

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.04.023

YJ19 卷烟机烟支导板装置改进

Improvement on cigarette guide plate device of YJ19 cigarette maker

吴树清 孙勇 杨芳 黄雪燕

WU Shu-qing SUN Yong YANG Fang HUANG Xue-yan

(贵州中烟工业有限责任公司铜仁卷烟厂, 贵州 铜仁 554300)

(Tongren Cigarette Factory of Guizhou China Tobacco Industry Co., Ltd., Tongren, Guizhou 554300, China)

摘要:针对 YJ19 卷烟机烟支导板装置处易造成烟支水渍污染和皱纹的问题,对烟支导板装置的结构进行改进,采用圆弧槽与吸风孔相结合的方法,将烟支封闭式输送改进为敞开式输送,并通过试验验证其效果。结果表明:烟支搭口不洁缺陷率从改进前的 1.45% 下降到 0,皱纹烟支缺陷率从改进前的 1.16% 下降到 0.30%,提高了烟支质量。

关键词: YJ19 卷烟机; 烟支导板装置; 圆弧; 吸风; 改进

Abstract: In order to solve the problem of water pollution and cigarette wrinkle at the cigarette guide plate device of YJ19 Cigarette Maker, the structure of the cigarette guide plate device was improved by combining the arc groove with the air suction hole. The cigarette transferring mode was changed from closed type to open type, and then the results were validated. The experiment results showed that the unclean defect rate of cigarette lap was reduced from 1.45% to 0, and the wrinkle defect rate of cigarette decreased from 1.16% to 0.30%. The quality of cigarettes has been improved.

Keywords: YJ19 cigarette maker; cigarette guide plate device; arc; suction; improvement

烟支导板装置作为 YJ19 卷烟机的重要组成部分,主要由底板、内导板、上导板、外导板、控制气缸等组成^[1],其结构很大程度影响了烟支质量^[2-3]。生产过程中,所产生的水蒸气易在烟支导板装置内形成冷凝水^[4-6],造成烟支表面黄斑污染^[7-8]。

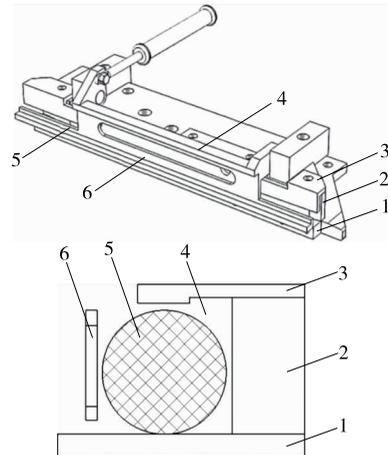
目前关于解决烟支污染和皱纹的问题已有相关报道,舒奎武等^[9]针对烟支搓接时胶水干燥过程中水分蒸发造成黄斑的问题,采用加装接水装置与吹风装置,有效降低了水渍黄斑烟支产生。张卫兵等^[10]针对 PASSIM 接装机靠拢鼓轮架处容易出现冷凝水的问题,提出安装吸吹风组合装置以减少冷凝水的产生,有效解决了靠拢

鼓轮架处烟支污染和水松纸皱纹问题。彭永刚等^[11]针对 $\Phi 5.25$ mm 烟支在搓接时易出现皱纹的问题,通过在设备上对滤棒搓接导轨指加宽以及改进传送导轨槽的方法,减少了烟支皱纹的产生。YJ19 卷烟机烟支导板装置的导轨与烟支存在间隙,导致高速运行时烟支运动轨迹产生跳动,造成烟支皱纹。但目前鲜见对烟支导板处造成烟支污染和皱纹问题的研究。

试验拟对 YJ19 卷烟机烟支导板装置的结构进行分析改进,通过圆弧槽与吸风孔相结合的方法,将烟支封闭式输送改进为敞开式输送,通过负压吸附的方式使烟支平稳运行,以期改善烟支搭口不洁和皱纹缺陷。

1 问题分析

烟支导板装置位于切割刀盘与烟支加速轮之间,用于支撑烟支段运动。烟支段在高速通过导板装置时,上导板 3、外导板 6 与烟支段 5 之间需存在 0.5 mm 左右的间隙,如图 1 所示,才能保证烟支的正常输送,但此结构会使烟支产生径向跳动,导致烟支径向受力而产生表面皱纹。



1. 底板 2. 内导板 3. 上导板 4. 密封空间 5. 烟支段 6. 外导板

图 1 烟支导板装置截面示意图

Figure 1 Section diagram of cigarette guide device

作者简介: 吴树清(1976—),男,贵州中烟工业有限责任公司工程师。E-mail: 343804480@qq.com

收稿日期: 2021-01-20

经检查发现,卷烟机中与烟支接触的烟支导板装置 6 处,有水渍出现。在烟支卷制过程中,对卷烟纸边施加胶液,卷烟纸将烟丝包裹形成烟条 1,经高温烙铁 2 加热干燥,胶液中的水分蒸发形成水蒸气 3,烟条 1 通过密度检测器 4,被高速旋转的切割刀盘 5,切割成等长的烟支段 7,运动中的烟支段 7 将水蒸气 3 带至烟支导板装置 6 处,水蒸气 3 在烟支导板装置 6 的密封空间处不断聚集,如图 2 所示。

水蒸气要达到析出冷凝水的条件,需要一定的温度和压力;相对湿度达到 100%,露点温度 T_d 与干球温度 T 为同一值。车间环境温度为 25 °C,相对湿度为 60%,大气压强为 101 kPa,经查焓湿图^[12],其露点温度 T_d 为 16.72 °C,A 点空气含水 11.93 g/kg。如相对湿度达到 100%,露点温度 T_d 上升至 25 °C,B 点空气含水量增加至 20.15 g/kg,见图 3。

烟支导板装置的长度为 254 mm,其烟支导轨所形成的相对密封空间宽度与高度为烟支直径加 0.5 mm,所生产烟支直径为 7.8 mm,每班生产时间为 7 h,产量 60 大箱,共耗胶水 12 kg。通过烘箱法检测^[13],干燥箱内温度 107 °C,干燥 180 min,胶水内含水量达到 50.2%。在实际生产中胶水干燥过程蒸发的水分约为 30%,约 1%的蒸发水分聚集在了烟支导板装置内。

因此得:

$$V_{\text{导}} = L \times W \times H, \quad (1)$$

$$G_{\text{水}} = m \times 1\,000 \times p_1 \times p_2 \times (t_{\text{总}} \times Q), \quad (2)$$

式中:

$V_{\text{导}}$ ——烟支导板装置形成密封空间的体积,mm³;

L 、 W 和 H ——烟支导板装置的长度、宽度和高度,mm;

M ——一个班所耗胶水的总质量,kg;

p_1 ——一个班实际生产中胶水干燥过程蒸发的水分与总含水量的比值;

p_2 ——聚集到烟支导板装置内的水分与生产所蒸发水分总量的比值;

$t_{\text{总}}$ ——一个班生产时长,h;

Q ——一个班生产总量,箱;

$G_{\text{水}}$ ——平均每分钟进入烟支导板装置内的水分重量,g。

将各参数的值代入式(1)和式(2)求得, $V_{\text{导}} = 17\,078.96 \text{ mm}^3$, $G_{\text{水}} = 0.0857 \text{ g}$ 。

换算成 1 min 烟支导板装置内 1 000 g 的空气含水量增加为:

$$G_{\text{增}} = \frac{G_{\text{水}} \times V_{\text{空气}}}{V_{\text{导}}}, \quad (3)$$

$$t = \frac{m_1 - m_2}{G_{\text{增}}}, \quad (4)$$

式中:

$G_{\text{增}}$ ——1 000 g 的空气含水量增加量,g;

$V_{\text{空气}}$ ——标准大气压下 1 000 g 空气体积,m³;

t ——空气相对湿度从 60% 上升至 100% 的耗时,min;

m_1 ——25 °C 下相对湿度达到 100% 时每千克空气含水量,g;

m_2 ——16.72 °C 下相对湿度达到 100% 时每千克空气含水量,g。

将上述各参数的值代入式(3)和式(4)求得, $G_{\text{增}} = 4.01 \text{ g}$, $t = 2.05 \text{ min}$ 。

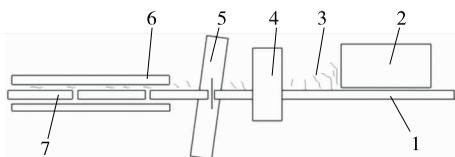
通过计算得出,连续生产 2.05 min,烟支导板装置内的空气相对湿度可升至 100%,其内部有冷凝水产生。与实际生产中,4 min 左右会在烟支导板装置处出现冷凝水相一致。

2 改进设计

改进后的烟支导板装置主要由 9 部分组成,见图 4,导烟舌 1 和压烟块 2 主要对烟支段进行导向,确保烟支段顺利进入圆弧凹槽内。底板 3 与卷烟机相连,对其他零件起支撑固定作用。圆弧导板 4 上圆弧凹槽的底部有 4 个吸风孔和 3 个吹风孔,分别起运行中吸附烟支和停机时清理烟支的作用。内栏板 5 和外栏板 6,固定在圆弧凹槽的两侧,与烟支外表面接触。吸风管 7 为吸风盒 8 提供负压,与圆弧导板 4 的吸风孔相连。吹气管 9 为圆弧导板 4 的吹风孔提供清洁吹风。

2.1 圆弧凹槽的确定

圆弧凹槽的尺寸与所生产的烟支规格相适应。考虑到生产中烟支 3 圆周的波动,圆弧导板 1 的凹槽 R 应与允许的最大烟支半径相一致,如图 5 所示。



1. 烟条 2. 高温烙铁 3. 水蒸气 4. 密度检测器 5. 切割刀盘
6. 烟支导板装置 7. 烟支段

图 2 烟支运行示意图

Figure 2 Schematic diagram of cigarette operation

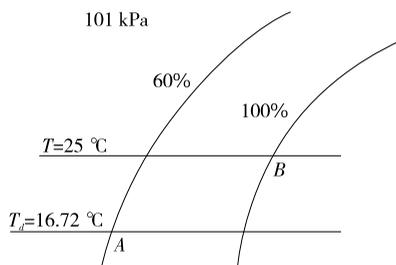
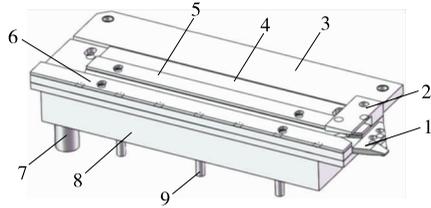


图 3 空气焓湿图

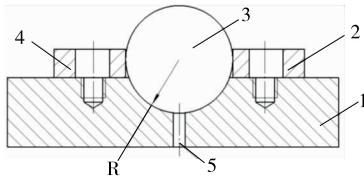
Figure 3 Psychrometric chart of moist air



1. 导烟舌 2. 压烟块 3. 底板 4. 圆弧导板 5. 内栏板 6. 外栏板 7. 吸风管 8. 吸风盒 9. 吹气管

图 4 改进后烟支导板装置示意图

Figure 4 Schematic diagram of improved cigarette guide device



1. 圆弧导板 2. 内栏板 3. 烟支 4. 外栏板 5. 吸风孔

图 5 改进后圆弧导板截面示意图

Figure 5 Section diagram of improved circular arc guide plate

2.2 负压吸风孔的确定

2.2.1 烟支段阻力及压强计算 已知烟支段长度为 118 mm, 直径为 7.8 mm, 机器生产速度为 8 000 支/min。为了确保至少有一个吸风孔作用于运动中的烟支段, 两吸风孔之间的距离至少应大于 1/2 烟支段长度, 确定为 60 mm。

根据面积公式得:

$$S = \pi \times R^2, \quad (5)$$

式中:

S ——烟支端部横截面积, m^2 ;

R ——烟支半径, m 。

根据已知参数的值, 代入式(5)求得, $S = 0.000\ 047\ 76\ m^2$ 。

根据速度公式得:

$$v = \frac{N \times l_1}{1\ 000 \times 60}, \quad (6)$$

式中:

v ——烟支段运动速度, m/s ;

N ——每分钟生产的烟支数量, 支;

l_1 ——无嘴烟长, m 。

无嘴烟长为烟支段长度的一半, 将已知参数值代入式(6)求得, $v = 7.867\ m/s$ 。

高速运动中的烟支段, 除了所受后面烟支段的推力外, 还受到自身重力及空气作用力的影响。烟支段前部的空气受到烟支段端部的挤压, 内部压强 P 增大, 此压强反作用于烟支段端部, 对烟支段的运动产生了阻力 $F_{阻}$, 如图 6 所示。

根据空气动力学原理, 烟支端部所受的空气阻力^[14]为:

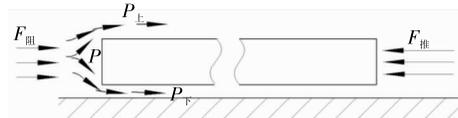


图 6 烟支段运行中所受空气作用示意图

Figure 6 Schematic diagram of air action during operation of cigarette section

$$F_{阻} = C\rho S v^2 / 2, \quad (7)$$

式中:

$F_{阻}$ ——空气阻力, N ;

C ——空气阻力系数, 参照垂直平面体取 1.0;

ρ ——空气密度, 取 $1.29\ kg/m^3$ 。

根据已知参数的值及 S 和 v 的计算结果, 代入式(7)求得: $F_{阻} = 0.001\ 906\ N$ 。

根据力和压强的关系得:

$$P = P_{大} + F_{阻} / S, \quad (8)$$

式中:

P ——烟支段前端压强, Pa ;

$P_{大}$ ——大气压强, Pa 。

如图 6 所示, 烟支段在高速运动中, 其前端被压缩的空气, 绕过烟支端部, 相对于烟支段向后部运动。前端的空气绕过烟支段上部时, 其压强为 $P_{上}$; 绕过烟支段下部时, 其压强为 $P_{下}$ 。因烟支段上部完全与大气连通, 压强 $P_{上}$ 等于该处的大气压强, 而绕过烟支段下部的空气, 进入了烟支段与圆弧槽的密封空间, 因烟支段紧贴圆弧槽运动, 则该处的压强 $P_{下}$ 约等于烟支前端的压强 P 。

$$P_{上} = P_{大}, \quad (9)$$

$$P_{下} = P, \quad (10)$$

$$P_{下} - P_{上} = P - P_{大} = (P_{大} + F_{阻} / S) - P_{大} = F_{阻} / S, \quad (11)$$

式中:

$P_{上}$ ——烟支段上部所受压强, Pa ;

$P_{下}$ ——烟支段下部所受压强, Pa 。

将 $F_{阻}$ 和 S 计算所得值, 代入式(11)求得, 烟支上、下部压差为 $39.92\ Pa$ 。

2.2.2 烟支段所受升力计算 因高速运动中烟支段下部压强 $P_{下}$ 大于上部压强 $P_{上}$, 则烟支段运动轨迹会发生上下波动, 不利于烟支段的输送。

根据压强与力的关系得:

$$F_{升} = (P_{下} - P_{上}) \times S_{横}, \quad (12)$$

式中:

$F_{升}$ ——空气对烟支段产生的升力, N ;

$P_{上}$ ——烟支段上部所受压强, Pa ;

$P_{下}$ ——烟支段下部所受压强, Pa ;

$S_{横}$ ——烟支段长度方向上有效截面积, m^2 。

根据烟支段长度及直径, 得烟支段长度方向上有效

截面积 $S_{横} = 0.000\ 920\ 4\ m^2$ 。

将计算所得的 $P_{下}$ 、 $P_{上}$ 和 $S_{横}$ 的值代入式(12)得, $F_{升} = 0.036\ 7\ N$ 。

已知烟支段重量为 1.4 g, 长度为 118 mm, 圆弧槽底部相邻吸风孔距离为 60 mm, 供给吸风孔的负压 $P_{吸}$ 为 4 000 Pa。烟支段受力如图 7 所示, 要确保烟支紧贴在圆弧槽内运行, 圆弧槽底部吸风应能克服气流对烟支运动的影响。

为保证烟支段平稳运行, 则:

$$M_{F_{吸}} + M_G \geq M_{F_{升}}, \quad (13)$$

式中:

$M_{F_{吸}}$ ——吸风孔负压对烟支的力矩, $N \cdot m$;

M_G ——重力对烟支的力矩, $N \cdot m$;

$M_{F_{升}}$ ——空气升力对烟支的力矩, $N \cdot m$ 。

根据力矩与力的关系得:

$$(F_{吸} \times l_2) + (m_{支} \times l_1 \times 9.8) \geq F_{升} \times l_1, \quad (14)$$

式中:

$F_{吸}$ ——吸风孔负压对烟支的作用力, N ;

l_2 ——烟支段长度, m ;

$m_{支}$ ——烟支质量, kg 。

l_1 ——无嘴烟长, m 。

将已知参数值代入式(14)得, $F_{吸} \geq 0.022\ 6\ N$ 。

根据压力、压强与面积的关系得:

$$F_{吸} = P_{吸} \times S_{孔}, \quad (15)$$

式中:

$P_{吸}$ ——吸风孔的压强, Pa ;

$S_{孔}$ ——吸风孔面积, m^2 。

将 $F_{吸}$ 和 $P_{吸}$ 的值代入式(15)得, $S_{孔} = 0.000\ 005\ 65\ m^2$ 。

根据面积公式得:

$$S_{孔} = \pi(D/2)^2, \quad (16)$$

式中:

D ——吸风孔直径, m 。

将 $S_{孔}$ 的值代入式(16)得, $D = 0.002\ 68\ m$, 取整数,

吸风孔的直径确定为 3 mm。

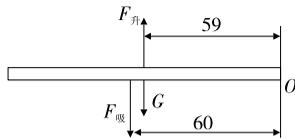


图 7 烟支段受力分析简图

Figure 7 Stress analysis diagram of cigarette section

2.3 残烟自动清理功能

圆弧凹槽底部的两吸风孔中间区域, 分布有残烟自动清理风孔。清理吹风 4 受电磁换向阀 3 控制, 与设备的启停信号 2 保持同步。设备停止时, 电磁换向阀 3 打开, 高压空气与吹风孔连通, 对残留在圆弧凹槽内的烟支 5 进行清理, 延时 1 s 后, 清理吹风 4 自动关断, 清理吹风控制如图 8 所示。

3 试验验证

3.1 材料与方法

3.1.1 材料

卷烟纸: HH150-S, 华丰纸业股份有限公司;

D2 搭口胶: 玉溪自强卷烟专用胶有限公司;

烤烟型烟丝: 遵义软 01, 贵州中烟工业有限责任公司。

3.1.2 设备

卷接机组: ZJ19 型, 许昌烟草机械有限责任公司。

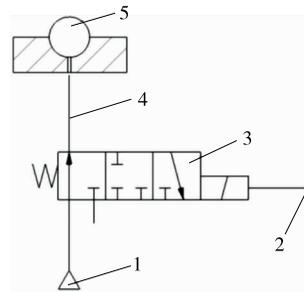
3.1.3 测试方法

烙铁温度为 250 °C, 机器生产速度为 8 000 支/min。连续生产运行 10 个台班, 每个台班抽 4 组, 每组 200 支, 共 40 组 8 000 支样本, 统计烟支搭口表面出现污染质量缺陷数量与烟支皱纹质量缺陷数量, 并与改进前同样样本量进行比较。

3.2 试验效果

改进后, 在 ZJ19 卷接机组上经过 5 个月的使用, 烟支导板装置处未再出现冷凝水。其结构得到简化, 烟支高速运行更趋平稳。

由表 1 可知, 使用改进后的烟支导板装置, 该处导致的烟支搭口表面不洁质量缺陷率从 1.45% 降低到 0, 烟支皱纹质量缺陷率从 1.16% 降低至 0.30%。



1. 气源 2. 启停信号 3. 电磁换向阀 4. 清理吹风 5. 烟支

图 8 清理吹风控制图

Figure 8 Control chart of cleaning and blowing

表 1 烟支质量缺陷统计表

Table 1 Statistical table of cigarette quality defects

设备	抽样/次	样品总量/支	搭口不洁缺陷/支	缺陷率/%	皱纹缺陷/支	缺陷率/%
改进前	40	8 000	116	1.45	93	1.16
改进后	40	8 000	0	0.00	24	0.30

4 结论

试验对 YJ19 卷烟机烟支导板装置结构、尺寸和通道内空气相对湿度进行分析,得出烟支导板装置结构不合理,烟支在输送过程中抖动且水蒸气在通道内易聚集液化。重新设计了一种新型烟支导板装置,利用圆弧凹槽对烟支进行导向,并采用负压吸附烟支,解决了烟支抖动和水蒸气液化问题。通过随机抽样 40 组 8 000 支样本进行试验验证,结果表明,改进后的烟支导板装置使用效果良好,皱纹烟支缺陷率从 1.16% 下降到 0.30%,烟支搭口不洁缺陷率从 1.45% 下降到 0。

参考文献

- [1] 许昌烟草机械有限责任公司. YJ19B 卷烟机说明书[Z]. 许昌: 许昌烟草机械有限责任公司, 2016: 5-20.
- [2] 中国国家标准化管理委员会, 中华人民共和国国家标准. 卷烟第三部分: 包装、卷制技术要求及贮运: GB 5606.3—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005: 21-28.
- [3] 刘舒畅, 张峻松, 翟义龙, 等. 浅谈烟支表面黄斑缺陷的产生原因及预防管控[J]. 轻工科技, 2015(9): 109.
- [4] 杨蓝, 周沅楨, 刘泽, 等. 烟支黄斑污染物的追溯与鉴别[J].

贵州农业科学, 2019, 47(5): 132-137.

- [5] 杜赫, 李晓波, 马俊, 等. 基于 ATR-FTIR 技术的黄斑烟污染源鉴别[J]. 食品与机械, 2019, 35(11): 85-88.
- [6] 蔡雨铮, 闫绍峰, 赵彬, 等. 蒸汽冷凝传热特性的研究[J]. 化工管理, 2017(21): 190.
- [7] 王猛. 卷烟机产生烟支表面各类问题的研究与处理方法[J]. 中国科技博览, 2018(20): 2-5.
- [8] 赵梅生, 陈锐, 伍先, 等. 消除黄斑烟质量隐患的研究[J]. 价值工程, 2013, 32(18): 174.
- [9] 舒奎武, 李宪成, 于帅, 等. 卷烟机产生烟支表面水渍、黄斑问题分析与处理[J]. 轻工科技, 2015, 31(12): 69-70.
- [10] 张卫宾, 简金领. PASSIM 接装机水松纸夹末及冷凝水分析与改进[J]. 设备管理与维修, 2015(1): 64-66.
- [11] 彭永刚, 刘德凯, 曲懿, 等. Φ 5.25 mm 烟支皱纹的形成及解决办法[J]. 设备管理与维修, 2014(7): 29-31.
- [12] 王志魁, 向阳, 王宇. 化工原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018: 289-292.
- [13] 梅自强. 纺织辞典[S]. 北京: 中国纺织出版社, 2007: 147-155.
- [14] 何立明, 赵罡, 程邦勤. 气体动力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 174-180.

(上接第 107 页)

- [5] IISHIKAWA Shoichi, KANAGAWA Yokohama, KIYOSAWA Yoshihide, et al. Flexible meshing gearing having three-dimensional, non-interactive wide-area intermeshing tooth profile: 5458023[P]. 1995-04-17.
- [6] 辛洪兵. 双圆弧谐波齿轮传动基本齿廓设计[J]. 中国机械工程, 2011, 22(6): 656-662.
- [7] 王家序, 周祥祥, 李俊阳, 等. 杯形柔轮谐波传动三维双圆弧齿廓设计[J]. 浙江大学学报(工学), 2016, 50(4): 616-624.
- [8] 王家序, 袁攀, 李俊阳, 等. 基于不同啮合原理的谐波传动齿廓研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(3): 58-64.
- [9] 张宁, 张英杰, 李阳帆, 等. 考虑齿轮形变的谐波减速器齿

廓优化方法[J]. 西安交通大学学报(自然科学版), 2019, 53(12): 31-37.

- [10] 张雷, 杨伟超, 蒋倩倩, 等. 谐波减速器核心部件结构应力分析[J]. 机械传动, 2018, 42(12): 114-122.
- [11] 蒋倩倩, 弓安, 李晓峰, 等. 谐波传动中凸轮径向变形量对齿廓修形的影响[J]. 机械传动, 2019, 43(6): 1-5.
- [12] 王家序, 蒋倩倩, 李俊阳, 等. 双圆弧谐波传动柔轮齿形参数多目标优化设计[J]. 吉林大学学报(工学版), 2019, 49(4): 1 194-1 202.
- [13] 肖季常, 贺小飞, 王家序, 等. 三圆弧谐波齿轮传动齿廓设计[J]. 机械传动, 2019, 43(10): 51-55.
- [14] 余金宝, 范元勋. 谐波传动柔轮变形及共轭齿廓的研究[J]. 机械制造与自动化, 2019, 48(5): 34-38, 56.

(上接第 123 页)

- [5] 程华利, 樊可清. 异音检测的机器学习方法及其在电机质检中的应用[J]. 测控技术, 2015, 34(4): 55-58, 62.
- [6] 温浩, 刘力源. 基于小波包和 SVM 一类学习在电机异音检测中的应用[J]. 测控技术, 2015, 34(2): 35-38.
- [7] 张新, 郑燕萍, AUGEIX Antoine, 等. 基于小波包分解与机器学习的汽车调光电机异音识别[J]. 森林工程, 2019, 35(1): 59-63.
- [8] 常嘉树. 汽车零部件异音异响信号检测系统[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(9): 6-8.
- [9] 李春阳, 李楠, 冯涛, 等. 基于深度学习的洗衣机异常音检测[J]. 山东大学学报(工学版), 2020, 50(2): 108-117.
- [10] YANG Bo-suk, HWANG Won-woo, KIM Dong-jo, et al.

Condition classification of small reciprocating compressor for refrigerators using artificial neural networks and support vector machines[J]. Elsevier Ltd, 2005, 19(2): 371-390.

- [11] HE Chang-bo, LI Hong-kun, LI Zhi-xiong, et al. An improved bistable stochastic resonance and its application on weak fault characteristic identification of centrifugal compressor blades[J]. Journal of Sound and Vibration, 2019, 442: 677-697.
- [12] LI Ying, WANG Jin-dong, ZHAO Hai-yang, et al. Fault diagnosis method based on modified multiscale entropy and global distance evaluation for the valve fault of a reciprocating compressor [J]. Strojnicki Vestnik-Journal of Mechanical Engineering, 2019, 65(2): 123-135.