

基于 ANSYS Workbench 的斜盘理盖机结构优化设计

Structural optimization design of swash plate capping machine cap sorter mechanism based on ANSYS Workbench

高文蛟¹ 尹成龙¹ 潘中正¹ 蒋德富² 柯 万²

GAO Wen-jiao¹ YIN Cheng-long¹ PAN Zhong-zheng² JIANG De-fu² KE Wan²

(1. 安徽农业大学工学院, 安徽 合肥 230036; 2. 上海宇田机电设备有限公司, 上海 201700)

(1. Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China; 2. Shanghai Yutian Electromechanical Equipment Co., Ltd., Shanghai 201700, China)

摘要:目的:提高理盖机的准确性和供送速度。方法:运用 SolidWorks 建立虚拟模型并制造出实物,在 Adams 中对瓶盖与理盖机进行运动学仿真,对不同转速的结果进行比较分析;利用 ANSYS Workbench 对装置部件进行工程仿真,得到其固有频率与振型,并进行结构性能优化。结果:理盖机在最优转速下对盖子的损伤最小,设计的新型斜盘理盖机的最佳转速为 15 r/min,平均理盖数为 402 个/min。结论:新型斜盘理盖机运转作业,超额完成预定工作量,性能稳定,满足斜盘理盖机的作业要求。

关键词:理盖机;瓶盖;有限元分析;建模;仿真

Abstract: **Objective:** This study aimed to improve the accuracy and feeding speed of the cap arranging unit. **Methods:** Using SolidWorks to build a virtual model and manufacture a real object, and the kinematic simulation of bottle cap and capping machine was carried out in Adams. Moreover, the results of different speeds were compared and analyzed. ANSYS Workbench was used to carry out engineering simulation of the device components and obtain their natural frequency and vibration mode, and the structural performance was optimized. **Results:** The cap arranging unit had the minimum damage to the caps at the optimum speed. The optimal speed of the designed new cap sorter mechanism was 15 r/min, and the average number of caps unscrambling was 402 pieces/min. **Conclusion:** The operation of the new cap sorter mechanism exceeds the scheduled workload stably, which meets the operation requirements of the cap sorter

mechanism.

Keywords: cap arranging unit; bottle cap; finite element analysis; modeling; the simulation

理盖机是自动灌装生产线主要设备之一。杂乱无章的瓶盖经过理盖机整理后,形成整齐的瓶盖流进入下一工位^[1]。理盖的准确性和供送速度直接影响到整条灌装生产线的产量和质量^[2]。近年来,随着机械行业迅速发展,对塑料瓶盖和供送装置的研究越来越多。严书华^[3]利用电磁铁与支撑板上下微震的作用,使得瓶盖在定向轨道中移动,通过滑道槽中设计的“E”形缺口,将盖口朝下的瓶盖剔除,能够实现对瓶盖朝向的精准控制,但只适用于高度比直径大的瓶盖,而且运行的噪音大,使用的寿命短。曹瑞等^[4]设计一种理盖机,其理盖盘的四周设计有圆形“坑位”,通过气流将盖口朝下的瓶盖剔除,其适用的瓶盖种类多,但运行速度慢,理盖数目少,而且会造成瓶盖磨损。

研究拟设计一种新型斜盘理盖机,并对理盖机运转进行动态仿真,通过 ANSYS 对理盖机部件进行模态分析,以期对斜盘理盖机结构动力特性的研究提供依据。

1 理盖系统结构及参数计算

1.1 整体结构

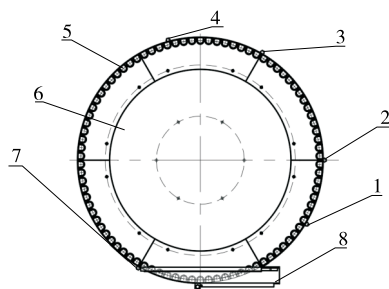
由于塑料瓶盖体积小,重量轻,所以在理盖设备中采用气吹来筛选正反盖,并且在整个装置中设计了 5 个吹气嘴,如图 1 所示。气嘴 1 在圆罩外壳上,防止进料口输送瓶盖在理盖盘底部堆积,气嘴 2~4 是吹落反盖,让其落入理盖料斗底部^[5-6]。气嘴 7 在输送出口挡板上,用来加速排序正盖的移动并进入下一道工序,防止瓶盖堵塞。理盖机底盘与水平面成夹角 27°倾斜。其具体结构见图 2。

基金项目:安徽高校自然科学重大研究项目(编号:KJ2020ZD09)

作者简介:高文蛟,男,安徽农业大学在读硕士研究生。

通信作者:尹成龙(1965—),男,安徽农业大学教授,硕士生导师,博士。E-mail: yincl1234@163.com

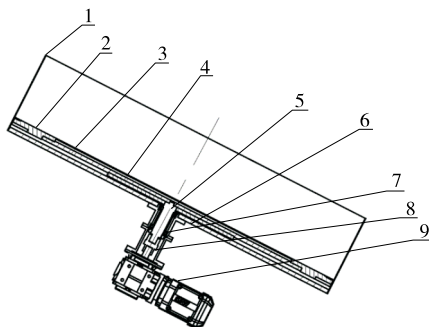
收稿日期:2022-09-30 **改回日期:**2023-02-11



1~4. 吹气嘴 5. 盖筛选槽 6. 理盖盘 7. 吹气嘴
8. 瓶盖输出轨道

图 1 理盖机定向俯视图

Figure 1 Directional top view of the cap arranging unit



1. 理盖仓 2. 托盖导轨 3. 旋转盘 4. 连接盘 5. 传动轴
6. 底盘 7. 深沟球轴承 8. 联轴器 9. 电机

图 2 理盖装置结构图

Figure 2 Structure diagram of cover removing machine

1.2 瓶盖示意图

理盖仓是瓶盖运转的主体,是盖子自动排队、自动输出的重要部件^[7]。如图 3、图 4 所示,理盖仓的侧面是与理盖盘平行的压缩空气吹气口,吹气口喷射的压缩空气的方向与理盖盘呈一定的角度 θ ,并且调整理盖盘的吹气压力参数。理盖仓瓶盖的姿态主要分为正盖、反盖、无序瓶盖 3 种情况^[8],瓶盖在不同形态下,几何重心的位置也不同,因此可以利用这一点来剔除不符合要求的盖子。当喷气嘴喷射的压缩空气在瓶盖上时,瓶盖所得到的初速度以及所受到的摩擦阻力为:

$$V = at, \quad (1)$$

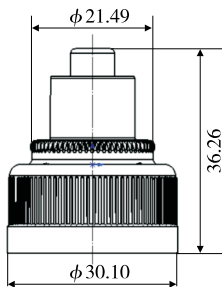


图 3 塑料盖外形图

Figure 3 Outline drawing of plastic cover

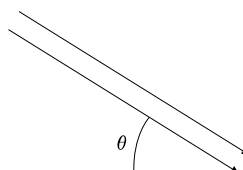


图 4 气嘴吹气角度

Figure 4 Blowing angle of air nozzle

$$F_f = A_s \tau, \quad (2)$$

式中:

V ——瓶盖在吹气作用下获得的初速度, m/s ;

a ——瓶盖在吹起作用下的加速度, m/s^2 ;

t ——瓶盖受吹气口作用的时间, s ;

F_f ——运动中所受的摩擦阻力, N ;

τ ——实际摩擦系数;

A_s ——瓶盖与选盖槽实际接触面积, m^2 。

盖口向上的瓶盖未能与凹槽定位,在气流的作用下盖口向上的横向力大于盖口向下的,因此盖口向上的横向加速度大于盖口向下的,如图 5、图 6 所示。由式(1)、式(2)可知,盖口朝上的瓶盖得到一个较大的初速度,并且盖口向上的瓶盖与理盖槽的实际接触面积小,则受到的摩擦力小,更容易从理盖盘翻落到理盖仓底部,而盖口朝下的瓶盖依然在原本的理盖槽中。

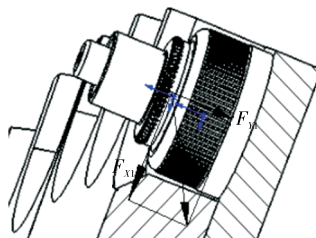


图 5 正盖进入凹槽状态

Figure 5 The front cover enters the groove state

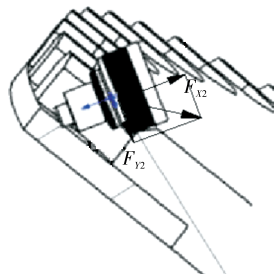


图 6 反盖进入凹槽状态

Figure 6 The reverse cover enters the groove state

1.3 理盖盘凹槽设计

理盖盘筛选凹槽的数量也是影响理盖机运转效率的因素之一,一般 2 个凹槽的中心距是盖子直径的 1.5 倍,盖子直径为 30.1 mm,则 2 个凹槽的距离 S 为 45.15 mm。如图 7、图 8 所示,相邻凹槽之间的度数为:

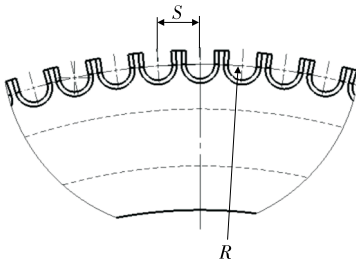


图7 理盖盘

Figure 7 Cover tray

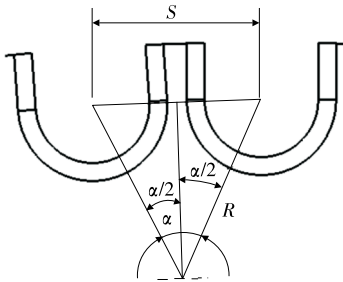


图8 相邻理盖槽计算简图

Figure 8 Calculation diagram of adjacent cover management grooves

$$\frac{\alpha}{2} = \arcsin \frac{0.5S}{R}, \quad (3)$$

式中:

α ——相邻筛选凹槽之间的度数,°;

S ——相邻筛选凹槽中心距,mm;

R ——理盖盘的半径,mm。

由于理盖盘的半径 R 为 700 mm,经计算得出相邻筛选凹槽之间的度数 α 约为 4°。整个圆盘的度数为 360°,则理盖盘的凹槽个数 M 为 90 个。理盖盘的直径 D 越大,凹槽的个数 M 也就越多,但结构尺寸的增加会带来成本的增加。因此,在满足实际生产的要求下,转盘的直径和凹槽数按最小结构设计。

1.4 理盖盘转速范围的确认

根据灌装生产线的生产能力,理盖机一个重要的参数是转盘的转速 n ,转速越大生产能力越大,但转速过大瓶盖会在离心力的作用与储盖仓碰撞,并且会出现供盖数大于实际要求数,因此不必取高^[9-10]。根据瓶盖的受力分析图(图9)推导出式(5),求得转速 n 的最大极限值,并且当装置安装完成,进行进一步的实际运转检验。转盘的转速偏小,理盖的能力也偏小,影响效率和产量,则不能满足后续步骤旋盖机的要求。则旋盖机每小时实际产量 G ,要满足:

$$P \times M \times n > \frac{G}{60}, \quad (4)$$

式中:

P ——正盖出现的概率,%;

M ——凹槽的个数;

n ——转盘的转速,r/min;

G ——旋盖机每小时的实际产量,个/h。

要保证滑落盖子下滑,则需:

$$mg \sin \alpha > mr\omega^2 + umg \cos \alpha, \quad (5)$$

$$r = \frac{D}{2} \times 10^{-3}, \quad (6)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad (7)$$

式中:

m ——瓶盖的质量,kg;

g ——重力加速度,N/kg;

α ——料斗倾角,°;

r ——理盖盘半径,m;

D ——理盖盘直径,mm;

μ ——瓶盖对底盘的摩擦系数;

ω ——转盘的角速度,rad/s。

因此,圆盘转速 n 应满足:

$$\frac{G}{60 \times M \times P} < n < \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{D \times 10^{-3}}}. \quad (8)$$

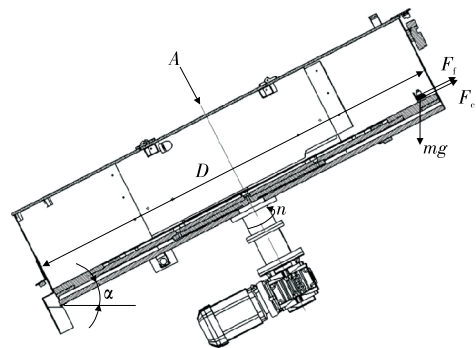


图9 理盖盘定向简图

Figure 9 Orientation of the covertray

1.5 理盖盘底盘倾角 α

倾角 α 是理盖机重要的设计参数之一。倾角 α 太大会影响正盖在理盖盘顶部的凹槽依附。 α 太小则不利于反盖沿着斜面下滑,并且倾角比摩擦角大,该装置一般选取 $17^\circ < \alpha < 34^\circ$ 。当塑料盖对下滑斜面的摩擦系数 μ 确定时,倾角 α 的设计需要进行试验校核,并且接触面摩擦系数通过选材调整^[11]。

1.6 设计实例

理盖机主要与能力为每小时 19 000 瓶的 16 头旋盖机配置,要求理盖机的理盖能力要大于这个产量,则初定理盖机每小时理盖数为 24 000 个。取料斗倾角 α 为 27° ,并且摩擦系数 μ 为 0.3,转盘直径 D 为 1 400 mm,代入式(8)得 $12.9 \text{ r/min} < n < 15.3 \text{ r/min}$,取 $n = 15 \text{ r/min}$ 。根据 $\mu = 0.3$,得 $17^\circ < \alpha < 34^\circ$,所选 $\alpha = 27^\circ$ 符合要求。凹

槽数 M 为 90, 并且理盖盘旋转一圈正盖显示的概率为 30%, 则理盖盘旋转一圈所理的正盖 q 为 27 个, 那么此理盖机每小时的实际生产个数 Q 为:

$$Q = 60nq, \quad (9)$$

式中:

Q ——理盖机每小时实际生产个数;

q ——理盖盘旋转一圈所理的正盖个数。

通过式(9)求出理盖机每小时实际生产个数 Q 为 24 300, 满足生产能力的要求。

2 理盖机运行模拟仿真

将三维软件建好的模型进行简化, 将不参加仿真的零部件进行压缩, 把参与仿真的关键部位导入 Adams 中, 并施加约束, 如图 10 所示。

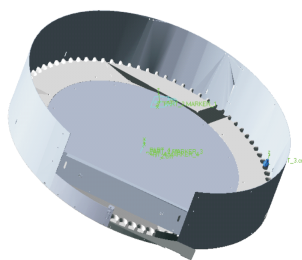


图 10 理盖机简化模型

Figure 10 Simplified model of cap arranging unit

在 Adams 完成预处理后, 将直径为 1 400 mm 的理盖盘进行旋转运动, 将转速分别设置为 12, 15, 18 r/min, 并且对其步长和仿真时间进行设置, 进行动态仿真, 得到不同转速下瓶盖质心的加速度曲线, 如图 11 所示。

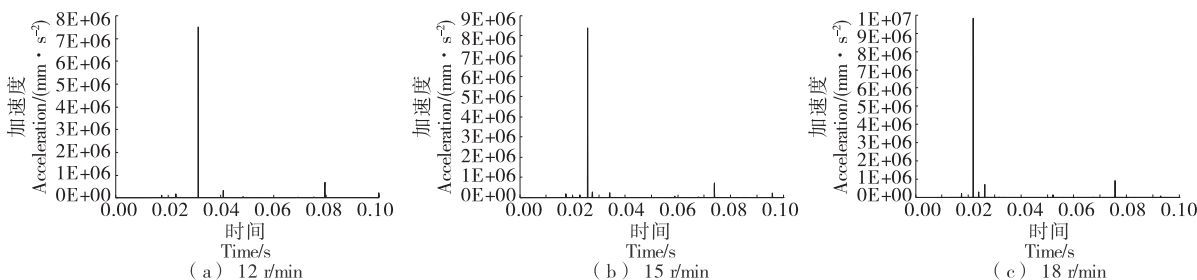


图 11 不同转速下瓶盖质心的加速度曲线

Figure 11 Acceleration curve of the center of mass of the cap at different rotational speeds

由图 11 可知, 瓶盖在理盖盘中的运动是不规则的, 当瓶盖一开始与理盖盘相对运动时加速度会增加, 随着理盖盘运转进入理盖槽时, 运动则趋于平稳。当转速为 12 r/min 时, 瓶盖的质心最大加速度为 $7.520 \times 10^6 \text{ mm/s}^2$, 瓶盖所受的力为 25.658 N, 扭矩为 $0.769 \text{ N} \cdot \text{m}$, 最大屈服应力为 13.78 MPa。当转速为 15 r/min 时, 瓶盖的质心加速度为 $8.397 \times 10^6 \text{ mm/s}^2$, 瓶盖所受的力为 28.526 N, 扭矩为 $0.855 \text{ N} \cdot \text{m}$, 最大屈服应力为 15.32 MPa。当转速为 18 r/min 时, 瓶盖的质心加速度为 $9.825 \times 10^6 \text{ mm/s}^2$, 瓶盖所受的力为 33.405 N, 扭矩为 $1.000 \text{ N} \cdot \text{m}$, 最大屈服应力为 17.94 MPa。随着转速的增加, 瓶盖所受的应力与离心力也逐渐增加, 会导致瓶盖磨损, 甚至是防盗环的破裂。当扭矩超过 $0.9 \text{ N} \cdot \text{m}$, 瓶盖最大屈服应力超过 17 MPa, 瓶盖的防盗环会断裂并且瓶盖的表面磨损较大, 所以当转速为 15 r/min 时, 为最佳转速且理盖数目更多。

3 理盖机部件的分析及改进

3.1 结构布局改进设计

合理的结构布局能让机器在相同的理盖条件下获得更好的性能。如图 12 所示, 一个横梁与上盖板用蝶形铰链固定, 打开上盖板空间占用较大, 并且用一个横梁支撑上盖板与侧板并不稳定。底板所受载荷主要是电机的重

力, 底板变形的大小主要受自身材料的刚性以及负载载荷的影响, 并且加长主轴的长度可以使之旋转更加稳定减少对底板的震动, 在考虑实际结构的情况下, 对斜盘理盖机进行以下改良设计:

- (1) 改进为二个横梁支撑, 减少单个横梁重量, 提高横梁刚度。
- (2) 电机与底板连接改为用 2 个法兰连接。

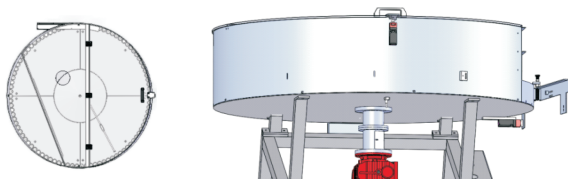


图 12 改进前与改进后三维图

Figure 12 3D graph before and after improvement

3.2 模态分析与应力分析

将改进前的理盖机部件在 Solidworks 中进行简化并生成 X_T 格式, 将简化后的理盖机底盘与圆罩外壳导入 ANSYS 中, 并设置参数得到前 6 阶频率与振型^[12]。从图 13 可以得出, 前 6 阶固有频率范围为 $7.6691 \sim 70.7270 \text{ Hz}$, 而电机的激振频率范围为 $48.3 \sim 51.7 \text{ Hz}$, 因此容易产生共振, 需对其结构进行改进, 易产生较大应力的部位需进行加强处理。从振型图可以看出, 1 个

支撑杆会使圆罩外壳受力不均,因此改用 2 个支撑杆。对理盖机底盘安装电机的 4 个螺栓孔依次施加斜向下 241 N 的力,并进行应力分析。如图 14 所示,底盘螺栓

孔最大变形量为 0.147 mm。底盘的轻微变形会导致电机晃动,使得主轴不平稳,损害电机,因此连接装置需进行改进。

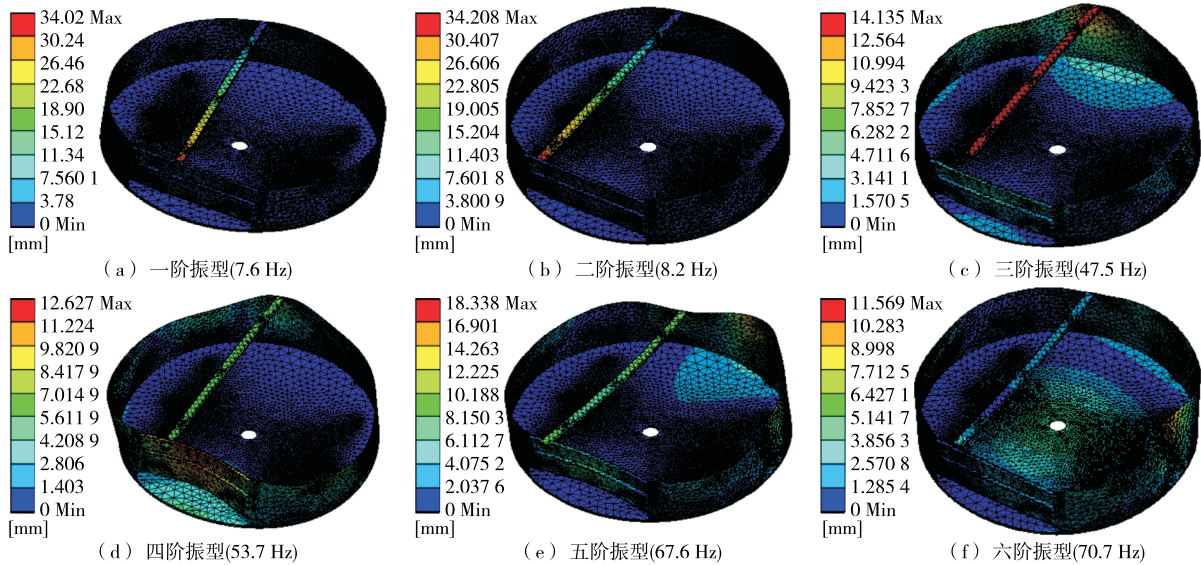


图 13 改进前 6 阶振型图

Figure 13 The first 6-order mode shape diagram of the improvement

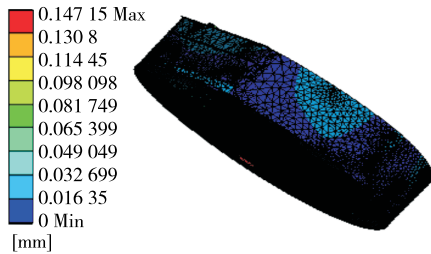


图 14 改进前的底盘受力

Figure 14 The chassis force before improvement

3.3 改进后的底盘与支撑杆有限元分析

经过改进后的理盖机,底盘增加了 2 个加长的法兰,圆罩侧板增加到 2 个横撑。如图 15 所示,有限元分析得到前 6 阶固有频率在 53.7~76.7 Hz,并且圆罩侧板的变形量明显减小。改进后的频率对比如表 1 所示,改进后的频率完全避开电机的激振频率,满足设计要求。经受力分析,如图 16 所示,底部法兰最大变形量为 0.12 mm,但由于电机轴与主轴用联轴器连接,联轴器可以平衡轻微的变形,保证主轴运转的稳定性,满足设计要求。

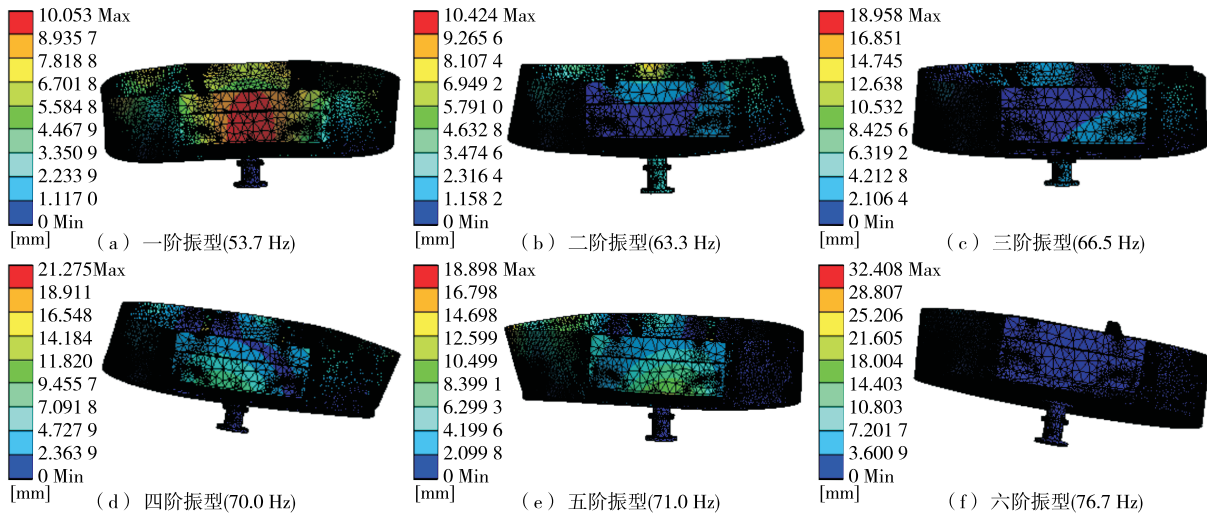


图 15 改进后 6 阶振型图

Figure 15 The 6th-order vibration shape diagram after improvement

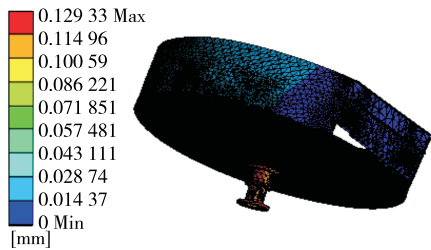


图 16 改进后的底盘受力

Figure 16 The improved chassis force

表 1 前 6 阶模态分析结果

Table 1 First 6th modal analysis results

模态阶数	固有频率/Hz	
	改进前	改进后
1	7.6	53.7
2	8.2	63.3
3	47.5	66.5
4	53.7	70.0
5	67.6	71.0
6	70.7	76.7

3.3 整机试验

改进前理盖机运转时,理盖盘有大幅度晃动,理盖主轴因为作业产出晃动导致键槽磨损等情况,机架有轻微变形,在出盖口有小概率会出现卡盖现象,并且每分钟整理瓶盖为 380 个,理盖成功率为 96%。依据上述分析和改进方式,对改进后的理盖机,再进行制造和运行验证。对理盖机进行 6 组试验,每次试验时间为 1 min,试验数据如表 2 所示。试验过程中噪音更小,理盖盘运转没有晃动,瓶盖表面未出现刮痕,出盖更加流畅平稳且无卡盖现象,理盖成功率为 99.95%。运用红外线计数器测试,平均 1 min 整理瓶盖为 402 个,较改进前工作效率提高 5.7%,超过原来预定指标要求每分钟 400 个。改进后的理盖机相比较于改进前,性能更加稳定,并且出色完成理

表 2 理盖分组记录表

Table 2 Bottle cap grouping record form

组数	改进前的理盖机		改进后的理盖机	
	1 min 理盖数	不合格盖数	1 min 理盖数	不合格盖数
1	379	9	405	0
2	378	20	400	0
3	380	15	402	1
4	383	19	399	0
5	385	14	403	0
6	377	14	407	0
平均值	380	15	402	0.17

盖的指标要求。

4 结论

研究设计了一种新型的斜盘理盖机。结果表明,改进后的理盖机比原理盖机工作效率提高 5.7%,理盖成功率提高 3.95%。建立理盖机部件前 6 阶有限元模型,通过对理盖机结构的改进,避免了共振发生。选取最合理的转速,对理盖的效率起到至关重要的作用。与改进前的理盖机对比,通过试验验证改进后的理盖机运转的稳定性、连续性、准确性大大提高。试验的斜盘理盖机只针对单一瓶盖的分类整理,并未能对多种不同的盖型检测分类,一种理盖机能对多种瓶盖进行检测整理,将是今后的一个研究方向。

参考文献

[1] 徐天喜. 泵头盖高速理盖技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011: 32-34.
XU T X. Research on technology of high-speed sorting for the dispensing pump caps[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2011: 32-34.

[2] 郭志杰, 顾青青, 孙波. 旋盖机的主要工作机构分析[J]. 机电信息, 2014(32): 24-27, 35.
GUO Z J, GU Q Q, SUN B. Analysis of the main working mechanism of the capping machine[J]. Mechanical and Electrical Information, 2014(32): 24-27, 35.

[3] 严书华. 一种通用瓶盖理盖器与旋盖机构的设计[J]. 机电技术, 2007(4): 30-32.
YAN S H. Design of a universal bottle cap sorter and cap screwing mechanism[J]. Mechanical & Electrical Technology, 2007(4): 30-32.

[4] 曹瑞, 崔岩, 石卓栋. 一种新型吹气式理盖机的设计研究[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(5): 28-31.
CAO R, CUI Y, SHI Z D. Research & development for a new type spout applicator[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(5): 28-31.

[5] 张有良, 孙建华, 戴明利, 等. 铝箔防盗理盖器的创新设计[J]. 包装与食品机械, 2016, 34(4): 40-42.
ZHANG Y L, SUN J H, DAI M L, et al. Innovative design of tidying lid machine about antitheft aluminum foil lid[J]. Packaging and Food Machinery, 2016, 34(4): 40-42.

[6] 雷晓静, 刘仁杰, 马丽敏. 一种塑料盖理盖系统的设计[J]. 辽东学院学报(自然科学版), 2010, 17(2): 129-132.
LEI X J, LIU R J, MA L M. Design of a plastic cap sorting system [J]. Journal of Eastern Liaodong University (Natural Science Edition), 2010, 17(2): 129-132.

[7] 陈勇, 曾能, 尤章金, 等. 浅谈如何降低白酒包装生产线灯检环节检出的渣酒率[J]. 酿酒, 2019, 46(6): 89-91.
CHEN Y, ZENG N, YOU Z J, et al. A brief analysis of how to reduce the foreign particle percentage in light inspection during packaging[J]. Liquor Making, 2019, 46(6): 89-91.

(下转第 108 页)

- LI X L, LI W. The game between media and audience under the discipline power [J]. Public Communication of Science & Technology, 2019, 11(8): 32-33.
- [16] 罗玲玲. 技术与可供性[M]. 沈阳: 科学出版社, 2020: 14-25.
- LUO L L. Technology and availability [M]. Shenyang: Science Press, 2020: 14-25.
- [17] 陈默, 黄辰, 苏盼盼. 基于可供性理论的产品设计方法研究[J]. 包装工程, 2022, 43(14): 29-36, 44.
- CHEN M, HUANG C, SU P P. Product design method based on affordance[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(14): 29-36, 44.
- [18] 马超民. 可供性视角下的交互设计研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2016: 116-120.
- MA C M. The interaction design research: A concept of affordance perspective[D]. Changsha: Hunan University, 2016: 116-120.
- [19] 林晓龙, 王亚兰. 平面设计在食品包装中的运用[J]. 中国造纸, 2022, 41(2): 6.
- LIN X L, WANG Y L. The application of graphic design in food packaging[J]. China Pulp & Paper, 2022, 41(2): 6.
- [20] 罗玲玲, 谷晓丹, 陈红兵. 界面设计的生态学基础[J]. 自然辩证法研究, 2016, 32(7): 52-56.
- LUO L L, GU X D, CHEN H B. On ecology foundation of interface design[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2016, 32(7): 52-56.
- [21] 许晓峰. 基于可供性的服务设计思维研究: 以深泽直人的壁挂式 CD 播放器设计为例[J]. 装饰, 2019(4): 104-107.
- XU X F. Research on affordance-based service design thinking: Taking naoto fukasawa's design of wall-mounted CD player as an example[J]. Decoration, 2019(4): 104-107.
- [22] 张大鲁. 多感官设计趋势下的食品包装设计创新[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 122-126.
- ZHANG D L. Innovation of food packaging design under the trend of multi-sensory design [J]. Food & Machinery, 2020, 36(7): 122-126.
- [23] 张兵. 欧美营养标准简要[J]. 中国卫生标准管理, 2010, 1(5): 6.
- ZHANG B. Brief introduction of European and American nutrition standards[J]. China Health Standard Management, 2010, 1(5): 6.
- [24] 黄泽颖, 黄家章. 意大利营养信息电池标签发展经验及启示[J]. 食品与机械, 2022, 38(3): 110-113, 124.
- HUANG Z Y, HUANG J Z. Development experience of Italian nutrinform battery labeling and enlightenments [J]. Food & Machinery, 2022, 38(3): 110-113, 124.
- [25] GIBSON J J. The ecological approach to visual perception [M]. Boston: Houghton Mifflin, 1979: 67-82.
- [26] 喻国明, 杨雅. 健康传播: 中国人的接触、认知与认同: 基于 HINTS 模型的实证研究与分析 [M]. 北京: 人民日报出版社, 2018: 68-75.
- YU G M, YANG Y. Health communication: Chinese contact, cognition and identity: An empirical study and analysis based on HINTS model [M]. Beijing: People's Daily Publishing House, 2018: 68-75.
- [27] 李文芳. 论健康传播中媒介的社会责任[J]. 新闻爱好者, 2009(4): 16-17.
- LI W F. On the social responsibility of media in health communication[J]. Journalism Lover, 2009(4): 16-17.
- [28] 黄文森. 可供性、扩散、秩序: 数字新闻流通的网络[J]. 新闻与写作, 2022(3): 24-34.
- HUANG W S. Availability, diffusion, order: The network of digital news circulation[J]. News and Writing, 2022(3): 24-34.
- [29] 孙浩, 蔡慧农, 王力. 食品可追溯体系的发展现状[J]. 食品工业, 2013, 34(8): 199-203.
- SUN H, CAI H N, WANG L. The status of food traceability system [J]. The Food Industry, 2013, 34(8): 199-203.
- [30] 潘虎. 代际更迭引发的食品包装设计观念嬗变[J]. 食品与机械, 2021, 37(7): 102-106.
- PAN H. Changes of perceptions on food packaging design caused by generational variation [J]. Food & Machinery, 2021, 37(7): 102-106.
- [31] 胡燕. 视觉传达设计在食品包装设计中的应用[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 239.
- HU Y. Application of visual communication design in food packaging design [J]. Food Research and Development, 2021, 42(17): 239.
- (上接第 94 页)
- [8] 王钢. 高速理盖机正反盖结构设计原理分析[J]. 中国设备工程, 2019(7): 172-174.
- WANG G. Analysis on the design principle of front and back cover structure of high-speed cover unscrambling machine[J]. China Plant Engineering, 2019(7): 172-174.
- [9] 董森鑫. 聚酯瓶自动旋盖机理盖机构的设计与研究[D]. 西安: 西安工业大学, 2012: 38-40.
- DONG M X. Design and research of cap sorter mechanism of PET bottle automatic cap screwing machine[D]. Xi'an: Xi'an Technology University, 2012: 38-40.
- [10] 赵宗课. 磁力回转式王冠盖理盖器的设计原理及要点[J]. 包装与食品机械, 2002(4): 7-10, 15.
- ZHAO Z K. The design principle and key point of magnetic force turning order equipment for crown cap [J]. Packaging and Food Machinery, 2002(4): 7-10, 15.
- [11] 徐天喜, 陆佳平. 一种泵头盖理盖装置设计[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 23-25, 36.
- XU T X, LU J P. Design of sorting device for the dispensing pump [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21): 23-25, 36.
- [12] ROWSON J, YOXALL A, HART J H. Modelling capping of 28 mm beverage closures using finite element analysis [J]. Packaging Technology and Science: An International Journal, 2008, 21(5): 287-296.