

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90035

# YB25 型卷烟包装机烟包转向机构改进

## Improvement of cigarette package steering mechanism of YB25 soft packer

贺 韧 田 森 田 晶 张 宁 贺 圣 越

HE Ren TIAN Sen TIAN Jing ZHANG Ning HE Sheng-yue

(湖北中烟工业有限责任公司,湖北 武汉 430050)

(China Tobacco Hubei Industrial LLC, Wuhan, Hubei 430050, China)

**摘要:**目的:解决 YB25 型软盒包装机烟包转向机构故障率高、易造成烟包损伤等问题。方法:通过对烟包转向机构各零部件磨损情况分析,找出机构设计缺陷,设计了性能更稳定的三点式对称偏心结构行星轮系,并配合改进了专用离合器以保证其过载保护。结果:改进后转向机构故障率降低,单次维修时间减少 54 min,设备噪音减小 46 dB,半年内相关质量缺陷烟包减少 275 包,质量隐患降低。结论:改进后烟包转向机构实现了高效率运转,有效地解决了 YB25 型软盒烟包转向机构的高故障率问题。

**关键词:**软盒包装机;转向机构;行星轮系;离合器

**Abstract: Objective:** In order to solve the problems of high failure rate of cigarette package steering mechanism of YB25 soft box packaging machine and easy to cause cigarette package damage, etc. **Methods:** Through the analysis of the wear of the parts of the cigarette package steering mechanism, the design defects of the mechanism were found. The three-point symmetric eccentric planetary gear train with more stable performance is designed, and the special clutch was improved to ensure its overload protection. **Results:** After the improvement, the failure rate of steering mechanism was reduced, with the single maintenance time 54 minutes reducing, the equipment noise 46 dB reducing, and the related quality defect cigarette packs 275 packs reducing within half a year, and the lower potential quality hazards. **Conclusion:** The improved cigarette packet steering mechanism achieves high-efficiency operation, effectively solves the problem of high failure rate of YB25 soft box cigarette packet steering mechanism.

**Keywords:** soft box packer; steering mechanism; planetary gear train; clutch

YB25 型软盒包装机由上海烟机厂于 20 世纪 90 年代引进,被广泛应用于中国卷烟生产企业<sup>[1-3]</sup>,其独有的

烟包转向机构位于主机横向通道的尾部,连接横向出口通道和烟包输送皮带,其核心作用主要包括三大部分<sup>[4]</sup>:

① 烟包分离,转向机构利用变速运动特性从通道内部逐包取出连续紧贴的烟包,并分别输送至输送带上,从而实现烟包的分离,便于烟包输送与检测;② 烟包调头,YB25 主机出口通道内的烟包的滤嘴端朝向机器内侧,且烟包的条码侧朝下,不便于检测,而出口转盘利用旋转特性,将烟包 180° 旋转,使条码朝上,实现烟包的调头;③ 烟包剔除,转出盘的弧形通道中部有一个活动剔除装置,包装过程中产生的不合格烟包随出口转盘旋转过程中,剔除装置打开,烟包在离心力作用下被甩出,实现废烟包剔除。由于烟机设备的特殊性,对烟包转向机构的改进研究无迹可寻,而转向机构在生产过程中损坏和导致烟包质量缺陷现象却时有发生。文章拟通过分析转向机构各零部件的磨损情况,分析机构存在的设计缺陷,并针对相应零部件进行改进设计。

### 1 工作原理

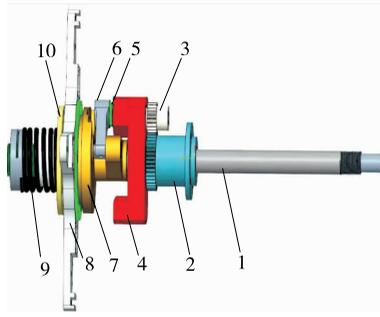
如图 1 所示,转向机构主要由动力输入轴 1、太阳轮 2、行星轮 3、配重块 4、偏心轴 5、偏心轴连杆 6、变速输出转盘 7、烟包输出转盘 8、离合器压紧弹簧 9、钢球离合器 10 组成,动力输入轴 1 与空心太阳轮 2 同轴心装配,太阳轮 2 固定在机器座上,在机构运行过程中保持静止状态;传动原理<sup>[4]</sup>:当动力输入轴 1 转动时,带动固定于其一端的配重块 4 转动,而偏心轴 5 安装于配重块 4 的轴承孔,其末端固定行星轮 3,故配重块 4 带动偏心轴 5 和行星轮 3 绕太阳轮转动,由于行星轮 3 与太阳轮 2 啮合,行星轮 3 转动时会带动偏心轴 5 绕旋转中心自转,而偏心轴连杆 6 套在偏心轴 5 上,另一头与变速输出转盘 7 通过直销相联接,故偏心轴 5 转动过程中,将动力通过直销传递给变速输出转盘 7,最终将动力传输给安装于变速输出转盘 7 上的烟包输出转盘 8;离合器压紧弹簧 9 在运行过程中提供预紧力,配合钢球离合器 10 以防传动过载,保护机构正常运行。

图 2 为偏心轴的速度测量位置和速度测量结果曲线

作者简介:贺韧,男,湖北中烟工业有限责任公司中级工程师。

通信作者:田晶(1991—),女,湖北中烟工业有限责任公司工程师,工学硕士。E-mail:1070791787@qq.com

收稿日期:2021-07-05



1. 动力输入轴 2. 太阳轮 3. 行星轮 4. 配重块 5. 偏心轴  
6. 偏心轴连杆 7. 变速输出转盘 8. 烟包输出转盘 9. 离合器  
压紧弹簧 10. 钢球离合器

图 1 转向机构结构示意图

Figure 1 Schematic diagram of the steering mechanism

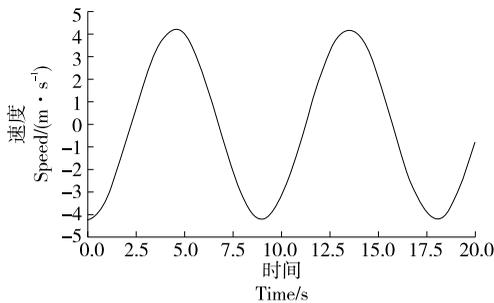


图 2 偏心轴速度曲线图

Figure 2 Speed curve of eccentric shaft

图,通过运动速度曲线可以看出,偏心轴在运动中的输出绝对速度不断变化,因此偏心轴驱动的下级零件也跟着做变速运动,即烟包输出转盘做变速运动。其作用原理为:慢速接触烟包,防止高速转动撞弯烟支,接触到烟包之后,再加速输出烟包,达到既能保护烟支又能快速输出烟包的目的。

## 2 存在问题

YB25 型软盒包装机转向机构在卷烟生产中出现故障后,不仅会由于维修影响产量,还会产生废烟造成物料

浪费,以及产生质量隐患<sup>[5-8]</sup>,此外,维修后的转向机构依靠肉眼观察标记安装曲轴,人为误差较大,相位安装检查只能依靠开机验证,会造成调试时间大大增加,因此必须保证转向机构具有良好的稳定性以及低故障率。

为探究 YB25 型软盒包装机转向机构故障情况,对 2020 年全年车间 4 台 YB25 型软盒包装机转向机构故障及其导致的烟包缺陷进行统计分析,结果如图 3 所示,转向机构故障次数达 78 次,主要故障形式为行星轮组件损坏与离合器组件损坏,其中离合器相关组件故障最为显著,占转向机构故障率的 74.4%;全年由转向机构导致的烟包质量缺陷达到了 758 包,存在严重质量隐患。

对故障进一步分析,行星轮组件损坏分为配重块轴承损坏与偏心轴连杆磨损;离合器组件损坏分为离合器钢球和定位孔磨损、离合器钢球压板翘曲以及离合器咬死。

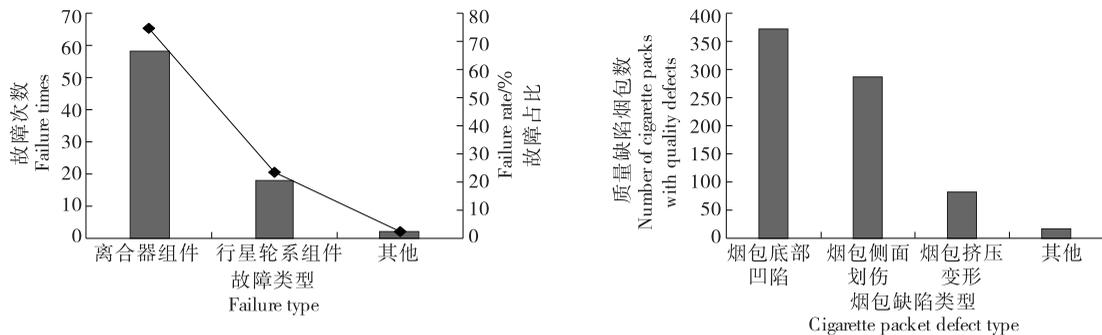
## 3 原因分析

### 3.1 非对称偏心结构缺陷

转向机构的变速运动是通过偏心曲柄实现的,非对称偏心结构有如下缺点:偏心曲柄结构在变速运动中,动量不平衡,机器运动过程中的震动剧烈,为了达到动量平衡,机构在设计过程中采用了增加配重块来抵消部分冲击(如图 4 所示),但是配重块的重量固定,因而其产生的动量也是固定的,而偏心曲柄结构变速运动的动量是不断变化的,因此配重块无法彻底消除偏心变速运动带来的震动冲击,相反,增加的配重反而引入了多余的负载,导致输出转盘安装底盘的销钉承受更大的冲击力而更容易磨损甚至断裂。

变速运动和配重块引入的动量变化,不仅仅造成机械振动剧烈,而且会造成转出盘离合器必须增加更大的预紧力和更大的自重,增加预紧力和自重会加重钢球和钢套的磨损,使整个离合器的寿命直线下降。

此外,太阳轮的安装法兰直径大于齿轮的大径,因此太阳轮只能采用插齿加工。而插齿加工的齿轮运动精度较低,导致转向机构运动的稳定性差,噪声大,其齿轮啮



(a) 转向机构故障分析

(b) 转向机构致烟包损伤情况

图 3 2020 年车间 4 台 YB25 型软盒包装机转向机构故障及其损伤烟包情况

Figure 3 Steering mechanism failure and damaged cigarette packs of four YB25 flexible box packaging machines in the workshop in 2020

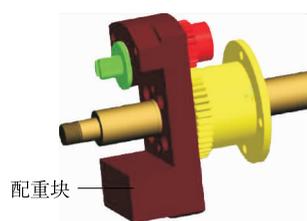


图 4 偏心结构

Figure 4 Eccentric structure and damage caused by eccentric structure

合噪声占到出口转盘总噪声的 1/3,严重损害了操作人员的身体健康。

### 3.2 钢球式离合器缺陷

原转出盘机构采用钢球式离合器,在其输出转盘底座和输出转盘的对应位置上设置了 3 个钢套,在此布置钢球式离合器存在如下问题:

(1) 钢球离合器钢珠为点线接触,容易损坏。如图 5 所示,钢球式离合器在旋转方向的切线方向上,钢球和钢套是点接触或线接触,接触面积小,压强大,很容易造成钢球和钢套的点蚀磨损,最终会导致旋转过程中,钢球和钢套之间存在微动摩擦,会更进一步造成磨损加剧,同时造成转出盘运动噪声剧烈提升。

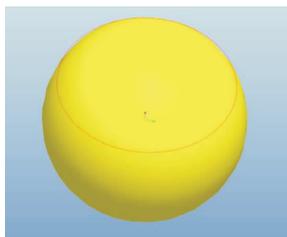


图 5 钢球离合器接触线

Figure 5 Contact wire of steel ball clutch

(2) 转出盘的 3 个钢球不在同一圆弧上,即钢球距离旋转中心的距离不一致,导致 3 个钢球在运动过程中受力不均,磨损不一致,从而会加剧钢球和钢套的磨损甚至卡死。此外,3 个钢球的受力不平衡,会导致其中的某个钢球不受力,造成离合器在正常开机状态下跳开,此时操作人员必须加大弹簧压缩量,过重的弹簧预紧力导致离合器离合困难,在撞击下甚至不跳开,导致箱体主传动齿轮出现断齿故障,影响整机使用寿命。

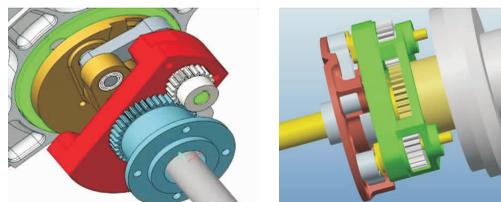
## 4 改进措施

### 4.1 采用三点式对称偏心结构行星轮系

若从结构中去掉配重块,即可解决行星轮系的故障高的问题。根据三点决定一个圆的定理,若将转向机构行星轮系与中心太阳轮匹配行星轮数量由改进前的 1 个改进为对称 3 个<sup>[9-10]</sup>,并采用磨齿加工,使齿轮的传动准确性提升,降低速度波动;三点式偏心结构避免使用配重

机构,降低整个传动机构的负载,3 个轮系回转更容易形成静平衡和动平衡,动平衡后 3 个行星轮在太阳轮上的受力一样,可使整个机构的震动和噪声大幅减小。

采用 3 个曲柄驱动,内应力小,连杆受力小,运动更平稳,稳定性更高,转动更轻;此外,采用 3 个曲柄驱动,使得销钉的受力仅为原来的 1/3,大大提升了销钉的使用寿命。行星轮系改进前后结构如图 6 所示。



(a) 改进前

(b) 改进后

图 6 改进前后行星轮系结构图

Figure 6 Structure diagram of planetary gear train before and after improvement

### 4.2 设计专用离合器机构

由于原转向机构钢球离合器运行过程为线接触,且钢球不同圆易磨损导致离合器故障率高,故考虑放弃原钢球离合器,设计新型专用离合器。

4.2.1 采用两个斜面—导柱式离合 首先考虑增大离合器受力面积,受力面积增大,压强大幅度减小,在脱开时的冲击力降低,从而减少单次脱开对离合器的磨损,可大幅度提升使用寿命,故采用表面与底座表面采用面接触的斜面—导柱式离合<sup>[11-12]</sup>,并设计自适应调节机构,根据斜面的位置自动进行调节,提升离合器的啮合精度。

脱开联接点由改进前的 3 个钢球改进为两个导柱,可以自适应微偏转,且每个导柱导向比高,导向性好,使整个离合装置受力更加均衡,稳定性更好。此外,离合器转盘与输出从动件之间增加减震机构,增加离合器的运动柔性,从而大大降低运动噪声。改进前后的离合器结构图如图 7 所示。

4.2.2 采用弹簧 由于大弹簧预紧力范围小,易导致主传动齿轮断齿故障,故考虑采用新结构弹簧代替原大弹簧。采用由 12 个小弹簧构成的组合型微弹簧组代替大

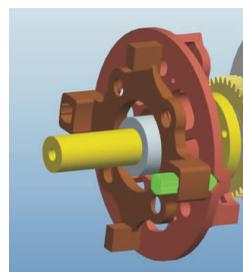


图 7 改进后离合器结构图

Figure 7 Structure diagram of clutch before and after improvement

弹簧,可以有效实现弹簧的力度配比,使弹簧预紧力调节更轻松便捷,且受力更均匀准确。

小弹簧采用截面厚度为 1 mm 的扁平弹簧,相比圆柱弹簧,不仅降低弹簧结构尺寸,压缩比值更小,抗疲劳强度更高。其改进前后结构如图 8 所示。

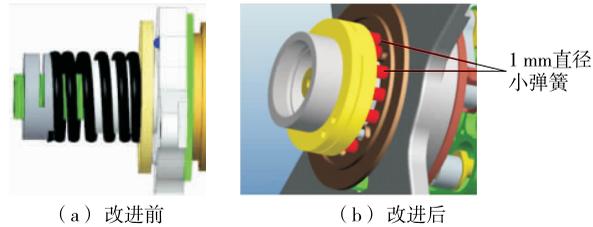


图 8 离合器弹簧结构改进示意图

Figure 8 Schematic diagram of clutch spring structure before and after improvement

## 5 效果验证

### 5.1 烟包质量

为了验证改进效果,针对车间 4 台 YB25 型软盒包装机,对改进前后 6 个月由于转向机构导致的烟包质量缺陷数量进行统计,结果如图 9 所示,可以发现,转向机构改进后,6 个月内由于转向机构导致的烟包质量缺陷仅为 43 包,相较于改进前数量大大降低,烟包质量隐患降低。

### 5.2 维修保养

为了对比改进前后的运动特性的改变,技术人员对改进前后变速输出转盘的销钉进行了受力分析,并绘制了受力曲线,如图 10 所示。

由图 10 可知,新输出转盘的销钉的受力远远低于旧输出转盘(155 N),销钉的峰值受力仅为(55 N),约原来的 1/3,运动更平稳,零件受到的冲击更小,因此各零件的使用寿命大幅度提升,从而可以大大降低维修次数,设备耐久性增强,保养频次由改进前的每月 1 次延长为每年 1 次。

新转向机构采用 3 个行星轮结构,所有行星轮和太阳轮的齿均设置了相关标记,在调节过程中,只需要按照

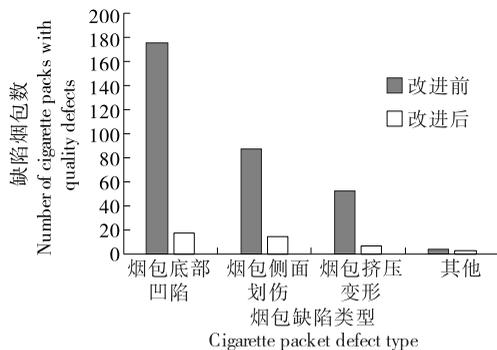


图 9 改进后转向机构导致的质量缺陷烟包统计图

Figure 9 Statistics of quality defect cigarette packs caused by the improved steering mechanism

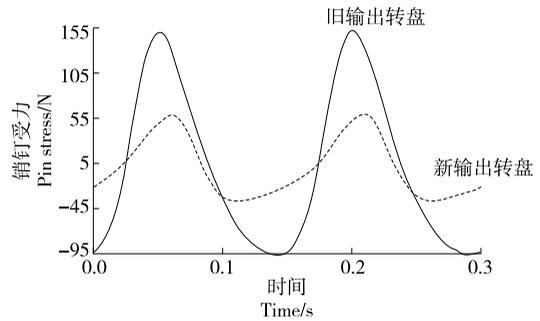


图 10 改进前后销钉受力分析图

Figure 10 Stress analysis of brad before and after improvement

对应的齿标记装入即可,无需反复调节,降低了调节难度,拆装时间由 72 min/次降为 18 min/次。

此外,新转向机构行星轮系和离合器的运动精度都大幅度提升,同时在离合器的关键位置还设置了减震机构,因此在运动过程中,转向机构的噪声显著下降。根据现场测试,其运转噪音由 83 dB 降为 37 dB。

## 6 结论

通过对 YB25 软盒包装机转向机构故障点机构特性进行分析,找出了转向机构故障原因,采用三点式对称偏心结构行星轮系以及设计新型专用离合器,完成了烟包转向机构的改进,有效地降低了转向机构的故障率,减少了维修时间,降低了质量隐患,减小了设备噪音,改进效果显著。

### 参考文献

[1] 《ZB25 型包装机组》编写组. ZB25 型包装机组[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 89-90.  
 Compilation Group of ZB25 Type Packaging Unit. ZB25 type packaging unit[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2001: 89-90.

[2] 伊新杰, 李乃利, 崔健. YB25 型香烟包装机第二推进器滑块装置的改进[J]. 工业, 2017(5): 273.  
 YI Xin-jie, LI Nai-li, CUI Jian. Improvement of the second thruster slider device of YB25 cigarette packaging machine [J]. Industry, 2017(5): 273.

[3] 邓永祥, 黄华锋, 李高军. YB25 型小盒包装机四轮侧边加热器的设计和实施[J]. 中国科技博览, 2009(22): 15.  
 DENG Yong-xiang, HUANG Hua-feng, LI Gao-jun. Design and implementation of four-wheel side heater of YB25 small box packaging machine[J]. China Science and Technology Expo, 2009 (22): 15.

[4] 《卷烟包装工专业知识》编写组. 卷烟包装工专业知识[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2012: 2.  
 Compilation Group of Professional Knowledge of Cigarette Packers. Professional knowledge of cigarette packers [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2012: 2.

(下转第 153 页)