

贮丝柜柔性进出料技术研究与应用

Research and application of flexible feeding and discharging technology for storage tank

曾伟中 李 强 李 俊 邹金鹏

ZENG Wei-zhong LI Qiang LI Jun ZOU Jin-peng

刘 田 刘 畅 张兴全 李家喜

LIU Tian LIU Chang ZHANG Xing-quan LI Jia-xi

(湖北中烟工业有限责任公司襄阳卷烟厂, 湖北 襄阳 441000)

(Xiangyang Cigarette Factory, China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Xiangyang, Hubei 441000, China)

摘要:目的:解决出柜烟丝整丝率下降、碎丝率升高及区域粉尘浓度过高的问题。方法:设计了一种贮丝柜柔性进出料系统,通过自动伸缩溜料板和滑动升降式耙料辊,有效降低烟丝造碎和区域粉尘浓度。结果:采用贮丝柜柔性进出料系统后,整丝率变化率升高 1.1%,由 80.2% 升至 81.1%,碎丝率降至 2.2%;区域含尘浓度 C-TWA 降低至 0.5 mg/m³。结论:改进后的贮丝柜达到了清洁生产和降本增效的目的。

关键词:贮丝柜;柔性进出料;落差缓冲;滑动升降耙料;烟丝结构;粉尘浓度

Abstract: Objective: To solve the problems of low whole rate of the tobacco shredded from the cabinet, high rate of broken shreds and high concentration of regional dust. **Methods:** A flexible feeding and discharging system of the wire storage cabinet was designed, which effectively reduced the shredded tobacco and the regional dust concentration through the automatic telescopic sliding plate and the sliding and lifting raking roller. **Results:** After adopting the flexible feeding and discharging system of the wire storage cabinet, the change rate of the whole wire rate increased by 1.1%, from 80.2% to 81.1%, and the broken wire rate decreased to 2.2%; The regional dust concentration C-TWA decreased to 0.5 mg/m³. **Conclusion:** The improved wire storage cabinet achieves the purpose of cleaner production, cost reduction and efficiency enhancement.

Keywords: cut tobacco bulker; flexible feeding and discharging; fall buffer; sliding lifting rake; cut tobacco structure; dust concentration

烟丝贮存作为制丝车间最后一道生产工序,其工艺任务是保障配方烟丝充分混合均匀,平衡烟丝水分和温度,满足卷烟工艺要求^[1-2]。由于贮柜进料出料落差较大,在生产过程中易产生灰尘,造成区域粉尘浓度过高。同时,较大的落差和出料系统的耙料机构反复击打,造成出柜烟丝整丝率下降,碎丝率升高的问题,影响产品加工品质^[3-5]。行业内针对贮柜进出料产生的造碎问题研究多数集中在优化出料方式,即对出料系统的耙料机构进行优化和改进,通过重新设计耙料辊,从而减少对物料的搅拌强度。李艳芳等^[6-8]通过改变耙钉拨料方向,将耙钉插入物料中,降低搅拌出料强度,但仍未解决反复搅拌的问题;刘亦坚等^[9]通过将拨料辊改为耙齿,将打击式出料方式改为柔性出料,有效降低了烟丝造碎,但仍未解决进料时烟丝造碎和扬尘较大的问题;雷建生^[10]对贮柜出料系统的控制系统进行优化实现均匀出料,在一定程度上减少了物料造碎,但未从根本上解决进出料落差较大和耙料辊反复搅拌击打的问题。

研究拟设计一种贮丝柜柔性进出料系统,通过落差缓冲装置和滑动升降耙料装置减少烟丝进柜落差和降低出料时耙辊对烟丝的打击强度,以期提高成品烟丝质量,实现清洁生产。

1 存在的问题

目前,行业内贮丝柜进料仍沿用传统掉料方式;出料采用底带变频前进运动,配合耙机对物料进行松散。然而,贮丝柜在进料过程中,由于贮丝柜底面与贮柜上的铺料行车落差大(1 900 mm),物料在落入柜内时,水分低、

基金项目:湖北中烟有限责任公司襄阳卷烟厂科技项目(编号:2020JSGY4XY2C003)

作者简介:曾伟中,男,湖北中烟有限责任公司襄阳卷烟厂工程师。

通信作者:李家喜(1979—),男,湖北中烟有限责任公司襄阳卷烟厂工程师。E-mail: xylijx@xf.hbtobacco.cn

收稿日期:2021-12-29 **改回日期:**2022-04-17

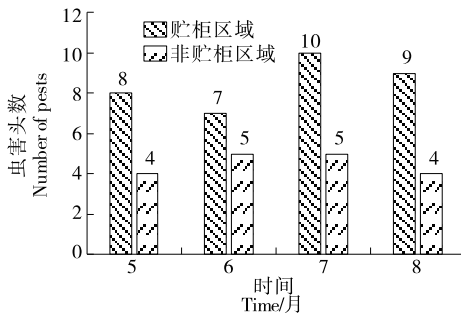
形态颗粒较小且易飘逸的物料及粉尘扇动在空气中逃逸出贮柜,造成车间区域环境含尘浓度超标;同时,由于落差大(贮柜底面与下方带式输送机落差 1 000 mm)、出料口带有耙齿的辊轴对物料进行反复松散,容易造成烟丝结构的破坏。

研究选取 A 牌号卷烟为研究对象,对成品烟丝关键物理指标及区域环境含尘浓度进行测定,统计进贮丝柜前和出贮丝柜各项指标情况,测定结果(见表 1)表明:整丝率下降 1.5%,碎丝率升高至 2.4%;进出柜过程中,区域含尘(烟草尘)浓度 C-TWA 为 1.8 mg/m³,接近国家工作场所空气中粉尘的职业接触限值(PC-TWA 值为 2.0 mg/m³),而且贮柜区域虫害头数高于其他非贮柜区域(见图 1)。

表 1 A 牌号成品烟丝结构现状及区域粉尘浓度

Table 1 Structure status and regional dust concentration of finished tobacco in Huanghelou (A brand) %

样品	整丝率	碎丝率
进贮丝柜前	81.7	2.1
出贮丝柜后	80.2	2.4



虫害头数为每 100 m² 虫情诱捕器上虫害数量

图 1 不同区域虫害对比

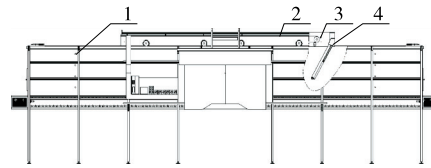
Figure 1 Comparison of pests in different regions

2 系统改进

为克服贮丝柜进出料系统造成的烟丝结构破坏和区域含尘浓度增加的问题,对现有贮丝柜进出料系统进行改进,在贮丝柜铺料行车投料口增设落差缓冲装置,出料口设计滑动升降耙料装置。

2.1 落差缓冲机构

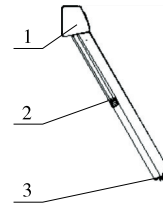
为解决贮丝柜进料落差较大问题,在贮丝柜铺料行车投料口增设落差缓冲装置。该装置主要由料位信号传感器、铺料行车、来料感应器和自动伸缩溜料板等部分组成(见图 2)。自动伸缩溜料板安装于铺料行车两端落料口皮带下方,由外壳盖板、张力曲臂和外固定管盖帽组成(见图 3、图 4),溜料板长度为 1 800 mm,宽度为 2 400 mm。料位传感器提供三段预留料位堆积高度空间信号,分别为 300,600,1 100 mm,随着贮柜内堆积物料高度的变化



1. 料位信号传感器 2. 铺料行车 3. 来料感应器 4. 自动伸缩溜料板

图 2 落差缓冲装置

Figure 2 Drop buffer



1. 外壳盖板 2. 张力曲臂 3. 外固定管盖帽

图 3 自动伸缩溜料板结构图

Figure 3 Composition of automatic stretching-slip slab



图 4 自动伸缩溜料板伸开与收缩

Figure 4 Automatic telescopic gliding plate open and shrink

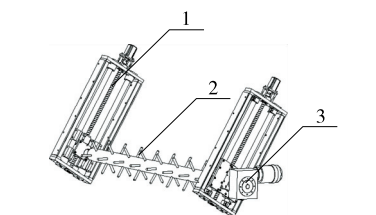
控制自动伸缩溜料板的伸出长度,既能达到由低位物料至高位物料的落料过程减速缓冲的目的,又能保障落差缓冲装置的位置准确。

贮丝柜进料时,通过自动伸缩溜料板将物料减速缓冲导入至柜内,在陆续向柜内投料时料位会逐步堆高。随着贮丝柜内物料堆积高度增高,安装于贮柜两侧的料位检测信号传感器将料位高度信号传递给自动伸缩溜料板,进行角度和长度调节,达到缓冲目的。改进后,物料进料最大落差由原来的 1 900 mm 降至 300 mm,有效降低了烟丝造碎及粉尘外溢。

2.2 滑动升降耙料机

为减少出料时耙辊对烟丝的反复击打、搅拌等问题,在贮柜出料口设计一套能够上下往复运动的滑动升降式耙料辊。该装置主要由升降结构、旋转机构和耙料机构三部分组成(见图 5)。出料时,升降机构带动旋转机构和耙料机构在出料口进行上下往复运动,同时旋转机构驱动耙料结构对出口物料进行松散。

2.2.1 升降机构 升降机构设置(见图 6)在耙料刺辊轴端,左右对称布置,设有轴承、轴承座及带动辊轴升降的升降滑台,采用滚珠丝杆与螺母进行传动。减速电机带动滚珠丝杆旋转,丝杆旋转运动使螺母做上下运动,耙辊组件安装在丝杆螺母安装座上,也随之上下运动,通过两侧安装的光轴滑套,在限定运动方向的同时,也起到稳定整个运动状态的目的。两侧步进电机使用同一个变频



1. 升降机构 2. 耙料机构 3. 旋转机构

图 5 滑动升降式耙料辊布局图

Figure 5 Layout of sliding lifting rake roller

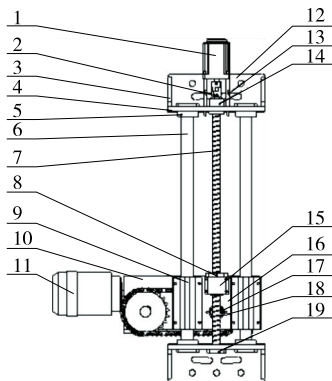
1. 步进电机 2. 联轴器 3. 安装板加强筋 4. 光轴座安装板
5. 光轴座 6. 光轴 7. 丝杆 8. 丝杆螺母 9. 光轴滑套 10. 减速机 11. 电机 12. 安装板 13. 电机支撑杆 14. 上丝杆座
15. 螺母安装座 16. 耙齿安装板 17. 耙齿安装轴承 18. 轴承座 19. 下丝杆座

图 6 升降机构结构图

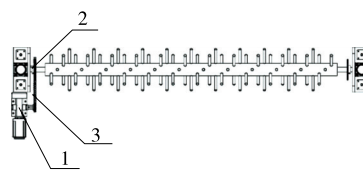
Figure 6 Lifting mechanism structure diagram

器,从而保证运动的一致性,其上下往复的运动速度可由变频器根据需求进行调整。

整个升降滑台上下运动范围为 0~500 mm,在贮柜处料过程中,为避免耙辊对烟丝的反复击打造成物料破损,通过升降滑台带动耙料辊做上下往复运动,在保障对物料松散的同时,减少对同一部位物料的反复击打、搅拌,从而减少物料的造碎率。

2.2.2 旋转机构 耙辊旋转机构位于辊轴两端,主要由旋转电机、链轮和链条三部分组成(见图 7)。旋转电机通过链轮和链条,驱动辊轴进行旋转运动,其旋转速度可通过变频器控制电机转速,实现对物料的松散功能。由于升降机构的上下往复运动,从而使旋转机构耙机转速由原来 35 r/min 降至 25 r/min,减少对物料的搅拌强度。

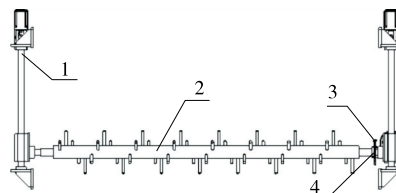
2.2.3 耙料机构 耙料刺辊主要由辊轴和耙料齿两部分组成(见图 8)。出料时,为了减少耙料齿插入物料的深度,减少耙料齿对物料的反复搅拌,耙料齿长度应较常规耙料齿的减少近 1/3;同时将耙齿设置为沿轴的中心线呈螺旋线状分布^[10],减少原有直线设计的耙齿与物料反复接触,在保障松散物料的前提下,有效避免了对物料的搅拌,降低了物料造碎率。



1. 旋转电机 2. 链条 3. 链轮

图 7 旋转机构结构图

Figure 7 Structure of rotating mechanism



1. 升降滑台 2. 耙料机构 3、4. 链条

图 8 升降式耙料刺辊结构图

Figure 8 Structure diagram of thrust roller for lifting rake

2.3 工作原理

如图 9 所示,进料系统启动时,自动伸缩溜料板装置降到最低点,物料通过落料装置缓冲后落入贮柜,缓慢堆积。当进料检测光电传感器检测到物料堆积至一定高度时,进料控制系统启动,带动自动伸缩溜料板装置上升到第二个高度后停止。当光电传感器检测到第二个高度(物料堆积高度)时,系统启动带动缓冲落料装置上升到第三个高度(物料堆积高度)后停止,当光电传感器检测到第三个高度时,自动伸缩溜料板自动上升退回到最高点。

出料时,旋转结构首先启动,带动耙料机构进行旋转运动,随后升降机构带动旋转机构和耙料机构开始上下往复运动,整个出料装置按照设定的程序自动上下往复运行,通过耙料辊的上下运动,避免对同一部位物料反复击打、搅拌,从而达到降低造碎的目的。

3 应用效果

3.1 试验设计

3.1.1 材料

以正常生产的 A 牌号黄鹤楼成品烟丝为试验对象。

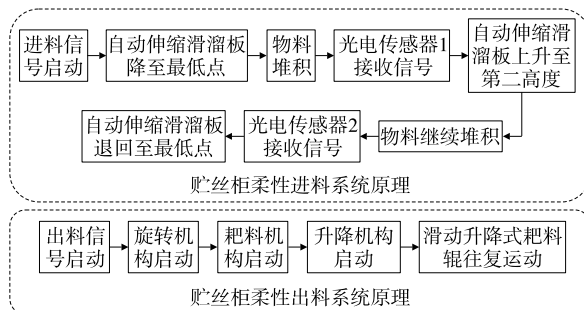


图 9 贮丝柜柔性进出料系统工作原理

Figure 9 The working principle of the flexible feeding and discharging system of the wire storage cabinet

3.1.2 仪器与设备

烟丝振动分选筛:YQ-2 型,郑州恒德通用机械有限公司。

3.1.3 方法

(1) 整丝率与碎丝率测定:按 YC/T 178—2003《烟丝整丝率、碎丝率的测定方法》执行。

(2) 含尘浓度测定:按 GBZ 2.1—2019《工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》执行。

(3) 虫害头数统计:分别统计贮柜区域和非贮柜区域虫情诱捕器上虫害数量。

跟踪测试 10 个批次成品烟丝质量,每个批次测定 3 次,取平均值。

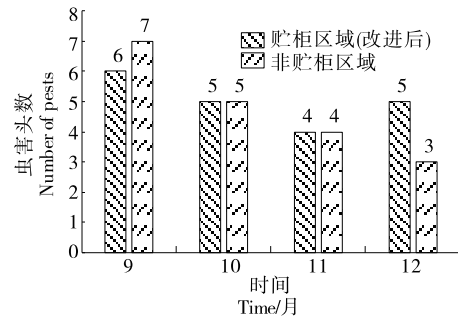
3.2 数据分析

由表 2 可知,改进后成品烟丝整丝率由 80.2% 升至 81.1%,提高 0.9%;碎丝率降低至 2.2%;整丝率变化率提升 1.1%;整丝率升高和碎丝率降低,有利于提升后续卷接过程的稳定性,从而提高成品烟支的物理质量和感官质量稳定性;由于烟丝造碎率减小,耗丝率由 20.21 kg/箱降至 20.18 kg/箱,按年产量 60 万箱计算(烟丝单价 100 元/kg),共计节约成本 180 万元。

同时,改进后贮柜区域虫害头数由每月平均 8.5 头降至 5 头,与非贮柜区域基本相同(见图 10)。区域含尘浓度 C-TWA 降低至 0.5 mg/m³,远低于国家工作场所空气中粉尘的职业接触限值(2.0 mg/m³),从而改善了工作环境,降低了职业病风险隐患。

4 结论

通过对原有贮丝柜进出料系统进行改进优化,有效降低了车间区域粉尘浓度,提升了烟丝结构。以黄鹤楼(A牌号)成品烟丝为试验对象,采用贮丝柜柔性进出料



虫害头数为每 100 m² 虫情诱捕器上虫害数量

图 10 改进后不同区域虫害对比

Figure 10 Comparison of pests in different regions after improvement

系统后,成品烟丝结构得到有效提升,整丝率升高 0.9%,单箱耗丝量由每箱耗丝 20.21 kg 降至 20.18 kg;同时,区域含尘浓度 C-TWA 由 1.8 mg/m³ 降至 0.5 mg/m³,减少了烟尘散逸;贮柜区域虫害头数(每 100 m² 虫情诱捕器上虫害数量)也随之降低,降低至每月 5 头;在保障产品质量的前提下,达到了清洁生产和降本增效的目的。研究解决了贮丝柜进出料过程中烟丝造碎和粉尘外溢的问题,但如何有效减少出料过程中长丝变短的问题仍有待进一步研究。

参考文献

- [1] 郑玉忠, 侯加文. 储丝柜出料烟丝整丝率降低原因及改进措施[J]. 中国高新技术企业, 2016(3): 35-36.
ZHENG Y Z, HOU J W. Reasons and improvement measures for reduction of long strand proportion in cut tobacco discharged from silo[J]. China High-Tech Enterprises, 2016(2): 35-36.
- [2] 许旭. 贮丝柜自动翻板装置的研究与应用[J]. 科技创新导报, 2018, 15(2): 89-90.
XU X. Research and application of automatic flap for cut tobacco silo[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2018, 15(2): 89-90.
- [3] 吴长庆. 一种新型伸缩拨叉拨料装置[J]. 山西冶金, 2014, 37(2): 86-88.
WU C Q. R & D of telescopic kick-off for steel tube[J]. Shanxi Metallurgy, 2014, 37(2): 86-88.
- [4] 侯加文, 丁瑞. 减少贮丝柜出柜烟丝整丝率降低值几种方案分析[J]. 科技传播, 2013, 5(9): 80, 76.
HOU J W, DING R. Analysis of several solutions for decreasing reduction of long strand proportion in cut tobacco discharged from silo[J]. Science and Technology Communication, 2013, 5(9): 80, 76.
- [5] 董耀. 耙齿定向拨丝轮的设计及在贮丝柜出料处的应用[J]. 中国科技纵横, 2013(11): 119.
DONG Y. Design of flapper with oriented spikers and its application to discharging silo[J]. China Science and Technology Panorama Magazine, 2013(11): 119.

表 2 改进后烟丝结构及区域粉尘浓度[†]

Table 2 Improved tobacco structure and regional dust concentration

批次	整丝率/%	碎丝率/%	C-TWA/(mg · m ⁻³)
1	80.9	2.1	0.6
2	81.3	2.2	0.5
3	80.2	2.7	0.3
4	80.0	1.8	0.6
5	81.3	2.3	0.4
6	81.5	2.1	0.3
7	82.0	2.1	0.6
8	79.8	2.3	0.7
9	81.8	1.9	0.5
10	82.1	2.2	0.4
平均值	81.1	2.2	0.5

[†] 整丝率变化率为 99.3%。

- [53] MOI I M, LEOW T C L, ALI M S, et al. Polyunsaturated fatty acids in marine bacteria and strategies to enhance their production[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2018, 102(14): 5 811-5 826.
- [54] ARRIENS C, HYNAN L, LERMAN R, et al. Placebo-controlled randomized clinical trial of fish oil's impact on fatigue, quality of life, and disease activity in systemic lupus erythematosus[J]. *Nutrition Journal*, 2015, 14(1): 82-93.
- [55] 王梅. 浅谈螺旋藻的营养保健功能[J]. *科技信息*, 2013(23): 494.
- WANG M. Discussion on nutrition and health care function of Spirulina [J]. *Scientific and Technological Information*, 2013(23): 494.
- [56] 张黎明, 陈志龙. 海蛇的药用价值[J]. *中医药学报*, 2002, 30(5): 25-26.
- ZHANG L M, CHEN Z L. Medicinal value of sea snake[J]. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2002, 30(5): 25-26.
- [57] 李荣, 郁迪, 杨最素, 等. 海洋动物寡肽制备与功能特性研究进展[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2012, 31(4): 361-365.
- LI R, YU D, YANG Z S, et al. Research advances in preparation and functional properties of marine animal oligopeptides [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science Edition)*, 2012, 31(4): 361-365.
- [58] 张敏, 许朵霞, 王振华, 等. 水酶法提取米糠油的试验研究[J]. *粮油食品科技*, 2021, 29(5): 1-10.
- ZHANG M, XU D X, WANG Z H, et al. Study on water enzymatic extraction of rice bran oil[J]. *Science and Technology Cereals, Oils and Foods*, 2021, 29(5): 1-10.
- [59] 李斌. 海带岩藻黄素与褐藻多酚提取制备工艺的研究[D]. 厦门: 集美大学, 2015: 23-24.
- LI B. Study on extraction and preparation of fucoflavin and polyphenols from Kelp[D]. Xiamen: Jimei University, 2015: 23-24.
- [60] NALAE K, SEO Y K, SUM R, et al. Anti-fatigue activity of a mixture of seahorse (*Hippocampus abdominalis*) hydrolysate and red ginseng[J]. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 2017, 20: 3-11.
- [61] 葛晓鸣, 顾伟, 徐永健. 海马水解蛋白的氨基酸组成与抗氧化能力的关系[J]. *核农学报*, 2019, 33(2): 322-329.
- GE X M, GU W, XU Y J. Relationship between amino acid composition and antioxidant capacity of hippocampal hydrolyzed protein[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2019, 33(2): 322-329.
- [62] 彭汶铎, 陈启亮. 海马酶法提取物的抗疲劳作用[J]. *中国食品卫生杂志*, 2005(5): 404-407.
- PENG W D, CHEN Q L. Antifatigue effect of enzymatic extract of hippocampus[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2005(5): 404-407.
-
- (上接第 82 页)
- [8] 王三永, 李春荣, 曹敢星, 等. 新型凉味剂 N-乙基-L-薄荷基甲酰胺的合成研究[J]. *香料香精化妆品*, 2005(1): 7-8.
- WANG S Y, LI C R, CAO G X, et al. Study on synthesis of novel cooling agent N-ethyl-L-menthylcarboxamide[J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2005(1): 7-8.
- [9] 陈磊, 晏日安. 新型凉味剂薄荷酰胺(WS-3)[J]. *现代食品科技*, 2006(4): 269-270.
- CHEN L, YAN R. New cooling agent mentamide (WS-3) [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2006(4): 269-270.
- [10] 王紫燕, 韩敬美, 雷萍, 等. 烟用凉味剂研究进展[J]. *食品与机械*, 2019, 35(9): 204-210.
- WANG Z Y, HANG J M, LEI P, et al. Research progress of tobacco cooling agents [J]. *Food & Machinery*, 2019, 35(9): 204-210.
- [11] LEFFINGWELL J, ROWSELL D. Wilkinson sword cooling compounds: From the beginning to now[J]. *Perfumer & Flavorist*, 2014, 39: 34-44.
- [12] DIOMEDE L. The soothing effect of menthol, eucalyptol and high-intensity cooling agents[J]. *Nutrafoods*, 2017, 16: 79-83.
- [13] WATSON H R, ROWSELL D G, SPRING D J. P-menthane carboxamides having a physiological cooling effect: US 413613 [P]. 1979-01-23.
- [14] WATSON H R, ROWSELL D G, SPRING D J. N-substituted para-menthane carboxamides: US 422698 [P]. 1980-10-07.
- [15] RICHARD R B, LOUISE B. The pyrolysis of tobacco ingredients[J]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2004, 71(1): 223-311.
-
- (上接第 123 页)
- [6] 李艳芳. 贮柜柔性仿生拨丝辊的设计[J]. *中国机械*, 2019(12): 2.
- LI Y F. Design of flexible bionic wire pulling roller for storage cabinet[J]. *Machine China*, 2019(12): 2.
- [7] 李鹏超, 吴国忠, 邵文池, 等. 储柜出料系统的优化设计[J]. *烟草科技*, 2022, 55(2): 108-112.
- LI P C, WU G Z, SHAO W C, et al. Optimization of tobacco silo discharge system[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2022, 55(2): 108-112.
- [8] 武占云, 杨彬, 周玉生, 等. 贮柜耙料机构的设计[J]. *烟草科技*, 2019, 52(10): 99-103.
- WU Z Y, YANG B, ZHOU Y S, et al. Design of raking mechanism for cut tobacco silo[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2019, 52(10): 99-103.
- [9] 刘亦坚, 陈占民, 任谦, 等. 卷烟供丝系统的优化设计[J]. *烟草科技*, 2017, 50(7): 100-104.
- LIU Y J, CHEN Z M, REN Q, et al. Optimized design of cut tobacco feeding system for cigarette makers[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2017, 50(7): 100-104.
- [10] 雷建生. 贮丝柜出料控制系统的改进[J]. *农村科学实验*, 2018(4): 85.
- LEI J S. Improvement of discharge control system of wire storage cabinet[J]. *Scientific Experiment in Countryside*, 2018(4): 85.