of different air separation ways of a cigarette

样品	重量/mg	抽吸口数/口	总粒相物/mg	焦油量/mg	CO/mg	烟碱量/mg
不风选	890.3	7.0	13.19	11.1	11.40	0.98
节能型风选机	891.4	6.8	12.94	10.7	10.80	0.90
传统多级风选	890.3	6.9	12.93	10.8	11.79	0.91

表4 不同风选方式卷烟感官质量指标

Table 4 Different air separation ways of the sensory quality of cigarette

样品	光泽	香气	谐调	杂气	刺激性	余味	总分
不风选	5.00	29.00	5.00	10.55	17.65	22.25	89.45
节能型风选机	5.00	29.00	5.00	10.69	17.69	22.35	89.73
传统多级风选	5.00	29.00	5.00	10.62	17.67	22.32	89.61

改善,主要是杂气、刺激和余味;④节能型循环风式多级叶丝风选系统与传统多级风选机在产品品质方面无明显差异。

### 3.3 能耗对比

由表5可知,节能型叶丝风选机比传统多级风选器节约能耗50%以上,节能效果显著。如果考虑空调能耗方面,节能型叶丝风选机仅有传统二级风选机除尘风量的10%,比传统多级就地风选系统节能90%以上,大大减轻了空调系统的负荷。经测算,仅节能型叶丝风选机自身每年可为企业节约电费20万元以上。

表5 能耗对比

Table 5 Energy consumption compared

风选方式	本机功率/kW	除尘系统/kW	总功率/kW
传统多级风选	32.0	93.5	125.5
节能型风选机	49.5	4.5	54.0

## 4 结论

与传统多级风选机相比,采用节能型循环风式多级风选器,能耗降低50%以上;风选后叶丝含水率提高0.17%,温度提高6.2℃;卷烟感官质量在杂气、刺激和余味方面有所改善。采用节能型循环风式多级风选器可有效提高风选效果,改善烟丝结构,减少烟丝温度、水分散失,降低能耗,值得推广应用。由于设备为首台样机,外观较为粗糙,部分连接处存在扬尘现象,下一步将在提高设备的外观及密封性方面开展工作。

### 参考文献

- [1] 张辉, 孙小龙, 戈方, 等. 一种烘后叶丝松散、筛分并风选的方法[J]. 科技创新导报, 2012(10): 227.
- [2] 李春光, 孙冕, 刘强, 等. 叶丝风选工艺实用性评价[J]. 烟草科技, 2010(3): 5-7.
- [3] 张良斌, 罗富炜, 范明登, 等. ET22型风分器结构优化改进及应用[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 74-76.
- [4] 江威, 张国智, 冯志斌, 等. 利用烟丝含签率检测仪研究加工工艺对烟支含签率的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 161-166, 228.
- [5] 姚光明, 刘朝贤, 尤长虹, 等. FX型就地风选器在制丝线上的

应用试验[J]. 烟草科技, 2003(8): 3-5.

- [6] 熊安言, 彭桂新, 姚光明, 等. 薄层物料双面喷射式加料系统的研制与应用[J]. 烟草科技, 2015, 48(9): 81-87.
- [7] 顾芳珍, 刘燕. 气流干燥器的优化设计[J]. 天津大学学报, 1996(3): 22-24.
- [8] 叶德全. 切向落料器结构的改进设计[J]. 烟草科技, 1998(1): 15-16.
- [9] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范[S]. 北京: 中央文献出版社, 2013: 66-78.
- [10] 国家烟草专卖局. GB 5606.4—2005 卷烟 第3部分: 包装、卷接技术要求及贮运[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005: 1-2.
- [11] 全国烟草标准化技术委员会卷烟分技术委员会. YC/T 151.2—2001 卷烟 端部落掉烟丝的测定 第2部分: 旋转筛法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001: 1-2.

(上接第75页)

- [22] 何茂刚, 王小飞, 张颖. 制冷用水管降膜蒸发器的研究进展及新技术[J]. 化工学报, 2008, 59(S2): 23-28.
- [23] 顾承真, 闵兆升, 洪厚胜. 机械蒸汽再压缩蒸发系统的性能分析[J]. 化工进展, 2014, 33(1): 30-35.
- [24] 刘立. 机械蒸汽再压缩式降膜蒸发系统的设计和性能研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2014: 37-44.
- [25] HAN Dong. Study on zero-emission desalination system based on mechanical vapor recompression technology[J]. Energy Procedia, 2015, 75: 1 436-1 444.
- [26] 苏春模. 罗茨鼓风机及其使用[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1999: 66-75.
- [27] 刘立, 张继军, 刘燕, 等. 机械蒸汽再压缩式热泵用于降膜蒸发系统的研究[J]. 现代化工, 2014, 34(9): 128-132.
- [28] 郑聪. 新型热泵操作方式的研究[D]. 天津: 天津大学, 2009: 19-20.
- [29] 张治山, 杨超龙. Aspen Plus在化工中的应用[J]. 广东化工, 2012, 39(3): 77-78.
- [30] 郝冬青, 沙作良, 王彦飞, 等. 低温多效海水淡化系统的 Aspen Plus 模拟[J]. 天津科技大学学报, 2011, 26(1): 47-50.
- [31] 陈军. 低温多效蒸发海水淡化系统工艺流程模拟及优化[D]. 北京: 北京化工大学, 2013: 19-33.