

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.08.018

YB55 型卷烟包装机拉线卷筒定位装置的改进

Improvement of tear-tape roll positioning device for YB55 cigarette packing machine

贺 韧^{1,2} 田 晶^{1,2} 毕君宜^{1,2} 汤世祥^{1,2}HE Ren^{1,2} TIAN Jing^{1,2} BI Jun-yi^{1,2} TANG Shi-xiang^{1,2}

(1. 湖北中烟工业有限责任公司, 湖北 武汉 430040; 2. 湖北中烟工业有限责任公司三峡卷烟厂, 湖北 宜昌 443100)

(1. China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430040, China;

2. Sanxia Tobacco Factory, China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Yichang, Hubei 443100, China)

摘要:利用钢珠压簧结构设计了一种拉线卷筒快速定位装置。应用结果表明:更换拉线时间由改进前的 90 s 缩短至 24 s,因拉线卷筒锁紧不到位导致的拉线使用故障频次由 1.4 次/周降至 0 次/周,有效提高了设备运行效率和产品包装质量的稳定性。

关键词:包装机;拉线卷筒;定位装置;钢珠压簧结构

Abstract: This article utilizes the spring ball locking structure to design a fast tear-tape roll positioning device. The application results of this device show that the tear-tape roll replacement time of the operator's is shortened from 90 s to 24 s, and the frequency of use failures caused by the inadequate locking of the tear-tape roll is reduced from 1.4/week to 0/week, which effectively improves the operation efficiency of equipment and the stability of cigarette packaging quality.

Keywords: cigarette packing machine; tear-tape roll; positioning device; spring ball structure

GDX2 包装机组是从意大利 G.D 公司引进的卷烟包装设备,运行稳定,性能良好,是中国卷烟工业软盒包装的主流机型^[1]。由于该设备辅机 YB55 型透明纸包装机上的原拉线卷筒定位装置结构较为单一^[2],拉线卷筒通过一个带内螺纹的锁紧锥套固定在卷筒轴上,更换拉线时,需人工手动停机,将拉线卷筒锁紧锥套手动旋出,取下卷筒内芯,更换新拉线,再将锁紧锥套手动旋紧,整个过程需旋转锥形螺母 28 圈,费时费力,更换一个拉线卷筒通常需要 90~120 s,导致设备停机时间长,影响设备运行效率。此外,由于对拉线卷的锁紧程度全凭人为经验判断,经常出现操作工锁紧力控制不到位的情况,锁紧力

过大造成卷筒内芯破损,导致材料浪费,锁紧力过小造成卷筒松脱,运行过程中出现拉线跑偏,拉线使用故障频次 1.4 次/周,影响设备的正常运行和包装质量。综上所述,生产企业迫切需要研究一种拉线卷筒快速定位装置,实现对拉线卷筒的快速更换和锁紧力的稳定可控。

中国卷烟企业已有通过各种方式对 YB55 型包装机拉线卷筒定位装置进行优化改进,用于缩短拉线卷筒的更换时间。高畅等^[2-3]通过研制“U”型弹簧片径向张紧装置实现了拉线卷的准确定位和锁紧,但弹簧片弹性会随使用时间的延长而下降,影响锁紧效果。张挺等^[4]通过研究气撑式锁紧装置实现对拉线卷稳定锁紧,自动化程度高,但原理复杂,对改造空间要求多、成本较高。上述研究虽然取得了一定成效,但存在使用寿命短、结构复杂、维护成本高等问题,不能完全满足生产实际的需要。研究拟设计一种钢珠压簧锁紧式拉线卷筒快速定位装置,以期实现对拉线卷筒的快速更换和锁紧力的稳定可控,提高设备的有效作业率。

1 现状调查

为了解拉线卷筒更换过程中设备停机时长的具体情况,对各机台 8 名熟练操作工更换拉线卷筒所用时长进行统计,每人进行 3 次现场测验,统计结果见表 1。同时,为了解拉线更换过程中,因操作工锁紧力控制不到位导致的卷筒破损和卷筒松脱等情况,对各机台因拉线卷筒锁紧不到位引起的拉线使用故障频次进行为期 4 周的统计,统计结果见表 2。

由表 1、2 可知:在使用原拉线卷筒定位装置的情况下,操作工每次更换拉线卷的平均停机时长为 90 s,耗时较长;平均每台机台每周都会出现因操作工拧紧力控制不到位导致的拉线卷筒破损或卷筒松脱等问题,因拉线卷筒锁紧不到位导致的拉线使用故障频次为 1.4 次/周,严重影响设备运行效率和产品包装质量。

作者简介:贺韧(1974—),男,湖北中烟工业有限责任公司中级工程师。E-mail:631812522@qq.com

收稿日期:2020-04-06

表 1 改进前操作工更换拉线卷筒时长统计表
Table 1 Tear-tape roll replacement time statistics before improvement

机台	操作工	耗时/s			平均耗时/s
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	
SB1 #	1	92	92	91	92
	2	86	93	88	89
SB2 #	3	89	86	93	89
	4	82	88	133	101
SB3 #	5	86	94	90	90
	6	85	92	88	88
SB4 #	7	87	89	90	89
	8	82	81	87	83
平均值		86	89	95	90

表 2 改进前拉线使用故障频次统计表

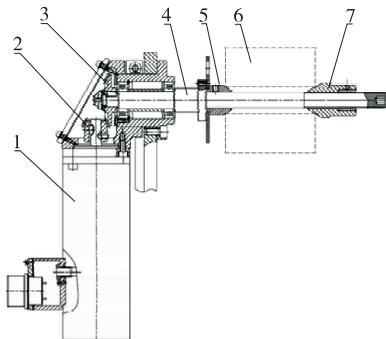
Table 2 Tear-tape roll use failure frequency statistics before improvement

机台	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周	合计	平均值
SB1 #	3	1	1	2	7	1.8
SB2 #	1	2	0	1	4	1.3
SB3 #	0	1	1	1	3	1.0
SB4 #	2	1	1	0	4	1.3
平均值	1.5	1.2	1.8	1.0	5.2	1.4

2 原因分析

2.1 原拉线卷筒定位装置工作原理

如图 1 所示,拉线卷筒定位装置由卷筒安装轴、内部锥套、外部锥形锁紧螺母、直流电机和一对锥齿轮组成。拉线轴 4 左侧固定有一个锥套 5,右侧设有一个可活动的带螺纹的锁紧锥套 7,拉线卷 6 穿套在拉线轴 4 上,通过锥套 5 和锁紧锥套 7 的共同挤压实现对拉线卷的锁紧定



1. 直流电机 2. 锥齿轮 3. 锥齿轮 4. 拉线轴 5. 内部锥套
6. 拉线卷 7. 锁紧锥套

图 1 拉线卷筒定位装置结构图

Figure 1 Tear-tape roll positioning device structure chart

位,直流电机 1 通过一对锥齿轮 2、3 带动拉线轴 4 转动,实现拉线的供给。

2.2 问题原因分析

2.2.1 拉线更换耗时较长的原因 对拉线更换操作流程进行分析,拉线耗尽需更换时,具体操作步骤:① 人为手动停机;② 切断在用拉线;③ 将拉线卷筒锁紧锥套手动旋出;④ 取下拉线卷筒内芯后迅速更换新的拉线卷;⑤ 将锁紧锥套手动旋紧;⑥ 拉线经各导向辊展开后与小包透明纸汇合;⑦ 启动机车,完成拉线的更换操作。

统计 4 个机台操作工更换拉线卷筒时每个操作步骤所耗时长,统计结果见表 3。

表 3 更换拉线各操作步骤所耗时长统计表

Table 3 Time spent statistics of each operation step to replace tear-tape roll

机台	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	合计
SB1 #	4	1	35	2	39	9	2	92
SB2 #	3	1	33	2	40	8	2	89
SB3 #	3	1	32	2	40	7	2	87
SB4 #	3	1	30	2	45	7	2	90
平均值	3	1	32	2	41	8	2	89
占比/%	4	1	36	2	46	9	2	100

由表 3 可知,在更换拉线过程中,原拉线定位装置锁紧锥套的装、卸用时最长,占整个拉线更换时长的 82%。操作工在进行这项操作时需要连续且快速的转动锁紧锥套 28 周,费时费力,严重影响拉线更换效率。

2.2.2 卷筒破损、卷筒松脱的原因 直流电机驱动拉线轴转动时,内、外锁紧锥套通过对拉线卷筒内芯两端接触面锁紧挤压产生足够大的摩擦力,从而带动拉线卷筒转动,实现拉线供给,因此安装固定拉线卷筒时,需要一定的锁紧力^[5]。为保证内、外锁紧锥套与卷筒内芯接触面产生的摩擦力能够带动拉线卷筒转动工作,操作工所施加的锁紧力一般会偏大。由于锁紧力的大小只能通过人为经验判断,经常出现操作工锁紧力控制不到位的情况,锁紧力过大,会导致卷筒内芯胀裂而破损,锁紧力过小,内、外锁紧锥套与卷筒内芯接触面产生的摩擦力不足以正常驱动拉线卷筒的转动,造成拉线卷筒松脱,导致拉线跑偏和反向缠绕。

由上述分析可知,YB55 型包装机原拉线定位装置通过锥形螺母锁紧的方式固定拉线卷筒,操作繁琐,费时费力,锁紧力大小不易准确控制,鉴此,拉线定位装置设计不合理是拉线不能快速更换和导致卷筒容易破损、松脱的主要原因。

3 改进方法

3.1 改进思路

锁紧方式和固定方式的合理设计是实现拉线快速更

换工作的关键。试验采用钢球压簧锁紧的方式来进行拉线卷筒快换装置的设计,钢球压簧锁紧方式同时具备定位、锁紧功能,具有结构简单可靠、安装快速,锁紧力大、定位精度高等优点^[6],通过单手直线推拉的方式即可完成拉线卷筒的安装和卸载。

3.2 钢珠压簧锁紧式拉线卷筒定位装置设计方案

钢珠锁紧式拉线卷筒定位装置结构如图 2 所示,主要由卷筒安装轴 7、钢珠 4、压簧 2、定位环 5 等组成。定位装置整体设计为圆柱形,在卷筒安装轴 7 上固定安装有定位环 5,其结构上设有凸块 8 卡住拉带卷筒内芯的工艺槽,解决卷筒内侧定位和锁紧,定位凸块共 2 个,对称分布在定位环 5 上。卷筒安装轴 7 内部开有径向通孔,通孔一端为球形孔,用于放置钢珠 4 并防止钢珠弹出,另一端设有螺纹孔 1,用于安装压力调节螺钉 3,压簧 2 位于钢珠 4 和压力调节螺钉 3 之间,通过螺纹孔 1 内的压力调节螺钉 3 可调节压簧对钢珠的压力,通过此组压簧钢珠结构,解决拉线卷筒外侧定位和锁紧。

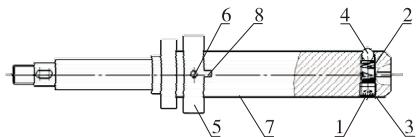
安装拉线卷筒时,操作工单手直接插入拉线卷筒,钢珠 4 受压下沉,待定位凸块 8 插入卷筒内芯的工艺卡槽后,钢珠 4 在压簧 2 作用下自动弹出,并卡住拉线卷筒内芯外端面,实现对拉线卷筒的定位。该钢珠锁紧式拉线快换装置,可为拉线卷筒提供稳定的锁紧力,有效防止拉线卷筒损坏或松脱,更换拉线时,能实现与拉线卷筒的快速分离,操作简单,省时省力。

3.3 卷筒安装轴的设计

设计卷筒安装轴主体长度 162 mm,材料采用 45# 钢,轴承型号为“6004”。根据卷筒内芯内径尺寸 31 mm,卷筒安装轴直径设计为 30 mm,卷筒内芯穿套于轴上,不致产生大于 1 mm 的径向跳动,卷筒安装轴设计图如图 3 所示。

3.3.1 轴承的基本额定寿命计算

原拉线卷筒安装轴直径为 18 mm,设计新的拉线卷筒安装轴直径为 30 mm,安



1. 螺纹孔 2. 压簧 3. 压力调节螺钉 4. 钢珠 5. 定位环
6. 紧定螺钉 7. 卷筒安装轴 8. 定位凸块

图 2 压簧钢珠定位装置设计图

Figure 2 Spring ball locking structure design chart

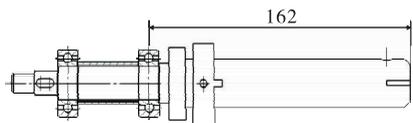


图 3 卷筒安装轴设计图

Figure 3 Tear-tape roll install shaft design chart

装轴直径的加粗可能导致轴承寿命降低,需要对轴承的基本额定寿命进行计算,确定拉线卷筒安装轴结构设计的可靠性。轴承基本额定寿命按式(1)计算:

$$L_h = \frac{106 \times C \times \epsilon}{60 \times n \times P}, \tag{1}$$

式中:

- L_h ——寿命, h;
- n ——转速, r/min;
- C ——基本额定动载荷, N;
- P ——当量动载荷, N;
- ϵ ——寿命指数。

其中,当量动载荷 P 按式(2)计算:

$$P = f_d (X F_r + Y F_a), \tag{2}$$

式中:

- f_d ——冲击载荷系数;
- F_r ——径向载荷, N;
- F_a ——轴向载荷, N;
- X ——径向动载荷系数;
- Y ——轴向动载荷系数。

拉线卷筒安装轴所用轴承为向心球轴承, f_d 取 1.2; 轴承型号为“6004”,查轴承型号相关手册^[7], C 取 9 380 N; 轴承寿命指数 ϵ 取 3; 转轴在转动过程中没有轴向载荷, $X=1, Y=0$; 拉线卷筒安装轴上轴承只受径向力作用, 径向力 F_r 等于轴承所受重力, 已知轴与拉线卷筒总重 2.4 kg, 则 $F_r = 2.4 \times 9.8 = 23.52$ N; 轴的最大转速 $n = 96$ r/min。将上述条件代入式(1)、(2), 得 $P = 28.224$ N, $L_h = 6.373 \times 10^9$ h, 符合不小于 10 年使用寿命的设计要求。

3.3.2 轴的强度校核 为防止由于正常使用而超过轴的承受力引起变形,需准确计算出轴的受力情况,进行轴的强度校核^[8]。由于该装置轴转速仅 96 r/min,且用途只是安装拉线卷筒,因此看作只受弯矩作用,转矩可忽略不计,拉线对轴的实测拉力值为 0.98 N,亦可忽略不计。由轴结构及受力作出卷筒安装轴受力图见图 4。

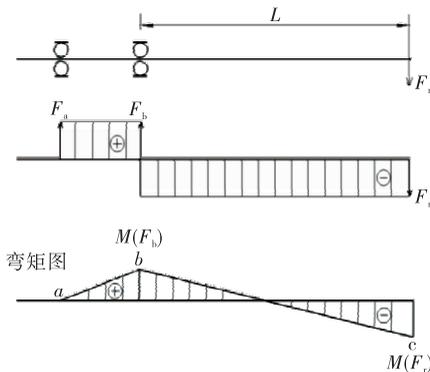


图 4 卷筒安装轴受力图

Figure 4 Tear-tape roll install shaft force diagram

如图 4 所示, $F_a + F_b = F_r$, 因此 c 处弯矩最大。按照弯曲强度条件计算, 卷筒安装轴 c 处的使用应力 σ_{ca} 必须小于 45 # 钢许用弯曲应力 $[\sigma_0] = 40 \text{ MPa}^{[9]}$, 即 40 N/mm^2 , 计算公式:

$$\sigma_{ca} = M/W \leq [\sigma_0], \quad (3)$$

式中:

σ_{ca} ——应力, N/mm^2 ;

M ——轴所受的弯矩, $\text{N} \cdot \text{mm}$;

W ——危险截面抗扭截面系数, m^3 ;

$[\sigma_0]$ ——45 # 钢许用弯曲应力, N/mm^2 。

拉线卷筒与轴总重 2.4 kg, 与轴承内圈接触轴段(危险截面)直径为 20 mm, 轴承中心到拉线卷筒安装端距离 162 mm, 弯矩 $M = F \times L = 2.4 \times 9.8 \times 162 = 3.81 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$ 。 $W = 0.1d^3 = 0.1 \times 20^3 = 800 \text{ mm}^3$, 将上述条件代入式(3), 得 $\sigma_{ca} = 4.76 \text{ N/mm}^2 < [\sigma_0] = 40 \text{ N/mm}^2$, 因此, 轴的强度满足设计要求。

3.3.3 钢球的轴向锁紧力 改进后的拉线快换装置中的压簧和钢球能产生 25 N 的锁紧力, 因此, 拉线卷筒需要克服 25 N 的阻力才能脱出, 而根据实测结果, 拉线在运行中仅有 0.1 N 的轴向力, 因此运行中, 钢球的轴向锁紧力可以确保拉线卷筒不沿轴向脱出。

3.4 钢珠的选择

钢珠选用常用轴承钢珠, 在 25 N 压力时提供更大的张力, 对于 7 mm 和 8 mm 直径的钢珠, 在 25 N 压力下压簧压缩, 拉线卷筒完全脱出分别需 36 N 和 41 N 拉力, 但 8 mm 钢珠在 25 N 压力时提供更大的张力, 锁紧效果更好, 选择采用 8 mm 直径钢珠。

3.5 压簧的选择

压簧材质需弹性强、耐用性好。45 # 钢含碳量较低, 弹性及耐用性不高, 而弹簧钢含碳量较高, 具有高强度、高屈服极限和高疲劳极限等特点, 因此, 选用弹簧钢作为压簧材料。

3.6 压力调节螺钉的选择

压力调节螺钉需经久耐用。45 # 钢耐用性不高, 而不锈钢具有防生锈、防腐蚀, 耐高温等良好的机械性能, 因此选用不锈钢作为压力调节螺钉材料。

4 效果验证

完成钢珠锁紧式拉线快换装置的加工组装, 进行调试运行, 为验证改进效果, 再次对 4 台机台 8 名熟练操作工更换拉线卷筒停机时长进行统计, 每人进行 3 次现场测验, 统计结果见表 4。同时, 跟踪运行效果, 对各机台因拉线卷筒锁紧不到位引起的返工频次进行为期 4 周的统计。

由表 4 可知, 改进后, 操作工更换拉线平均时长由改进前的 90 s 降到 24 s。而且改进后的各机台运行 4 周, 均未发生卷筒破损、卷筒松脱、拉线跑偏等问题。上述结

表 4 改进后操作工更换拉线卷筒时长统计表

Table 4 Tear-tape roll replacement time statistics after improvement

机台	操作工	耗时/s			平均耗时/s
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	
SB1 #	1	22	23	21	22
	2	26	29	23	26
SB2 #	3	29	25	23	26
	4	22	28	23	24
SB3 #	5	26	24	23	24
	6	25	22	28	25
SB4 #	7	27	29	20	25
	8	22	21	22	22
平均值		25	25	23	24

果表明, 该装置能大幅缩短操作工更换拉线时间, 操作简便, 锁紧稳定性好, 有效解决了拉线更换费时费力和锁紧力大小不稳定的问题, 改进取得了良好效果。

5 结论

相比于以往弹簧片锁紧、气撑式锁紧等改进方法, 采用钢珠压簧锁紧方式的定位装置结构简单、加工成本低、经久耐用, 在各类包装机上均具有较好的推广应用价值。后续工作中, 可以采用不锈钢材料并结合镂空设计结构进一步减轻卷筒安装轴重, 提高其抗锈蚀性能, 同时, 通过在定位环凸块处增加标记刻度线的方式提高拉线卷筒内芯工艺槽与装置定位凸块的定位精度。

参考文献

- [1] 《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.
- [2] 高畅. CH 包装机拉线卷筒固定装置的改造[J]. 科学导报, 2015(24): 237.
- [3] 胡森, 李华廷, 李坤, 等. YB55 香烟包装机小盒拉线固定装置的改进[J]. 中国科技信息, 2016(9): 89-90.
- [4] 张挺, 洪一璐, 鲁雷波, 等. 快换式 CH 拉线卷筒锁紧装置的改进[J]. 华东科技(综合), 2018(11): 308-309.
- [5] 朱华. CH 透明纸包装机拉带盘卷锁紧装置的改进[C]// 中国烟草学会 2012 年学术年会. 南京: [出版者不详], 2012: 105-111.
- [6] 廖堃宇. 机器人末端工具快速更换装置的研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2015: 13-14.
- [7] 燕晓红, 党华, 龙育才. 机械设计基础[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010: 227.
- [8] 唐建. 机械设计中轴的强度设计与校核[J]. 中国机械, 2014(18): 254-255.
- [9] 初嘉鹏, 胡建忠. 机械设计基础[M]. 北京: 中国计量出版社, 2009: 184, 186, 246.