

全自动瓷砖包装机翻砖机理研究

陈勇亮, 张国全

(武汉工业学院, 湖北 武汉 430023)

摘要: 研究瓷砖包装机翻砖装置的翻砖机理, 探讨了瓷砖在翻转过程中速度、加速度的变化规律以及冲击力对瓷砖品质的影响, 分析了瓷砖传送带在工作中拉力频繁变化对工作稳定性的影响, 改进了瓷砖翻砖装置, 使其更适合翻砖工况要求。

关键词: 包装机; 瓷砖; 翻砖装置

中图分类号: TB486+.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2009)01-0049-04

Research on Overturning Tile Mechanism of Automatic Ceramic Tile Packaging Machine

Chen Yongliang, Zhang Guoquan

(Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: Firstly the mechanism of overturning ceramic tiles of the overturning device of ceramic tile packaging machine was studied. Then, the change of the velocity, the acceleration of ceramic tiles and the effect of impact force on the quality of ceramic tiles were discussed. The influence of the frequent changes in pulling strength of conveyor belt on working stability was analyzed. In the end, the improvement on the overturning device of ceramic tile packaging machine was designed according to the requirements of tile working conditions.

Keywords: packaging machines; ceramic tiles; overturning device

0 引言

目前, 我国瓷砖包装行业多采用人工包装, 其劳动强度大、生产效率低、包装成本高。随着我国“三农”政策的实施, 由于工资偏低、劳动强度大等原因, 农民工不再愿意从事瓷砖包装行业已是大势所趋^[1], 而全自动瓷砖包装机的研制成功很大程度上解决了上述问题。

本文以 600 × 600 规格瓷砖包装机为例进行研究, 该机具有 30 块/min 的自动分级包装能力, 其中, 翻砖装置是用来保证瓷砖在堆摞时面面、底底相对, 防止瓷砖在运输过程中底面与砖面摩擦出现划痕, 影响瓷砖产品等级的重要部件。在实际运转中该装置存在传

送带拉压力频繁改变, 瓷砖存在冲击等缺陷, 严重影响了整机的工作性能; 因此, 本文以瓷砖包装机的翻砖装置为对象, 深入研究其翻砖机理, 改进了瓷砖包装机翻砖装置, 使其更好满足瓷砖包装工况要求。

1 翻砖装置结构与工作原理

1.1 翻砖装置结构

翻砖装置由瓷砖限位子系统 1、传送架升降子系统 2、瓷砖翻转子系统 3、传送架输送子系统 4、瓷砖翻转机架 5 等组成, 如图 1 所示。

1.2 翻砖装置的工作原理

传送架输送子系统 4 检测到瓷砖到位信号后, 瓷

收稿日期: 2009-04-24

作者简介: 陈勇亮 (1984-), 男, 山西文水人, 武汉工业学院硕士生, 主要研究方向为计算机辅助包装机械设计, 智能设计,

E-mail: cyl19840924@163.com

砖限位子系统1动作, 瓷砖限位子系统1确保每2.5 s有1块瓷砖进入翻砖装置, 瓷砖限位子系统1挡板在气缸的推动下下降, 瓷砖通过传送架输送子系统4向前输送, 进入瓷砖翻砖槽, 检测到瓷砖到位后, 翻转子系统3开始工作, 翻转子系统经2秒翻转瓷砖1次后停止工作, 瓷砖落入传送带上继续向前输送, 进入擦砖装置。这时下一块瓷砖已进入瓷砖限位子系统1, 瓷砖挡板下降, 同时传送架升降子系统2收到指令上升, 拉伸皮带, 使瓷砖不进入翻砖槽而是沿传送带直接进行输送, 不翻转瓷砖, 第2块瓷砖不翻转进入擦砖装置。按照上述工作流程, 进入下一个工作周期。

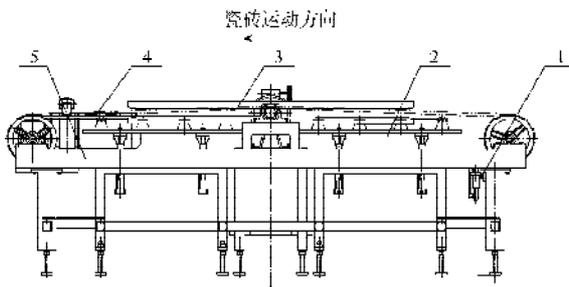


图1 翻砖装置正视图

Fig. 1 Frontal view of overturning device

2 翻砖装置改进方案^[2]

2.1 主要存在的问题

本翻砖装置虽然结构简单、翻砖效率高, 但翻砖装置在运转中, 传送架升降子系统在工作过程中频繁地拉伸皮带, 而瓷砖在输送过程中则不断压缩皮带, 频繁拉压皮带导致皮带的使用寿命大大缩短, 对整机的工作稳定性造成很大影响; 增加皮带长度能减缓这种拉压对皮带的损伤, 但同时会减小装置紧凑度, 两者相互矛盾。

另外, 瓷砖进入翻砖槽, 在翻砖槽内转动时, 必然与翻砖槽发生摩擦, 对瓷砖面有划伤, 在到达翻砖槽底部后有较大刚性冲击, 至使瓷砖产生裂纹, 严重影响产品等级。

2.2 适合工况的输送子系统设计

2.2.1 皮带数学模型^[3-5]

根据设计理念可知, 影响皮带中心距 O 的因素主要有维修特性、成本、翻砖装置紧凑度和皮带的拉压频繁度, 将上述因素组成集合 U , 得

$$U = (u_1, u_2, u_3, u_4),$$

式中: u_1 —— 维修方便度;

u_2 —— 成本;

u_3 —— 装置紧凑度;

u_4 —— 拉压频繁度。

设定各因素对 O 的权重集为 A , 根据经验和装置自身的特性取

$$A = (0.4, 0.1, 0.2, 0.3) \quad (1)$$

建立单因素模糊评价矩阵

$$R = [X_1, X_2, X_3, X_4]^T \quad (2)$$

该矩阵元素由下列条件确定。

1) O 对 u_1 隶属度的影响。中心距增大, 维修方便程度也随之逐渐改善, 但达到一定值后, 继续增大中心距实际对维修方便程度已无多大改善了, 隶属度也就不再增加了, 故 O 对 u_1 隶属度可为:

$$X_1 = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4)$$

2) O 对 u_2 隶属度的影响。中心距增大, 成本增加, 即 O 对 u_2 隶属度降低, 故 O 对 u_2 隶属度可为:

$$X_2 = (1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1)$$

3) O 对 u_3 隶属度的影响。中心距增大, 装置紧凑度降低, 故 O 对 u_3 隶属度可为:

$$X_3 = (1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1)$$

4) O 对 u_4 隶属度的影响。中心距增大, 皮带被拉压程度相对减弱, 故 O 对 u_4 隶属度可为:

$$X_4 = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0)$$

由评价模型 $B = A \cdot R$ 并将式(1)和(2)代入得:

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_{10}) = (0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4, 0.4)$$

翻砖装置中心距取值范围: 2 000~3 000 mm。中心距被选值为

$$V = \{v_i, (i=1, 2, \dots, n)\} = (v_1, v_2, \dots, v_{10}) = (2\ 000, 2\ 110, 2\ 220, 2\ 330, 2\ 440, 2\ 550, 2\ 660, 2\ 770, 2\ 880, 3\ 000),$$

则翻砖装置中心距实际取值为:

$$V_{\text{实}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_i \times b_i}{\sum_{i=1}^{10} b_i} = 2\ 554\ \text{mm} \approx 2\ 550\ \text{mm}。$$

2.2.2 输送子系统改进方案

鉴于输送子系统中皮带使用寿命影响整机工作性能, 及考虑前述综合因素, 因此把原装置皮带中心距由2 200 mm对称加长350 mm, 由此影响翻砖装置机架随之对称增加350 mm。

2.3 减小摩擦、冲击的翻转子系统设计

2.3.1 瓷砖运动模型^[6]

瓷砖在翻砖槽内随翻转子系统绕翻转轴转动, 当瓷砖翻转到沿翻砖槽重力的分力大于瓷砖受到的摩擦力后, 瓷砖在翻砖槽内滑动, 瓷砖滑动到翻砖槽底部后, 只考虑其绕中心轴作圆周运动(忽略瓷砖在翻砖槽底部的滑动)。

如图2建立动坐标系 XOY , 开始滑动时瓷砖重心距翻砖轴为 $H=600$ mm, 瓷砖距翻砖槽底部 $S_1=155$ mm, 瓷砖与钢的摩擦系数 $\mu=0.3$, 翻转子系统转动角速度 $\omega=\pi/2$ 。

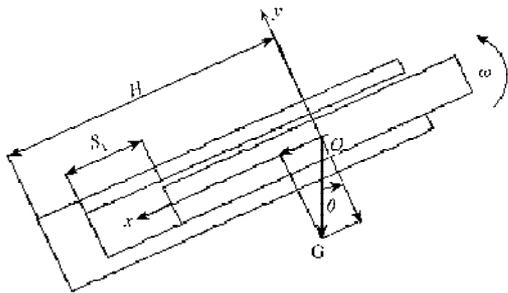


图2 瓷砖翻转瞬间模型

Fig. 2 Model of tile overturning moment

分析图2得:

$$a' = g \sin \phi - \mu g \cos \phi,$$

令 $a' = 0$, 得 $\phi = 16.7^\circ$, 说明转动 16.7° 后, 瓷砖开始下滑。

当 $\phi = 16.7^\circ$ 时, 设时间 $t = 0$, 得

$$a = g \sin(\omega t + 16.7^\circ) - \mu g \cos(\omega t + 16.7^\circ),$$

对时间积分得瓷砖沿槽滑动的速度和时间关系为:

$$V_t = -\frac{g}{\omega} \left\{ \cos(\omega t + 16.7^\circ) - \cos 16.7^\circ + \mu [\sin(\omega t + 16.7^\circ) - \sin 16.7^\circ] \right\},$$

再对时间积分得沿槽位移和时间关系为:

$$S = -\frac{g}{\omega} \left\{ \frac{1}{\omega} \sin(\omega t + 16.7^\circ) - \frac{1}{\omega} \sin 16.7^\circ - \cos 16.7^\circ \cdot t + \mu \left[-\frac{1}{\omega} \cos(\omega t + 16.7^\circ) + \frac{1}{\omega} \cos 16.7^\circ - \sin 16.7^\circ \cdot t \right] \right\},$$

瓷砖滑动过程中的合速度为:

$$V_2 = \sqrt{V_t^2 + [\omega(0.6 - S)]^2},$$

瓷砖滑动前 $V_1 = H\omega$, 停止滑动后, $V_3 = (H - S_1)\omega$ 。

应用 matlab 绘制速度、加速度与时间的关系^[7]如图3、4所示。

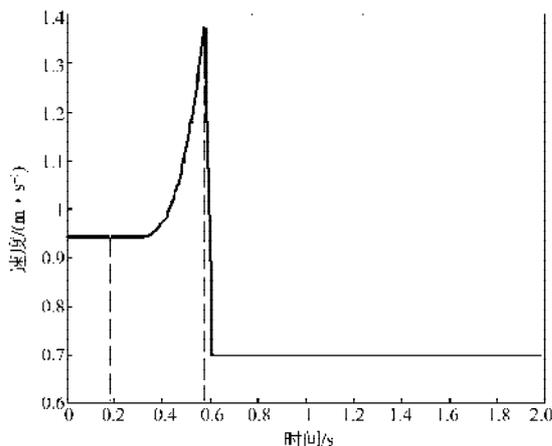


图3 速度与时间的关系图

Fig. 3 Relational graph of velocity with time

由图3、4可清楚的反应出, 在0.185 s时瓷砖开始在翻砖槽内滑动, 到0.58 s的时候停止滑动, 与翻砖槽撞击, 很短时间内瓷砖切线速度瞬间变为0, 损失动量为 mv' (v' 为0.58 s时瞬时速度), 则得受到冲击

力为:

$$F = mv' / \Delta t = 15 \times 1.1845 / \Delta t = 17.7675 / \Delta t \quad (\text{N} \cdot \text{s}),$$

式中: Δt 为碰撞时间。

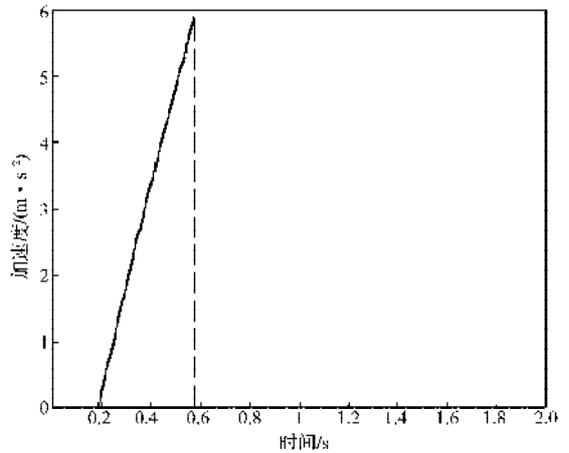


图4 加速度与时间的关系图

Fig. 4 Relational graph of acceleration with time

2.3.2 翻转子系统改进方案

Δt 和瓷砖受到的冲击力成反比, 延长碰撞时间可减小瓷砖翻转过程中受到的冲击力, 在翻砖槽底部增加5 mm厚橡胶垫块, 可大大减小冲击力。

瓷砖在翻砖槽内滑动距离 s_1 与瓷砖动量损失 mv' 成正比, 减小 s_1 可减小瓷砖翻转过程中受到的冲击力, 且可减少瓷砖在滑动过程中与翻砖槽摩擦产生的划痕。理论上 $s_1 = 0$ 则冲击为0, 但 s_1 过小, 有可能在工作拉压导致皮带松弛的情况下, 使瓷砖在输送过程中即与翻砖槽发生严重刚性冲击, 至使瓷砖破裂, 故可留取 $s_1 = 50$ mm 以防止皮带松弛。

2.4 改进方案应用效果

改进后瓷砖翻砖装置现场运行良好, 瓷砖与翻砖槽冲击得到有效解决, 未发现瓷砖在翻转过程中产生裂纹; 皮带拉压频繁问题得到改善, 使用寿命延长一倍多, 机器工作稳定性大大提高。满足改进预期效果。

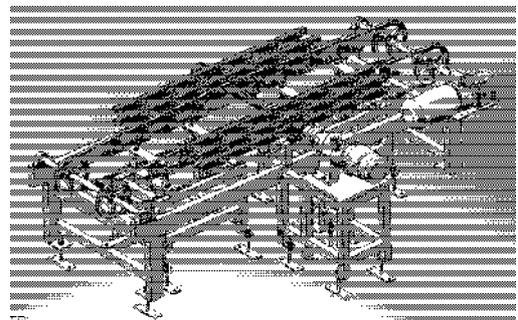


图5 翻砖装置改进后三维图

Fig. 5 Improved three-dimensional overturning tile device

3 结语

研究瓷砖翻砖机理, 建立了瓷砖运动模型, 明确

了瓷砖翻转过程中速度、加速度变化情况及与翻砖槽碰撞时冲击力大小, 改进了瓷砖翻转子系统。采用模糊学原理, 改进了传送架输送子系统, 使其更好的适合工况要求。

参考文献:

- [1] [佚名]. 出口压力又加大陶瓷小企业遭困境[J]. 山东陶瓷, 2007(3): 34-35.
[Anon]. Pressure Increased on Exports of Small Ceramic Enterprises[J]. Shandong Ceramics, 2007(3): 34-35.
- [2] 刘守谦. 改进包装机械设计方法的新思路[J]. 轻工机械, 2005(4): 1-3.
Liu Shouqian. A New Train of Thought to Improve the Designing Methods of Packing Mechanical Products[J]. Light Industry Machinery, 2005(4): 1-3.
- [3] 刘杨松, 李文应. 机械设计中的模糊学方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
Liu Yangsong, Li Wenying. The Fuzzy Method of Mechanical Design[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1996.

- [4] 周维, 叶义成. 矩阵方法在单因素模糊综合评价中的应用[J]. 中国水运, 2007, 7(10): 202-203.
Zhou Wei, Ye Yicheng. The Application of Matrix's Method in Single Factor Fuzzy and Synthetic Assessment[J]. China Water Transport, 2007, 7(10): 202-203.
- [5] 刘天聪. 模糊数学在皮带传动设计中的应用[J]. 机械研究与应用, 2001(1): 30-31.
Liu Tiancong. Application of Fuzzy Mathematics in Belt Drive Design[J]. Machinery Research & Application, 2001(1): 30-31.
- [6] 阮兆, 马永学. 3 020 mm × 2 380 mm 大平板玻璃翻转装置的设计[J]. 一重技术, 2005(1): 10-13.
Ruan Zhao, Ma Yongxue. 3 020 mm × 2 380 mm Large Glass Overturning Device Design[J]. CFHI Technology, 2005(1): 10-13.
- [7] 徐金明. MATLAB 实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
Xu Jinming. MATLAB Practical Guide[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.

(责任编辑: 李玉珍)

(上接第 33 页)

参考文献:

- [1] 徐朝阳, 李大纲. 蜂窝纸板的周疲劳及蠕变复合作用下的损伤研究[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 13-21.
Xu Zhaoyang, Li Dagang. Damage of Honeycomb Paperboard under Mutual Action of Fatigue and Creep[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 13-21.
- [2] 郭彦峰, 朱大鹏, 陈西发, 等. 蜂窝纸板震动传递特性测试分析[J]. 包装工程, 2003, 24(1): 12-13.
Guo Yanfeng, Zhu Dapeng, Chen Xifa, et al. Test and Analysis of Vibration Transmissibility of Honeycomb Paperboards[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(1): 12-13.
- [3] 宋海燕, 黄利强, 孙诚. 新型包装材料“瓦中瓦”缓冲特性研究[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 19-21.

- Song Haiyan, Huang Liqiang, Sun Cheng. Study on Cushioning Characteristics of a New Type Packaging Material “Wall in Wall”[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 19-21.
- [4] 曹绍文, 吴其叶. 发泡型植物纤维缓冲包装材料[J]. 中国包装工业, 2002(9): 8-1.
Cao Shaowen, Wu Qiye. The Buffer Packaging Material from Foaming Vegetable Fibre[J]. China Packaging Industry, 2002(9): 8-1.
- [5] 日经. 可任意形状使用的高性能真空隔热材料[J]. 军民两用技术与产品, 2004(12): 22-22.
Ri Jing. High Capability Heat Insulation Materials Which Using at Any Shapes[J]. Universal Technologies & Products, 2004(12): 22-22.

(责任编辑: 蔡燕飞)